

戦略的創造研究推進事業  
発展研究 (SORST)

研究終了報告書

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

研究期間：平成 17 年 10 月 1 日～  
平成 23 年 3 月 31 日

研究総括 小池 康博  
(慶應義塾大学理工学部 教授)

## 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. 研究実施の概要

1990年代にインターネットの爆発的な普及が起こり、今世紀に入って多くの人がブロードバンド社会の到来を実感し始めている。一般家庭におけるパソコンの世帯普及率は、ほぼ87%に達し、最近では、従来の電話線を利用したADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) に代わり、光ファイバーネットワークを用いた高速データ通信の普及が始まっている。しかし、実際に我々の身の回りで起きていることを見渡してみると、インターネットで大容量のデータを送ろうとした時に戻ってきたり、思いがけないほどの時間を要したり、またWeb上の動画を見ると画面が粗かったり動きがぎこちなかったりすることを多々経験する。これは、「よりリアリティーを求めるソフト開発にハード技術が追いついていない」という背景が大きな要因の一つであると思われる。このハードとソフトのギャップを埋めるためには、オフィスや家庭内までの最後の数百メートルをブロードバンド化する必要があるが、パソコンのキーボードによる文字伝送の域からなかなか抜け出せないのが現状である。

真のブロードバンド社会の在り方は、現状のキーボードのみの延長ではなく、等身大の臨場感あふれる高画質ディスプレイによる双方向のリアルタイムコミュニケーションであろうと考える。深夜に具合悪くなったときにボタンを押すだけで病院とつながり、「どうしましたか」と目を見ながら臨場感あふれるFace-to-Faceの対話ができれば、どんなに家庭に安心と安らぎをもたらすことであろうか。その実現のためには、本プロジェクトが提案する”Fiber to the Display”構想が重要となろう。これはギガビット毎秒 (Gbps) 以上の超高速伝送が可能な屈折率分布型プラスチック光ファイバー (GI-POF) を各家庭内・オフィスビル内に配線し、さらに高精細・大画面ディスプレイまで直接接続するという構想である。これにより、ハイビジョンのテレビ、チャンネルオンデマンド、双方向のリアルタイムコミュニケーションが可能となる。ハイビジョンに対応したテレビとチューナー・ブルーレイディスクとの間のデジタルインターフェースのデータ伝送速度は既に10Gbpsに達しており、またシンクライアント方式の普及等により、オフィスでのネットワークやインターフェースの高速化が進みつつある。この高まる家庭内・オフィス内のブロードバンド化の要求に応え得る最有力候補は、大口径で柔軟であり、敷設の容易なGI-POFであると考えられる。

また”Fiber to the Display”構想実現のためには、高精細・大画面ディスプレイを多くの人々が利用しやすくしていくことも重要である。高精細・大画面ディスプレイとしてはいくつかのタイプのものが実用化あるいは提案されているが、価格・性能などから液晶ディスプレイ (LCD) に大きな期待が寄せられている。そのLCDパネルの製造コストに占めるポリマー部材 (バックライト、光制御フィルムなど) のコストは高く、今後、それらのポリマーの低コスト化、機能の統合が極めて重要な研究課題となる。さらに今後は、本格的な壁掛けテレビの普及を目指し、より一層の薄型化、軽量化、省電力化、高画質化も追求されると考えられる。その実現の鍵を握るのはフォトニクスポリマーである。

以上のような背景および基本構想の下、本プロジェクトでは、ERATO小池フォトニクスポリマープロジェクトの研究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) 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、その実現に向けた新規フォトニクスポリマーの創出を目指し、平成17年10月より研究を開始した。

研究開始時に主に以下のような研究目標を設定した。

#### 【研究開始時の主な研究目標】

- ① 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
- ② 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 10 Gbps・300 m、さらには 40 Gbps・100 m の伝送
- ③ 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
- ④ 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造の設計

さらに研究開始後、今後の GI-POF の普及のためには、溶融押出法による GI-POF の連続的な作製技術の研究が重要であることが再認識されたため、以下の研究目標を追加した。

- ⑤ 溶融押出法による屈折率分布形成機構の解析と理想的な屈折率分布の設計・試作

これらの目標に向けて、本プロジェクトは分子デザイングループ、光機能発現グループ、超高速伝送グループ、応用グループの4グループ体制（その後、超高速伝送グループと応用グループは平成19年4月1日に統合。統合後のグループ名は応用グループとし、3グループ体制に移行）で研究を進めた結果、以下に述べるような重要な研究成果を上げることができた。

#### 【主要な研究成果】

- ①超高速・低損失・高耐熱性 GI-POF に適した数種類の新規モノマーおよびポリマーの設計および合成を行った。さらにそれらを用い、損失波長特性および耐熱性において従来よりも優れた 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家屋内配線に十分な伝送距離を確保でき、また環境温度の高い機器内や車両内・航空機内等の配線への用途拡大を可能にした。
- ②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、40 Gbps (ファイバー長 100 m) の超高速伝送に初めて成功した。この成果は、以前の研究で理論的に明らかにした全フッ素化ポリマーGI-POF の広帯域性を検証するとともに、大きな市場が期待されるサーバセンター等短距離超高速光インターフェースに GI-POF が適用可能であることを示すものである。
- ③配向複屈折と光弾性複屈折のいずれも発現しない、世界で初めての複屈折が完全にゼロのポリマー「ゼロ・ゼロ複屈折ポリマー」を提案・合成・実証した。これは学術的にも工業的にも、フォトニクスポリマー分野の歴史に刻まれるべき重要な研究成果である。高精細・大画面ディスプレイの性能向上および革新的な製造効率の向上に貢献するものと期待される。
- ④全フッ素化 GI-POF を用いた 780nm から 850nm の4波長を用いた波長多重 (WDM) 伝送により、光 HDMI 伝送装置の試作に成功した。この成果は、8K4K の解像度に対応する次世代高精細テレビ用アクティブ HDMI 光ケーブルへの応用が期待される。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。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アピールした。
- ⑤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、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。本プロジェクトで提案している溶融押出法は GI-POF の量産化に適した製造方法であり、この研究成果により高性能 GI-POF の量産技術に関する基本的知見が得られた。また屈折率分布形成機構が解明されたことにより、ポリマー物性に関する基礎実験の結果のみから最適な屈折率分布の形成条件を検討することが可能となった。

以上のように、当初の研究目標を達成することができ、「Fiber to the Display」構想の実

現に向けて、大きく前進することができた。これらの研究成果は、内閣府最先端研究開発支援プログラム「研究課題名：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」に引き継がれ、社会に成果を還元すべく、研究開発を継続している。

以下に各グループについて述べる。

分子デザイングループは、数種類の全フッ素化ポリマーおよび部分フッ素化ポリマー、それらの共重合体を設計・合成した。特に、現在の旭硝子社製の GI-POF に用いられている Cytos<sup>®</sup> よりも高いガラス転移温度を有する全フッ素化ポリマー、poly(methyl methacrylate) (PMMA) よりも高いガラス転移温度を有する部分フッ素化アクリルポリマーなどの重要な成果については、特許取得・出願中であり、今後の展開が期待される。また数種類の有望なポリマーについては、GI-POF 用途のみでなく、光機能発現グループと共同でゼロ・ゼロ複屈折ポリマーなどへの応用の可能性も示した。

光機能発現グループは、配向複屈折および光弾性複屈折の発現メカニズムの解明に取り組み、光学ポリマーデバイスの複屈折消去には、両複屈折の同時消去が重要であること確認した。また液晶ディスプレイの位相差フィルムのように、光弾性複屈折は消去したいが、配向複屈折は適度に発現させたいといった要求もあり、近年のフォトニクス分野ではより高度な複屈折消去・制御が望まれていた。しかし、両複屈折の同時消去はこれまで報告例が無く、またより高度な複屈折制御を可能とするポリマーの設計方法も確立されていなかった。そこでポリマーの化学構造と両複屈折を関係付けた設計方法を提案し、それにより両複屈折を発現しないゼロ・ゼロ複屈折ポリマーを設計・合成することに初めて成功した。さらにこのゼロ・ゼロ複屈折ポリマーを用いて射出成形を行い、成形品を作製したところ、複屈折がほぼ無い成形品を得ることに成功した。このことからこの設計方法が実際の複雑な成形プロセスにおいても有効であることが確認された。またこの方法を用いて、前述のより高度な複屈折制御が可能であることも示された。この方法は多くのポリマーに適用可能と考えられ、同分野の最も重要な成果の一つになると考えられる。またナノサイズの結晶を用いた複屈折制御についても、キャストによる複屈折付与という新たな方法を提案・実証した。この方法は、液晶ディスプレイの位相差フィルム等の設計の自由度を高めることができる方法であり、新たな可能性をもたらす成果といえる。光散乱機能については、画像の精細度を保ったまま光を散乱させるフィルムの設計・試作を行い、新しい構造の液晶ディスプレイを提案した。

応用グループ（超高速伝送グループを含む）は、超高速 GI-POF の開発等の GI-POF の研究開発を行った。熔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、熔融押出条件の最適化を進めた結果、全フッ素化 GI-POF により、波長 1.55  $\mu\text{m}$  において、40 Gbps（ファイバー長 100 m）の超高速伝送に初めて成功した。また分子デザイングループの設計・合成した部分フッ素化・部分塩素化ポリマーを用いて、PMMA を用いた場合よりも低損失・高耐熱 GI-POF の作製に成功した。さらに全フッ素化 GI-POF を用いた WDM 伝送により、光 HDMI 伝送装置を試作した（HDMI は High-Definition Multimedia Interface の略で、デジタル映像機器への搭載が急速に進みつつあるマルチメディアインターフェースである）。今後、アクティブ光ケーブルへの応用が期待される。POF ならではの簡易施工を具現化することを目的とし、POF によるホームネットワークの実証システムを製作した。平成 22 年 1 月に開催された光ファイバー技術展において、積水化学工業株式会社等 POF メーカーおよび POF 用トランシーバーメーカー計 6 社との共同出展を行い、このデモシステムを展示して市場の反響を調査した。その結果、剃刀刃等の汎用工具による単純な切断のみで簡単に接続できる等の POF 配線施工の容易性が、他の配線媒体に対する優位点として高く評価された。

### 3. 研究構想

本プロジェクトでは、ERATO 小池フォトニクスポリマープロジェクトの研究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) 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、その実現に向けた新規フォトニクスポリマーの創出を目指し、以下のような研究目標に向け、平成 17 年 10 月より研究を開始した。

#### 【研究開始時の主な研究目標】

- ① 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
- ② 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 10 Gbps・300 m、さらには 40 Gbps・100 m の伝送
- ③ 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
- ④ 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造の設計

さらに研究開始後、今後の GI-POF の普及のためには、溶融押出法による GI-POF の連続的な作製技術の研究が重要であることが再認識されたため、以下の研究目標を追加した。

#### ⑤ 溶融押出法による屈折率分布形成機構の解析と理想的な屈折率分布の設計・試作

これらの目標に向けて、本プロジェクトは分子デザイングループ、光機能発現グループ、超高速伝送グループ、応用グループの 4 グループ体制で研究を開始した。以下に各グループの役割・研究の進め方 (計画) について説明する。

分子デザイングループは、研究目標①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」を目指し、新規ポリマーの設計・合成・評価に取り組んだ。新規モノマーの重合特性を解析し、さらに得られたポリマーの材料分散性、透明性、耐熱性を分析した。このような検討の結果、有望な新規ポリマーあるいはモノマーを超高速伝送グループに供給し、超高速伝送グループが新規材料による GI-POF の作製に取り組んだ。さらに GI-POF 作製により得られた知見を分子デザイングループにフィードバックし、新たなモノマー・ポリマーの設計に取り組んだ。

光機能発現グループでは、高精細・大画面ディスプレイ等の性能向上および革新的な製造効率の向上に寄与するような新規フォトニクスポリマーの提案を目指し、そのフォトニクス機能の発現原理の究明にまで遡り、研究を進めた。具体的なフォトニクス機能としては、偏波保持を中心とした偏波制御機能、光散乱機能に着目し、特に研究目標③の世界初の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) の実現を目指した。

超高速伝送グループでは、研究目標②の超高速 GI-POF の試作と POF による世界初の 10 Gbps・300 m、さらには 40 Gbps・100 m の伝送を目指した。分子デザイングループによる低材料分散性、低損失性、高耐熱性ポリマー材料の知見に加え、GI-POF の理想的な屈折率分布の設計および試作を行うことにより、超高速 GI-POF の実現に取り組んだ。さらに研究目標⑤の溶融押出法による屈折率分布形成機構の解析と理想的な屈折率分布の設計・試作に取り組んだ。

応用グループでは、研究目標④の 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造の設計を行った。

上記のような体制・役割分担の下、本プロジェクトを推進した。また人員構成が変化したことを契機に、より緊密な協力体制を実現すべく、超高速伝送グループと応用グループを平成 19 年 4 月 1 日より統合し (統合後のグループ名は応用グループ)、3 グループ体制に移行した。

#### 4. 研究実施内容

##### 4. 1 屈折率分布型プラスチック光ファイバー (GI-POF) 用透明ポリマーの分子デザイン・合成 (分子デザイングループ)

###### (1) 実施の内容

## I. Introduction

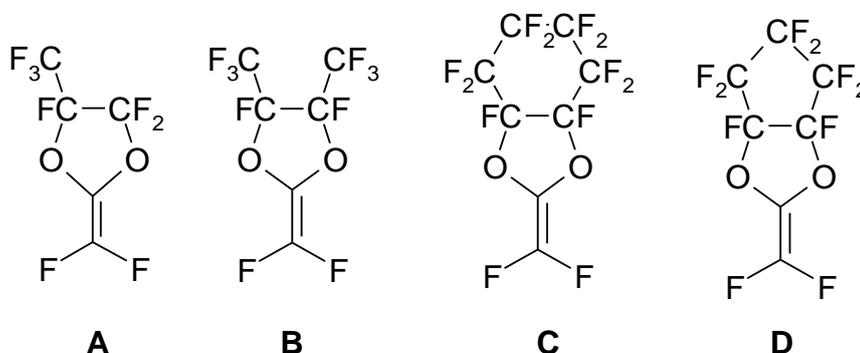
We have been continuously investigating on new plastic optical fiber (POF) materials. We focused on developing polymer having 1) high glass transition temperature ( $> 130\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); 2) transparent, thermally and mechanically stable; 3) lower manufacturing cost. POF materials have been prepared using homopolymer systems such as poly(methyl methacrylate), polystyrene, and Asahi Glass's Cytop. Generally, copolymers, which have large size heterogeneous domain of refractive index and have extremely high scattering loss. Thus, copolymer system has not been generally utilized as the core material for POF. However, we have proposed that when two different monomers or their homopolymers have similar refractive indices, the copolymer obtained does not have high light scattering loss and could be utilized as the core material for POF. We have shown this possibility with our research results and created much wide range of polymeric systems for POF materials.

## II. Research Activity

### II-1. Perfluoropolymers and copolymers

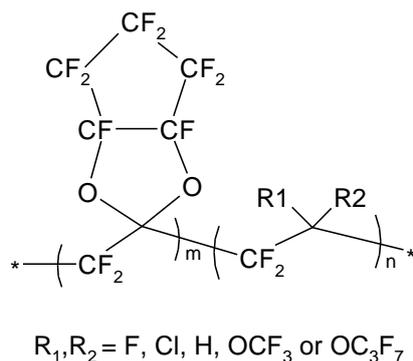
Perfluorinated polymers such as Teflon AF<sup>®</sup>, Cytop<sup>®</sup> and Hyflon AD<sup>®</sup>, marketed by DuPont, Asahi Glass, and Solvay Solexis, respectively, are completely amorphous cyclic polymers containing no hydrogen atom. They exhibit remarkable properties such as a high thermal stability, an excellent near infrared transparency, and negligible absorption losses at most wavelengths. However, their preparations are complicated and costly. The glass transition temperatures ( $T_g$ ) of Teflon AF and Hyflon AD are high but they have some crystalline phase formed due to the tetrafluoroethylene block copolymer chain structure.  $T_g$  of Cytop is relatively low ( $\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Thus, it is of interest to prepare novel perfluorinated polymers that contain a dioxolane structure to increase their glass transition temperatures and transparency while keeping their amorphousness.

We have synthesized several perfluoro-4- and 4,5-substituted 2-methylene-1,3-dioxolane monomers. The structures of some monomers synthesized are shown in Figure 1.



**Figure 1** Chemical structures of substituted perfluoro-2-methylene-1,3-dioxolane derivatives synthesized.

These monomers are soluble in fluorinated solvents, and readily polymerized in bulk or in solution by a free radical initiator. The polymers produced are amorphous and have glass transition temperatures ( $T_g$ ) in the range of 130-160 °C. To investigate further the effect of the substitution on the properties of the 2-methylene-1,3-dioxolane monomers, a cyclopentane derivative (D in Figure 1) was synthesized. Since a cyclopentyl group is more rigid comparing to alkyl and cyclohexyl groups, the polymer prepared from this monomer should exhibit a higher  $T_g$  than those from monomers A, B, and C. The  $T_g$  of D polymer was highest (190 °C) among these perfluorodioxolane polymers, but this polymer was found to be brittle and difficult to process into final fiber materials. Thus, we prepared the copolymers of the monomer D with fluorovinyl monomers such as vinylidene fluoride (VDF,  $\text{CF}_2=\text{CH}_2$ ), chlorotrifluoroethylene (CTFE,  $\text{CF}_2=\text{CFCl}$ ) and perfluorovinyl ethers ( $\text{CF}_2=\text{CF-O-R}_f$ ) (Figure 2).

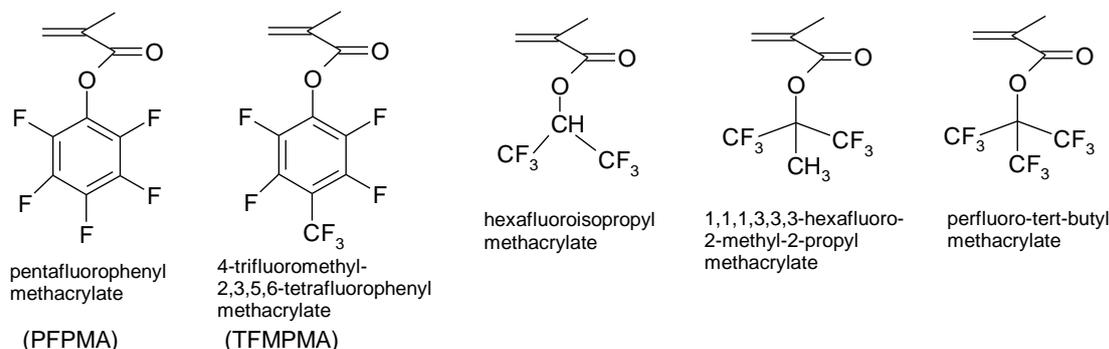


**Figure 2** Structure of copolymers based on perfluoro-3-methylene-2,4-dioxabicyclo[3,3,0] octane (monomer D) with fluorovinyl monomers.

Some of these copolymers have high  $T_g$  (145 ~ 154 °C) and low refractive index (1.33 ~ 1.37), and are flexible and transparent. Thus, we currently are considering to prepare GI-POF using these copolymers.

## II-2. Improvement of the physical properties of poly(methyl methacrylate)

Poly(methyl methacrylate) (PMMA) is a mass-produced, commercially available polymer that demonstrates high light transmittance and provides excellent resistance to both chemical and weather corrosion. These properties, coupled with low manufacturing costs and easy processing, make PMMA a valuable substitute for glass in optical device applications. Despite these advantages, PMMA is of limited use in optical electronics because of its relatively low glass transition temperature ( $T_g \sim 100$  °C) and water absorption tendency. To improve these properties of PMMA, we have prepared copolymers of MMA with various fluoro alkyl and aryl methacrylates. The structures of fluoromethacrylates investigated are shown in Figure 3.



**Figure 3** Chemical structures of fluoromethacrylates investigated.

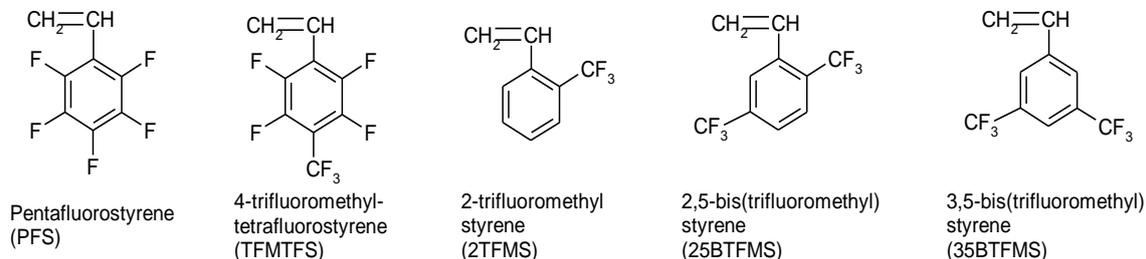
These fluoromethacrylate monomers were found to be easily copolymerized with MMA and yielded transparent and flexible films and fibers. The glass transition temperatures of these copolymers were found to be higher than those of homopolymers. Especially PFPMA and TFMPMA with MMA produced high  $T_g$  (135-138 °C) and thermally stable copolymers. The enhancement of the  $T_g$  was accounted for the dipole-dipole interaction between the fluorinated phenyl and ester groups.

The birefringence properties of the copolymers were investigated in the collaboration with the New Functional Material Systems Group. Copolymers of MMA containing 20 wt% PFPMA exhibited almost zero orientation birefringence and the photoelastic birefringence becomes zero when the copolymer contained 13 wt% PFPMA. When 20 wt% PFPMA was incorporated into the MMA copolymer, its water absorption decreased to 0.4 wt% versus 1.8 wt% for PMMA under the same condition. Thus, in consideration of these excellent properties of PFPMA-MMA copolymer, we have prepared low loss GIPOF in cooperation with the Application Group at Keio University (see other section).

### II-3. Fluorine substituted styrene systems

Polystyrene (PS) is a commercially important polymer with good light transmittance and excellent chemical and weather corrosion resistance. The favorable physical properties of PS coupled with ease of processing, make PS useful as a core material for plastic optical fibers. However, high losses in the visible to near infrared region are dominated by C-H overtone stretch and deformation vibrations. When heavier atoms such as deuterium or fluorine replace the hydrogen atoms in C-H bonds, the band vibration energy is decrease and thus the absorption band is minimized in the region of the visible to near infrared.

Thus, we have synthesized fluoro and also trifluoromethyl substituted styrene monomers. The chemical structures of these monomers investigated are shown in Figure 4.



**Figure 4** Chemical structures of fluorine substituted styrenes investigated.

The monomers were polymerized with a free radical initiator. The homopolymers obtained were brittle and insoluble in common organic solvents. However, these monomers were readily copolymerized with MMA and also trifluoroethyl methacrylate. The films and fibers obtained were transparent and flexible. The glass transition temperature ( $T_g$ ) of copolymers of PFS or TFMTFS with MMA was found to be also increased due to the dipole-dipole interaction of the side groups.

The homopolymers of 2TFMS, 2,5-BTFMS and 3,5-BTFMS were prepared in bulk or in the solution by a free radical initiator. The  $T_g$  of their homopolymers are 165, 160 and 113 °C, respectively.  $T_g$ s of the polymer with  $CF_3$  substituted in the ortho position of the phenyl ring appeared much higher than that of not-ortho substituted styrenes. The refractive indexes of poly(2TFMS) and PMMA are 1.51 and 1.50 at 532 nm, respectively, and they are very close to each other. The copolymerization reactivities of both monomers indicated these two monomers could produce copolymers with random composition. Similarly, the refractive indexes of poly(25BTfMS) and poly(TFEMA) are 1.45 and 1.44 at 532 nm, respectively. The  $T_g$ s of these copolymers depend on the composition of the copolymers, and they could produce flexible and transparent films with the  $T_g$  as high as 140 °C. Thus, we are currently investigating the preparation of GIPOF using these selective copolymeric systems.



and 1.4914 for PFPMA and PMMA, respectively. Therefore, these copolymer systems did not show significant light scattering and produced highly transparent and flexible fibers. Thus, we successively obtained low-loss thermally stable GI-POF (30 meters length) using both copolymers of MCA/TCEMA = 80/20 (mol%) and MMA/PFPMA = 65/35 (mol%).

【これらの研究成果に関連する主要な論文】

- [1] Y. Yang, F. Mikes, L. Yang, W. Liu, Y. Koike, and Y. Okamoto, *Journal of Fluorine Chemistry*, 127, 277 (2006).
- [2] Y. Yang, F. Mikes, L. Yang, W. Liu, Y. Koike, and Y. Okamoto, *Journal of Polymer Science: Part A*, 44, 1613 (2006).
- [3] H. Teng, L. Yang, F. Mikes, Y. Koike, and Y. Okamoto, *Polym. Adv. Technol.*, 18, 453 (2007).
- [4] Y. Okamoto, F. Mikes, Y. Yang, and Y. Koike, *Journal of Fluorine Chemistry*, 128, 202 (2007).
- [5] A. Tagaya, T. Harada, K. Koike, Y. Koike, Y. Okamoto, H. Teng, and L. Yang, *Journal of Applied Polymer Science*, 106, 4219 (2007).
- [6] D. Zhou, Y. Koike, and Y. Okamoto, *Journal of Fluorine Chemistry*, 129, 248 (2008).
- [7] K. Koike, F. Mikes, Y. Koike and Y. Okamoto, *Polym. Adv. Technol.*, 19, 516 (2008).
- [8] D. Zhou, H. Teng, K. Koike, Y. Koike, and Y. Okamoto, *Journal of Polymer Science Part A Polymer Chemistry*, 46 N, 4748 (2008).
- [9] H. Teng, K. Koike, D. Zhou, Z. Satoh, Y. Koike, and Y. Okamoto, *Journal of Polymer Science :Part A: Polymer Chemistry*, 47, 315 (2009).
- [10] K. Koike, F. Mikes, Y. Okamoto, and Y. Koike, *Journal of Polymer Science Part A Polymer Chemistry*, 47, 3352 (2009).
- [11] F. Mikes, H. Teng, G. Kostov, B. Ameduri, Y. Koike, and Y. Okamoto, *Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry*, 47, 6571 (2009).
- [12] K. Koike, T. Kado, Z. Satoh, Y. Okamoto, and Y. Koike, *Polymer*, 51, 1377 (2010).
- [14] L. Lou, Y. Koike, and Y. Okamoto, *J. Polym Sci Part A, Polymer Chemistry*, (in press).

(2) 得られた研究成果の状況及び今後期待される効果

Plastic optical fibers with high glass transition temperatures ( $T_g$ ) have been the increasing interests in the automotive and transportation fields.

Our partially and perfluoro polymers have relatively high  $T_g$  (130 ~150 °C) and are transparent, as well as thermally and chemically stable.

Thus, a couple of companies such as Merck, Gore Tech and Boeing showed their interests in these fluoropolymers.

Professors T. Kaino and O. Sugiharas of Tohoku University have been also interested in our fluoropolymers for their waveguide project and we have supplied several polymeric samples and we have been continuously working together on the applications of our polymers.

#### 4. 2 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

(光機能発現グループ The New Functional Material Systems Group)

##### (1) 実施の内容

光機能発現グループでは、高精細・大画面ディスプレイ等の性能向上および革新的な製造効率の向上に寄与するような新規フォトニクスポリマーの提案を目指し、そのフォトニクス機能の発現原理の究明にまで遡り、研究を進めてきた。具体的なフォトニクス機能としては、偏波保持を中心とした偏波制御機能、光散乱機能に着目した。これらの機能発現のために、ERATO 小池フォトニクスポリマープロジェクトに引き続き、フォトニクスポリマーの複屈折発現原理の究明、粒子を添加したフォトニクスポリマーの光散乱原理の究明に取り組んだ。その結果、配向複屈折および光弾性複屈折のいずれも生じない「ゼロ・ゼロ複屈折ポリマー」を初めて実現した。またナノサイズの複屈折性針状結晶による複屈折制御を実証し、位相差フィルムへの応用の可能性を示した。さらに光を散乱しながらも画像をほとんどにじませない（精細さを低下させない）新規散乱フィルムと集光性バックライトを組み合わせた、従来と異なる構造の新規液晶ディスプレイを提案・実証した。以下に詳細を述べる。

##### A. 偏波制御機能について

複屈折とは、方解石のような光学的に異方性の媒体に光が入射した時に、2つの屈折光が現れる現象である。2つの屈折光はそれぞれ常光と異常光と呼ばれ、互いに直交する偏波を持つ。一般に光学用途に用いる熱可塑性のポリマー（プラスチック）による成形品においては、原子レベルでの3次元的配列の規則性が結晶に比べ低いため、文字が2重に見えるほど常光と異常光の出射位置がずれることはなく、媒体入射時に2つに分かれた光が、出射時に再合成される。常光と異常光それぞれに対する屈折率が異なっているため、媒体通過時に位相差が生じ、再合成されることとなり、入射前の偏光状態と異なる偏光状態で出射される。これは液晶ディスプレイのような直交する2つの偏光板を用いたディスプレイにおいて、「光漏れ」などの画像を低下させる要因となる。Figure 1は、直交する2枚の偏光板の間に、通常の押出成形で製造したポリマーフィルムを配置し、背面から蛍光灯で照らしたところを撮影したものである。押出成形ポリマーフィルムの持つ大きな複屈折により、光が漏れ、種々の色が観測される。このような現象が液晶ディスプレイに使用するポリマーフィルムにおいて発生すると、黒表示時にグレーになる、種々の色・明暗が正確に表示できなくなるなど、深刻な問題を引き起こす。一般的な液晶ディスプレイの構造をFigure 2に示す。偏光板、偏光板保護フィルム、位相差フィルムなどのポリマーフィルムが液晶ディスプレイに用いられており、これらの複屈折消去・制御が重要である。

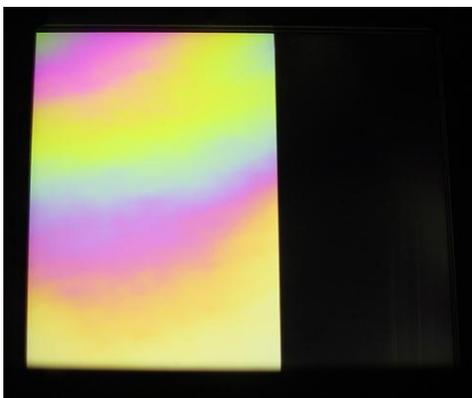


Figure 1 Light leakage through a birefringent polymer film placed between crossed polarizers.

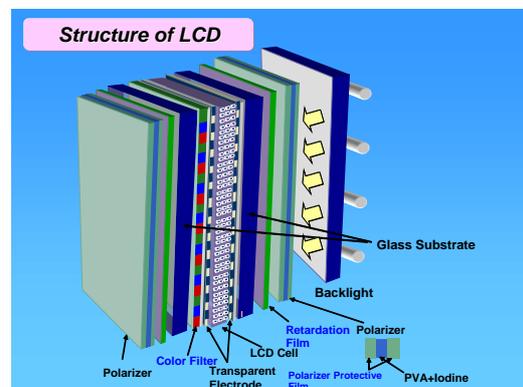


Figure 2 Structure of liquid crystal displays.

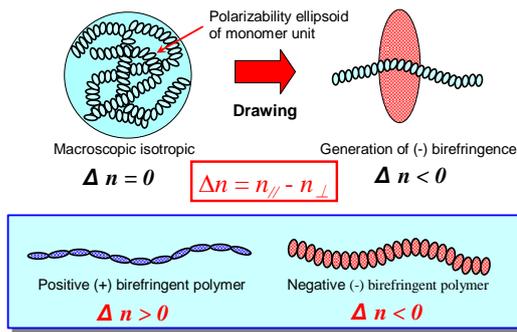


Figure 3 Generation of the orientational birefringence of a polymer.

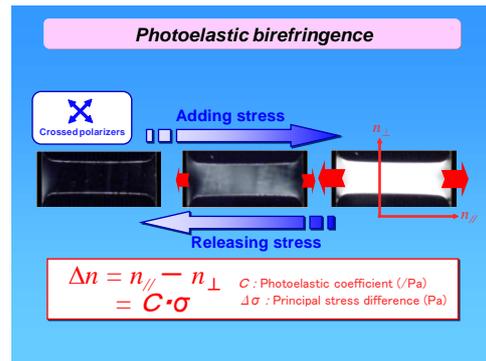


Figure 4 Generation of the photoelastic birefringence of a polymer.

フォトニクスポリマーデバイスにおいて問題となる主な複屈折には、配向複屈折と光弾性複屈折がある。配向複屈折はポリマー分子鎖（主鎖）の配向によって生じる。一般にポリマーの一次構造は3次元的に完全な対称性があるわけではなく、非対称な構造となっている。それは電子の3次元的な配置・動き易さに異方性があることを意味する。屈折率に関連する光と電子の相互作用の大きさは、分極率により表され、それはポリマーの繰り返し構造の有する分極率の異方性となる。Figure 3は繰り返し単位構造の分極率異方性を分極率楕円体により模式的に表したポリマー分子鎖である。ポリマー分子鎖がランダムに配向している状態（アモルファス状態）では、繰り返し単位構造の有する分極率の異方性（光学的な異方性）は、お互いに打ち消し合い、マクロには等方性の媒体となり、複屈折を生じない。しかし、ポリマーが配向すると、完全には相殺できず、複屈折が発現する。このような複屈折を配向複屈折と呼び、次式で表す。

$$\Delta n = n_{//} - n_{\perp} \quad (1)$$

ここで配向方向に平行な偏波面（光の進行方向と電界の振動方向を含む面）をもつ光に対する屈折率を  $n_{//}$ 、配向方向に直交する偏波面をもつ光に対する屈折率を  $n_{\perp}$  とする。複屈折の符号はポリマーの化学構造に由来する固有の性質である。一般にポリマー分子鎖は、射出成形・押出成形・延伸などの成形過程で熔融し、応力が印加されると配向し易く、さらにその後の冷却過程で緩和し切れずに成形品中に配向した状態で固化する。Figure 1に観測される複屈折も主にこの配向複屈折である。光弾性複屈折は、ここではガラス転移温度より十分に下の温度において、ポリマー固体が弾性的な微小変形をした際に発現する複屈折と定義し（Figure 4参照）、引張応力の方向に対して式(2)で表す。

$$\Delta n = C \cdot \sigma \quad (2)$$

光弾性複屈折の発現原理は明らかにされていない点が多いが、本プロジェクトにおいて、メタクリレートでは主に側鎖の配向によるものと確認された。

フォトニクスポリマーの複屈折は、その化学構造に由来するものであり、それぞれのフォトニクスポリマーの固有の特性である。しかしながら、フォトニクスポリマーの化学構造と複屈折性との関係は明らかにされていない部分が多く、所望の複屈折性を発現できるように化学構造からポリマーを設計することは困難な状況である。したがって、化学構造と複屈折性を関係付け、所望の複屈折性を発現できるように、実用的な方法でポリマーの化学構造を設計することが可能になれば、学術的にも工業的にも非常に意義深い成果となる。またすでに広く用いられているポリマーについては、実験的に複屈折性が確認されているが、これらに何らかの添加物を加え、所望の複屈折性となるように制御することができれば、同様に非常に価値ある成果となる。特にこれらの成果が得られれば、急速に産業規模が拡大しつつある液晶ディスプレイ分野において応用が期待される。そこで光機能発現グループでは、①フォトニクスポリマーの化学構造と複屈折性との関係を解明し、新たなフォトニクスポリマーの複屈折制御方法を提案・実証することにより、ゼロ・ゼロ

複屈折ポリマーを実現すること、②ナノサイズの複屈折性結晶を用いた新たな複屈折制御方法を提案・実証することに取り組んだ。

### A-1. ゼロ・ゼロ複屈折ポリマー

低複屈折のフォトニクスデバイスを作製する方法は、一般的には成形方法・条件の工夫により複屈折を低減する方法と、本質的に複屈折を発現しないポリマーを設計・合成する方法の2つに大別できる。前者の例としては、トリアセチルセルロース等のポリマーを有機溶剤に溶かし、得られた溶液を平滑な基板の上に展開し、有機溶剤を乾燥除去することにより低複屈折の液晶ディスプレイ用フィルムを作製する方法が知られている。これは溶液流延製膜法と呼ばれ、液晶ディスプレイ用フィルムの主たる製造方法である。ゼロ・ゼロ複屈折ポリマーは、配向複屈折と光弾性複屈折が全く発現しないポリマーで、後者の例としては究極の夢のポリマーであるが、これまで実現していなかった。

低複屈折のポリマーを設計・合成する試みとしては、ランダム共重合法、異方性低分子ドープ法によって配向複屈折、光弾性複屈折のいずれか一方を消去した例が報告されている。ランダム共重合法は、複屈折性が正と負のモノマーをランダムに共重合し、ポリマー分子鎖レベルで複屈折性を相殺する方法である (Figure 5 参照)。異方性低分子ドープ法は、ポリマーと異符号の複屈折性を発現する低分子量有機化合物 (異方性低分子) をポリマーに添加することにより複屈折性を相殺する方法である (Figure 5 参照)。これらの方法は、その後の低複屈折ポリマーの開発に大きな影響を与えたと考えられる。

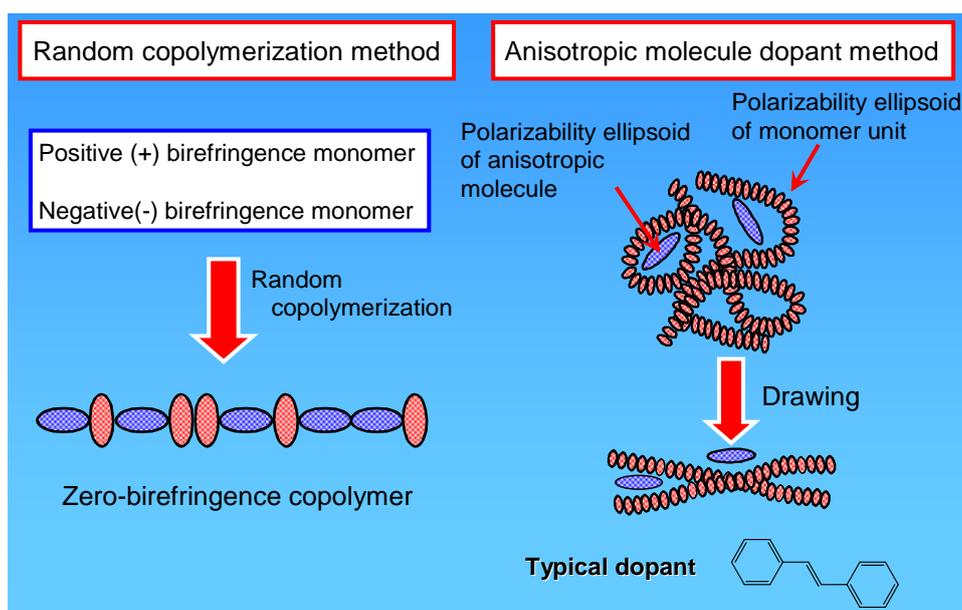


Figure 5 Random copolymerization method and anisotropic molecule dopant method.

しかし、ランダム共重合法および異方性低分子ドープ法は、複屈折性が正と負の成分を混ぜ、相殺するという方法で、2成分系で組成比を調整し、適切な組成を実験的に見出すという実証が行われていたのみであった。また前述したように、配向複屈折性を相殺すること、光弾性複屈折性を相殺することが個別に検討されており、配向複屈折が生じない組成と光弾性複屈折が生じない組成が異なっていることが確認されている。さらにポリスチレンのように配向複屈折性と光弾性複屈折性の符号が異なっている (前者が負、後者が正) ポリマーも存在するため、一方の複屈折性に関して異符号の組み合わせにしても、他方の複屈折性に関して同符号の組み合わせになる場合もある。したがって、配向複屈折と光弾性複屈折を同時に消去することは困難と考えられていた。

光機能発現グループでは、ポリマーの配向複屈折性および光弾性複屈折性に関する物性を測定し、それらを基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。配向複屈折は一般に次式のようにポリマー分子鎖の配向度  $f$  と固有複屈折  $\Delta n_0$  との積で表される。

$$\Delta n = f \cdot \Delta n_0 \quad (3)$$

このように配向複屈折はポリマー分子鎖の配向度  $f$  に依存して変化してしまうため、ポリマー固有の配向複屈折性を表す値として固有複屈折  $\Delta n_0$  に着目した。固有複屈折は  $f = 1.0$  の時の配向複屈折であり、物理的にはポリマー分子鎖が伸びきった状態での複屈折を意味する。実際の成形等により成形品内部でのポリマー分子鎖の配向度は一般にそれほど高くないため、後述する測定例では配向度  $f = 0.03$  における配向複屈折を求めている。これらの値を  $f = 1.0$  に換算すれば固有複屈折となる。光弾性複屈折については式(2)に示される複屈折と応力との比例定数である光弾性定数  $C$  に着目した。

methyl methacrylate (MMA) と 2,2,2-trifluoroethyl methacrylate (3FMA) と benzyl methacrylate (BzMA) からなる三元共重合体の設計について以下に述べる。まず poly(MMA/3FMA) と poly(MMA/BzMA) の 2 元共重合体を合成し、その両複屈折性を解析した (Figure 6 参照)。

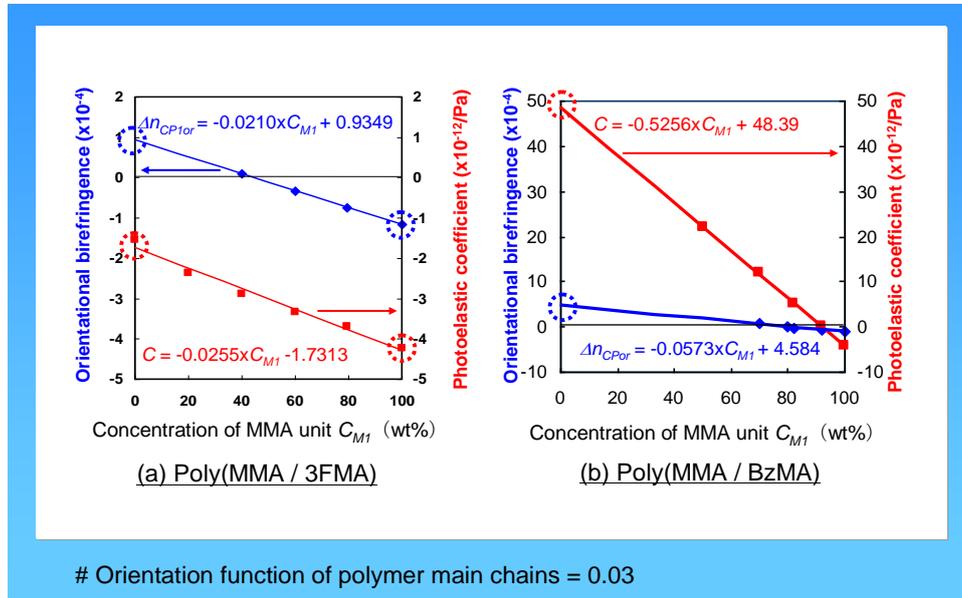


Figure 6 Orientational birefringence and photoelastic birefringence of poly(MMA/3FMA) and poly(MMA/BzMA).

これらの共重合系においては、両複屈折性と共重合組成（ここでは MMA の組成比）の間に Figure 6 に示すような関係式が確認された。これらの式から PMMA、P3FMA、PBzMA の配向複屈折 ( $f = 0.03$ ) と光弾性定数を求め、三元共重合体 poly(MMA/3FMA/BzMA) の配向複屈折  $\Delta n_{or}$ 、光弾性複屈折  $C$  を表す式(4)と(5)を仮定する。

$$\begin{aligned} \Delta n_{or} &= \Delta n_{p1or} \times \frac{\alpha}{100} + \Delta n_{p2or} \times \frac{\beta}{100} + \Delta n_{p3or} \times \frac{\gamma}{100} \\ &= -1.1651 \times \frac{\alpha}{100} + 0.9349 \times \frac{\beta}{100} + 4.5843 \times \frac{\gamma}{100} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
C &= C_{P1} \times \frac{\alpha}{100} + C_{P2} \times \frac{\beta}{100} + C_{P3} \times \frac{\gamma}{100} \\
&= -4.2813 \times \frac{\alpha}{100} - 1.7313 \times \frac{\beta}{100} + 48.39 \times \frac{\gamma}{100}
\end{aligned}
\tag{5}$$

ここで $\Delta n_{P1or}$ 、 $\Delta n_{P2or}$ 、 $\Delta n_{P3or}$ はそれぞれ PMMA、P3FMA、PBzMA の配向複屈折 ( $f=0.03$ )、 $C_{P1}$ 、 $C_{P2}$ 、 $C_{P3}$ はそれぞれ PMMA、P3FMA、PBzMA の光弾性定数である。 $\alpha$  (wt %)、 $\beta$  (wt %)、 $\gamma$  (wt %)はそれぞれ poly(MMA/3FMA/BzMA)の組成を表し、次式のような関係にある。

$$\alpha + \beta + \gamma = 100 \tag{6}$$

同様に両複屈折をそれぞれゼロ、すなわち $\Delta n_{or} = C = 0$ とし、式(4)-(6)を連立させて解くことにより、両複屈折がゼロとなる組成 poly(MMA/3FMA/BzMA = 55.5wt%/38.0wt%/6.5wt%) が得られた。実際にこの組成の三元共重合体を合成し、両複屈折を測定したところ、配向複屈折と光弾性複屈折は非常に小さく、ほぼゼロであった (Figure 7 参照)。さらに組成を微調整して合成した poly(MMA/3FMA/BzMA = 52.0wt%/42.0wt%/6.0wt%)は、両複屈折ともほぼゼロであった。

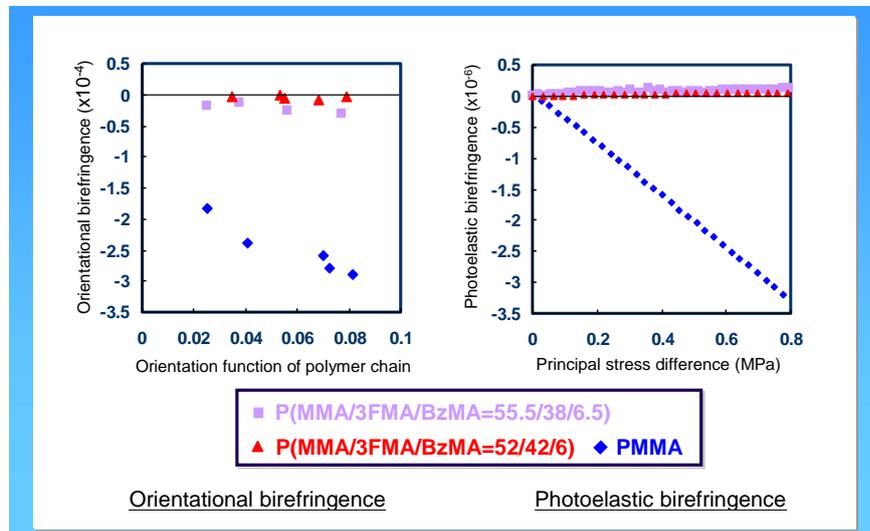


Figure 7 Orientational birefringence and photoelastic birefringence of poly(MMA/3FMA/BzMA).

以上の結果から、前述のような方法により、配向複屈折と光弾性複屈折がいずれもほぼゼロのポリマーを設計できることが実証された。これは式(4)-(5)を解く際に、所望の複屈折性を示す値を入力することによって、ポリマーの配向複屈折と光弾性複屈折を独立に制御できる可能性をも示すものである。今後、本研究と同様の方法によって多くのポリマーの化学構造について、その複屈折性がデータベース化されれば、それぞれの用途に応じて両複屈折を最適化したポリマーの設計・合成に、大きく寄与できるものと期待される。

また上記の他にゼロ・ゼロ複屈折ポリマーを用いて、重合時に生じる複屈折を解析した。その知見を基に、熱硬化性ポリマーのゼロ・ゼロ複屈折ポリマー化に初めて成功した。さらにゼロ複屈折化したポリマーによる偏波保持プラスチック光ファイバーおよび光ファイバーセンサーの実証も行った。

#### 【これらの研究成果に関連する主要な論文】

- [1] A. Tagaya, H. Ohkita; T. Harada, K. Ishibashi, and Y. Koike, *Macromolecules*, 39, 3019 (2006)
- [2] 多加谷明広, 原田知明, 小池康博, *成形加工*, 第21巻, 第7号, 426 (2009).
- [3] R. Furukawa, A. Tagaya, and Y. Koike, *Applied Physics Letters*, 93, 103303-1 (2008).
- [4] S. Yamazaki, A. Tagaya, and Y. Koike, *Applied Physics Express*, 3, 022602-1 (2010).

## A-2. 複屈折性結晶ドープ法

ERATO 小池フォトニクスポリマープロジェクトにおいて、ナノサイズの無機の複屈折性針状結晶を用い、ポリマーの複屈折を相殺できることが初めて実証された。この方法は複屈折性結晶ドープ法と名付けられた。複屈折性結晶ドープ法とは、ナノサイズの無機の針状結晶を添加し、ポリマーの複屈折を相殺しようという方法である。Figure 8 の概念図に示すように、針状の結晶がポリマー鎖とともに配向し、その結晶の複屈折性によりポリマーの複屈折性を相殺する。添加する結晶として、炭酸ストロンチウム針状結晶を選択し、合成を行った。炭酸ストロンチウム針状結晶の屈折率は、長軸に沿った方向が 1.5199、長軸に直交する方向でそれぞれ 1.666、1.6685 であり、ポリマー鎖に沿って配向した場合の複屈折効果は約-0.147 である（これらは一般の大きな単結晶に近い試料に対して報告されている値に基づくものである）。このように無機の複屈折性結晶はポリマーに比べ大きな複屈折値を示すものが多く、低添加濃度でポリマーの複屈折を相殺できると期待される。ナノサイズの炭酸ストロンチウム結晶の合成は、[水酸化ストロンチウム/水] 懸濁液に炭酸ガスを吹き込むことにより行った。

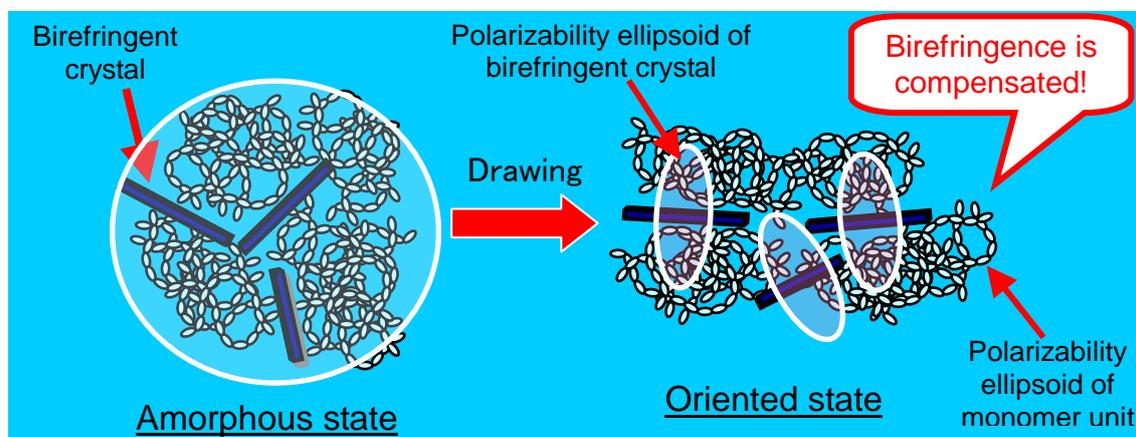


Figure 8 Mechanism for the compensation of orientational birefringence by the birefringent crystal dopant method.

複屈折性が正と負のものをランダムに混合し、複屈折性を相殺するためには、それぞれの要素の大きさが重要となる。ランダム共重合法と異方性低分子ドープ法の結果からも明らかのように、それぞれの要素が分子オーダーの大きさであれば、全く問題無く複屈折性が相殺される。ところがそれぞれの要素がある程度以上の大きさ、例えば数  $10 \mu\text{m}$  以上になると光学的にそれぞれ独立の存在となり、複屈折性は相殺されない。その上限については、光学の分野の名著とされる専門書や論文などにも明確には書かれてなく、「光の波長よりも十分小さい」との記述があるのみである。ERATO 小池フォトニクスポリマープロジェクトにおいて、実際にナノサイズ（長さ約  $200\text{nm}$ 、太さ約  $20\text{nm}$ ）の複屈折性針状結晶を合成し、ポリマーの複屈折相殺を実証することで、このような光学において重要な原理の解明につながる知見を得た。

本プロジェクトでは複屈折性結晶ドープ法を応用し、液晶ディスプレイの位相差フィルムを想定した複屈折の付与を試みた。前述のように液晶ディスプレイには、液晶の有する複屈折を補償するために、高度に制御した複屈折を有するポリマーフィルムが用いられている。高画質の映像表現を可能にするために、従来は4枚以上の位相差フィルムが使われることもあった。その後、材料設計・光学設計、成形技術の向上により、2枚の位相差フィルムの機能を1枚で実現できるように改善が進んでいる。主たる方法としては、複数の異なる材料を組み合わせ、1種の方法では実現が難しいような複屈折性を実現するなどの方法が試みられている。しかしながら、性能的にはまだ発展途上であり、より高い性能のものが望まれている。使用可能な材料の選択肢が限られていることが、設計を難しくする

要因といえる。無機の複屈折性結晶の活用は、その固有の特性により、設計の自由度を高めることができる。また後述するようにナノサイズの粒子という特徴を活かし、ポリマー分子レベルのディメンションでは困難であった新しい成形方法への期待もある。

光機能発現グループでは、ナノサイズの炭酸ストロンチウム結晶をキャストイングにより配向させる方法を試みた。まずナノサイズの炭酸ストロンチウム結晶を合成し、これをポリマー／塩化メチレン溶液中に分散させた。この溶液をナイフコーターで平滑なガラス基板上にキャストイングした。溶液の粘度、ナイフコーターのエッジとフィルム面の間隔、キャストイング速度を調節することで、ポリマー分子鎖をほとんど配向させずにナノサイズの炭酸ストロンチウムを配向させることに成功した (Figure 9)。また複屈折を生じないポリマー中で炭酸ストロンチウムを配向させることにより、ナノサイズの炭酸ストロンチウムの複屈折波長分散を初めて測定した (Figure 10)。ナノサイズの結晶成長は解明されていないことが多く、通常のマクロな大きさの結晶と同じ結晶構造とは限らない。したがって、ナノサイズの結晶の複屈折波長分散を測定することは、これらの結晶を用いたポリマーフィルムの複屈折制御において重要である。得られた結果を基に、Figure 11 に示すように、複屈折が逆波長分散性を有するポリマーフィルムを設計を行った。これは正の複屈折・小さな正常分散を有するシクロオレフィンポリマーに、負の複屈折・より大きな正常分散を有する炭酸ストロンチウムを組み合わせることで、正の複屈折・逆分散のポリマーフィルムを作製するというものである。実際にシクロオレフィンポリマーに炭酸ストロンチウム結晶を添加し、キャストイングにより結晶を配向させた後に、フィルムを配向方向へ熱延伸することによってポリマーフィルムを作製した。得られたフィルムの複屈折の波長分散を測定したところ、Figure 12 のような正の複屈折・逆分散のポリマーフィルムを作製することができた。このような逆分散性のポリマーフィルムは液晶ディスプレイの位相差フィルムとして応用が期待される。

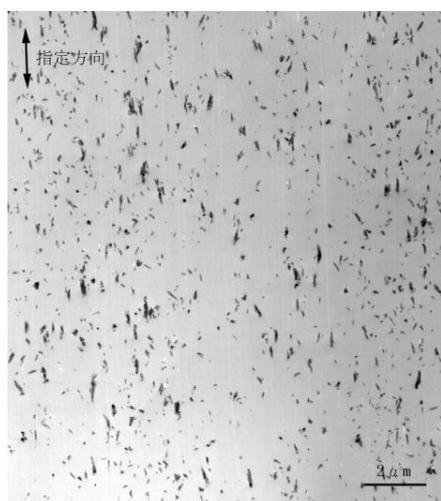


Figure 9 Oriented SrCO<sub>3</sub> nano-crystals in the casted polymer film.

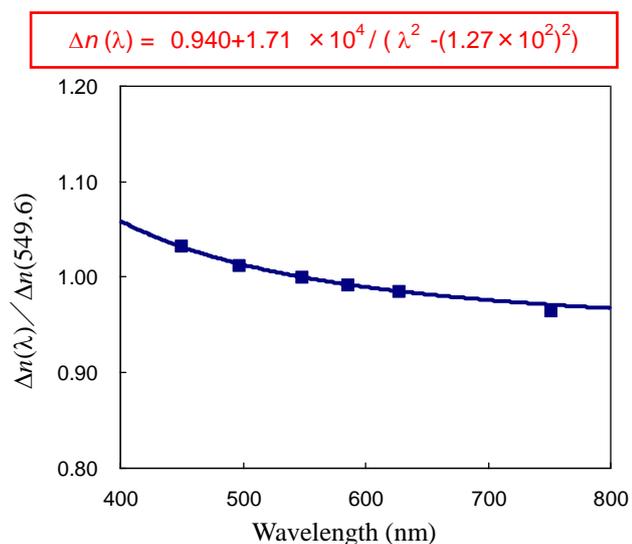


Figure 10 Normalized birefringence dispersion of SrCO<sub>3</sub> nano-crystals.

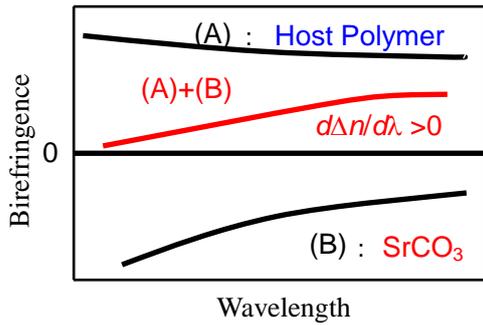


Figure 11 Design of reverse dispersion polymer film with a combination of positive birefringent polymer and SrCO<sub>3</sub> nano-crystals.

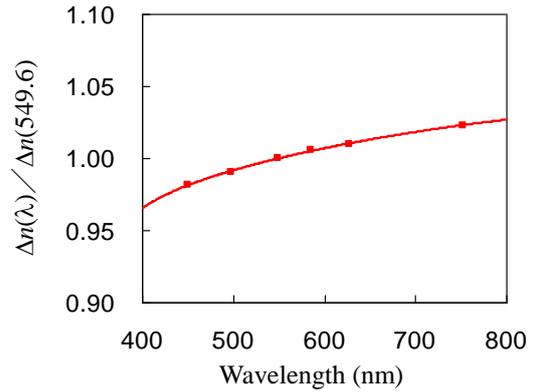


Figure 12 Reverse dispersion polymer film with a combination of positive birefringent polymer and SrCO<sub>3</sub> nano-crystals.

【これらの研究成果に関連する主要な論文】

- [1] A. Tagaya, H. Ohkita, M. Mukoh, R. Sakaguchi, and Y. Koike, *Science*, 301, 812 (2003).
- [2] K. Shikama, A. Tagaya, and Y. Koike, 15th Microoptics Conference, 東京, October 27, 2009.

B. 光散乱機能について

光学等方性真球状粒子の単一散乱特性については、Mie による厳密解が報告されている。しかし、近傍の他の粒子の存在が無視できないような高濃度系においては、散乱特性が Mie 理論からずれることが知られている。つまり、高濃度系には Mie 散乱理論は適用できず、詳細な散乱特性は解明されていない。また光学異方性粒子についても理論的な厳密解は報告されてなく、その特性は十分に解明されていない。ERATO 小池フォトニクスポリマープロジェクトから本プロジェクトまでに光機能発現グループでは、これらの基礎的な散乱現象の解明に取り組んできた。その結果、光学等方性真球状粒子の単一散乱特性のずれが観測可能となる粒子間距離、光学異方性粒子の散乱特性の入射偏光依存性など、重要な知見が得られている。さらにこれらの知見に基づき、光散乱を利用した新規液晶ディスプレイシステムの提案を行った。以下にその概要を述べる。

近年、大型の広視野角・高精細液晶テレビが広く普及し始めている。液晶テレビの視野角を広げる方法としては、①広輝度角度分布光源（バックライト）を用いる方法<Method A>、②正面集光性の高い光源（バックライト）の光を液晶パネルの表面の散乱フィルムで広げる方法<Method B>の 2 通りが検討されてきた。現在市販されている液晶テレビは<Method A>によって実現されており、広視野角における画像の劣化を防ぐために高度に位相制御された位相差フィルムが必要となる。<Method B>はパネル表面の散乱フィルムによる画像のにじみと、外光が散乱フィルムによって散乱し、コントラストが低下することなどの理由により実用化していない。したがって、これらの問題点を解消した散乱フィルムが実現できれば、<Method B>による広視野角化が期待できる。<Method A>による広視野角化は、使用する材料の複屈折波長分散まで考慮した場合、原理的に完全なものの実現し難い。方式②では、散乱による広視野角化であるため、位相差フィルムが不要となり、原理的に材料固有の複屈折波長分散性を考慮する必要がなく、コスト低減にも有利である。このような背景の下、光機能発現グループでは、正面集光性のバックライトからの光を広角に散乱させながらも画像の精細さを損なわず、外光の散乱によるコントラストの低下を防ぐことができる散乱フィルムの実現に取り組んだ。さらにこの新規高精細散乱フィルムを用いた新規液晶ディスプレイの実証を目指した。

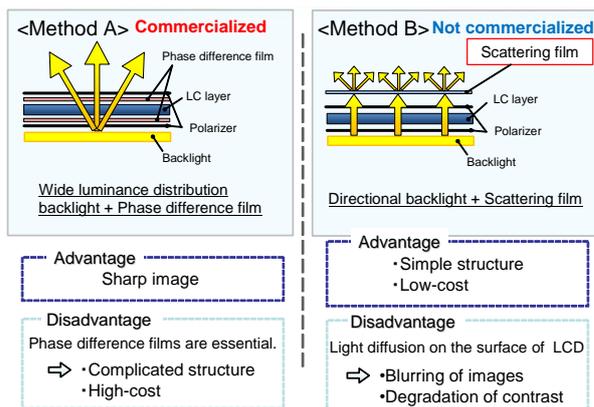


Figure 13 Two systems of a wide viewing LCD TV.

Table 1 Properties of the light scattering particles.

Particle	Particle diameter (μm)	Relative refractive index (@ 589 nm)
Particle A	7.3	0.966
Particle B	1.3	1.11
Particle C	1.1	1.18

ポリマー (PMMA) 中に Table 1 に示す 3 種の粒子をそれぞれ添加した散乱フィルムを作製した。これらの散乱フィルムを液晶パネル最表面に配置し、輝度角度分布を測定した。バックライトには集光性の高い (輝度角度分布の半値全幅 FWHM が 30 度) ものをを用いた。フィルムを通過する際の散乱回数を見積もるため、添加粒子が層状に堆積したと仮定した場合の層数を添加粒子濃度より求めた。Figure 14 に示すように、層数が増えるほど輝度角度分布が広がったが、相対屈折率が高くなるほど少ない層数 (散乱回数) でより効果的に輝度角度分布を広げることができた。一般的な市販の液晶テレビの輝度角度分布の FWHM が 70 度であることから、それぞれの粒子において FWHM が約 70 度の散乱フィルムを用いて画像の精細度を確認した。散乱回数が少ないほど液晶ディスプレイの画素が明瞭に視認できることが確認された (Figure 15)。最も精細さが維持されている Particle C を添加したフィルムを液晶ディスプレイ最表面に配置し、外光を照射した状態を撮影した写真を Figure 16 に示す。散乱フィルムに入射した外光が散乱され、観察者側に戻ってくるため白化して見える。これがコントラストを低下させる要因となる。散乱フィルムに色素を添加したところ、Figure 16 のように白化を効果的に抑制することができ、輝度は従来とほぼ同等であることが確認できた (Table 2)。

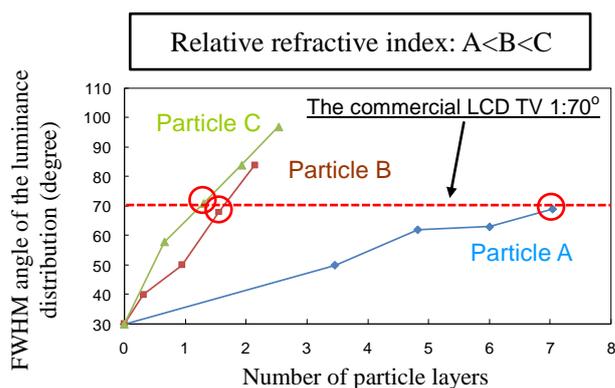


Figure 14 Relationship between the number of particle layers and the FWHM angle of horizontal luminance distribution.

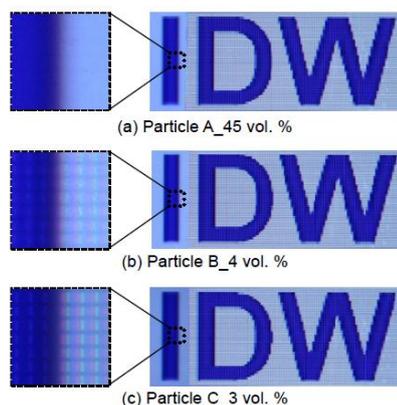


Figure 15 Image sharpness of LCD through the scattering film. (Number of particle layers: (a) > (b) > (c)).

### Whitening of a black display

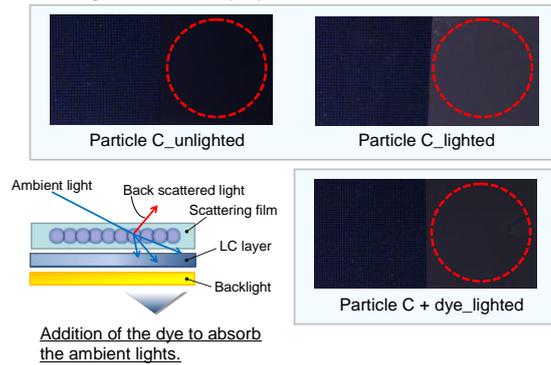


Figure 16 Appearance of LCD covered with the scattering film under fluorescent lamps.

Structures for the measurement	Front luminance (cd/m <sup>2</sup> )
HSOT II backlight with Particle C-doped film	985×10 <sup>1</sup>
HSOT II backlight with Particle C and dye-doped film	654×10 <sup>1</sup>
Commercial backlight	679×10 <sup>1</sup>

以上述べたように、散乱現象を解析し、光を散乱させて広い角度に配光し、かつ画像の精細度を維持・コントラストの低下を抑制できる新規散乱フィルムを設計・作製した。さらにこの新規高精細散乱フィルムを用いた新規液晶ディスプレイが、位相差フィルムを用いずに従来品と同等の明るさ（輝度）・視野角を実現できることを実証した。

#### 【これらの研究成果に関連する主要な論文】

- [1] T. Saruta, A. Tagaya, and Y. Koike, 16th International Display Workshops (IDW'09), 宮崎市, December 9-11, 2009.

#### (2) 得られた研究成果の状況及び今後期待される効果

##### A. 偏波制御機能について

##### A-1. ゼロ・ゼロ複屈折ポリマー

本プロジェクトにおいて初めて配向複屈折および光弾性複屈折がいずれも発現しないゼロ・ゼロ複屈折ポリマーが実現した。ゼロ・ゼロ複屈折ポリマーの設計方法は、ほとんどのポリマーに応用可能と思われる。しかし、現状では配向複屈折性および光弾性複屈折性が明らかとなっているポリマーが少なく、今後より多くのポリマーの両複屈折性が測定し、データベース化を進めていく必要がある。十分なデータが集積されれば、近年大きな市場に成長した液晶ディスプレイ分野における種々のポリマーフィルムの研究開発に大きく貢献することと期待される。

##### A-2. 複屈折性結晶ドープ法

複屈折性結晶ドープ法は、無機結晶の複屈折性を利用してポリマーの複屈折を相殺・制御する方法である。本プロジェクトでは、ナノサイズの炭酸ストロンチウム針状結晶をキャストニングにより配向させ、複屈折が逆波長分散性を有するポリマーフィルムを作製した。これらはナノサイズの針状結晶である故に可能となったキャストニングによる配向制御、無機化合物固有の複屈折性の活用など、新しいポリマーフィルムの複屈折制御の可能性を示すものである。液晶ディスプレイ用位相差フィルムへの応用が期待される。

## B. 光散乱機能について

バックライトからの光を散乱させても画像を高精細に表示することが可能な散乱フィルムを前面に配置した、新規液晶ディスプレイシステムを作製し、その基本特性を確認した。本方式では位相差フィルムを用いずに広視野角な液晶ディスプレイが実現できるため、従来の液晶ディスプレイに比べて構造をより簡素化することができ、コスト面でも有利な可能性がある。新規バックライトの開発とともに、液晶ディスプレイへの応用が期待される。

#### 4. 3 応用グループ The Application Group (超高速伝送グループを含む)

##### (1)実施の内容

ERATOでは、特に低損失且つ低材料分散である全フッ素化ポリマーを基材としたGI-POFに関する高性能化の研究を行った。SORSTではそれを継承するとともに、POFの最大の特長である取り扱いの簡易性及び低コスト性と高性能との両立、並びに耐熱性等の実用特性の向上に関する研究に主眼を置いた。具体的には

- A 超高速 GI-POF の開発
- B 低材料分散、低損失性に加え、高耐熱性を有する新規ポリマーの開発
- C 溶融押出法による GI-POF の精密屈折率分布制御技術の開発
- D GI-POF の伝送特性解析および励振条件に関する研究
- E GI-POF による WDM システムの検討
- F POF の施工性評価及びネットワーク実証システムの構築

を課題とする研究を行った。

以下に各課題に関し研究実施内容を述べる。

##### A 超高速 GI-POF の開発

全フッ素化ポリマーを用いた GI-POF の試作を旭硝子株式会社と共同で行った。このGI-POFは、旭硝子株式会社が小池教授と共同で開発し2003年にERATOの研究成果である溶融押出法で作製している。溶融押出装置の写真をFigure 1に示す。溶融押出法により作製されたGI-POFの屈折率分布は、べき乗則近似に比較的一致することを明らかにした。溶融押出装置を用いることにより、屈折率分布形状が改善され、伝送帯域は飛躍的に改善された。その伝送帯域の歴史についてFigure 2に示す。2008年に、波長 $1.55\mu\text{m}$ のレーザーを用いて40Gbps(ファイバー長100m)の高速伝送に成功した(南カルフォルニア大学のA. Willner教授のグループと共同)。この成果はECOC 2008で発表されERATO-SORSTで目標に掲げていた40Gbps・100mの伝送に成功した。超高速伝送が可能なGI-POFは、今年度から旭硝子株式会社よりFontex®という名称で販売されている。超高速伝送が可能なGI-POFは、家庭内ネットワーク以外にも、サーバールーム内の伝送媒体として普及しつつあるアクティブケーブルなどへの応用が期待できる。



Figure 1 Appearance of co-extruder for preparing GI-POF.

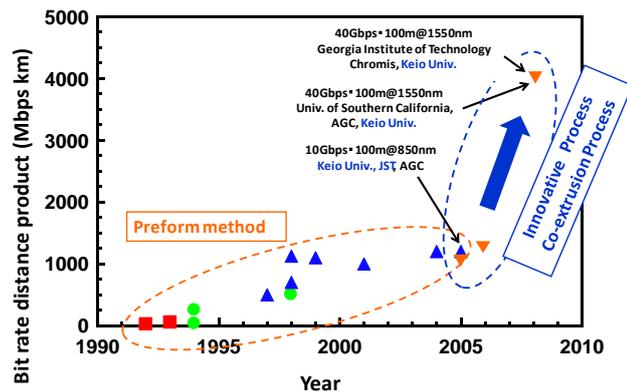


Figure 2 Development of data rate achieved by GI-POF links.

##### B 低材料分散、低損失性に加え、高耐熱性を有する新規ポリマーの開発

低速な光リンクの光源に使用されている安価なLEDの波長は、伝送媒体であるPMMAコアステップインデックス型プラスチック光ファイバー(SI-POF)が低損失となる650nm帯に合わせられている。しかしながらギガビット毎秒を超える高速伝送を可能にする可視

光レーザダイオード或いは面発光レーザーダイオード (VCSEL) の発光波長は、発光強度や寿命を考慮すると 670nm 帯が現実的である。このため、この波長帯に低損失の窓を持つ GI-POF の開発が必要となる。この波長帯の損失値を下げるには、損失の主要因である C-H 振動吸収を低減させるために、水素原子を重水素やフッ素或いは塩素等のより重いハロゲン系元素で置き換えることが有効である。

## B-1 部分フッ素化ポリマーを用いた GI-POF の開発

分子デザイングループが合成し、基礎物性を評価した 2,3,5,6-tetrafluorophenyl methacrylate (TFPhMA) と 2,3,4,5,6-pentafluorophenyl methacrylate (PFPhMA) の 2 種類のモノマーについて GI-POF の作製を行った。これら 2 種類のモノマーは、単位体積当りの C-H 結合数は PMMA のそれと比較して 34% しかないため、POF 母材の C-H 振動吸収による損失の大幅な低下が期待できる。PFPhMA ホモポリマーの  $T_g$  は 130°C であり、PMMA のそれより 25°C ほど高い。しかしながら PFPhMA のホモポリマーでは重合率が上がらず残存モノマーが多いため、 $T_g$  の低下と POF 作製時の発泡が起こってしまうという問題があった。検討の結果、PFPhMA を MMA と共重合させることでこの問題が解決された。PFPhMA と MMA とのモノマー反応性比の違いから、未反応の PFPhMA モノマーが MMA モノマーと重合するため PFPhMA 残存モノマー量がホモポリマーと比較して減少し、且つ PFPhMA と MMA との屈折率の差が非常に小さいため共重合による光散乱は非常に小さい (大塚電子社製の DLS-7000 にて測定)。

PFPhMA/MMA 共重合ポリマー系 GI-POF の伝送損失は波長 670-680 nm で 172-185 dB/km であり、MMA-trifluoroethyl methacrylate (TFEMA) を母材とするものよりもおよそ 100 dB/km 低損失となった (Figure 3)。屈折率が近いポリマー同士を共重合した場合、散乱損失の増加を抑制することができるため、共重合体も GI-POF の材料となりうることを明らかにした。

### 【これらの研究成果に関連する主要な論文】

- [1] K. Koike, T. Kado, Z. Satoh, Y. Okamoto, and Y. Koike, *Polymer*, 51, 1377 (2010).
- [2] K. Koike, F. Mikes, Y. Okamoto and Y. Koike, *Journal of Polymer Science Part A Polymer Chemistry*, 47, 3352 (2009)
- [3] K. Koike, and Y. Koike, *Journal of Lightwave Technology*, 27, 41 (2009)

## B-2 部分塩素化ポリマーによる GI-POF の検討

TFEMA のフッ素原子を塩素原子に置き換えることにより  $T_g$  が高くなることが予測されるため、Trichloroethyl methacrylate (TCEMA) をコア材料とした GI-POF の試作・評価を行った。TCEMA は可視高速光源の波長領域 (660nm~680nm) での透明性が期待され、全フッ素化ポリマーや部分フッ素化ポリマー及び重水素化ポリマーと比較して材料コストが大幅に低い部分塩素化ポリマーである。

まず TCEMA をバルク重合し得られたポリマーを精製し  $T_g$  を測定したところ、PMMA より約 20°C 高い約 130°C であった。しかしながら POF の作製工程を考慮した場合バルク重合後にポリマーを精製することは困難であるため、バルク重合後、未精製のポリマーの  $T_g$  の

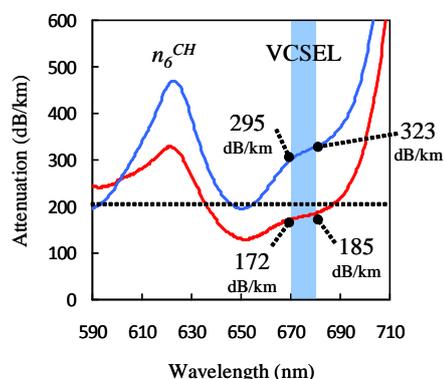


Figure 3 Attenuation spectrum of copolymer based GI-POF.

Blue line is TFEMA/MMA copolymer based GI-POF.

Red line is PFPhMA/MMA copolymer based GI-POF.

把握が重要である。そのためポリマーの重合温度を 85°C から 140°C の範囲で 5°C 刻みに設定して重合し、各々のポリマーについて  $T_g$  を測定した。その結果 120°C で重合した場合に  $T_g$  が約 120°C と最も高い値を示すことがわかった (Figure 4)

上記の予備検討を行った後、ロッドインチューブ法により TCEMA ポリマーをコアとする GI-POF を作製し、伝送損失及び帯域が家屋内ネットワーク配線の要求特性を満たすことを確認した (Figure 5)。

TCEMA を材料にした場合、PMMA 系 GI-POF より耐熱性の高い GI-POF の作製が可能であることが示唆された。ホームネットワーク以外にも機器内配線への応用が期待できる。

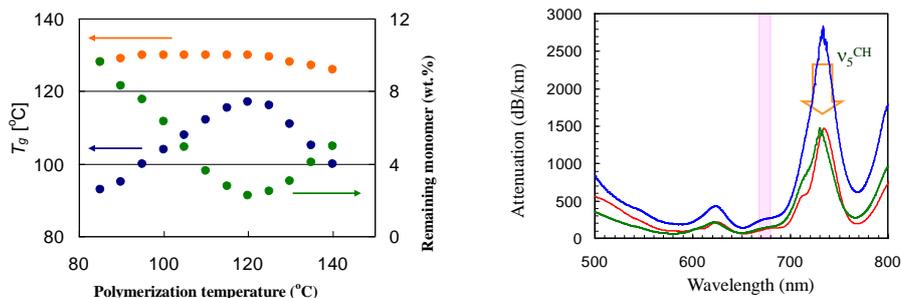


Figure 4 Relation between  $T_g$ , remaining monomer and polymerization temperature.

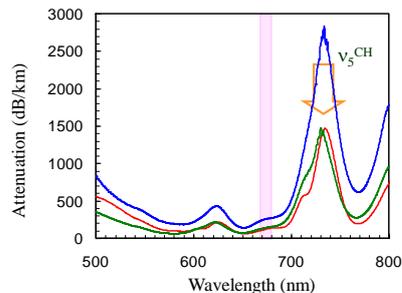
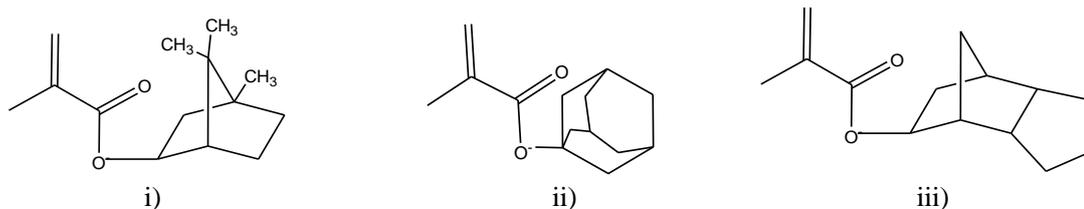


Figure 5 Attenuation spectra of copolymer based GI-POFs. Blue line is PMMA based GI-POF. Red line is TCEMA based GI-POF. Green line is TFEMA/MMA based GI-POF.

### B-3 多環側鎖型アクリレートポリマーによる高耐熱 GI-POF の検討

既にステップインデックス型 POE による光リンクの搭載が進みつつある自動車内光配線用途においても高速化の要求があり、GI-POF の実用化が待たれている。自動車内光配線では、配線場所に応じて 85°C、105°C 或いは 125°C の耐熱温度が要求される。この課題に対し、高  $T_g$  ポリマーとして下記の多環側鎖型アクリレート (Figure 6) による検討を行った。



- i) Isobornyl methacrylate (IBMA)
- ii) 1-adamantyl methacrylate (ADMA)
- iii) Dicyclopentanyl methacrylate (DCPMA)

Figure 6 Chemical structure of acrylate polymers.

精製したポリマーの  $T_g$  は、poly(IBMA) が 156°C、poly(DCPMA) が 150°C であった。また ADMA の  $T_g$  は測定不能であった (熱分解温度以下では熱可塑性を示さないとの先行文献あり)。上記ポリマーをコア材として用い、低分子ドーパントとしていずれとも相溶性の良い diphenyl sulfide (DPS) を添加した。またこれらのポリマーは機械強度が弱く脆い性質があるため、クラッド材には機械強度に優れる PMMA を選択した。ロッドインチューブ法により GI 型プリフォームの作製を試みたところ、poly(IBMA) と poly(ADMA) は PMMA との接着性が弱いという問題が生じたが、poly(DCPMA) については欠陥のないプリフォームが得られた。このプリフォームを熱延伸した GI-POF は、波長 650 nm において伝送損失が 355 dB/km、伝送帯域が 18 m 長 (車載の最長単配線距離) で 2.26 GHz と、良好な伝送特性を示した。また  $T_g$  はコア中心部で 107°C と、現行の PMMA 系 SI-POF の耐熱性と比較しても遜

色ないものであった。残存モノマーの低減、ドーパントの選定を行うことにより、耐熱性のさらなる向上が期待できる。GI-POFの耐熱性向上により車載高速ネットワーク媒体も光化することができ、ワイヤハーネス車載の軽量化が可能となる。またGI-POFの市場も大きく広がる。

#### B-4 耐熱 GI-POF 用ドーパントの研究

現在使用しているドーパントはポリマーに対する可塑的効果が大きく、最もドーパント濃度が高いファイバー中心部付近ではホモポリマー状態と比較してその耐熱性が 20°C以上低下しているという問題がある。そのため、GI-POFの普及を視野に入れ、新規作製法である溶融押出法に適すると同時に高耐熱化を可能とする新規ドーパントの設計とそのスクリーニングを行った。さらに新規ドーパントを用いた高耐熱 GI-POFの作製を試み、耐熱性の評価を行った。40 種以上のモノマー候補の中から、母材との相溶性が良いこと、着色性が少ないこと、可塑効果が小さいこと、熱重量安定性が高いことを条件にスクリーニングを行った結果、dibenzothiophene (DBT) と 9-bromophenanthrene (BPT) が得られた。各ドーパントを添加した PMMA 系 GI-POF の伝送特性及び耐熱性を評価した結果、DBT 添加 GI-POF は従来のドーパントである DPS を用いた GI-POF と同等の伝送特性を有しながら、コア中心部での  $T_g$  が 97°C と、より高い耐熱性を有する事を確認した。また BPT を PMMA-d8 系母材に用いる事で、コア中心部での  $T_g$  が 104°C と DBT 添加 GI-POF よりも更に高い耐熱性を保ち、波長 780nm での伝送損失が 164 dB/km と十分な低損失性をもつ GI-POF が得られた (Figure 7)。

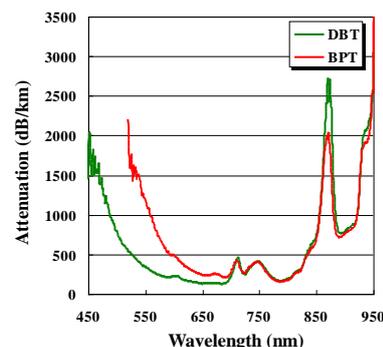


Figure 7 Attenuation spectra of PMMA-d8 based GI-POFs with high thermostability dopants.

BPT をドーパントに用いた GI-POF と、従来用いられていた DPS によるものとの高温環境下における損失増加の比較をした。DBT をドーパントとした GI-POF は、85°C の環境下での損失増加が DPS の場合と比較して大幅に小さくなることを明らかにした。

PMMA 系 GI-POF のドーパントとして DPS を用いていたが、その耐熱性を改善することができる DBT と BPT を提案した。このドーパントと B-1~B-3 に記載している新規モノマーと組み合わせることによりさらなる耐熱性の向上が期待できる。

#### 【これらの研究成果に関連する主要な論文】

[1] Y. Yamaki, M. Asai, S. Takahashi, and Y. Koike, *Applied Physics Express*, 3, 071601-1 (2010).

#### C 溶融押出法による広帯域 GI-POF の量産技術開発

従来の GI-POF の製法はプリフォームを作製しそれを熱延伸するバッチ法であるが、製造コストを下げるためには SI-POF と同様の連続溶融押出による製造法の開発が非常に有益である。そのため、溶融押出法による屈折率分布形状の制御技術確立し GI-POF の実用化を促進することを目的とする研究を行った。

溶融押出装置を用いて GI-POF を連続的に作製し、その特性評価により最適な製造条件を検討した。また拡散のシミュレーションプログラムを作成し、屈折率分布形成過程の理論的解明も試みた。

溶融押出による屈折率分布の制御要因として、ERATO による研究で明らかにした拡散管温度に加え、拡散管の長さによる影響について検討した。その結果従来の条件で単に拡散管の長さを長くしたのみでは放物線状の屈折率分布が得られないことが判明し、コア材とクラッド材のメルトマスフローレート(MFR)比を0.3以下もしくは、3.0以上にすることにより、放物線状の屈折率分布が得られることを明らかにした。また、従来考えられていた拡散係数一定の Fick 型拡散の場合、溶融押出法により得られるコア-クラッド界面の屈折率分布はなだらかな形状になると考えられるが、実際には急峻な立ち上がりが見られた。この結果より、溶融押出による拡散のメカニズムは拡散係数が濃度に依存して変化する Fick 型拡散であることを明らかにした。さらにこの結果を踏まえて拡散シミュレーションを作成し、1次元系での拡散実験により求めた拡散係数を用いた屈折率分布の計算結果が実測と非常に一致を示すことを確認した (Figure 8)。

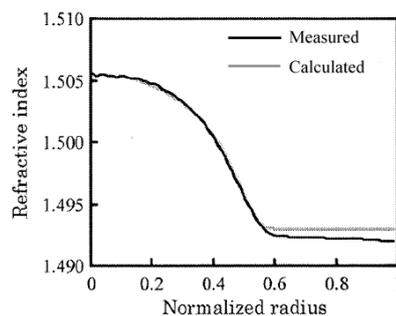


Figure 8 Measured and calculated refractive index distribution

また、実際に作製された GI-POF は、従来の界面ゲル重合法により作製された GI-POF と同程度の伝送帯域が得られることを確認した。さらに、コア材料及びクラッド材料の最適重合条件等の溶融押出条件を検討し、また押出装置をクリーンブース内に設置することで、溶融押出法による GI-POF の低損失化を試みた。PMMA をコアとした場合、溶融押出温度が 210°C 以上になるとポリマーが熱分解してしまうことが判明したため、それ以下の温度でポリマーが溶融できるよう分子量や低分子化合物の添加量等を調整し、溶融温度 190°C でのファイバーの作製に成功した。さらなる材料の重合条件や押出条件の更なる最適化検討が今後必要である。また PMMA とは異なる母材である TFEMA/MMA 共重合系についても、GI-POF の作製に成功した。

種々のポリマー母材についてシミュレーションを行い最適屈折率分布になる拡散条件 (拡散時間、温度) を明らかにした後、実際に GI-POF を溶融押出法により作製することができれば、最適屈折率分布を有する GI-POF の作製が容易となる。今後の量産化には重要な研究結果である。

#### 【これらの研究成果に関連する主要な論文】

[1] M. Asai, K. Nehashi, and Y. Koike, *Journal of Lightwave Technology*, 26, 2909 (2010).

### D GI-POF の伝送特性及び励振条件に関する研究

#### D-1 マルチモード光ファイバーの伝搬特性の数値解析手法に関する研究

有限要素法を用いた従来のマルチモード光ファイバーの伝搬特性の数値解析手法には、励振条件を任意に規定できない、或いはモード結合やモード依存性損失が考慮されないといった問題があり、限られた条件下でなければ実際の伝搬特性を再現することができていなかった。本研究では伝搬モード数が非常に多い大口径 GI-POF について、モード依存性損失及びモード依存性遅延の実測値からモード変換係数を求め、電力結合方程式を用いた数値計算により GI-POF のインパルス応答を算出する手法を検討し、実測値とよく一致する結果を得た。またその手法を用いた解析により、拡散係数一定の Fick 型拡散により得られた屈折率分布を有する全フッ素 GI-POF や界面ゲル重合法により作製された大口径 GI-POF の伝搬特性の決定要因としては、モード依存性損失よりもモード変換の影響が大きいことが明らかになった。

## D-2 コア内にポリマー界面を有する GI-POF の伝送特性に関する研究

研究の過程で、連続溶融押出法で作製した GI-POF の伝送帯域が、その屈折率分布から推算される値よりも大きい事例が数多く確認された。この製法では、製造初期のコアポリマーとクラッドポリマーとの界面が、ドーパントの拡散により最終的に形成される光学的コアの内部に存在する。このコア-クラッドポリマー界面の構造不整により高次モードが高損失化した結果、屈折率分布から予測されるよりも広い帯域が得られたものであることが示唆された。この仮説を立証し、実際に屈折率分布形状が最適値から乖離している場合でも広帯域な特性を有する GI-POF を得るために、溶融押出法と類似の形成過程をとるロッドインチューブ法を採用し、PMMA 系 GI-POF を作製した。その結果、この作製法においても、溶融押出法同様、コア内に構造不整を有するコア-クラッドポリマー界面が位置しており、この散乱損失によって高次モードが減衰、広帯域化を引き起こしていることが示された。また、これらの GI-POF は屈折率分布が最適形状から大きく乖離している場合でも非常に広帯域な特性を有していることを確認した。また、高次モードが高損失化することによる増大が懸念された曲げ損失であったが、従来の作製法である界面ゲル重合法による GI-POF と同程度の低損失な特性を有していることが確認され、高次モードの高損失化が曲げ損失特性に与える影響は小さいことが示された。

以上の結果より、モードカップリング特性についてさらなる検討が必要とされるものの、ロッドインチューブ法や溶融押出法により高次モードを高損失化することにより、低次モードの伝送損失や曲げ損失の増大を伴わず、屈折率分布が最適形状から乖離している場合でも非常に広帯域な特性を有する GI-POF の作製が可能であることを示した。

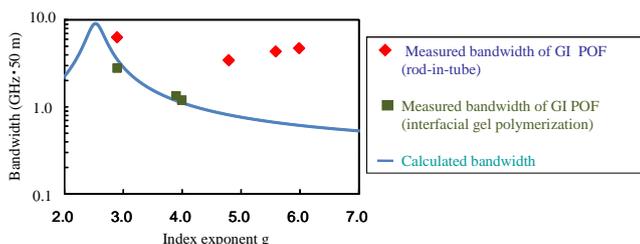


Figure 9 Measured bandwidth of GI-POFs fabricated by the rod-in-tube method and the interfacial gel polymerization method, compared with calculated values.

【これらの研究成果に関連する主要な論文】

[1] T. Noda, and Y. Koike, *Optics Express*, 18, 3128 (2010).

## D-3 GI-POF 伝送特性測定用限定モード励振器に関する研究

マルチモード光ファイバーの帯域及び損失測定の励振条件としては、従来再現性に優れ最悪値が得られる全モード励振が規定されていた。しかしながらこの励振条件は、実際の高速通信光源による励振条件との乖離が大きいため、広帯域伝送の実使用条件に対応した現実的な励振条件規定が必要である。本研究では、Encircled Flux という指標により GI-POF の実使用条件に即した限定モード励振条件を規定する検討を行った (Encircled Flux はマルチモード光ファイバーの励振条件の規定法として規格標準に採用されている指標の一つであり、光ファイバーコア内のある領域内を伝搬する光パワーの割合で励振状態を表す)。まず GI-POF に

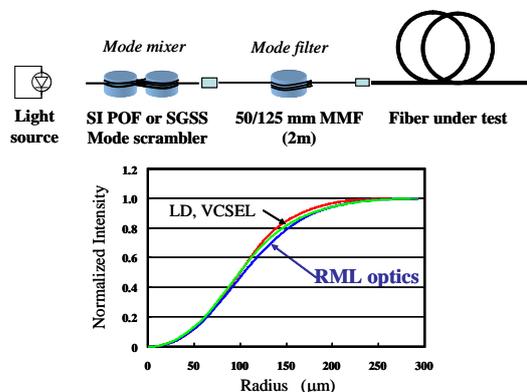


Figure 10 Schematics of Restricted Mode Launch Optics and Encircled Flux.

よる高速伝送の光源となるレーザダイオード及び VCSEL について、それぞれの入射条件に対応する Encircled Flux を実測により求めた。次にそれらの Encircled Flux による入射条件を再現性良く形成し、且つ市販の光学部品の組合せにより構成できる励振系を考案した。さらにその限定モード励振系を用いて損失及び帯域を測定し、測定値の再現性を評価し、全モード励振による測定値との比較を行った。その結果、この限定モード励振系による励振状態の再現性及び伝送特性測定値の再現性が良好であることを確認した。

## E GI-POF の WDM システムの検討

SI-POF を用いた波長多重 (WDM) システムについては、1997 年ごろから検討されている。しかしながら、可視域のみの WDM システムであった。本プロジェクトでは全フッ素化ポリマーを用いた WDM システムの検討を行った。全フッ素化ポリマーの伝送損失は近赤外から可視領域にかけて非常に透明である。そこで、マルチモードファイバーの光源である 780nm から 850nm の 4 波長を用いた WDM システムの構築を考え、試作した。この試作した装置は HDMI の電気信号を光に変換し伝送する装置であり、この装置を用いて非圧縮でのハイビジョン画像の伝送に成功した。WDM システムにすることにより、GI-POF を使う本数が低減でき、ケーブルを細くすることができることを確認した。

今後は、アクティブ HDMI 光ケーブルへの応用など検討することにより、一般家庭への普及が見込まれる。

## F POF の施工性評価及びネットワーク実証システムの構築

施工の簡易性は POF の最大の長所である。配線現場での端末加工では、作業時間が短く且つ性能にばらつきや作業依存性が少ない手法と工具が求められる。各種の POF 端末加工技術の所要作業時間及び性能について比較評価を行うことにより、現場施工に適した端末加工技術を明らかにするとともにその工具の改良検討・試作を行い、POF ならではの簡易施工を具現化することを目的とした検討を実施した。

ホットプレート法及び切断法による加工所要時間及び結合損失の分布を評価するとともに、それぞれの加工法を現場施工に適用する際の課題を明らかにし、解決策を検討した。ホットプレート法による加工端末では、結合損失は  $6\sigma$  まで見込んで POF 用光コネクタの JIS 規定で最も値の小さい等級 (N 等級、2.0dB 以下) に適合した。また、2 心ケーブルを壁面等の角に沿わせ曲げ配線する場合、曲げを加える部分のケーブル心を 1 本ずつに分割することで曲げの内側に位置するファイバーの損失増加を大幅に抑制できることが判明した。

上記検討結果に基づき、POF 用のパッシブ接続コンセントの試作、及び POF 用アクティブコンセントと POF の簡易端末加工工具の設計と評価、及び市販の POF 用光トランシーバ及びメディアコンバーターの特性評価を行った。

また、共同研究先である積水化学工業株式会社の試作によるギガビットイーサネットメディアコンバーター、及び市販の POF 用 100Mbps イーサネットメディアコンバーターを用い、POF によるホームネットワークの実証システムを製作した。このシステムは、家屋モデルの一室に設置した情報配線ボックスから各部屋へ POF をスター型に配線し、各部屋に取り付けた POF コンセントからメディアコンバーターを介してホームサーバー、監視カメラ、PC、テレビ等に POF を接続し、テレビで放送を見ながら副画面で多地点監視カメラの映像を確

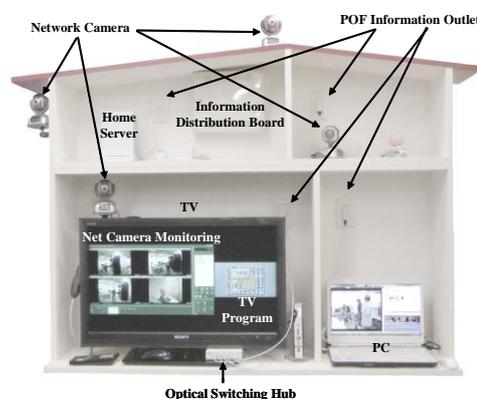


Figure 11 POF Home Network Demonstration System.

認したり、ホームサーバー内の動画や静止画コンテンツを見るというような使い方を見せるものである。30mのPOFの伝送損失と前記のパッシブコンセントでの接続損及び配線による損失を合計しても、リンク全体の損失バジェットに2dB以上の余裕があることを確認した。

なお、平成22年1月に開催された光ファイバー技術展において、積水化学工業株式会社等POFメーカー及びPOF用トランシーバメーカー計6社との共同出展を組織し、このデモシステムを展示して市場の反響を調査した。剃刀刃等の汎用工具による単純な切断のみで簡単に接続できる等のPOF配線施工の容易性が、他の配線媒体に対する優位点として高く評価された。

## (2)得られた研究成果の状況及び今後期待される効果

### A 超高速 GI-POF の開発

GI-POF100mを用いて、40Gbpsの伝送に世界で初めて成功した。

家庭内ネットワーク、サーバールーム、機器間配線などへ応用されPOFの普及率が上昇する。

### B 低材料分散、低損失性に加え、高耐熱性を有する新規ポリマーの開発

SI-POFより高い耐熱性を有し、650nm~680nmの範囲においてSI-POFより低損失なGI-POFの作製に成功した。車載ネットワーク用GI-POFの材料を新規に提案し、ファイバーを試作し、そのGI-POFは車載用途の最低スペックを満たすことを確認した。

車載ネットワークにGI-POFが採用されることにより世界規模でのPOFの普及が期待できる。

### C 溶融押出法による GI-POF の精密屈折率分布制御技術の開発

溶融押出法での屈折率分布形成機構を明らかにし、屈折率分布形成シミュレーションの作成に成功した。

PMMAとは異なる材料を用いた場合でも、基礎実験を行うことにより屈折率分布が最適にできる条件を検討することができ、高い効率で押出実験を行うことができる。

### D GI-POF の伝送特性解析および励振条件に関する研究

GI-POFの出射パルスシミュレーションの作成を行い、実験結果と比較的良好一致を示した。

### E GI-POF の WDM システムの検討

光 HDMI 伝送装置の試作に成功した。この WDM 技術を応用してアクティブ光ケーブルへの応用が期待できる。

### F POF の施工性評価及びネットワーク実証システムの構築

配線及び端末加工に関する基礎的な検討がほぼ終了し、ケーブルや簡易工具の設計に有用な知見が得られた。今後はそれらの結果に基づくPOFケーブル及び工具等の周辺部品の製品化のみならず、情報家電へのPOF物理層の搭載や、そのメリットを享受できるようなアプリケーションの提案が重要な課題となる。Fiber To The Displayの実現のためにはPOF製造企業だけでなく周辺デバイスや情報家電、さらにはアプリケーション開発企業の参画が必須であり、これらの企業に対するPOFの優位性のアピールとともに、その目指す姿を共有した共同開発の仕組みが必要であろう。

## 5. 類似研究の国内外の研究動向・状況と本研究課題の位置づけ

### 【分子デザイングループ】

これまでに PMMA、ポリスチレン、ポリカーボネート、フッ素化アクリルなどによる SI-POF の研究は行われていた。添加物（ドーパント）による屈折率分布形成を前提とした GI-POF に最も適したポリマーの設計・合成は、本プロジェクトならびに本プロジェクトと共同で研究を進める研究機関のほぼ独壇場である。特に従来のポリマーよりも低損失・低分散・高耐熱な GI-POF 用ポリマーの設計は、合成したポリマーを用いて GI-POF を作製し、さらにそれらの諸特性を解析し、設計にフィードバックする取り組みによって効果的に進めることができる。すなわち、後述する【超高速伝送グループおよび応用グループ】との共同研究により、他の研究機関では困難な GI-POF 用ポリマーの研究開発が進められている。

### 【光機能発現グループ】

#### A. 偏波制御機能について

コンパクトディスクの登場とともに、1980年代から光学ポリマーデバイスの複屈折を低減する研究が盛んになった。それらは①成形方法・成形条件の工夫によるもの、②低複屈折性のポリマーを設計・合成するものに大別できる。①の取り組みは、成形温度を上げる、熱処理時間を長くするなどの条件下で行われることが多く、一般に製造効率の低下となった。また液晶ディスプレイ用光学フィルムなどは、一般に前述のように溶液流延製膜法で製造され、製造設備の複雑化・高コスト化につながる。②の取り組みは、帝人等からポリカーボネート、日本ゼオン、J S R、三井化学等からシクロオレフィンポリマーが光学用途で研究開発されている。これらは優れた性能を有し、実用的なポリマーであり、これらによってこれまでの光ディスク等の発展・普及が実現したといえるであろう。また液晶ディスプレイ用光学フィルムでは、富士フィルム、コニカミノルタによる低複屈折トリアセチルセルロースフィルムの研究開発も大きな成果である。しかし、これらのいずれにおいても複屈折ゼロのポリマーの開発には成功していない。ポリマーのゼロ複屈折化の研究は、まずポリマーをブレンドする方法が 1980年代後半に報告された。その後、本プロジェクトの研究総括により、ランダム共重合による方法、異方性低分子を添加する方法が提案された。またランダム共重合法によるゼロ複屈折化したポリマーが、本研究総括と日立化成工業の共同開発により、ピックアップレンズ用のポリマーとして製品化されている。その後、2000年から始まった ERATO 小池フォトンクスポリマープロジェクトにおいて、さらにポリマーの光弾性複屈折消去の試みが進められ、またナノサイズの複屈折性無機結晶を用いたポリマーの複屈折消去方法が提案・実証された。その後、前述したようなゼロ・ゼロ複屈折ポリマーの提案・実現、ナノサイズの結晶による複屈折制御につながっている。このようにポリマーの複屈折消去・制御については当研究グループの研究成果が世界的にも突出している。平成 19 年 3 月に行われた NEDO による調査においても、同様な評価が得られている。

#### B. 光散乱機能について

透明ポリマーの光散乱の起源に迫る研究は、プラスチック光ファイバーの低損失化のために、1980年代から本プロジェクトの研究総括により精力的に行われてきた。得られた知見から、1990年頃に光を高効率に散乱するポリマー（光散乱導光ポリマー）が提案され、その後、エンプラス、日東樹脂工業との共同研究により、主にノートパソコン用の液晶ディスプレイバックライトの導光板として実用化された。液晶ディスプレイにおいては、従来は透明導光板が使用されており、「散乱させるポリマーは光をロスする低高率なもの」と

考えられていた。また液晶ディスプレイでは拡散板と呼ばれる光を散乱させる部材が使用されている。しかし、これらの設計においても、ポリマーの光散乱の起源に迫るような研究はなされてなく、光散乱機能が十分に活用されていなかった。2000年からの ERATO 小池フォトニクスポリマープロジェクトにおいて、単一散乱、多重散乱等の散乱現象の解析をさらに進め、プリズムシートおよび反射シート等を必要としない究極の導光板（バックライト）提案・実証に至っている。その後、前述したような光散乱機能を活用した新たな提案・実証に至っている。このようにポリマーの光散乱の起源に迫る研究から、実際の光学デバイスの提案につながるような研究は他にあまり例が無く、当研究グループの研究が突出している。

#### 【超高速伝送グループおよび応用グループの研究について】

近年、家屋など建物内通信網の整備に対する国内外の関心が高まってきている。中でも欧州での POF への関心は強く、複数の国家ならびに欧州横断型研究プロジェクトが進められている。しかし、本プロジェクトで開発を進めているような高性能 POF が市販されておらず、また作製できる研究機関や企業が現状では殆ど無いいため、帯域の狭い既存の POF を使用し変調方式を工夫することにより高速通信を実現させる研究例が多くを占めている。

本プロジェクトが実用化・普及を目指し研究を重ねてきた広帯域 GI-POF は、全フッ素化ポリマーを用いて POF として世界最高の伝送速度を達成し、或いは部分ハロゲン化ポリマーを母材とし高速可視光源の波長帯において PMMA よりも大幅な低損失化を達成した。これらの成果は、いずれも GI-POF の研究として最先端を行くものである。

また、POF のデータ伝送用途としては SI-POF の自動車内配線への普及が進んでおり、次世代仕様の伝送速度の高速化に対し耐熱性に優れた GI-POF の開発が望まれている。しかしながら、耐熱 POF の検討は国内外で長年行われているものの、大半は SI 型が対象であった。本プロジェクトでは、分子デザイングループの研究成果として得られたポリマーを母材とし、各種の検討により選択した可塑効果による  $T_g$  低下の少ないドーパントを用いて、従来よりも遥かに耐熱性の高い GI-POF の実現可能性を示した。この成果は、耐環境性が求められる自動車や航空機等の配線にも GI-POF の市場を拓けるものである。またこのようにモノマーレベルの研究から製造条件までをカバーした GI-POF の研究開発は、他の追随を許さない。

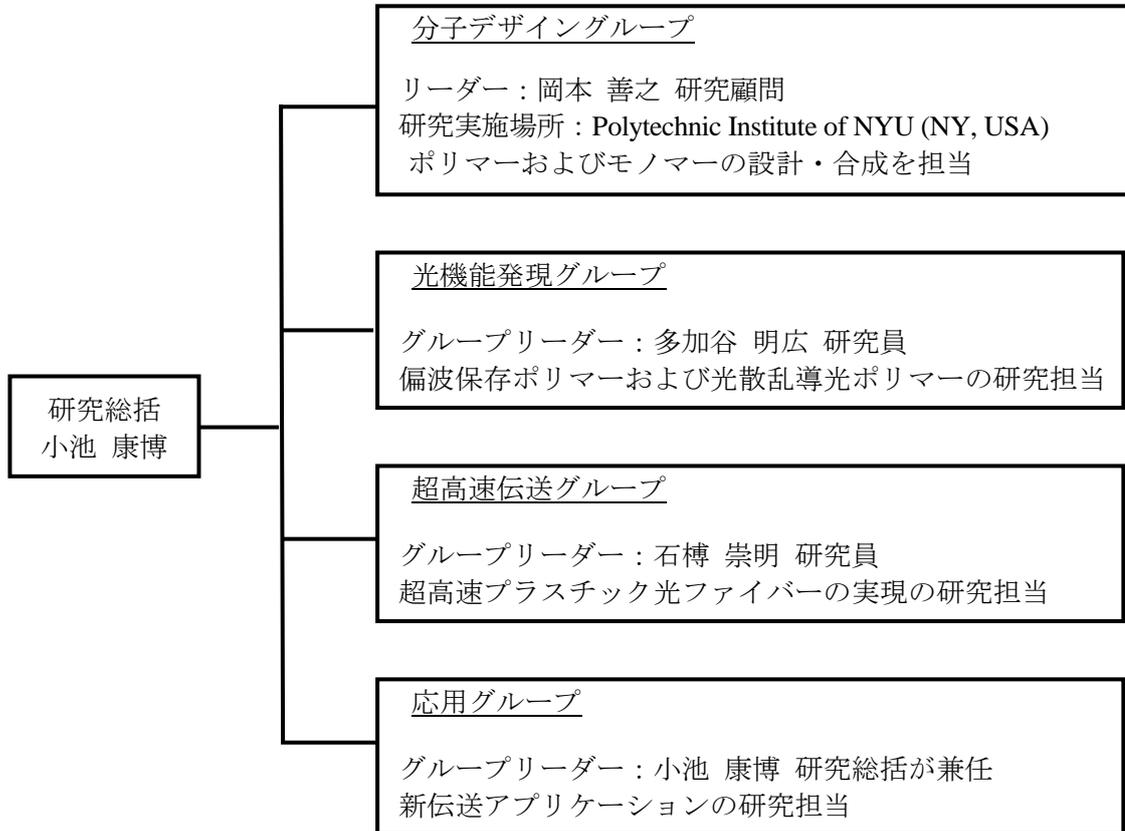
さらに本プロジェクトでは、連続溶融押出法による GI-POF の連続製法に関し、GI-POF の屈折率分布形成機構の解明及び屈折率分布制御の検討が進み、安定した量産の実現への足がかりが得られた。この分野の研究は当プロジェクトが大きく先行しており、特に部分ハロゲン化ポリマーによる可視光高速伝送用大口径 GI-POF の作製に関する研究では、世界でも他に比較し得るものは見当たらない。

## 6. 研究実施体制

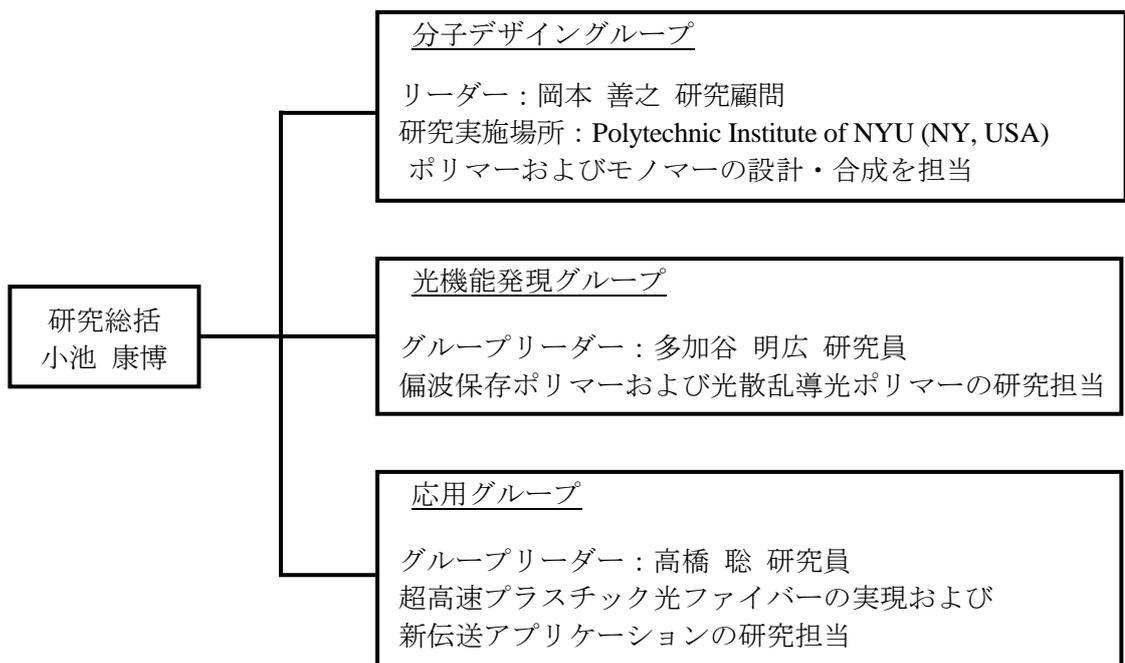
### (1) 体制

プロジェクトスタート時は4つのグループから構成されていたが、平成19年4月1日より超高速伝送グループと応用グループが統合し（統合後のグループ名は応用グループ）、3グループ体制に移行した。したがって、2つの期間に分けて体制図を示す。

#### (a) 平成17年10月1日～平成19年3月31日



#### (b) 平成19年4月1日～



(2)メンバー表

① 分子デザイングループ

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
岡本 善之	Polytechnic Institute of NYU	研究顧問	分子デザインおよび試作合成	平成 17 年 10 月～
Hongxiang Teng	Polytechnic Institute of NYU	NY 大学採用 研究員	分子デザインおよび試作合成	平成 17 年 10 月～
František Mikeš	Polytechnic Institute of NYU	NY 大学採用 研究支援者	分子デザインおよび試作合成	平成 17 年 10 月～ 平成 20 年 7 月
Ding-Ying Zhou	Polytechnic Institute of NYU	NY 大学採用 研究支援者	分子デザインおよび試作合成	平成 20 年 9 月 1 日～
飯森 三絵	派遣先の所属	JST 技術員	US ブランチに対する 研究・事務関係のサポート、及び海外対応	平成 17 年 10 月～平成 22 年 5 月

(\*Polytechnic University は平成 20 年 7 月 1 日に New York University と合併し、Polytechnic Institute of New York University となった。契約書等などを除く一般的な文書等では Polytechnic Institute of NYU と表記。本報告書中もこの表記で統一した。)

② 光機能発現グループ

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
多加谷 明広	派遣先の所属	JST 研究員 (グループリーダー)	偏波保存ポリマー 光散乱ポリマー	平成 17 年 10 月～
大喜田 尚紀	派遣先の所属	JST 研究員	偏波保存ポリマー	平成 17 年 10 月～平成 19 年 3 月
当麻 哲哉	派遣先の所属	JST 研究員	偏波保存ポリマー	平成 19 年 10 月～平成 20 年 3 月
古川 怜	慶應義塾大学 大学院	技術員	偏波保存プラスチック 光ファイバー	平成 19 年 5 月～平成 21 年 3 月

③ 超高速伝送グループ (平成 17 年 10 月 1 日～平成 19 年 3 月 31 日)

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
石樽 崇明	慶應義塾大学	研究員 (グループリーダー)	超高速プラスチック光 ファイバーの実現	平成 17 年 10 月～ 平成 19 年 3 月
近藤 篤志	派遣先の所属	JST 研究員	超高速プラスチック光 ファイバーの実現	①平成 17 年 10 月～ 平成 18 年 4 月 ②平成 19 年 3 月～ 平成 22 年 3 月 (この期間は応用グ ループに所属)
牧野 建志	慶應義塾大学 大学院	技術員	超高速プラスチック光 ファイバーの実現	平成 17 年 10 月～ 平成 18 年 3 月

前述のように、本プロジェクト開始時は4つのグループから構成されていたが、平成19年4月1日より超高速伝送グループと応用グループが統合し（統合後のグループ名は応用グループ）、3グループ体制に移行した。したがって、応用グループのメンバー表は2つの期間に分けて示す。ただし、誤解を避けるため、各人の「参加時期」については、全参加期間を記載した。

④ 応用グループ（平成17年10月1日～平成19年3月31日）

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
小池 康博	慶應義塾大学	研究総括 グループリーダーを兼務	新伝送アプリケーションの研究	平成17年10月～
高橋 聡	派遣先の所属	JST 研究員	新伝送アプリケーションの研究	平成18年9月～
上原 桂二	東日本電信電話	研究員	新伝送アプリケーションの研究	平成18年3月 ～平成21年6月
近藤 篤志	派遣先の所属	JST 研究員	超高速プラスチック光 ファイバーの実現	①平成17年10月 ～平成18年4月 (この期間は超高速伝送 グループに所属) ②平成19年3月 ～平成22年3月
大喜田 敦子	派遣先の所属	JST 研究補 助員	新伝送アプリケーションの研究	平成17年10月 ～平成20年3月

応用グループ（平成19年4月1日～平成23年3月31日）

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
高橋 聡	派遣先の所属	JST 研究員 (グループリーダー)	新伝送アプリケーションの研究	平成18年9月～
上原 桂二	東日本電信電話	研究員	新伝送アプリケーションの研究	平成18年3月 ～平成21年6月
近藤 篤志	派遣先の所属	JST 研究員	超高速プラスチック光 ファイバーの実現	①平成17年10月 ～平成18年4月 (この期間は超高速伝送 グループに所属) ②平成19年3月 ～平成22年3月
浅井 誠	慶應義塾大学 大学院	技術員	超高速プラスチック光 ファイバーの実現	平成19年5月 ～平成21年3月
小池康太郎	慶應義塾大学 大学院	技術員	超高速プラスチック光 ファイバーの実現	平成19年11月 ～平成22年3月
大喜田 敦子	派遣先の所属	JST 研究補 助員	新伝送アプリケーションの研究	平成17年10月 ～平成20年3月
秋葉 由貴	派遣先の所属	JST 研究補 助員	新伝送アプリケーションの研究	平成20年4月1日～ 平成22年5月31日
福本 浩子	派遣先の所属	JST 研究補 助員	新伝送アプリケーションの研究	平成22年4月 ～平成23年3月

7. 研究期間中の主な活動

(1) ワークショップ・シンポジウム等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2010年10月19日～21日	The 19 <sup>th</sup> International Conference on Plastic Optical Fibers	慶應義塾大学日吉キャンパス	250	毎年世界各国で行われるPOF研究に関する唯一の国際学会。当プロジェクトの研究成果を多数発表し、当プロジェクト並びにPOFを国内外へアピールした。

(2) 招聘した研究者等

氏名（所属、役職）	招聘の目的	滞在先	滞在期間
Dr. Duncam T. Moore Vice Provost of Entrepreneurship, Professor of Optical Engineering, University of Rochester	The 19 <sup>th</sup> International Conference on Plastic Optical Fibers での講演及び同 Technical Tour への参加	横浜ベイシェラトンホテル、新・都ホテル（京都）	10月16日～26日（当プロジェクト関連は22日まで）

8. 発展研究による主な研究成果

(1) 論文発表

① 原著論文 (国内 (和文) 誌 1 件 国際 (欧文) 誌 39 件)

NO.	タイトル	著者	掲載誌名、号数	DOI
1	Novel Amorphous Perfluorocopolymeric System: Copolymers of Perfluoro-2-methylene-1,3-dioxolane Derivatives	Yu Yang, Frantisek Mikes, Liang Yang, Weihong Liu, Yasuhiro Koike, and Yoshiyuki Okamoto	Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry, Vol. 44, pp. 1613-1618 (2006).	10.1002/pola.21278
②	Zero-Birefringence Optical Polymers	Akihiro Tagaya, Hisanori Ohkita, Tomoaki Harada, Kayoko Ishibashi, and Yasuhiro Koike	Macromolecules, Vol. 39, pp. 3019-3023 (2006).	10.1021/ma0527000
3	Waveguide parameter design of graded-index plastic optical fibers for bending-loss reduction	Kenji Makino, Takaaki Ishigure, and Yasuhiro Koike	Journal of Lightwave Technology, Vol. 24, No.5, pp. 2108-2114 (2006).	10.1109/JLT.2006.872292
4	Index Profile Design for High Bandwidth W-Shaped Plastic Optical Fiber	Keita Takahashi, Takaaki Ishigure, and Yasuhiro Koike	Journal of Lightwave Technology, Vol. 24, No.7, pp. 2867-2876 (2006).	10.1109/JLT.2006.876090
5	High-Bandwidth Plastic Optical Fiber for Fiber to the Display	Yasuhiro Koike and Takaaki Ishigure	Journal of Lightwave Technology, Vol. 24, No. 12, pp. 4541-4553 (2006).	10.1109/JLT.2006.885775
6	High-Bandwidth PVDF-Clad GI POF With Ultra-Low Bending Loss	Takaaki Ishigure, Yuta Aruga, and Yasuhiro Koike	Journal of Lightwave Technology, Vol. 25, No. 1, pp. 335-345 (2007).	10.1109/JLT.2006.886666
⑦	The effect of fluorine substituents on the polymerization mechanism of 2-methylene-1,3-dioxolane and properties of the polymer products	Yoshiyuki Okamoto, František Mikeš, Yu Yang, and Yasuhiro Koike	Journal of Fluorine Chemistry, Vol. 128, Issue 3, pp. 202-206 (2007).	10.1016/j.jfluc hem.2006.12.005
8	Property of modification of poly(methyl methacrylate) through copolymerization with fluorinated aryl methacrylate monomers	Hongxiang Teng, Liang Yang, František Mikeš, Yasuhiro Koike and Yoshiyuki Okamoto	Polymers for Advanced Technologies, 18, pp. 453-457 (2007)	10.1002/pat.884
⑨	High-Bandwidth Graded-Index Plastic Optical Fiber Prepared by the Dopant Diffusion Co-Extrusion Process	Makoto Asai, Ryoma Hirose, Atsushi Kondo, Yasuhiro Koike	Journal of Lightwave Technology, Vol. 25, No.10, pp. 3062-3067 (2007).	10.1109/JLT.2007.904931
10	Waveguiding property of a plastic optical fiber fabricated by low-birefringence copolymer	Rei Furukawa, Akihiro Tagaya, Shuichi Iwata, Yasuhiro Koike	Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 46, No. 47, pp. L1182-L1184 (2007).	10.1143/JJAP.46.L1182
11	Improvement of physical properties of poly(methyl methacrylate) by the copolymerization with pentafluorophenyl methacrylate	Akihiro Tagaya, Tomoaki Harada, Koutarou Koike, Yasuhiro Koike, Yoshiyuki Okamoto, Hongxiang Teng, Liang Yang	Journal of Applied Polymer Science, Vol. 106, pp. 4219-4224 (2007).	10.1002/app.26975
12	Polarization-Maintaining Mechanism of a Birefringence-Reduced Plastic Optical Fiber Fabricated Using	Rei Furukawa, Akihiro Tagaya, Shuichi Iwata, Yasuhiro Koike	The Journal of Physical Chemistry C, Vol. 112, No. 21, pp. 7946-7952 (2008).	10.1021/jp7118185

	Poly(methyl methacrylate/benzyl methacrylate) Copolymer			
13	Design and Synthesis of Graded Index Plastic Optical Fibers by Copolymeric System	Kotaro Koike, František Mikeš, Yoshiyuki Okamoto, Yasuhiro Koike	Polymers for advanced technologies, Vol. 19, Issue 6, pp. 516–520 (2008).	10.1002/pat.1091
14	Copolymers of Methyl Methacrylate and Fluoroalkyl Methacrylates: Effects of Fluoroalkyl Groups on the Thermal and Optical Properties of the Copolymers	Dingying Zhou, Hongxiang Teng, Koutarou Koike, Yasuhiro Koike, Yoshiyuki Okamoto	Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry, Vol. 46, pp. 4748–4755 (2008)	10.1002/pola.22808
15	Control of Refractive Index Distribution for High-Bandwidth Graded Index Plastic Optical Fiber	Makoto Asai, Kazuma Nehashi, Yasuhiro Koike	Journal of Lightwave Technology, Vol. 26, No. 16, pp. 2909–2918 (2008)	10.1109/JLT.2008.922196
16	Graded Index Plastic Optical Fiber Prepared by the Coextrusion Process	Ryoma Hirose, Makoto Asai, Atsushi Kondo, Yasuhiro Koike	Applied Optics, Vol. 47, No. 22, pp. 4177–4185 (2008)	
17	Microoptics and Photonics Polymer	Yasuhiro Koike	Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 47, No. 8, pp. 6629–6634 (2008).	10.1143/JJAP.47.6629
18	Modal Analysis of a Multimode Polarization-Maintaining Plastic Optical Fiber Fabricated Using Poly(methyl methacrylate/benzyl methacrylate) Copolymer	Rei Furukawa, Akihiro Tagaya, Yasuhiro Koike	Applied Physics Letters, Vol. 93, No. 10, pp. 103303–1–3 (2008).	10.1063/1.2979705
19	Design of Low-Loss Graded-Index Plastic Optical Fiber Based on Partially Fluorinated Methacrylate Polymer	Kotaro Koike, Yasuhiro Koike	Journal of Lightwave Technology Vol.27, No.1, pp. 41–46 (January 1, 2009).	10.1109/JLT.2008.928543
20	High Glass Transition Temperatures of Poly(methyl methacrylate) Prepared by Free Radical Initiators	Hongxiang Teng, Koutarou Koike, Dingying Zhou, Zen Satoh, Yasuhiro Koike and Yoshiyuki Okamoto	Journal of Polymer Science: Part A : Polymer Chemistry, Vol. 47, pp.315–317, 2009.	10.1002/pola.23154
21	Differential mode analysis of a polarization-maintaining graded-index plastic optical fiber using macrobending	Rei Furukawa, Akihiro Tagaya, Yasuhiro Koike	Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 48, pp. 022503–1–7 (2009).	10.1143/JJAP.48.022503
22	Pressure measurement based on a multimode phase retarder plastic optical fiber	Rei Furukawa, Akihiro Tagaya, Yasuhiro Koike	ACS Applied Materials & Interfaces, Vol. 1, No. 3, pp. 720–725.	10.1021/am800212y
23	Application of Graded-Index for Astigmatism Reduction in Progressive Addition Lens	Yuki Shitanoki, Akihiro Tagaya, and Yasuhiro Koike	Applied Physics Express, Vol. 2, pp. 032401–1–3.(2009)	10.1143/APEX.2.032401
24	Copolymer based progressive addition lens with graded-index designed for astigmatism and distortion correction	Yuki Shitanoki, Akihiro Tagaya, and Yasuhiro Koike	ACS Applied Materials & Interfaces, Vol. 1, No. 4, pp. 907–912.	10.1021/am900017r
25	Compensation of Birefringence of Polymers for Photonics	Akihiro Tagaya, Yasuhiro Koike	International Journal of Polymers and Technologies, Vol. 1, pp. 23–33 (2009).	
26	低複屈折射出成形品のためのゼロ・ゼロ複屈折ポリマーの設計	多加谷明広、 原田知明、小池康博	成形加工, 第21巻, 第7号, pp. 426–435	10.4325/seikei kakou.21.426

27	Design, Synthesis and Characterization of a Partially-Chlorinated Acrylic Copolymer for Low-Loss and Thermally-Stable Graded Index Plastic Optical Fibers	Kotaro Koike , Frantisek Mikes, Yoshiyuki Okamoto and Yasuhiro Koike	Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry, Vol. 47, No. 13, pp. 3352–3361 (2009).	10.1002/pola.23408
28	The future of Plastic Optical Fiber	Yasuhiro Koike, and Makoto Asai	Nature Publishing Group Asia Materials (NPG Asia Mat.) Vol.1 (1) pp. 22–28, 2009.	10.1038/asiamat.2009.2
29	Bandwidth enhancement of graded index plastic optical fiber by control of differential mode attenuation	Takafumi Noda, Yasuhiro Koike	Optics Express, Vol. 18, No. 3, pp. 3128–3136 (2010).	
30	Design of zero-birefringence cross-linked polymers	Sayuri Yamazaki, Akihiro Tagaya, and Yasuhiro Koike	Applied Physics Express, Vol. 3, pp. 022602–1–3 (2010).	10.1143/APEX.3.022602
31	Optical and thermal properties of methyl methacrylate and pentafluorophenyl methacrylate copolymer: Design of copolymers for low-loss optical fibers for gigabit in-home communications	Kotaro Koike, Takahiro Kado, Zen Satoh, Yoshiyuki Okamoto, and Yasuhiro Koike	Polymer, Vol. 51, no. 6, pp. 1377–1385 (2010)	10.1016/j.polymer.2010.01.043
32	Novel Dopant for Graded-Index Polymer Optical Fiber with High-Thermal Stability	Yasushi Yamaki, Makoto Asai, Satoshi Takahashi, and Yasuhiro Koike	Applied Physics Express, Vol. 3, 071601–1–3 (2010).	10.1143/APEX.3.071601
33	Mechanism of Generation of Photoelastic Birefringence in Methacrylate Polymers for Optical Devices	Houran Shafiee, Akihiro Tagaya, Yasuhiro Koike	Journal of Polymer Science Part B; Polymer Physics, Vol.48, Issue 19, pp.2029–2037 (2010).	10.1002/polb.22082
34	Progress in Low-Loss and High-Bandwidth Plastic Optical Fibers	Yasuhiro Koike, Kotaro Koike	Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics, Volume 49, Issue 1, pp. 2–17, (2011).	10.1002/polb.22170
35	The Effects of Rotation of Benzene Rings on Diffusion of Solvents in Polymer Melts	Makoto Asai, Megumi Awata, Yasuhiro Koike	American Chemical Society, Industrial & Engineering Chemistry Research, Vol. 50, pp. 3280–3286 (2011).	10.1021/ie102082r
36	Design and Synthesis of a Zero-Photoelastic Birefringence Polymer with a High Glass-Transition Temperature by a Random Copolymerization Method	Houran Shafiee, Akihiro Tagaya, Yasuhiro Koike	Polymer Journal, Vol. 43, pp. 306–312 (2011).	10.1038/pj.2010.136
37	Control of the Birefringence Dispersion of an Optical Polymer by Doping with an Inorganic Crystal	Houran Shafiee, Kota Shikama, Akihiro Tagaya, Ferdinand Hardinghaus, Taichi Miyaji, Karl Köhler, and Yasuhiro Koike	Japanese Journal of Applied Physics, Vol.50, pp. 032602–1–6 (2011).	10.1143/JJAP.50.032602
38	Methodological Approach to Control Refractive Index Profile of Graded-Index Polymer Optical Fiber	Makoto Asai, Yoshiki Mukawa, Satoshi Takahashi, Yasuhiro Koike	American Chemical Society, Industrial & Engineering Chemistry Research, Vol. 50, pp. 3895–3899 (2011).	10.1021/ie101888y

39	A High-Retardation Polymer Film for Viewing Liquid Crystal Displays through Polarized Sunglasses without Chromaticity Change in the Image	Daisuke Kobayashi, Akihiro Tagaya, and Yasuhiro Koike	Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 50, pp. 042602-1-6 (2011)	10.1143/JJAP .50.042602
40	High-bandwidth Graded-Index Plastic Optical Fiber with Low-Attenuation, High-Bending Ability, and High-Thermal Stability for Home-Networks	Makoto Asai, Yukari Inuzuka, Kotaro Koike, Satoshi Takahashi, Yasuhiro Koike	Journal of Lightwave Technology (in press)	

②その他の著作物（総説、書籍など）

No.	タイトル	著者	掲載誌名、号数
1	光ファイバー	小池康博	高分子、2006年1月号
2	低損失有機高分子系光ファイバー	小池康博	“ファイバー”スーパーバイオメティックス – 近未来創造テクノロジー–、2006
3	ゼロ複屈折性光学ポリマー	多加谷明広	高分子、2006年9月号
4	PART 7-1 フォトニクス・ポリマーの複屈折制御 ～偏光板・位相差板のコスト低減へ～	多加谷明広	「日経FPD 2007<戦略編>」、NIKKEI MICRODEVICES監修、2006
5	ゼロ・ゼロ複屈折ポリマー	小池康博、多加谷明広	液晶、2007年1月号
6	高分子科学材料 そのさらなる展開 –フォトニクスポリマーを中心に–	小池康博	70周年記念出版『化学物質を経営する』第3部：高分子科学・工学の進化と生活・産業・社会の変革、化学工業日報、2007
7	プラスチック光ファイバの最新動向	小池康博	光技術コンタクト 2007年4月号
8	高分子科学最近の進歩 – プラスチック光ファイバ	高橋聡	高分子、2007年7月号
9	高性能プラスチック光ファイバ	小池康博、高橋聡	(日本ITU協会発行季刊誌)New Breeze 2007年夏号
10	Zero Zero-birefringence Polymer	小池康博	高分子 2007年7月号、p. 485
11	高速光伝送・高画質ディスプレイのためのフォトニクスポリマー	小池康博	情報・通信用光有機材料の最新技術、(株)シーエムシー出版、2007
12	フォトニクスポリマーの基礎と新展開	小池康博	日本学術会議、学術の動向、2007年12月号、pp.66-67
13	フォトニクスポリマー	小池 康博、多加谷明広	工業材料、2008年1月号、p.70-71、日刊工業新聞社
14	Developments of high-performance POF	小池康博	“Fiber and Integrated Optics”誌、special issue for Polymer Optical Fibers、O. Ziemann 編、Taylor and Francis社出版、2008
15	高分子と光の相互作用	多加谷明広、小池 康博	成形加工、2008年3月号、p.144-149、プラスチック成形加工学会
16	Chapter 16 Plastic Optical Fibers: Technologies and Communication Links, pp.593-603	小池 康博、高橋 聡	Optical Fiber Telecommunications V – A: COMPONENTS AND SUBSYSTEMS (ISBN: 978-0-12-374171-4)、編者: Ivan P. Kaminow, Ting Li, Alan E. Willner, ACADEMIC PRESS, 2008
17	高性能ポリマー光ファイバ	高橋 聡	工業材料、2008年4月号、p.24-27
18	フォトニクスポリマーの創製と新たな展開	多加谷明広、小池康博	工業材料、2008年4月号、p.18-23
19	第2章2「ナノファイバーテクノロジーが拓くIT社会」	小池 康博	ナノファイバーテクノロジー –新産業発掘戦略と応用–、pp.60-pp.64、2008
20	フォトニクスポリマーへの思い	小池 康博	OplusE、2009年1月号、通巻第350号、pp.43-45
21	ERATOとイノベーション	小池 康博	文部科学時報、平成20年12月号、No. 1595、pp.24
22	Graded Index Plastic Optical Fiber Prepared by the Co-extrusion Process	近藤 篤志、高橋 聡、小池 康博	高分子、2008年12月号、p. 962
23	耐熱性GI型プラスチック光ファイバの実現を目指して～家庭や自動車にギガの光を～	小池康太郎、小池康博	化学と工業、2008年12月号、p. 1154-1155
24	プラスチック光ファイバの概要	高橋 聡	光学材料の屈折率制御技術の最前線、(株)シーエムシー出版、2009年4月9日
25	フォトニクス・イノベーションへの思い	小池康博	光学、2009年(32巻)12月号、巻頭言p.549(1)

26	プラスチック光ファイバー	小池 康博	NEW GLASS, Vol.25 No.1 2010 (Serial No.96) pp.20-23
27	基本原理から生まれたフォトンクスポリマー～光を自在に操る 小池康博 博士～	小池 康博	現代化学, 2010年3月号, pp.16-23
28	High Retardation Polymer Films for Liquid Crystal Displays	小池康博、多加谷明広	高分子, 2010年4月号、p. 188
29	高速・低損失プラスチック光ファイバーが開発されるまで	小池 康博	化学と工業, 私の自慢, p.648 - 650, Vol. 63-8 August 2010
30	ラジカル重合を用いた光ファイバ設計	小池康博、小池康太郎	(株)NTS出版, 新訂版ラジカル重合ハンドブック, 第4編第2章第6節, pp.769-779, 2010
31	ゼロ・ゼロ複屈折ポリマー ～複屈折を発現しないポリマー～	多加谷明広	OplusE, 2010年12月号, 通算第373号, Vol.32, No.12, pp.1415-1419.
32	Optical Fibers	小池康博、小池康太郎	Elsevier Science Comprehensive Polymer Science 2nd Edition Volume 8, Chapter 12, in press

## (2) 口頭発表

## ①招待講演 (国内95件, 国際52件)

No.	タイトル	著者	会議名
1	フォトニクスポリマーの基礎とブロードバンド社会への展開	小池康博	2006年富士裾野21世紀フォーラム, 静岡県, January 27-28, 2006. (invited)
2	ディスプレイを支えるフォトニクスポリマーの新展開 ~Fiber to the Displayの実現に向けて~	多加谷明広	第23回高分子学会千葉地域若手セミナー, 千葉市, February 27, 2006. (invited)
3	POFを取り巻く最近の話題	小池康博	第55回POFコンソーシアム総会, 東京, February 21, 2006. (invited)
4	フォトニクスポリマーのブロードバンド技術への展開	小池康博	分子工学研究会, 横浜市, March 10, 2006. (invited)
5	高速光伝送と高画質ディスプレイを支えるフォトニクスポリマー	小池康博	かわさきテクノフォーラム, 川崎市, March 13, 2006. (invited)
6	プラスチック光ファイバの低分散化設計と高速インターコネクトへの応用	石樽崇明、小池康博	電子情報通信学会OPN研究会, 三浦市, March 17, 2006. (invited)
7	Status of GI POF toward "Fiber-to-the-Display"	小池康博	Work POF 2006, Rio de Janeiro, Brazil, April 27, 2006. (invited)
8	高性能ディスプレイのための新規フォトニクスポリマーとその展開	小池康博	第16回ファインテックジャパン ファインテックセミナー, 東京, April 20, 2006. (invited)
9	最も透明なポリマーとは	小池康博	ポリマーフロンティア21, 東京, April 21, 2006. (invited)
10	フォトニクスポリマーと微小光学	小池康博	第100回記念微小光学研究会, 東京, May 16, 2006. (invited)
11	フォトニクスポリマーの複屈折制御 ~偏光板・位相差板における意図せぬ複屈折の消去とコスト低減に向けて~	多加谷明広	「FPD International 2006」プレセミナー 第5回「高画質化と低コスト化の切り札, 大型FPD向け部品・材料, 製造プロセスの革新技術」 東京, June 22, 2006. (invited)
12	High-Speed and High-Quality Photonics Polymer Devices for Multimedia Society	小池康博	TEMU2006 (International Conference on Telecommunications & Multimedia), Crete, Greece, July 5-7, 2006. (invited)
13	Photonics Polymer for "Fiber-to-the-Display"	小池康博	Polymer Processing Society 22 (PPS22) Annual Meeting, 山形市, July 3, 2006. (invited)
14	フォトニクスポリマーの新展開	小池康博	第1回東海コンファレンス, 長野県上田市, August 25, (2006)
15	Design and synthesis of plastic optical fiber materials	岡本善之	15th International Conference on Plastic Optical Fiber, Soul, Korea, September 11-14, 2006.
16	Novel photonics polymer for "Fiber-to-the display"	多加谷明広、小池康博	9th International Conference on Organic Nonlinear Optics (ICONO'9) and International Conference on Organic Photonics and Electronics 2006 (ICOPE 2006), Bruges, Belgium, September 24-28, 2006.
17	Status of POF for "Fiber to the display"	小池康博	15th International Conference on Plastic Optical Fiber, Soul, Korea, September 11-14, 2006.
18	Waveguide design of plastic optical fibers towards high bit-rate communications	石樽崇明、小池康博	15th International Conference on Plastic Optical Fiber, Soul, Korea, September 11-14, 2006.

19	ゼロ複屈折ポリマーの創生	小池康博	分子ナノテクノロジー第174委員会第18回研究会, 大津市, September 28, 2006. (invited)
20	Modal Bandwidth Enhancement of Plastic Optical Fibers by W-Shaped Index Profile and Low-Dispersion Fluorinated Polymer	石樽崇明、高橋慶太、小池康博	IEEE LEOS Annual 2006 (LEOS'06), Quebec, Canada, October 29–Nov. 2, 2006.
21	フォトニクスポリマーの複屈折制御と液晶ディスプレイへの応用	多加谷明広、小池康博	第14回SPE Japan RETEC講演発表会, 東京, October 19–20, (2006). (invited)
22	私にとってのファンダメンタルズ	小池康博	清陵サイエンスフォーラム, October 7, 2006.
23	フォトニクスポリマーの基礎と新展開	小池 康博	第22回高分子同友会総合講演会, 東京, October 18, 2006.
24	私にとってのファンダメンタルズ	小池 康博	高分子学会若手社員のための基礎講座, 平塚市, October 27, 2006.
25	Zero Zero-Birefringence Polymers	小池康博、多加谷明広	International Conference on Polymers and Advanced Materials (POLYMEX 2006), Huatulco, Mexico, November 5–9, 2006.
26	Photonics Polymer for fiber-to-the-display	小池康博	SPIE Photonics WEST 2007, San Jose, California, USA, January 21, 2007.
27	ディスプレイのためのフォトニクスポリマー	多加谷明広、小池康博	KAST教育講座「FPD(フラットパネルディスプレイ)最新技術と材料開発コース」, 川崎市, January 23, 2007
28	液晶ディスプレイのためのフォトニクスポリマー	小池康博、多加谷明広	第16回光反応・電子用材料研究会講座「ディスプレイに用いられる高分子と加工技術」, 東京, January 24, 2007.
29	高速・高精細光伝送のためのフォトニクスポリマー	小池康博	日本化学会 第87春季年会, 大阪府吹田市, March 25, 2007.
30	ゼロ・ゼロ複屈折ポリマー	多加谷明広	有機デバイス研究会第66回研究会, 名古屋市, March 23, 2007.
31	Status of High-Speed Plastic Optical Fiber for Broadband Society	小池康博	COBRA Colloquium, Eindhoven, Netherlands, April 27, 2007.
32	プラスチック光ファイバの現状と可能性	高橋聡、小池康博	光ファイバ総合技術展2007 技術特別セミナー, 横浜, April 26, 2007.
33	プラスチック光ファイバの開発と市場の動向	高橋聡	第43回フォトニクスフォーラム研究会, 愛知県愛知郡長久手町, April 27, 2007.
34	ITのためのフォトニクスポリマー	小池康博	第56回高分子学会年次大会, 京都, May 29–31, 2007.
35	Zero-birefringence Polymer and Its Application	多加谷明広、小池康博	IUMACRO 2007 –Macromolecules for a Safe, Sustainable and Healthy World – 2nd Strategic Polymer Symposium–, New York, USA, June 13, 2007.
36	Photonics Polymer Bringing Us back to Face-to-Face Communication	小池康博	IUMACRO 2007, New York, USA, June 13, 2007.
37	新しい光学機能の創出 –フォトニクスポリマー–	小池康博	プラスチック成形加工学会18回年次大会, 船堀, June 8, 2007.
38	人にやさしいブロードバンド社会を拓くフォトニクスポリマー	小池康博	平成19年度繊維学会年次大会, 東京, June 21, 2007.
39	フォトニクスポリマーの基礎と新展開	小池康博	高分子学会第31回湘南地区講演会, 平塚市, June 22, 2007.
40	Status of Photonics Polymers for “Fiber to the Display”	小池康博	9th International Conferences on Frontiers of Polymers and Advanced Materials (ICFPAM), Cracow, Poland, July 12, 2007.

41	Photonics Polymers for Fiber-to-the-Display	小池康博	71st Prague Meetings on Macromolecules 47th Microsymposium Advanced Polymer Materials for Photonics and Electronics, Prague, Czech Republic, July 16, 2007.
42	Zero zero-birefringence polymers for optical devices	多加谷明広、小池康博	71nd Prague Meetings on Macromolecules 47th Microsymposium Advanced Polymer Materials for Photonics and Electronics, Prague, Czech Republic, July 16, 2007.
43	Tunable color of a polymer in silica	岡本善之	71nd Prague Meetings on Macromolecules 47th Microsymposium Advanced Polymer Materials for Photonics and Electronics, Prague, Czech Republic, July 16, 2007.
44	Synthesis and characterization of a transparent thermally and chemically stable perfluoro polymer: perfluorinated poly(2-methylidene-1,3-dioxolane)	František Mikeš, Josef Baldrian, Josef Plestil	71nd Prague Meetings on Macromolecules 47th Microsymposium Advanced Polymer Materials for Photonics and Electronics, Prague, Czech Republic, July 16, 2007.
45	Status of Photonics Polymer for "Fiber-to-the-Display"	小池康博	Special seminar at University of Southern California, Los Angeles, California, USA, August 24, 2007.
46	Status of Photonics Polymer towards Broadband Society	小池康博	Photonics Conference 2007, Friday Harbor, Seattle, WA, USA, August 29, 2007.
47	Status of POF towards Future	小池康博	16th International Conference on Plastic Optical Fiber, Turin, Italy, September 10, 2007.
48	The Status of POF Technology	小池康博	POF Symposium, ECOC 2007, Berlin, Germany, September 18, 2007.
49	超高速POFの現状と高画質コミュニケーションの将来	小池康博	第35回高柳記念未来技術フォーラム, 東京, September 27, 2007.
50	Improvement of physical properties of poly (methyl methacrylate) by the copolymerization with fluorophenyl methacrylate	岡本善之、Hongxiang Teng、多加谷明広、小池康博	9th International Symposium on Polymers for Advanced Technologies, Shanghai, China, October 22-25, 2007.
51	私にとってのファンダメンタルズ	小池康博	高分子学会若手社員のための基礎講座, 平塚市, October 26, 2007.
52	フォトニクスポリマーの基礎と新展開	小池康博	東京大学物性研究所談話会, 柏市, October 25, 2007.
53	Microoptics and Photonics Polymer	小池康博	The Thirteenth Microoptics Conference (MOC'07), 高松市, October 29, 2007.
54	Status of Photonics Polymer for Fiber-to-the-Display	小池康博	第27回(台湾)中日工程技術研討会, 新竹県, 台湾, November 15, 2007.
55	Fundamentals of Photonics Polymer and their Applications	小池康博	8th Chitose International Forum, 千歳市, November 29, 2007.
56	ディスプレイのためのフォトニクスポリマー最新技術動向	小池康博	光機能材料研究会第17回講演会 フラットパネルディスプレイと材料技術の最新動向, 東京, November 6, 2007.
57	フォトニクスポリマーの基礎と機能創造	小池康博	東京大学物性研究所創立50周年記念シンポジウム「物性化学のフロンティア2007」, 柏市, November 22, 2007.

58	フォトニクスポリマーが拓く 人にもどるIT社会	小池康博	平成19年度 K2オープンセミナー, 川崎市, November 17, 2007.
59	Status of Photonics Polymer for Broadband Society	小池康博	The 10th Pacific Polymer Conference (PPC 10), 神戸市, December 7, 2007.
60	フォトニクスポリマー	小池康博	社団法人 未踏科学技術協会, <材料イノベーションシリーズ 5回>, 東京, December 13, 2007.
61	プラスチックファイバの実用化と導入状況	高橋 聡、小池 康博	NGN時代の光技術・産業懇談会第4回討論会, 東京, January 23, 2008.
62	"Fiber to the Display"とフォトニクスポリマー	小池 康博	第2回フォトニクスポリマー研究会講座, 東京, March 13, 2008.
63	Status of Photonics Polymers for "Fiber to the Display"	小池 康博	SPIE, the Photonics Europe 2008 Symposium (EPE08), Strasbourg, France, April 7-11, 2008.
64	Status of Photonics Polymer for Fiber-to-the-Display	小池 康博	International symposium of Photonics and Electronics, from fundamental to device, 東京, April 2, 2008.
65	プラスチック光ファイバの新展開	小池 康博	光ファイバ総合技術展2008 特別セミナー, 横浜市, April 23, 2008.
66	Status of Photonics Polymer and its Applications	小池康博	International Conference on Organic Nonlinear Optics (ICONO10) International Conference on Organic Photonics and Electronics 2008 (ICOPE2008), Santa Fe, New Mexico, U.S.A., May 21, 2008.
67	フォトニクスポリマーの研究を展開するにあたって	小池 康博	日本学術会議・分子研・日本化学会,「教育・研究環境のあるべき姿」分子研研究会, 岡崎市, May 7, 2008.
68	フォトニクスポリマーの基礎と新展開	小池 康博	かわさき市民アカデミー暮らしの中の科学講座, 川崎市, May 8, 2008.
69	フォトニクスポリマー ~光学部材の設計~	小池 康博	大日本印刷株式会社 2008技術セミナー, 東京, May 9, 2008.
70	Status of Photonics Polymer for Broadband Society	小池 康博	IUPAC-sponsored 42nd World Polymer Congress "Macro 2008", Taipei, Taiwan, China, June 29-July, 4, 2008.
71	NOVEL PHOTONICS POLYMER FOR HIGH-QUALITY FLAT-PANEL DISPLAY	多加谷明広、小池康博	2ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON FUNCTIONAL MATERIALS AND DEVICES 2008 (ICFMD2008), Kuala Lumpur, Malaysia, June 17, 2008.
72	ゼロ・ゼロ複屈折ポリマーの実現とこれからのポリマーの複屈折制御	多加谷明広	ダイセル化学工業講演会, 姫路市, June 12, 2008.
73	Fiber to the Displayの実現に向けたフォトニクスポリマーの新展開	多加谷明広	三井化学講演会, 袖ヶ浦市, June 23, 2008.
74	Fiber to the Displayのためのフォトニクスポリマー	小池 康博	ダイセル化学工業講演会, 姫路市, June 12, 2008.
75	フォトニクスポリマーの展開	小池 康博	第54回高分子夏季大学, 鹿児島市, July 18, 2008.
76	DESIGN OF ZERO ZERO-BIREFRINGENCE POLYMERS	多加谷明広、小池 康博	XVII International Materials Research Congress (XVII IMRC 2008), Cancun, Mexico, August 18, 2008.
77	State of POF Technology	小池康博	The 17th International Conference on Plastic Optical Fibers 2008, Santa Clara, California, USA, August 25-28, 2008.

78	フォトニクスポリマーによる光増幅と偏波制御 ～ポリマー光ファイバー増幅器・レーザーとゼロ・ゼロ複屈折ポリマー～	多加谷明広	平成20年度 日本光学会名古屋講演会, 浜松市, October 15, 2008.
79	Photonics Innovation toward "Fiber-to-the-Display"	小池康博	IBM Day at Keio University, 横浜市, October 15, 2008.
80	フォトニクスポリマーの基礎とその応用展開	小池 康博	高分子学会 08-2 超分子研究会, 東京都, January 20, 2009.
81	フォトニクスポリマーの新展開 ～Fiber-To-The-Display～	小池 康博	慶應義塾大阪リバーサイドキャンパス主催 デジタル産業論コース1(技術編), 大阪市, January 29, 2009.
82	フォトニクスポリマーの新展開 ～Fiber-To-The-Display～	小池 康博	東洋製罐グループ総合研究所 講演会, 横浜市, January 19, 2009.
83	SI形プラスチック光ファイバの標準化の経緯と励振条件の検討状況	高橋 聡	光導波路性能評価方法に関する討論会, 東京都, February 3, 2009.
84	フォトニクスポリマー ～私にとってのファンダメンタルズ～	小池 康博	財団法人科学技術交流財団主催 研究交流クラブ第122回定例会, 名古屋市, February 16, 2009.
85	高画質大画面ディスプレイとフォトニクスポリマー	小池 康博	2008年度印刷・情報記録・表示研究会講座, 東京, February 12, 2009.
86	"Fiber-To-The-Display"のためのフォトニクスポリマー	小池 康博	第309回光産業技術振興協会マンスリーセミナー, 東京, February 17, 2009.
87	Status of Photonics Polymers for "Fiber-To-The-Display"	小池 康博	Seminar at Bell Laboratories, New Jersey, USA, March 16, 2009.
88	Status of Photonics Polymers for "Fiber-To-The-Display"	小池 康博	Special Lecture at Polytechnic Institute of NYU, NY, USA, March 18, 2009.
89	Recent development of optical polymer materials	岡本善之	第89回日本化学会春季年会, 船橋市, March 27, 2009.
90	フォトニクスポリマーの基礎と新展開	小池 康博	新日本石油株式会社中央技術研究所 講演会, 横浜市, March 4, 2009.
91	フォトニクスポリマーの新展開	小池 康博	日本化学会第89春季年会, 千葉市, March 28, 2009.
92	フォトニクスポリマーの基礎と新展開	小池 康博	光交流会, 川崎市, April 15, 2009.
93	GI型プラスチック製光ファイバーを生み出した信念と拘り、確信	小池 康博	日本総研 技術価値創造戦略グループセミナー, 東京, April 17, 2009.
94	Status of Photonics Polymers for "Fiber-To-The-Display"	小池 康博	The 16th Conference on Optoelectronics and Optical Communications (COOC), Daecheon, Korea, May 14, 2009.
95	Status of Photonics Polymers for "Fiber-To-The-Display"	小池 康博	Japan-Finland "Functional Materials" Workshop, 日本-フィンランド共催「機能性材料」ワークショップ, Helsinki, Finland, May 25, 2009.
96	フォトニクスポリマーの複屈折制御と液晶ディスプレイおよびレンズへの応用	多加谷明広、小池 康博	高分子学会 09-1 光反応・電子用材料研究会, 東京, May 12, 2009.
97	高齢化社会を支える Fiber-To-The-Display ～近未来の遠隔地医療をめざして～	小池 康博	第1回「これからの泌尿器科を考える」, 東京, May 23, 2009.
98	"人にもどるブロードバンド社会"を拓くフォトニクス・イノベーション	小池 康博	サイエンステクノフロンティアフォーラム主催 第18回サイテックサロン, 東京, May 30, 2009.

99	物質の機能が創る Face-to-Face社会	小池康博	(独)科学技術振興機構主催 戦略的イノベーション創出推進事業のためのワークショップ「フォトニクスポリマー」、高分子光波マニピュレーション, 東京, June 9, 2009.
100	フォトニクスポリマー ~未来のコミュニケーションを目指して~	小池康博	プラスチック成形加工学会09年次大会, 東京, June 4, 2009.
101	フォトニクスポリマーの新展開 ~Fiber-To-The-Displayへ向けて~	小池 康博	第34回 光学シンポジウム, 東京, July 3, 2009.
102	私にとってのファンダメンタルズ	小池 康博	高分子学会主催 09-1高分子学会講演会, 東京, July 10, 2009.
103	私にとってのファンダメンタルズ ~人にもどるブロードバンド社会をめざして~	小池 康博	諏訪清陵高校サイエンスフォーラム, 諏訪市, July 11, 2009.
104	フォトニクスポリマーの新展開 ~Fiber-To-The-Displayをめざして~	小池 康博	第二回慶應-NECワークショップ, 川崎市, July 15, 2009.
105	フォトニクスポリマーとその応用	多加谷明広	第353回VBL談話会/第555回材料談話会, 米沢市, August 6, 2009.
106	私にとってのファンダメンタルズ~フォトニクスがひらく Face-to-Faceコミュニケーション社会~	小池康博	かながわ発・中高生のための大学セミナー、横浜市、August 25, 2009.
107	Status of High-Speed Plastic Optical Fiber	小池康博	International Conference on Organic Photonics and Electronics 2009 (ICOPE2009)/ International Conference on Organic Nonlinear Optics 11 (ICONO11), 北京, September 25, 2009.
108	THE GIGA HOUSE PROJECT	小池 康博	The 18th International Conference of Plastic Optical Fibers, Sydney, Australia, September 9-11, 2009.
109	Innovation of Photonics Polymer	小池康博	10th International Conference on Frontiers of Polymers and Advanced Materials (10th ICFPAM), Santiago, Chile, October 2, 2009.
110	Advanced Photonic Polymers	小池康博	JSPS International Symposium of Advanced Photonic Electronics (The 50 years anniversary of JSPS Optoelectronics the 130 Committee), 東京, October 29, 2009.
111	光学材料とファンダメンタルズ	小池康博	高分子学会関東支部主催 2009年度若手社員のための高分子基礎講座, 平塚市, October 30, 2009.
112	DESIGN OF ZERO ZERO-BIREFRINGENCE POLYMERS AND THEIR APPLICATIONS	多加谷明広、小池康博	International Conference on Polymers and Advanced Materials (POLYMAT2009), Huatulco, Mexico, November 22-26, 2009.
113	高速・高精細フォトニクスポリマーとFace-to-Faceコミュニケーション	小池康博	かわさき サイエンス&テクノロジーフォーラム2009, 川崎市, November 17-18, 2009.
114	フォトニクスポリマーの新展開 ~Face-to-Face Communication をめざして~	小池康博	東京工業大学グローバルCOE プログラム「材料イノベーションのための教育研究拠点」 Nano Materials for the Future, “Nanoscale Physics for Materials Science” and “NPG Asia Materials” Memorial Lecture Meeting, 東京, November 24, 2009.

115	Face-to-Face Communication をめざして	小池康博	K2オープンセミナー, 川崎市, November 14, 2009.
116	最先端フォトニクスポリマー技術 ～人にもどる Face-to-Faceコミュニケーション～	小池康博	(財)化学技術戦略推進機構(JCII)主催 第3回機能性分科会講演会, 東京, December 16, 2009.
117	フォトニクスポリマーの新展開 — Fiber-To-The-Display —	小池康博	清陵高校勉強会, 東京, December 17, 2009.
118	世界最速プラスチック光ファイバと高精細・大画面ディスプレイが拓くFace-to-Faceコミュニケーション	小池康博	第10回慶應科学技術展KEIO TECHNO-MALL2009連携技術セミナー, 東京, December 11, 2009.
119	Status of Photonics Polymer and Face-to-Face Communication	小池 康博	SPIE Photonics West 2010, San Francisco, California, USA, January 26, 2010.
120	フォトニクスポリマーの新展開	小池 康博	高分子学会同友会, 東京, January 15, 2010.
121	フォトニクスが拓く Face-to-Faceコミュニケーション産業の創出	小池 康博	宇都宮大学 オプティクス教育研究センター棟竣工記念講演, 宇都宮市, February 22, 2010.
122	Innovation of Photonics Polymer	小池 康博	JSPS-ACP 2nd Joint Seminar, 横浜市, February 25, 2010.
123	フォトニクスポリマーが拓く高精細ディスプレイ	多加谷明広	日本化学会第90春季年会, 東大阪市, March 26, 2010.
124	フォトニクスポリマー～人にもどるFace-to-Faceコミュニケーション～	小池 康博	(社)新技術協会主催講演会, 東京, March 8, 2010.
125	Design of Zero Zero-Birefringence Polymers for Displays	多加谷明広、小池 康博	3rd International Conference on Functional Materials and Devices (ICFMD), Kuala Terengganu, Terengganu, Malaysia, June 14, 2010.
126	Low-Loss and High-Bandwidth Fluorinated Polymer Optical Fiber	小池 康博	Fluoropolymer 2010, Meze, France, June 15, 2010.
127	世界最速プラスチック光ファイバー (POF) が拓く新たな医療を目指して	小池 康博	杉並区医師会主催, リアルタイム遠隔診断～公開実証実験, 杉並区, 東京都, July 15, 2010.
128	Status of Photonics Polymers toward Face-to-Face Communication	小池 康博	Korea-Japan Forum 2010 on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF2010), 小倉, August 24, 2010.
129	A Novel Liquid Crystal Display using a High Resolution Scattering Film and Zero Zero-Birefringence Polymers	多加谷明広、小池 康博	XIX International Materials Research Congress 2010, Cancun, Mexico, August 17, 2010.
130	Status of Photonic Polymer toward Face-to-Face Communication	小池 康博	Erasmus Mundus Master in Photonics Summer School, Edinburgh, UK, August 25, 2010.
131	フォトニクスポリマーが拓くFace-to-Faceコミュニケーション	小池康博	品川区中小企業センター主催 日刊工業新聞社共催「デジタルものづくりセミナー2010in京浜」, 東京, September 3, 2010.
132	ポリマーの複屈折消去・制御とフォトニクスへの展開	多加谷明広	第59回高分子討論会, 札幌, September 16, 2010.
133	フォトニクスイノベーションとFace-to-Faceコミュニケーション産業の創出	小池 康博	島田塾第72回勉強会, 東京, September 10, 2010.
134	Status of Photonics Polymers towards Face-to-Face	小池 康博	11th Chitose International Forum (CIF11), 千歳市, October 15, 2010.

	Communication		
135	「フォトニクスポリマーが拓くFace-to-Faceコミュニケーション ～ここから始まるものづくりの未来への予感」	小池 康博	SolidWorks World Japan 2010, 東京, October 13, 2010.
136	光学材料とファンダメンタルズ	小池 康博	高分子学会関東支主催2010年度若手社員のための高分子基礎講座, 平塚市, October 29, 2010.
137	フォトニクスポリマーとFace-to-Face Communication	小池康博	高分子学会関東支部主催 湘北・湘南地区合同懇話会(湘北懇話会第50回記念), 横浜市, November 12, 2010.
138	フォトニクスポリマーが拓くFace-to-Faceコミュニケーション	小池康博	神奈川大学工学部講演会, 横浜市, November 26, 2010.
139	次世代のコミュニケーション社会を拓くプラスチック光ファイバー	小池康博	日本化学連合 主催「世界化学年カウンタダウ記念シンポジウム」, 東京, December 1, 2010.
140	フォトニクスポリマーとFace-to-Face Communication	小池康博	(社)高分子学会主催 Webinar 2010, 中央区、東京都, December 20, 2010.
141	最先端フォトニクスが拓く高精細Face-to-Face遠隔医療	小池康博	日本経済新聞社 主催ICT医療フォーラム—ICTによる高度医療社会の実現, 千代田区、東京都, December 20, 2010.
142	フォトニクスポリマー ～GI POFの最新動向～	小池康博	日立化成工業株式会社講演会, つくば市, January 7, 2011.
143	フォトニクスポリマーの複屈折制御	多加谷明広	日立化成工業株式会社講演会, つくば市, January 7, 2011.
144	フォトニクスポリマーが拓くFace-to-Faceコミュニケーション	小池康博	財団法人神奈川産業振興センター主催日刊工業新聞社 共催 先端研究者・経営者による地域活性化ものづくりセミナーin横浜, 横浜市, February 21, 2011.
145	フォトニクスポリマーが拓くFace-to-Face-Communication～最先端研究開発支援プログラム～	小池康博	(社)高分子学会 第5回フォトニクスポリマー研究会講座 ～ディスプレイとフォトニクスポリマー～, 横浜市, March 3, 2011.
146	フォトニクスポリマーの基礎と新展開	小池康博	雀部博之先生退職記念CIST シンポジウム～有機フォトニクス・エレクトロニクスの未来～, 千歳市, March 11, 2011.
147	オプティカルファイバーの基礎と最新技術動向	小池康博	第34回繊維学会関西支部繊維科学講座, 京都, March 24, 2011.

②口頭発表 (国内78件, 国際54件)

No.	タイトル	発表者	会議名
1	プラスチック光ファイバの低分散化設計と高速ネットワークへの応用	石樽崇明、小池康博	日本化学会, 船橋市, March 27, 2006.
2	炭酸ストロンチウム結晶添加によるゼロ複屈折性光学ポリマーの合成	中間健勇、大喜田尚紀、多加谷明広、小池康博	第55回高分子学会年次大会, 名古屋市, May 24-26, 2006.
3	異方性粒子添加フォトニクスポリマーの散乱特性解析	佐藤新、多加谷明広、小池康博	第55回高分子学会年次大会, 名古屋市, May 24-26, 2006.
4	ポリマーにおける光弾性複屈折発現機構の解析および光弾性複屈折の消去	大喜田尚紀、原田 知明、多加谷明広、小池康博	平成18年度繊維学会年次大会, 東京, June 14, 2006.
5	ポリマーフォトニック結晶ファイバ	長澤誠、石樽崇明、小池康博	平成18年度繊維学会年次大会, 東京, June 14, 2006.
6	溶融押出法によるGI型POFの屈折率分布形成機構解析	浅井誠 広瀬竜馬 近藤篤志 石樽崇明 小池康博	平成18年度繊維学会年次大会, 東京, June 14, 2006.
7	Compensation of the Birefringence of an Optical Polymer by Doping with an Inorganic Birefringent Crystal and the Analysis of its Optical Properties	大喜田尚紀、多加谷明広、小池康博	Polymer Processing Society 22 <sup>nd</sup> Annual Meeting (PPS-22), 山形市, July 2-6, 2006.
8	Preparation of Graded-Index Plastic Optical Fiber by Co-extrusion Process	廣瀬竜馬、浅井誠、近藤篤志、石樽崇明、小池康博	Polymer Processing Society 22 <sup>nd</sup> Annual Meeting (PPS-22), 山形市, July 2-6, 2006.
9	GI型ポリマー光ファイバの導波路構造設計とモードカップリング制御	石山頼史、石樽崇明、小池康博	2006年秋季 第67回応用物理学会学術講演会, 滋賀県草津市, August 29, 2006.
10	W-屈折率分布型ポリマー光ファイバの伝搬モード特性解析	青柳 健一、高橋 慶太、石樽 崇明、小池 康博	2006年秋季 第67回応用物理学会学術講演会, 滋賀県草津市, August 29, 2006.
11	GI型POFのベンディングロス解析と最適導波路設計	松倉千恵、牧野建志、石樽崇明、小池康博	2006年秋季 第67回応用物理学会学術講演会, 滋賀県草津市, August 29, 2006.
12	フォトニクスポリマーの複屈折制御と液晶ディスプレイ	多加谷明広、小池康博	第55回高分子討論会, 富山市, September 20-22, (2006)
13	ゼロ光弾性ゼロ配向複屈折性光学ポリマーの合成	大喜田尚紀、原田 知明、石橋香代子、多加谷明広、小池康博	2006年秋季 第67回応用物理学会学術講演会, 滋賀県草津市, September 1, 2006.
14	GI型ポリマー光ファイバの導波路構造設計とモードカップリング制御	石山頼史、石樽崇明、小池康博	電子情報通信学会 2006年ソサイエティ大会, 金沢市, September 19, 2006.
15	W-shaped POFの屈折率分布制御と伝搬モード特性	青柳 健一、高橋 慶太、石樽 崇明、小池 康博	第55回高分子討論会, 富山市, September 20-22, (2006)
16	ポリマーフォトニック結晶ファイバの作製と導波特性	長澤誠、石樽崇明、小池康博	第55回高分子討論会, 富山市, September 20-22, (2006)
17	異方性低分子ドーピング法による光学ポリマーの複屈折消去と異方性低分子の設計	高橋秀俊、田中良、大喜田尚紀、多加谷明広、小池康博	第55回高分子討論会, 富山市, September 20-22, (2006)
18	GI型POFのベンディングロス解析と最適導波路設計	松倉千恵、石樽崇明、小池康博	電子情報通信学会 2006年ソサイエティ大会, 金沢市, September 19, 2006.
19	新規材料による高耐熱POFの設計	小池康太郎、近藤篤志、岡本善之、小池康博	第55回高分子討論会, 富山市, September 20-22, 2006
20	DESIGN OF WAVEGUIDE STRUCTURE AND MODE COUPLING MANAGEMENT IN GI-POF	石山頼史、石樽崇明、小池康博	12th MICROOPTICS CONFERENCE, Grand Hilton, Seoul, Korea, September 11-14, 2006.

21	Preparation of Graded-Index Polymer Optical Fiber by Co-extrusion Process	廣瀬竜馬、浅井誠、近藤篤志、石樽崇明、小池康博	15th International Conference on Plastic Optical Fiber, Soul, Korea, September 12, 2006.
22	Properties of perdeuterated graded-index plastic optical fibers	近藤篤志、石樽崇明、小池康博	15th International Conference on Plastic Optical Fiber, Soul, Korea, September 11-14, 2006.
23	Formation Mechanism and Precise Control of Refractive Index Profiles in GI-POFs by the Interfacial-gel Polymerization Technique	田中哲郎、石樽崇明、小池康博	15th International Conference on Plastic Optical Fiber, Soul, Korea, September 11-14, 2006.
24	PERFLUORINATED POLYMER PHOTONIC CRYSTAL FIBER	長澤誠、石樽崇明、小池康博	12th Microoptics Conference, Soul, Korea, September 12, 2006.
25	The first Zero-Zero birefringence optical polymers	原田知明、石橋香代子、大喜田尚紀、多加谷明広、小池康博	12th Microoptics Conference, Soul, Korea, September 11-14, 2006.
26	Transmission experiment of giga-bit POF information network in condominium	上原桂二、石樽崇明、小池康博	15th International Conference on Plastic Optical Fiber, Soul, Korea, September 11-14, 2006.
27	Analysis of Bending Loss in GI POF and Its Optimum Waveguiding Design	松倉千恵、石樽崇明、小池康博	15th International Conference on Plastic Optical Fiber, Soul, Korea, September 11-14, 2006.
28	Analysis of Formation Mechanism of Refractive Index Distribution in GI-POF by the Dopant Diffusion Co-Extrusion Process.	浅井 誠、廣瀬 竜馬、近藤篤志、石樽 崇明、小池 康博	15th International Conference on Plastic Optical Fiber, Soul, Korea, September 11-14, 2006.
29	光パッシブ、アクティブ部品	上原桂二	POFコンソーシアム, 横浜市, October 5, 2006.
30	POFカンファレンスの概要と光パッシブ部品	上原桂二	エイトラムダフォーラム2006(第3回), 東京, October 20, 2006.
31	Preparation of Graded-Index Plastic Optical Fiber by Co-extrusion Process	廣瀬竜馬、浅井誠、近藤篤志、小池康博	SPIE Photonics WEST 2007, San Jose, California, USA, January 21, 2007.
32	Noise reduction for fiber optic NTSC signal transmission	古川 怜、上原桂二、高橋 聡、大津信弘、小池康博	SPIE Photonics West 2008, San Jose, USA, January 23, 2007.
33	W型プラスチック光ファイバの伝送帯域特性とその安定性	青柳 健一、石樽 崇明、小池 康博	電子情報通信学会 2007年総合大会, 名古屋市, March 21, 2007.
34	POF用高効率集光器	上原桂二、近藤篤志、小池康博	第54回応用物理学関係連合講演会, 相模原市, March 29, 2007.
35	新規材料による低損失・高耐熱POFの設計	小池 康太郎、Hongxiang Teng、岡本善之、小池康博	日本化学会第87回春季年会, 吹田市, March 25, 2007.
36	新規材料による低損失・高耐熱GI POFの設計	小池 康太郎、Hongxiang Teng、岡本善之、小池康博	第56回高分子学会年次大会, 京都, May 29-31, 2007.
37	溶融押出法によるGi型プラスチック光ファイバの作製	近藤篤志、廣瀬竜馬、山木 泰、浅井誠、小池康博	平成19年度繊維学会年次大会, 東京, June 21, 2007.
38	高機能光学ポリマーの屈折率分布制御	浅井誠、小池康博	平成19年度繊維学会年次大会, 東京, June 21, 2007.
39	ゼロ複屈折性光学ポリマーの設計とポリマーおよび低分子の複屈折性解析	高橋秀俊、多加谷明広、岡本善之、小池康博	第56回高分子学会年次大会, 京都, May 29-31, 2007.
40	POF用高効率集光デバイス	上原桂二、近藤篤志、小池康博	第60回POFコンソーシアム, 東京, June 28, 2007.
41	Zero zero-birefringence polymers for photonics devices	多加谷明広、小池康博	SPIE Optics+Photonics 2007, San Diego, California, USA, August 29, 2007.

42	Design of zero-birefringence optical polymer and analysis of birefringence of polymer.	高橋秀俊、多加谷明広、Hougxiang Teng、岡本善之、小池康博	SPIE Optics+Photonics 2007, San Diego, California, USA, August 29, 2007.
43	Fiber optic transmission of analog signals	古川 怜、上原桂二、高橋 聡、大津信弘、小池康博	SPIE Optics+Photonics 2007, San Diego, California, USA, August 29, 2007.
44	Design of low-loss and thermally stable GI POF prepared by a novel polymer	小池康太郎、Hongxiang Teng、岡本善之、小池康博	SPIE Optics+Photonics 2007, San Diego, California, USA, August 29, 2007.
45	新規ドーパント添加高耐熱GI型プラスチック光ファイバ	山木 泰、廣瀬 竜馬、近藤 篤志、高橋 聡、小池 康博	第68回秋季応用物理学会学術講演会, 札幌市, September 6, 2007.
46	有限要素法による大コア径GI型POFのインパルス応答シミュレーション	根橋加寿馬、高橋聡、小池康博	第68回秋季応用物理学会学術講演会, 札幌市, September 6, 2007.
47	GI型POFの接続損失シミュレーション	根橋加寿馬、高橋聡、野口裕久、小池康博	電子情報通信学会2007年ソサイエティ大会, 鳥取市, September 13, 2007.
48	新規ドーパントによる高耐熱GI型ポリマー光ファイバ	山木 泰、廣瀬 竜馬、近藤 篤志、高橋 聡、小池 康博	第56回高分子討論会, 名古屋, September 21, 2007.
49	部分フッ素化ポリマーによる低損失GI POFの作製	小池康太郎、近藤篤志、岡本善之、小池康博	第56回高分子討論会, 名古屋, September 19-21, 2007.
50	偏波保持GI型プラスチック光ファイバーとその特性	古川 怜、多加谷明広、岩田修一、小池康博	第56回高分子討論会, 名古屋, September 19-21, 2007.
51	溶融押出法におけるGI POFの屈折率分布形成機構の解明	浅井 誠、小池 康博	第56回高分子討論会, 名古屋, September 19-21, 2007.
52	GRINIによる累進屈折力レンズ非点収差の低減可能性	下木有生、多加谷明広、小池康博	第56回高分子討論会, 名古屋, September 19-21, 2007.
53	ゼロ複屈折性光学ポリマーの設計とポリマーの複屈折性解析	高橋秀俊、多加谷明広、小池康博	第56回高分子討論会, 名古屋, September 19-21, 2007.
54	光学異方性棒状粒子添加フォトリソポリマーの散乱特性解析	加藤由可子、多加谷明広、小池康博	第56回高分子討論会, 名古屋, September 19-21, 2007.
55	複屈折性結晶ドープ法によるフォトリソポリマーの複屈折制御	山田有希子、多加谷明広、小池康博	第56回高分子討論会, 名古屋, September 19-21, 2007.
56	ナノ粒子添加による光学ポリマーの配向抑制効果の粒径依存性解析	大谷壮司、多加谷明広、小池康博	第56回高分子討論会, 名古屋, September 19-21, 2007.
57	Design of low-loss and thermally stable GI POF prepared by partially fluorinated polymers	小池康太郎、Hongxiang Teng、岡本善之、小池康博	16th International Conference on Plastic Optical Fiber, Turin, Italy, September 10-12, 2007.
58	Design of a polarization maintaining graded index plastic optical fiber by random co-polymerization	古川 怜、多加谷明広、岩田修一、小池康博	16th International Conference on Plastic Optical Fiber, Turin, Italy, September 10-12, 2007.
59	Control of Refractive Index Distribution for High-Bandwidth Graded Index Plastic Optical Fiber by Dopant Diffusion Co-Extrusion Process	浅井 誠、小池 康博	16th International Conference on Plastic Optical Fiber, Turin, Italy, September 10-12, 2007.
60	High Numerical Aperture Graded Index Polymer Optical Fiber	近藤篤志、野口美香、宮本一寛、高橋聡、小池康博	16th International Conference on Plastic Optical Fiber, Turin, Italy, September 10-12, 2007.
61	High efficiency optical concentrator for plastic optical fiber communication	上原桂二、近藤篤志、高橋聡、小池康博	16th International Conference on Plastic Optical Fiber, Turin, Italy, September 10-12, 2007.

62	POF2007カンファレンス 現在のデータコム動向	上原桂二	第61回POFコンソーシアム, 東京, October 12, 2007.
63	POF2007カンファレンス POFに関する研究開発の動向	上原桂二	エイトラムダフォーラム 第3回フォーラム, 東京, October 19, 2007.
64	Zero Zero-Birefringence Polymers and Their Applications	多加谷明広、小池康博	8th Chitose International Forum on Photonics Science & Technology, 千歳市, November 30, 2007.
65	ポリマーの配向複屈折・光弾性複屈折解析とゼロ・ゼロ複屈折ポリマーの設計	多加谷明広、小池康博	第15回プラスチック成形加工学会秋季大会, 山口市, November 21, 2007.
66	広帯域・低曲げ損失屈折率分布型ポリマー光ファイバ	近藤篤志、根橋加寿馬、田中爾文、小池康博	2008年総合大会電子情報通信学会, 北九州市, March 18-21, 2008.
67	低損失・広帯域屈折率分布型マルチコアポリマー導波路	近藤篤志、倉島和良、田中爾文、小池康博	2008年総合大会電子情報通信学会, 北九州市, March 18-21, 2008.
68	POF用高効率集光素子	上原桂二、近藤篤志、高橋聡、小池康博	2008年総合大会電子情報通信学会, 北九州市, March 18-21, 2008.
69	GI型プラスチック光ファイバの限定モード励振条件	高橋 聡、野田 隆文、小池康博	応用物理学会 第55春季年会, 船橋市, March 27, 2008.
70	耐熱性透明フォトニクスポリマーの特性解析とGI POFへの応用	小池 康太郎、Hongxiang Teng、Frantisek Mikes、岡本善之、小池康博	第88回日本化学会春季年会, 東京, March 27, 2008.
71	溶融押出法におけるGI型POFの屈折率分布制御	浅井 誠、小池 康博	第19回 プラスチック成形加工学会 年次大会, 東京, June 3-5, 2008.
72	低損失・広帯域マルチコア導波路	近藤篤志、倉嶋和良、田中爾文、小池康博	繊維学会 平成20年度年次大会, 東京, June 19, 2008.
73	フォトニクスポリマーの複屈折性解析とゼロ・ゼロ複屈折ポリマーの設計	多加谷明広、小池康博	第19回プラスチック成形加工学会 年次大会 (創立20周年記念大会), 東京, June 4, 2008.
74	Design and Analysis of Partially Halogenated Polymers for Thermally Stable GI POF	小池 康太郎、Frantisek Mikes、岡本善之、小池康博	The 17th International Conference on Plastic Optical Fibers 2008, Santa Clara, California, USA, August 25-28, 2008.
75	Mode-selective Extinction Ratio Measurement of a Polarization-Maintaining Graded Index POF Based on a Poly-(Methyl Methacrylate/Benzyl Methacrylate) Copolymer	古川 怜、多加谷明広、小池康博	The 17th International Conference on Plastic Optical Fibers 2008, Santa Clara, California, USA, August 25-28, 2008.
76	Restricted Mode Launch Condition for Graded Index Plastic Optical Fibers	高橋 聡、野田 隆文、小池康博	The 17th International Conference on Plastic Optical Fibers 2008, Santa Clara, California, USA, August 25-28, 2008.
77	GI型プラスチック光ファイバの限定モード励振条件	野田隆文、高橋聡、小池康博	2008年秋季 第69回応用物理学会学術講演会, 愛知県春日井市, September 4, 2008.
78	二色性色素を用いた配向度測定と共重合体の複屈折制御	馬島貴教、多加谷明広、小池康博	第57回高分子討論会, 大阪市, September 25, 2008.
79	部分塩素化ポリマーによる低損失・高耐熱GI POF	犬塚友香里、小池康太郎、浅井 誠、近藤篤志、高橋聡、小池康博	第57回高分子討論会, 大阪市, September 25, 2008.
80	溶融押出法によるGI型POFの屈折率分布制御	近藤 篤志、渡邊克基、山木 泰、浅井 誠、高橋 聡、小池 康博	第57回高分子討論会, 大阪市, September 25, 2008.
81	ゼロ複屈折性架橋ポリマー	山崎早百合、多加谷明広、小池康博	第57回高分子討論会, 大阪市, September 25, 2008.
82	部分ハロゲン化共重合ポリマーによる高耐熱GI POFの設計	小池 康太郎、Frantisek Mikes、岡本善之、小池康博	第57回高分子討論会, 大阪市, September 25, 2009.

83	ゼロ複屈折性ポリマーと複屈折波長分散特性	鹿間光太、多加谷明広、小池康博	第57回高分子討論会, 大阪市, September 25, 2010.
84	Low-Loss and High-Bandwidth 61-127 Channel Graded-Index Multi Cores Polymer Optical Fibers	近藤篤志、田中爾文、小池康博	EOS Annual Meeting 2008, Paris, France, September 30, 2008.
85	POF2008カンファレンスによるデータコム最新トレンド	上原桂二	第65回POFコンソーシアム, 横浜市, October 16, 2008.
86	Reduction of astigmatism in progressive addition lens by employment of graded-index materials	下木有生、多加谷明広、小池康博	OSA Vision Meeting 2008, Rochester, USA, October 24, 2008.
87	高耐熱・低損失GI型プラスチック光ファイバのための新規部分フッ素化共重合体の提案	小池康太郎、岡本善之、小池康博	第32回フッ素化学討論会, 名古屋市, November 17-18, 2008.
88	Application of polymer graded-index materials for aberration correction of progressive addition lenses	下木有生、多加谷明広、小池康博	SPIE Photonics West OPTO 2009, San Jose, USA, January 28, 2009.
89	Birefringence Analysis of a Photonics Polymer Doped with a Birefringent Crystal	山田有希子、多加谷明広、小池康博	SPIE Photonics West OPTO 2009, San Jose, USA, January 29, 2009.
90	Reduction of orientational birefringence of polymer using nanoparticles	大谷壮司、多加谷明広、小池康博	SPIE Photonics West OPTO 2009, San Jose, USA, January 29, 2009.
91	Dopant Designing for Thermally Stable Graded Index Polymer Optical Fiber	山木 泰、近藤 篤志、小池康博	SPIE Photonics West OPTO 2009, San Jose, USA, January 29, 2009.
92	Power flow equation analysis of graded-index polymer optical fibers	根橋加寿馬、小池康博	SPIE Photonics West OPTO 2009, San Jose, USA, January 29, 2009.
93	Analysis on Birefringence of Polymers for Designing Zero Birefringence Polymers	多加谷明広、小池康博	The 2009 Asia Pacific Conference on Optics Manufacture (APCOM2009), Taipei, Taiwan, February 12, 2009.
94	家庭内LAN用光ファイバの素材開発	小池康太郎、佐藤全、加戸貴洋、岡本善之、小池康博	第89回日本化学会春季年会, 船橋市, March 27, 2009.
95	高複屈折性ポリマーの配向挙動解析とその応用	小林大輔、多加谷明広、小池康博	第58回高分子学会年次大会, 神戸, May 29, 2009.
96	含ハロゲン共重合体によるフォトニクスポリマーの高機能化	小池康太郎、加戸貴洋、佐藤全、岡本善之、小池康博	第58回高分子学会年次大会, 神戸, May 29, 2009.
97	伝搬モードの制御による屈折率分布型プラスチック光ファイバの広帯域化	野田隆文、根橋加寿馬、高橋聡、小池康博	第58回高分子学会年次大会, 神戸, May 29, 2009.
98	アクリル系フォトニクスポリマーの高機能化	小池康太郎、佐藤全、加戸貴洋、岡本善之、多加谷明広、小池康博	プラスチック成形加工学会09年次大会, 東京, June 4, 2009.
99	高分子ガラスの動的不均一構造	浅井 誠、小池 康博	第58回高分子学会年次大会, 神戸, May 29, 2009.
100	高精細散乱フィルムを用いた新規液晶ディスプレイの提案	猿田貴志、多加谷明広、小池康博	平成21年度繊維学会年次大会, 東京, June 10, 2009.
101	全フッ素化ポリマー光ファイバの伝送特性解析	近藤 篤志、木元 長和、田中 爾文、高橋 聡、小池 康博	第58回高分子学会年次大会, 神戸, May 29, 2009.
102	Analysis of birefringence of polymethacrylates with a polycyclic structure at the end of the side chain	馬島貴教、多加谷明広、小池康博	The 10th Asian Textile Conference, 上田市, September 9, 2009.

103	Design of birefringence-controlled cellulose derivatives	板橋宣孝 多加谷明広 小池康博	The 10th Asian Textile Conference, 上田市, September 9, 2009.
104	セルロース誘導体の複屈折制御法の提案	板橋宣孝、多加谷明広、 小池康博	第58回高分子討論会, 熊本市, September 16, 2009.
105	Behavior of trans-Stilbene Unit in the Compensation of Birefringence: Poly(MMA/TSMA) and trans-Stilbene Doped PMMA	シャファイ フラン、多加谷明広、小池康博	The 10th Asian Textile Conference, 上田市, September 9, 2009.
106	近赤外高速通信用プラスチック光ファイバの作製	小池康太郎、加戸貴洋、 岡本善之、小池康博	日本化学会第3回関東支部大会, 東京, September 4, 2009.
107	Fluoro-Methacrylate for GI POF Communications at 670-680 nm Wavelengths	小池康太郎、加戸貴洋、佐藤全、岡本善之、小池康博	The 18th International Conference of Plastic Optical Fibers, Sydney, Australia, September 9-11, 2009.
108	Proposal of Optical Wiring System in Buildings and Homes with POF	高橋 聡、小池 康博	The 18th International Conference of Plastic Optical Fibers, Sydney, Australia, September 9-11, 2009.
109	Bandwidth Enhancement of Graded Index Plastic Optical Fiber by Control of Differential Mode Attenuation	野田隆文、高橋聡、小池康博	The 18th International Conference of Plastic Optical Fibers, Sydney, Australia, September 9-11, 2009.
110	Partially Chlorinated GI-POF with High Thermal Stability	中尾亮介、武川芳樹、 犬塚友香里、小池康太郎、 近藤篤志、岡本義之、 小池康博	The 18th International Conference of Plastic Optical Fibers, Sydney, Australia, September 9-11, 2009.
111	The Mechanism of Generating Photoelastic Birefringence of Methacrylates for Optical Devices	シャファイフラン、多加谷明広、小池康博	The 1st FAPS Polymer Congress, 名古屋, October 22, 2009.
112	PROPOSAL OF RETARDATION FILM WITH REVERSE DISPERSION CONTAINING AN INORGANIC BIREFRINGENT CRYSTAL	鹿間光太、多加谷明広、 小池康博	15th Microoptics Conference (MOC09), 東京, October 27, 2009.
113	Novel high retardation film and its applications	小林大輔、多加谷明広、 小池康博	15th Microoptics Conference (MOC09), 東京, October 26, 2009.
114	Proposal of a novel liquid crystal display using a high definition scattering film	猿田貴志、多加谷明広、 小池康博	15th Microoptics Conference (MOC09), 東京, October 26, 2009.
115	Plastic optical fibers for gigabit communications at 670-680 nm wavelength	加戸貴洋、小池康太郎、 佐藤全、小池康博	15th Microoptics Conference (MOC09), 東京, October 28, 2009.
116	Bandwidth enhancement of graded index plastic optical fiber	野田隆文、高橋聡、小池康博	15th Microoptics Conference (MOC09), 東京, October 28, 2009.
117	A Novel Liquid Crystal Display Using a High Definition Scattering Film	猿田貴志、多加谷明広、 小池康博	16th International Display Workshops (IDW'09), 宮崎市, December 9-11, 2009.
118	Zero-birefringence cross-linked polymers and analysis of their molecular structures	山崎小百合、多加谷明広、 小池康博	11th Pacific Polymer Conference (PPC11), Cairns, Australia, December 6-10, 2009.
119	Control of the Birefringence Dispersion of Polymer Film by a Birefringent Crystal	鹿間光太、多加谷明広、 小池康博	SPIE Photonics West 2010, San Francisco, California, USA, January 26, 2010.

120	THE EFFECT OF TRANS-STILBENE UNIT IN THE COMPENSATION OF BIREFRINGENCE OF POLY(METHYL METHACRYLATE) IN THE RANDOM COPOLYMERIZATION METHOD AND ANISOTROPIC MOLECULE DOPANT METHOD	シャファイフラン、多加谷明広、小池康博	SPIE Photonics West 2010, San Francisco, California, USA, January 25, 2010.
121	Development of fluorinated polymer for graded index polymer optical fibers	近藤篤志、小池康太郎、岡本善之、小池康博	第59回高分子学会年次大会, 横浜, May 26, 2010.
122	Optical characteristic analysis of perfluorinated polymer based graded index polymer optical fibers	近藤 篤志、木元 長和、田中 爾文、高橋 聡、小池 康博	第59回高分子学会年次大会, 横浜, May 26, 2010.
123	Partially Chlorinated GI-POF with High Thermal Stability	中尾亮介、武川芳樹、小池康太郎、近藤篤志、岡本善之、小池康博	第59回高分子学会年次大会, 横浜, May 26, 2010.
124	Control of birefringence in photonics polymer for liquid crystal displays	佐藤全、馬島貴教、多加谷明広、小池康博	第59回高分子学会年次大会, 横浜, May 26, 2010.
125	溶融押出法によるGI POFの最適屈折率分布制御	武川芳樹、浅井誠、小池康博	第21回プラスチック成形加工学会年次大会, 東京, June 1, 2010.
126	高分子メルト中での低分子拡散に与える化学構造の影響	栗田恵、浅井誠、小池康博	第21回プラスチック成形加工学会年次大会, 東京, June 2, 2010.
127	架橋ポリマーの複屈折消去	伊東寛人、山崎早百合、多加谷明広、小池康博	第59回高分子討論会, 札幌, September, 15, 2010.
128	メチルメタクリレート/スチレン共重合体の複屈折発現機構	古城巧、高橋秀俊、多加谷明広、小池康博	第59回高分子討論会, 札幌, September 15, 2010.
129	MODIFICATION OF A PARTIALLY CHLORINATED POLYMER FOR ADAPTING TO DO-EXTRUSION PROCESS	中尾亮介、武川芳樹、近藤篤志、小池康博	The 19th International Conference on Plastic Optical Fibers, 横浜, October 19, 2010.
130	PRESSURE MONITORING SYSTEM USING A MULTIMODE POLARIZATION-MAINTAINING POF	古川怜、多加谷明広、小池 康博	The 19th International Conference on Plastic Optical Fibers, 横浜, October 21, 2010.
131	高分子系におけるガラス転移近傍の動的不均一性の起源	浅井 誠、小池 康博	東京大学物性研究所短期研究会 ガラス物理の諸問題—実験と理論の接点—, 柏市, November 29–December 1, 2010.
132	A wide-viewing-angle liquid-crystal display using front-scattering film and directional backlight	猿田貴志、多加谷明広、小池 康博	SPIE•2011 Photonics West, San Francisco, California, USA, January 26, 2011.

③ポスター発表 (国内22件, 国際40件)

No.	タイトル	著者	会議名
1	累進屈折力GRINレンズのPower分布制御法の最適化	高沢 洋樹	2006年富士裾野21世紀フォーラム, 静岡県, January 27-28, 2006.
2	Modal bandwidth enhancement of plastic optical fibers by w-shaped refractive index profile	石樽崇明、高橋慶太、小池康博	European Conference on Optical Communication (ECOC) 2006, Cannes, France, September 27, 2006.
3	ゼロ光弾性・ゼロ配向複屈折性光学ポリマー	原田知明、石橋香代子、大喜田尚紀、多加谷明広、小池康博	第55回高分子討論会, 富山市, September 20-22, (2006)
4	W型プラスチック光ファイバの伝送帯域特性のファイバ曲げに対する安定性	青柳 健一、石山 頼史、石樽 崇明、小池 康博	第54回応用物理学関係連合講演会, 相模原市, March 29, 2007.
5	Design of low-loss GI POF prepared by partially fluorinated polymers	小池康太郎、Hongxiang Teng、岡本善之、小池康博	IUMACRO 2007, New York, USA, June 11, 2007.
6	Control of Refractive Index Distribution for High-Bandwidth GI POF	浅井誠、小池康博	IUMACRO 2007, New York, USA, June 11, 2007.
7	Control of refractive index distribution for realization of high-functional optical polymer	浅井 誠、小池 康博	SPIE Optics+Photonics 2007, San Diego, California, USA, August 29, 2007.
8	Analysis of birefringence of polymer and design of zero-birefringence optical polymer	高橋秀俊、多加谷明広、小池康博	8th Chitose International Forum on Photonics Science & Technology, 千歳市, November 29, 2007.
9	Birefringent Control of a Photonics Polymer by Doping with a Birefringent Crystal	山田有希子、多加谷明広、小池康博	The 10th Pacific Polymer Conference (PPC 10), 神戸市, December 6, 2007.
10	Analysis of Concentration and Particle Size Dependence of Orientation-Inhibition Effect	大谷壮司、多加谷明広、小池康博	The 10th Pacific Polymer Conference (PPC 10), 神戸市, December 6, 2007.
11	The analysis of scattering in photonics polymer doped with optically anisotropic cylinder particles	加藤由可子、多加谷明広、小池康博	The 10th Pacific Polymer Conference (PPC 10), 神戸市, December 6, 2007.
12	Analysis of birefringence of polymer design of zero-birefringence optical polymer and analysis of birefringence of polymer	高橋秀俊、多加谷明広、小池康博	The 10th Pacific Polymer Conference (PPC 10), 神戸市, December 6, 2007.
13	Electromagnetic Field Analysis of GI POF by the Finite-Element Method	根橋加寿馬、高橋聡、小池康博	The 10th Pacific Polymer Conference (PPC 10), 神戸市, December 6, 2007.
14	Reduction of Astigmatism in a Progressive Addition Lens by the Effect of GRIN	下木 有生、多加谷 明広、小池 康博	The 10th Pacific Polymer Conference (PPC 10), 神戸市, December 6, 2007.
15	Dopant Design for Thermally Stable Graded Index Polymer Optical Fiber	山木 泰、廣瀬 竜馬、近藤篤志、高橋 聡、小池 康博	The 10th Pacific Polymer Conference (PPC 10), 神戸市, December 6, 2007.
16	低複屈折性グレーデッド型プラスチック光ファイバの偏波保持原理の解明	古川 怜、岩田修一、多加谷明広、小池康博	第57回高分子学会年次大会, 横浜市, May 28, 2008.
17	溶融押出法による屈折率分布型ポリマー光ファイバの作製	近藤 篤志、山木 泰、浅井 誠、高橋 聡、	第57回高分子学会年次大会, 横浜市, May 28, 2008.

		小池 康博	
18	PMMA-部分フッ素化アクリル樹脂系GI POFの設計とその特性解析	小池康太郎、Frantisek Mikes、岡本善之、小池康博	第57回高分子学会年次大会, 横浜市, May 28, 2008.
19	Graded Index Plastic Optical Fiber Prepared by the Co-extrusion Process	近藤篤志、山木泰、浅井誠、高橋聡、小池康博	6th International Conference on Optics Design and Fabrication, 台北, 台湾, June 10, 2008.
20	PMMA-部分フッ素化アクリル樹脂系GI POFの設計とその特性解析	小池康太郎、Frantisek Mikes、岡本善之、小池康博	IUMACRO-08, 台北, 台湾, July 1, 2008.
21	Dynamics of molten polymer-dopant system and its application to GI POF	浅井 誠、小池 康博	The 17th International Conference on Plastic Optical Fibers 2008, Santa Clara, California, USA, August 25-28, 2008.
22	Analysis on birefringence of polymers for zero zero-birefringence polymers	多加谷明広、高橋秀俊、小池康博	14th MICROOPTICS CONFERENCE (MOC '08), Brussels, Belgium, September 26, 2008.
23	Refractive Index Profile Control of GI POFs Prepared by the Dopant Diffusion Co-extrusion Process	近藤 篤志、浅井 誠、山木 泰、渡邊克基、高橋 聡、小池 康博	Japan-Korea Polymer Young Science Symposium, 津南町, 新潟県, October 22-25, 2008.
24	Low-Loss and Thermally-Stable Graded Index Plastic Optical Fibers for Gigabit Home and Automobile Networks	小池康太郎、岡本善之、小池康博	Japan-Korea Polymer Young Science Symposium, 津南町, 新潟県, October 22-25, 2008.
25	含フッ素共重合体による低吸水性・低複屈折アクリルポリマーの作製	佐藤全、小池康太郎、加戸貴洋、多加谷明広、小池康博	第58回高分子学会年次大会, 神戸, May 27, 2009.
26	含フッ素共重合体による高耐熱・低損失GI型プラスチック光ファイバの作製	加戸貴洋、小池康太郎、佐藤全、岡本善之、小池康博	第58回高分子学会年次大会, 神戸, May 27, 2009.
27	Low-Loss and Thermally-Stable Graded Index Plastic Optical Fibers for Gigabit Home Networks	小池康太郎、加戸貴洋、佐藤全、岡本善之、小池康博	Frontiers in Polymer Science, Mainz, Germany, June 8, 2009.
28	アクリルの光ファイバで家庭にギガビットの光を	小池康太郎、加戸貴洋、佐藤全、岡本善之、小池康博	平成21年度繊維学会年次大会, 東京, June 10, 2009.
29	家庭内LAN用ポリマー光ファイバの素材開発	小池康太郎、佐藤全、加戸貴洋、岡本善之、小池康博	平成21年度繊維学会年次大会, 神戸市, July 21, 2009.
30	High-Speed Plastic Optical Fibers based on Fluoro Methacrylate for Gigabit Data Transmission at 670-680 nm Wavelengths	小池康太郎、加戸貴洋、佐藤全、岡本善之、小池康博	ICOPE2009-ICONO11, Beijing, China, September 21-25, 2009.
31	含フッ素モノマーとの共重合によるメタクリル酸ポリマーの低吸水性・低複屈折化	佐藤全、小池康太郎、加戸貴洋、多加谷明広、岡本善之、小池康博	第58回高分子討論会, 熊本市, September 18, 2009.
32	高リタレーションポリマーフィルムの設計とその応用	小林大輔、多加谷明広、小池康博	第58回高分子討論会, 熊本市, September 18, 2009.
33	宅内LAN用低損失プラスチック光ファイバの作製	加戸貴洋、佐藤全、小池康太郎、小池康博	第58回高分子討論会, 熊本市, September 18, 2009.
34	The Mechanism of Generating Photoelastic Birefringence of Methacrylates for Optical Devices	シャファイフラン、多加谷明広、小池康博	15th Microoptics Conference (MOC09), 東京, October 27, 2009.
35	A Low Water Absorption and	佐藤全、小池康太郎、加戸	The 1st FAPS Polymer Congress, 名古屋,

	Low Birefringence Methacrylate Copolymer	貴洋、多加谷明広、岡本善之、小池康博	October 21, 2009.
36	Material Design of Graded Index Plastic Optical Fibers for High-Speed Hone Networks	小池康太郎、加戸貴洋、佐藤全、岡本善之、小池康博	The 1st FAPS Polymer Congress, 名古屋市, October 20-23, 2009.
37	新規フッ素化コポリマー光ファイバとその耐湿熱評価	加戸貴洋、小池康太郎、佐藤全、高橋聡、小池康博	第18回 ポリマー材料フォーラム, 東京, November 26, 2009.
38	A Novel High Retardation Polymer Film for Liquid Crystal Displays	小林大輔、多加谷明広、小池康博	16th International Display Workshops (IDW'09), 宮崎市, December 9-11, 2009.
39	Correlation between Heterogeneity in Higher-Order Structure and Light Scattering for Binary Amorphous Copolymer	小池康太郎、荒木俊充、西野紗央里、小池康博	JSPS-ACP 2nd Joint Seminar, 横浜市, February 25, 2010.
40	Mechanism of compensation of birefringence in poly(methylmethacrylate / trans-stilbene methacrylate)	シャファイフラン、多加谷明広、小池康博	JSPS-ACP 2nd Joint Seminar, 横浜市, February 25, 2010.
41	Proposal of Designing Method of Birefringence-controlled Cellulose Derivatives	板橋宣孝 多加谷明広 小池康博	JSPS-ACP 2nd Joint Seminar, 横浜市, February 25, 2010.
42	Analysis of Mode Coupling Caused by Dielectric Constant Fluctuation and Scattering	須賀誠 高橋聡 小池康博	JSPS-ACP 2nd Joint Seminar, 横浜市, February 25, 2010.
43	The medium range crystalline order in Amorphous Polymer and its Direct Influence on Glass Transition.	浅井 誠、小池 康博	JSPS-ACP 2nd Joint Seminar, 横浜市, February 25, 2010.
44	二元アモルファス共重合体の光散乱特性解析	西野紗央里、荒木俊充、小池康太郎、近藤篤志、小池康博	第59回高分子学会年次大会, 横浜, May 27, 2010.
45	屈折率分布型ポリマー光ファイバのモード結合要因の解析	須賀 誠、高橋 聡、小池康博	第59回高分子学会年次大会, 横浜, May 27, 2010.
46	非晶質高分子中の中距離結晶秩序とガラス転移との相関	浅井 誠、小池 康博	第59回高分子学会年次大会, 横浜, May 28, 2010.
47	ポリスチレン系GI 型プラスチック光ファイバーの作製	秋元佳久、浅井誠、小池康太郎、近藤篤志、小池康博	第59回 高分子討論会, 札幌, September 16, 2010.
48	光学等方性粒子及び光学異方性粒子を高濃度添加したポリマーの多重散乱解析	倉島高広、多加谷明広、小池康博	第59回 高分子討論会, 札幌, September 16, 2010.
49	車載LAN用高耐熱プラスチック光ファイバーの作製	小田島沙佳、近藤篤志、高橋聡、小池康博	第59回高分子討論会, 札幌, September 16, 2010.
50	高分子におけるガラス転移近傍の動的不均一性の起源	浅井 誠、小池 康博	第59回高分子討論会, 札幌, September 15, 2010.
51	高分子メルト中における低分子拡散と化学構造の相関	栗田恵、浅井誠、小池康博	第59回高分子討論会, 札幌, September 15, 2010.
52	車載LAN用高耐熱プラスチック光ファイバーの作製	小田島沙佳、近藤篤志、高橋聡、小池康博	The 19th International Conference on Plastic Optical Fibers, 横浜, October 20, 2010.
53	ポリスチレン系GI 型プラスチック光ファイバーの設計とその特性解析	秋元佳久、浅井誠、小池康太郎、近藤篤志、小池康博	The 19th International Conference on Plastic Optical Fibers, 横浜, October 20, 2010.
54	含フッ素共重合体による新規プラスチック光ファイバーとそ	加戸貴洋、佐藤全、小池康太郎、小池康博	The 19th International Conference on Plastic Optical Fibers, 横浜, October 20,

	の耐湿熱評価		2010.
55	Correlation between Heterogeneity in Higher-Order Structure and Light Scattering for Binary Amorphous Copolymer	荒木俊充、西野紗央里、小池康太郎、小池康博	The 19th International Conference on Plastic Optical Fibers, 横浜, October 20, 2010.
56	Optimization of refractive index distribution of GI POF by the coextrusion process	武川 芳樹、浅井 誠、小池 康博	The 19th International Conference on Plastic Optical Fibers, 横浜, October 20, 2010.
57	Influence of rotation of benzene rings on polymer-solvent mutual diffusion in polymer melts	粟田恵、浅井誠、小池康博	The 19th International Conference on Plastic Optical Fibers, 横浜, October 20, 2010.
58	ANALYSIS OF POWER DISTRIBUTION OF GI POF EXCITED BY RAY HAVING ANY BEAMWIDTH	須賀 誠、高橋聡、小池康博	The 19th International Conference on Plastic Optical Fibers, 横浜, October 20, 2010.
59	Mutual diffusion of polymer-solvent system: Molecular dynamics study	浅井 誠、小池 康博	The 19th International Conference on Plastic Optical Fibers, 横浜, October 20, 2010.
60	Optimization of refractive index distribution of GI POF by the coextrusion process	武川芳樹、浅井誠、小池康博	The 19th International Conference on Plastic Optical Fibers, 横浜, October 20, 2010.
61	Correlation between Heterogeneity in Higher-Order Structure and Light Scattering for Binary Amorphous Copolymer	荒木俊充、西野紗央里、小池康太郎、小池康博	The 19th International Conference on Plastic Optical Fibers, 横浜, October 20, 2010.
62	LOW LOSS AND HIGH BANDWIDTH PARTIALLY FLUORINATED POLYMER BASED GRADED INDEX POLYMER OPTICAL FIBER	近藤篤志、高橋聡、小池康博	The 19th International Conference on Plastic Optical Fibers, 横浜, October 20, 2010.

## (3)特許出願 (SORST 研究の成果に関わる特許 (出願人が JST 以外のものを含む))

	件数
国内出願	5
海外出願	2
計	7

## (4)その他特記事項

## ①受賞

No.	受賞年月	受賞名	受賞者
1	2006 11	紫綬褒章	小池 康博
2	2007 10	The 2007 MOC Award	小池 康博
3	2009 12	ナイスステップな研究者	小池 康博
4	2010 6	社団法人プラスチック成形加工学会「論文賞」	多加谷明広
5	2010 9	平成22年度「高分子学会日立化成賞」	多加谷明広

## ②新聞記事

No.	発行年月日	新聞	頁番号	表題
1	2005年10月13日	日本経済新聞 地方経済面 神奈川	26頁	神奈川県民のための暮らしや事業の「無料相談会」、他(インフォメーション)
2	2006年1月18日	日本経済新聞	13頁	富士写、来年めど事業化
3	2006年1月20日	日本経済新聞 朝刊	17頁	慶大とJST、液晶フィルム新素材開発——薄型テレビ、1—2割安に
4	2006年1月23日	日経産業新聞	11頁	次世代光ファイバー、慶大教授小池康博氏——プラスチック(異能頭脳未踏に挑む)
5	2006年2月15日	日経産業新聞	11頁	慶応大、東京・杉並区医師会と、遠隔医療実験、プラ製光ファイバー使う
6	2006年2月15日	日経産業新聞	11頁	慶応大、東京・杉並区医師会と、遠隔医療実験、プラ製光ファイバー使う。
7	2006年5月26日	日経産業新聞	9頁	慶大と科技振興機構、複屈折、自在に制御——液晶材料に応用。
8	2006年6月5日	読売新聞 東京夕刊 テクA	7頁	[あの瞬間]慶応大理工学部教授 小池康博さん52
9	2006年7月14日	日本経済新聞 朝刊	15頁	化学(1)光学材料、研究原点生かす(イノベーション日本の底力)
10	2006年11月2日	日本経済新聞 朝刊	37頁	秋の褒章受章者——紫綬褒章。
11	2006年11月2日	日経産業新聞	17頁	秋の褒章産業界の受章者——銀行、農業・木材・林業、漁業、その他。
12	2006年11月2日	読売新聞 東京朝刊 長野2	3頁	秋の褒章 県内13人と1団体選出=長野
13	2006年11月2日	読売新聞 東京朝刊 3社	3頁	秋の褒章、喜びの声 作詞家・阿木燿子さん 落語家・桂三枝さん
14	2006年11月2日	朝日新聞 朝刊 3社会	33頁	秋の褒章、750人19団体に「メタボリック」研究者も

15	2006年11月2日	朝日新聞 朝刊 田園・浜・川・2地方	30頁	県内からは29人2団体 秋の褒章 / 神奈川県
16	2006年11月2日	毎日新聞 東京朝刊 総合面	24頁	秋の褒章: 750人、19団体が受章
17	2006年11月2日	毎日新聞 大阪朝刊 総合面	25頁	秋の褒章: 落語家の桂三枝さんから750人
18	2006年11月2日	毎日新聞 地方版 / 神奈川県	22頁	秋の褒章: 29人と2団体に / 神奈川県
19	2006年11月2日	産経新聞 大阪朝刊	社会面	秋の褒章 750人・19団体 桂三枝さんから栄誉
20	2006年11月2日	産経新聞 東京朝刊	社会面	秋の褒章 750人19団体 俳優・津川雅彦さんから受章
21	2007年2月19日	日本経済新聞 朝刊	21頁	慶大と旭硝子、高性能光ファイバー、伝送距離4倍に——生産コスト半減
22	2007年5月30日	日経産業新聞	11頁	6月の主要学会。
23	2008年10月18日	日本経済新聞 夕刊	13頁	来月生誕80周年、「手塚漫画」再びときめく——科学者や医師に影響。
24	2009年9月5日	日本経済新聞 朝刊	3頁	先端研究、政府が2700億円助成、万能細胞の山中氏ら30人、民主は「見直しも」。
25	2009年9月11日	朝日新聞 朝刊 科学1	19頁	審査1カ月、駆け込み決着 平均90億円、最先端研究支援に30人選定
26	2009年9月11日	朝日新聞 朝刊 大学	26頁	慶応大・大阪キャンパス、デジタル分野を柱に【大阪】
27	2009年9月15日	毎日新聞 東京朝刊 科学	21頁	最先端研究開発支援プログラム: 50代中心、30人に研究費2700億円
28	2009年10月12日	産経新聞 東京朝刊		【知の先端】慶応義塾大学工学部教授・小池康博さん
29	2009年10月12日	産経新聞 大阪朝刊		【知の先端】フォトリソグラフィ実用化 慶応義塾大学工学部教授 小池康博
30	2009年11月11日	日経産業新聞	11頁	ポリマー製平面レンズ、スカラと慶大開発、光学機器小型化に道、材料にナノ粒子配合。
31	2009年11月12日	日本経済新聞 地方経済面 神奈川	26頁	川崎市と慶大が連携・協力協定、14日に調印式
32	2009年12月29日	毎日新聞 東京朝刊 科学	18頁	ナイスステップな研究者: 10組12人を選定
33	2010年2月7日	読売新聞 東京朝刊 教育セ	1頁	「ナイスステップな研究者」発表 / 文科省
34	2010年3月10日	日本経済新聞 朝刊	5頁	先端研究助成の主な対象者。
35	2010年3月10日	日経産業新聞	11頁	先端研究助成、山中教授ら50億円、1000億円配分決定。
36	2010年3月12日	朝日新聞 朝刊 科学1	23頁	最先端研究の支給額決まる 30人に計1千億円
37	2010年3月19日	日本経済新聞 朝刊	1頁	遠隔医療や高精細TV、日本発の光技術実用化へ、慶大・東芝・旭硝子など連携。
38	2010年3月19日	日本経済新聞 朝刊	13頁	日本発の光技術実用化へ、プラスチック素材活用、産業化へ量産技術カギ。
39	2010年3月21日	日本経済新聞 朝刊	11頁	プラスチック便利社会へ——次世代通信支え、車を大幅軽量化(日曜版)

40	2010年5月25日	日経産業新聞	1頁	変わる最先端研究(上)個人の才能解き放つ —1000億円助成、国の将来かける
41	2010年6月30日	日経産業新聞	11頁	変わる最先端研究(2)超高速通信+高精細TV —慶大教授小池康博氏(強い大学)
42	2010年7月10日	日本経済新聞 地方経済 面 神奈川	26頁	慶応大の産学協同計画、川崎市が支援へ、遠 隔医療の実験後押し。
43	2010年9月2日	読売新聞 東京夕刊 テ クA	5頁	[ニホンを元気にする研究]小池康博教授の目 標 家庭に「世界つなぐ窓口」
44	2010年10月20日	日本経済新聞 朝刊	3頁	巨大TVで高精細3D、遠隔手術にも活用、患 部鮮明—慶大が実演、実用化急ぐ。
45	2010年10月20日	日経産業新聞	7頁	高性能プラ、150インチ3D映像初公開、慶大 シンポ、光源の明るさ2倍。
46	2010年10月23日	日本経済新聞 朝刊	9頁	積水化学、光ファイバーに参入、プラ製、耐熱 性4割高める。

③雑誌 (記者により執筆されたもの)

No.	発行年月日	出版社名	ページ	表題
1	2006年1月24日	Tech-On! (日経BPネットニュース)	1-2	液晶パネルの偏光板保護フィルム代 替を狙う—慶応大グループがナノ粒子 を分散した複屈折のない光学フィルムの 量産技術を確立
2	2006年3月1日	日経マイクロデバイス	76-77	液晶パネルの偏光板保護フィルム生 産性10倍の低コスト製造技術
3	2006年5月29日	日本経済新聞社 日経産業消費研 究所 日経ナノビジネス No.38	23	リサーチフラッシュ 慶大の小池教授 G
4	2007年	情報誌 Azet 増刊 株式会社 Z 会	60-61	逆転の発想で、未来社会を拓くフォトニ クスポリマー学を創生
5	2008年1月	日本放送 JOLF AM1242 中川翔子の Giza サイエンス!	ラジオ 放送	フォトニクスポリマー
6	2008年12月	VOICE 河合塾教育研究部	2-3	理工系最前線 研究室に行ってきました! !
7	2009年 winter	Suruga Institute Report	16-21	Together Talk 第47回
8	2009年3月18日	リクルート IT 製品情報サイト「キー マンズネット」	インテ ーネット	5分でわかる最新キーワード「プラスチ ック光ファイバ(POF)」
9	2009年8月	財団法人 科学技術交流財団 科学 技術交流ニュース Vol.15 No.2	10-11	研究交流クラブだより
10	2010年3月	東京化学同人 現代化学 Chemistry Today No.468	16-23	Watch 基本原理から生まれたフォトニクスポリ マー ～光を自由に操る 小池康博博士～ 現代化学編集グループ
11	2010年5月15日	株式会社矢野経済研究所 Yano E plus 通巻 No.026	15-26	プラスチック光ファイバ市場
12	2010年5月	NTT ファシリティーズ JOURNAL No.279 Vol.048	22-23	最先端の扉 挫折と基本原理が生んだ次世代技術
13	2010年6月1日	小学館 DIME No.11	80	DIME Scope ギガハウス 毎秒 40GB!新素材の超高 速プラスチック光ファイバーが実現する 近未来住宅
14	2010年5月3日	日経ビジネス	98-100	決断のとき 光技術で10兆円産業創出

## 9. 結び

冒頭で述べたようにプロジェクト開始時に目指した研究目標を達成することができ、「Fiber to the Display」構想の実現に向けて、大きく前進することができた。これらの研究成果は、内閣府最先端研究開発支援プログラム「研究課題名：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」に引き継がれ、社会に成果を還元すべく、研究開発を継続している。

ERATO 小池フォトニクスポリマープロジェクト(2000年10月1日～2005年9月30日)の研究成果をさらに発展させるべく、本 ERATO-SORST プロジェクトは 2005年10月1日より始まった。新しい GI-POF の作製方法である熔融押出法により、GI-POF の伝送速度が飛躍的に向上し(4.3 A 参照)、大幅な製造コストの低減にも成功した。また複屈折発現の起源まで遡って究明する取り組みから、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)が実現した(4.2 A-1 参照)。これらは本プロジェクトの代表的な成果であるが、これまでの長期にわたる研究により初めて実現したものである。

一つの発見・提案を発展させ、社会へ還元させるまでの道りは一般に長く、継続的に研究を支援する制度が必要である。特に革新的な提案は実用化するために乗り越えなければならないハードルが高く、熾烈な競争にさらされている民間企業には取り組むことが困難な場合が多い。これらの状況を鑑みれば、独創的で先駆的な基礎的研究課題への挑戦を支援する ERATO、およびそこで得られた研究成果をさらに発展させるべく支援する SORST という制度の意義は大きい。本プロジェクトの研究成果も、これらの制度による支援が無ければ、実現が困難であった。

当初の研究活動において、実用化に繋がりそうな有用な研究成果が得られた場合は、投じられた研究費の有効活用という観点からも、1～5年程度の研究支援で終了してしまうことは無駄が多いように思われる。第一には、その研究を推進するために集結した研究スタッフを失う可能性が高いことにある。研究において最も重要な人材が確保できなければ、研究成果は社会還元できずに水泡に帰すことになるかもしれない。第2に、研究費を投じて整備した研究機器・研究施設を、プロジェクトに参加した研究スタッフで使用し続ければ、より多くの成果に繋がると考えられるからである。ERATO からこれまでの10年にわたる研究においての実感である。本プロジェクトが、そのような研究支援の成功例と認められれば望外の幸せである。

しかしながら、これまで取り組んできたフォトニクスポリマーの研究はこれで完成ではなく、本当の意味で社会還元したと認められるところまで続けることにより、初めて遣り遂げたといえると考えている。フォトニクスポリマーの本質に迫るファンダメンタルズを重視した研究はますます重要であり、その研究開発活動を内閣府最先端研究開発支援プログラムによりご支援いただけることは、誠に光栄であるとともに、身の引き締まる思いである。これまでのご支援に報いるためにも、今後の内閣府最先端研究開発支援プログラムによる本当の社会還元の実現に、全力で取り組みたい。

研究実施場所

〒212-0032 川崎市幸区新川崎 7-1  
慶應義塾大学新川崎タウンキャンパス E 棟



新川崎タウンキャンパス アクセスマップ全景 (CG)



E 棟の外観



E 棟の外観



E棟の外観



タウンキャンパスの桜