

戦略的イノベーション創出推進プログラム 研究開発テーマ
「フォトニクスポリマーによる先進情報通信技術の開発」
中間評価報告書

総合所見

「フォトニクスポリマーによる先進情報通信技術の開発」と題する本研究開発テーマは、21世紀社会を構築する上で欠かせない情報通信技術の高度化に関連したテーマ設定であり時宜を得たものである。特に研究開発課題では、将来の情報通信に必要となる広範な技術の中から、フォトニクスポリマーを軸とする光科学・光物理・光化学を学術の基本として、10年後に実用技術や産業技術として開花させるための革新技術を育てることに狙いが定められている。すなわち、本研究開発テーマが展開できる技術として『革新的フォトニック通信技術』（“超高速大容量フォトニック通信から高度のセキュリティを保证する量子通信にわたる諸技術”）が掲げられているが、基本的にはフォトニクスポリマーを主軸とする広義の情報通信用材料・デバイスの革新的産業技術創出のための研究開発テーマである。10年後に実用技術や産業技術として開花させるための革新技術を生み出すという大目標が掲げられているため、アカデミア（大学）の中で行われている独創的な研究開発が課題として採択され推進されている。したがって、学から生まれた新しい技術が産業レベルまで到達させることができれば、非常に国内外にインパクトのあるものとなる。特に、現在、日本のポリマー技術のレベルと知見の蓄積は世界のトップレベルであることから、当研究開発テーマで採択された研究者が創意工夫により採択課題を推進することにより、フォトニクスポリマー分野で世界の追従を許さないレベルの成果や、通信技術分野では市場で期待される産業に結び付く可能性が高い革新技術が生まれることが期待できるものである。

以上のような観点から、本課題の目標設定と選考方針は妥当であり、材料・プロセス開発から、デバイス技術までを包含するバランスのよい研究開発課題が採択されていると評価できる。具体的には、本テーマでは、フォトリフラクティブポリマー、ナノ配向制御、大容量光メモリ、ナノハイブリッドポリマー、量子フォトニクスの5課題が対象とされ、その重要な適用先であるディスプレイ、配向型光学素子、メモリ、光インターコネクト、量子通信用単一光子源などのそれぞれの分野で、従来とは一線を画する新機能を有する材料の実現が目標とされている。そのため、各課題の成功時には、技術的な波及効果や経済的なインパクトは極めて大きい。しかしながら、募集時のテーマ設定がシーズ側の立場にたっているため、採択された課題はいずれもアカデミア（大学）を中心に行われている研究であり、これを10年後にニーズ側に立った産業創出へと結ぶためには、採択された研究者・企業との連携・協力はもとより、POのマネジメントが非常に重要な鍵となると判断される。10年間に及ぶ長期研究開発課題であることから、第1ステージで実をあげているサイトビジットなどを通じてのマネジメントを風化させることなく、さらに深化させ、

第2、第3のステージにつなぐことが必要と思われる。具体的には、マネジメントについて提言すれば、研究の進捗ステージに沿ってニーズ側の立場からのアドバイス（例：アドバイザーとして情報通信技術の専門家を起用すること）や、産業化という目標達成に向けて各課題の進行の徹底管理、ならびに判断（継続・打ち切りなど）などが求められる。こうした努力を積み重ねることにより、革新的な産業創出という果実を手にいれて頂きたいと考える。また、新しい技術が産業レベルに到達する段階では、5テーマの研究開発が相乗効果となって生まれる技術、さらにそれから発展できる技術なども期待できるはずであり、こうした技術を束ね育成する方向でのマネジメントにも是非取り組んでいただきたいと考える。

なお、本研究開発テーマの現在の進捗状況は、全体を通じて、ステージⅠにおいては、順調にあるいは期待以上の成果が得られているものと評価できる。そのため、今後のステージⅡでの推進が期待される。すなわち、ステージⅠでは、各課題において新材料の合成、新機能の発現、新しいデバイス構成法、新適用先の提案などが順調で、総じて期待通りの技術的な進捗を示していると評価できる。一方で、到達技術と産業利用の間にはまだまだ大きな隔たりがあり、この隔たりを埋める営みがステージⅡ、さらにステージⅢでは必要となる。なお、産業化が主テーマとなるステージⅢ段階での手戻りを防ぐ意味で、ステージⅡの研究推進とマネジメントは特に重要と見られる。また、研究開発したフォトリソポリマー技術の権利化を怠ることが無いよう、知財の専門家が各課題に深く関わって権利化を促す体制の構築にも気を配る必要がある。さらには、光インターコネクットに代表されるように、グローバル標準化することが普及のための重要なキーになる分野もあり、競争と協調をバランスよく進めることも求められる。いずれにしても、今後の研究開発テーマの成否は、課題内および課題間の協力によるところが大である。大学の研究者と企業研究者との共同研究がいかにかうまく協調して進むかが鍵となるであろう。大学側では研究過程で新たな現象発掘や新たなアイデアの創案がなされる可能性が高い。一方、企業側は情報収集力やノウハウも含めた開発力がある。立場の違う研究者が協調して効率的に研究開発が推進され、新発見と最終目標達成の両方に向かって研究開発テーマをバランスよく推進されること、ならびにそれを効果的にマネジメントされることを望みたい。

1. 研究開発テーマのねらい（目標）と課題の選考について

開発テーマとして取り上げた（１）量子フォトニクス、（２）ナノハイブリッドポリマー、（３）ナノ配向制御、（４）フォトリフラクティブポリマー、（５）大容量光メモリはいずれもこの分野に必要なものであり、材料・プロセス開発から、デバイス技術までバランスのよい研究開発課題が採択され、妥当な課題選択であると判断される。このことは、すべての課題に対して応募があり、かつ総数が 20 件にのぼったことも課題選択が妥当であったことを示唆している。また、採択課題は、アドバイザーによる書類選考で半分の 10 件まで絞込んだ後、さらに面接で独創性、研究成果の産業化への可能性、企業の意欲などを考慮した絞り込みを行っており、的確な課題選考が行われたと判断される。なお、（１）から（５）のテーマの包含する範囲は広く、採択され推進されているテーマのみによって、この分野が 100%カバーされるものではないが、10 年後に実用技術や産業技術として開花させるための革新技术を生み出すという大目標のもと、各分野の中からアカデミア（大学）の中で行われている独創的かつ将来の革新技术の種となる研究がプロジェクトテーマの課題として結果的に採択されている。また、選考に加わったアドバイザーは、ポリマーフォトニクスの専門家が大半ではあるが、大学、研究所、民間企業から公平に選出されていると判断される。ただし、将来のフォトニック通信産業など産業創出を目指すのであるから、現アドバイザー構成に、たとえばフォトニック通信の専門家（特にデバイス以降のシステム系の専門家）などをアドバイザーとして加えて、ニーズが的確に吸い上げられるようなマネージメント強化を図っていくことが必要と考えられる。こうしたことにより、本研究開発テーマの推進によって開発される優れた材料やデバイスが、真に将来のフォトニック通信産業分野に受け入れられる革新技术として発展できると期待できる。

2. 研究開発テーマのマネジメントについて

第1ステージにおけるP0のマネジメントは非常に評価できる。特に、学から生まれた新しい技術が産業レベルまで到達することを大目標として掲げているため、目標達成のためのマネジメントの仕掛け作りが大前提となる。マネジメントの4つの柱に据えた①研究者や企業関係者の人的交流の促進と課題間の共同研究の推進、②サイトビジット、③特許申請のアシスト、④対外発表、は、いずれもこの研究開発課題を円滑かつ高いレベルで進めるために必要不可欠な施策である。マネジメントは当初方針どおり強力に推進され、P0の実際の取り組みは責任感にあふれたものと評価できる。言い換えると、単に、採択されたテーマ推進を見守るのみならず、積極的に産業化に向けた研究・技術開発へと研究者を向かわせる方向でのマネジメントがなされていると判断される。中でも、サイトビジットを有効に活用しての特許戦略・研究進捗管理・研究者との交流、全体会議を通じての課題間研究者の情報交換、国際会議を通じての研究課題のアピールなど、目的達成のための積極的なマネジメントの姿勢が窺える。

研究者にとっては、科学研究費がアカデミア（大学）の中で行われている独創的な研究を深化させることが最終目標となり、通常は、産業化については期待感で終わることが他のプロジェクトでは多い。一方、この研究開発テーマでは、学から生まれた新しい技術が産業レベルまで到達することが目標であることを、日頃より、より鮮明に採択された研究者に意識づける構造が構築されている。すなわち、P0はこの構造にのり、具体的なマネジメントをしている。そのため、推進される各課題からは特許は生まれやすく、また、企業との連携や課題間の連携が起きやすいと構造であると考ええる。

ただし、今後のステージ進行とともにマネジメントをさらに深化させ、実際にどの程度まで技術が進展し、産業創出に必要なレベルに到達しているか、シーズ・ニーズの両面からきちんと評価・検証することが求められる。このことを考えると、昨今の経済状況・社会情勢のためメーカーの辞退のために企業との連携が予定通り行われない研究開発課題については、たとえ学術的に研究推進の内容が評価Aであっても、全体の研究開発テーマの目的に照らし、適切な判断・指導をしていくことが求められる。特に、ステージⅢは産業化であるから、企業側の立場や本音を吸収し、マネジメントすることが求められる。

3. 研究開発テーマとしての産業創出の核となる技術の確立に向けた状況

3.1 全体評価

第1ステージ段階では、目的と到達度を鑑みると、全体評価としては、以下のように非常に優れていると結論することができる。

1) 選定されたテーマについて、それぞれ、特許や学术论文が出されるなど、個々の研究開発課題の範囲では順調に推進されていると推察される。各課題について技術開発等で A 評価または S 評価となっていることは妥当である。

2) 各課題については、企業と連携するなど産業に資する技術が生まれていると判断される。ただし、産業化という面から本課題によりどこまで達成できているかについては、第2、第3ステージへと進んだ場合により多面的に評価する必要がある。

3) 研究開発テーマであるフォトニクスポリマーによる先進情報通信技術の開発として、産業創出につながる核となる基本特許が取れているかについて十分に検証が必要と思われる。たとえば、テーマ間の連携で生まれる特許などの情報も求められる。また、推進する個々の課題の評価は A ないし S であっても、今後は、フォトニクスポリマーによる情報通信技術の開発全般の中で、本研究開発課題の最終目標としての到達点を、産業化という軸の中で、客観的に評価することが求められる。

3.2 個別評価

1) 【高速応答性有機フォトリフラクティブポリマーの創製と先進情報通信技術の開発】堤グループ

大きなフォトリフラクティブ効果を持つ新材料の開発に成功し、バイアス電場なしで 3D 表示が可能なことを示した点は大きな成果であり、新概念のディスプレイ創製につながる技術開発として評価するとともに、その機構発現のメカニズムを解明し、適用材料の範囲を広げておくことが、将来のビジネス展開上大変有効な知見になると考える。一方で、マトリクスレジンに PMMA を用いていることから、そのままでは耐熱性、安定性や長期信頼性に不安が残る。PMMA を越える耐久性材料の開発が急務であり、そのデバイス→パネル→製品への道筋をつけていただきたい。チームは多くの研究グループと組んでいるが、ステージ I ではそのメリットが見えにくい。日本における当分野の強力なチーム編成となっているので、次のステージでは、課題内グループとの連携を強化して、独自の成果に結びつけることが望まれる。3D ディスプレイ (サイネージ) は目標設定として優れているが、競合技術との優位性とあわせて、3D テレビにどれだけ大きな将来性が期待できるのかについても企業側の視点で考察し直し戦略を立てることが望まれる。

2) 【高分子ナノ配向制御による新規デバイス技術の開発】渡辺グループ

多くの課題において、自己組織化や自己集合化に基づく、極めて独創的かつ高レベルの

研究が推進され、光散乱スクリーンでは3Dホログラムの視野角拡大投影スクリーンとしても有望な技術であり、前倒しでステージⅢへ移行させるとした判断は適切であり、産業創出の核となる技術として期待できる。企業戦略との整合性も良い。本課題では、発光、偏光、散乱、位相差と応用ターゲットが多岐にわたっているが、ステージⅡを遂行する過程で、事業化が可能であるという視点からサブテーマを取捨選択しターゲットを絞り込む作業が必要である。最終目標を液晶レーザーディスプレイとしているのであれば、構造形成プロセスの制御の精度の向上と大面積化には困難を伴うかもしれない。ディスプレイメーカーの視点からの判断が必要であり、積極的な研究開発の推進を期待する。産業創出へ正しく導くためには、ディスプレイ側の専門家のアドバイスを受ける機会を設けることを推奨する。

3) 【テラバイト時代に向けたポリマー三次元ベクトル波メモリ技術の実用化研究】

谷田貝グループ

偏光面を利用した多重記録は独創性が高く、開発目標が明確に設定されており、マイルストーンも明確である。競合技術との比較も光メモリという応用側の視点からの評価が的確にされている。これまでのチームで蓄積してきた実績と他チームとの連携に基づいた、ポリマー材料中へのベクトル波の記録（偏光多重ホログラム）の実証は極めて意義深い。また、記録媒体の開発の観点から実用化に近づくことのできる成果であると評価できる。ただし、PMMAは長期安定性に不安があるので、記録容量だけでなく、長期耐久性＋耐熱性＋耐環境性の検討が必要である。アーカイブ記録媒体としての技術的な feasibility を検証しつつ、信頼性向上を進めてもらいたい。本課題の成果が産業化されればそのインパクトは極めて大きい。現在の到達点は実用化とは大きな隔たりがあるので、研究開発が加速されるとともに、実際のメモリへの応用を実証するためにシステム企業との連携が不可欠である。

4) 【ナノハイブリッド電気工学ポリマーを用いた光インターコネクトデバイス技術の提案】杉原グループ

開発ターゲットが光インターコネクトデバイスと明確であり、企業戦略との整合も取れている。応用分野としては参画企業の関係で自動車分野に特化しているものの、光インターコネクトそのものは、サーバーや大型計算機など情報機器をターゲットに半導体企業が本格的に開発を進めている。しかし、ポリマー光導波路デバイスは、その優位性については認識されながら実用的なデバイス作製はまだ成功例がほとんどない。本課題は従来の検討例の欠点を克服する手法が取り入れられており、ナノハイブリッドによる新規フォトリソグラフィックポリマーと、新しい加工プロセスによる導波路作製の両面から新規性の高い成果が出

ており、ブレークスルーが期待できる進捗が得られている。システム化での参画企業を探索中とのことであるが、ステージⅢへの移行時には不可欠となるので早期に適切なシステム関連企業との連携などの対処が望まれる。

5) 【ポリマーナノ光ファイバによる量子フォトンクス情報通信技術の開発】：白田グループ

ナノ光ファイバ技術について数多くの先駆的成果が得られており、ポリマーでのナノ光ファイバデバイスが現実のものになってきており世界的にもリードしている。しかし、量子情報通信技術そのものが方式も含め研究課題であり、本プログラムが目的とする産業創出の視点では、実際のシステムに取り入れられることが不可欠であり、システム側からの方向付け、デバイスとしての評価を加速して、権利化につなげることを期待する。また、他の専門家からのアドバイスが必要である。

4. その他

S-イノベーションの一つとしてスタートした本研究開発テーマに対する期待も大きい。これまでまとめてきたように、総じて継続される研究への期待が大きい反面、産業化への挑戦が最終ゴールであることから、慎重な意見もあることも事実である。以下では、出されている率直な意見を列挙する。

- ・POの強力なリーダーシップのもと、研究成果の現状や今後の見込みについて適切な推進がされていると考える。ただし、本研究開発テーマ全体は産業化に導くための研究であるから、ステージ進行に従い、各研究課題についてより具体的な到達点を明確にし、評価・検証することが望まれる。すなわち、産業化という視点からの数値目標や評価検証などです。これらにより、研究課題の大きな成果を期待する。

- ・宮田POの強力なリーダーシップに加え、アドバイザーの適切な方向付けを得て、日本のフォトニクスポリマー技術の一層の進展に寄与することが望まれる。特に、優れた材料・デバイスが開発できた場合には、既存の大きなマーケット（例えば、フラットパネルディスプレイやスマートフォン）への適用だけでなく、その次の大きなマーケットに育つ製品群への適用を常に意識して、10年後のデファクトスタンダードを目指してもらいたい。この研究開発テーマの今後の成果に大いに期待する。

- ・目標設定が十分絞られていない課題もあり、ステージⅢへの移行時には明確に設定されている必要があることから、そのように指導することが望まれる。ステージⅢ移行時のマイルストーンを明確にしておかないと、企業は撤退する危険性があるので、企業側の意向を反映したマイルストーンを設定しておく必要がある。

- ・S-イノベーションとして、最初にスタートした研究開発テーマの一つであるので、その推進と成果は一つの試金石となりうる。宮田POの強力なリーダーシップのもと、円滑な運営と顕著な成果として実を結ぶことを切望する。