

「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム
技術開発」
中間評価報告書

表紙

平成26年11月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

平成26年11月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
理事長 古川 一夫 殿

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会 委員長 西村 吉雄

NEDO技術委員・技術委員会等規程第33条の規定に基づき、別添のとおり評価結果について報告します。

「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム
技術開発」
中間評価報告書

平成26年11月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

目 次

はじめに	1
分科会委員名簿	2
審議経過	3
評価概要	4
研究評価委員会におけるコメント	7
研究評価委員会委員名簿	8
第1章 評価	
1. プロジェクト全体に関する評価結果	1-1
1. 1 総論	
1. 2 各論	
2. 評点結果	1-17
第2章 評価対象プロジェクト	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会における説明資料	2-2
参考資料1 評価の実施方法	参考資料 1-1
参考資料2 分科会議事録	参考資料 2-1
参考資料3 評価結果の反映について	参考資料 3-1

はじめに

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される研究評価分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」の中間評価報告書であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第31条に基づき、研究評価委員会において設置された「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」（中間評価）研究評価分科会において評価報告書案を策定し、第40回研究評価委員会（平成26年11月27日）に諮り、確定されたものである。

平成26年11月
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」

中間評価分科会委員名簿

(平成26年9月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	こしば まさのり 小柴 正則	北海道大学 キャリアセンター センター長・特任教授
分科会長代理	なかじま ひろちか 中島 啓幾	早稲田大学 理工学術院 教授
委員	きたやま けんいち 北山 研一	大阪大学 大学院工学研究科電気電子情報工学専攻 情報通信工学部門 教授
	おやま ふみお 小山 三夫※	東京工業大学 精密工学研究所附属フォトニクス集積システム研究センター 教授
	さとう みつひさ 佐藤 三久	筑波大学 システム情報系情報工学域 計算科学研究センター 教授
	すはら としあき 栖原 敏明	大阪大学 大学院工学研究科電気電子情報工学専攻 量子電子デバイス工学部門 教授
	なみひら よしのり 波平 宜敬	琉球大学 工学部電気電子工学科 教授

敬称略、五十音順

注*：実施者の一部と同一組織であるが、所属部署が異なるため（実施者：東京工業大学理工学研究科）「NEDO技術委員・技術評価委員規程(平成26年3月31日改正)」第34条（評価における利害関係者の排除）により、利害関係はないとする。

審議経過

● 第1回 分科会（平成26年9月30日）

公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法
5. プロジェクトの概要説明

非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑

公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定、その他
10. 閉会

● 現地調査会（平成26年9月29日）

（独）産業技術総合研究所 つくばセンター西事業所（茨城県つくば市）

● 第40回研究評価委員会（平成26年11月27日）

評価概要

1. 総論

1. 1 総合評価

中間目標は全てのテーマと項目においてほぼ達成されており、一部には、前倒しで実用化・事業化への基盤が確定した成果も得られている。世界初あるいは世界最高水準の成果が多数含まれており、最終目標を達成できる可能性は非常に高いと期待される。

技術のポートフォリオのバランスは良好で、実装基盤技術と実装システム化技術とからなっており、さらに将来の技術シーズを探索する革新デバイス技術によって絶え間なく新技術を導入できる仕組みが備わっている。

傑出したプロジェクトリーダーの下に産学官の主だった機関が結集しており、研究開発が効率良く推進されている。情勢変化に対しては加速財源活用による目標早期達成など機敏で妥当な対応がなされている。

国際標準化活動や研究開発成果の実用化・事業化にも意欲的に取り組んでいる。ただし、シリコンフォトニクスは、国際的にも開発競争が熾烈で進展も早いので、早期の実用化・事業化につながるように、計画の前倒しを含めて、研究開発を一層加速することが必要である。その際、市場シェアを伸ばす戦略、低コスト化についても留意が必要である。

1. 2 今後に対する提言

各大学での基盤技術課題と参画企業との長期的な連携の枠組みについて、より明確にされることを期待する。競合技術に対する相対的優位性を適切に評価するため、常に最新の情報を収集しつつ、ベンチマークの更新に努めることが望まれる。

実用化・事業化に向けては、マーケットにおける競争実態や顧客動向に熟知したメンバーの参画が望まれる。チーム全体で製品イメージを共有し、汎用的な製品でボリュームゾーンを狙う戦略も必要ではないか。

この分野に対する国の継続的投資は十分とはいえないことから、さらに充実する方策を検討頂きたい。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

光エレクトロニクス実装システムを実現する基盤技術とシステム化技術を確立し、情報処理機器・装置の高速化と低消費電力化を目指す極めて公共性・公益性の高い研究開発事業である。広範で長期的な学術的経験と高度な先端設備を必要とし、研究者間の有機的・相補的な連携や国際競争力強化・国際標準獲得を必要とするため、国家的規模で総合的・組織的・戦略的に取り組む必要がある。我が国のエレクトロニクス産業を支え、国際競争力を強化するという **NEDO** のミッションに合致していると考えらる。

省エネルギー情報基盤の社会的必要性和市場の大きさから、予算に見合う十分な経済効果

が期待できる。ただし、省エネルギー効果の見積もりについては、今後精度を上げ、アピールしていくことが望ましい。

2. 2 研究開発マネジメントについて

国際的視点の技術展望と戦略的判断のもとに、全体目標と数値目標が示され、研究開発項目の区分、分担関係と個別目標を適切に設定している。

様々な低消費電力化方策が盛り込まれた課題解決案が提案され、具体的な研究開発計画とスケジュールが立案されている。ベンチマークは適切に行われており、今後も適宜アップデートを心がけ計画に反映されることが望まれる。

優れたリーダーシップを有するプロジェクトリーダーと複数のサブリーダーのもとに、実装基盤技術開発からシステム化技術開発まで、真に技術力と事業化能力を有する企業、研究所等が実施者として選定され、実施者間の綿密で有機的な分担連携によって、事業が推進されている。実用化・事業化に向けては、マーケットにおける競争実態や顧客動向に熟知したメンバーの参画が望まれる。

知財戦略としては、オープン・ブラックボックス戦略の重要性を認識し、具体的方策の実践に向けて努力がなされている。標準化文書の発行によって、100Gbps デジタルコヒーレント光トランシーバの標準化に成功したことは高く評価できる。

加速財源の活用により、目標を前倒し達成するなど、情勢の変化に対して機敏で適切な対応がなされている。

2. 3 研究開発成果について

中間目標は、全ての個別テーマにおいて数値目標を含めて達成されており、プラグブル CFP タイプの 100Gbps デジタルコヒーレント光トランシーバを試作し、従来比で容量 1/2 以下の小型化と従来比 1/3 となる低消費電力化を実現するなど、世界初あるいは世界最高水準の成果が多数含まれている。一部は、実用化・事業化への基盤が確定した成果も得られており、早期の事業化につながる可能性もある。

特許取得は適切に行われている。OIF や IEEE802.3 など、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われている。

特許、論文発表など、産学が役割を分担して、成果の普及に努力がなされている。ただし、多くの優れた学術的成果に比して、学術誌等の論文発表の数が少ないと思われる。

2. 4 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

中間目標を達成し、要素技術の一部では世界最高水準の研究成果が達成され、さらに知的財産や標準化への対応も進んでいることから、国際的に高い競争力が醸成されつつある。また、企業及び大学で該当分野の研究開発が活性化しており、人材育成促進に貢献している。

革新的デバイス技術は、光電子集積サーバの継続的な高性能化と長期的な技術優位性を維持するために不可欠な研究開発要素であるため、その実用化・事業化時期については、プロジェクト全体で意識合わせしながら、研究開発を進める必要がある。

新会社において実用化・事業化に取り組む者が明確になっている。今後は、取り組み計画、事業化までのマイルストーン、事業化する製品・サービス等を一層具体化することが必要である。

研究評価委員会におけるコメント

第40回研究評価委員会（平成26年11月27日開催）に諮り、以下のコメントを評価報告書へ附記することで確定した。

- 研究開発成果の実用化・事業化を担う組織を早い段階から意識して進めていくことが必要である。

研究評価委員会

委員名簿（敬称略、五十音順）

職 位	氏 名	所 属、役 職
委員長	西村 吉雄	技術ジャーナリスト
委員長 代理	吉原 一紘	オミクロンナノテクノロジージャパン株式会社 最高顧問
委員	安宅 龍明	独立行政法人産業技術総合研究所 つくばイノベーション アーリーナ推進本部 共用施設調整室 招聘研究員
	伊東 弘一	学校法人早稲田大学 理工学術院 招聘研究員 公立大学法人大阪府立大学 名誉教授
	稲葉 陽二	学校法人日本大学 法学部／大学院 法学研究科 教授
	小林 直人	学校法人早稲田大学 研究戦略センター 副所長／教授
	佐久間一郎	国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科 附属医療 福祉工学開発評価研究センター センター長／教授
	佐藤 了平	国立大学法人大阪大学 産学連携本部 名誉教授／特任 教授
	菅野 純夫	国立大学法人東京大学大学院新領域創成科学研究科 メディカルゲノム専攻 教授
	宮島 篤	国立大学法人東京大学 分子細胞生物学研究所 教授
	吉川 典彦	国立大学法人名古屋大学 大学院工学研究科 マイク ロ・ナノシステム工学専攻 教授

第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の箇条書きは、評価委員の主な指摘事項を、参考として掲載したものである。

1. プロジェクト全体に関する評価結果

1. 1 総論

1. 1. 1 総合評価

中間目標は全てのテーマと項目においてほぼ達成されており、一部には、前倒しで実用化・事業化への基盤が確定した成果も得られている。世界初あるいは世界最高水準の成果が多数含まれており、最終目標を達成できる可能性は非常に高いと期待される。

技術のポートフォリオのバランスは良好で、実装基盤技術と実装システム化技術とからなっており、さらに将来の技術シーズを探索する革新デバイス技術によって絶え間なく新技術を導入できる仕組みが備わっている。

傑出したプロジェクトリーダーの下に産学官の主だった機関が結集しており、研究開発が効率良く推進されている。情勢変化に対しては加速財源活用による目標早期達成など機敏で適切な対応がなされている。

国際標準化活動や研究開発成果の実用化・事業化にも意欲的に取り組んでいる。ただし、シリコンフォトニクスは、国際的にも開発競争が熾烈で進展も早いので、早期の実用化・事業化につながるように、計画の前倒しを含めて、研究開発を一層加速することが必要である。その際、市場シェアを伸ばす戦略、低コスト化についても留意が必要である。

〈肯定的意見〉

- ・プロジェクトリーダーのリーダーシップのもとに、設定された中間目標は、全ての個別テーマにおいて数値目標を含めて達成済み、あるいは達成見込みであり、一部には、前倒しで実用化・事業化への基盤が確定した成果も得られている。さらに、世界初あるいは世界最高水準の成果が多数含まれており、関連分野への波及効果も期待できる。
- ・設定された中間目標は全てのテーマと項目において数値目標を含めて達成されていると認められ、特許取得や成果公開公表についても概ね妥当な努力がなされている。最終目標を達成できる可能性は非常に高いと期待される。
- ・現時点で総合的に見て、当初目的と計画に沿って順調に推進されており、期待通りまたは一部でそれ以上の成果が得られていると高く評価できる。
- ・化合物半導体光電子集積デバイス技術とシリコンフォトニクス技術の高度化と融合において顕著な進展がみられ、デジタルコヒーレントシステム技術の進化、量子ドットレーザとシリコンフォトニクスとの融合の具体化は特筆に値する。また革新的デバイス技術開発のため大学グループで意欲的な研究が推進されており、多くの基礎的成果が得られている。
- ・PETRAにおいて既に多くの実用的な集積光電子デバイスと光接続システムが実現された。または実現の見通しが得られている。世界初の実現や最高性能達成も多数含まれている。
- ・技術のポートフォリオのバランスは良好である。実装基盤技術と実装システム化技術とからなっており、さらに将来の技術シーズを探索する革新デバイス技術によって絶え間なく新技術を導入できる仕組みが備わっている。傑出したプロジェクトリーダーの下に産学官

の主だった機関が結集しており、文字通りオールジャパンの体制が築かれていることを評価する。

- ・社会的必要性の高い将来の情報通信機器のための超低消費電力型光エレクトロニクスデバイス・システムの戦略的な開発の観点から、明確な指針と優れたリーダーシップのもとに、先行プロジェクトの成果を基盤として強力な体制により研究開発が効率良く推進されている。
- ・本プロジェクトは、クラウドコンピューティングの進展にともなうデータセンターなどにおける通信トラフィックの増大に対応した情報処理機器・装置の高速化と低消費電力化に向けて、光エレクトロニクス実装システムを実現する基盤技術とシステム化技術の確立を目指したものである。電気配線を光配線に置き換えることを含めて、革新的な光エレクトロニクス実装システム技術開発では、常にその高度化が要求され、広範な学術的知見と先端的设备を必要とするため、民間の組織単独では十分な成果を得ることは困難であり、本プロジェクトは NEDO の事業として妥当である。
- ・当該技術は、我が国の基幹インフラである IT 分野における将来の省エネ技術に資することも多大であり、NEDO のプロジェクトとしても極めて重要な位置づけと考える。プロジェクトリーダーの強力なマネジメントのもと、産学連携も含めて有機的な運営は高く評価される。
- ・きわめて重要かつ、基幹産業の死命を制する技術課題である。その一方で、これまで多くの困難を経験してきているテーマでもあるので、ぜひとも成功させてほしい。ほぼオールジャパンの陣容が揃っていることは心強い。
- ・チップ間、ボード間、さらに広域ネットについても、従来のデータ伝送技術の限界が見えつつある現在、我が国の強みのある技術として光エレクトロニクス技術は重要であり、本プロジェクトの成果を今こそ実用化して、様々な領域に使えるようにしてほしい。
- ・光損失や実用性を重視し、ハイブリッド構成で光化が実現できていることが分かったので概ね良好だと思う。
- ・標準化の提案と獲得も重要な成果である。情勢変化に対しては加速財源活用による目標早期達成など機敏で適切な対応がなされている。事業化についても精力的な取組みがなされ、具体的な計画が立案されており、一部は見通しが明確化されている。
- ・国際標準化活動や研究開発成果の実用化・事業化にも意欲的に取り組んでいる。

〈問題点・改善すべき点〉

- ・当該プロジェクトの中心課題であるシリコンフォトニクスは、国際的にも開発競争が熾烈であり、事業化に関しては早急に進める必要がある。我が国は本研究チームを中心として、研究・開発面での競争力は強いと思われるが、事業化については遅れていると言わざるをえない。本プロジェクトを起爆剤として早期の事業化が望まれる。
- ・最大の懸念は事業化のシナリオである。新会社の顧客が組合員各社であり、新会社が光 I/O コアや Si 光インターポーザを製品として組合員各社に供給し、これらをベースとしてそれぞれが市場へ展開するという自己完結型のビジネスモデルが機能するのか危惧される。

そもそも組合員各社のデータコム市場のシェアが小さい現状を踏まえると、新会社の技術をもって市場のシェアを伸ばすための戦略が必要であるが、明るい見通しを抱かせる戦略が語られていないことが気付きである。

- ・着実に研究成果を挙げて中間目標を達成している。しかし、本プロジェクトが関わる研究分野は国際的にも競争が激しく、進展も速いので、早期の実用化・事業化につながるよう、計画の前倒しを含めて、研究開発を一層加速し、先行者利益の確保に努めていただきたい。
- ・プロジェクトのタイトルに「超低消費電力型」というキーワードが入っているが、特にサーバーに関してはその数値目標の設定については注意が必要だと思う。サーバー自体の低電力化の効果も入るので、本プロジェクトによる効果について明確化しておく必要があるのではないかと。本プロジェクトの技術はまさに実用化が必要な状況にあるが、そのためには低コスト化についても配慮をお願いしたい。
- ・実用化の頭出しについての戦略が対象によって必ずしも明確でない場合が見受けられる。また、開発を含めた費用対効果についても同様の傾向がある。これらを十分吟味すべきと考える。
- ・研究期間が短いため、シリーズで開発していくことは困難であるが、それぞれがパラレルに研究開発していることを感じた。お互いの研究成果を共有することで、全体的な目標達成が説明できやすくなると思う。特に、革新的デバイス技術は、主に大学で研究されているため、全体的にどのようにかかわってくるかが外部から見えにくいように思われる。

〈その他の意見〉

- ・「実装」を狭く捉えずに電子回路からみても救世主となれるような「光」技術主導による「融合」がはかられるべく、プロジェクトのさらなる邁進を期待する。
- ・光ハイブリッド構成では、光ファイバと各微小光デバイス間の接続損失が問題となるので、光ファイバの先端のレンズ化や Ge ドープ光ファイバのコア拡大、テーパ化など、接続方法の最適化を検討するともっと低損失化が図れるものと思う。

1. 1. 2 今後に対する提言

各大学での基盤技術課題と参画企業との長期的な連携の枠組みについて、より明確にされることを期待する。競合技術に対する相対的優位性を適切に評価するため、常に最新の情報を収集しつつ、ベンチマークの更新に努めることが望まれる。

実用化・事業化に向けては、マーケットにおける競争実態や顧客動向に熟知したメンバーの参画が望まれる。チーム全体で製品イメージを共有し、汎用的な製品でボリュームゾーンを狙う戦略も必要ではないか。

この分野に対する国の継続的投資は十分とはいえないことから、さらに充実する方策を検討頂きたい。

〈今後に対する提言〉

- 大学に於ける長期的な視点での技術開発の重要性・必要性は十分理解できる。各大学での基盤技術課題と参画企業との長期的な連携の枠組みについて、より明確にされることを期待する。
- 参画している各企業に加えて、組合から誕生する新会社のビジネス展開も始まることから出口志向に偏りがちになることが想定される。しかしながら、このテーマは長手番になることが必至であるゆえ、開発がおろそかにならないようにしていただきたい。開発競争に勝つことがビジネスで実績を得るための必須条件であることを肝に銘じていただきたい。
- 競合技術に対する相対的優位性を適切に評価するため、常に最新の情報を収集しつつ、ベンチマークの更新に努めることが望まれる。また、若手人材育成の観点からも、成果を広く国民に情報発信していただきたい。
- 実用化に近いこともあり、プロジェクトの成果を受けて新会社が計画されているが、類似技術の開発動向に注視する必要がある。
- 優位性確保とコストパフォーマンス追及が益々重要となると思われる。また情報機器への応用を進めるうえでコンピュータアーキテクチャ専門家との連携を深める必要性が高まると思われる。
- プロジェクトの主要メンバーは大学と企業の研究者・技術者であり、緊密に連携しながら高いレベルで研究開発を進めているが、実用化・事業化に向けては、マーケットにおける競争実態や顧客動向に熟知したメンバーの参画が望まれる。
- 新会社設立の死命を制するであろう投資ファンドからの資金調達の成り行きを注視したい。
- データコムではホワイトボックスの流れが生まれつつあり、ホワイトボックス化により自前の仕様のサーバー、ルーター、ネットワーク機器を低コストで調達している大口の顧客にコアエンジンとなる製品を提供できるような営業も必要ではないか。
- プロジェクトの最終ゴールに掲げられているサーバーオンボードあるいはサーバーオンチップの製品イメージがボンヤリとしている。2018年以降の課題ではあるが、それ以前にモックアップを作製しチーム全体で製品イメージを共有する必要があると思う。
- 超小型 ONU の応用領域として、シリコンフォトニクス光トランシーバを用いた IoT 向

け超小型インターフェスのアイデアは買えるが、アプリケーション毎に仕様が異なるので、汎用的な製品でボリュームゾーンを狙うことは難しいのではないかと危惧する。SWOT分析の threat を再考されたい。

- デジタルコヒーレントトランシーバの早期事業化が見えているので期待している。データセンター間を光伝送する光ファイバに、通常の ITU-T G.652(1.31 μ m 帯標準シングルモード光ファイバ)を使用するのではなく、KDD が日米間で実用化した、極低損失 (<0.18dB/km)の純石英コア光ファイバである ITU-T G.654(1.55 μ m 帯カットオフシフト光ファイバ)を使用すると、光伝送距離の長距離化が実現可能である。
- この分野に対する国の継続的投資は決して十分とはいえない。年々投資がシュリンクしようとしている中で、このテーマを実施していることはたいへん貴重であり、さらに充実されることを望む。
- NEDO、経済産業省が一丸となって支援する姿勢がプロジェクトを成功に導くために必須である。ノーベル物理学賞受賞の追い風のもと、ぜひ、予算確保に邁進して頂きたい。アジア近隣では出来ない技術課題であり、競争力回復の起爆剤たるに十分なテーマである。

1. 2 各論

1. 2. 1 事業の位置付け・必要性について

光エレクトロニクス実装システムを実現する基盤技術とシステム化技術を確立し、情報処理機器・装置の高速化と低消費電力化を目指す極めて公共性・公益性の高い研究開発事業である。広範で長期的な学術的経験と高度な先端的設備を必要とし、研究者間の有機的・相補的な連携や国際競争力強化・国際標準獲得を必要とするため、国家的規模で総合的・組織的・戦略的に取り組む必要がある。我が国のエレクトロニクス産業を支え、国際競争力を強化するという **NEDO** のミッションに合致していると考ええる。

省エネルギー情報基盤の社会的必要性和市場の大きさから、予算に見合う十分な経済効果が期待できる。ただし、省エネルギー効果の見積もりについては、今後精度を上げ、アピールしていくことが望ましい。

〈肯定的意見〉

- ・公共性の高い情報通信分野において、先行公的プロジェクトで得た成果を基盤にして発展させ、データセンター用サーバー・ルータ等に先端光エレクトロニクスデバイスを実装して顕著な低消費電力化と高速化を図る技術を開発するとともに更に応用を拡大することを目的とする事業であり、未来開拓研究プロジェクト目標達成に多大な寄与が期待される。
- ・電子機器の電気配線を光化する光配線技術と電子回路技術を融合させた光エレクトロニクス実装システムを実現する基盤技術とシステム化技術を確立し、情報処理機器・装置の高速化と低消費電力化を目指す極めて公共性・公益性の高い研究開発事業である。このため、国家的規模で有機的に連携し、総合的・組織的に取り組む必要があり、国内外の研究開発動向を注視しつつ、国際競争力を確保し、マーケットの創出につなげるには、広範な学術的経験と高度な先端的設備が不可欠である。また、高い研究開発目標に挑戦するリスクのあるプロジェクトであるため、民間の組織単独では、十分な成果を得ることは困難であり、**NEDO** が支援する事業として妥当である。
- ・事業目的の妥当性は、関連学術分野の現状と将来予測および国際的技術開発動向から見て、事業開始当時よりさらに明確になったと思われる。
- ・将来のデータコムや通信事業にブレークスルーをもたらす可能性のある技術であり、我が国の取り組みの遅れを一気に取り戻し、世界最先端の地位を確保するために本事業の意義はあると考える。
- ・各研究開発項目は広範で長期的な学術的経験と高度な先端的設備を必要とし、研究者間の有機的・相補的な連携や国際競争力強化・国際標準獲得を必要とするため、各民間企業の努力のみでは十分な成果を効率的に得ることは困難であり、国家的規模で総合的・組織的・戦略的に取り組む必要がある。
- ・民間企業一社では研究開発投資も含めて実施することは極めて困難であり、国家プロジェクトとして推進することは意義があると考えられる。
- ・低消費電力化は、国の問題であるので、民間活動のみでは改善できないものであることと、

公共性が高いことにより、NEDO の関与が必要とされる事業である。

- 産学官のオールジャパンの体制が築かれており、我が国のエレクトロニクス産業を支え、国際競争力を強化するという NEDO のミッションに合致していると考ええる。
- IT 分野におけるエネルギー消費は今後も増加の一途を辿ることが予想され、革新的な省エネ技術が期待出来る当該プロジェクトは NEDO の事業として相応しい。
- 当技術分野は省エネルギー情報基盤の社会的必要性和市場の大きさから、予算に見合う十分な経済効果が大いに期待される。
- 当該事業を実施することによりもたらされる効果は、投じた予算との比較において十分だと思われる。

〈問題点・改善すべき点〉

- 事業の省エネルギー効果の見積が大雑把すぎる気がする。事業の進展とともに精度を上げることが望まれる。
- 国内の IT 機器全体で消費される総電力量に対して、このプロジェクトによって、どの程度の省エネルギー効果があるのか、データ通信量の年次変化を踏まえて具体的に示すことができる、プロジェクトの必要性に対する理解が、より深まると期待される。
- 省エネへの貢献については、全体像を見据えて、例えばデータセンター全体のエネルギー消費における省エネ効果へのインパクトを明示できるとよい。

1. 2. 2 研究開発マネジメントについて

国際的視点の技術展望と戦略的判断のもとに、全体目標と数値目標が示され、研究開発項目の区分、分担関係と個別目標を適切に設定している。

様々な低消費電力化方策が盛り込まれた課題解決案が提案され、具体的な研究開発計画とスケジュールが立案されている。ベンチマークは適切に行われており、今後も適宜アップデートを心がけ計画に反映されることが望まれる。

優れたリーダーシップを有するプロジェクトリーダーと複数のサブリーダーのもとに、実装基盤技術開発からシステム化技術開発まで、真に技術力と事業化能力を有する企業、研究所等が実施者として選定され、実施者間の綿密で有機的な分担連携によって、事業が推進されている。実用化・事業化に向けては、マーケットにおける競争実態や顧客動向に熟知したメンバーの参画が望まれる。

知財戦略としては、オープン・ブラックボックス戦略の重要性を認識し、具体的方策の実践に向けて努力がなされている。標準化文書の発行によって、100Gbps デジタルコヒーレント光トランシーバの標準化に成功したことは高く評価できる。

加速財源の活用により、目標を前倒し達成するなど、情勢の変化に対して機敏で適切な対応がなされている。

(1) 研究開発目標の妥当性

〈肯定的意見〉

- ・国際的視点の技術展望と戦略的判断のもとに、簡潔な全体目標と数値目標が示され、研究開発項目の区分、分担関係と個別目標の適切な設定がなされている。
- ・研究開発目標は、内外の技術動向、市場動向などを踏まえて、戦略的目標が設定されており、個々のテーマに関して可能な限り定量的な開発目標が設定されている。
- ・研究開発の目標は明確である。

〈その他の意見〉

- ・電子産業の盛衰や変化があまりにも急であるため、長期戦略を逐次見直す必要があることに注意していただきたい。
- ・WDM インタコネクタは近い将来必要になる技術であると考えられる。例えば、革新デバイス技術の検討課題として取り上げてはどうか。ボード・筐体間接続システム化技術は必要な技術ではあるが、メーカーで開発することも可能ではないか。

(2) 研究開発計画の妥当性

〈肯定的意見〉

- ・様々な低消費電力化方策が盛り込まれた課題解決案が提案され、具体的な研究開発計画とスケジュールが立案されている。

- ・ベンチマークは適切に行われている。今後も適宜アップデートを心がけ計画に反映されることが望まれる。
- ・全ての個別テーマにおいて、当初目標と計画に従って極めて順調に開発研究が進められ、ベンチマークの明確化と目標達成に向かって多大な努力がなされている。
- ・目標達成のために妥当なスケジュール、予算であり、必要な要素技術を取り上げている。

〈問題点・改善すべき点〉

- ・各開発課題のベンチマークによる評価は、やや狭い領域に閉じられており、他の競合技術との比較など、競争力の客観的な評価としては、改善の余地がある。

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

〈肯定的意見〉

- ・実施体制は先行プロジェクトの成果と経験を活用できるグループから組織されており、優れたリーダーシップを有するプロジェクトリーダーと複数のサブリーダーのもとに、実装基盤技術開発からシステム化技術開発まで、真に技術力と事業化能力を有する企業、研究所等が実施者として選定され、実施者間の綿密で有機的な分担連携によって、事業が推進されている。
- ・実施体制は各項目の基盤となる経験を活用できる強力な研究グループから組織されていて、十分なリーダーシップを有するプロジェクトリーダーとサブリーダーのもとにデバイス研究からシステム開発までを統括できるマネジメント組織により、綿密で有機的な事業推進がなされている。また革新的デバイス技術の開発のため大学の研究グループを加えた特色ある実施体制が組織され活発な研究が推進されており、新技術の創成や実用化が期待される。
- ・デバイス開発に留まらず、実装、システム技術者との連携など、オールジャパンのバランスの取れた研究開発の陣容となっており、プロジェクトリーダーの強力なリーダーシップのもと、有機的な連携が進められている。各サブプロジェクトリーダーも優秀な人材が配置されており、目標の達成が期待できる。
- ・技術的にはPLのもとで各SPLがしっかりと目標に向かってマネジメントしている。技術成果の展開に対しても各参加企業および技術組合が周到に検討を進めている。
- ・適切な研究開発実施体制になっており、指揮命令系統及び責任体制が明確になっている。
- ・マネジメント委員会の下に革新デバイス技術推進委員会が設置されており、革新デバイス技術の成果が随時基盤要素技術へ還流される仕組みが備わっているとの説明があった。大変結構だと思う。技術の成熟度を見極め、タイムリーに基盤要素技術へ移管するのはマネジメントの手腕に委ねられている。
- ・知財戦略としては、オープン・ブラックボックス戦略の重要性を認識し、具体的方策の実践に向けて努力がなされている。
- ・知的財産取扱に関する考え方は適切に運用されている。

(4) 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

〈肯定的意見〉

- ・標準化活動も強力に推進され、標準化文書の発行によって、100Gbps デジタルコヒーレント光トランシーバの標準化に成功したことは高く評価できる。

〈問題点・改善すべき点〉

- ・プロジェクトの主要メンバーは大学と企業の研究者・技術者であり、緊密に連携しながら高いレベルで技術開発を進めているが、実用化・事業化に向けては、マーケットにおける競争実態や顧客動向に熟知したメンバーの参画が望まれる。

(5) 情勢変化への対応

〈肯定的意見〉

- ・これまで把握された情勢変化は概ね当初からの予想範囲内のことと思われるが、機敏で適切な対応がなされている。LSI 搭載用大規模光電子集積回路について、加速財源活用により目標を前倒し達成し、世界最高の省電力性能を実現したことも高く評価できる。
- ・加速財源の活用によって目標が前倒しで達成されている
- ・進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向等に機敏かつ適切に対応しているものと思われる。

1. 2. 3 研究開発成果について

中間目標は、全ての個別テーマにおいて数値目標を含めて達成されており、プラグブル CFP タイプの 100Gbps デジタルコヒーレント光トランシーバを試作し、従来比で容量 1/2 以下の小型化と従来比 1/3 となる低消費電力化を実現するなど、世界初あるいは世界最高水準の成果が多数含まれている。一部は、実用化・事業化への基盤が確定した成果も得られており、早期の事業化につながる可能性もある。

特許取得は妥当に行われている。OIF や IEEE802.3 など、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われている。

特許、論文発表など、産学が役割を分担して、成果の普及に努力がなされている。ただし、多くの優れた学術的成果に比して、学術誌等の論文発表の数が少ないと思われる。

(1) 目標の達成度と成果の意義

〈肯定的意見〉

- ・設定された中間目標は、全ての個別テーマにおいて数値目標を含めて達成されており、プラグブル CFP タイプの 100Gbps デジタルコヒーレント光トランシーバを試作し、従来比で容量 1/2 以下の小型化と従来比 1/3 となる低消費電力化を実現するなど、世界初あるいは世界最高水準の成果が多数含まれている。一部は、実用化・事業化への基盤が確定した成果も得られており、早期の事業化につながる可能性もある。
- ・設定された中間目標は全てのテーマと項目において数値目標を含めて（概ね）達成されており、一部では前倒し目標達成と事業化見通し確立がなされている。
- ・多くの実用的な集積光電子デバイスと光接続システムが実現された。または実現の見通しが得られている。世界初のデバイス実現や最高性能達成も多数含まれている。化合物半導体光電子集積デバイス技術の成熟とシリコンフォトニクス技術の着実な発展に加えて、両技術の融合においても顕著な進展がみられる。特に、デジタルコヒーレントシステム技術の長足の進展、量子ドットレーザのポテンシャル活用とシリコンフォトニクスとの融合の具体化は特筆に値する。
- ・本成果は将来的に市場の拡大あるいは市場の創造につながるものが大いに期待される。大学においても新デバイス要素技術に関して多くの優れた基礎的成果が得られている。全体的に非常に優れた成果が順調に得られていると高く評価できる。
- ・実用化・事業化技術開発を主眼としながらも、量子ドットレーザやフォトリソグラフィデバイスなど、リスクの高い革新的デバイス技術の開発にも果敢に挑戦し、特に、量子ドットレーザについては、光 I/O コアへの導入が前倒しで進められており、特筆に値する。
- ・実稼働（部分稼働を含む）デモを拝見した範囲では目標に向けて成果は順調に出ていると思われる。
- ・全体として目標を達成しており、成果の達成度は優れている。とりわけ DC 間用デジタルコヒーレント 100G-CFP トランシーバの進展は目覚ましい。

- ・成果は目標を概ね達成していると思われる。成果は将来的に市場の拡大あるいは市場の創造につながる事が期待できると思われる。設定された目標以外に技術的成果としては、デジタルコヒーレントトランシーバを試作した結果、予想よりも成果がでたので事業化を促進することができたよう評価できる。

〈その他の意見〉

- ・費用対効果がデータコムのみデータに基づいているが、通信の市場も含めて見積るべきである。

(2) 知的財産権等の取得及び標準化の取組

〈肯定的意見〉

- ・特許取得にも妥当な努力がなされており、標準化文書による貢献と標準化成功も重要な成果である。
- ・OIF や IEEE802.3 など、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われていると思われる。
- ・OIF への標準化寄書が多数あることも評価したい。
- ・知的財産権などの取扱は、事業戦略や実用化計画に沿って国内外に適切に行われており、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案などの取組も適切に行われている。

〈その他の意見〉

- ・オープン・ブラックボックス戦略について、施策は具体的に明らかに出来ないにしても、どの様な効果が得られたか今後明らかにしていって頂きたい。

(3) 成果の普及

〈肯定的意見〉

- ・特許、論文発表など、産学が役割を分担して、成果の普及に対して十分な情報発信を行っている判断される。
- ・OFC 等で展示し成果の普及に務めていることは評価できる。
- ・論文と会議発表等を通じて成果公開普及の努力がなされていて概ね適切である。

〈問題点・改善すべき点〉

- ・国際会議論文を含め、積極的に学会発表を行い、成果の普及に努めていることは理解できるが、これに比べて国際的に評価の高いジャーナルへの PETRA としての公表論文が少ないように見受けられる。企業においては、成果の公表前に知的財産権などの取扱は組織として処理済みであると判断されるので、ジャーナル論文として、戦略的に成果を公表し、広く成果の普及に努めていただきたい。
- ・成果のアピールについてはさらなる工夫が望まれる。

- **PETRA** での研究開発により多くの優れた学術的成果が得られているにも関わらず、これまでのところ学術誌等の論文発表の数が少ないと思われる。成果の広範な公開と活用および体系化の観点から、より多くの学術誌論文や書籍の出版がなされるよう一層の努力を続けて頂きたい。
- 学会発表では、招待講演の件数が重要な評価の指標となると思うが記されていない。学会発表の中で招待講演は明記するようお願いする。

1. 2. 4 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

中間目標を達成し、要素技術の一部では世界最高水準の研究成果が達成され、さらに知的財産や標準化への対応も進んでいることから、国際的に高い競争力が醸成されつつある。また、企業及び大学で該当分野の研究開発が活性化しており、人材育成促進に貢献している。

革新的デバイス技術は、光電子集積サーバーの継続的な高性能化と長期的な技術優位性を維持するために不可欠な研究開発要素であるため、その実用化・事業化時期については、プロジェクト全体で意識合わせしながら、研究開発を進める必要がある。

新会社において実用化・事業化に取り組む者が明確になっている。今後は、取り組み計画、事業化までのマイルストーン、事業化する製品・サービス等を一層具体化することが必要である。

〈肯定的意見〉

- ・「光エレクトロニクス実装基盤技術」、「光エレクトロニクス実装システム化技術」のいずれにおいても、小型化、高速化、低消費電力化に係る中間目標を達成し、世界初あるいは世界最高水準となる多数の成果を得ており、知的財産権の取得状況や標準化獲得状況などから、実用化・事業化に向けた基盤は確立されつつあると判断される。また、2015年の早い段階でPETRAの一部を分割し、新会社を設立する予定で、プロジェクトの成果を新会社に継承して製品展開していくフレームワークを構築するとともに、課題抽出とそのための対応策について検討を進めている。
- ・各要素技術については、世界最高水準の研究成果が達成されており、国際的に高い競争力が醸成されつつあり、最終目標の達成が期待できる。
- ・本プロジェクトで開発されている全てのデバイス技術はシステム応用を前提とするものであり、産業技術として適用可能であることが明確であり、市場やユーザーの要求に合致している。開発が進んでいる幾つかのデバイスについては、実用化のための綿密な課題抽出がなされるとともに、新会社設立も含めた具体的な事業化計画が立案されている。国際標準化についても意欲的に準備が進められており、MSA トランシーバに関しては既に標準化に成功しており、今後も順次進展すると期待される。これらのことから、本プロジェクト終了までに事業化開始と経済効果の見通しが得られる可能性は非常に高いと期待される。
- ・新会社において実用化・事業化に取り組む者が明確になっており、事業化する製品・サービスなどの具体的な見通しも立っていることから、関連分野への波及効果も十分期待できる。
- ・本プロジェクトの成果は、データセンター内情報機器への応用に限らず、将来は中・長距離の超低消費電力光情報伝送システムへ拡張して応用可能であることから技術的・社会的な波及効果が期待できる。また本プロジェクト実施自体が企業及び大学での該当分野の研究開発を活性化し人材育成促進に貢献している。

- ・国際的な市場動向と研究開発目標の方向性は適合しており、当該プロジェクトの国で推進すべき重要課題としての意義は高い。産業技術として大きなインパクトがもたらされると期待される。また、新会社設立のスキームについても明らかにされている。国プロから、既存の企業群における事業化ではなく、新会社設立を目指した新しい試みであり、ぜひ成功事例となるように期待したい。

〈問題点・改善すべき点〉

- ・プロジェクト終了後、新会社をつくるということは明確になっているが、取り組み計画、事業化までのマイルストーン、事業化する製品・サービス等の具体的な見通しは全てが十分とは言えない。
- ・新会社設立による国プロの成果の事業化という新しい試みであり、課題の抽出については、慎重に議論することが必要と思われる。必要な投資規模、どのように投資を誘致するかなど、早期の具体的な検討を期待したい。諸外国でのシリコンフォトリソグラフィの事業化は、既に一歩先行しているとも言え、早期の市場参入が特に求められると考える。

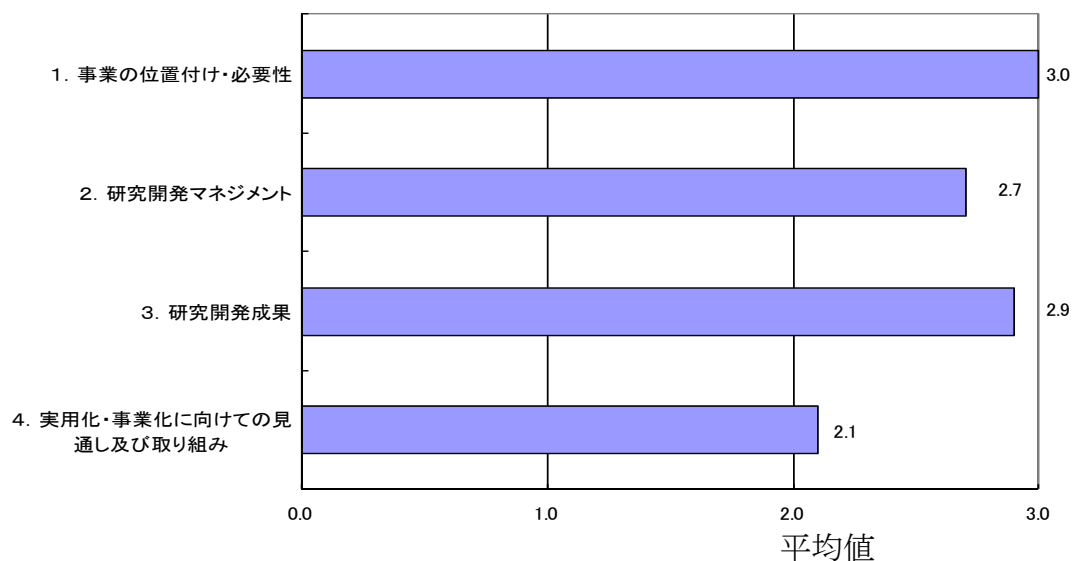
〈その他の意見〉

- ・革新的デバイス技術は、光電子集積サーバーの継続的な高性能化と長期的な技術優位性を維持するために不可欠な研究開発要素であるため、その実用化・事業化時期については、プロジェクト全体で意識合わせしながら、研究開発を進める必要がある。
- ・本プロジェクトのアウトカムは、最終的には事業化の成否にかかっている。事業化については、市場開拓の戦略の明確化、計画よりも前倒しの事業化戦略が望まれる。
- ・デジタルコヒーレント 100G-CFP トランシーバはライバル社の性能を凌駕しており、即製品化が可能である。組合員メーカーによるプロジェクト成果の製品化のモデルケースになるようタイムリーなマーケティングが望まれる。成功例を1つでも早期に作り出すことによって、参加機関が競い合って製品化するという流れが出来ることを期待したい。
- ・新会社の主要な製品となるであろう光 I/O コアの成否が命運を左右するといつて過言ではないと思う。消費電力や帯域密度で他社に勝っているだけではシェアの獲得は難しいと感じる。促進会やコンソーシアム活動を通じた仲間作りなどに最大限の努力を払わねばならない。
- ・各参加企業、新会社、技術組合がそれぞれに相乗効果で実用・事業化を加速できることが望ましい。その一方で、選択と集中が必要になるかも知れない。
- ・新会社がスタートしても数年は赤字経営になることが予想されるため、諸外国の企業と戦うために市場調査など詳細にすることが重要になると思われる。
- ・事業化のスキームで、参画企業にカスタマイズした優遇措置が取られるように見受けられる。国際的な市場をみたときに、新会社の市場開拓に足かせにならないか検討が必要かも知れない。
- ・ビジネスモデルの検証とファブ立ち上げの戦略が今後の成否を決めるであろう。
- ・ブラックボックス化をうたっているが、データコムではホワイトボックスの流れが生まれ

つつある。市場の覇権は第 1 世代の Cisco 等のオールインワンルータベンダから、第 2 世代の Broadcom 等のソリューション (チップ) ベンダへ、さらに第 3 世代は装置のホワイトボックス化により Google や facebook などが自前の仕様のサーバー、ルーター、ネットワーク機器を安価に調達する時代に移っており、近い将来顧客のボリュームゾーンの 1 つはホワイトボックスになると思われる。例えば、コアエンジンとなるデバイスを核として差別化を図り、ホワイトボックス化を進める顧客に製品を提供できるような営業戦略が必要ではないか。

2. 評点結果

2. 1 プロジェクト全体



評価項目	平均値	素点 (注)							
1. 事業の位置付け・必要性について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.7	A	A	B	A	B	A	A	
3. 研究開発成果について	2.9	A	A	A	A	B	A	A	
4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて	2.1	B	B	B	B	A	B	B	

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

- | | |
|--------------------|------------------------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 研究開発成果について |
| ・非常に重要 →A | ・非常によい →A |
| ・重要 →B | ・よい →B |
| ・概ね妥当 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・妥当性がない、又は失われた →D | ・妥当とはいえない →D |
| 2. 研究開発マネジメントについて | 4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて |
| ・非常によい →A | ・明確 →A |
| ・よい →B | ・妥当 →B |
| ・概ね適切 →C | ・概ね妥当であるが、課題あり →C |
| ・適切とはいえない →D | ・見通しが不明 →D |

第2章 評価対象プロジェクト

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

「超低消費電力型光エレクトロニクス
実装システム技術開発」

事業原簿

公開

担当部室	独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 電子・材料・ナノテクノロジー部
------	---

－目次－

概要

プロジェクト用語集

I. 事業の位置付け・必要性について	1
1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性	1
1. 1 NEDOが関与することの意義	1
1. 2 実施の効果（費用対効果）	8
2. 事業の背景・目的・位置づけ	10
2. 1 事業の背景	10
2. 2 事業の目的	12
2. 3 事業の位置づけ	12
II. 研究開発マネジメントについて	13
1. 事業の目標	13
2. 事業の計画内容	13
2. 1 研究開発の内容	13
2. 2 研究開発の実施体制	22
2. 3 研究の運営管理	25
2. 4 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性	27
3. 情勢変化への対応	29
4. 評価に関する事項	29

Ⅲ. 研究開発成果、及びⅣ. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

1. 事業全体の成果	31
2. 研究開発項目ごとの研究開発成果と実用化・事業化に向けての見通し及び取組 について	36

(添付資料)

- (A) プロジェクト基本計画
- (B) 未来開拓研究プロジェクト実施要綱および実施に関する基本方針
- (C) 超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発事前評価報告書、
総合科学技術会議が実施する国家的に重要な研究開発の評価結果

概要

最終更新日 平成 26 年 9 月 8 日

プログラム (又は施策) 名	未来開拓研究プロジェクト						
プロジェクト名	超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発	プロジェクト番号	P13004				
担当推進部/ 担当者	電子・材料・ナノテクノロジー部/井谷 司、波佐 昭則（平成 26 年 9 月現在） 電子・材料・ナノテクノロジー部/井谷 司、松岡 隆一（平成 25 年 4 月～平成 26 年 8 月）						
0. 事業の概要	クラウドコンピューティングの進展によりデータセンタなどにおける情報処理量や通信トラフィックが指数関数的に増大しており、データセンタ内の情報処理機器（サーバ、ルータ等）においては、情報処理の高速化の進展に伴い、ボード間、ボード内のチップ間の電気配線の損失が飛躍的に増加し、性能向上の大きなボトルネックになるとともに消費電力増大の大きな要因になりつつある。本プロジェクトでは、前記課題を解決する革新的技術として、電気配線を用いるより省電力で高速データ通信が可能な光配線を用い、高速・大容量処理が必要な情報機器の大幅な省電力化を実現するための光電子融合システムの構成要素技術を確立する。						
I. 事業の位置付け・必要性について	光電子融合システム技術の開発により、データセンタ等における情報処理量・通信量の増加とそれに伴う国内消費電力の増加に対応する。また、光半導体分野における我が国の競争優位を維持するとともに、光電子融合システムによる新たなコンピューティング市場において競争力を獲得し、半導体産業、回路基板産業やそれらをシステム化したサーバ、ルータ等の情報通信機器産業など幅広いエレクトロニクス産業の活性化に資する。						
II. 研究開発マネジメントについて							
事業の目標	超小型の光素子、電子機器の電気配線を光化する光配線技術を開発し、電気配線によるボード間、集積回路チップ間のデータ通信を光通信化する光エレクトロニクス実装システム技術を開発する。具体的には、平成 29 年度までに光電子集積インターポーザ、光電子ハイブリッド回路基板、および、それぞれの要素技術を組み込んだデバイスの集積化技術を開発することにより、電気配線の 1/10 の低消費電力化・高速化（1mW/Gbps）を達成する目処を得るとともに、1/100 以下の小形化実現のための要素技術を確立し、光電子融合サーバボード実現のための目処を得る。また、機器間光インターフェースにおいて、100Gbps/ch の高速伝送及び現状の光トランシーバモジュールの消費電力（300W 程度）を 1/5～1/10 まで低減できる低消費電力化技術を実現する。						
事業の計画内容	主な実施事項	H24fy	H25fy	H26fy	H27fy	H28fy	H29fy
	①光エレクトロニクス実装基盤技術						
	(i)実装基盤技術						
	(a)光エレクトロニクス実装技術	→					
	(b)光エレクトロニクス集積デバイス技術	→					
	(c)光エレクトロニクスインターフェース技術	→					
	(d)光エレクトロニクス回路設計技術	→					
	(ii)革新的デバイス技術	→					

	②光エレクトロニクス 実装システム化技術							
	(i) システム化技術							
	(a) サーバーボード のシステム化技術 開発							
	(b) ボード間接続機 器、筐体間接続 機器のシステム 化技術開発							
	(c) データセンタ間 接続機器のシス テム化技術開発							
	(d) 企業間ネットワ ーク接続機器の システム化技術 開発							
	(ii) 国際標準化							
	会計・勘定	H24fy	H25fy	H26fy	H27fy	H28fy	H29fy	総額
開発予算 (会計・勘 定別に事 業費の実 績額を記 載) (単 位: 百万 円)	一般会計	—	—	—	—	—	—	—
	特別会計 (需給)	2,800 (実績)	2,375 (実績)	2,778 (予定)				
契約種類 : ○をつける (委託○) 助成() 共同研究 (負担率 ())	開発成果促進財源	—	78 (実績)	222 (実績)				
	総予算額	2,800 (実績) 【経済産 業省執行】	2,453 (実績)	2,999 (予定)				
	経産省担当原課	商務情報政策局 情報通信機器課						
	プロジェクトリーダー	東京大学教授 荒川 泰彦						
開発体制	委託先 (* 委託先が管理 法人の場合は参加企業 数及び参加企業名も記 載)	技術研究組合光電子融合基盤技術研究所 (参加企業7社 (NTT エレクトロニクス (株)、沖電気工業 (株)、(株) 東芝、 日本電気 (株)、日本電信電話 (株)、富士通 (株)、古河電工 (株))、産 業技術総合研究所、光産業技術振興協会) 再委託 (京都大学、東京工業大学、東京大学、横浜国立大学、早稲田大学)						
情勢変化 への対応	世界的なシリコンフォトニクス技術への注目の高まりと競争激化への対応として、大規模光回路技術開発 と省電力化技術を前倒しで着手した。また、データセンタ間接続機器システム技術について、技術の実用 化トレンドの加速に対応し、現状成果の一部を活用した先行事業化を実施するとともに、トレンド変化に 対応する目標に開発計画を変更。							
中間評価 結果への 対応	—							
評価に関 する事項	事前評価	平成 23 年度 産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会 (7 月)、総合科学技術 会議の評価専門調査会 (12 月) 担当: 経済産業省						

	中間評価	平成 26 年度 中間評価実施予定 担当部 電子・材料・ナノテクノロジー部
	事後評価	平成 29 年度 評価実施予定
III. 研究開発成果について	<p>研究開発項目ごとの成果と平成 26 年度末までの成果目標を以下にまとめる。(未達の場合は、達成の課題と方針を記載)</p> <p>研究開発項目①「光エレクトロニクス実装基盤技術の開発」</p> <p>(i) 実装基盤技術</p> <p>(a) 光エレクトロニクス実装技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・小型の高速、低消費電力光トランシーバと数十 mm 角のポリマー光配線を形成した光電子ハイブリッド回路基板を開発し、光入出力を持つ LSI を実現するための基盤技術を確立する。 <p>(b) 光エレクトロニクス集積デバイス技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・光信号の並列化技術、多重化技術を開発し、大容量信号伝送を実現するための基盤要素技術を確立する。また、低コスト化のための光素子の集積化技術と導波路技術を確立する。 <p>(c) 光エレクトロニクスインターフェース技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・100Gbps 動作に対応する DSP-LSI と集積光送受信デバイスの試作を行い、基本性能評価と問題点の抽出を行う。 <p>(d) 光エレクトロニクス回路設計技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・マルチフィジクス対応の光エレクトロニクス実装システム統合設計環境の基本構成を構築し、統合設計を行うための基本的なフローの実証を行う。また、光デバイス設計の基盤技術として、光変調器等の開発に適用可能な電子・光連携 TCAD の基本構造を確立する。 <p>(ii) 革新的デバイス技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・シリコン導波路結合型単チャンネル量子ドットレーザを実現する。 ・受光器における暗電流抑制効果を実証する。 ・超小型光変調器技術として、新原理に基づく 10Gbps 程度の光変調動作を可能とする。 ・3次元光配線技術として、層間方向への光伝搬機能が可能であることを実証する。 ・ハイブリッド回路基板上における半導体レーザの高効率化を行うとともに複数の光増幅器が並ぶアレイデバイスを実現する。 ・導波路クロスバー型超小型光スイッチを試作し、スイッチング動作を実証するとともに、基本的な論理動作を実現する。 <p>研究開発項目②「光エレクトロニクス実装システム化技術の開発」</p> <p>(i) システム化技術</p> <p>(a) サーバボードのシステム化技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サーバボード実現に向けた光インターコネクションに要求される伝送スペック、および、光電子インターポーザの回路冷却に関する基本要件を明らかにする。 ・光電子集積インターポーザと積層型ストレージチップ実装基盤からなるハイブリッド型光インターフェース付 SSD を試作し、標準ストレージインターフェースによる光接続を検証する。 <p>(b) ボード間接続機器、筐体間接続機器のシステム化技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・小型光トランシーバを搭載したアクティブ光ケーブル (AOC) を完成させ、筐体間接続における実用性を実証する。 ・光トランシーバとロジック LSI 間の電気伝送に関するインターフェース仕様を決定する。 <p>(c) データセンタ間接続機器のシステム化技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一次試作の光デバイスおよび DSP-LSI を用いたトランシーバを試作し、デバイス制御動作を検証するとともに改良・完成度向上に向けた指針・フィードバック事項を抽出する。 <p>(d) 企業間ネットワーク接続機器のシステム化技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・シリコン導波路による波長合分波器を持ちいて、1.25Gbps の一芯双方向光トランシーバを実証する。 <p>(ii) 国際標準化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・光インターコネクトに関する標準化団体に参画し、「キーメンバーコミュニティ」におけるプレゼンスを確立する。また、100Gbps デジタルコヒーレント光トランシーバに関する標準化を推進する。 	
	投稿論文、学会発表等	「査読付き論文」6 件、「発表 (解説記事含む)」52 件
	特許	「出願済」36 件、(うち国際出願 13 件) 特記事項：事業開始から平成 26 年 8 月末まで
	その他の外部発表 (プレス発表等)	7 件
	IV. 実用化・事業化の見通しについて	<p>日本の光デバイス、ネットワーク関連企業の集まりで実施しているプロジェクトであり、早期に実用化の目処が立ったデバイスについては、プロジェクトの終了を待たずに実用化・事業化を進める。また、後年度の研究開発を含め、計画終了後は多くの開発技術については必ず実用化・事業化を進める。このためには、標準規格獲得には必須要件である。</p>

V. 基本計画 に関する 事項	作成時期	平成 24 年 5 月 「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」実施 計画作成（経済産業省） 平成 25 年 3 月 作成（NEDO）
	変更履歴	無

プロジェクト用語集（公開版）

用語	説明
光電子集積インターポーザ	電子回路（LSI）と光入出力部が実装されたインターポーザの総称。本プロジェクトでは、インターポーザの材料として Si を使ったものを指す。
光電子ハイブリッド（回路）基板	インターポーザ材料にプリント基板を用いた、光電子集積インターポーザ。特にプリント基板上にポリマー光配線を用いることにより、複数の LSI を搭載した大型光電子基板が実現できる。
AOC	Active Optical Cable の略：信号伝送ケーブルの一種であり、伝送部分に光ファイバを用いた物。外部インターフェースは電気信号であり、コネクタ内部に電気/光変換、光/電気変換部が内蔵されている。光ファイバ伝送のため、電気ケーブルに比べ高速/長距離伝送が可能。
光 I/O コア	光信号の送受信（トランシーバ）機能をもつ機能ブロックを光 I/O コアと総称している。光 I/O エンジンとも呼ばれる。
（集積）光 I/O チップ	光 I/O コアの主要部品の 1 つ。シリコンフォトニクス技術を用い、光変調器、受光器、合分波器、光入出力部、などの要素光素子を SOI 基板上に集積したチップ。
光 I/O 付き LSI 基板	LSI (CPU, FPGA) の高速の入出力信号を光伝送するため、LSI の直近に小型光 I/O コアを配置した構造の基板
掲載済 SOI	Silicon On Insulator の略：シリコン基板上にシリコン酸化膜と更にその上にシリコン層が形成された基板構造で、CMOS 電子回路やシリコンフォトニクスのウェハ基板として使用されている。
Tx、Rx	Tx：Transmitter の略称、Rx：Receiver の略称
CMOS 回路	Complementary Metal Oxide Semiconductor) の略：p チャネルと n チャネルの MOSFET を相補的に配置した回路構成を有する半導体デバイス。論理が反転する時にのみしか充放電電流が流れないため、消費電力の少ない論理回路が構成できる。
TIA	Trans-Impedance Amplifier の略：受光ダイオードの光電流を電圧に変換して出力する増幅器
SiGe 回路	シリコンに少量のゲルマニウムを添加した半導体材料。MOS 型トランジスタではなくバイポーラトランジスタに用いられるため、CMOS 回路と対比してバイポーラトランジスタ回路の意味で用いられる。バイポーラトランジスタを使って電流モード回路を構成する 경우가多く、常時電流が流れ続けるため CMOS 回路に比べて消費電力が大きくなる傾向にある。
光ピン	垂直方向へ伝送する光導波路。有機材料で構成されておりフォトリソグラフィ技術で形成可能である。Optical Pillar とも呼ばれる。
MMF	Multi Mode Fiber の略： 多数のモードの光が伝搬する光ファイバ。
SMF	Single Mode Fiber の略： 単一光モードのみ伝播可能な光ファイバ。

Mux	multiplexing あるいは multiplexer の略：複数のパラレル信号をシリアル信号に変換すること。この動作を実行するデバイス/装置。
Demux	demultiplexing あるいは demultiplexer の略：シリアル信号を複数のパラレル信号に変換すること。この動作を実行するデバイス/装置。Mux の逆の動作。
SerDes	Serializer/Deserializer の略：シリアル信号、パラレル信号を相互変換する電子回路。
LD	Laser Diode の略：半導体レーザ。
LD テラス	LD を実装するため、Si 基板の端面に深溝構造の方形状（テラス）のステップを形成し、その部分に LD チップを実装する。この構造を LD テラスと呼んでいる。
位置合せトレランス	光ファイバと光デバイス、半導体レーザ素子等との位置合わせ精度の許容幅（トレランス）のこと。
PD	Photo Diode の略：フォトダイオード
SSC : スポットサイズ変換器	Spot Size Converter の略：Si 導波路とファイバや半導体レーザのサイズ差による光の結合損失を少なくする変換器。導波路の幅を徐々に変えていく方法等いろいろな構造がある。
2重コア SSC	2種類の屈折率の異なるコアを設け、光の結合損失が少なくなるような構造を持つ SSC。
FPGA	Field Programmable Gate Array の略：論理回路構成が書き換え可能なプログラマブルロジックデバイス。最近は大規模化、入出力速度の高速化の進展が著しい。
WDM	波長多重分割（Wavelength Division Multiplexing）の略：光ファイバ通信において、波長の違う複数の光信号を同時に利用する（多重化）ことで、波長数だけ伝送容量を拡大する技術。
PON	Passive Optical Network の略：光ファイバ網の途中に分岐装置を挿入して、1本のファイバを複数の加入者間で共有することで、効率的な光通信を実現するネットワーク方式の一形態。FTTH(Fiber To The Home)の基盤技術。
ONU	Optical Network Unit の略：加入者通信網において、パソコンなどの端末機器をネットワークに接続するための装置。加入者宅に設置される。
APD	Avalanche Photo Diode の略：半導体におけるなだれ（Avalanche）現象を用いて、通常の PD よりも高感度化した受光素子であり、長距離光通信に用いられる。
DFB	Distributed Feedback の略：半導体レーザの光共振器構造の一種。共振器内部に回折格子が作りこまれており特定の波長だけが正帰還を受けるので、単一モード発振が得られる。
Gbps	Giga bit per second の略：データ通信速度の単位の一つ。1Gbps は一秒間に十億ビットのデータを送れることを表す。
NRZ	non-return-to-zero の略：ビットの値 0 または 1 に応じて、{電圧、電流または光強度} が低いまたは高い信号を出力する信号変調方式。

Back-to-Back	送信機と受信機を直接に（もしくは、極短距離で）接続した状態。途中の信号伝送媒体（光導波路、光電子変換デバイス等）の評価をする際の参照データとなる。
アイパターン	信号波形の遷移を多数サンプリングし、重ね合わせてグラフィカルに表示したもの。上下左右に大きく開いたパターンほど良好な信号伝送ができていることを表す。
BER	Bit Error Rate の略：通信で用いられる符号誤り率で、一定の時間内での送信される符号総数に対する、誤って受信された符号数の比率で示される。
FDTD	Finite-difference time-domain の略：電磁場解析の一手法であり、空間・時間領域での差分方程式に展開して電場・磁場を求める方法
TCAD	Technology CAD の略：プロセスシミュレータとデバイスシミュレータと回路シミュレータを統合したもの。
SSD	Solid State Drive の略：ハードディスク（HDD: Hard Disc Drive）に代り、記憶媒体に半導体不揮発性メモリ素子（NAND FLASH MEMORY）を用いた記憶装置。小型化可能でデータ書込み/読出し速度も速く、急速に普及しつつある。
SATA	Serial Advanced Technology Attachment の略：データ記憶装置（HDD、SSD など）と CPU を接続する規格の一つ。
NAND 型 FLASH MEMORY	電荷蓄積層を持つゲート電極 MOS トランジスタを直列に接続した構造の不揮発性メモリ。USB メモリ、SD カード等幅広く使われている。
LA/TIA	Limiting Amp / Trans impedance Amp の略：受光素子からの微弱な電気信号強度を増幅するための増幅器。
SOA	Semiconductor Optical Amplifier（半導体光増幅器）の略
VSR	Very Short Reach の略：2km 程度までの短距離用光トランシーバ。LAN などに多用される。
波長合分波器	異なる波長の光信号を合波したり分波する機能を有する光素子。断面サイズの小さな Si 細線導波路で良好な特性を得るには高精度加工が必要となる。
消光比	波長合分波器の任意の出力ポートにおいて、そのポートに出力される波長の信号光強度と、それ以外の波長のノイズ光強度の比率。
暗電流	PD に光の入射がない場合にも流れている電流のこと。光信号の受信における雑音となるため、暗電流が小さいことが望まれる。
液浸 ArF 露光技術	露光装置の投影レンズとウェハーの間に液体を満たして露光する技術。液体として純水を用いた場合、空気に比べて開口数が 1.44 倍に増加するため、解像度を大幅に向上することが出来る。45nm 技術世代以降の半導体加工に用いられている。
偏波	光や電磁波の電界の振動方向の状態を示すものであり、断面が矩形形状のシリコン導波路では、基板の面内方向に電界が振動する TE 偏波と、基板に垂直方向に電界が振動する TM 偏波とが伝搬可能である。
偏波依存損失	スポットサイズ変換器や波長合分波器などで、偏波ごとに損失が異なる場合の損失の差異を示す。一般的に、この差異が小さいことが望ましい。

リング光共振器	リング状に形成された光回路。一方の直線光導波路から入力された光の中で、特定の波長をもつ光だけが共振して他方の光導波路から出力される特徴をもつ。
石英 PLC	石英 Planer Lightwave Circuit：石英平面光回路 石英材料を用いた平面光回路で、一般にフィルターやカプラーなどの受動光学部品でよく使われている。単位長さあたりの光波導波損失は低い、導波路曲げ半径は、数百 um 程度と大きく、デバイス全体も大きくなる。
量子ドット	大きさが数ナノメートルから数 10 ナノメートルの半導体微結晶。電子が 3 次元的に閉じ込められ、状態密度がエネルギーに関してデルタ関数的に完全に離散化したエネルギー準位が形成されることから、光素子への適用により低閾値、低消費電力化、温度特性改善が可能となる。
LN 変調器	LiNbO ₃ 結晶のポッケルス効果による屈折率変化を利用した光変調器で光通信に不可欠なデバイスの一つです。半導体レーザーなどの CW 光を変調する外部変調器として使用されており、高速変調が可能です。
デジタルコヒーレント伝送技術	光の強度に加えて位相も情報伝送に利用する通信方式。受信側では、信号光と波長が極めて近い光とを混合してから電気信号に変換（コヒーレント検波）する。光伝送路で発生する波形歪みを超高速デジタル信号処理を用いて補償することで、安定な大容量長距離伝送が可能となる。
OIF	The Optical Internetworking Forum の略：キャリア、コンポーネントベンダ、システムベンダ、測定器会社などが参加する 1998 年に創設された業界団体。光伝送技術に関する標準化を推進し、低コストでスケーラブルな光ネットワークを実現することを目的としている。
ITLA	Integrable Tunable Laser Assembly の略：OIF で規格化された波長可変レーザーアセンブリに関するマルチ・ソース・アグリーメント（MSA）であり、制御命令や電源、外形寸法などが規定されている。
ICR	Integrated Coherent Receiver の略：OIF で規格された集積コヒーレントレシーバに関するマルチ・ソース・アグリーメント（MSA）であり、偏光分離機能、可変光減衰器、光ミキサ（90 度ハイブリッド）、バランスド・レシーバなどが一つの筐体内に集積化されている。
CFP	100G Form-factor Pluggable の略：C はローマ数字で 100 を表す。装置の電源を切らずに（活線）挿抜可能な光トランシーバの MSA の一つ。ここで MSA とは Multi-Source Agreement の略で、製品のパッケージサイズ、ピン配置、およびスペックなどを複数のベンダー間で共通化する事で、製品の安定した供給体制を確立するためのベンダー間の取り決めのこと。CFP-MSA の詳細はホームページ http://www.cfp-msa.org/ を参照。
デジタル信号処理 (DSP) LSI	コヒーレント光ファイバ通信方式を実現するためのキーデバイス。偏波多重された高速光信号をコヒーレント検波した後に、分散補償や偏波分離などのデジタル電気信号処理 (Digital Signal Processing) を駆使して、ファイバ伝搬で歪んだ信号波形から正しい信号データを復元する。
FEC	Forward Error Correction の略で前方誤り訂正とも呼ぶ。誤りが起こることを見越してあらかじめ冗長な符号を付加したデー

	タを送信し、受信側で元のデータを復元する方式。
DP-QPSK 方式	Dual-Polarization Quadrature Phase-Shift Keying の略：偏波直交 4 位相偏移変調方式とも呼ぶ。光ファイバ中で直交するそれぞれの偏波に対し、変調された四つの光位相 0° 、 90° 、 180° 、 270°) に、それぞれ 2 ビットによる信号で 4 種類の情報を割り当てる変調方式。二つの偏波それぞれで 1 シンボルあたり 2 ビットを送れるので、電子回路の動作スピードが毎秒 25 ギガビット相当 (25Gbaud) でも 4 倍の毎秒 100 ギガビットを運べる。
コンステレーションマップ	多値変調された信号情報を直交した I 軸、Q 軸を有する複素平面上にマッピングしたもの。

I. 事業の位置付け・必要性について

1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性

1.1 NEDOが関与することの意義

1.1.1 政策への適合性

さまざまな情報サービスがネットワークを通じて提供されるクラウドコンピューティングが進展し、データセンタ等における情報処理量等が急激に増加することが予測されている。それに伴い情報通信機器による電力消費量は急増し、2025年には現在の国内電力消費量全体の4分の1に膨らむと予測されている。このため、情報通信機器・装置を低消費電力化しつつ、高速化し、小型化する技術の開発は喫緊の課題となっている。

光エレクトロニクス技術は、上記問題への対応が期待できる技術として半導体分野の主要なグローバル企業が開発競争を繰り広げている技術であり、我が国としてもその開発を戦略的に推進していくことは重要なことである。

このような状況の下、我が国の政府も光エレクトロニクス技術分野を重視した研究開発政策を進めている。これまでに政府は、「科学技術創造立国」を国家戦略として打ち立て、科学技術基本法の下で「科学技術基本計画」に基づいて、創造性豊かな人材や、有限な資源を活用しつつ最大限の成果を生み出す仕組みを創り出すことを目指し、総合的な施策を強力に推進してきた。「第4期科学技術基本計画」（2011年8月19日閣議決定）では、科学技術政策を国家戦略の根幹と位置づけ、政府の関与する研究開発投資を拡充することを定めている。第4期科学技術基本計画では、我が国の将来にわたる成長と社会の発展を実現するために戦略的に展開する科学技術イノベーション政策の3つの主要な柱の一つである「グリーンイノベーションの推進」において、光エレクトロニクスに関する技術開発戦略を「エネルギー利用の高効率化及びスマート化」の取り組みとして位置づけている。第4期科学技術基本計画を推進する科学技術イノベーション政策推進専門調査会の下に設置された、ナノテクノロジー・材料共通基盤技術検討WGでは、光エレクトロニクスは、光配線と電子回路の融合により低消費電力な情報通信網を実現する、今後の10年を見据えた技術ポテンシャルの一つに取り上げられた。また、総合科学会議により設置された科学技術イノベーション戦略協議会が提示した2013年度の科学技術重要施策アクションプランにおいても、重点的取り組みとされる技術革新によるエネルギー消費量の飛躍的削減に係る事業の一つとして「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」が位置づけられている。また、2012年7月に策定された日本再生戦略においては、我が国の競争力の源泉であるイノベーション創出を促進するため、未来開拓型の研究開発やイノベーション創出に向けた研究基盤の形成等、府省庁連携の下で産官学が一体となって基礎研究から実用化まで一気通貫でイノベーションを創出する体制による取り組みを重点的に進めることが述べられている。

さて、我が国のエネルギー政策は2003年10月に策定されたエネルギー基本計画に沿って推進されている。エネルギー基本計画は、2007年3月に第一次改定、2010年6月に第二次改定が行われ、エネルギー政策の基本である3E（エネルギーセキュリティ、温暖化対策、効率的な供給）に加え、エネルギーを基軸とした経済成長の実現と、エネルギー産業構造改革が基本的視点として追加されている。

経済産業省は、2006年5月に我が国のエネルギー戦略として「新・国家エネルギー戦略」を取りまとめ、2030年のエネルギー需給展望（2005年3月総合資源エネルギー調査会答申）とその後の状況変化を基に、長期の時間設定の中で重要と考えられる施策プログラムを絞って提示した。その「実現に向けた取組」において、省エネルギーフロントランナー計画が取り上げられ、2030年までに少なくとも30%のエネルギー消費効率改善を目指すことを述べ、2030年に向けて実現が期待される省エネルギー技術の開発の方向性等を示している。これに基づき、2007年に「省エネルギー技術戦略2007」が経済産業省で策定され、改定を経て、2011年3月に「省エネルギー技術戦略2011」が策定された。「省エネルギー技術戦略2011」はエネルギー基本計画第二次改定（2010年6月18日閣議決定）に伴い、省エネルギー技術戦略も全面的に見直したものであり、2030年におけるエネルギー消費量削減に有効な省エネルギー技術の開発、技術の導入普及・国際展開を推進し、世界一の省エネルギー国家の実現を目指している。この中で、「省エネ型情報機器・システム」（省エネ型情報機器・省エネ型次世代ネットワーク通信など）等が省エネルギーポテンシャルの大きい、重要技術として選定されている。「省エネ型情報機器・システム」は情報通信機器利用等で増大する消費電力量を削減するため、個別のデバイス・機器の省エネルギー化に加え、省エネ型情報機器・省エネ型次世代ネットワーク通信などの関連技術を駆使して情報通信ネットワーク全体での革新的省エネルギーを実現する技術である。「省エネ型情報機器・システム」の中に「省エネ型情報機器」技術の一つとしてデータセンタ、「省エネ型次世代ネットワーク通信」技術としてルータ等通信機器や光スイッチという光エレクトロニクスに関連する技術が含まれている。

以上のような科学技術政策、エネルギー政策の下、経済産業省において「未来開拓研究プロジェクト実施要綱」並びに「未来開拓研究プロジェクトの実施に関する基本方針」が2012年に策定されている。未来開拓研究プロジェクトは、従来技術の延長線上にない、開発リスクの高い革新的技術に関する中長期的な研究開発制度であり、我が国が直面する環境・エネルギー問題等の構造的課題の克服と、我が国の将来の成長の糧となるイノベーションを創出することを目的としている。2012年度は3つの研究開発テーマについてプロジェクトが開始され、その一つとして、2012年度から2021年度の10年間を実施予定期間としている「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」が含まれている。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、NEDOと略記する）が実

施する「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」は、この未来開拓研究プロジェクトとして2012年度に経済産業省で開始されたものを承継し、2013年度から2017年度までのNEDOによる実施が確定して、NEDOにて執行しているものである。

以上のように、本プロジェクトが目指す、情報処理機器・装置の低消費電力化、高速化、小型化を可能とする技術の開発は、国の産業政策、科学技術政策とも合致するものである。

1.1.2 NEDO中期計画における位置づけ

NEDOの第3期中期計画においては、電子・情報通信分野の計画として、我が国経済・社会の基盤としての電子・情報通信産業の発展を促進するため、電子デバイス、家電、ネットワーク／コンピューティングに関する課題について、重点的に取り組むことが述べられている。ネットワーク／コンピューティング技術の開発としては、情報トラフィック量の爆発的増加が今後とも見込まれていることから、高速化、低消費電力化等のニーズに対応した光・電子融合技術等を中心とした技術開発を行うとともに、それらを組み合わせたシステム開発等を推進することとしている。NEDOでは本プロジェクトで実施する光技術と電子技術を融合した光電子ハイブリッド技術をネットワーク／コンピューティング分野における技術開発課題として位置づけ、アクセス系ネットワークの高速化に対応した光電子モジュール技術、ハイエンドサーバにおける省電力化、高速化に係る技術の開発に取り組んでいる。

1.1.3 NEDOが関与する必要性・意義

本プロジェクトは、次の視点からNEDOが関与する必要性・意義がある。

(1) 公益性とCO₂削減効果

社会のIT化の進行に伴い、我々の活動のあらゆる場面で情報通信機器が活用され、情報が創出されるようになってきている。また、創出された情報は、インターネット網の普及・発展により、データセンタを介して共有されるようになり、データセンタにおける情報処理量や通信トラフィックが急増し、今後もその増大は止まらなると予想されている。このため、我が国における情報通信機器による電力消費量は増加し続け、現状技術のままでは2025年には2010年の4倍に膨らむと見込まれており、情報通信機器の電力削減は喫緊の課題となっている（図I-1.1.3-1）。

また、温室効果ガス削減問題等の環境・エネルギー問題、あるいは、東日本大震災後の状況変化を踏まえたエネルギー需給安定化への取り組み等の観点からも電力消費量の削減が強く求められている。このような状況の下、情報通信機器内の電気配線を光化することにより、低消費電力でありつつ、高速で、小型化が可能である等の付加価値の高い情報処理システムを社会に提供することをめざす本事業の実施に対する社会的必要性は高いと言える。

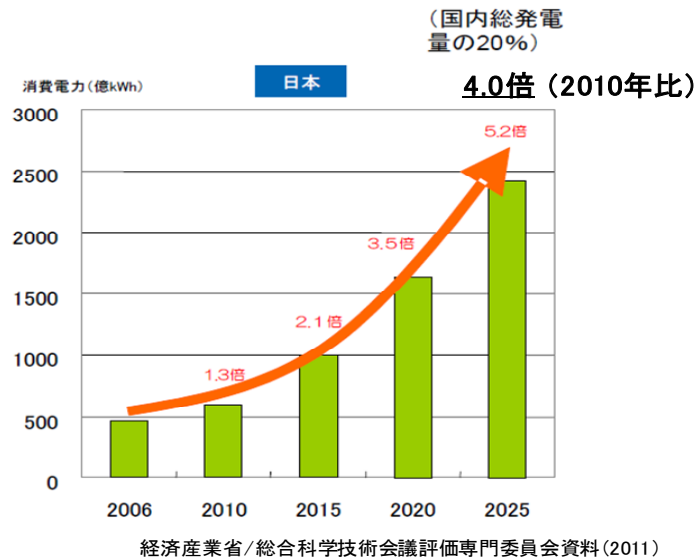


図 I-1.13-1 国内IT機器による国内電力消費量の推計

(2) 国際競争力確保

本事業で研究開発を行うチップ間光インターコネクト技術等は、半導体分野の主要なグローバル企業（IBM、Intel等）が次世代のデータセンタなどの低消費電力化・高性能化技術として有力視してものであり、半導体国際技術ロードマップ（ITRS）によると、早ければ2015年にはLSIモジュール間の配線に光配線が必要になることも指摘されている。

このような状況を受けて、米国では、光リンクの高速化IC技術を開発するEPIC（Electronics and Photonic Integrated Circuits）、チップ間の光接続技術等を開発するC2OI（Chip to Chip Optical Interconnect）、コア間の光配線、チップ内の光配線に関する研究開発を行うUNIC（Ultra Performance Nanophotonic Intra Chip Communications Program）や通信を含む様々な用途に適用できる光電子マイクロシステムをチップスケールで実現するための研究開発を行うE-PHI（Electronic-Photonic Heterogeneous Integration）等の光電子融合に関する技術開発がDARPA（国防高等研究計画局：Defense Advanced Research Projects Agency）の資金で実施されている。また、欧州では欧州研究開発フレームワーク（FP、Framework Programme）の第7次計画（FP7、The Seventh Framework Programme）にて、CMOS上にフォトニクス・エレクトロニクス機能を集積するための技術を開発するHELIOS（pHotonics ELectronics functional Integration on CMOS）、電子、光回路の強調設計、集積化等に取り組み、共通のデザインフローを提供することを目指すPlat4M（Photonic Libraries And Technology for Manufacturing）、低コストシリコンフォトニクス部品を設計開発するFABULOUS（FDMA Access By Using Low-cost Optical Network Units in Silicon Photonics）、ナノインプリントにより多層の光回路を作製する技術等を開発するFIREFLY（Multilayer Photonic Circuits made by Nano-Imprinting of Waveguides and

Photonic Crystals)、チップ間インターコネクションのためのプラズモン光部品技術等を開発するNAVOLCHI (Nano Scale Disruptive Silicon-Plasmonic Platform for Chip-to-Chip Interconnection)、高性能コンピューターシステム向けの光インターコネクト技術を開発するPhoxTrot (Photonics for High-Performance, Low-Cost and Low-Energy Data Centers, High Performance Computing Systems: Terabit/s Optical Interconnect Technologies for On-Board, Board-to-Board, Rack-to-Rack data links)等の光電子集積、光インターコネクトに関するプロジェクトが実施されている。

また、米国、欧州では、産学、あるいは、産学官が連携してシリコンフォトニクスの特徴ドリサービスを提供する活動があり、米国ではデラウェア大学が中心となってOpSIS (Optoelectronics Systems Integration in Silicon)、欧州ではIMECとCEA-LetiがePIXfab、アイントホーヘン工科大学においてEuroPIC (European manufacturing platform for Photonic Integrated Circuits) が実施されている。

我が国は、2009年度から2013年度までの期間で、内閣府・総合科学学術会議の下で日本学術振興会(JSPS)が進める「最先端研究開発支援プログラム(FIRSTプログラム)」においてフォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発(PECS T: Photonics-Electronics Convergent System Technology)事業を進めた。PECS Tでは、光源・受信器・導波路など光インターコネクトに必要な技術を1つのシリコンチップに集積し、光集積回路として機能させるために必要な基盤技術について研究開発を行い、集積した光回路として世界最高の情報伝送密度を実証することに成功している。

産業界の技術力に視点を移すと、我が国は青色ダイオードを始め、レーザーダイオード等の光半導体ではこれまで世界をリードしているポジションにあり、その市場シェアにおいても世界市場の5割以上を占めていることがわかる。(図I-1.1.3-2)。つまり、光回路の集積化における基礎的技術、光半導体等の技術において日本の技術は世界をリードしており、それらの技術力を結集すれば、世界的に繰り広げられている光電子融合技術の開

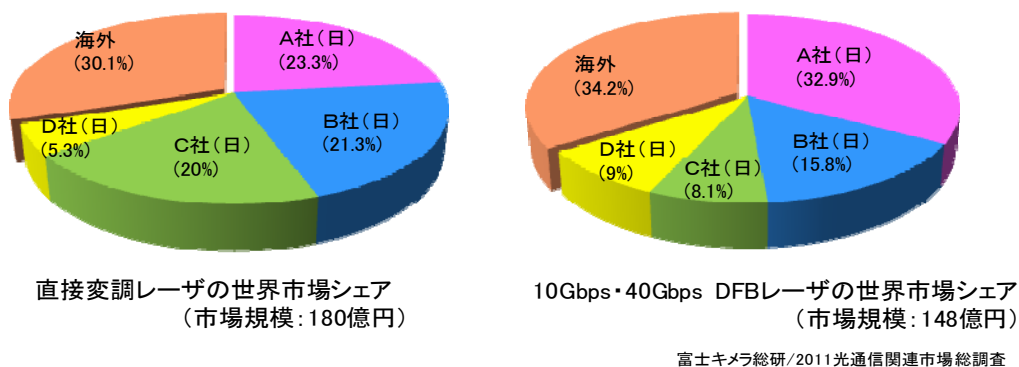


図 I-1.1.3-2 レーザ部品分野のシェア(世界市場)

発競争において、我が国は世界に十分対抗し、リードしうる技術力を有しているものと考えられる。

しかしながら、その一方で、光電子融合技術の活用が期待され、今後において事業として大きな拡大が見込まれるクラウドコンピューティング分野、および、それを支えるサーバやルータの分野における世界の市場では、日本企業のシェアはともに10%以下であり、過半は米国企業が占めている状況であることも事実である。

光電子融合技術は、我が国の強みとしている光デバイス技術の国際競争力を維持、発展させるとともに、低迷するサーバ、ルータ市場における我が国産業界の巻き返しを主導し、大きな市場の拡大が期待されるクラウドコンピューティング分野での我が国の地位を確保するための礎となることが期待される技術である。従って、我が国としては、現在の集積光回路技術等における優位性を基に、当該技術の実用化をいち早く実現することで、デバイスからサブシステム、情報通信機器、ネットワークシステムまでをトータルに強化し、それらにおける国際的産業競争力の強化を図ることは非常に重要なことであると言える。

また、本事業で実現を目指す光エレクトロニクス技術の実用化には、半導体技術等の光に関連する技術の開発のみにとどまらず、半導体集積技術、部品実装技術、回路基板技術、電子回路技術等の広範囲のエレクトロニクス関連の要素技術と光技術が連携し、新たな技術を生み出すことが必要である。従って、本事業の実施により得られる研究開発成果は、これまでの技術とは異なる新しい技術分野を切り開くものとなることが期待され、光エレクトロニクスを用いた新たなコンピューティング市場における国際的な競争力を獲得する力になるとともに、半導体産業、回路基板産業やそれらをシステム化したサーバ、ルータ等の情報通信機器産業などの幅広いエレクトロニクス産業の競争力強化に資するものとして期待されるものである。

(3) 民間企業ではリスクのある研究開発内容

本事業で求められる技術開発要素には、従来のエレクトロニクスと同程度の低コストかつ信頼性の高い光電気変換素子や光配線との接続の実現、シリコン基板上、プリント基板上に光導波路を形成する技術、光と電気が融合したシステムとしての安定性・信頼性の確保、大口径ウエハ上に作製された光配線を搭載したインターポーザの信頼性評価という今までにない評価技術等、様々なブレークスルーが求められていることから、難易度の高い技術開発を遂行する必要がある、研究開発のリスクは高い。また、その技術開発要素が広範囲に亘ることから、多くの企業間や大学、国の研究機関における連携や各要素技術の連携・統合が必要である。ここにNEDOが関与することで、前記リスクを軽減することができるとともに、参画する企業・大学・国の研究所が一体となって技術開発することが可能となり、企業の連携や最先端技術の共有化を行うこともできる。よって、光エレクトロニクス分野で世界をリードし、日本の国際競争力を維持するためには、本プロジェクトにNEDOが関与し、国が主導して取り組む必要があるといえる。

以上のように本プロジェクトは、経済産業省により定められた政策上のプログラムに合致し、本プロジェクトの成功により我が国のエレクトロニクス関連産業の国際競争力強化、および国家的重点目標である高度情報化社会および地球温暖化対策の実現に寄与するものであり、さらには、我が国の広範な産業分野への大きな波及効果が期待され、産業政策・情報政策の面からも極めて重要な課題であることから、国家プロジェクトとしてNEDOが関与すべきものと考えられる。

1. 2 実施の効果（費用対効果）

1.2.1 市場規模

情報通信機器で利用されてきた電気配線は、スーパーコンピュータやハイエンドサーバでの信号伝送速度において限界に近いと言われ、それに換わる技術として光配線技術や光インターコネク트가期待されてきている。しかし、従来の光インターコネク트가技術では独立して作られた光部品を高精度に位置合わせを行った上で組み合わせる必要があり、小型化やコスト、消費電力の低減等、実用に供するには様々な問題を解決することが必要である。

チップ間光配線技術を含む光エレクトロニクスは、このような問題を解決するための技術として研究開発が進められ、スーパーコンピュータに利用される光インターコネク트가への搭載が始まったところである。今後は、技術開発の進展とともに、データセンタで用いられるサーバ等の情報処理機器やネットワーク機器への適用が進むものと期待されている。そして、さらには高精細な画像情報を取り扱うデジタル機器、微弱な電気信号を扱う医療機器や産業機器等への応用も進むことが期待されている。

図 I-1.2.1-1 にスーパーコンピュータを含むサーバの世界市場、国内市場の推移を示す。2011年～2016年の世界市場においては大きな市場変動はみられず、約5兆円程度の規模で推移することが予想されている。また、サーバの製品種別に注目すると、市場で最も大きな製品セグメントは、X86系、IA-64、RISCのオープン系アーキテクチャを採用したオープン系サーバであり、市場の3/4程度を占めていることがわかる。

図 I-1.2.1-2 には、日本市場におけるオープン系サーバ台数の筐体別推移を示した。すべての筐体を合計した国内オープン系サーバの全体の出荷台数については、2011年～2016年で大きな市場変動はなく、約55～57万台での市場規模で堅調に推移することが予想されている。一方、サーバの筐体形状別出荷台数の推移に注目すると、データセンタでの利用等のために省スペース性や省エネ性を必要とする動きが活発となる中でタワー型からブレード型サーバへの移行が進む傾向が見て取れる。ブレード型サーバは2011年から2016年で年平均成長率（CAGR）として10%弱で出荷台数を増やすこと

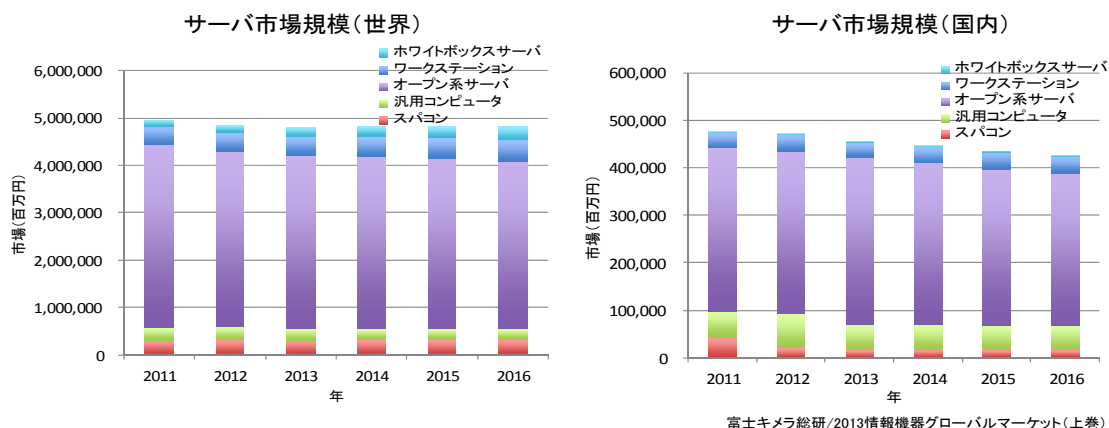


図 I-1.2.1-1 サーバの市場規模

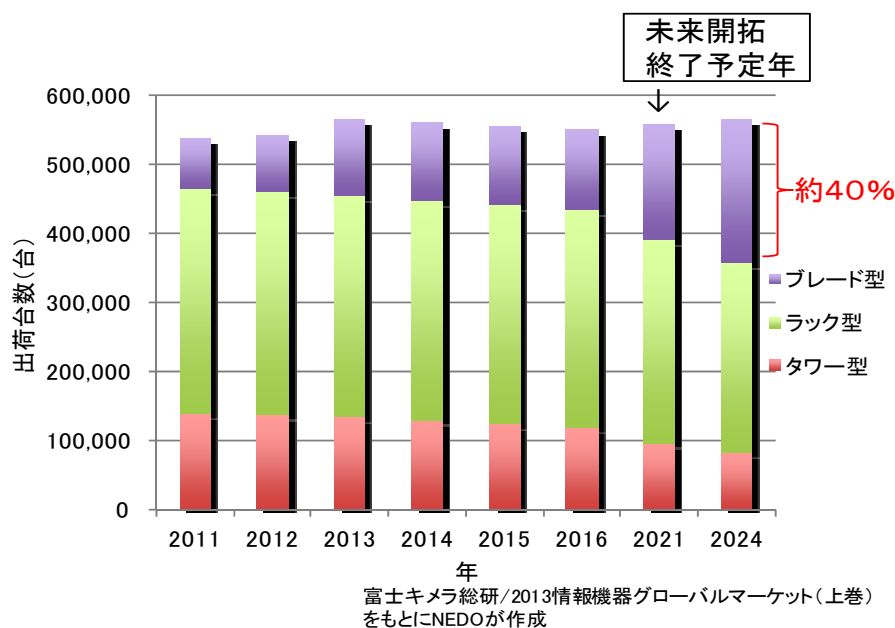


図 I -1.2.1-2 筐体別オープン系サーバの出荷台数(国内)

が予想され、その成長率が続くと仮定すると未来開拓研究プロジェクトが終了して3年後の2024年には、国内オープン系サーバの出荷台数の約40%がブレード型サーバになると予想される。

処理性能を落とさず省スペース性と省エネ性が求められるブレード型サーバは、省エネ性と処理性能の向上を求められるスーパーコンピュータ等と同様に、本プロジェクトの成果をいち早く取り入れる対象であると考えられる。従って、これらの対象にプロジェクト成果が速やかに適用され、サーバ市場が若干の減少を伴いながらも現在と同程度の規模で推移するとした場合、2024年(平成36年)におけるそれらの日本国内における市場規模は1400億円以上になると推定される。

以上の試算は、本プロジェクトの成果が直接および情報処理機器について見積もっているが、光電子集積技術を用いた製品が、小型・軽量で、かつノイズ耐性に優れ、大容量データ通信が可能であるという特長をもっていることから、技術の成熟とともに高精細映像機器、PC間等のデータ伝送ケーブルや様々な組込機器用途、インフラ用途への普及も期待できる。また、これらのデバイスに加えて光通信システム等のサービスまで含めれば、本プロジェクト成果の波及市場規模は非常に大きなものになることが期待される。

1.2.2 省エネ効果

本プロジェクトで開発される成果を、サーバ/データセンタ、ネットワーク機器、パーソナルコンピュータ(PC)、ディスプレイ/テレビに適用することを想定し、その省エネルギー効果を試算すると、2020年(平成32年)には約160億kWh/年、2030年(平成42年)には約1300億kWh/年の電力削減が期待されることがわかる。

ここで、この試算に用いた各機器による電力消費量は、IT新改革戦略評価専門調査会、ヒアリング資料（2008年1月8日、「ITを駆使した環境配慮型社会」分野各府省説明資料）に基づくものである。また、プロジェクト成果を適用した機器の普及率は、2020年（平成32年）、2030年（平成42年）でそれぞれ、30%、80%と仮定し、サーバ/データセンタ、ネットワーク機器、パーソナルコンピュータ、ディスプレイ/テレビにおける電力削減量をそれぞれ、31%、80%、35%、10%としている。

2. 事業の背景・目的・位置づけ

2.1 事業の背景

2.1.1 社会的背景

さまざまな情報サービスがネットワークを通じて提供されるクラウドコンピューティングが進展し、また、膨大な数の携帯電話、スマートホンに代表されるモバイル端末機器やパーソナルコンピュータ等の情報処理機器で生み出された情報がデータセンタに蓄積・処理・共有されるようになってきている。このためデータセンタなどにおける情報処理量やデータ伝送量は増大しており、今後も指数関数的に伸びていくことが予測されている。仮に現状技術の延長により実現された機器により、データの処理や伝送が行われたとすると、サーバと通信機器で構成されるデータセンタにおいては、それに係るコストや電力消費量の急増が予測され、また、情報通信機器による国内の電力消費量は2025年には2010年比で4倍の2500億 kWh（現在の国内電力消費量全体の4分の1）にまで膨らむと見込まれている。

同様な問題は世界的にも認識され、半導体分野の主要なグローバル企業が次世代のデータセンタなどの低消費電力化・高速化技術として光配線技術、集積光回路技術等の光エレクトロニクス技術を上記問題の解決手段として有望視して研究開発に取り組んでいる。また、米、欧等の政府も関連する国家プロジェクトの実施によりそれらの研究開発の支援を行っており、全世界的な開発競争が繰り広げられている。

2.1.2 技術的背景

現在の情報処理機器における処理性能は、情報を処理するCPU等の演算素子の性能や演算素子間、演算素子と情報を格納するメモリ間等を繋ぐ電気配線を通じて行われる情報の伝送速度等によって決定されており、情報処理機器全体の処理性能を向上させるには、演算素子等の性能に適した情報の伝送速度を確保することが必要である。情報の伝送を受け持つ電気配線では、半導体技術の進展により演算素子等が微細化・高性能化されると、演算素子が必要とする情報伝送速度を実現するために、そのピッチを縮小し、本数やそこを伝達させる信号の周波数を増加させてきた。しかしながら、ITRS（国際半導体技術ロードマップ）等では、今後の電気配線におけるピッチ縮小のトレンドは鈍化すると予測されており、演算素子の性能に見合う情報の伝送帯域を得るためには、現実解が想定でき

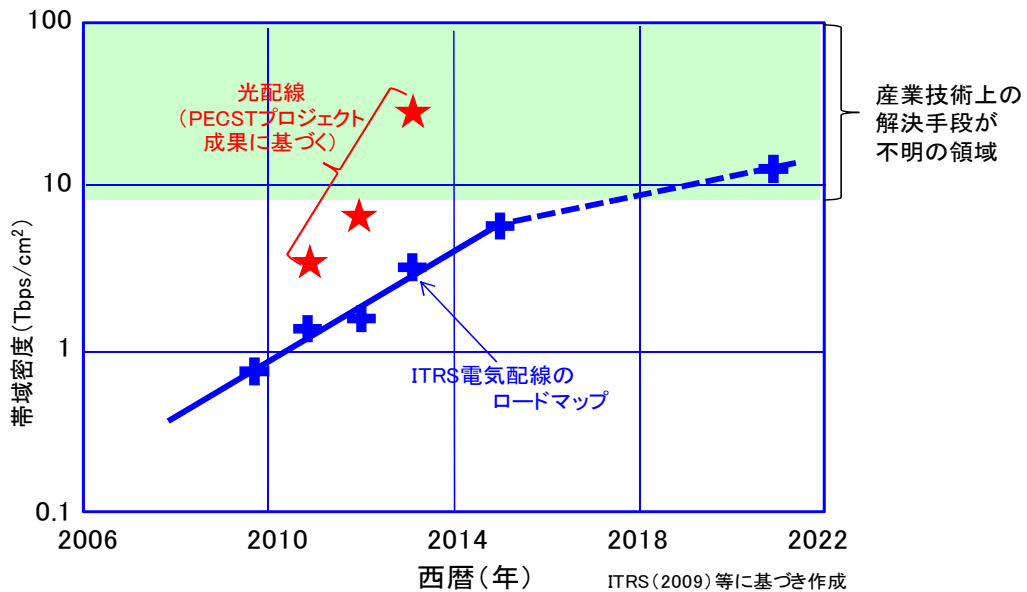
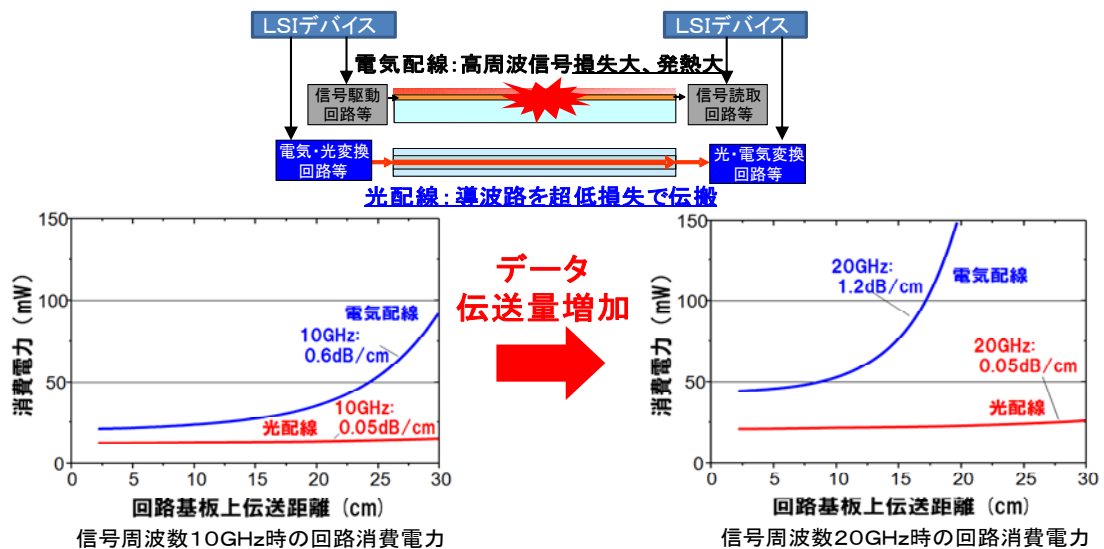


図 I-2.1.2-1 電気配線における伝送帯域密度の推移

ない程度にまでその信号周波数を高めなければならなくなるため、新たな信号伝送技術の必要性が高まっている(図 I-2.1.2-1)。

さて、電子機器に用いられている電気配線では、データ伝送量(信号周波数)や伝送距離の増加に伴い信号伝送の損失が大きくなる。これに対して、光配線によるデータ伝送では、データ伝送量が増大しても損失は一定であり、伝送距離に対する消費電力の増加は極めて小さいというメリットがある(図 I-2.1.2-2)。また、伝送特性と動作安定性の観点から、電気配線の伝送速度は20Gbps程度が限界であると考えられており、LSIチップ接続における配線間隔も1mm程度から劇的な縮小は見込まれていない。一方、光配線



経済産業省/総合科学技術会議評価専門委員会資料(2011)

図 I-2.1.2-2 伝送距離と伝送にかかる消費電力との関係

による接続では、25 Gbps以上の伝送速度の高速化が可能であり、配線間隔も0.1 mm以下に縮小可能であるため、配線面積を電気配線の100分の1程度まで小型化することが可能である。

以上のような背景から、電気配線に換わる新たな信号伝送技術として光配線技術や光インターコネクト技術の実用化が待ち望まれている。

2.2 事業の目的

以上の背景を踏まえ、本プロジェクトは、情報通信機器の省電力化と高速化を目的に、電子機器の電気配線を光化する光配線技術と電子回路技術を融合させた光エレクトロニクス実装システム技術の開発に取組み、電子機器のデータ伝送に関して、電気配線を用いる場合に比べて1/10の低消費電力化と通信速度あたりの面積比で1/100以下の小型化を実現し、電気配線を用いたサーバボードに比べて消費電力を3割削減でき、データセンターレベルでの運用が可能な光電子融合サーバを実現するための構成要素技術を実現するための基盤技術を確立することを目指す。

また、世界市場の約5割を占めてきた光半導体分野における我が国産業界の国際優位性を維持するとともに、光エレクトロニクスを用いた新たなコンピューティング市場において我が国が競争力を獲得し、さらには半導体産業、回路基板産業やそれらをシステム化したサーバ、ルータ等の情報通信機器産業など幅広いエレクトロニクス産業の活性化にも資する。

2.3 事業の位置づけ

前述の通り、本プロジェクトに係る光エレクトロニクスの分野は、企業間だけでなく、各国政府を巻き込んで、世界的に激しい競争が繰り広げられている分野である。その中で、我が国は内閣府FIRSTプログラムの一つであるPECS Tにて、集積光回路として世界最高の情報伝達密度を達成する技術の実証に成功し、世界をリードしている。この優位性を最大限に活かし、光電子融合技術の早期実用化を図るため、本事業はPECS Tと深く連携をして事業を推進することとしている。

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

【全体目標】

本研究開発は、我が国の将来の成長の糧となるイノベーションを創出する未来開拓研究プロジェクトの一つとして実施され、情報化社会の進展に伴う国内のIT機器による電力消費量増大に対応するため、IT機器の省電力化と高速化の両立を目指し、機器内等の電気配線を光化する光配線技術と電子回路技術を融合させた光エレクトロニクス実装システム技術を実現する基盤技術を確立することを目指すものである。

未来開拓研究プロジェクトは2012年度から2021年度までの10年間で実施することを予定しており、研究開発は①光エレクトロニクス実装基盤技術と②光エレクトロニクス実装システム化技術の2項目に大きく分けて実施する。具体的には、光導波路、光変調器や受光器等と電気配線をシリコン上に高密度集積した光電子集積インターポーザ、ポリマー光配線と電気配線を形成した光電子ハイブリッド回路基板を実現するために必要な光および電子デバイス技術、その設計技術や目的性能を大きく高める革新的デバイスの開発を光エレクトロニクス実装基盤技術、光電子融合サーバ等、それぞれの目的に最適なアーキテクチャの明確化、関連する信号処理技術等の開発を光エレクトロニクス実装システム化技術で実施する。

これらの技術開発により、未来開拓研究プロジェクトでは、電子機器のデータ伝送に関して、現状の電気配線を用いる場合に比べて1/10の低消費電力化と通信速度あたりの面積比で1/100以下の小形化を実現し、電気配線を用いたサーバボードと比較して消費電力を3割削減でき、データセンターレベルでの運用の可能性を検証することを目標としている。

NEDOは未来開拓研究プロジェクトの実施期間の前半6年間のうち5年間（2013年度～2017年度、2012年度は経済産業省執行）を執行し、未来開拓研究プロジェクトの最終目標である光電子融合サーバボードを実現するために必要となる構成要素技術を確立するとともに、事業化に必要な国際標準を獲得することを2017年度までに達成すべき目標として設定し、プロジェクトの目標としている。

2. 事業の計画内容

2.1 研究開発の内容

本プロジェクトでは、情報通信機器・装置の低消費電力化と高速化の両立のため、従来は電気配線を通じて伝送されていたデータ信号を、装置内のチップ間の通信を含めて光信号で伝送するための技術を研究開発する。研究開発の実施にあたっては、研究開発テーマとして光集積回路を実現するための要素技術を開発す

る①光エレクトロニクス実装基盤技術の開発、とそれらを統合し、全体システムとして動作させるための技術を開発する②光エレクトロニクス実装システム化技術の開発に大別して実施することとした。それぞれの研究開発内容について、以下で説明する。

研究開発項目① 「光エレクトロニクス実装基盤技術の開発」

1. 研究開発項目の概要

機器の電気配線を光化した光配線技術と電子回路技術を融合させた光エレクトロニクス実装システム技術を実現するには、これまでにないサイズ、特性を示す光要素部品やそれを駆動するための電子回路、LSIチップの搭載方法や光信号の取出し技術、およびそれらの作製技術等を新たに開発することが必要である。本研究開発項目では、機器の電気配線を光化した光配線技術と電子回路技術を融合させた光エレクトロニクス実装システム技術の根幹である光電子集積インターポーザ、光電子ハイブリッド回路基板等を実現するための上記要素技術を開発するため、以下の研究開発を実施する。

2. 研究開発項目の具体的内容

(i) 実装基盤技術

(a) 光エレクトロニクス実装技術

電気配線と光配線が融合した光電子ハイブリッド回路基板の作製技術、高密度の光・電気のインターフェースを備えた光電子集積インターポーザを光電子ハイブリッド回路基板に実装するための実装技術とインターフェース技術、および、高信頼、低コスト化を実現する設計・方式・製造装置を開発する。また、光電子集積インターポーザとLSIを接続するインターフェース技術、および光電子ハイブリッド回路基板間を接続する高集積コネクタ技術を開発する。さらに汎用電気インターフェースに対応した光素子駆動アナログ電子回路を開発し、ロジックLSIに搭載するためのアナログ電子回路技術の開発を行う。

(b) 光エレクトロニクス集積デバイス技術

光トランシーバや光電子集積インターポーザ等を実現する基盤技術として、光導波路、光源、光変調器、受光器、光入出力素子、合分波器などの超小型要素光素子を開発すると共に、これらを高密度集積する技術を開発する。また、光信号の並列化、多重化、多値化についても検討を行い、インターポーザ上での大容量信号伝送技術を開発する。さらに、ロジック、メモリ等の電子回路チップの搭載が可能で、光トランシーバを高密度に集積した、低消費電力で低コストな光電子集積インターポーザを形成する基盤技術の開発を行う。

(c) 光エレクトロニクスインターフェース技術

大規模データセンタ内の筐体間接続、データセンタ間接続に向けた、100Gbpsの伝送容量を持つデジタルコヒーレント送受信モジュール実現のための信号処理回路と光回路に関する基盤技術を開発する。

(d) 光エレクトロニクス回路設計技術開発

光回路技術と電子回路技術を融合した新しい光エレクトロニクス回路の設計技術に関し、光、電子、それぞれの回路の最適設計を効率的に行うための統合設計環境を実現する基盤技術を開発する。さらに、本統合設計環境を本事業内の研究チームで利用可能とするための支援体制、スキームを整備する。

(ii) 革新的デバイス技術

[革新的光源・光検出器技術]

光電子集積インターポーザの光源、受光器の高性能化に向け、シリコン基板上量子ドットレーザ技術とその集積化技術の開発を行うとともに、高感度受光器に関する技術開発を行う。

[革新的光変調器技術]

光電子集積インターポーザの光変調器の高性能化に向けた光制御技術として、新原理に基づく次世代光変調器を開発する。

[革新的光配線技術]

光電子集積インターポーザの光導波路の高機能化に向けた光配線基盤技術として、フォトリソナノ構造等を用いた光配線技術の開発を行う。

[革新的光エレクトロニクス回路技術]

光電子集積インターポーザの光回路を高機能化する機能可変型光エレクトロニクス回路の基盤技術として、サーバ回路の再構成を可能とする光フィールドプログラマブルゲートアレイ技術、およびそのための要素デバイスの開発を行う。

[革新的光スイッチングデバイス技術]

大規模光電子集積インターポーザで実現されるサーバ回路におけるデータ通信の高効率化に向け、CPU間等の効率的なデータ転送を可能とする光ルーティング技術実現のためのハイブリッド集積光スイッチングデバイス技術、超高速集積光信号処理デバイスの開発を行う。

3. 達成目標

光電子集積インターポーザ、光電子ハイブリッド回路基板、および、それぞれの要素技術を組み込んだデバイスの集積化技術を開発することにより、電気配線の1/10の低消費電力化・高速化(1mW/Gbps)を達成する目処を得るとともに、1/100以下の小形化実現のための要素技術を確立する。また、機器間光インターフェースにおいて、

100Gbps/chの高速伝送及び現状の光トランシーバモジュールの消費電力（300W程度）を1/5～1/10まで低減できる低消費電力化技術を実現する。

各開発項目は開発期間を二期に分け、それぞれの期間で目標を定めて技術開発を行う。

(i) 実装基盤技術

(a) 光エレクトロニクス実装技術

多数の光デバイス・電子デバイスが搭載されたシリコンフォトニクスによる光電子インターポーザおよび光電子インターポーザを搭載した光電子ハイブリッド回路基板を実現するための基盤技術を開発する。

【中間目標】（平成26年度末）

小型の高速・低消費電力光トランシーバと数十mm角のポリマー光配線を形成した光電子ハイブリッド回路基板を開発し、光入出力を持つLSIを実現するための基盤技術を確立する。

【最終目標】（平成29年度末）

5cm×5cm程度の光電子ハイブリッド基板上にLSIを搭載するモジュール化技術を確立し、LSIモジュールでの高速光インターコネクトを実現する。

(b) 光エレクトロニクス集積デバイス技術

超高速のデータ伝送を行う光電子集積インターポーザを実現するため、シリコンフォトニクス技術を用いた光集積回路技術を開発するとともに、ロジックLSI、メモリLSI、光デバイス等を光電子集積インターポーザ上に高密度集積するための集積化技術を実現する。

【中間目標】（平成26年度末）

光信号の並列化技術、多重化技術を開発し、大容量信号伝送を実現するための基盤要素技術を確立する。また、低コスト化のための光素子の集積化技術と導波路技術を確立する。

【最終目標】（平成29年度末）

多数の光素子を集積した光電子集積インターポーザの大容量伝送を実現するための基盤集積技術を確立する。

(c) 光エレクトロニクスインターフェース技術

大規模データセンタ内の筐体間、データセンタ間の大容量通信を可能とする小型デジタルコヒーレント光トランシーバに必要な信号処理回路、光回路技術を平成28年度までに確立する。

【中間目標】（平成26年度末）

100Gbps動作に対応するDSP-LSIと集積光送受信デバイスの試作を行い、基本性能評価と問題点の抽出を行う。

【最終目標】（平成28年度末）

低消費電力DSP-LSI最終プロトタイプを実現するとともに、データセンタ間

通信向け低消費電力100Gbpsデジタルコヒーレント光トランシーバを実証するための要素技術を確立する。

(d) 光エレクトロニクス回路設計技術

光回路技術と電子回路技術を融合した新しい光エレクトロニクス回路を効率的に設計するための光エレクトロニクス統合設計環境を実現し、プロジェクト内での活用を可能とするとともに、本プロジェクト成果事業化時に適用できる効率的な設計フロー構築のための基盤技術を確立する。

【中間目標】(平成26年度末)

マルチフィジクス対応の光エレクトロニクス実装システム統合設計環境の基本構成を構築し、統合設計を行うための基本的なフローの実証を行う。また、光デバイス設計の基盤技術として、光変調器等の開発に適用可能な電子・光連携TCADの基本構造を確立する。

【最終目標】(平成29年度末)

光デバイス設計用電子・光連携TCADと光電子集積インターポーザの設計を可能とする統合設計環境を連携させ、基本実装構造に関するデータベース(デザインキット)を整備し、光電子集積インターポーザを効率的に設計可能とする。

(ii) 革新的デバイス技術開発

光電子集積サーバの高性能化を可能とする光電子集積デバイスの小形化・低消費電力化・高性能化を非連続的に実現できる、挑戦性の高い革新的デバイス技術として、以下の技術開発を実施する。なお、当該技術開発に関しては、その開発の性質等を考慮し、技術開発の進捗度、本研究開発事業内での展開の可能性等の観点から、必要に応じて見直しを適宜実施するものとする。

[革新的光源・光検出器技術]

光電子集積インターポーザの光源、受光器の高性能化に向けてシリコン基板上量子ドットレーザ技術とその集積化技術の開発を行う。

【中間目標】(平成26年度末)

温度安定シリコン上量子ドットレーザの基盤技術開発を進め、シリコン導波路結合型単チャンネル量子ドットレーザを実現する。また、超高感度受光器の基盤技術として受光器における暗電流抑制効果を実証する。

【最終目標】(平成29年度末)

光電子集積サーバ用の集積化光源への展開に向け、量子ドットレーザアレイを実現するとともにシリコン系基板上に直接成長した量子ドットレーザを試作する。また、導波路型受光器における暗電流抑制技術を実現する。これらの検討を通じて、光電子集積サーバ技術への技術展開の見通しを示すとともに事業化に対する課題を明確化

する。

[革新的光変調器技術]

光電子集積インターポーザの光変調器の高性能化に向けて、新原理に基づく次世代超小型光変調器の開発を行う。

【中間目標】（平成26年度末）

光電子集積サーバに使用する光電子集積インターポーザの光変調器の超小形化を可能とする新原理に基づく変調器として、10Gbps程度の高速動作を実現する。

【最終目標】（平成29年度末）

超小型高速変調器としてLN変調器を凌駕する実用性能を得る。また、これらの検討を通じて、光電子集積サーバ技術への技術展開の見通しを示すとともに事業化に対する課題を明確化する。

[革新的光配線技術]

光電子集積インターポーザの光導波路の高機能化に向けたナノスケール光配線基盤技術として、フォトニック結晶構造等を用いた信号伝搬制御等に関する高度な光配線技術の開発を行う。

【中間目標】（平成26年度末）

光電子集積サーバの配線密度を飛躍的に高めることできる3次元光配線技術において、層間方向への伝搬機能が可能であることを実証する。

【最終目標】（平成29年度末）

3次元光配線技術として垂直方向と水平方向の伝搬機能の統合を実現する。また、これらの検討を通じて、光電子集積サーバ技術への技術展開の見通しを示すとともに事業化に対する課題を明確化する。

[革新的光エレクトロニクス回路技術]

光電子集積インターポーザの光回路を高機能化する機能可変型光エレクトロニクス回路の基盤技術として、光回路の再構成を可能とする光フィールドプログラマブルゲートアレイ技術、およびそのための要素デバイスの開発を行う。

【中間目標】（平成26年度末）

ハイブリッド回路基板上における半導体レーザの高効率化を行うとともに複数の光増幅器が並ぶアレイデバイスを実現する。

【最終目標】（平成29年度末）

異なる機能の光回路を同一回路基板上に集積し、光FPGAコンセプトを実証する。また、これらの検討を通じて、光電子集積サーバ技術への技術展開の見通しを示すとともに事業化に対する課題を明確化する。

[革新的光スイッチングデバイス技術]

大規模光電子集積インターポーザで実現されるサーバ回路におけるデータ通信の高効率化に向け、CPU間等の効率的なデータ転送を可能とする光ルーティング技術実現のためのハイブリッド集積光スイッチングデバイス技術、超高速集積光信号処理デバイスの開発を行う。

【中間目標】（平成26年度末）

サーバ回路におけるデータ通信の高効率化を可能とする導波路クロスバー型をベースとした超小型光スイッチを試作し、スイッチング動作を実証するとともに、超高速光信号処理デバイス実現にむけた基本的な論理動作を実現する。

【最終目標】（平成29年度末）

光スイッチマトリクス of 低電力化、光信号処理デバイスの10Gbps程度での動作を実証する。また、これらの検討を通じて、光電子集積サーバ技術への技術展開の見通しを示すとともに事業化に対する課題を明確化する。

研究開発項目② 「光エレクトロニクス実装システム化技術の開発」

1. 研究開発項目の概要

未来開拓研究プロジェクトで目指す小型、高速、低消費電力の光電子融合サーバを実現するには、それに適したシステムアーキテクチャを見出すとともに、運用信頼性のある実用性の高い技術の開発が必要である。

本研究開発では、光配線導入による低消費電力化や高速化などのメリットを生かすサーバ等のシステムアーキテクチャの要件・課題を抽出し、研究開発項目①「光エレクトロニクス実装基盤技術の開発」の要素技術を用いてシステムを構築するための基盤技術を開発する。これにより、システムの実用性を検証するとともに、要素技術開発にフィードバックすることで、完成度の高い技術の効率的な開発を実現する。

2. 研究開発の具体的内容

(i) システム化技術

(a) サーバボードのシステム化技術開発

データセンタレベルでの運用が可能な、多種のLSIを高密度集積した光電子集積インターポーザを光電子ハイブリッド回路基板上に搭載した、小型・高速動作・低消費電力光電子融合サーバボードを実現するための基盤技術を開発する。また、高速ストレージインターフェースに適応する光インターフェースと大容量高速NANDデバイスを搭載した光インターフェース付き大容量SSDを実現するための基盤技術を確立する。

(b) ボード間接続機器、筐体間接続機器のシステム化技術開発

光送受信システムを内蔵し、光ケーブルと電気コネクタを実装した光トランシーバを開発し、アクティブ光ケーブル（AOC）を実現する。さらに、光トランシーバを集積した光電子ハイブリッド回路基板上に、既存ロジックLSIを実装した光ケーブル付きLSIを開発する。

(c) データセンタ間接続機器のシステム化技術開発

低消費電力DSP-LSIと集積型送受信光デバイスをモジュール化したデータセンタ間接続用光トランシーバの実現を目的に、高周波実装回路技術と、変調器／ドライバ、受信フロントエンド等のデバイス制御技術を確立し、小型で低消費電力の100Gbpsデジタルコヒーレント光トランシーバを実現する。

(d) 企業間ネットワーク接続機器のシステム化技術開発

シリコンフォトリソグラフィ技術を用いたアクセスネットワーク用集積光エレクトロニクスチップを開発し、企業間ネットワーク接続機器に適用する一芯双方向波長多重トランシーバのシステム化技術を確立する。

(ii) 国際標準化

国際競争力を確保するために、諸外国での同種の研究開発プロジェクトの現状を分析するとともに、プロジェクトの進展状況を踏まえ、成果の優位性を保つために国際標準化を積極的に推進する。

3. 達成目標

電気配線を用いたサーバボード比で消費電力が3割削減でき、データセンタレベルの運用が可能な、多種のLSIを高集積化した小型・高速動作・低消費電力な光電子融合サーバボード等を実現するため基盤技術を開発し、光電子融合サーバボード実現のための目処を得ることを目標とする。また、順次実用化する開発成果の事業化に必要な国際標準の提案を行う。

各開発項目は開発期間を二期に分け、それぞれの期間で目標を定めて技術開発を行う。

(i) システム化技術

(a) サーバボードのシステム化技術開発

電気配線を用いたサーバボード比で消費電力が3割削減でき、データセンタレベルでの運用が可能な光電子集積サーバボード実現のための基盤技術を開発する。多種のLSIが高密度集積した光電子集積インターポーザを光電子ハイブリッド回路基板上に搭載した小型・高速動作・低消費電力光電子集積サーバボードを実現するための課題抽出を行い、課題解決の目処を得る。また、高速ストレージインターフェースに適応する光インターフェースと大容量高速NANDデバイスを搭載した光インターフェース付き大容量SSDを実現するための基盤技術を確立する。

【中間目標】（平成26年度末）

光電子集積技術を最大限に活かすために光インターコネクションに要求される伝送スペック（変調速度、多重度、チャンネル数など）、および、光電子インターポーザの回路冷却に関する基本要件を明らかにする。また、光電子集積インターポーザと積層型ストレージチップ実装基板からなるハイブリッド型の光インターフェース付きSSDを試作し、標準ストレージインターフェースによる光接続動作を検証する。

【最終目標】（平成29年度末）

光電子集積サーバボードにおける伝送機能の主要部分からなる送受信部を試作し、要求スペックを満たす光伝送を実証する。また、光電子集積インターポーザに積層型のストレージチップを実装した光インターフェース付きSSD技術を確立する。

(b) ボード間接続機器、筐体間接続機器のシステム化技術開発

光ケーブルと電気コネクタを実装した光トランシーバによるアクティブ光ケーブルの実現と、光トランシーバとロジックLSIを実装した光ケーブル付きLSIの実現に向け、次の開発を行う。

【中間目標】（平成26年度末）

小型光トランシーバを搭載したアクティブ光ケーブル（AOC）を完成させ、筐体間接続における実用性を実証する。また、標準化動向を考慮しながら、光トランシーバとロジックLSI間の電気伝送に関するインターフェース仕様を決定する。

【最終目標】（平成29年度末）

LSIと光トランシーバの接続構造を決定する。また、策定した設計基準に基づき既存ロジックLSIを搭載できる基板を設計・試作し、光ケーブルを用いたLSI搭載基板間光接続を実現する。

(c) データセンタ間接続機器のシステム化技術開発

低消費電力DSP-LSIと小形集積型送受信光デバイスをモジュール化したデータセンタ間接続用トランシーバの実現に向け、次の検討を行う。

【中間目標】（平成26年度末）

一次試作の光デバイスおよびDSP-LSIを用いたトランシーバを試作し、デバイス制御動作を検証するとともに改良・完成度向上に向けた指針・フィードバック事項を抽出する。

【最終目標】（平成28年度末）

抽出した技術課題を解決し、目標である小型、低消費電力を満たす100Gbpsデジタルコヒーレント光トランシーバを実現する。

(d) 企業間ネットワーク接続機器のシステム化技術開発

シリコンフォトリソ技術を用いた集積光エレクトロニクスチップを開発し、企業間ネットワーク接続機器に適用する一芯双方向波長多重トランシーバを実現するための基盤システム化技術を確立する。

【中間目標】（平成26年度末）

シリコン光導波路による波長合分波器を用いて1.25Gbpsの一芯双方向光トランシーバを実証する。

【最終目標】（平成29年度末）

シリコン光導波路による双方向多重用合分波器と波長多重用合分波器を組み合わせて集積試作し、一芯双方向波長多重動作をシリコンワンチップ上で実証するとともに、企業間ネットワーク向け波長多重合分波器実用化のための要求課題を抽出し、解決の目処を得る。

(ii) 国際標準化

本プロジェクトでの開発成果の事業化に必要な各種インターフェースの標準化を獲得するため、次のような標準化活動を実施する。

【中間目標】（平成26年度末）

光インターコネクトに関する標準化団体（OIF (Optical Internetworking Forum)、IEEE 802.3 (Next gen 100G Optical Ethernet Study Group)) に参画し、「キーメンバーコミュニティ」におけるプレゼンスを確立する。また、100Gbps デジタルコヒーレント光トランシーバに関する標準化を推進する。

【最終目標】（平成29年度末）

本プロジェクトの成果である光実装部品における各種インターフェース等の標準化提案活動を行い、実用化する開発成果の事業化に必要な標準の提案を行う。

2.2 研究開発の実施体制

(1) 実施体制

プロジェクト目標の達成には多くのブレークスルーが必要であることを考慮し、次のような観点から研究開発の実施体制を構築している。

- ① それぞれの研究開発テーマについて最高のポテンシャルを有する研究者を企業・機関のレベルを超えて結集させ、ドリームチームを結成する。
- ② それぞれの研究開発テーマ間のみならず、実装基盤技術とシステム化技術の研究開発テーマが相互に関連しあって目標とするシステムが構築されてゆくことから、相互に緊密な連携をとって研究開発を推進できるようにする。
- ③ 各企業・機関が所有する既存設備、ノウハウ等を有効に活用することにより、効率的かつ効果的な研究開発を可能とするとともに、できるだけ効果的な資金配分を実現する。
- ④ 参加企業・機関が一体となって標準化推進を進めるとともに、本研究開発成果の実用化・事業化をより確実なものとするため、国内外市場における事業戦略を策定しつつ研究開発を推進できるようにする。

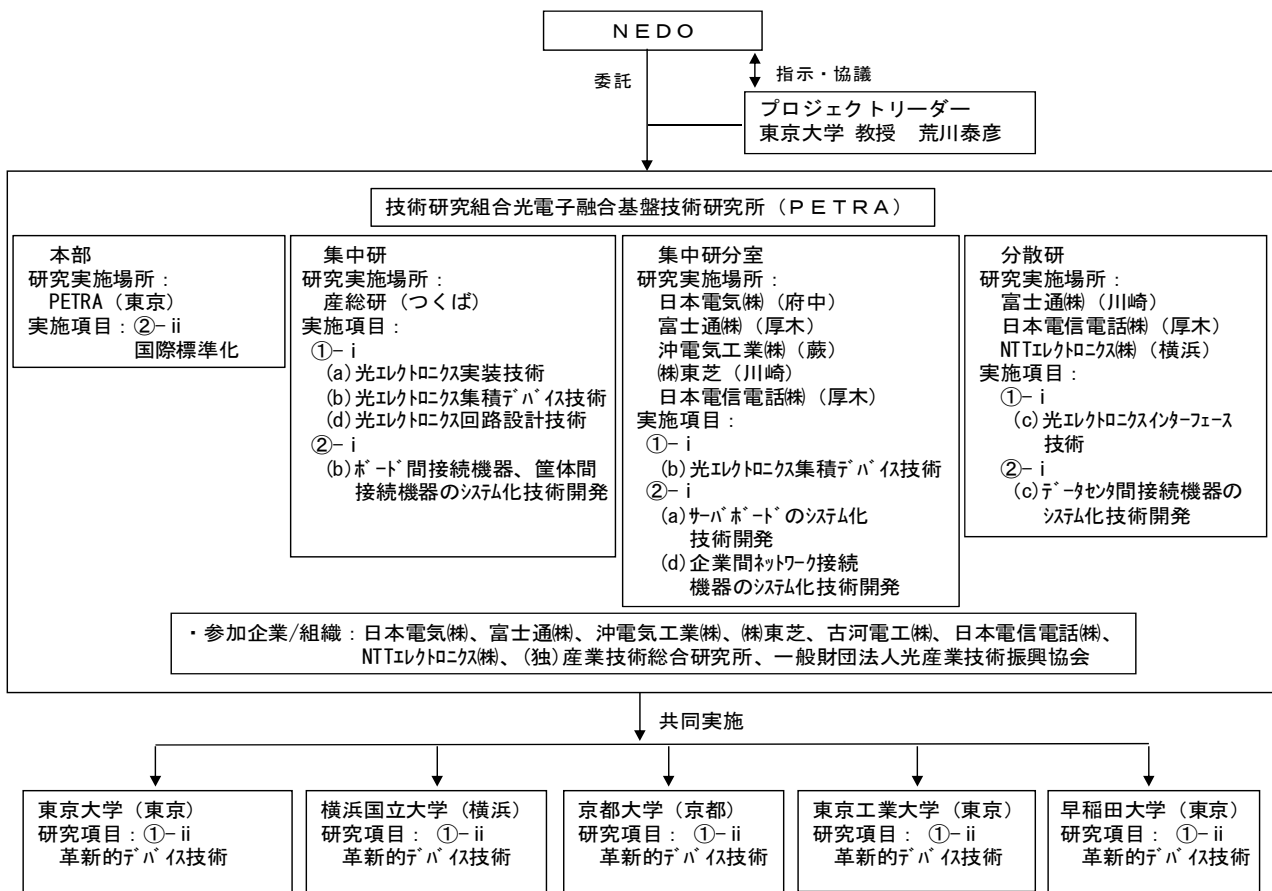


図 II-2.2-1 プロジェクトの研究開発拠点と研究項目

本プロジェクトの研究開発拠点と研究項目を図 II-2.2-1 に示す。本プロジェクトは技術研究組合光電子融合基盤技術研究所（以下、PETRAと略記する）にNEDOが委託して実施する事業である。プロジェクトの研究員は、PETRA組合員である日本電気株式会社、富士通株式会社、沖電気工業株式会社、株式会社東芝、古河電気工業株式会社、日本電信電話株式会社、NTTエレクトロニクス株式会社、独立行政法人産業技術総合研究所（以下、AIST）、および一般財団法人光産業技術振興協会からの出向者等によって構成されており、集中研、集中研分室、分散研、本部において研究活動を行っている。

PETRA集中研は、AIST（つくば）に設置され、PETRA研究員がAISTの実験室、実験設備を活用し、集積デバイス技術、実装技術、回路設計技術等の研究開発を推進している。PETRA集中研分室、PETRA分散研では、組合員各社の実験室において本研究開発に参加しているPETRA組合員が保有する設備、ノウハウ等を活用しつつ、集積デバイス技術の一部、インターフェース技術、システム化技術についての研究開発を推進している。PETRA本部では、光協会と協力しつつ国際標準化活動を実施するとともに、本研究開発全体の一般事務を集中的に管理している。

開発プロジェクトの実施者構成と各実施者の研究項目を図 II-2.2.-2 に示す。

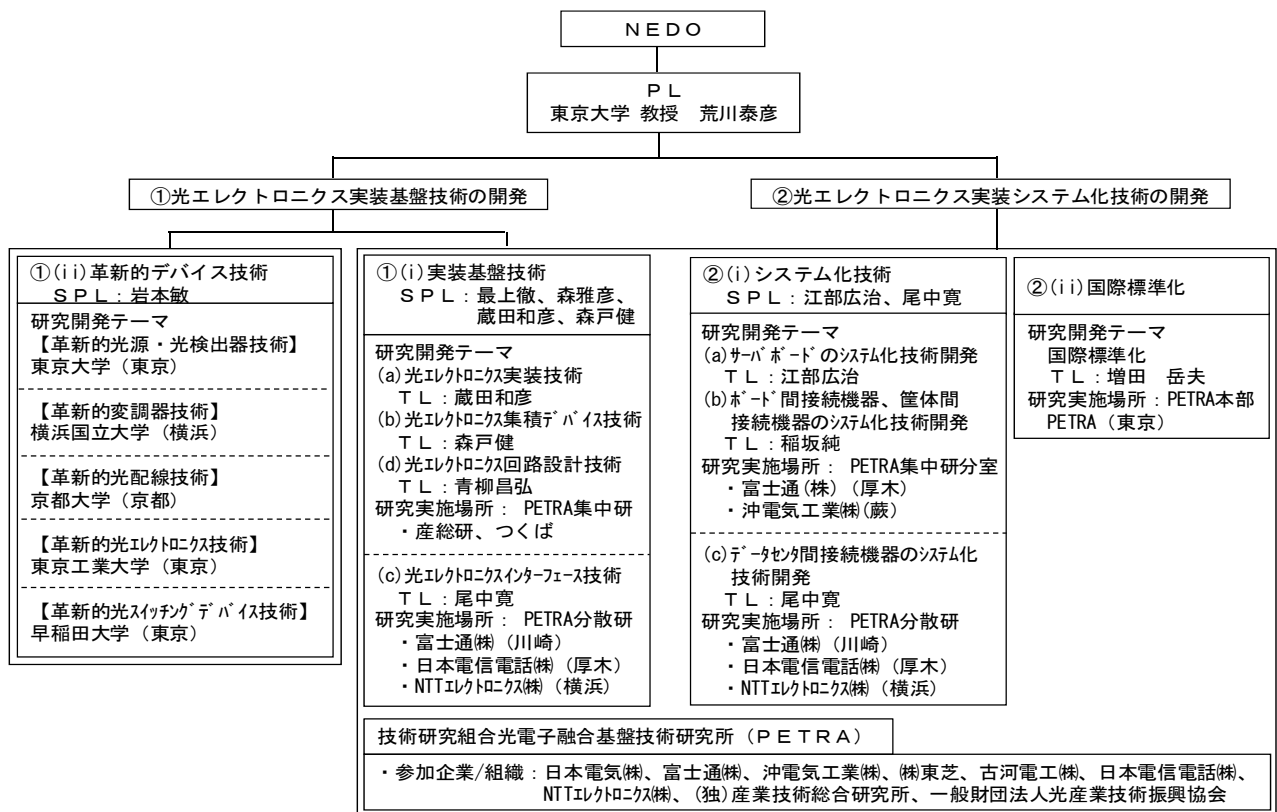


図 II -2.2-2 プロジェクトの実施者構成と各実施者の研究項目

研究開発の全体を統括するプロジェクトリーダー (P L) の下に、研究開発項目を統括するサブプロジェクトリーダー (S P L) を研究開発項目①に 5 名、研究開発項目②に 2 名置いている。また、それぞれの研究開発項目をさらに細分化した研究開発テーマそれぞれについて、その内容について責任を持つテーマリーダー (T L) を置き、プロジェクト全体の運営、研究開発進捗管理と迅速な意思決定、研究項目間の効果的な連携が可能になるように全体の実施体制を構築している。

本プロジェクトにおける研究総括責任者であるプロジェクトリーダーは下記の役割を担い、プロジェクト全体の運営を行っている。

1. 組織関係
 - (1) 研究体 (分室、集中研) の設置、廃止等の組織構成案の策定。
 - (2) 研究体の研究サブリーダー等の選任と解任。
2. 予算関係
 - (1) 各事業年度における予算配分の調整及び予算案の策定。
3. 研究計画・管理関係
 - (1) 各研究体のサブプロジェクトリーダー、テーマリーダーから構成される「マネジメント委員会」、「技術委員会」を開催し、年間計画の策定や研究進捗状況の管理及び総合調整を行う。

また、P E T R Aより3回／月程度の頻度でプロジェクトの進捗状況について報告を受け、プロジェクト全体の進捗状況を把握する。

- (2) P E T R Aとともにプロジェクト成果の実用化計画を協議するとともに、それを考慮した研究開発計画を策定する。
- (3) 年度毎のプロジェクト推進目標を策定し、これを管理／フォローアップを実施する。

4. 研究成果関係

- (1) 特許、論文、学会発表、標準化寄与文書、新聞発表、展示会出展等のプロジェクト成果の計画策定と実績の管理実施。

5. その他

- (1) プロジェクト活動の啓蒙・啓発事業として、ワークショップやシンポジウム等の企画立案と実施。
- (2) 経済産業省、N E D O、大学等の各種関係会議やヒアリング等への対応及び総括。

(2) 共同実施

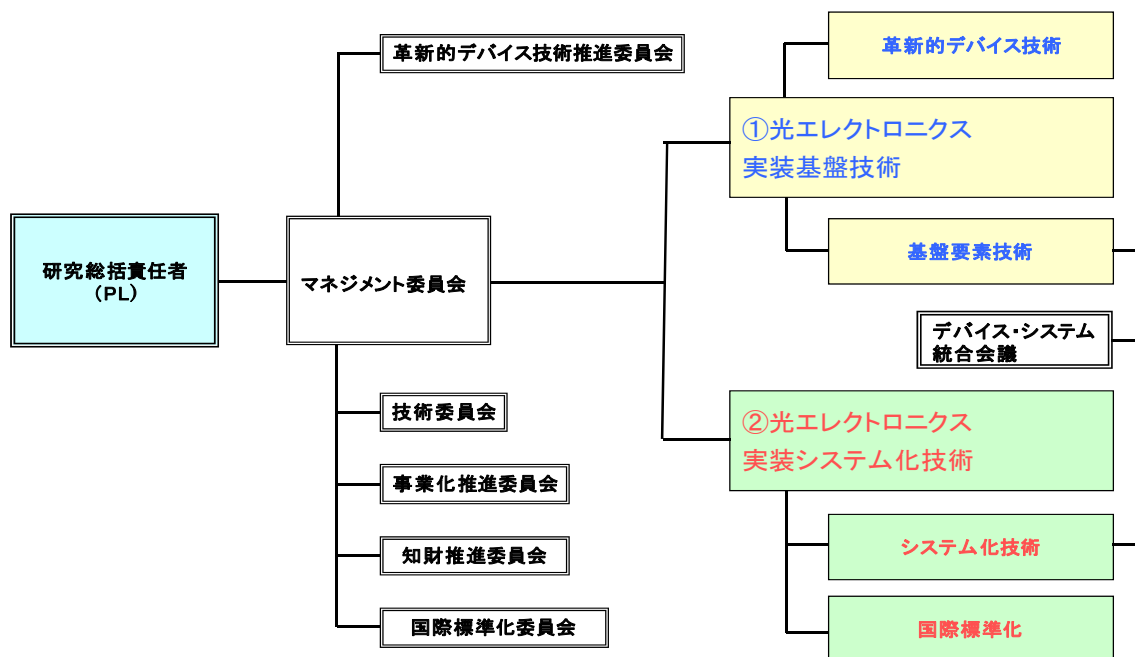
研究開発項目①光エレクトロニクス実装基盤技術の開発において研究開発を実施する革新的デバイス技術については、その分野で先進的な取り組みを行っている東京大学（革新的光源・光検出器技術）、横浜国立大学（革新的変調器技術）、京都大学（革新的配線技術）、東京工業大学（革新的光エレクトロニクス技術）、早稲田大学（革新的光スイッチングデバイス技術）とP E T R Aが共同研究契約を締結し、研究開発を実施している。

2. 3 研究の運営管理

本プロジェクトは、F I R S Tプログラムの一つである「フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基板技術開発（P E C S T）」と連携し、その技術成果を活用しつつ光電子集積システムの実現に必要な基本技術要素を研究開発する①光エレクトロニクス実装基盤技術の開発と、その技術要素を統合してシステムとして実現するための②光エレクトロニクス実装システム化技術の開発が、相互にフィードバックを行いながら効率的、効果的に研究開発を実施し、最大化された成果を生み出すとともに、成果を早期に実用化することを目的に運営されている。

その目的の実現のため、次に示す組織体を構成し、プロジェクトを推進している（図Ⅱ-2.3-1）。

- ①プロジェクト運営に係る最高議決機関としてマネジメント委員会を設置。
- ②プロジェクトテーマの研究開発を総合的に企画、調整する技術委員会を設置。
- ③デバイス技術とシステム技術の研究内容、進捗について速やかなフィードバックを行うとともに精度の高い研究開発工程管理を行うデバイス・システム統合会議を設置。



図Ⅱ-2.3-1 プロジェクトの運営体制

④大学と共同実施している革新的デバイス技術とPETRA開発との関係について企画、調整を行う革新的デバイス技術推進委員会を設置。

⑤プロジェクト参加組合員による成果の効果的な実用化を実現するため、プロジェクトの研究開発と参加組合員による実用化活動の方向性等について企画、調整する事業化推進委員会を設置。

⑥プロジェクト成果の早期実用化を実現するため、プロジェクトに指針を示し、サポートを行う委員会として、国際標準化委員会、知財推進委員会を設置。

また、新規市場の開拓を伴う本研究開発成果の実用化を促進するため、その実用化については、研究開発終了後の企業による実用化努力のみならず、研究開発途上でも実用化可能な技術についてはバイプロダクトとして積極的に実用化を行なうこととしている。

本研究開発の成果に係わる知的所有権の取得、権利の帰属、実施等に関するルールは、「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」の研究開発事業に関する知的財産権取扱規程」として、知財推進委員会にて策定され、運用されている。共同実施を行っている大学における知的財産権の取扱いについても、PETRAと個々の大学間で結ばれる共同研究契約にて規定されており、それに基づいた運用がなされている。

表Ⅱ-2.3-1 NEDO-実施者間の研究開発マネージメント

事業化戦略会議	項目	内容
	出席者	NEDO、PL、実施者メンバー、経済産業省
	2013年度実績	3回
	内容	成果事業化戦略、メンバー間連携戦略、新会社設立戦略、他
個別ヒアリング	項目	内容
	出席者	NEDO、実施者メンバー
	2013年度実績	25回
	内容	実施者個別の実用化取組状況、研究開発進捗確認、他
全体ヒアリング	項目	内容
	出席者	NEDO、PL、実施者メンバー、経済産業省
	2013年度実績	3回
	内容	研究開発進捗・計画確認、実用化に向けた取り組み確認、他

なお、知的財産権取得規程、大学における知的財産権の取扱い規定の策定に当たっては、未来開拓研究プロジェクトの目的の一つである成果の実用化による国益の実現を阻害することが無いように、実用化時における必要な知的財産権の円滑な実施を可能とすることを基本的な方針として事前に定めている。その結果、定められた知的財産取得規程は、プロジェクト開始前に参加者が保有していた知的財産権の許諾に関する考え方や共同研究を行っている大学が取得する知的財産権の補償等の取扱い等についても考慮されたものとなっている。

NEDOと実施者とのディスカッション、情報交換を促進するために開催した会議等の状況を表Ⅱ-2.3.-1に示す。NEDOはこれらの会議等を通じて、研究開発の進捗状況の確認等を行うと共に、課題の共有や開発計画の見直し、加速資金の必要性、成果の実用化・事業化等について実施者と議論を行い、プロジェクトマネージメントに活用している。また、実施者間では、PETRA内の実施者間で行うデバイス・システム統合会議等で研究開発状況、進捗などについて報告し、議論を行うことで緊密かつ効率的に研究開発を推進している。

2. 4 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネージメントの妥当性

プロジェクトの開始にあたり、NEDOは経済産業省と共に光素子・光デバイス、光モジュール、光通信等の光通信技術において強みを持つ企業、スパコン、サーバ、ストレージ、コンピュータネットワーク等の情報処理関連装置技術等において、研究面、事業面で共にトップレベルの強みを持つ企業が参加した事業の実施体制を構築し、光通信技術と情報処理装置技術との深い融合を実現するために必要な研究開発とその成果の実用化の達成に対する蓋然性を高めている。

また、プロジェクト参加企業等において事業化に深い知識を持つ人員を委員とし、必要に応じてプロジェクト外部の有識者も交えて、プロジェクト成果の実用化・事業化につい

て継続的に議論を行う事業化推進委員会等を設置し、実用化の観点からプロジェクト成果の実用化に求められる要件や事業化のための戦略等について議論を進めている。

プロジェクトで開発に取り組んでいる光電子融合技術は、汎用性の高い技術であり、適用対象によっては途中段階の技術が十分有用な場合も想定されるとの認識で研究開発を行っている。また、光電子融合技術は未だ存在しない市場を切り開くものであるため、その普及には一定程度の時間も必要であることも予想される。従って、光電子融合技術のスムーズな普及をはかるため、経済産業省、NEDO、実施者間でプロジェクト成果の適用可能性のある対象の探索に努めるとともに、実用化・事業化戦略に関して継続的な議論を実施しており、研究開発途上でも実用化の可能な技術についてはバイプロダクトとして速やかに実用化を図ることとしている。

また、研究開発成果の普及を促進しつつ国際競争力を確保するには、特許の取得と標準化について戦略的に進める必要があるとの認識である。このため、知財推進委員会と国際標準化委員会をプロジェクトに設置して、プロジェクトの実用化戦略と連携した知財戦略、標準化戦略を策定し、プロジェクト成果のオープン化、クローズ化を実践している。標準化への寄与文書（寄書）はプロジェクト開始後2年で37件を提出している。また、技術の実現性を示して標準化活動を支援するため、ECOC2013、OFC2014等の主要な国際会議において成果発表や、成果の展示を行った。OFC2014での展示デモ風景を図Ⅱ-2.4-1示す。

連携プロジェクトであるPECS Tの成果活用に関しては、両プロジェクトの連携会議として設置されたガバニングボードにおいて、経済産業省、内閣府とともに協議を行い、PECS Tで取得された知財や人材等を効果的に活用するための取り決め等について整備を行った。



OFC2014のPETRAブースと展示風景

※OFC: Optical Fiber Communication Conference and Exposition

図Ⅱ-2.4-1 国際会議での展示

3. 情勢変化への対応

情勢変化への対応としては、下記のような取り組みを行っている。

- 1) 国際競争力強化や実用化に資すべく本プロジェクトで開発を進めている要素技術の研究開発成果に基づき、当初の計画を変更する形で、実施方針の変更や加速資金の投入を実施し、光電子集積回路の大規模化プロセス技術、光トランシーバの省電力化技術の技術開発を積極的に推進した。これまでの研究予算の推移を表Ⅱ-3-1に示す。
- 2) 国際的な学会動向や、欧米を中心とした先進各国の国家プロジェクト動向、並びにロードマップ等の最新情報を入手することで、本プロジェクトの研究開発レベルのベンチ・マーキングの見直しを定期的に行い、実施計画・方針等の変更に対応している。
- 3) 実用化の目処が見えた光デバイスは、プロジェクト終了を待たずに実用化の準備を進めている。

4. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義及び将来産業への波及効果等について、事業項目毎に、外部有識者による研究開発の評価を実施する。具体的には本基本計画の対象期間においては、平成26年度、平成29年度に評価を実施し、評価結果を踏まえ、経済産業省と相談のうえ、事業の延長・加速・縮小や必要な体制の再構築などを含め、後年度の研究開発に反映することとしている。

表Ⅱ-3-1 研究開発費の推移

	経済産業省 直執行				合計
	2012年度	2013年度	2014年度	(単位:百万円)	
当初予算額	2,800	2,375	2,777	7,952	
契約額	2,800	2,453	2,999	8,252	

◆加速財源投入実績 (2013年度)

件名	金額 (百万円)	目的	成果
LSI搭載用大規模光電子集積回路の早期実証試作	300	光配線で結ばれた複数のLSIが搭載された大規模光回路の作製プロセス技術と光送受信技術の省電力化開発を前倒して開始し、大規模光回路実現の要件を世界に先駆けて抽出し、技術・知財・標準化等において競争優位を得る	従来の半導体技術では想定されていないサイズで光回路作製するための要件を抽出し、その基本的プロセス技術を確立した。また、光トランシーバに関し、25Gbpsの送受信動作で世界最高の省電力性能を実現した。

なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとしている。

Ⅲ. 研究開発成果、及びⅣ. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

1. 事業全体の成果について

事業全体の成果については、研究開発項目間の関連性や事業化、実用化に向けた最終システムのイメージに合わせ、実施方針の研究開発項目を一部再構成して説明する。表Ⅲ-1-1 に示すように「①光エレクトロニクス実装基盤技術の開発」の中を「1-1 基盤要素技術」と「1-2 革新的デバイス技術」に大きく括り、「②光エレクトロニクス実装システム化技術の開発」は「2 システム化技術」の下に「2-1 光電子集積サーバシステム」、「2-2 光電子集積光通信システム」と「2-3 国際標準化」を置いている。「2-2 光電子集積光通信システム」の中に、実施方針では「①光エレクトロニクス実装基盤技術の開発」の中にある「(i) 実装基盤技術(c)光エレクトロニクスインターフェイス技術」を含め、「2-2-1 データセンタ間接続機器」としてまとめた形にしている。

表Ⅲ-1-1 成果のまとめの構成と実施方針の研究開発項目

発表説明の研究開発項目	実施方針の研究開発項目
①光エレクトロニクス実装基盤技術の開発	①光エレクトロニクス実装基盤技術の開発
1-1 基盤要素技術 1-1-1 光エレクトロニクス集積デバイス技術	(i)実装基盤技術 (b)光エレクトロニクス集積デバイス技術
1-1-2 光エレクトロニクス実装技術	(a)光エレクトロニクス実装技術
1-1-3 光エレクトロニクス回路設計技術	(d)光エレクトロニクス回路設計技術
1-2 革新的デバイス技術	(ii)革新的デバイス技術
②光エレクトロニクス実装システム化技術の開発	②光エレクトロニクス実装システム化技術の開発
2. システム化技術 2-1 光電子集積サーバシステム	(i)システム化技術 (b)ボード間接続機器、筐体間接続機器のシステム化技術開発 (a)サーバボードのシステム化技術開発
2-2 光電子集積光通信システム	(i)実装基盤技術 (c)光エレクトロニクスインターフェイス技術 (c)データセンタ間接続機器のシステム化技術開発 (d)企業間ネットワーク接続機器のシステム化技術開発
2-3 国際標準化	(ii) 国際標準化

研究開発成果については、知的財産権等と標準化活動で、図Ⅲ-1-1 に示す取り組みを行っている。また研究開発成果のまとめと成果の普及として、学会活動や展示会を表Ⅲ-1-2 にまとめて示す。

知財マネジメント

- 知財規程の制定。内閣府・最先端の知財を継承。
- プロジェクトIPは原則としてPETRAが管理し、参加企業保有のIPは、本成果の事業化推進のために実施許諾を前提
- 事業適合性判定(日本知財仲裁センター弁理士、弁護士23組)で、上記知財が国内関連特許(約15万件)に対し、「有効」裁定
(H25年10月)

オープン・ブラックボックス戦略

- 国際標準化：光と電気のインターフェースの構造的な仕様
- 特許化：コア技術であるシリコンフォトニクスによる集積光回路と実装構造
- ノウハウとしてブラックボックス化：主要実装構造の特許化と、製造方法を、固有の実装装置内に封じ込め、ブラックボックス化

図Ⅲ-1-1 知的財産権等と標準化への取り組み

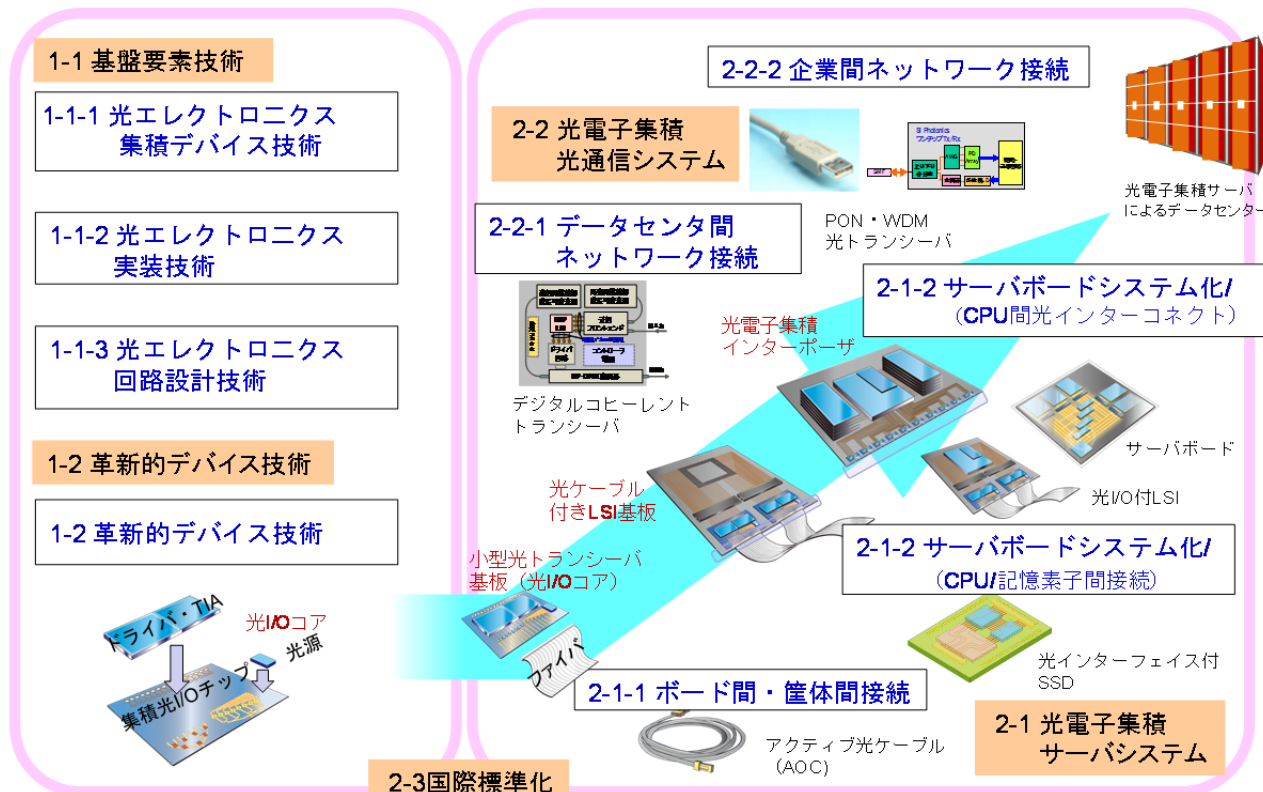
表Ⅲ-1-2 事業全体の成果と成果の普及

年度 (平成)	特許	外国出願 (内数)	論文等	国際/国内学会発表 (解説記事を含む)	標準化 寄与文書	新聞 発表	主要展示会
計	36	13	6	52	37	7	4

初めに、本プロジェクトの開発テーマと各テーマの技術開発項目の関係を図Ⅲ-1-2 に示す。大きくは①光エレクトロニクス実装基盤技術と②光エレクトロニクス実装システム技術に分かれている。基盤技術開発と実用化・事業化に向けたシステム化技術を並行・連動開発することによって、相互に研究開発の進捗状況や方向性の確認を行い、効率的な研究開発を行うようにしている。

また、研究開発の進捗状況をまとめたものを表Ⅲ-1-3、表Ⅲ-1-4、表Ⅲ-1-5、表Ⅲ-1-6、表Ⅲ-1-7 に示す。達成度については、当初の計画を前倒しで達成し、近々の事業化の目処がたったテーマを右欄に大幅達成として◎で示している。

①光エレクトロニクス実装基盤技術の開発 ②光エレクトロニクス実装システム化技術の開発



図Ⅲ-1-2 技術開発項目の関係

表Ⅲ-1-3 光エレクトロニクス実装基盤技術の進捗状況 1

①光エレクトロニクス実装基盤技術の開発

1-1 基盤要素技術

テーマ	H26年末中間目標	主な成果状況	達成度
1-1-1 光エレクトロニクス集積デバイス技術	光信号の並列化技術、多重化技術を開発し、大容量信号伝送を実現する基盤要素技術を確立。低コスト化のための光素子の集積化技術と導波路技術を確立。	5mm角で並列25Gbps×12chの送信・受信素子を開発、帯域密度で世界最高。世界最高の広帯域・平坦な4波長合分波器の多重化技術を開発し、大容量伝送の基盤要素技術を確立。世界初のシリコン上小型リングレーザーの10Gbps動作達成と、世界最高の低損失シリコン導波路(0.5dB/cm)を実証、低コスト化技術を確立。	○
1-1-2 光エレクトロニクス実装技術	小型の高速・低消費電力光トランシーバと数十mm角のポリマー光配線を形成した光電子ハイブリッド回路基板を開発し、光入出力を持つLSIを実現するための基盤技術を確立。	既存の1/3の消費電力5mW/Gbps、25Gbps/ch、サイズ5mm角の光トランシーバを実証(世界一の帯域密度: 1.2Tbps/cm ²)。96芯ポリマー光回路を持つ50mm角の光電子ハイブリッド回路基板を開発、1300nm帯の波長で25Gbps信号伝送を実証(世界初)、基盤技術を確立。	○
1-1-3 光エレクトロニクス回路設計技術	マルチフィジクス対応の光エレクトロニクス実装システム統合設計環境の基本構成を構築し、統合設計を行う基本的なフローの実証。光デバイス設計の基盤技術として、光変調器等の開発に適用可能な電子・光連携TCADの基本構造を確立。	マルチフィジクス対応の光エレクトロニクス実装システム統合設計環境の基本構成を開発し、統合設計を行うための基本的な実証フローを構築。また、光デバイス設計の基盤技術として、光変調器等の開発に適用可能な電子・光TCADと電磁界シミュレータFDTDの連携機能を強化し基本構造を確立。	○

達成度: ◎大幅達成、○達成(年度内達成見込みも含む)、△達成遅れ、×未達

表Ⅲ-1-4 光エレクトロニクス実装基盤技術の進捗状況 2

①光エレクトロニクス実装基盤技術の開発
1-2 革新デバイス技術

テーマ	H26年末中間目標	主な成果状況	達成度
[革新的光源・光検出器技術]	温度安定シリコン上量子ドットレーザの基盤技術開発を進め、シリコン導波路結合型単チャンネル量子ドットレーザを実現。超高感度受光器の基盤技術として受光器における暗電流抑制効果を実証。	シリコン基板上量子ドットレーザの高温動作(110°Cまで)を実現。導波路構造上での量子ドットレーザの実現に成功(導波路結合:26年10月達成見込み)。また、 プラズマ酸化で形成したGe酸化膜パッシベーションによるGe受光器の暗電流低減 を実証。基板貼り合せにより高品質Ge層をSi基板上に集積することに成功。	○
[革新的光変調器技術]	光電子集積サーバに使用する光電子集積インターポーザの光変調器の超小形化を可能とする新原理に基づく変調器として、10Gbps程度の高速動作を実現。	フォトニック結晶スローライト変調器 を製作し、長さ100μm以下、電圧2V以下、消光比3dB以上の 10Gbps変調を実現 。同様の変調が25Gbpsでも得られる見通し。	○
[革新的光配線技術]	光電子集積サーバの配線密度を飛躍的に高めることのできる3次元光配線技術において、層間方向への伝搬機能が可能であることを実証。	3次元フォトニック結晶の[110]方位導波路を用いることで帯域幅150nmの層間伝搬が可能であることを実証。また 2次元フォトニック結晶共振器において光子寿命7.5ns、Q値900万を達成 。	○
[革新的光エレクトロニクス回路技術]	ハイブリッド回路基板上における半導体レーザの高効率化を行い、複数の光増幅器が並ぶアレイデバイスを実現。	リング共振器装荷型半導体レーザの発振を達成 し、光増幅器アレイの利得も確認。中間目標に向け効率を向上(H26年12月達成予定)。	○
[革新的光スイッチングデバイス技術]	サーバ回路におけるデータ通信の高効率化を可能とする導波路クロスバー型をベースとした超小型光スイッチを試作し、スイッチング動作を実証し、超高速光信号処理デバイス実現にむけた基本的な論理動作を実現。	シリコン光スイッチのための交差導波路の基本的な導波特性を達成 。超高速光信号処理用量子ドット光増幅器で約30dBの高利得、約100fsの高速応答を達成。集積化のための組成混合によりリング共振器を実現。	○

達成度:◎大幅達成、○達成(年度内達成見込みも含む)、△達成遅れ、×未達

表Ⅲ-1-5 光エレクトロニクス実装システム化技術の進捗状況 1

②光エレクトロニクス実装システム化技術の開発
2-1 光電子集積サーバシステム

テーマ	H26年末中間目標	主な成果状況	達成度
2-1-1 ボード間接続機器、筐体間接続	小型光トランシーバを搭載したアクティブ光ケーブル(AOC)を完成させ、筐体間接続における実用性を実証する。また、標準化動向を考慮しながら、光トランシーバとロジックLSI間の電気伝送に関するインターフェース仕様を決定。	AOC内に小型光トランシーバ(光IOコア)を内蔵 するための実装/光接続構造/冷却機構の開発完了。筐体間の25Gbpsでの光伝送を実証予定(H27年3月)。市場のAOC標準化動向に準じたLSIとの25Gbps高速電気インターフェース仕様を決定。	○
2-1-2 サーバボードのシステム化技術	光電子集積技術を最大限に活かすために光インターコネクションに要求される伝送スペック(変調速度、多重度、チャンネル数など)、および、光電子インターポーザの回路冷却に関する基本要件を明確化。 また、光電子集積インターポーザと積層型ストレージチップ実装基板からなるハイブリッド型の光インターフェース付きSSDを試作し、標準ストレージインターフェースによる光接続動作を検証。	25Gbps×4ch、12chを光IOコアに集積する基本スペックを決定。 LSIとの25Gbpsの高速電気信号の伝送仕様、光電子集積インターポーザとしての冷却構造の基本要件を決定 。 総帯域Tbps超級の大容量信号を高密度伝送(800Gbps/cm)可能なCPU間光インターコネクトの基本要件は、CPU/パッケージ基板上に光IOを搭載であることを明確化。 CPU間の高密度伝送を想定した動作実証機を試作し、25Gbps動作を実証 。 光電子集積インターポーザと積層型ストレージチップ型SSDからなる ハイブリッド型光I/O付きSSDを試作し、標準ストレージインターフェースによる光接続動作を検証 。	○

達成度:◎大幅達成、○達成(年度内達成見込みも含む)、△達成遅れ、×未達

表Ⅲ-1-6 光エレクトロニクス実装システム化技術の進捗状況 2

②光エレクトロニクス実装システム化技術の開発
2-2 光電子集積光通信システム

テーマ	H26年末中間目標	主な成果状況	達成度
2-2-1 データセンタ間 接続機器のシス テム化技術	100Gbps動作に対応するDSP-LSIと集積光送 受信デバイスの試作。 それらを用いたトランシーバを試作し、デバイス 制御動作を検証するとともに改良・完成度向上 に向けた指針・フィードバック事項を抽出。	世界初の20nmプロセスによる100Gbps動作のDSP-LSIを 設計・試作し、良好な動作を確認。 従来比で、容積1/2以下の小型光源パッケージ、容積1/3 以下の光受信器モジュール化技術を確立。 プラグラブルCFPタイプの100Gbpsデジタルコヒーレントラ ンシーバを試作し、従来比で容積1/2以下の小型化と従来 比1/3となる低消費電力化を実現。 完成度向上に向けパラ メータ最適化指針を得。データセンタ間を想定した 70kmか ら840kmの伝送実験を行い、エラーフリー動作を確認。 上記のデバイス・トランシーバの 早期事業化 予定	◎
2-2-2 企業間ネット ワーク接続機器 のシステム化技 術	シリコン光導波路による波長合分波器を用いて 1.25Gbpsの一芯双方向光トランシーバを実証。	双方向WDMフィルタは、1310nm帯アイソレーションでGE- PON規格を達成。アイソレータフリー光源は、伝送特性、反 射戻り光耐性共にGE-PON規格を達成。 双方向光トラン シーバ用集積チップの作製は平成26年度末に試作・評価 を完了予定。	○

達成度：◎大幅達成、○達成(年度内達成見込みも含む)、△達成遅れ、×未達

表Ⅲ-1-7 光エレクトロニクス実装システム化技術の進捗状況 3

②光エレクトロニクス実装システム化技術の開発
2-3 国際標準化

テーマ	H26年末中間目標	主な成果状況	達成度
2-3 国際標準化	光インターコネクトに関する標準化団体 (OIF(Optical Internetworking Forum)、IEEE802.3 (Next gen 100G Optical Ethernet Study Group)) に参画し、「キーメンバーコミュニティ」おけるプ レゼンスを確立する。 また、100Gbpsデジタルコヒーレント光トランシー バに関する標準化を推進。	Optical Internetworking Forum(OIF)及びIEEE802.3の 標準化に参加し、提案活動を通じてPETRAのプレゼンス を確立。 国内外主要ベンダーと共同でLSIと小型光トラン シーバのインターフェース仕様策定に参画。 100Gbpsデジタルコヒーレント光トランシーバに関する 標準化については、OIFにおいて4インチx5インチ MSA(Multi-Source Agreement)トランシーバの標準化提 案を行い、標準化文書(IA: Implementation Agreement) のエディタを担当。同文書の発行(2013年8月)により標準 化に成功。 OIFでは、これまでに31件の寄書提案を行い、 100Gbpsデジタルコヒーレント技術の標準化を主導。	○

達成度：◎大幅達成、○達成(年度内達成見込みも含む)、△達成遅れ、×未達

2. 研究開発項目ごとの研究開発成果と実用化・事業化に向けての見通し及び取組みについて

以降に、①光エレクトロニクス実装基盤技術と②光エレクトロニクス実装システム化技術の個別テーマごとの研究開発成果と、実用化・事業化に向けての見通し及び取組みについて簡単にまとめた図面を添付する。

まず、図Ⅲ-2-1 に開発テーマの位置づけを示す。

2.1 光エレクトロニクス実装基盤技術の開発

二つのテーマ 1-1 基盤要素技術と 1-2 革新デバイス技術に分けて示す。

1-1 基盤要素技術：

図Ⅲ-2-1-1： 1-1-1 光エレクトロニクス集積デバイス技術 多並列/多重化

図Ⅲ-2-1-2： 1-1-1 光エレクトロニクス集積デバイス技術 高密度・低コストインターポーザ技術
プロセス統合化基盤技術

図Ⅲ-2-1-3： 1-1-1 光エレクトロニクス実装技術 超小型光トランシーバ実装技術(光 I/O コア)

図Ⅲ-2-1-4： 1-1-2 光エレクトロニクス実装技術 光電子ハイブリッド回路基板技術

図Ⅲ-2-1-5： 1-1-3 光エレクトロニクス実装技術 光エレクトロニクス回路設計技術

1-2 革新的デバイス技術：

図Ⅲ-2-1-6：革新的光源技術と革新的検出器技術

図Ⅲ-2-1-7：革新的変調器技術、革新的光配線技術、革新的光エレクトロニクス回路技術および
革新的光スイッチング技術

2.2 光エレクトロニクス実装システム化技術の開発

システム化技術として、2-1 光電子集積サーバシステム、2-2 光電子集積光通信システムと 2-3 国際標準化に分けて示す。

2-1 光電子集積サーバシステム：

図Ⅲ-2-2-1： 2-1-1 ボード間接続機器、筐体間接続機器のシステム化技術

図Ⅲ-2-2-2： 2-1-2 サーバボードのシステム化 CPU 間光インターコネク

図Ⅲ-2-2-3： 2-1-2 サーバボードのシステム化 CPU/記憶素子間の光接続

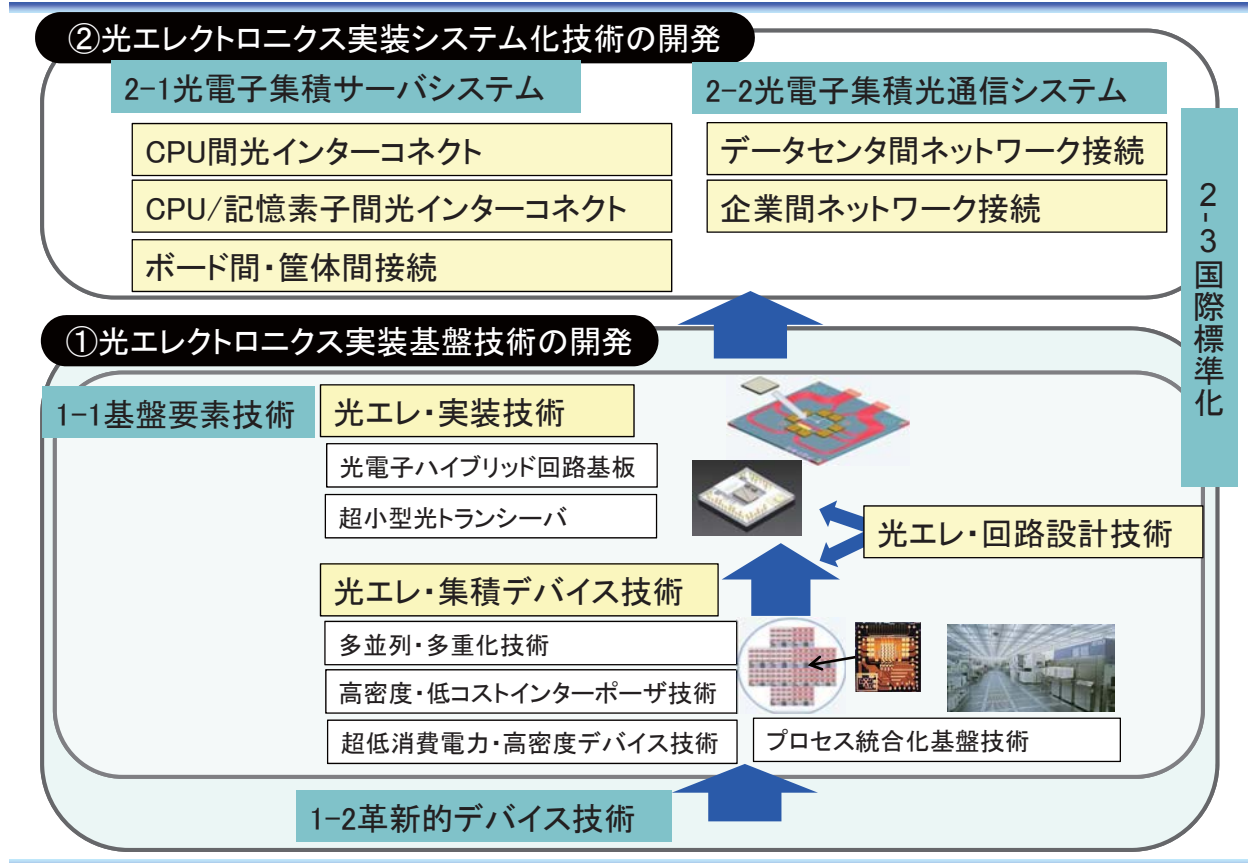
2-2 光電子集積光通信システム

図Ⅲ2-2-4(a),(b)： 2-2-1 データセンタ間接続機器

図Ⅲ2-2-5： 2-2-2 企業間ネットワーク接続機器

2-3 国際標準化

図Ⅲ2-2-6： 2-3 国際標準化



超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発 中間評価第1回分科会 (平成26年 9月30日)

1-1-1 光エレクトロニクス集積デバイス技術

多並列 / 多重化技術

12チャンネル集積光I/Oチップ

12チャンネル集積光I/Oチップ(送信)

12チャンネル集積光I/Oチップ(受信)

小型チップサイズ5 × 5 mmでスループット300Gbpsの集積光I/Oチップを実現
光デバイスを、**従来比1/2の狭ピッチ集積化**

4波合分波器

多段化による平坦化・低クロストーク化

液浸ArF露光での高精度プロセスで低位相誤差を実現
⇒フィルタの多段化が可能に

広帯域平坦なスペクトルを持つ4波長分波動作

透過帯域幅が**世界最高**
⇒広い温度で使用可能

目標の達成度

光信号の並列化、多重化技術を開発し、大容量信号伝送の基盤要素技術を確立。**中間目標達成。**

事業化の見通しと取組み

超小型光トランシーバ(光I/Oコア)として、PETRAでの事業化を計画。

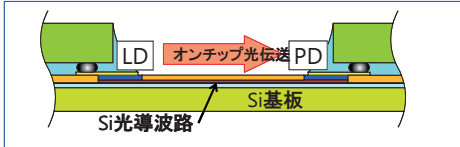
システム化技術でプロトタイプを開発。事業化は富士通事業部門と議論中。

1-1-1 光エレクトロニクス集積デバイス技術

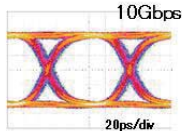
高密度・低コストインターポーザ技術

小型光素子のSi上集積化技術

化合物半導体レーザー・受光器のSi基板への集積



小型リングレーザの10Gbps変調動作

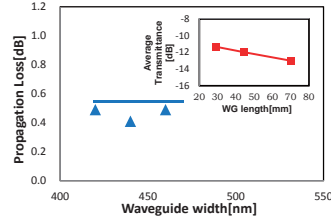


Si上の小型リングレーザの10Gbps動作は**世界初**

プロセス統合化基盤技術

CMOSプロセスでの集積光素子

300mmSi-CMOSプロセスによるシリコンフォトニクス高性能化



液浸ArF露光による高精度、高均一プロセスによる低損失化
 伝搬損失<0.5dB/cmは**世界最高**

目標の達成度

高密度・低コスト化のための光素子の集積化技術と導波路技術を確立。**中間目標達成。**

事業化の見通しと取組み

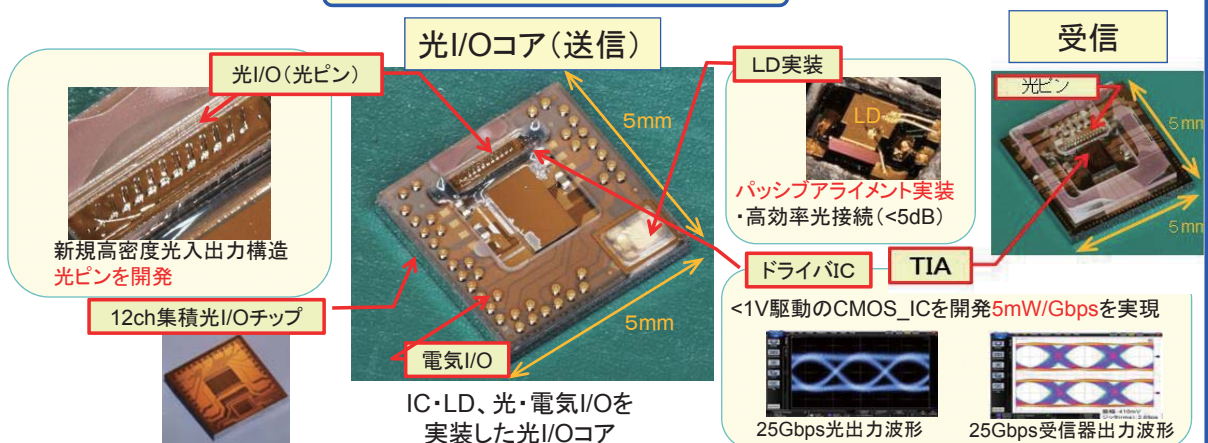
機器内、チップ間、チップ内に広範囲に適用できる技術として、実用化、事業化を目指す。

PJが目指す事業化シナリオに対応できる集積光 I/Oチップの大規模集積化技術を構築、集積光 I/Oチップを用いる装置の事業化に貢献。

1-1-2 光エレクトロニクス実装技術

超小型光トランシーバ技術

実装技術(光I/Oコア)



- ・サイズ5×5mmの25Gbps×12chの光トランシーバを実現(**世界一の帯域密度1.2Tbps/cm²**)
- ・消費電力5mW/Gbpsは、他で発表の光トランシーバの**1/3の低消費電力化**達成

目標の達成度

小型の高速・低消費電力光トランシーバを開発し、光入出力を持つLSIを実現するための基盤技術を確立。**中間目標を達成。**

事業化の見通しと取組み

H27年度に、光トランシーバ(光I/Oコア)を製品レベルで完成させ、PETRAで事業化を計画。

1-1-2 光エレクトロニクス
実装技術

光電子ハイブリッド回路基板技術

ポリマー導波路配線技術

光I/Oコア用45° 光路変換ミラー

500 μm 光I/Oコア用45° ミラー

光電子集積パッケージ基板

ロジックLSIモックアップ
光I/Oコア
光ファイバアレー

光I/O付LSI基板 (H29目標)

ロジックLSI 光ファイバ結合部 (96本)
光I/Oコア 8個

光コネクタ部分の96芯ポリマー(2.4Tbps)導波路アレーの断面写真

500 μm

光電子集積パッケージ基板内伝送

25Gbps/chの伝送を達成

- ・LSI基板に光I/Oコア接続用のポリマー光導波路を形成(光電子集積パッケージ基板)
- ・50mm角で96芯のポリマー光導波路(2.4Tbps/基板)を開発、25Gbps/ch伝送を達成

目標の達成度

数十mm角のポリマー光配線を形成した光電子ハイブリッド回路基板を開発し、光入出力を持つLSIを実現するための基盤技術を確立。中間目標達成。

事業化の見通し

光I/Oコアを複数個搭載した大容量(2.4Tbps)光配線が可能な、光I/O付LSI搭載基板として、FPGAを始めロジックLSIとの接続実証を行い、H29年度までに実用レベルの技術を完成させる。

1-1-3 光エレクトロニクス
回路設計技術

光エレクトロニクス回路設計技術

実装設計環境構築

マルチフィジクス対応の統合設計環境基本構成を構築

光源・光路解析ソフトウェア、構造・伝熱・熱流体解析ソフトウェア等との連携

光I/Oコア搭載用光デバイス設計ツール開発

電磁界シミュレータと電子デバイス三次元TCADを連携させた電子・光連携TCADの基本構造を確立

TCADによる解析結果をもとにデバイス構造の変化によるFDTD解析へ

FDTDからTCADへ反映したPNダイオードのIV特性

目標の達成度

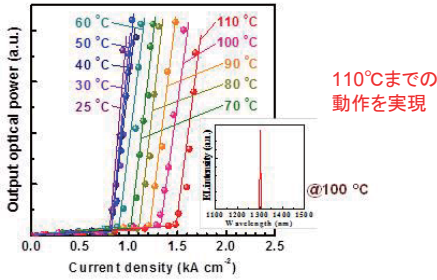
- ・統合設計環境の基本構成構築、これを用いた統合設計の基本的実証フローを構築。中間目標達成。
- ・光変調器等の開発に適用可能な電子・光連携TCADの基本構造を確立。中間目標達成。

事業化の見通しと取組み

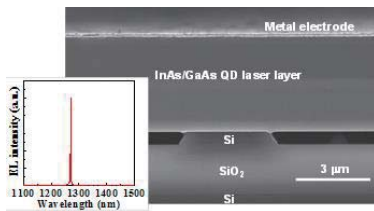
- ・PJ内での光デバイス、光エレクトロニクス実装システム設計での活用へ向け連携。
- ・PJ開発デバイス解析に必要な機能を構築し、プロジェクト成果活用企業の競争力強化に資する。

革新的光源技術(東京大学・荒川Gr)

シリコン基板上的量子ドットレーザにおいて100°C以上の動作を達成



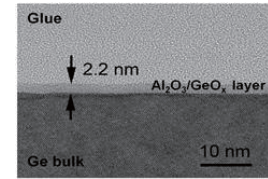
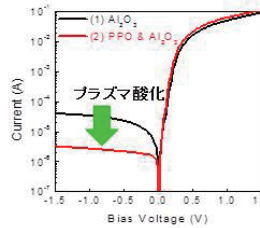
シリコン導波路構造上の量子ドットレーザを実現



- ・中間目標(温度安定動作): 達成済み
- ・中間目標(Si導波路結合型単チャンネルQDレーザ): 現在試作中。H26年度内に達成見込み

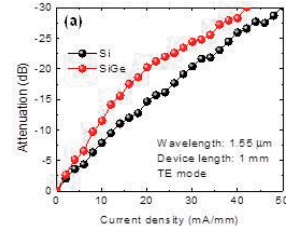
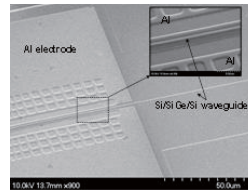
革新的検出器技術(東京大学・竹中Gr)

プラズマ酸化によるGe受光器の暗電流低減実証



表面リーク電流1 μA/cm以下

歪SiGe変調器の低電流駆動を実現

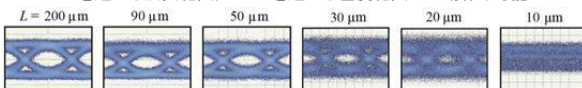


- ・中間目標(暗電流抑制効果実証)を達成
- ・基板貼り合わせを用いて、高品質Ge-on-Si基板を実現してゆく。
- ・Si以下の低電流駆動を達成
- ・歪SiGeを用いた屈折率変調増大を実証し、屈折率変調型デバイスを実現してゆく。

革新的変調器技術(横浜国立大学)

超小型フォトニック結晶変調器の10 Gbps動作

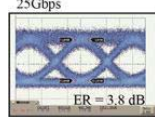
16 nmを超える波長範囲, 100 Kを超える温度範囲での動作も可能



長さ~100μm、電圧<2V、波長幅>10nmで>10 Gbps動作

損失を許容すれば25 Gbpsも可能

7 dBの付加損失でV_{pp} = 1.5 Vでも消光比 >3 dB

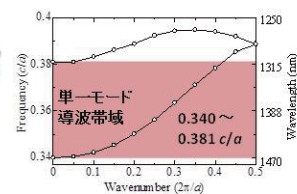
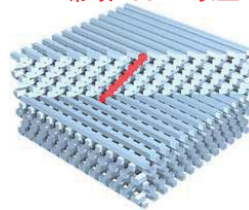


- ・中間目標(小型高速動作)達成
- ・低損失・低電圧で28Gbps変調、実用への課題解決

革新的光配線技術(京都大学)

三次元光配線技術: 広帯域層間光伝搬の実証

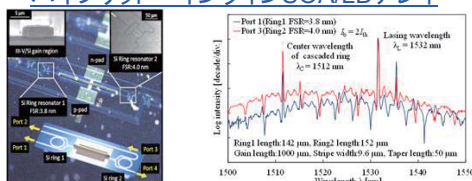
帯域100nm以上



- ・中間目標(層間方向への伝搬機能を実現)達成
- ・Q値900万も達成(世界最高値)

革新的光エレクトロニクス回路技術(東京工業大学)

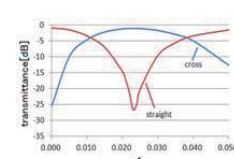
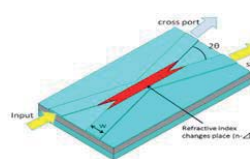
プラズマ活性化接合によるハイブリッドインラインSOA/LDアレイ



- ・素子作製と発振特性の確認に成功→中間目標(ハイブリッド基板上集積素子の実現/高効率化)達成見込み
- ・高効率化とスペクトル安定化に向け、プロセスを改良していく。

革新的光スイッチングデバイス技術(早稲田大学)

オフセットフリー低消費電力小型シリコン光スイッチ



- ・2x2構造交差導波路による導波確認→中間目標(クロスパー型超小型光スイッチ実証)達成見込み
- ・低クロストーク化、ナノ秒高速動作化、そして4x4以上の多ポート化に向けて、素子構造の改善を図る。

2-1-1 ボード間接続機器、筐体間接続

アクティブオプティカルケーブル(AOC)

1ch動作時BERサンプル比較 (25Gbps@PN31)

Rx単体出力@25Gbps

150mV/div, 10ps/div

1ch動作時BERサンプル比較 (25Gbps@PN31)

光ファイバアレイ 光I/Oコア (小型「ランターン」) 光信号

光I/Oコア PWB

150mV/div, 10ps/div

1ch動作時BERサンプル比較 (25Gbps@PN31)

ch1#8 ch2#8 ch1#11 ch2#11

光入力パワー [dBm]

シェルトップカバー
①コンパクト放熱スプレッダ デバイスから熱を引出し
②放熱フレーム 熱をシェルに伝導
シェルボトムケース

- ✓ ボード間を接続するAOCに搭載する光I/Oコア(Rx)で25Gbpsエラーフリー動作を確認
- ✓ 消費電力は約2.8mW/Gbps/ch@Rx
- ✓ 高効率冷却性能を持つAOCシェル開発

目標の達成度

・光I/Oコア内蔵のAOCを実現する実装/光接続構造/冷却機構の要素技術を開発し、H26年度中に筐体間伝送実証(中間目標達成予定)。標準化動向に準じた高速電気インターフェース仕様を決定。

事業化の見通し

AOC市場は2016年時点で180億円と予想、PETRAの低電力・高信頼性AOCの競争力は高い。2016年度事業化に向け、つば集中研と連携し開発推進中。

2-1-2 サーバボードのシステム化

CPU間光インターコネクト

要素技術開発

光I/Oコア付LSI、光電子集積インターポータ実現のための要素技術開発開始

- ・微細半田供給技術、フラックスレス接合プロセス開発
- ・ポリマー光導波路の光I/Oコア接続の課題を抽出

印刷後のウェハ外觀(88万個の印刷パター)

フлакセスレスリフロー機の接合状態(良好)

ベアチップ

配線基板 168μmピッチ

電気信号 光信号

ポリマー光導波路

光I/Oコア PWB

目標の達成度

・光インターコネクトの伝送スペックの決定と要素技術の開発を開始。中間目標達成。

事業化の見通しと取組み

CPU間を高バンド幅で接続する光電子集積インターポータは必須、成果をサーバ事業部門展開、採用を検討中。

基本設計

高密度伝送(800Gbps/cm)可能なCPU間光インターコネクトの基本設計完了

シリコンフォトニクスチップ

送信部

受信部

25Gbps動作実証

目標の達成度

・CPU間の高密度伝送を可能とする光インターコネクトの基本要件を決定。中間目標達成。

事業化の見通しと取組み

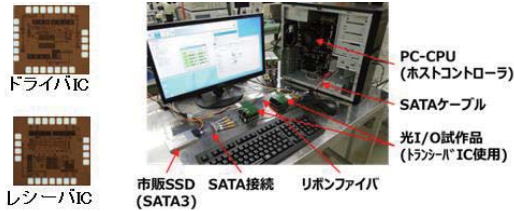
ハイエンドサーバ向けの事業化について富士通グループの事業部門と議論中。

2-1-2 サーバボードのシステム化

CPU/記憶素子間光接続

光I/O付SSD用光インターフェース

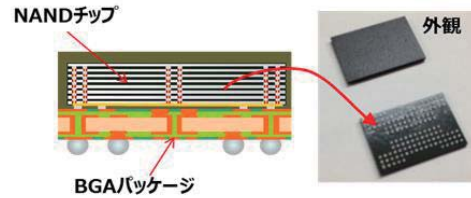
標準ストレージインターフェース (SATA) 規格での市販SSDの光I/O動作を達成



ストレージインターフェース向け光素子駆動ICを試作し、光I/OによるSATA規格信号をPC/SSD間で転送

光I/O付SSD用積層型NANDチップ

積層チップ型NAND (TSV接続) のデータ書き込み/読み出し初期動作を達成



評価ボード (BGAソケット実装) にて、メモリブロックのデータ消去/書き込み/読み込みシーケンスを検証

目標の達成度

光電子集積インターポーザと積層型ストレージチップ型SSDからなるハイブリッド型光I/O付きSSDを試作し、標準ストレージインターフェースによる光接続動作を検証。中間目標達成。

事業化の見通し

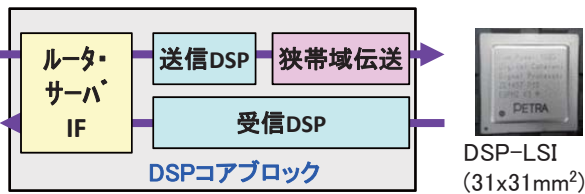
積層チップ型NANDによる高速低消費電力ストレージは、データセンターサーバ、クラウドストレージでの要求が高い。PJ中に派生品となる電気I/O-SSD、PJ開発後に光I/O-SSDの事業化を検討中

超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発 中間評価第1回分科会 (平成26年 9月30日)

2-2-1 データセンタ間ネットワーク接続

DSP-LSI

- ・ルータ・サーバ機器間インターフェース技術、狭帯域化伝送技術、低電力化技術を統合し、20nm CMOSプロセスを用いたDSP-LSI試作完了
- ・**100Gbps** DP-QPSK光変調方式による伝送特性(伝送距離840km)を確認



集積光デバイス

- ・部品の小型化・近接配置、超高精度実装技術を開発し、従来デバイスから**機能削減なしに容積比1/2以下の小型化を実現**
- ・従来サイズのデバイスと遜色ない特性(線幅・受信特性)を確認



目標の達成度

- ・**世界で初めて**20nm CMOSプロセスを用いて100Gbps動作に対応するDSP-LSIの設計・試作を行い**良好な動作確認: 中間目標達成**。
- ・100Gbps集積光送受信デバイスの試作し、従来比で、容積1/2以下の小型光源パッケージ、容積1/3以下の光受信器モジュール化技術を確認。中間目標達成。

事業化の見通し

100Gbpsの外部動向を鑑み、これまでの成果に基づき、電源変動・環境温度変動等の実使用環境を考慮した実用化開発、信頼性評価を行い、**早期に事業化**を行う見込み(平成27年1月予定)。

超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発 中間評価第1回分科会 (平成26年 9月30日)

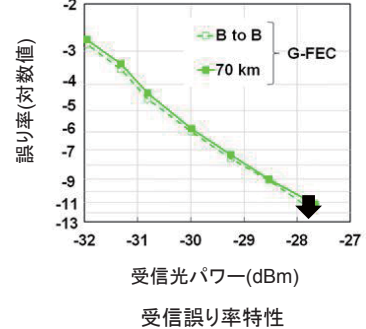
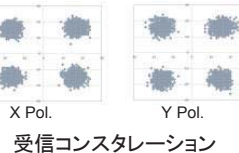
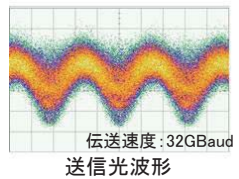
2-2-1 データセンタ間ネットワーク接続

デジタルコヒーレントトランシーバ

・データセンタ内で使用されているクライアント信号接続用CFP 100Gトランシーバの標準規格にDSP-LSI、送受信光デバイスを搭載。データセンタ間相当距離を伝送し、エラーフリー動作を確認。



試作CFPトランシーバ内部構造



目標の達成度

- ・プラグブルCFPタイプの100Gbpsデジタルコヒーレントトランシーバを試作し、従来比で容積1/2以下の小型化と従来比1/3となる低消費電力化を実現。中間目標達成
- ・世界で初めてデジコヒCFPトランシーバを学会発表(OECC2014 post deadline paper)。

事業化の見通し

100Gbpsの外部動向を鑑み、これまでの成果に基づき、電源変動・環境温度変動等の実使用環境を考慮した実用化開発、信頼性評価を行い、早期に事業化を行う見込み(平成27年1月予定)。

超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発 中間評価第1回分科会(平成26年9月30日)

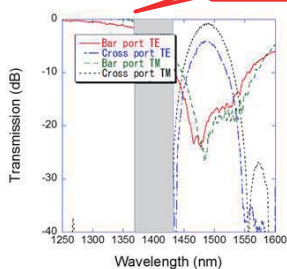
2-2 光電子集積光通信システム

2-2-2 企業間ネットワーク接続機器

双方向波長合分波器

上下方向波長の分離特性でGE-PON規格を達成。

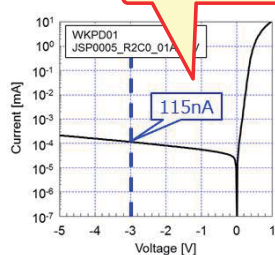
世界初



Ge受光器

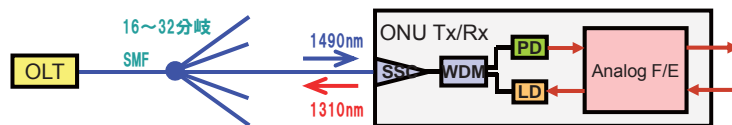
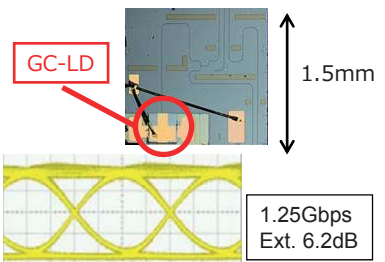
低暗電流と偏波無依存受光感度特性を達成し、GE-PON適用にめど。

世界トップレベル



アイソレータフリーDFB-LD

Siフォト集積チップ上にLDを実装し、GE-PON伝送規格を達成。



目標の達成度

- ・要素デバイスのGE-PON規格対応にめど。H26年度中に双方向プロトタイプで試作。中間目標達成見込み。

事業化の見通し

蔵分室事業部門でのES(平成27年度)、CS(平成28年度)評価を元に実用化開発を進める。

超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発 中間評価第1回分科会(平成26年9月30日)

2-3 国際標準化

成果のポイント

・プロジェクトで製品化を推進している仕様を、戦略的に国際標準仕様（OIF、IEEE802.3）へ反映させ、国際市場での競争力を高める。

2-3-1 光電子集積サーバシステムに関連する標準化

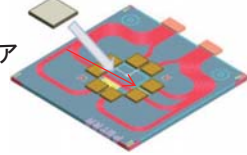
活動内容

- ・ OIFでパッケージ仕様/データを世界に先駆けて提案
- ・ IEEE802.3でデータセンタ向け光ファイバ（波長、光モード等）の提案活動を開始

成果： 寄書6件

ロジックLSI

光I/Oコア

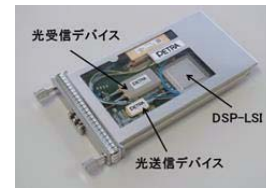
2-3-2 光電子集積光通信システム(デジタルコヒーレント・ トランシーバ) 標準化

活動内容

- ・ 100Gデジコヒトランシーバ（データセンタ、メトロ向け）
- ・ 100Gデジコヒ用DSP、光送受信デバイス（データセンタ、メトロ向け）

成果： 標準化文書（Implementation Agreement）：1件

寄書： 46件（先導研究時の寄書15件を含む）



目標の達成度

- ・標準化に参加し、提案活動を通じてPETRAのプレゼンスを確立。**中間目標達成。**
- ・100Gbpsデジコヒ光トランシーバに関する標準化については、OIFにおいて4インチ×5インチトランシーバの標準化・提案を行い、同文書の発行(2013年8月)により標準化に成功。**中間目標達成。**

(添付資料)

(A) プロジェクト基本計画

プロジェクト基本計画は、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、NEDOと表記する）のプロジェクトを効率的かつ効果的に実施するために、次に掲げるプロジェクトの基本事項を定めたものである。

- ① プロジェクトの目的、目標及び内容
- ② プロジェクトの実施方式
- ③ 研究開発の実施期間
- ④ 評価に関する事項
- ⑤ その他の重要事項

基本計画は、原則として全研究開発期間に亘り有効であるが、技術評価の結果や内外の研究開発動向・政策動向、研究開発予算の確保状況等の外部状況変化、あるいは研究体制、当該研究開発の進捗状況等の内部変化に応じて、適宜・適切にその内容を変更する。

本プロジェクト「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」の基本計画¹を次ページ以降に示す。

¹ 「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」基本計画：
<http://www.nedo.go.jp/content/100541934.pdf>

「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」基本計画

電子・材料・ナノテクノロジー部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

①政策的な重要性

クラウドコンピューティングの進展によりデータセンタなどにおける情報処理量や通信トラフィックが指数関数的に増大しており、今後も情報量の増大が予測されている。現状技術の延長ではデータ伝送に係る電力消費量は増加し続け、平成37年には4倍の2500億 kWh（現在の国内電力消費量全体の4分の1）に膨らむと見込まれている。このため、情報処理機器・装置の低消費電力化と高速化を両立できる技術の開発を進める必要がある。

②我が国を取り巻く状況

電子機器に用いられている電気配線では、データ伝送量や伝送距離の増加に伴い信号伝送の損失が大きくなるのに対して、光配線によるデータ伝送では、それらが増大しても損失は一定であり、消費電力の増加は極めて小さいというメリットがある。そのため、光配線技術は半導体分野の主要なグローバル企業が次世代のデータセンタなどの低消費電力化・高速化技術として有力視しており、開発競争が繰り広げられている。

③本事業のねらい

本研究開発は、情報通信機器の省電力化と高速化を目的に、電子機器の電気配線を光化する光配線技術と電子回路技術を融合させた光エレクトロニクス実装システム技術を実現する基盤技術を確立することを目指す。

本研究開発により、世界市場の約5割を占めてきた光半導体分野における我が国産業界の国際優位性を維持するとともに、光エレクトロニクスを用いた新たなコンピューティング市場において我が国が競争力を獲得し、さらには半導体産業、回路基板産業やそれらをシステム化したサーバ、ルータ等の情報通信機器産業など幅広いエレクトロニクス産業の活性化にも資する。

(2) 研究開発の目標

①アウトプット目標

本研究開発では、電子機器のデータ伝送に関して、電気配線を用いる場合に比べて1/10の低消費電力化と通信速度あたりの面積比で1/100以下の小形化を実現し、電気配線を用いたサーバボードに比べて消費電力を3割削減でき、データセンタレベルでの運用が可能な光電子融合サーバを実現するための構成要素技術を確立することを目指す。また、開発成果の一部は研究開発の進捗に合わせ、順次、実用化し、光配線と電子回路を融合させた光エレクトロニクス市場の創出と開拓を目指す。

個々の開発項目における中間および最終目標に関しては、別紙を参照のこと。

②アウトカム目標

本事業で開発される技術を、サーバ、データセンタ、ネットワーク機器等に適用し、普及させることにより、平成32年には年間約160億kWh、平成42年には年間約1300億kWhの電力削減が見込まれる。また、市場創出効果として3000億円程度が期待される。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき、研究開発を実施する。

【委託事業】

研究開発項目① 光エレクトロニクス実装基盤技術の開発

(i) 実装基盤技術

- (a) 光エレクトロニクス実装技術
- (b) 光エレクトロニクス集積デバイス技術
- (c) 光エレクトロニクスインターフェース技術
- (d) 光エレクトロニクス回路設計技術

(ii) 革新的デバイス技術

研究開発項目② 光エレクトロニクス実装システム化技術の開発

(i) システム化技術

- (a) サーバボードのシステム化技術開発
- (b) ボード間接続機器、筐体間接続機器のシステム化技術開発
- (c) データセンタ間接続機器のシステム化技術開発
- (d) 企業間ネットワーク接続機器のシステム化技術開発

(ii) 国際標準化

本研究開発は、実用化まで長期間を要するハイリスクな基盤的技術に対して、産官学の複数事業者が互いのノウハウなど持ち寄り、協調して実施する事業であり、委託事業として実施する。

また、開発成果の社会への浸透を図るため、成果の一部は、開発段階に合わせて順次実用化する。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、我が国の将来の成長の糧となるイノベーションを創出する未来開拓研究プロジェクト「光エレクトロニクス」において実施されるものであり、事業開始から6年間の研究開発実施者を経済産業省が平成24年度に企業、大学等の研究機関（委託先から再委託された研究開発実施者を含む）から公募によって選定し、共同研究契約等を締結する研究体を構築して開始したものである。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「NEDO」という。）が本研究開発の運営・管理を承継するに当たっては、その時点までの進捗状況を踏まえて研究開発を実施する。

(2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任と決定権を有するNEDOは、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、事業の目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適

切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて、技術推進委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度事業の進捗について報告を受けること等により進捗の確認及び管理を行うものとする。

3. 研究開発の実施期間

経済産業省は、未来開拓研究プロジェクト「光エレクトロニクス」の事業期間として平成24年度～平成33年度（10年間）を予定し、平成24年度～平成29年度までの6年間の実施体制を公募した。

これを受け、NEDOは平成25年度から平成29年度までの5年間の基本計画を策定し、研究開発を実施する。

4. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義及び将来産業への波及効果等について、事業項目毎に、外部有識者による研究開発の評価を実施する。具体的には本基本計画の対象期間においては、平成26年度、平成29年度に評価を実施し、評価結果を踏まえ、経済産業省と相談のうえ、事業の延長・加速・縮小や必要な体制の再構築などを含め、後年度の研究開発に反映することとする。

なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

5. その他重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

①成果の普及

得られた研究開発成果のうち、共通基盤技術に係るものについては、プロジェクト内で速やかに共有した後、NEDOおよび実施者が協力して普及に努めるものとする。

②標準化との連携

得られた研究開発の成果については、成果のグローバル展開に向けてオープン/クローズド戦略に基づき事業戦略と一体となった国際標準化を進める。また、諸外国に先んじて国際標準を獲得するため、国際標準提案に係る戦略的かつ迅速な国際標準獲得活動を実施する。

③知的財産権の帰属

委託研究開発の成果にかかわる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

また、推進体制を構成する企業等が相互に連携しつつ、研究開発及び事業化を効果的に推進するために、知的財産管理規定等を定めることを求める。

(2) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、第三者の視点からの評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

る。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号ニに基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成25年3月制定。

(別紙) 研究開発計画

研究開発項目①「光エレクトロニクス実装基盤技術の開発」

1. 研究開発の必要性

データセンタなどにおける情報処理量や通信トラフィックの指数関数的な増大とそれにとまなう消費電力の増加に対応するため、情報通信機器・装置の低消費電力化と高速化を両立できる技術の開発を進める必要がある。

本研究開発では、上記問題を解決する、電子機器の電気配線を光化した光配線技術と電子回路技術を融合させた光エレクトロニクス実装システム技術の根幹となる、光電子集積インターポーザ、光電子ハイブリッド回路基板等を実現するための構成要素技術として、以下の技術開発を行う。

2. 具体的研究内容

(i) 実装基盤技術

(a) 光エレクトロニクス実装技術

電気配線と光配線が融合した光電子ハイブリッド回路基板の作製技術、高密度の光・電気のインターフェースを備えた光電子集積インターポーザを光電子ハイブリッド回路基板に実装するための実装技術とインターフェース技術、および、高信頼、低コスト化を実現する設計・方式・製造装置を開発する。また、光電子集積インターポーザとLSIを接続するインターフェース技術、および光電子ハイブリッド回路基板間を接続する高集積コネクタ技術を開発する。さらに汎用電気インターフェースに対応した光素子駆動アナログ電子回路を開発し、ロジックLSIに搭載するためのアナログ電子回路技術の開発を行う。

(b) 光エレクトロニクス集積デバイス技術

光トランシーバや光電子集積インターポーザ等を実現する基盤技術として、光導波路、光源、光変調器、受光器、光入出力素子、合分波器などの超小型要素光素子を開発すると共に、これら高密度集積する技術を開発する。また、光信号の並列化、多重化、多値化についても検討を行い、インターポーザ上での大容量信号伝送技術を開発する。さらに、ロジック、メモリ等の電子回路チップの搭載が可能で、光トランシーバを高密度に集積した、低消費電力で低コストな光電子集積インターポーザを形成する基盤技術の開発を行う。

(c) 光エレクトロニクスインターフェース技術

大規模データセンタ内の筐体間接続、データセンタ間接続に向けた、100Gbpsの伝送容量を持つデジタルコヒーレント送受信モジュール実現のための信号処理回路と光回路に関する基盤技術を開発する。

(d) 光エレクトロニクス回路設計技術開発

光回路技術と電子回路技術を融合した新しい光エレクトロニクス回路の設計技術に関し、光、電子、それぞれの回路の最適設計を効率的に行うための統合設計環境を実現する基盤技術を開発する。さらに、本統合設計環境を本事業内の研究チームで利用可能とするための支援体制、スキームを整備する。

(ii) 革新的デバイス技術

[革新的光源・光検出器技術]

光電子集積インターポーザの光源、受光器の高性能化に向け、シリコン基板上量子ドットレーザ技術とその集積化技術の開発を行うとともに、高感度受光器に関する技術開発を行う。

[革新的光変調器技術]

光電子集積インターポーザの光変調器の高性能化に向けた光制御技術として、新原理に基づく次世代光変調器を開発する。

[革新的光配線技術]

光電子集積インターポーザの光導波路の高機能化に向けた光配線基盤技術として、フォトニックナノ構造等を用いた光配線技術の開発を行う。

[革新的光エレクトロニクス回路技術]

光電子集積インターポーザの光回路を高機能化する機能可変型光エレクトロニクス回路の基盤技術として、サーバ回路の再構成を可能とする光フィールドプログラマブルゲートアレイ技術、およびそのための要素デバイスの開発を行う。

[革新的光スイッチングデバイス技術]

大規模光電子集積インターポーザで実現されるサーバ回路におけるデータ通信の高効率化に向け、CPU間等の効率的なデータ転送を可能とする光ルーティング技術実現のためのハイブリッド集積光スイッチングデバイス技術、超高速集積光信号処理デバイスの開発を行う。

3. 達成目標

光電子集積インターポーザ、光電子ハイブリッド回路基板、および、それぞれの要素技術を組み込んだデバイスの集積化技術を開発することにより、電気配線の1/10の低消費電力化・高速化(1 mW/Gbps)を達成する目処を得るとともに、1/100以下の小形化実現のための要素技術を確認する。また、機器間光インターフェースにおいて、100Gbps/chの高速伝送及び現状の光トランシーバモジュールの消費電力(300W程度)を1/5~1/10まで低減できる低消費電力化技術を実現する。

各開発項目は開発期間を二期に分け、それぞれの期間で目標を定めて技術開発を行う。

(i) 実装基盤技術

(a) 光エレクトロニクス実装技術

多数の光デバイス・電子デバイスが搭載されたシリコンフォトニクスによる光電子インターポーザおよび光電子インターポーザを搭載した光電子ハイブリッド回路基板を実現するための基盤技術を開発する。

【中間目標】(平成26年度末)

小型の高速・低消費電力光トランシーバと数十mm角のポリマー光配線を形成した光電子ハイブリッド回路基板を開発し、光入出力を持つLSIを実現するための基盤技術を確認する。

【最終目標】(平成29年度末)

5cm×5cm程度の光電子ハイブリッド基板上にLSIを搭載するモジュール化技術を確認し、LSIモジュールでの高速光インターコネクトを実現する。

(b) 光エレクトロニクス集積デバイス技術

超高速のデータ伝送を行う光電子集積インターポーザを実現するため、シリコンフォトニクス技術を用いた光集積回路技術を開発するとともに、ロジックLSI、メモリLSI、光デバイス等を光電子集積インターポーザ上に高密度集積するための集積化技術を実現する。

【中間目標】(平成26年度末)

光信号の並列化技術、多重化技術を開発し、大容量信号伝送を実現するための基盤要素技術を確認する。また、低コスト化のための光素子の集積化技術と導波路技術を確認する。

【最終目標】(平成29年度末)

多数の光素子を集積した光電子集積インターポーザの大容量伝送を実現するための基盤集積技術を確立する。

(c) 光エレクトロニクスインターフェース技術

大規模データセンタ内の筐体間、データセンタ間の大容量通信を可能とする小型デジタルコヒーレント光トランシーバに必要な信号処理回路、光回路技術を平成28年度までに確立する。

【中間目標】(平成26年度末)

100Gbps動作に対応するDSP-LSIと集積光送受信デバイスの試作を行い、基本性能評価と問題点の抽出を行う。

【最終目標】(平成28年度末)

低消費電力DSP-LSI最終プロトタイプを実現するとともに、データセンタ間通信向け低消費電力100Gbpsデジタルコヒーレント光トランシーバを実証するための要素技術を確立する。

(d) 光エレクトロニクス回路設計技術

光回路技術と電子回路技術を融合した新しい光エレクトロニクス回路を効率的に設計するための光エレクトロニクス統合設計環境を実現し、プロジェクト内での活用を可能とするとともに、本プロジェクト成果事業化時に適用できる効率的な設計フロー構築のための基盤技術を確立する。

【中間目標】(平成26年度末)

マルチフィジクス対応の光エレクトロニクス実装システム統合設計環境の基本構成を構築し、統合設計を行うための基本的なフローの実証を行う。また、光デバイス設計の基盤技術として、光変調器等の開発に適用可能な電子・光連携TCADの基本構造を確立する。

【最終目標】(平成29年度末)

光デバイス設計用電子・光連携TCADと光電子集積インターポーザの設計を可能とする統合設計環境を連携させ、基本実装構造に関するデータベース(デザインキット)を整備し、光電子集積インターポーザを効率的に設計可能とする。

(ii) 革新的デバイス技術開発

光電子集積サーバの高性能化を可能とする光電子集積デバイスの小形化・低消費電力化・高性能化を非連続的に実現できる、挑戦性の高い革新的デバイス技術として、以下の技術開発を実施する。なお、当該技術開発に関しては、その開発の性質等を考慮し、技術開発の進捗度、本研究開発事業内での展開の可能性等の観点から、必要に応じて見直しを適宜実施するものとする。

[革新的光源・光検出器技術]

光電子集積インターポーザの光源、受光器の高性能化に向けてシリコン基板上量子ドットレーザ技術とその集積化技術の開発を行う。

【中間目標】(平成26年度末)

温度安定シリコン上量子ドットレーザの基盤技術開発を進め、シリコン導波路結合型単チャンネル量子ドットレーザを実現する。また、超高感度受光器の基盤技術として受光器における暗電流抑制効果を実証する。

【最終目標】(平成29年度末)

光電子集積サーバ用の集積化光源への展開に向け、量子ドットレーザアレイを実現するとともにシリコン系基板上に直接成長した量子ドットレーザを試作する。また、導波路型受光器における暗電流抑制技術を実現する。これらの検討を通じて、光電子集積サーバ技術への技術展

開の見通しを示すとともに事業化に対する課題を明確化する。

[革新的光変調器技術]

光電子集積インターポーザの光変調器の高性能化に向けて、新原理に基づく次世代超小型光変調器の開発を行う。

【中間目標】（平成26年度末）

光電子集積サーバに使用する光電子集積インターポーザの光変調器の超小形化を可能とする新原理に基づく変調器として、10Gbps程度の高速動作を実現する。

【最終目標】（平成29年度末）

超小型高速変調器としてLN変調器を凌駕する実用性能を得る。また、これらの検討を通じて、光電子集積サーバ技術への技術展開の見通しを示すとともに事業化に対する課題を明確化する。

[革新的光配線技術]

光電子集積インターポーザの光導波路の高機能化に向けたナノスケール光配線基盤技術として、フォトニック結晶構造等を用いた信号伝搬制御等に関する高度な光配線技術の開発を行う。

【中間目標】（平成26年度末）

光電子集積サーバの配線密度を飛躍的に高めることできる3次元光配線技術において、層間方向への伝搬機能が可能であることを実証する。

【最終目標】（平成29年度末）

3次元光配線技術として垂直方向と水平方向の伝搬機能の統合を実現する。また、これらの検討を通じて、光電子集積サーバ技術への技術展開の見通しを示すとともに事業化に対する課題を明確化する。

[革新的光エレクトロニクス回路技術]

光電子集積インターポーザの光回路を高機能化する機能可変型光エレクトロニクス回路の基盤技術として、光回路の再構成を可能とする光フィールドプログラマブルゲートアレイ技術、およびそのための要素デバイスの開発を行う。

【中間目標】（平成26年度末）

ハイブリッド回路基板上における半導体レーザの高効率化を行うとともに複数の光増幅器が並ぶアレイデバイスを実現する。

【最終目標】（平成29年度末）

異なる機能の光回路を同一回路基板上に集積し、光FPGAコンセプトを実証する。また、これらの検討を通じて、光電子集積サーバ技術への技術展開の見通しを示すとともに事業化に対する課題を明確化する。

[革新的光スイッチングデバイス技術]

大規模光電子集積インターポーザで実現されるサーバ回路におけるデータ通信の高効率化に向け、CPU間等の効率的なデータ転送を可能とする光ルーティング技術実現のためのハイブリッド集積光スイッチングデバイス技術、超高速集積光信号処理デバイスの開発を行う。

【中間目標】（平成26年度末）

サーバ回路におけるデータ通信の高効率化を可能とする導波路クロスバー型をベースとした超小型光スイッチを試作し、スイッチング動作を実証するとともに、超高速光信号処理デバイ

ス実現にむけた基本的な論理動作を実現する。

【最終目標】（平成29年度末）

光スイッチマトリクス^①の低電力化、光信号処理デバイス^②の10Gbps程度での動作を実証する。また、これらの検討を通じて、光電子集積サーバ技術への技術展開の見通しを示すとともに事業化に対する課題を明確化する。

研究開発項目②「光エレクトロニクス実装システム化技術の開発」

1. 研究開発の必要性

本プロジェクトで目指す小型、高速、低消費電力の光電子融合サーバを実現するには、それに適したシステムアーキテクチャを見出すとともに、運用信頼性のある実用性の高い技術の開発が必要である。

本研究開発では、光配線導入による低消費電力化や高速化などのメリットを生かすサーバ等のシステムアーキテクチャの要件・課題を抽出し、研究開発項目①「光エレクトロニクス実装基盤技術の開発」の要素技術を用いてシステムを構築するための基盤技術を開発する。これにより、システムの実用性を検証するとともに、要素技術開発にフィードバックすることで、完成度の高い技術の効率的な開発を実現する。

2. 具体的研究内容

(i) システム化技術

(a) サーバボードのシステム化技術開発

データセンタレベルでの運用が可能な、多種のLSIを高密度集積した光電子集積インターポーザを光電子ハイブリッド回路基板上に搭載した、小型・高速動作・低消費電力光電子融合サーバボードを実現するための基盤技術を開発する。また、高速ストレージインターフェースに適合する光インターフェースと大容量高速NANDデバイスを搭載した光インターフェース付き大容量SSDを実現するための基盤技術を確立する。

(b) ボード間接続機器、筐体間接続機器のシステム化技術開発

光送受信システムを内蔵し、光ケーブルと電気コネクタを実装した光トランシーバを開発し、アクティブ光ケーブル(AOC)を実現する。さらに、光トランシーバを集積した光電子ハイブリッド回路基板上に、既存ロジックLSIを実装した光ケーブル付きLSIを開発する。

(c) データセンタ間接続機器のシステム化技術開発

低消費電力DSP-LSIと集積型送受信光デバイスをモジュール化したデータセンタ間接続光トランシーバの実現を目的に、高周波実装回路技術と、変調器/ドライバ、受信フロントエンド等のデバイス制御技術を確立し、小型で低消費電力の100Gbpsデジタルコヒーレント光トランシーバを実現する。

(d) 企業間ネットワーク接続機器のシステム化技術開発

シリコンフォトリソグラフィ技術を用いたアクセスネットワーク用集積光エレクトロニクスチップを開発し、企業間ネットワーク接続機器に適用する一芯双方向波長多重トランシーバのシステム化技術を確立する。

(ii) 国際標準化

国際競争力を確保するために、諸外国での同種の研究開発プロジェクトの現状を分析するとともに、プロジェクトの進展状況を踏まえ、成果の優位性を保つために国際標準化を積極的に推進する。

3. 達成目標

電気配線を用いたサーバボード比で消費電力が3割削減でき、データセンタレベルでの運用が可能な、多種のLSIを高集積化した小型・高速動作・低消費電力な光電子融合サーバボード等を実現するため基盤技術を開発し、光電子融合サーバボード実現のための目処を得ることを目標とする。また、順次実用化する開発成果の事業化に必要な国際標準の提案を行う。

各開発項目は開発期間を二期に分け、それぞれの期間で目標を定めて技術開発を行う。

(i) システム化技術

(a) サーバボードのシステム化技術開発

電気配線を用いたサーバボード比で消費電力が3割削減でき、データセンターレベルでの運用が可能な光電子集積サーバボード実現のための基盤技術を開発する。多種のLSIが高密度集積した光電子集積インターポーザを光電子ハイブリッド回路基板上に搭載した小型・高速動作・低消費電力光電子集積サーバボードを実現するための課題抽出を行い、課題解決の目処を得る。また、高速ストレージインターフェースに適応する光インターフェースと大容量高速NANDデバイスを搭載した光インターフェース付き大容量SSDを実現するための基盤技術を確立する。

【中間目標】(平成26年度末)

光電子集積技術を最大限に活かすために光インターコネクションに要求される伝送スペック(変調速度、多重度、チャンネル数など)、および、光電子インターポーザの回路冷却に関する基本要件を明らかにする。また、光電子集積インターポーザと積層型ストレージチップ実装基板からなるハイブリッド型の光インターフェース付きSSDを試作し、標準ストレージインターフェースによる光接続動作を検証する。

【最終目標】(平成29年度末)

光電子集積サーバボードにおける伝送機能の主要部分からなる送受信部を試作し、要求スペックを満たす光伝送を実証する。また、光電子集積インターポーザに積層型のストレージチップを実装した光インターフェース付SSD技術を確立する。

(b) ボード間接続機器、筐体間接続機器のシステム化技術開発

光ケーブルと電気コネクタを実装した光トランシーバによるアクティブ光ケーブルの実現と、光トランシーバとロジックLSIを実装した光ケーブル付きLSIの実現に向け、次の開発を行う。

【中間目標】(平成26年度末)

小型光トランシーバを搭載したアクティブ光ケーブル(AOC)を完成させ、筐体間接続における実用性を実証する。また、標準化動向を考慮しながら、光トランシーバとロジックLSI間の電気伝送に関するインターフェース仕様を決定する。

【最終目標】(平成29年度末)

LSIと光トランシーバの接続構造を決定する。また、策定した設計基準に基づき既存ロジックLSIを搭載できる基板を設計・試作し、光ケーブルを用いたLSI搭載基板間光接続を実現する。

(c) データセンター間接続機器のシステム化技術開発

低消費電力DSP-LSIと小形集積型送受信光デバイスをモジュール化したデータセンター間接続用トランシーバの実現に向け、次の検討を行う。

【中間目標】(平成26年度末)

一次試作の光デバイスおよびDSP-LSIを用いたトランシーバを試作し、デバイス制御動作を検証するとともに改良・完成度向上に向けた指針・フィードバック事項を抽出する。

【最終目標】(平成28年度末)

抽出した技術課題を解決し、目標である小型、低消費電力を満たす100Gbpsデジタルコヒーレント光トランシーバを実現する。

(d) 企業間ネットワーク接続機器のシステム化技術開発

シリコンフォトリソグラフィ技術を用いた集積光エレクトロニクスチップを開発し、企業間ネットワ

ーク接続機器に適用する一芯双方向波長多重トランシーバを実現するための基盤システム化技術を確立する。

【中間目標】(平成26年度末)

シリコン光導波路による波長合分波器を用いて1.25Gbpsの一芯双方向光トランシーバを実証する。

【最終目標】(平成29年度末)

シリコン光導波路による双方向多重用合分波器と波長多重用合分波器を組み合わせて集積試作し、一芯双方向波長多重動作をシリコンワンチップ上で実証するとともに、企業間ネットワーク向け波長多重合分波器実用化のための要求課題を抽出し、解決の目処を得る。

(ii) 国際標準化

本プロジェクトでの開発成果の事業化に必要な各種インターフェースの標準化を獲得するため、次のような標準化活動を実施する。

【中間目標】(平成26年度末)

光インターコネクトに関する標準化団体(OIF(Optical Internetworking Forum)、IEEE E802.3(Next gen 100G Optical Ethernet Study Group))に参画し、「キーメンバーコミュニティ」におけるプレゼンスを確立する。また、100Gbpsデジタルコヒーレント光トランシーバに関する標準化を推進する。

【最終目標】(平成29年度末)

本プロジェクトの成果である光実装部品における各種インターフェース等の標準化提案活動を行い、

(B) 未来開拓研究プロジェクト実施要綱および実施に関する基本方針

未来開拓研究プロジェクト

経済産業省が実施している未来開拓研究プロジェクトは、中長期的観点の研究開発を優れた技術および知見を有する国内外の企業、大学、公的機関などで構築した研究体制で推進することにより、我が国が直面する環境・エネルギー問題及び少子高齢化問題等の構造的課題の克服、東日本大震災後の状況変化を踏まえたエネルギー需給安定化並びに新興国の台頭により厳しさを増す我が国産業の成長に貢献することを目標として実施されているものである。

本プロジェクト（「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」）は、2012年度（平成24年度）に未来開拓研究プロジェクトとして定められ、実施されている。

次ページ以降に未来開拓研究プロジェクトの実施要綱、および本プロジェクトが記載された基本方針を示す。

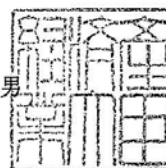
経済産業省

平成 24・03・21 産第 4 号

平成 24 年 8 月 28 日

未来開拓研究プロジェクト実施要綱

経済産業大臣 枝野 幸男



(目的)

第一条 この実施要綱は、経済産業大臣による未来開拓研究プロジェクトの実施に関する基本方針の策定に関する事項、経済産業省の関係部局による未来開拓研究プロジェクトの実施計画の策定に関する事項その他未来開拓研究プロジェクトを実施するために必要な制度の骨格に関する事項等を定め、未来開拓研究プロジェクトを円滑かつ効果的に実施することにより、もって我が国経済の持続的な発展を図ることを目的とする。

(定義)

第二条 この実施要綱において「未来開拓研究プロジェクト」とは、我が国の将来の成長の糧となるイノベーションを創出する、従来技術の延長線上にない、開発リスクの高い革新的技術に関する中長期的な研究開発プロジェクトであって、国のイニシアティブの下、優れた技術及び知見を有する国内外の企業、大学、公的研究機関等を集め、省庁の枠を超えて、継続的に実施されるものうち、第五条の規定による指定を受けたものをいう。

(基本方針)

第三条 経済産業大臣（以下「大臣」という。）は、未来開拓研究プロジェクトの実施に関する基本方針（以下「基本方針」という。）を作成するものとする。

2 基本方針には、次に掲げる事項について定めるものとする。

- 一 未来開拓研究プロジェクトの実施の目標
 - 二 未来開拓研究プロジェクトの要件に関する事項
 - 三 未来開拓研究プロジェクトの概要、未来開拓研究プロジェクトの成果の事業化を促進するための取組に関する事項、研究開発及び事業化に必要な知的財産の取扱いに関する事項その他未来開拓研究プロジェクトの円滑かつ効果的な実施に関し必要な事項
 - 四 前各号に掲げるもののほか、未来開拓研究プロジェクトの実施に関する重要事項
- 3 大臣は、研究開発の動向の変化、社会情勢の変化その他情勢の変化により必要が生じたときは、基本方針を変更するものとする。
 - 4 大臣は、基本方針を定め、又はこれを変更しようとするときは、あらかじめ産業構造審議会の意見を聴くものとする。

(未来開拓研究プロジェクト候補の選定)

- 第四条 産業技術環境局長は、基本方針において定める未来開拓研究プロジェクトの要件を満たしうる研究開発プロジェクトを次条において未来開拓研究プロジェクトとして指定するものの候補（以下「未来開拓研究プロジェクト候補」という。）として選定するものとする。
- 2 産業技術環境局長は、前項の規定による選定をしようとするときは、あらかじめ、技術総括審議官及び未来開拓研究プロジェクト候補の選定に関係する部局の長（以下「関係部局長」という。）の意見を聴き、その意見を尊重しなければならない。

(未来開拓研究プロジェクトの指定)

- 第五条 大臣は、前条第一項の規定により選定された未来開拓研究プロジェクト候補の中から、基本方針に適合すると判断されるものを未来開拓研究プロジェクトとして指定するとともに、当該未来開拓研究プロジェクトの実施に係る責任を有する部局の長（以下「所管部局長」という。）を指定するものとする。
- 2 大臣は、前項の規定により未来開拓研究プロジェクト及び所管部局長を指定した場合には、当該プロジェクトの概要及び所管部局長を基本方針に規定

するものとする。

(実施計画)

第六条 産業技術環境局長及び所管部局長は、共同で、未来開拓研究プロジェクトごとに、当該未来開拓研究プロジェクトを実施するための計画（以下「実施計画」という。）を定めるものとする。

2 実施計画においては、次に掲げる事項を規定するものとする。

一 未来開拓研究プロジェクトの目標及びその研究開発の内容

二 前号に掲げるもののほか、未来開拓研究プロジェクトの成果を事業化するための取組その他未来開拓研究プロジェクトの実施に必要な事項

3 産業技術環境局長及び所管部局長は、研究開発の動向の変化、社会情勢の変化その他情勢の変化により必要が生じたときは、実施計画を変更するものとする。

(年度計画)

第七条 産業技術環境局長及び所管部局長は、毎事業年度の開始前に、前事業年度までの未来開拓研究プロジェクトの進捗状況を踏まえ、実施計画に定める目標を達成するため、年度ごとの未来開拓研究プロジェクトの実施に関する計画（以下「年度計画」という。）を定めるものとする。

2 第六条第三項の規定は、前項の年度計画に準用する。

(政策評価)

第八条 産業技術環境局長は、経済産業省技術評価指針（平成二十一年三月三十一日）に基づき、定期的に、未来開拓研究プロジェクトについて評価を行うものとする。

2 産業技術環境局長及び所管部局長は、前項の評価の結果を踏まえ、未来開拓研究プロジェクトの実施計画又は年度計画を見直す必要があると判断した場合には、すみやかに、これらを変更するものとする。

(独立行政法人の協力)

第九条 産業技術環境局長及び所管部局長は、未来開拓研究プロジェクトの実

施に当たって、独立行政法人に対し、未来開拓研究プロジェクトの実施に関し必要な協力を求めるものとする。

(文部科学省等との連携の協議)

第十条 産業技術環境局長は、未来開拓研究プロジェクトの実施に当たって、文部科学省その他の行政機関（経済産業省を除き、以下「関係行政機関」という。）の所掌に係る科学技術の基礎的研究と密接な連携を行う必要がある場合には、関係行政機関の担当部局等の長に対し、未来開拓研究プロジェクトを連携して行うための体制の構築等に関する協議を申し入れるものとする。

2 産業技術環境局長は、未来開拓研究プロジェクトの実施に当たって、関係行政機関の所掌に係る事業と密接な連携を行う必要がある場合には、未来開拓研究プロジェクトの成果を活用する可能性がある事業等と密接な連携を行う必要がある事業を所管する関係行政機関の担当部局等の長に対し、未来開拓研究プロジェクトを連携して行うための体制の構築等に関する協議を申し入れるものとする。

(雑則)

第十一条 この要綱に定めるもののほか、未来開拓研究プロジェクトの実施に関し必要な事項は、産業技術環境局長が別に定める。

2 産業技術環境局長は、前項の規定により必要な事項を定めるときその他未来開拓研究プロジェクトの実施に必要な総合的な検討を行うときは、技術総括審議官及び関係部局長の意見を聴くものとする。

附 則

第一条 産業技術環境局長は、この要綱の施行後、技術総括審議官及び関係部局長の意見を聴いて、経済産業省が行う研究開発プロジェクトの企画・立案やその推進に関する基本方針の策定等の措置について検討を行い、所要の措置を講ずるものとする。

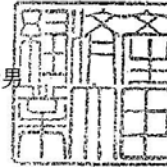
経済産業省

平成 24・03・21 産第 5 号

平成 24 年 8 月 28 日

未来開拓研究プロジェクトの実施に関する基本方針

経済産業大臣 枝野 幸男



1. 未来開拓研究プロジェクトの実施の目標

未来開拓研究プロジェクトは、中長期的視点の研究開発を優れた技術及び知見を有する国内外の企業、大学、公的研究機関等で構築した研究体制で推進することにより、我が国が直面する環境・エネルギー問題及び少子高齢化問題等の構造的課題の克服、東日本大震災後の状況変化を踏まえたエネルギー需給安定化並びに新興国の台頭により厳しさを増す我が国産業の成長に貢献することを目標とする。

2. 未来開拓研究プロジェクトの要件に関する事項

未来開拓研究プロジェクトは、客観的なデータ等に基づいて、以下のすべての要件を満たす技術とする。

①我が国経済社会に大きなインパクトを与える技術

我が国が直面する環境・エネルギー問題や少子高齢化問題等の根本的な解決に貢献し、経済成長への寄与の著しい技術であること。

②従来技術の延長線上にない、開発リスクの高い技術

実用化されていない新材料や新原理の導入など、従来技術の延長線上にない、非連続型の発展が必要な技術であり、実用化まで長期間を要し、開発に伴うリスクが高い技術であること。

③我が国が強みを持つ技術

影響力のある論文や重要特許の件数、関連する市場におけるシェア等が

ら、我が国が国際的に優位にあると判断される技術であること。

3. 未来開拓研究プロジェクトの円滑かつ効果的な実施に関し必要な事項

(1) 未来開拓研究プロジェクトの概要及び所管部局長

2. に定める要件を満たし、未来開拓研究プロジェクト実施要綱第五条第一項の規定により指定された未来開拓研究プロジェクトについて、その必要性・事業内容、2. の要件への適合、目的・目標等の事業概要及び所管部局長を別添1において整理するものとする。

(2) 未来開拓研究プロジェクトの推進体制等

未来開拓研究プロジェクトの成果の事業化を促進するための取組に関する事項その他未来開拓研究プロジェクトの円滑かつ効果的な実施に関し必要な事項について、以下のとおり定める。

① 推進体制の構築

研究開発のみならず、その後の事業化においても十分な成果を上げるため、それぞれの役割が明確で、研究開発及び事業化の段階において優れた技術、知見を有する相互補完的な関係にある企業（中小企業、ベンチャー企業を含む。）、大学、公的研究機関等から構成される事業推進体制（以下「推進体制」という。）を構築し、研究開発段階から事業化を志向して推進することとする。

なお、推進体制の構築に当たっては、国内外の技術及び市場の動向を調査した上で、国外の大学や企業の参画の是非を検討することとする。

② 関連独立行政法人の協力

研究開発及び事業化の促進に当たって、関連する分野において所管する独立行政法人の知見・ノウハウ等を活用することが必要である場合には、実施計画に当該独立行政法人の役割を位置付け、協力を求めるものとする。

③ 他省庁の施策との連携体制の構築

ア. 文部科学省等との連携

未来開拓研究プロジェクトに関連した文部科学省等が実施する基礎的研究との連携を密にし、研究開発の効率的推進や事業化の加速を実現するため、原則として、未来開拓研究プロジェクトと当該基礎的研究の参加者間で、研究課題の決定、成果の共有・取扱、設備の共用及

び研究人材交流の促進等について連携する体制を構築する。

イ. 他の事業所管省庁との連携

必要に応じて、未来開拓研究プロジェクトの成果の活用に関連した事業及び規制を所管する省庁との連携を密にし、研究開発の効率的推進や事業化の加速を実現するため、研究開発関連の調整及び共有のほか、規制緩和、導入促進等の関連施策を講じる連携体制を構築するものとする。

④研究開発及び事業化に必要な知的財産の取扱い等

推進体制の効果的な運用のため、別添2に掲げる基本的考え方に従って研究開発及び事業化に必要な知的財産管理の規定等の整備を求めることとする。また、参加する大学に、研究人材の流動化や実践的な人材育成への取組を促すこととする。

⑤その他事業化促進の取組

開発された成果を我が国の産業競争力強化につなげるため、事業者だけでなく、潜在的なユーザー等の意見を聴いて、標準化戦略や成果の市場への受容を促すための安全・性能証明の方策を含む事業化戦略を策定する。また、途中段階で得られた成果は他の施策と連携しつつ、事業化を図る。

4. その他、未来開拓研究プロジェクトの実施に関する重要事項

未来開拓研究プロジェクトを継続的に実施するため、予算、組織、制度等に関する必要な措置を行うよう努めるものとする。

関連技術や市場の動向を随時把握し、最新の技術や知見を事業に取り込むように努めることとする。

定期的に評価を実施し、研究開発の内容及び事業化の戦略等について適切な見直しを行う。

未来開拓研究プロジェクト

1. 高効率モーター

(1) 事業の必要性・事業内容

現在、電力の過半はモーターが消費している。また、家電や産業機械向けに加えて、自動車の電動化（HEV、EV、FCV）に伴ってモーターの需要の拡大が予想されている。モーターはその消費電力の2割を損失しており、中長期的なエネルギー需給戦略において、モーターの省エネは最重要課題の一つである。モーターの性能は磁石に依存しており、省エネに当たっては、高性能な磁石の開発が鍵となる。

現行で最強であるネオジム磁石は日本で発明されたものであり、我が国は磁石技術で世界をリードしてきた。特に自動車駆動用モーターに使用される高性能磁石に至っては、日本の3企業のみが生産している。一方、ネオジム磁石の性能が理論限界に接近し、米国における基本特許が期限を迎えることから、我が国の優位性が低下する恐れがある。

また、高性能磁石の原材料には、現在、中国がほぼ供給を独占しているレアアース（ネオジム、ジスプロシウム等）が大量に必要とされ、特定国の原料の生産動向に影響される可能性があることから、レアアースの安定確保に取り組むとともに、レアアースに依存しない体制の構築が急務となっている。

そのため、レアアースに依存しない革新的な高性能磁石を開発し、磁石産業の競争力を維持・強化することで、次世代自動車や家電、産業機械の心臓部であるモーターの競争力を確保し、我が国産業全体を活性化に寄与することを目指す。

(2) 要件への適合

①我が国経済社会への大きなインパクト

- ・ 電力消費の過半を占めるモーターに関する省エネ
- ・ 中国が掌握するレアアースからの脱却

②従来技術の延長線上にない、開発リスクの高さ

- ・ レアアースフリーかつ現行磁石の理論限界を超える高性能磁石の開発

③我が国の強み

- ・ 現行最強であるネオジム磁石を我が国が発明

・高性能磁石及び高効率モーター設計技術は日本が世界をリード

(3) 事業の目的・目標

現在のレアアース添加型磁石の2倍の磁力を持ちながら、レアアースを使用しない革新的な高性能磁石を開発する。また、内部エネルギー損失(鉄損)を半減するための高効率軟磁性体(鉄芯)を開発する。モーター全体の設計見直しを行い、システム全体としてのエネルギー損失を1/4削減する。

(4) 事業期間

平成24年度から平成33年度

(5) 事業規模

200億円程度を想定(平成24年度から3年の国庫債務負担行為を確保)

※中間評価等の結果を勘案し、事業規模は必要に応じて見直す。

(6) 所管部局長

製造産業局長

2. 光エレクトロニクス

(1) 事業の必要性・事業内容

クラウド・コンピューティングの進展によりデータセンタ等における情報処理の大規模化が進み、情報処理量や通信トラフィックが指数関数的に増大しており、今後とも情報量の増加は止まらないと予測されている。現状の技術のままではデータ伝送に係るコストや電力消費量は増加することが予測され、2025年には4倍(現在の国内電力消費量全体の4分の1)に膨らむと見込まれている。このため、機器・装置の低コスト化、低消費電力化を可能とする革新的技術の開発を進めていく必要がある。

これまで、情報通信機器は半導体回路の微細化を進めることで、低消費電力化や小型化、高機能化といったニーズに応じてきたが、微細加工技術の限界が見え始めている。この様な状況で一層の低消費電力化や高機能化を実現していくには、微細化以外の技術の高度化を図ることが必要である。光エレクトロニクス実装システム技術開発は、今後、情報処理量の急増に伴って、電力消費量の増大が見込まれている中、情報通信機器の省電力、

高速、小型化を可能とする光配線、光素子を開発し、システム化を行うものであり、低消費電力化や高機能化に対して極めて有効な施策となる。

光技術は半導体分野の主要なグローバル企業が次世代のデータセンタ等の低消費電力化・高性能化技術として有力視しており、米国で大型プロジェクトが進行中である。我が国は青色ダイオードを始めレーザーダイオード等の光半導体ではこれまで世界をリードし、世界市場の6割程度を占めてきた。IT機器、家電機器への光伝送技術の本格的導入に当たっては国家プロジェクトの下で、我が国が強みを有する要素技術を結集して、研究開発を進めることが必要である。それによって、光エレクトロニクスを用いた新たなコンピューティング市場において競争力を獲得し、ひいては半導体産業、回路基板産業や、それらをシステム化したサーバ、ルータ等の情報通信機器産業などの幅広いエレクトロニクス産業の活性化にも資することが出来る。

(2) 要件への適合

- ①我が国経済社会への大きなインパクト
 - ・2025年には電力消費4倍と予想されるIT機器のデータ伝送に関し、現状の1/10の低消費電力化・高速化
- ②従来技術の延長線上にない、開発リスクの高さ
 - ・半導体の微細化の限界を超えた省電力、高速、小型化を達成する光配線、光素子の開発
- ③我が国の強み
 - ・レーザーダイオード等の光半導体は我が国が世界をリード

(3) 事業の目的・目標

光配線、光素子を開発し、電子機器のデータ伝送に関し、現状の1/10の低消費電力化・高速化と通信速度あたりの面積比で約1/100以下の小型化・高密度配線を可能とする光エレクトロニクス実装システム技術を実現し、データセンタレベルでの運用可能性を検証する。これにより、電力消費が急増すると予想される電子機器の消費電力を大幅に（サーバの場合は3割）削減する。

(4) 事業期間

平成24年度から平成33年度

(5) 事業規模

300億円程度を想定

※中間評価等の結果を勘案し、事業規模は必要に応じて見直す。

(6) 所管部局長

商務情報政策局長

3. 革新的触媒

(1) 事業の必要性・事業内容

我が国の化学産業は、出荷額約40兆円、従業員数約88万人を擁する一大産業であり、高い国際競争力を誇る製品を多数生み出している。とりわけ石油化学部材やケイ素部材は自動車、情報・通信分野等の高度組立産業を中心に必要不可欠な役割を果たしている。

一方で、同産業は基幹化学品から機能性化学品までの様々な製品の原料として化石資源を大量に消費し、二酸化炭素排出量においても産業分野の13%を占める。地球温暖化が懸念され、輸入に頼る石油の価格上昇や枯渇リスクに直面する中、化学品製造の革新的イノベーションの実現により、こうした課題を乗り越えていくことが急務となっている。石油資源からの脱却や低炭素社会の実現のためのキーテクノロジーである触媒技術は、ノーベル化学賞を受賞した野依良治、鈴木章、根岸英一教授らを擁する我が国が世界トップレベルの技術を有する。

そのため、二酸化炭素と水を原料に太陽エネルギーでプラスチック原料等基幹化学品を製造する革新的触媒や、砂から有機ケイ素原料を直接合成し、同原料から高機能有機ケイ素部材を製造する革新的触媒等の技術開発を行い、我が国が有する技術の国際的優位性を確保しながら、資源問題、環境問題を同時に解決することを目指す。

(2) 要件への適合

①我が国経済社会への大きなインパクト

・石油に依存しない化学品製造プロセスの構築

②従来技術の延長線上にない、開発リスクの高さ

・二酸化炭素と水を原料に太陽エネルギーでプラスチック原料等の基幹化学品等を製造する触媒の開発

③我が国の強み

・キーテクノロジーとなる触媒技術において、我が国は多数のノーベル化

学賞受賞者を輩出するなど、世界をリード

(3) 事業の目的・目標

二酸化炭素と水を原料に太陽エネルギーでプラスチック原料等基幹化学品を製造する革新的技術を確立するため、太陽エネルギーにより水から水素を製造する光触媒のエネルギー変換効率の30倍以上の飛躍的向上等を図り、2030年に既存のオレフィン製造量の20%を代替し、オレフィン原料であるナフサを17%削減する。また、金属ケイ素を経ない砂からの有機ケイ素原料や高機能有機ケイ素部材を製造する革新的技術を確立するため、ケイ素に適用可能な触媒の開発及びその反応率の向上等を図り、有機ケイ素部材の高性能化や製造プロセスの省エネ化（低コスト化）により、更なる市場拡大を実現する。

(4) 事業期間

平成24年度から平成33年度

(5) 事業規模

170億円程度を想定（平成24年度から3年の国庫債務負担行為を確保）

※中間評価等の結果を勘案し、事業規模は必要に応じて見直す。

(6) 所管部局長

製造産業局長

未来開拓研究プロジェクトにおける知的財産等の取扱に関する基本的考え方

- ・ 未来開拓研究プロジェクトにおいては、参加者間のシナジー効果の発揮等によるプロジェクトの目的(研究開発の成功と成果の事業化による国益の実現)達成を確実にするため、知的財産について適切な管理を行う。
- ・ 具体的には、プロジェクトで発生する知的財産が、原則として参加者に帰属することを前提に、以下のような問題を防止する観点から、プロジェクトごとの事情に応じて、適切な措置を講ずる。

1. 参加者の所有する知的財産権(フォアグラウンド、バックグラウンド)がプロジェクトの推進の障害になること
2. 参加者 A と B の協力(A から B への知的財産権の実施許諾や材料提供等)による事業化を想定していたところ、A からプロジェクト外の X(B の競合相手等)に対して、より有利な条件で実施許諾や材料提供がなされてしまい、プロジェクトの目的が達せられなくなること
3. A から B への知的財産権の実施許諾や材料提供等が何らかの事情(例:A の X による買収、A のプロジェクトからの脱退 等)で滞り、プロジェクトの目的が達せられなくなること
4. 大学等と企業の共有特許に係る不実施補償等を巡る協議が難航し、産学連携や事業化に支障が生じること

- ・ 経済産業省は、プロジェクトごとの事情に応じて、これらの問題を防止するために必要な措置を、経済産業省と事業推進体制間の契約や事業推進体制内の規約等の形で具体化し、適切な管理を実現する。
- ・ なお、未来開拓研究プロジェクトにおいては、プロジェクトの発明に基づく知的財産権の出願費用は、原則として参加者の自己負担とするが、必要に応じ、事業推進体制内の審査を経て、予算の範囲内で、プロジェクト予算で負担することができることとする。

(C) 超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発事前評価報告書、総合科学技術会議が実施する国家的に重要な研究開発の評価結果

次ページ以降に2011年度（平成23年度）に、産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会にて実施された本プロジェクトの実施に係る事前評価書、および、総合科学技術会議が実施する国家的に重要な研究開発の評価「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」の評価結果を示す。この結果に基づき、事業の効率的かつ効果的な実施を行っている。

超低消費電力型光エレクトロニクス
実装システム技術開発事業
事前評価報告書

平成23年7月
産業構造審議会産業技術分科会
評 価 小 委 員 会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成20年10月31日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」（平成21年3月31日改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

今回の評価は、「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発事業」の事前評価であるが、本事業は、現在、新しい国家プロジェクトのあり方として議論している非連続型研究開発事業の一つとして検討していることから、この視点から評価を行うことが必要と考え、産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会に付議することとした。

なお、当該研究開発事業は、昨年事前評価を実施した「超低消費電力型光電子ハイブリッド回路技術開発事業」の名称を「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発事業」へ変更し、来年度から実質的な研究開発をスタートさせるものであり、技術開発内容等に大きな変更がないことから、この度の事前評価では、第1章技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要及び第2章評価コメントは、昨年事前評価した「超低消費電力型光電子ハイブリッド回路技術開発事業」のものを掲載している。

今般、当該研究開発事業に係る検討結果が事前評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（小委員長：平澤 冷 東京大学名誉教授）に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成23年7月

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会
委員名簿

委員長	平澤 冷	東京大学名誉教授
	池村 淑道	長浜バイオ大学バイオサイエンス研究科研究科長 バイオサイエンス学部学部長 コンピュータバイオサイエンス学科 教授
	大島 まり	東京大学大学院情報学環教授 東京大学生産技術研究所教授
	太田 健一郎	横浜国立大学特任教授
	菊池 純一	青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長
	小林 直人	早稲田大学研究戦略センター教授
	鈴木 潤	政策研究大学院大学教授
	中小路 久美代	株式会社SRA先端技術研究所所長
	森 俊介	東京理科大学理工学部経営工学科教授
	吉本 陽子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 経済・社会政策部主席研究員

(委員敬称略、五十音順)

事務局：経済産業省産業技術環境局技術評価室

「情報政策関連事業」に係る事前評価検討会
委員名簿

座長 藤村 修三 東京工業大学 イノベーションマネジメント研究科 教授

加藤 和彦 筑波大学大学院システム情報工学研究科 教授

新 誠一 電気通信機器大学電気通信学部システム工学科 教授

館 暲 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 教授

廣瀬 通孝 東京大学情報工学研究科 教授

前口 賢二 (社)半導体産業研究所 所長

望月 洋介 (株)日経BP クリーンテック研究所長

(敬称略、五十音順)

事務局:経済産業省商務情報政策局情報政策課

超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発事業（旧「超低消費電力型光電子ハイブリッド回路技術開発事業」）の評価に係る省内関係者

【事前評価時】

商務情報政策局 情報通信機器課長 吉本 豊（事業担当課長）

産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 秦 茂則

新規研究開発事業「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発事業」（旧「超低消費電力型光電子ハイブリッド回路技術開発事業」）に関する事前評価

審議経過

○事前評価検討会（平成22年5月10日）

- ・評価の方法等について
- ・技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要並びに創設の妥当性について
- ・評価の進め方について

※会議終了後、メールレビューにて評価報告書（案）の審議

○産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成22年7月7日）

- ・事前評価報告書（案）について（個別審議）

○産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成23年7月22日）

- ・事前評価報告書（案）について

目 次

はじめに

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会 委員名簿

「情報政策関連事業」に係る事前評価検討会委員名簿

「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発事業」（旧「超低消費電力型光電子ハイブリッド回路技術開発事業」）の評価に係る省内関係者

「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発事業」（旧「超低消費電力型光電子ハイブリッド回路技術開発事業」）事前評価 審議経過

	ページ
第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要	
1. 技術に関する施策の概要	1
2. 新規研究開発事業の創設における妥当性等について	1
3. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等	3
第2章 評価コメント	4
第3章 評価小委員会のコメント及びコメントに対する対処方針	7

（参考資料1）「超低消費電力型光電子ハイブリッド回路技術開発事業」事前評価に係る評価小委員会委員からのコメント及び対処方針

（参考資料2）超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発事業の概要（PR資料）

第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

1. 技術に関する施策の概要

「科学技術で世界をリード」（総理所信）し、環境と経済が両立した持続可能な成長に貢献するべく、グリーンイノベーションを推進する研究開発、国際競争力の強化を実現することが必要。情報通信機器分野においては、我が国の主力産業の一つであり、国際的な技術開発競争が最も激しい分野の一つでもあるIT・エレクトロニクス産業の競争力強化と「グリーンIT」による低消費電力化への貢献を目的に、各種デバイスやネットワーク関連機器等の開発に取り組む。

2. 新規研究開発事業の創設における妥当性等について

○プリント基板等の電気配線基板は、情報通信機器、映像機器、携帯機器、ロボット、計測機器、自動車などを始めとして、殆ど全ての民生用／産業用電子機器で広く利用されており、我が国の基幹産業を支える基盤技術である。

○現在、上記電子機器で扱う情報量は飛躍的に増加しており、今後とも情報量の増加は止まらなると予測されている。この情報量の増加に伴い、電気配線基板には、情報信号の高速化、配線密度の高密度化、小型軽量化、柔軟性等が求められている一方で、省エネ化も達成する必要がある。

○しかしながら、電気配線には本質的に電気抵抗、電気容量、インダクタンスが存在するため、信号の周波数が高くなると消費電力が大きくなる、配線サイズが大きくなる、電磁干渉による雑音が大きくなる等の課題が生じ、上記の要求を満たすことが困難になってきている。

○これまでに、LSIチップ内のグローバル配線を光配線化するための技術開発事業（MIRAIプロジェクト）、LSIモジュール内配線を光配線化するための技術開発事業（フォトリソ・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発）、および電気配線基板間（バックプレーン）を光で接続するための技術開発事業（次世代高効率ネットワークデバイス技術開発）等は実施されているが、LSIモジュール間（電気配線基板内）配線の上記課題に対する技術開発が手つかずの状態にあり、早急に着手する必要がある。

○半導体国際技術ロードマップ（ITRS）によると、早ければ2015年頃にはLSIモジュール間の配線に光配線が必要になると予測されている。その実現のためには、インターフェースの標準化やサプライチェーンの変革も必要になり、民間企業の単独による開発・事業化では不可能である。このような状況を受け、米国では2008年からDARPAの資金による光電子ハイブリッド集積PJであるUNIC-PJが、同じく欧州ではEUのFP7の資金による多数の光電子ハイブリッド集積関係PJ（HELIOS, BOOM, HISTRIC, WADIMOS等）が開始されており、応用範囲の広い本基盤技術分野で日本が遅れをとらないためにも、早急に国の主導による技術開発を開始する必要がある。

○上記の課題を解決した配線基板を実現するため、高周波信号の接続を高密度・小型・低消費電力で行うことが出来る光配線と、小型・低消費電力で信号処理を行うことができるCMOS-LSIをハイブリッド集積した光電子ハイブリッド回路基板技術開発を、産

学連携により実施する。

- 具体的には、従来のLSIのインターフェース機能および電気プリント基板の配線機能を、シリコンまたは化合物半導体を用いた集積型光インターフェースおよび光配線基板に置き換え、これらをCMOS-LSIおよび電気配線基板とハイブリッド集積することにより、1mW/Gbps以下の低消費電力化・高速化と従来面積比で約1/100以下の小型化・高密度配線化を実現する技術開発を実施する。更に、波長多重技術および光スイッチング技術等を適用することにより、高速・高密度・柔軟・省エネルギーな光配線を実現する。また、究極の省エネ技術である、全光型革新的デバイス（光IC、光LSI）の基盤技術開発も進める。

第2章 評価コメント

1. 事業の目的・政策的位置付け（新規研究開発事業の創設）の妥当性

光デバイス技術の開発は半導体ロードマップにより比較的短期で実用化が望まれている技術であり、小型・低消費電力機器を実現するためには必須の技術である。またコンピューティングや将来のスマートグリッドに代表される大規模通信網を支える基盤技術として不可避である。中でも本プロジェクトが目的としている光電子ハイブリッド回路技術は光通信システムを構築してゆく上での一つの技術的ボトルネックとなっていることから、産学連携によりこれを解決することの意義は大きい。本事業による要素技術確立、インターフェイス標準化、CMOS-LSIとのハイブリッド集積実証が行われることで一気に企業製品開発へ移行する環境が生まれる期待は大きい。

なお、本プロジェクトの開発技術は激しい国際間での開発競争が予想されることから、わが国産業を国際競争において優位な位置に立たせることができるかどうかモジュールレベルでのコスト・性能比を強く留意した開発が必要であると同時に、プロジェクトの柔軟で慎重な推進が求められる。また、デバイスがどういう新しいシステムを生み、どうエネルギーを削減するかはわかるが、その変化は量的な変化だけでなく、世の中の変化にどう影響するのかを示すことが必要と思われる。

【肯定的意見】

・光を利用した本プロジェクトは、産学連携が必須の分野と考える。コンピューティングとしても、社会インフラとしても不可避になる技術であり、ここに国の予算がつくことは妥当だと考える。

・目標とする時期に関して、「ITRSに遅れを取らない」と読める文章があるが、ITRSよりも前倒して実現することを期待する。

・光デバイス技術は将来のスマートグリッドに代表される大規模通信網を支える基盤技術の一つである。中でも本プロジェクトが目的としている光電子ハイブリッド回路技術は光通信システムを構築してゆく上での一つの技術的ボトルネックとなっている。従ってこれを解決することの福音は大きい。

・LSIモジュール間の光配線は半導体ロードマップにより比較的近場で実用化が急がされている技術であり、小型・低消費電力機器を実現するためには必須の技術です。本事業による要素技術確立、インターフェイス標準化、CMOS-LSIとのハイブリッド集積実証が行われることで一気に企業製品開発へ移行する環境が生まれる期待は大きい。

【問題点・改善すべき点】

・10年前にも同様の事業提案があったように記憶している。技術は進展し、社会情勢も変わってきている。過去からの経緯を含めて、ロードマップが欲しい。

・他の事業に比べ、国が開発すべき論点が、希薄である。そこを明確にすべきである。

・デバイスがどういう新しいシステムを生み、どうエネルギーを削減するかはわかる。しかし、その変化は量的である。もっと質的な変化につながるアイデアをデバイスとシステムの連携で作れないものか。

・しかし一方で、上記肯定的意見での記述内容は激しい国際間での開発競争が予想されることを意味する。すなわち、本プロジェクトがわが国産業を国際競争において優位な位置に立たせることができるかどうかは微妙である。もちろん開発に遅れを取り追従す

る側に回った場合でも、基礎的な知識を有しているかどうかでその追従速度は変わってくる。従って、国際競争の激しさは本プロジェクトの重要性を低下させるものではないが、プロジェクトの柔軟で慎重な推進が通常の研究・開発プロジェクトよりも求められる。

・実用化に向けた大きな課題はコストと思います。モジュールレベルでのコスト・性能比を強く留意した開発を望みます。

2. 今後の新規研究開発事業の実施に向けての提言

息の長い開発が必要なことは分かるが、戦略性や将来見通しを技術者目線ではなく、国民目線で説明できるかが重要である。また目的と光電子ハイブリッド回路技術の進捗状況だけでなく、関連する他の技術の発展状況を踏まえて随時研究・開発方針を柔軟に適正化するための研究戦略組織の併設が必要と思われる。

【各委員の提言】

- ・この課題に限らず提案されている技術は重要だけど目新しさが無い。息の長い開発が必要なことは分かるが、それだけに歴史も含めて戦略性や将来見通しが必要。昨年と今年は何が違うかを技術者目線ではなく、国民目線で説明できるかが重要。
- ・目的と電子ハイブリッド回路技術の進捗状況だけでなく、関連する他の技術の発展状況を踏まえて、随時研究・開発方針を柔軟に適正化するための研究戦略組織の併設が必要と思われる。
- ・アプリケーションにより求められる性能、コストが異なると思います。今後の議論の中で明確にして欲しい。

第3章 評価小委員会のコメント及びコメントに対する対処方針

本研究開発事業に対する評価小委員会のコメント及びコメントに対する推進課の対象方針は、以下のとおり。

【超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発事業】

コメント①

非連続型研究開発として国が長期・段階的に実施する必要性等をより明確にするとともに、当面する技術的な進捗度の評価や、その実用化に伴う新しい課題の探索・解決などの学習型の仕組み作りを試みる等、プログラム設計とその運用に配慮しながら進めていただきたい。

対処方針①

平成23年度に光エレクトロニクス実装技術に関する先導研究の結果等を踏まえ、平成24年度以降本事業において国が長期・段階的に実施する必要性等をより明確にするとともに、技術的な進捗度の評価や、その実用化に伴う新しい課題の探索・解決などの学習型の仕組み作りを試みる等、適切に執行を進めて行く。

「超低消費電力型光電子ハイブリッド回路技術開発事業」事前評価に係る
評価小委員会委員からのコメント及び対処方針

コメント	対処方針
<p>○本事業については、光素子・全光通信に既に取り組んでいる通総研のプログラムとの連携が必要。省庁間の共管プログラムにしてはどうか。</p> <p>○我が国の光電子ハイブリッド回路技術は、欧米等に比べて遅れており、実用化に向けた明確なロードマップを作成し、早急に取り組むことを期待。</p>	<p>○本プロジェクトはボード内・機器内・データセンタ内の省エネを目指すものであり、総務省及び情報通信研究機構の光ネットワークの研究開発とは、オール光用機器・システム実現を見据えて研究成果を共有するなど連携を行う方針である。</p> <p>○欧米等に対して優位に立てるように、高い競争力を有する日本の中核企業が結集して行う。その際、優先的に行う技術開発課題の抽出、先行開発を視野に入れたロードマップの策定を行う方針である。</p>

超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発

商務情報政策局 情報通信機器課
03-3501-6944

事業の内容

事業の概要・目的

○クラウド・コンピューティングの進展によりデータセンターの情報処理の大規模化が進み、情報処理量や通信トラフィックの指数関数的増大に直面しています。光電子ハイブリッド回路技術開発は、省電力、高速で小型な光接続により様々なLSIを高集積することを可能とすることから、高い情報処理能力を有するサーバ等のIT機器の大幅な消費電力低減が見込まれます。

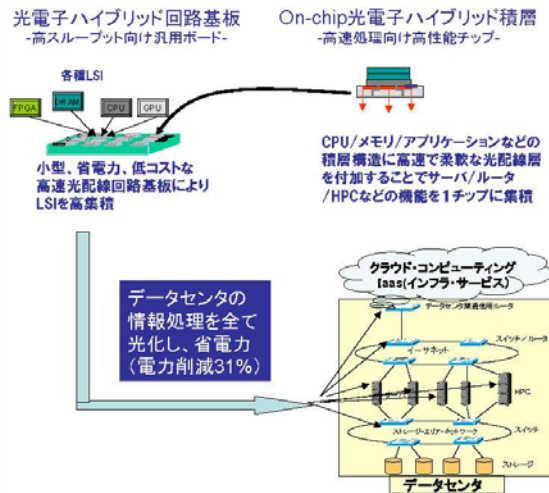
○データセンターを構成するルータ、サーバ等のIT機器内におけるLSI内間の配線とインターフェイスを、電子回路と光回路をハイブリッド集積した光電子ハイブリッド回路技術の研究開発により小型、省電力、低コスト化し、データセンターの情報処理量の増加による課題を解決します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

○光電子ハイブリッド回路をルータ、サーバ等の全てのIT機器に搭載し、情報処理量の増加に対応し省電力化を実現します。



総合科学技術会議が実施する
国家的に重要な研究開発の評価

「超低消費電力型光エレクトロニクス
実装システム技術開発」
の評価結果

平成 23 年 12 月 15 日

総合科学技術会議

目 次

1. はじめに.....	1
2. 評価の実施方法.....	2
2.1. 評価対象の概要.....	2
2.2. 評価目的.....	2
2.3. 評価方法.....	3
3. 評価結果.....	6

参考1 評価専門調査会 名簿

参考2 評価検討会 名簿

参考3 審議経過

参考4 第1回検討会 経済産業省提出資料【省略】

参考5 第2回検討会 経済産業省提出資料【省略】

1. はじめに

総合科学技術会議は、大規模な研究開発その他の国家的に重要な研究開発について、国の科学技術政策を総合的かつ計画的に推進する観点から、自ら評価を行うこととされている(内閣府設置法第26条)。

このため、総合科学技術会議では、新たに実施が予定される国費総額が約300億円以上の研究開発について評価を行い、その結果を公開するとともに、評価結果を推進体制の改善や予算配分に反映させることとしている。評価にあたっては、あらかじめ評価専門調査会が、必要に応じて専門家・有識者の参加を得て、府省における評価の結果も参考に調査・検討を行い、総合科学技術会議はその報告を受けて結果のとりまとめを行うこととしている。

「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」は、平成24年度予算概算要求において、経済産業省が新たに実施することとした事業であり、平成24年から平成33年までの10年間の国費総額約291億円を見込む大規模研究開発である。総合科学技術会議では、評価専門調査会に当該研究開発に関係する分野の専門家・有識者を交えて調査・検討を行った。その結果を踏まえて評価を行い、その結果をここにとりまとめた。

総合科学技術会議は、本評価結果を関係大臣に通知し、実施計画や推進体制の改善、予算配分への反映を求めるとともに、評価専門調査会において、その実施状況をフォローアップすることとする。

2. 評価の実施方法

2.1. 評価対象の概要

○名称:『超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発』

○実施府省:経済産業省

○実施期間及び予算額:

平成 24 年度から平成 33 年度まで。

国費総額約 291 億円。

平成 24 年度予算概算要求額約 60 億円。

○事業内容:

光配線(高屈折率、低減衰率の微細な光導波路)や光素子(小型で低損失な光変調器、受光器等)の開発を行い、光エレクトロニクス(エレクトロニクスとフォトニクスの融合)実装システム技術を実現することにより、今後、電力消費が急増すると予想されるサーバ等の電子機器の消費電力を大幅に削減する。

2.2. 評価目的

総合科学技術会議は、国の科学技術政策を総合的かつ計画的に推進する観点から実施し、評価結果を関係大臣に通知して、当該研究開発の効果的・効率的な遂行を促進することを目的に評価を実施する。

2.3. 評価方法

(1) 評価検討会の設置

評価に必要な調査・検討を行うため、評価専門調査会[参考 1]の有識者議員1名、専門委員3名に、外部より当該分野の専門家・有識者3名の参加を得て、評価検討会を設置した[参考 2]。

当該分野の専門家、有識者の選任においては、評価専門調査会会長がその任に当たった。

(2) 評価時期

評価結果を推進体制の改善や予算配分に反映させる必要があるため、予算概算要求提出後、10月より調査・検討を開始し、年内に評価結論を得ることとした[参考 3]。

(3) 調査・検討方法

ア. 過程

- ・ 第1回評価検討会において、経済産業省の担当室長他から研究開発等の内容について説明を受け[参考 4]、質疑を行い、イ. の調査・検討項目を念頭に問題点や論点候補について議論した。その後、この議論と評価検討会委員から提出された追加質問に基づく追加説明依頼項目について、経済産業省へ対応を依頼した。また、評価検討会委員からの評価コメントを踏まえ、論点を整理した。
- ・ 第2回評価検討会において、追加説明依頼項目について経済産業省から説明を受け[参考 5]、質疑を行い、問題点や論点を議論した。
- ・ 第1回、第2回評価検討会での調査・検討内容及び、評価検討会委員からの評価コメントを踏まえ、評価結果原案(評価に

係る調査・検討結果)を作成した。

- ・ 評価専門調査会において、評価結果原案(評価に係る調査・検討結果)を検討し、評価結果案をとりまとめ、総合科学技術会議において審議の上、決定した。

イ. 調査・検討項目

評価検討会においては、(1)の依頼項目について経済産業省から説明を受け、(2)の調査検討項目に係る基本的な項目に加え、評価対象事案に応じた評価の視点を明示し、調査・検討を実施した。

(1)依頼項目

- ①名称
- ②実施期間、全体事業費(うち国費)、平成24年度予算概算要求額
- ③目的(背景、意義、効果など)
- ④科学技術基本計画における位置付け等
- ⑤実施内容と目標(具体的な実施内容と達成目標、期待する成果など)
- ⑥年次計画(具体的な実施内容、事業費とその用途別内訳など)
- ⑦実施体制
- ⑧推進体制(役割、権限、責任など)
- ⑨研究開発評価(評価者、実施目的、実施時期、事前評価の結果など)
- ⑩関係施策・事業との関係

(2)調査・検討に係る基本的な項目

A. 科学技術上の意義

科学技術上の目的・意義・効果等。

B. 社会・経済上の意義

社会・経済上の目的・意義・効果等。

C. 国際関係上の意義

国際貢献・役割分担、国益上の意義・効果等。

D. 計画の妥当性

目標・期間・予算・体制・人材や安全・環境面等からの妥当性。

E. 運営等

事前評価の実施状況、評価結果の反映の仕組等。

ウ. その他

評価検討会は非公開としたが、資料は公表に適さないとされた部分を除き検討会終了後に公表。また、議事概要については発言者による内容確認後に非公表情報、発言者の氏名を除き公表。

3. 評価結果

(1) 総合評価

「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」は、電子回路と光回路をハイブリッド集積した光電子ハイブリッド回路技術を開発することにより、データセンターを構成するルータ、サーバ等の IT 機器内における LSI 間の配線とインターフェースの小型化、省電力化、低コスト化を実現するものである。

本事業は経済産業省が実施する事業であり、実施期間は平成 24 年度から平成 33 年度までである。

今後、クラウド化、データ処理の高度化が進んで行く上で、データセンターをはじめとする情報処理インフラの電力消費量は急速に増加していくと考えられる一方で、地球的規模の課題である温室効果ガス削減への取組みや、今回の東日本大震災を受けての電力消費量の削減が強く求められている。

このような状況下、IT 機器内の電気配線を光化することで、低消費電力で付加価値の高い情報処理システムを社会に提供することを目指している本事業の対象とする技術開発の必要性は高い。

また、IT 機器間の光通信技術が広く普及した現在、光信号のままプリント基板上および LSI に信号伝送する技術が強く求められている。本事業で実施される技術開発は、低消費電力化のみならず、電子回路のプリント基板上に光を導入することのメリットである高速化、小型化・高密度化、低コスト化、回路複雑性の低減、信号伝送信頼性向上等に大きく寄与し、従来のエレクトロニクス技術の延長では達成できない、より高速化・高信頼化した情報処理システムの実現が期待されるため、本事業によって開発される技術の有効性は高い。

本技術が社会に実装されるためには、従来のエレクトロニクスと同程度の低コストかつ信頼性の高い光電気変換素子や光配線との接続の実現、プリント基板上に光導波路を形成する技術、光と電気が融合したシステムとしての安定性・信頼性の確保、大口径ウェハ上に作製された光配線を搭載したインターポーザの信頼性評価という今までにない評価技術開発などのブレークスルーが求められてい

ることから、難易度の高い技術開発の必要があり、研究開発のリスクは高い。また、求められている技術開発要素が広範囲であることから、多くの企業間の連携や要素技術の連携・統合が必要であり、光エレクトロニクス分野で世界をリードし、日本の国際競争力を維持するために、国が主導して取り組む必要がある。

以上のことから、本事業は、実施の意義や必要性が高く、国として取り組むべきものと判断される。

なお、本事業の実施に当たっては、以下の指摘事項を踏まえた対応を求めるものである。

(2) 指摘事項

①光エレクトロニクス実装システム全体の目標及びマイルストーンの明確化と計画の柔軟な見直しについて

本事業は、長期に及ぶプロジェクトであることから、国際競争の観点に立って、プロジェクト全体としての目標を明確にしつつ、柔軟に計画の見直しを行っていくことが必要である。

個別要素技術に関しては、光インターポーザ大口径ウェハプロセス、LSI インターフェイス設計、シリコンフォトニクスインターポーザ、光エレクトロニクス実装システムの低消費電力化・小型化について定量的な目標が設定されており、その見直しを行うことも計画に織り込まれているが、それら個別要素技術を統合して実現する、製品イメージを基にした最終目標とその中間目標に関しては、現段階では示されていない。

このため、製品イメージに基づく最終目標を設定するとともに、中間目標(マイルストーン)についても定量化できるものにしておく必要がある。

また、特に、成熟した電子回路のプリント基板にこの新技術が導入されるためには、光導入による低消費電力化や高速化などのメリットを生かすシステムのアーキテクチャを設計し、その設計に基づいて関連技術の目標を設定することが重要である。現段階では、光

源技術や素子実装技術などの具体的目標が示されていないので、それらを明確にする必要がある。

さらに、開発した技術が実用化されるためには、コストの低減も重要であるが、現段階では具体的な目標は示されていない。このため、コストについての目標を明示していく必要がある。

設定した目標や達成時期については、国際的な技術開発の進展状況との比較を基に必要な見直しを行いつつ、プロジェクトを推進する必要がある。

②プロジェクトの効果的・効率的な推進体制及び実施体制の構築について

技術研究組合等をプロジェクトの実施主体とし、プロジェクトリーダーを責任者として権限を集中して事業化までの推進を図っていく体制は適切であるが、プロジェクト途中での評価結果に基づく目標・運営体制等の見直しについての具体的な手順は現段階で示されていない。

このため、経済産業省内の責任体制と併せて、評価体制と評価方法、評価結果を計画の見直し等につなげる手順等についても全体の事業計画の中で明確に位置付けるとともに、技術研究組合等の構成メンバーとなる研究開発実施主体を募集する際の公募要領等にも明示する必要がある。

また、研究開発を実施していく上で、光エレクトロニクス実装システムについて、これまでにない新しいシステムとして、社会に実装していくためには、光と電気の融合が鍵となることから、光技術の関係者だけでなく、LSI、コンピュータのハードウェア・ソフトウェア、コンピュータアーキテクチャー、ネットワークなど異分野の研究者、技術者が一体となって課題を解決できる体制を構築することが重要である。併せて、主要な適用先であるデータセンター開発の実施主体とも密接な連携を取りながら、効率よくプロジェクトを進める体制を構築することも必要である。

このため、研究開発実施主体が応募する際の要件に含める等により、これらの研究開発の実施体制を構築することが必要である。

③研究開発成果を産業化、社会実装に結びつけるための出口戦略について

最終的なメインターゲットとしては、省電力化と高速化、小型化による効果が非常に大きいと考えられるサーバとスパコンを、CPU やメモリの LSI チップの I/O 部分の消費電力を 1/10 にすることにより、サーバにおいては現行比で、約3割程度の省電力化を実現することを目標としている。この目標達成に向けて、電子回路だけで実現する競合技術や海外プロジェクトの動向を踏まえ、光技術の導入による高機能化を、電子回路とコストパフォーマンスで勝負できるような形で、実用化していく必要がある。

また、本技術の本質的な競争力を担保するために、海外企業が簡単に真似ることができない技術要素やノウハウを適切な形で閉じ込めるブラックボックス化と、開発技術や製品を企業が利用し易い形で提供するオープン化を戦略的に融合させて推進することが必要である。

本事業に関し、経済産業省は、産業政策として、設備投資に対する補助金サポート、企業の再編や分社化等を支援するツールを考えているとしており、国内のデータセンターへの積極的な導入については種々検討がなされている。しかしながら、世界市場で優位に立つためには、低消費電力と低価格で製品を提供することにとどまるのではなく、単純な価格競争に陥らないように製品の付加価値を高めるなど戦略的な対応を検討する必要がある。

また、長期的な市場戦略という観点に立てば、データセンターの海外立地が進む可能性もあることから、本施策の目標が達成される 2021 年におけるデータセンターの国内外の立地動向についての展望を持ちながら研究開発を推進することが重要である。

④知的財産権及び国際標準への戦略的対応について

知的財産権を技術研究組合等で一括管理する方向は適切であるが、価値ある知的財産を生み出し、かつそれらを有効に活用する、

知的財産の具体的な管理運営指針づくりについて、技術研究組合等に参加する企業などが十分協議・調整しておくことが必要である。

また、本プロジェクトで技術開発する成果を世界へ展開していくために、経済産業省は、諸外国での同種の研究開発プロジェクトの現状を分析し、今後の研究開発の進展状況を踏まえ、国際標準化に向けてオープンに連携すべきところとブラックボックスとして競争すべきところを組み合わせて、戦略的に推進することが必要である。

《参考資料》

- (参考 1) 評価専門調査会 名簿
- (参考 2) 評価検討会 名簿
- (参考 3) 審議経過
- (参考 4) 第 1 回評価検討会 経済産業省提出資料【省略】
- (参考 5) 第 2 回評価検討会 経済産業省提出資料【省略】

参考1 評価専門調査会 名簿

会長	奥村 直樹	総合科学技術会議	議員
	相澤 益男		同
	本庶 佑		同
	白石 隆		同
	今榮 東洋子		同
	青木 玲子		同
	中鉢 良治		同
	大西 隆		同

(専門委員)

浅見 泰司	東京大学空間情報科学研究センター長 教授
阿部 啓子	東京大学大学院農学生命科学研究科 特任教授
飯島 貞代	三菱化学株式会社 三菱化学フェロー、ヘルスケア企画室部長
伊藤 恵子	専修大学経済学部准教授
上杉 邦憲	独立行政法人宇宙航空研究開発機構 名誉教授
上野 裕子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング 株式会社 主任研究員
尾形 仁士	三菱電機エンジニアリング株式会社相談役
長我部 信行	株式会社日立製作所中央研究所長
河合 誠之	東京工業大学大学院理工学研究科教授
来住 伸子	津田塾大学学芸学部教授
高橋 真理子	朝日新聞編集委員
中馬 宏之	一橋大学イノベーション研究センター教授
中杉 修身	元上智大学教授
中村 崇	東北大学多元物質科学研究所教授
福井 次矢	聖路加国際病院院長
松橋 隆治	東京大学大学院工学系研究科教授
村上 輝康	株式会社野村総合研究所シニア・フェロー

《参考資料》

参考 2 評価検討会 名簿

奥村 直樹	総合科学技術会議 議員
座長 村上 輝康	評価専門調査会 専門委員
尾形 仁士	同
中馬 宏之	同
木村 忠正	電気通信大学 名誉教授
小柳 光正	東北大学未来科学技術共同研究センター 教授
長谷川 淳	ルネサスエレクトロニクス技術開発本部 副本部長

参考 3 審議経過

- 10月11日 評価専門調査会
評価検討会の設置、評価時期の確認等
- 10月28日 第1回評価検討会
経済産業省から事業内容のヒアリング、質疑、論
点の検討
⇒追加質問を整理し、経済産業省へ対応を依頼
⇒委員からの評価コメントに基づき論点を整理
- 11月11日 第2回評価検討会
追加質問事項に対する追加ヒアリング、評価の骨
子の検討
⇒評価に係る調査・検討結果をとりまとめ
- 11月29日 評価専門調査会
検討会座長から評価に係る調査・検討結果の報
告、評価結果案の検討
⇒評価報告書案のとりまとめ
- 12月15日 総合科学技術会議
評価結果案に基づく審議と評価結果の決定

2. 分科会における説明資料

次ページより、プロジェクト推進・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

超低消費電力型光エレクトロニクス 実装システム技術開発 (中間評価)

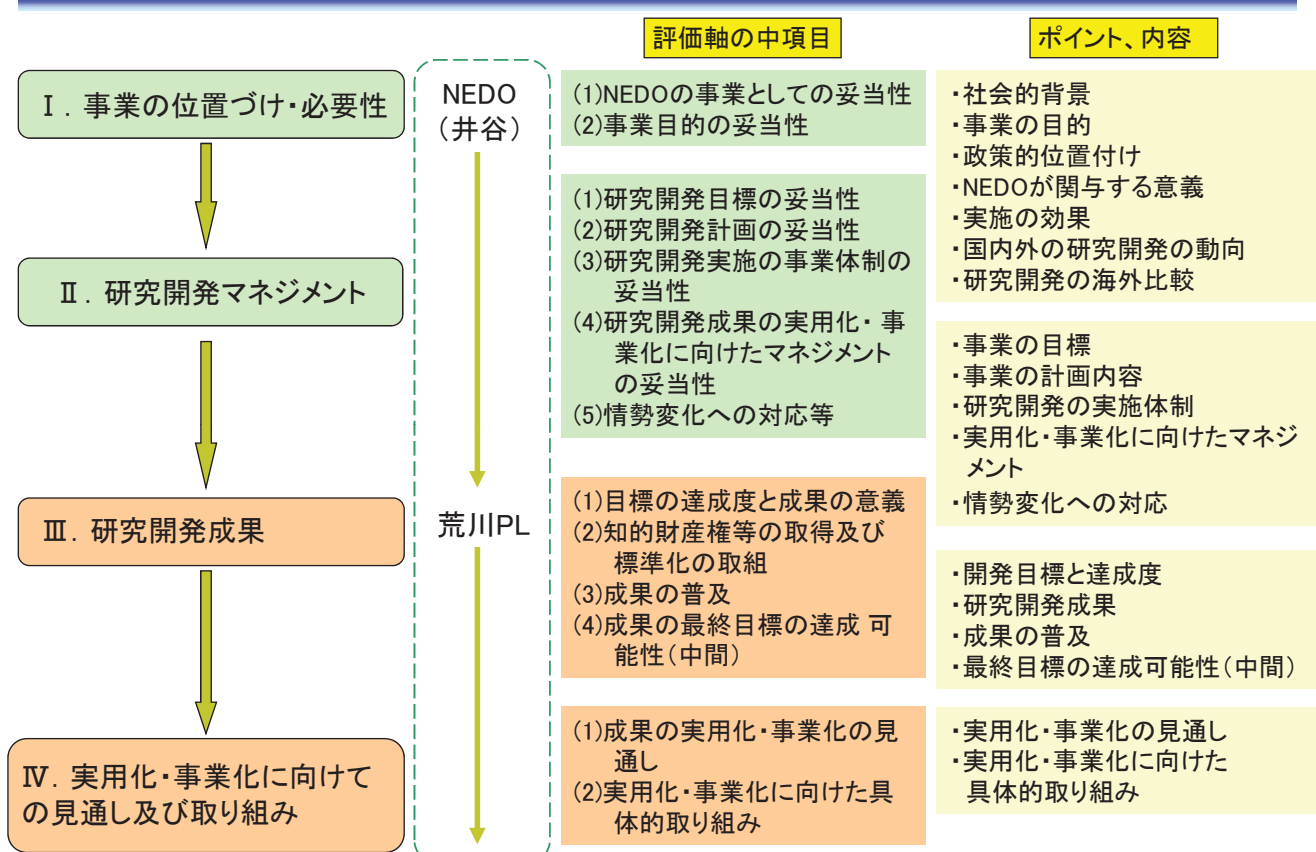
(2012年度～2017年度 6年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO
電子・材料・ナノテクノロジー部
2014年 9月30日

発表内容

公開



I. 事業の位置づけ・必要性

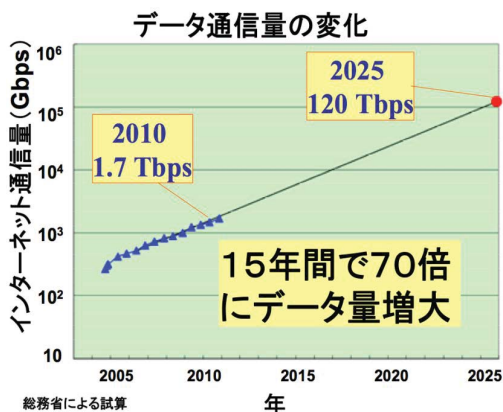
超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発 中間評価第1回分科会 (平成26年 9月30日)

1. 事業の位置づけ・必要性について
(1) NEDOの事業としての妥当性

事業の背景

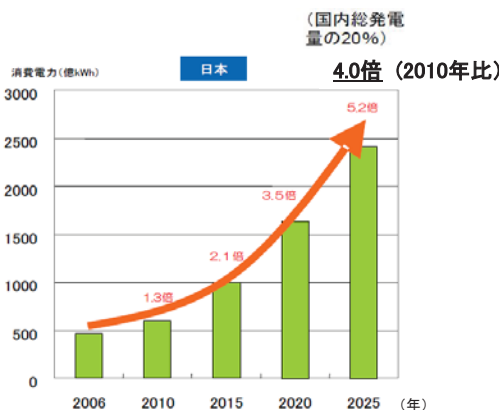
公開

- 情報化社会の進展に伴うIT機器の普及により、社会生活で扱う情報量は爆発的に増大し、情報を処理するIT機器の台数および各機器毎の情報処理量が急増。
- 国内のIT機器による電力消費量は急増し、2025年には2010年の4倍(国内総発電量の20%)に達する恐れがある。
- IT機器の省エネルギー化は喫緊の課題。



経済産業省/総合科学技術会議評価専門委員会資料(2011)

国内IT機器による国内電力消費量の推計



経済産業省/総合科学技術会議評価専門委員会資料(2011)

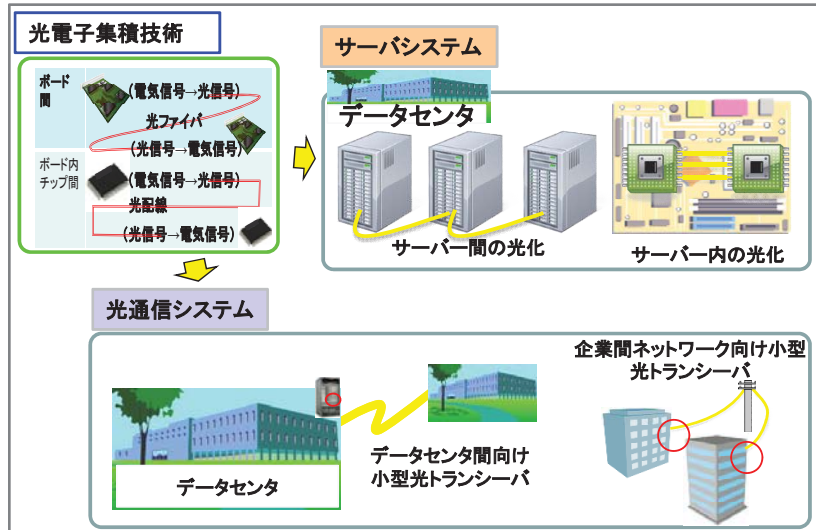
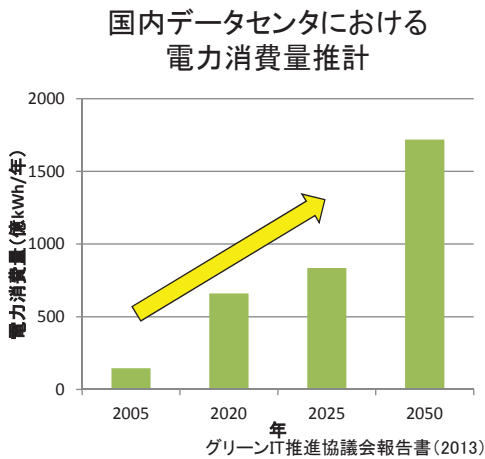
サーバ、ルータ等のIT機器で構成されるデータセンタにおいても電力消費量が急増



光電子集積技術を軸にデータセンタ等におけるサーバシステム、光通信システム向けIT機器の省電力化技術を開発

本プロジェクト:「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」

■ 超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発



産業技術政策

第4期科学技術基本計画(2011年)

2013年度科学技術重要施策アクションプラン(2012年)

■情報通信技術は、将来にわたる持続的な成長と社会の発展を実現するために戦略的に推進すべき3つの柱の一つであるグリーンイノベーションの推進において、**エネルギー利用の高効率化及びスマート化**の取り組みとして位置づけられている。

■本プロジェクトは、重点的取り組みとされる**技術革新によるエネルギー消費量の飛躍的削減に係る事業**の一つとして位置づけられている。

経済産業省研究開発プログラム

省エネルギー技術戦略2011

- ・2030年における確実なエネルギー消費量の削減のために有効な省エネルギー技術の開発と、それらの技術の我が国における着実な導入普及と国際展開を推進し、世界一の省エネルギー国家の実現を目指す。
- ・省エネ型情報機器・システムは、**IT機器の利用等により増大する消費電力量を削減するため**、個別のデバイスや機器の省エネルギー化に加え、省エネ型情報機器、省エネ型次世代ネットワーク通信、待機時消費電力削減技術、高効率ディスプレイという関連技術を駆使し、**情報通信ネットワーク全体での革新的な省エネルギーを実現する技術**である。

- ・省エネ型情報機器・システム : データセンタ、クラウドコンピューター
- ・省エネ型世代ネットワーク通信 : ルータ、光スイッチ等

未来開拓研究プロジェクト

中長期的観点の研究開発を優れた技術及び知見を有する国内外の企業、大学、公的研究機関等で構築した研究体制で推進することにより、我が国が直面する環境・エネルギー問題及び少子高齢化問題等の構造的課題の克服、東日本大震災後の状況変化を踏まえた**エネルギー需給安定化並びに新興国の台頭により厳しさを増す我が国産業の成長に貢献すること**を目標とする。

- ・未来開拓研究プロジェクトの一つとして、**「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」**を実施

NEDOにおける未来開拓研究PJの実施について

公開

- 未来開拓研究プロジェクトとして2012年度に経済産業省で開始された本プロジェクトは、2012年度の経済産業省直執行を経て、2013年度よりNEDOにて実施
- 2017年度までに未来開拓研究プロジェクトの目標である光電子集積サーバボードの実現に必要な要素技術を確認し、2018年度からの4年間でその目標を達成する
- 実施に当たっては、内閣府 最先端研究支援プログラムの一つであるPEGSTプロジェクトの成果を共有・活用し、本プロジェクトで光電子集積技術の早期実用化を図る

■実施期間

- 未来開拓研究プロジェクト実施期間 : 2012年度-2021年度
- 本プロジェクトのNEDO実施期間 : 2013年度-2017年度のNEDOが実施が確定(2012年度は経済産業省直執行)

■プロジェクトの目標

- 未来開拓研究プロジェクトの目標(2012年度-2021年度)
 - ・ 電子機器のデータ伝送に関し、現状(2012年度)の電気配線を用いる場合に比べて、通信速度あたりの消費電力で1/10の低消費電力化と面積比で1/100以下の小型化
 - ・ 電気配線を用いたサーバボードと比較して消費電力を3割削減できるサーバボードを開発し、データセンターレベルでの運用可能性を検証
 - ・ 事業化に必要な国際標準を獲得する
- NEDO実施期間における本プロジェクトの達成目標(2012年度-2017年度)
 - ・ 未来開拓研究プロジェクトが目標とする光電子集積サーバボードの実現に必要な構成要素技術を2017年度までに確立する
 - ・ 実用化、事業化に有効な国際標準獲得に向けたポジションを確保する

■フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発(PEGST)と連携した研究開発

- ・ 内閣府 最先端研究支援プログラム(FIRSTプログラム)の一つである「フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発(PEGST 2009年度-2013年度、JSPS実施)」で実証された先端光電子集積化技術を活用・発展させ、光電子集積回路技術の早期実用化を図る
- ・ 具体的には、PEGSTで開発した超小型光素子技術、集積化技術等を利用しつつ、実用化に必要な光素子の追加開発、光電子実装技術、光電子集積化技術等を開発し、それらを用いた光電子集積システムを実現するシステム化技術を開発する

NEDO中期計画としての位置づけ

公開

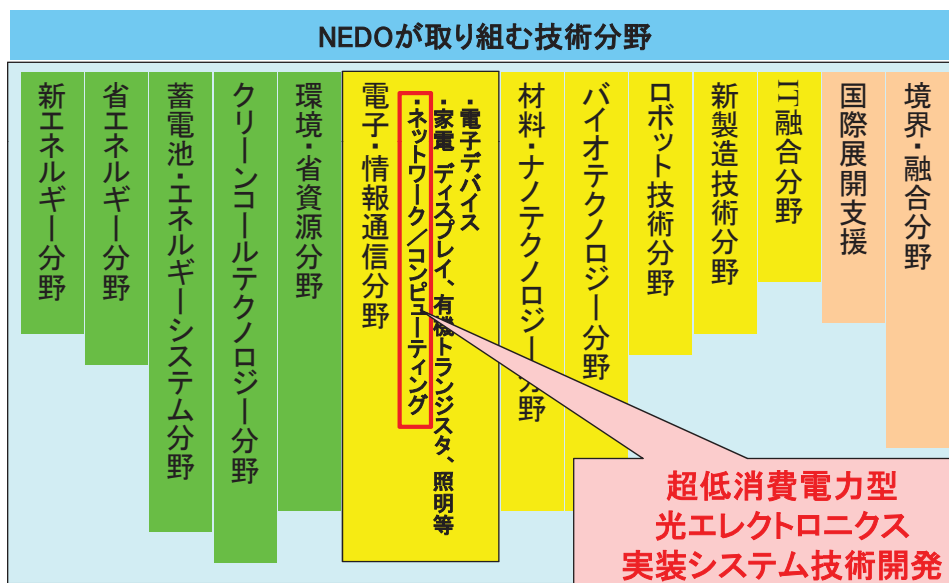
NEDO 第3期中期計画<電子・情報通信分野>

■電子・情報通信分野

我が国経済・社会の基盤としての電子・情報通信産業の発展を促進するため、電子デバイス、家電、ネットワーク/コンピューティングに関する課題について、重点的に取り組む。

■ネットワーク/コンピューティング

情報トラフィック量の爆発的増加が今後とも見込まれていることから、高速、低消費電力化等のニーズに対応するため、光・電子融合技術等を中心とした技術開発を行うとともに、それらを組み合わせたシステム開発等を行う。



超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発

CO₂排出量削減という国家的な取り組み、情報通信技術の公共性、民間企業だけの開発の困難性、技術的英知結集の必要性からNEDOプロジェクトとして取り組むことが必要

■IT機器の省エネ化によるCO₂削減には、国家的な取り組みが必要

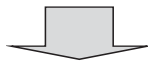
国民生活の中に浸透しつつあるクラウドコンピューティング、ライフラインとなっているデータセンタ、ネットワーク等に係る情報通信機器の消費電力量を削減し、CO₂排出量を削減することは、地球温暖化対策として非常に重要であり、公益性のある取り組みである。

■我が国のエレクトロニクス産業を支える技術の国際競争力強化

IT機器の省電力化と高速化を両立すると期待されている光電子集積技術は、次世代の情報通信機器分野における中核的な技術になりうるポテンシャルを秘めており、国際的な開発競争も激しい技術分野である。欧米では、国家的な取り組みを進めており、我が国のIT産業のプレゼンスを確保するためには、光電子集積技術開発における国内企業間の連携や技術の共通化が重要。

■個々の民間企業では、技術開発は困難

従来にない光電子集積技術を実現するには、難度の高い技術開発を広範囲に亘って開発し、統合する取り組みが必要であり、民間企業単独ではリスクがあるため、市場原理のみで技術開発の推進を図ることは困難。

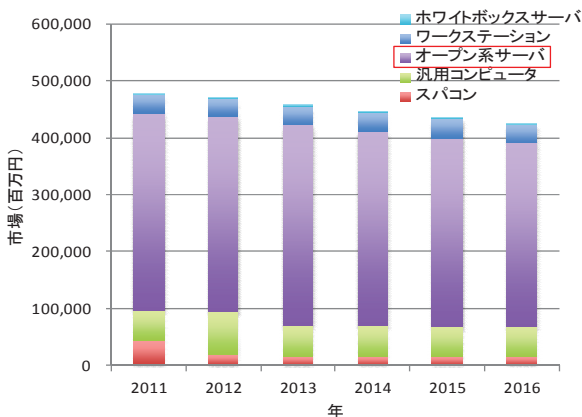


NEDOが関与し推進すべき事業

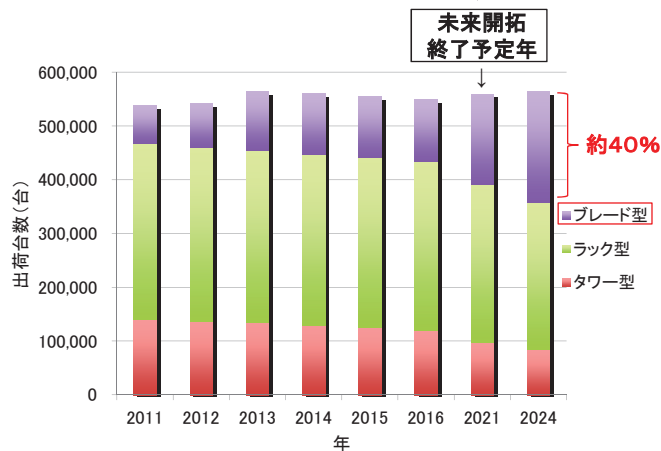
経済的効果

未来開拓研究プロジェクト事業費(想定) : 284億円(10年間)
2012年度~2014年度 事業費合計 : 82.5億円

サーバ市場規模(国内)



筐体別オープン系サーバ出荷台数(国内)



・スパコンやブレードサーバ等に適用した場合の市場規模は2024年に1400億円以上(国内)
・世界のサーバ市場(5兆円弱)への成果浸透により、さらなる経済的効果が期待されることから、十分な費用対効果があるといえる

省エネルギー効果

年度	電力削減量 (億kWh/年)	普及率(%)
2020	160	30
2030	1300	80

【試算方法】

○成果が適用される製品群として次を想定

削減率は、ネットワーク機器:約80%、サーバ/データセンタ:約30%、PC:約35%、ディスプレイ/テレビ:約10%と推計
これらについて、(各機器対策前電力量)×(普及率)×(削減率)を合計。

- ・ 対策前電力: 評価専門調査会 IT新改革戦略及び重点計画-2007の進捗等に関するヒアリング(第1回)資料より、ネットワーク機器、サーバ/データセンタ、PC、テレビの消費電力増加率を14%、5%、5%、9%として計算。
- ・ 機器普及率: 成果の普及は実施期間途中の一部実用化も想定した目標値とした

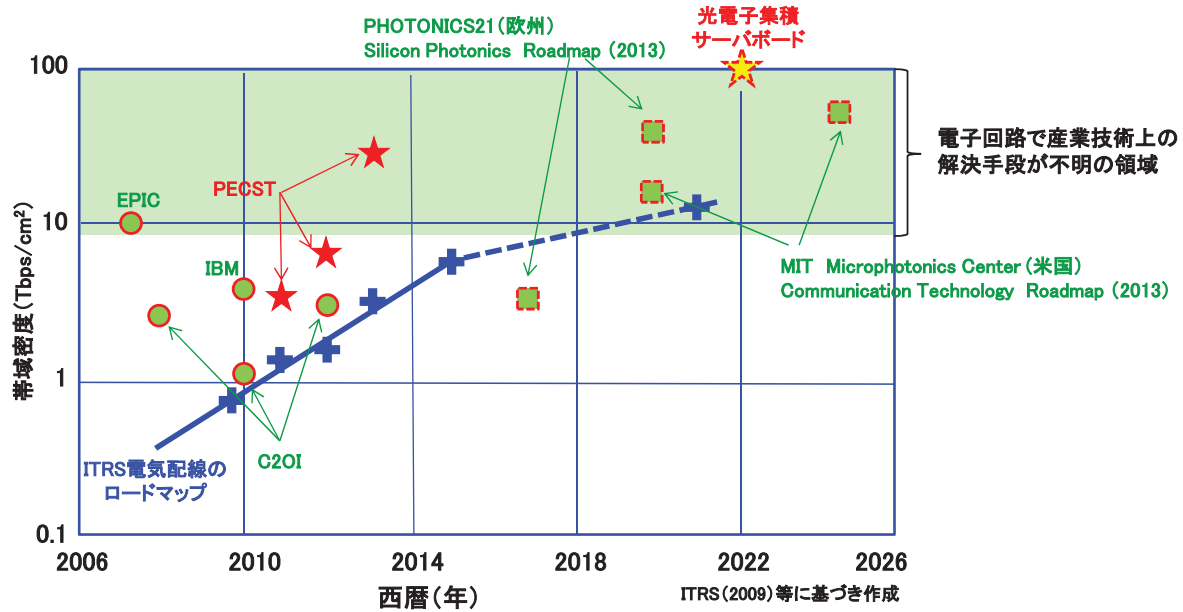
- 米国はDARPA、EUはFP7等で積極的に支援
- 米国、EUにおいては、ファンドリサービスの整備も進んでいる

国	主なプロジェクト名	特記事項
日本	<ul style="list-style-type: none"> ・最先端研究開発支援プログラム(FIRST) 「フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発(PECST)」、2009-2013 (JSPS) ・未来開拓研究プロジェクト 「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」、2012-2021 (METI, NEDO) 	<ul style="list-style-type: none"> ・FIRST: 44.9億円 ・未来開拓研究プロジェクト: 284億円(想定)
米国	<ul style="list-style-type: none"> ・EPIC (Electric and Photonic Integrated Circuits)プロジェクト、2006-2007、DARPA ・C2OI (Chip to Chip Optical Interconnect)プログラム、2003-2011、DARPA ・UNIC (Ultraperformance Nanophotonic Intrachip Communications Program)、2008-2012、DARPA ・E-PHI (Electronic-Photonic Heterogeneous Integration)プログラム、2011-、DARPA 	<ul style="list-style-type: none"> ・EPIC: \$10M ・C2OI: \$28M ・UNIC: \$44.3M ・E-PHI: \$13.9M ファンドリサービス: OpSIS
EU	<ul style="list-style-type: none"> ・HELIOS (pHotonics ELectronics functional Integration on CMOS)プロジェクト(フランス)、2008-2011、FP7 ・Plat4M (Photonic Libraries And Technology for Manufactureing)プロジェクト(EU)、2012-2016、FP7 ・FABULOUS (FDMA Access By Using Low-cost Optical Network Units in Silicon Photonics)プロジェクト(EU)、2012-2015、FP7 ・FIREFLY (Multilayer Photonic Circuits made by Nano-Imprinting of Waveguides and Photonic Crystals)プロジェクト(EU)、2011-2014、FP7 ・NAVLCHI (Nano Scale Disruptive Silicon-Plasmonic Platform for Chip-to-Chip Interconnection)プロジェクト(EU)、2011-2014、FP7 ・PhoxTroT (Photonics for High-Performance, Low-Cost & Low-Energy Data Centers, High Performance Computing Systems: Terabit/s Optical Interconnect Technologies for On-Board, Board-to-Board, Rack-to-Rack data links)プロジェクト(EU)、2012-2016、FP7 ・EuroPIC (European manufacturing platform for Photonic Integrated Circuit)プロジェクト(オランダ)、FP7 	<ul style="list-style-type: none"> ・HELIOS: €12M ・Plat4M: €15M ・FABULOUS: €4M ・FIREFLY: €5M ・NAVLCHI: €3M ・PhoxTroT: €12M ・EuroPIC: €3.8M ファンドリサービス: ePIXfab, EuroPIC

我が国の光電子集積技術(ベンチマーク)

公開

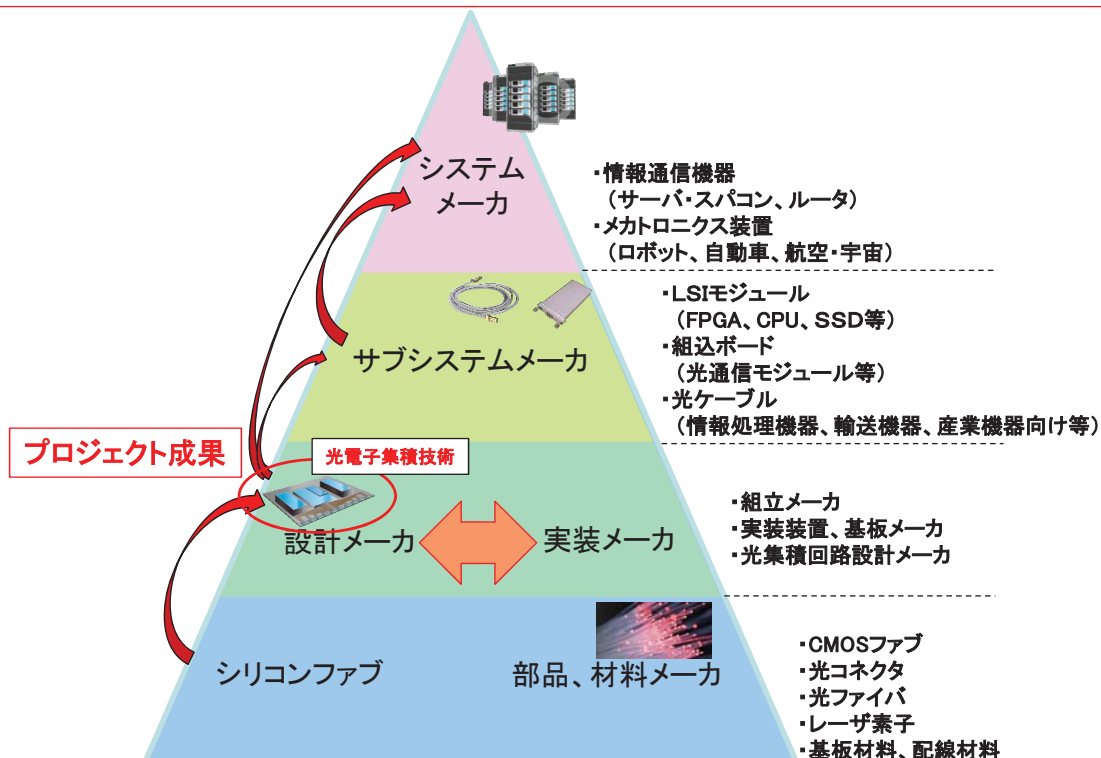
- フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発(PECST)は光集積回路におけるデータ伝送帯域密度として世界最高の性能を実証
- PECSTと連携し、成果を活用することで、本プロジェクトは電気配線によるデータ伝送の限界を打破し、高速性、省エネルギー性を両立する光集積回路を、世界に先駆けて実現できるポジションに位置する



国内産業への波及

公開

光電子集積技術の実用化により、国内に新たなサプライチェーンが創出され、幅広い産業の活性化に資する



Ⅱ. 研究開発マネジメント

2. 研究開発マネジメントについて
 (1) 研究開発目標の妥当性

プロジェクトにおける技術開発の概要

公開

① 光エレクトロニクス実装基盤技術の開発

光電子集積サーバ向け光電子集積インターポーザ(回路基板の光化)を実現するために必要な集積光部品・回路技術、実装技術、設計技術等の**基盤要素技術**と光電子集積インターポーザ性能を大きく高める**革新的デバイス**を開発

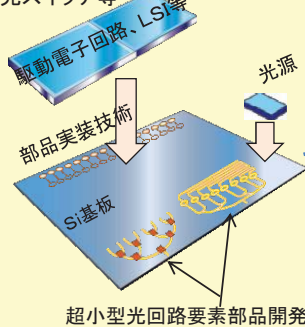
② 光エレクトロニクス実装システム化技術の開発

光電子集積サーバ等の実現に向けた**最適なアーキテクチャの明確化**、およびその**統合化技術の開発**

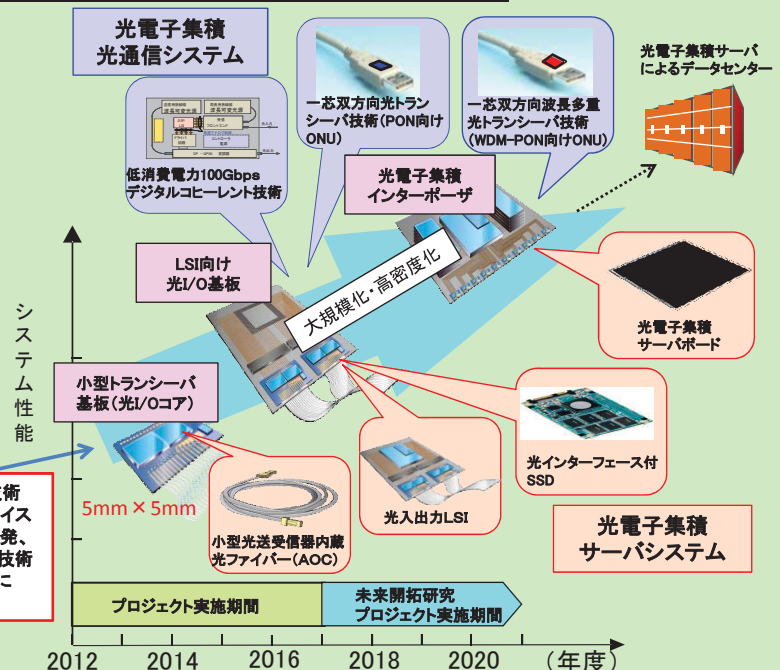
① 光エレクトロニクス実装基盤技術

回路基板を光化するための要素技術

- ・基盤要素技術
 - 光源・超小型光回路要素部品
 - 光導波路、集積化技術
 - 光部品駆動電子回路
 - 要素部品、LSI等の実装技術
 - 光配線プリント基板(ハイブリッド基板)技術
 - 光デバイス、光集積回路設計技術
- ・革新的デバイス技術
 - 光源、受光器、変調器、配線、増幅器、光スイッチ等



② 光エレクトロニクス実装システム化技術の開発



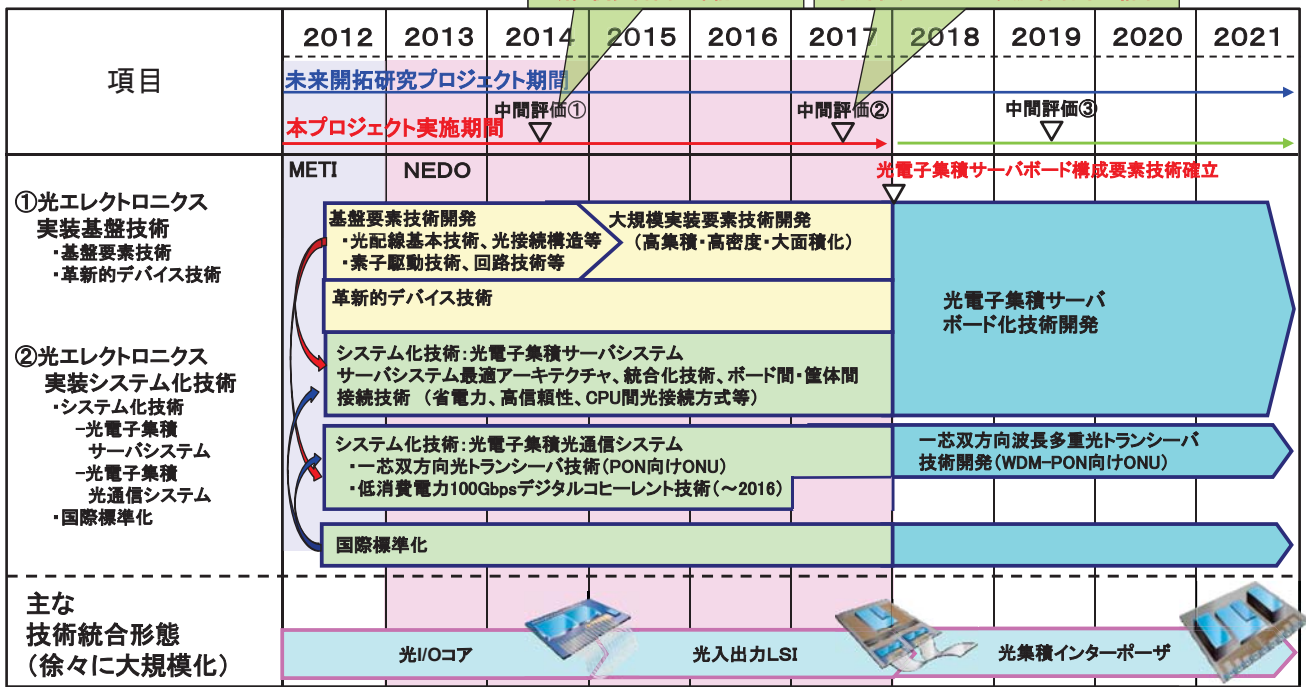
プロジェクトの研究開発計画

公開

- 要素技術である実装基盤技術とそれらを統合するシステム化技術が相互にフィードバックを行いつつ研究開発を実施
- 光電子集積技術は汎用性の高いものであるとの認識に立ち、研究開発途上でも実用化が可能な技術はパイロダクトとして実用化を図る

・進捗、目標達成見込み評価
・研究開発計画の確認

・達成度確認
・後年開発に向けた実施体制等の構築



光電子集積サーバボード実現に向けた活動方針 (2014年度-2017年度)

公開

光電子集積技術の計算機システムへの適用に向けた
集積デバイス技術の確立と
光接続計算機システム仕様の明確化

実装基盤技術

- | | |
|---|---|
| 1. 技術課題
・要素デバイスの特性改善(省エネ化、高信頼化)
・回路配線密度の向上(狭ピッチ化等)
・電子回路の特性改善(省エネ化等) | 2. 取り組み
・デバイス構造最適化、新規デバイスの開発
・狭ピッチ高周波配線技術の開発
・省エネルギー駆動技術の開発等 |
|---|---|

これまでに開発した技術を
ベースに集積規模を拡大

システム化技術

- | | |
|---|---|
| 1. 技術課題
・サーバアーキテクチャの明確化
・CPU等の大規模電子回路(LSI)と光素子を統合実装するための実装構造、実現方法の明確化 | 2. 取り組み
・模擬サーバ等を用いた光電子集積サーバ仕様の検討
・素子の冷却技術、高速信号入出力技術等の検討 |
|---|---|

実装基盤技術と協調しつつ、
システム化技術の開発を本格化

研究開発目標の根拠

公開

① 光エレクトロニクス実装基盤技術の開発

個別テーマ	研究開発目標(2017年度)	根拠
基盤要素技術	下記性能を発揮する光電子集積サーバボードの 実現に目処を立てる要素技術(超小型光部品、集積化技術等) を確立 ○光電子集積サーバボード目標性能 電気配線によるサーバボード比で ・伝送速度あたりの消費電力が1/10 ・1/100以下の小型化	・全世界の創出情報量の推計から2020年代のサーバボードではデータ伝送電力、配線ピッチとして1mW/Gbps以下、0.1mm以下(それぞれ現状の1/10、1/100)の実現が必要と推定。 ・本プロジェクト終了後の4年で、複数のLSIが搭載された、上記光電子集積サーバボードを実現するには、本プロジェクト期間中に、その実現のための要素技術の確立が必要である。
革新的デバイス技術	光電子集積サーバボードの 非連続的な小型化・低消費電力化・高性能化を可能とする先進性の高い光制御技術、デバイス技術 を研究開発し、光電子集積サーバボードへの適用見直しと適用時の課題を明確化する。	開発成果が 持続的に競争力を保つ には、従来技術からの非連続的な省エネ化、高性能化を可能とする技術の開発を推進すべきである。

② 光エレクトロニクス実装システム化技術

個別テーマ	研究開発目標(2017年度)	根拠
システム化技術 ・光電子集積サーバシステム ・光電子集積光通信システム	・複数のLSIが搭載された光電子集積インターポーザを光電子ハイブリッド回路基板上に搭載した 光電子集積サーバボードを実現するための課題抽出と解決の目処を得るための基盤システム化技術 を確立する。 ・波長多重一芯双方向トランシーバ(WDM-PON (Passive Optical Network))技術、データセンタ間通信向け 低消費電力型デジタルコヒーレントトランシーバ技術 を確立する。	・上記基盤技術を用いた光電子集積サーバボードの運用可能性を検証するには、複数のLSIが搭載されたボードの統合化技術を開発する必要があり、その 実現が見通せる基盤技術 を確立することは必須である。 ・社会のクラウド化の進展に伴うデータセンタ、公衆アクセス網での情報トラフィック増加に対応する 技術が必要 である。その有望な技術であるデジタルコヒーレント通信技術、PON網技術における低消費電力技術の開発は、当該技術における国際的競争力を獲得するために必要である。
国際標準化	光インターコネクットに関する標準化団体(OIF(Optical Internetworking Forum)、IEEE802. 3(Next gen 100G Optical Ethernet Study Group))に参画し、「キーマンバーコミュニティ」におけるプレゼンスを確立するとともに、100Gbpsデジタルコヒーレント光トランシーバ等の 研究開発成果の普及促進に必要な標準化提案 を行う。	シリコンフォトニクスを利用した光電子集積技術の開発競争が激化する中、 開発した技術の普及を促進し、目的とする社会の省電力化や国内産業の活性化を図るには、標準化を推進することが有効 である。

研究開発目標

公開

① 光エレクトロニクス実装基盤技術

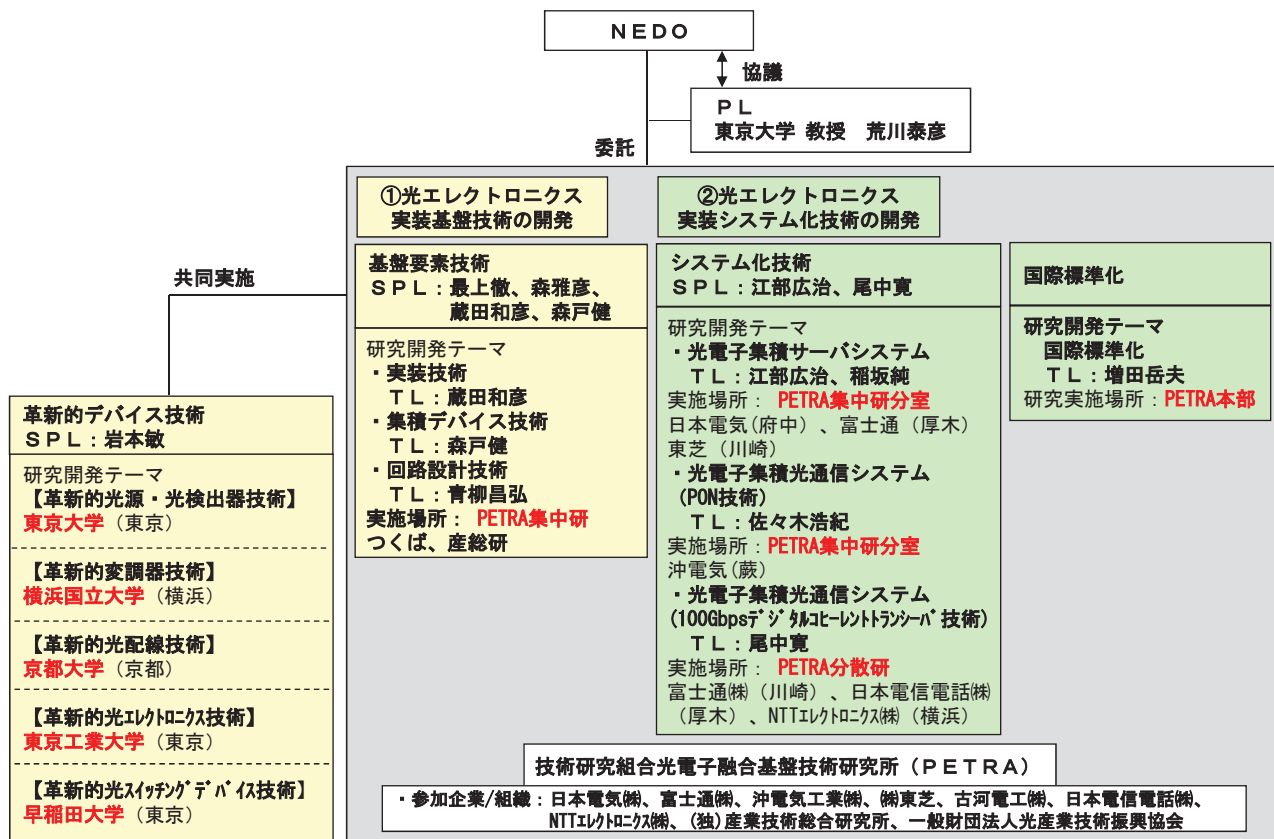
テーマ	中間目標(2014年度)	最終目標(2017年度)
基盤要素技術	・光信号の並列化技術、多重化技術を開発し、大容量信号伝送を実現するための 要素光デバイス技術 を確立 ・5mm×5mmの高速・低消費電力光トランシーバと数十mm角のポリマー光配線光電子ハイブリッド回路基板を開発し、光入出力を持つLSIを実現するための 基盤技術 を確立する。	・複数のLSIを搭載可能な 光電子集積インターポーザ を実現するための 光電子集積基盤技術 を実現する ・50mm×50mm程度の 光電子ハイブリッド基板上にLSIを搭載するモジュール化技術 を確立
革新的デバイス技術	光源、光検出、変調器、光配線、光増幅器アレイ、光スイッチの各 革新的デバイス において、最終目標に向けた基本動作等を実証する	各デバイスの最終目標を達成するとともに、 光電子集積サーバ技術への展開の見直し を示し、事業化に対する課題を明確化する。

② 光エレクトロニクス実装システム化技術

テーマ	中間目標(2014年度)	最終目標(2017年度)
システム化技術 ・光電子集積サーバシステム ・光電子集積光通信システム	・サーバシステムのために必要な 光インターコネクション、回路冷却 等に関する基本要件を明らかにするとともに、ハイブリッド型の 光インターフェース付きSSD において光接続動作を検証する。 ・シリコンフォトニクスによる 1.25GbpsのPON向け光トランシーバ技術 を実証する。また、100Gbpsデジタルコヒーレントトランシーバの 一次試作 を完了する。	・LSIと光トランシーバの 接続構造 等を決定し、 光電子集積サーバボードに必要な仕様を満たす光伝送 を実証する。また、 光インターフェース付SSD技術 を確立する。 ・シリコンフォトニクスによる 波長多重PON向け光トランシーバ技術 を実証する。また、100Gbpsデジタルコヒーレントトランシーバにおいて、消費電力を30W程度まで低減できる 技術 を実証する(2016年度まで)。
国際標準化	・光インターコネクットに関する標準化団体(OIF(Optical Internetworking Forum)、IEEE802. 3(Next gen 100G Optical Ethernet Study Group))に参画し、「キーマンバーコミュニティ」における プレゼンス を確立する。	・本プロジェクトの成果における 各種インターフェース等の標準化提案活動 を行い、 実用化する開発成果の事業化に必要な標準の提案 を行う。

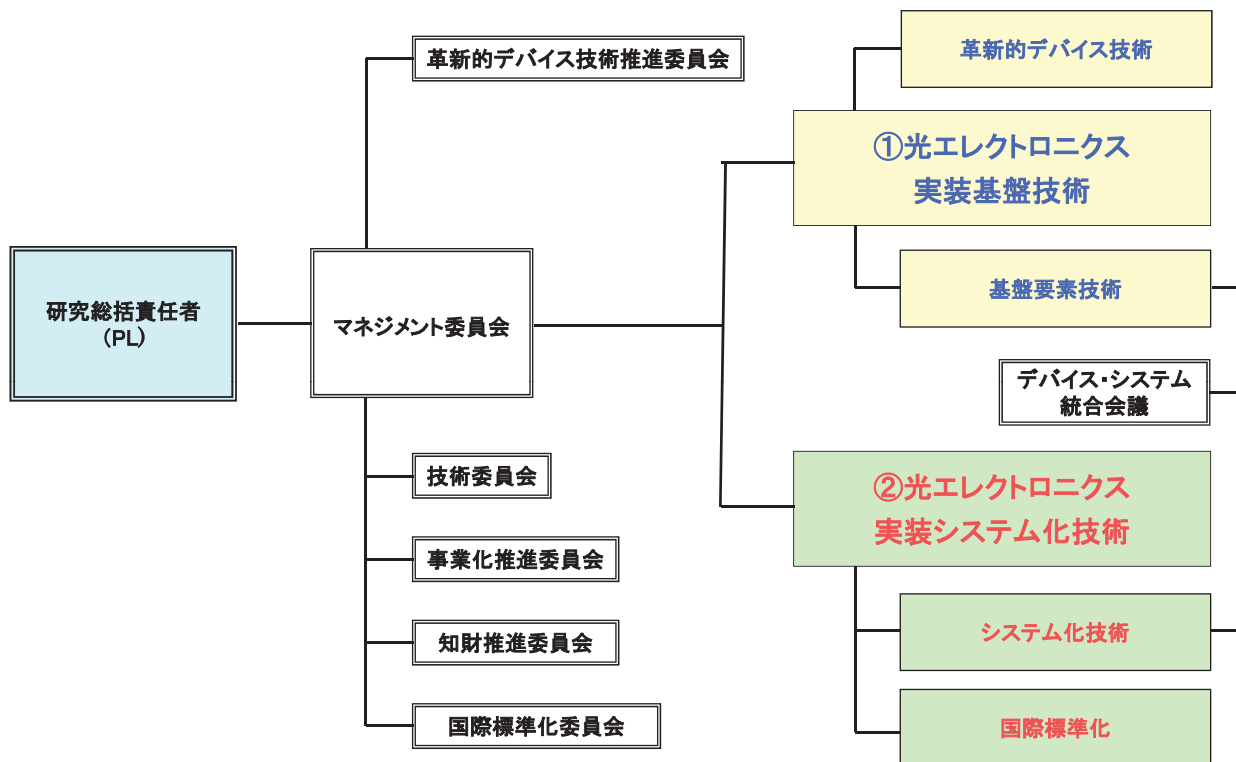
研究開発実施体制

公開



研究開発の運営体制

公開



研究開発マネジメント

公開

■ 知財マネジメント

- (1) PECSTの成果および知財を本プロジェクトで活用するための仕組みや取り決めについて、内閣府、経済産業省と連携して整備
- (2) プロジェクトにおける知財の取得・取扱いを定める知財規程等の策定に際しては、経済産業省、プロジェクト内の知財推進委員会と連携し、未来開拓研究プロジェクトの目的の一つである成果の実用化による国益の実現に沿う実施許諾条件等を備えたプロジェクトの知財規程を整備

■ 会議・ヒアリング

下記会議等を通して、PJ全体および個々の参加者に対する実用化・事業化マネジメントを実施

事業化戦略会議	項目	内容
	出席者	NEDO、PL、実施者メンバー、経済産業省
	2013年度実績	3回
	内容	成果事業化戦略、メンバー間連携戦略、新会社設立戦略、他
個別ヒアリング	項目	内容
	出席者	NEDO、実施者メンバー
	2013年度実績	25回
	内容	実施者個別の実用化取組状況、研究開発進捗確認、他
全体ヒアリング	項目	内容
	出席者	NEDO、PL、実施者メンバー、経済産業省
	2013年度実績	3回
	内容	研究開発進捗・計画確認、実用化に向けた取り組み議論、他

■ 今後の課題

光電子集積サーバの実現に向けた技術開発、実用化に関するベンチマーキングの強化

情勢変化などへの対応

公開

◆ 情勢変化への対応

情勢変化	対応
シリコンフォトニクス技術の開発競争激化 ・Intel社からシリコンフォトニクスによる光インターコネクタ技術 (MXC optical connector technology) の発表 (2013年9月) ・CiscoやHuawei、Mellanox Technologies等の企業によるシリコンフォトニクスベンチャーの相次ぐ買収発表	激化する開発競争に対応して開発計画を変更するとともに、光トランシーバの低消費電力化技術、大規模集積光回路技術について加速財源を投入し、開発ペースを加速し、2014年度末の消費電力目標を半年前倒しで達成
データセンタ間通信技術のトレンドが変化 (開発スピードの加速) ・クラウドコンピューティング等の普及に伴い、データセンタ間通信に対する需要やユーザの要望が高まっている ・上記を要因とし、データセンタ間通信技術の開発スピードが加速し、それに伴う技術の普及速度も加速 (技術トレンドが変化)	技術トレンドの変化をうけ、プロジェクト終了時の成果実用化を考慮して、以下の対応を実施 ・技術開発のトレンドに対応した目標に開発計画を変更 ・現状の研究開発成果の一部を活用した先行事業化を実施

現在の研究開発ステージは、光電子集積技術の要素技術開発を優先する段階との認識に立ち、基盤要素技術開発費の比率を高くしている

研究開発費の推移 経済産業省
直執行 (単位:百万円)

	2012年度	2013年度	2014年度	合計
基盤要素技術	1,165	1,257	1,883	4,305
革新的デバイス技術	139	131	236	506
システム化技術	1,482	1,055	869	3,406
国際標準化	14	10	11	35
合計	2,800	2,453	2,999	8,252

◆加速財源投入実績 (2013年度)

件名	金額 (百万円)	目的	成果
LSI搭載用大規模光電子集積回路の早期実証試作	300	光配線で結ばれた複数のLSIが搭載された大規模光回路の作製プロセス技術と光送受信技術の省電力化開発を前倒しで開始し、大規模光回路実現の要件を世界に先駆けて抽出し、技術・知財・標準化等において競争優位を得る	従来の半導体技術では想定されていないサイズで光回路作製するための要件を抽出し、その基本的プロセス技術を確立した。また、光トランシーバに関し、25Gbpsの送受信動作で世界最高の省電力性能を実現した。

超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム 技術開発プロジェクト(公開)

プロジェクトリーダー

東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構長
東京大学生産技術研究所
光電子融合研究センター長・教授

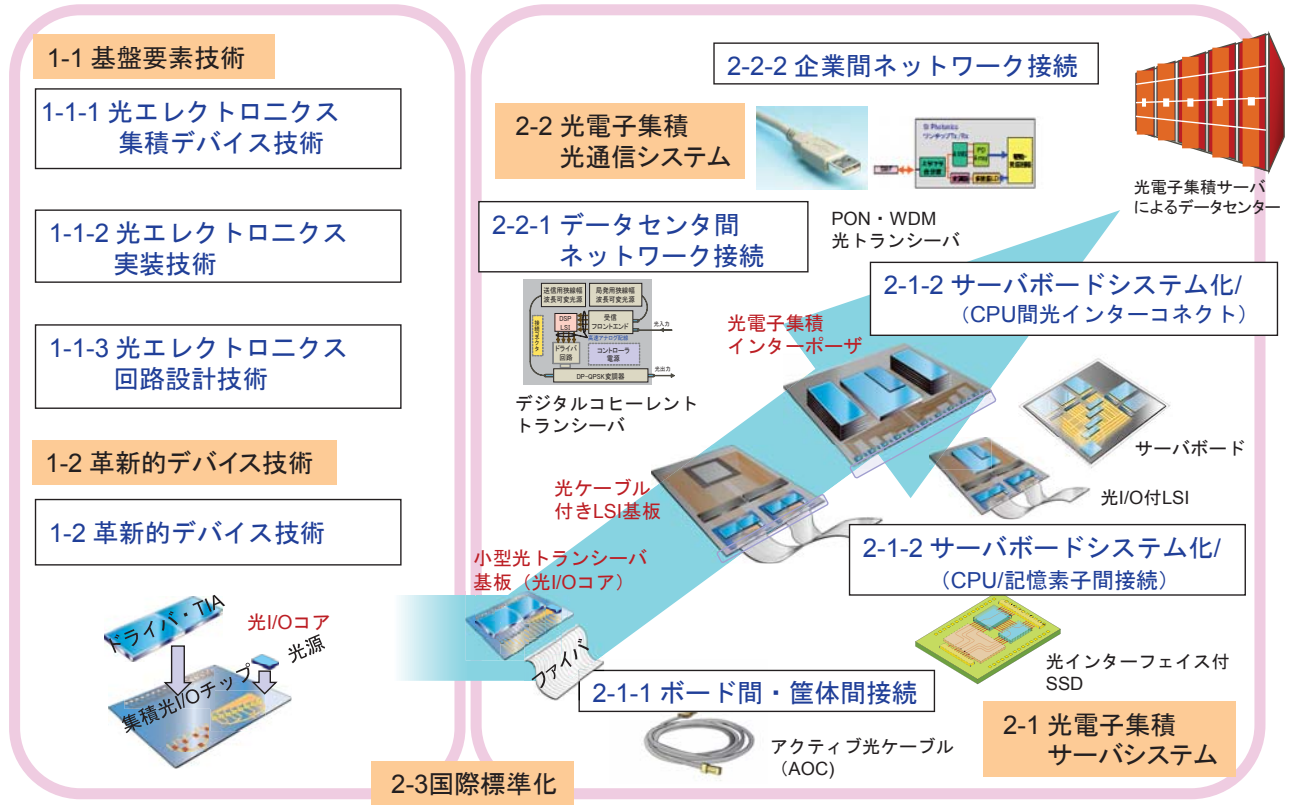
荒川 泰彦

Ⅲ. 研究開発成果
Ⅳ. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みに
ついて

技術開発項目の関係

公開

①光エレクトロニクス実装基盤技術の開発 ②光エレクトロニクス実装システム化技術の開発



研究開発成果と達成度について(1)

公開

①光エレクトロニクス実装基盤技術の開発

1-1 基盤要素技術

テーマ	H26年末中間目標	主な成果状況	達成度
1-1-1 光エレクトロニクス集積デバイス技術	光信号の並列化技術、多重化技術を開発し、大容量信号伝送を実現する基盤要素技術を確立。低コスト化のための光素子の集積化技術と導波路技術を確立。	5mm角で並列25Gbps×12chの送信・受信素子を開発、帯域密度で世界最高。世界最高の広帯域・平坦な4波長合成分波器の多重化技術を開発し、大容量伝送の基盤要素技術を確立。世界初のシリコン上小型リングレーザの10Gbps動作達成と、世界最高の低損失シリコン導波路(0.5dB/cm)を実証、低コスト化技術を確立。	○
1-1-2 光エレクトロニクス実装技術	小型の高速・低消費電力光トランシーバと数十mm角のポリマー光配線を形成した光電子ハイブリッド回路基板を開発し、光入出力を持つLSIを実現するための基盤技術を確立。	既存の1/3の消費電力5mW/Gbps、25Gbps/ch、サイズ5mm角の光トランシーバを実証(世界一の帯域密度: 1.2Tbps/cm ²)。96芯ポリマー光回路を持つ50mm角の光電子ハイブリッド回路基板を開発、1300nm帯の波長で25Gbps信号伝送を実証(世界初)、基盤技術を確立。	○
1-1-3 光エレクトロニクス回路設計技術	マルチフィジクス対応の光エレクトロニクス実装システム統合設計環境の基本構成を構築し、統合設計を行う基本的なフローの実証。光デバイス設計の基盤技術として、光変調器等の開発に適用可能な電子・光連携TCADの基本構造を確立。	マルチフィジクス対応の光エレクトロニクス実装システム統合設計環境の基本構成を開発し、統合設計を行うための基本的な実証フローを構築。また、光デバイス設計の基盤技術として、光変調器等の開発に適用可能な電子・光TCADと電磁界シミュレータFDTDの連携機能を強化し基本構造を確立。	○

達成度: ◎大幅達成、○達成(年度内達成見込みも含む)、△達成遅れ、×未達

研究開発成果と達成度について(2)

公開

①光エレクトロニクス実装基盤技術の開発 1-2 革新デバイス技術

テーマ	H26年末中間目標	主な成果状況	達成度
[革新的光源・光検出器技術]	温度安定シリコン上量子ドットレーザの基盤技術開発を進め、シリコン導波路結合型単チャンネル量子ドットレーザを実現。超高感度受光器の基盤技術として受光器における暗電流抑制効果を実証。	シリコン基板上量子ドットレーザの高温動作(110°Cまで)を実現。導波路構造上での量子ドットレーザの実現に成功(導波路結合:26年10月達成見込み)。また、 プラズマ酸化で形成したGe酸化膜パッシベーションによるGe受光器の暗電流低減 を実証。基板貼り合せにより高品質Ge層をSi基板上に集積することに成功。	○
[革新的光変調器技術]	光電子集積サーバに使用する光電子集積インターポーザの光変調器の超小形化を可能とする新原理に基づく変調器として、10Gbps程度の高速度動作を実現。	フォトニック結晶スローライト変調器 を製作し、長さ100μm以下、電圧2V以下、消光比3dB以上の 10Gbps変調を実現 。同様の変調が25Gbpsでも得られる見通し。	○
[革新的光配線技術]	光電子集積サーバの配線密度を飛躍的に高めることのできる3次元光配線技術において、層間方向への伝搬機能が可能であることを実証。	3次元フォトニック結晶の[110]方位導波路を用いることで帯域幅150nmの層間伝搬が可能であることを実証。また 2次元フォトニック結晶共振器 において 光子寿命7.5ns、Q値900万を達成 。	○
[革新的光エレクトロニクス回路技術]	ハイブリッド回路基板上における半導体レーザの高効率化を行い、複数の光増幅器が並ぶアレイデバイスを実現。	リング共振器装荷型半導体レーザの発振を達成 し、光増幅器アレイの利得も確認。中間目標に向け効率を向上(H26年12月達成予定)。	○
[革新的光スイッチングデバイス技術]	サーバ回路におけるデータ通信の高効率化を可能とする導波路クロスバー型をベースとした超小型光スイッチを試作し、スイッチング動作を実証し、超高速光信号処理デバイス実現にむけた基本的な論理動作を実現。	シリコン光スイッチのための交差導波路の基本的な導波特性を達成 。超高速光信号処理用量子ドット光増幅器で約30dBの高利得、約100fsの高速応答を達成。集積化のための組成混合によりリング共振器を実現。	○

達成度:◎大幅達成、○達成(年度内達成見込みも含む)、△達成遅れ、×未達

研究開発成果と達成度について(3)

公開

②光エレクトロニクス実装システム化技術の開発 2-1 光電子集積サーバシステム

テーマ	H26年末中間目標	主な成果状況	達成度
2-1-1 ボード間接続機器、筐体間接続	小型光トランシーバを搭載したアクティブ光ケーブル(AOC)を完成させ、筐体間接続における実用性を実証する。また、標準化動向を考慮しながら、光トランシーバとロジックLSI間の電気伝送に関するインターフェース仕様を決定。	AOC内に小型光トランシーバ(光IOコア)を内蔵 するための実装/光接続構造/冷却機構の開発完了。筐体間の25Gbpsでの光伝送を実証予定(H27年3月)。市場のAOC標準化動向に準じたLSIとの25Gbps高速電気インターフェース仕様を決定。	○
2-1-2 サーバボードのシステム化技術	光電子集積技術を最大限に活かすために光インターコネクションに要求される伝送スペック(変調速度、多重度、チャンネル数など)、および、光電子インターポーザの回路冷却に関する基本要件を明確化。 また、光電子集積インターポーザと積層型ストレージチップ実装基板からなるハイブリッド型の光インターフェース付きSSDを試作し、標準ストレージインターフェースによる光接続動作を検証。	25Gbps×4ch、12chを光IOコアに集積する基本スペックを決定。 LSIとの25Gbpsの高速電気信号の伝送仕様、光電子集積インターポーザとしての冷却構造の基本要件を決定 。 総帯域Tbps超級の大容量信号を高密度伝送(800Gbps/cm)可能なCPU間光インターコネクトの基本要件は、CPUパッケージ基板上に光IOを搭載であることを明確化。 CPU間の高密度伝送を想定した動作実証機を試作し、25Gbps動作を実証 。 光電子集積インターポーザと積層型ストレージチップ型SSDからなる ハイブリッド型光I/O付きSSDを試作し、標準ストレージインターフェースによる光接続動作を検証 。	○

達成度:◎大幅達成、○達成(年度内達成見込みも含む)、△達成遅れ、×未達

研究開発成果と達成度について(4)

公開

②光エレクトロニクス実装システム化技術の開発 2-2 光電子集積光通信システム

テーマ	H26年末中間目標	主な成果状況	達成度
2-2-1 データセンタ間 接続機器のシス テム化技術	100Gbps動作に対応するDSP-LSIと集積光送 受信デバイスの試作。 それらを用いたトランシーバを試作し、デバイス 制御動作を検証するとともに改良・完成度向上 に向けた指針・フィードバック事項を抽出。	世界初の20nmプロセスによる100Gbps動作のDSP-LSIを 設計・試作し、良好な動作を確認。 従来比で、容積1/2以下の小型光源パッケージ、容積1/3 以下の光受信器モジュール化技術を確立。 プラグラブルCFPタイプの100Gbpsデジタルコヒーレントトラ ンシーバを試作し、従来比で容積1/2以下の小型化と従来 比1/3となる低消費電力化を実現。 完成度向上に向けパラ メータ最適化指針を得。データセンタ間を想定した70kmか ら840kmの伝送実験を行い、エラーフリー動作を確認。 上記のデバイス・トランシーバの 早期事業化 予定	◎
2-2-2 企業間ネット ワーク接続機器 のシステム化技 術	シリコン光導波路による波長合分波器を用いて 1.25Gbpsの一芯双方向光トランシーバを実証。	双方向WDMフィルタは、1310nm帯アイソレーションでGE- PON規格を達成。アイソレータフリー光源は、伝送特性、反 射戻り光耐性共にGE-PON規格を達成。 双方向光トラン シーバ用集積チップの作製は平成26年度末に試作・評価 を完了予定。	○

達成度：◎大幅達成、○達成(年度内達成見込みも含む)、△達成遅れ、×未達

研究開発成果と達成度について(5)

公開

②光エレクトロニクス実装システム化技術の開発 2-3 国際標準化

テーマ	H26年末中間目標	主な成果状況	達成度
2-3 国際標準化	光インターコネクトに関する標準化団体 (OIF(Optical Internetworking Forum)、IEEE802.3 (Next gen 100G Optical Ethernet Study Group)) に参画し、「キーメンバーコミュニティ」におけるプ レゼンスを確立する。 また、100Gbpsデジタルコヒーレント光トランシー バに関する標準化を推進。	Optical Internetworking Forum(OIF)及びIEEE802.3の 標準化に参加し、提案活動を通じてPETRAのプレゼンス を確立。 国内外主要ベンダーと共同でLSIと小型光トラン シーバのインターフェース仕様策定に参画。 100Gbpsデジタルコヒーレント光トランシーバに関する 標準化については、OIFにおいて4インチx5インチ MSA(Multi-Source Agreement)トランシーバの標準化提 案を行い、標準化文書(IA: Implementation Agreement) のエディタを担当。同文書の発行(2013年8月)により標準 化に成功。 OIFでは、これまでに31件の寄書提案を行い、 100Gbpsデジタルコヒーレント技術の標準化を主導。	○

達成度：◎大幅達成、○達成(年度内達成見込みも含む)、△達成遅れ、×未達

知財マネジメント

- 知財規程の制定。内閣府・最先端の知財を継承。
- プロジェクトIPは原則としてPETRAが管理し、参加企業保有のIPは、本成果の事業化推進のために実施許諾を前提
- 事業適合性判定(日本知財仲裁センター弁理士、弁護士23組)で、上記知財が国内関連特許(約15万件)に対し、「有効」裁定(H25年10月)

オープン・ブラックボックス戦略

- 国際標準化：光と電気のインターフェースの構造的な仕様
- 特許化：コア技術であるシリコンフォトニクスによる集積光回路と実装構造
- ノウハウとしてブラックボックス化：主要実装構造の特許化と、製造方法を、固有の実装装置内に封じ込め、ブラックボックス化

(平成24年9月25日～平成26年8月末日集計分まで)

年度(平成)	特許	外国出願(内数)	論文等	国際/国内学会発表(解説記事を含む)	標準化寄与文書	新聞発表	主要展示会
計	36	13	6	52	37	7	
24年度	7	7	1	3	15	6	
25年度	23	6	2	16	13	0	CEATEC OFC2014
26年度	6	0	3	33	9	1	ICEP2014 SSDM2014

The 4th International Symposium on Photonics and Electronics Convergence (ISPEC2014)の
東京大学との共同開催:2014年11月17-19日



① 光エレクトロニクス実装基盤技術の開発

テーマ	最終目標(2017)	達成見通し
1-1 基盤要素技術	<ul style="list-style-type: none"> 複数のLSIを搭載可能な光電子集積インターポーザを実現するための基盤光電子集積技術を実現。 5cm×5cm程度の光電子ハイブリッド基板上にLSIを搭載するモジュール化技術を確立。 	大規模光集積技術と狭ピッチ配線技術の開発による高密度化、要素光素子・駆動回路の特性改善と光学実装の低損失化による省電力化で、目標達成の見込み。実用化に向けて、CMOSファブのSiフォトリソグラフィライン立上げで高歩留り化と高信頼化達成。
1-2 革新的デバイス技術	各デバイスの最終目標を達成するとともに、光電子集積サーバ技術への展開の見通しを示し、事業化に対する課題を明確化。	中間目標の達成性をさらに展開するとともに、PETRA研究員との議論を重ね、サーバ技術への展開を図ることによって目標達成の見込み。

② 光エレクトロニクス実装システム化技術の開発

テーマ	最終目標(2017)	達成見通し
2-1 光電子集積サーバシステム	<ul style="list-style-type: none"> LSIと光トランシーバの接続構造を決定し、光電子集積サーバボードに必要な仕様を満たす光伝送を実証するとともに、光インターフェース付SSD技術を確立。 シリコンフォトニクスによる波長多重PON技術を実証する。また、100Gbpsデジタルコヒーレントトランシーバにおいて、消費電力を30W程度まで低減できる技術を実現(2016年度まで)。 	試作の積み重ねによるデバイス性能の改良と実用化に向けたシステムの開発体制強化および性能要求のすり合わせを図りながらのコンカレントな開発を行うことによって、目標達成の見込み。
2-2 光電子集積光通信システム		
2-3 国際標準化	<ul style="list-style-type: none"> 本プロジェクトの成果における各種インターフェース等の標準化提案活動を行い、実用化する開発成果の事業化に必要な標準を提案。 	本プロジェクトで製品化を推進している光電子集積サーバシステムと光電子集積光通信システムのインターフェース仕様を、戦略的に国際標準仕様(OIF、IEEE802.3)へ反映させる活動を継続することで、国際標準化の目標達成の見込み。

超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発 中間評価第1回分科会(平成26年9月30日)

3-11

1 実装基盤技術

② 光エレクトロニクス実装システム化技術の開発

2-1 光電子集積サーバシステム

- CPU間光インターコネクト
- CPU/記憶素子間光インターコネクト
- ボード間・筐体間接続

2-2 光電子集積光通信システム

- データセンタ間ネットワーク接続
- 企業間ネットワーク接続

2-3 国際標準化

① 光エレクトロニクス実装基盤技術の開発

1-1 基盤要素技術

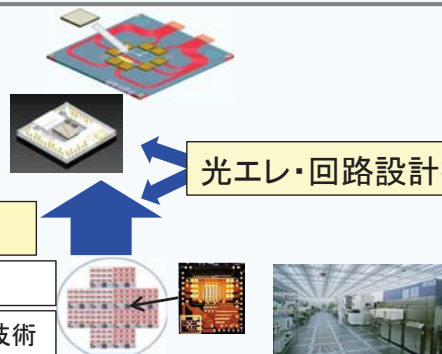
光エレ・実装技術

- 光電子ハイブリッド回路基板
- 超小型光トランシーバ

光エレ・集積デバイス技術

- 多並列・多重化技術
- 高密度・低コストインターポーザ技術
- 超低消費電力・高密度デバイス技術

光エレ・回路設計技術



1-2 革新的デバイス技術

1-1 基盤要素技術

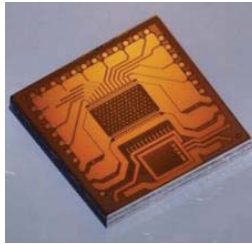
公開

1-1-1 光エレクトロニクス集積デバイス技術

多並列 / 多重化技術

12チャンネル集積光I/Oチップ

12チャンネル集積光I/Oチップ(送信)



小型チップサイズ5 × 5 mmでスループット300Gbpsの集積光I/Oチップを実現
光デバイスを、**従来比1/2の狭ピッチ集積化**

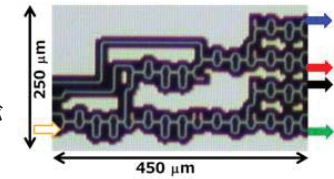
12チャンネル集積光I/Oチップ(受信)



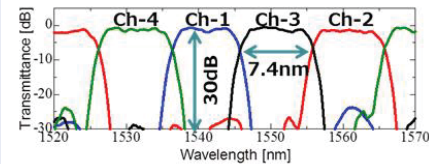
4波合分波器

多段化による平坦化・低クロストーク化

液浸ArF露光での高精度プロセスで低位相誤差を実現
⇒フィルタの多段化が可能に



広帯域平坦なスペクトルを持つ4波長分波動作



透過帯域幅が**世界最高**
⇒広い温度で使用可能

目標の達成度

光信号の並列化、多重化技術を開発し、大容量信号伝送の基盤要素技術を確立。**中間目標達成。**

事業化の見通しと取り組み

超小型光トランシーバ(光I/Oコア)として、PETRAでの事業化を計画。

システム化技術でプロトタイプを開発。事業化は富士通事業部門と議論中。

1-1 基盤要素技術

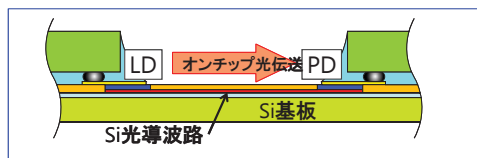
公開

1-1-1 光エレクトロニクス集積デバイス技術

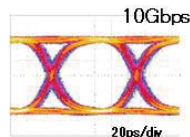
高密度・低コストインターポーザ技術

小型光素子のSi上集積化技術

化合物半導体レーザ・受光器のSi基板への集積



小型リングレーザの10Gbps変調動作

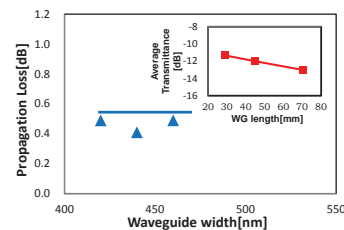


Si上の小型リングレーザの10Gbps動作は**世界初**

プロセス統合化基盤技術

CMOSプロセスでの集積光素子

300mmSi-CMOSプロセスによるシリコンフォトニクス
高性能化



液浸ArF露光による高精度、高均一プロセスによる低損失化
伝搬損失<0.5dB/cmは**世界最高**

目標の達成度

高密度・低コスト化のための光素子の集積化技術と導波路技術を確立。**中間目標達成。**

事業化の見通しと取り組み

機器内、チップ間、チップ内に広範囲に適用できる技術として、実用化、事業化を目指す。

PJが目指す事業化シナリオに対応できる集積光I/Oチップの大規模集積化技術を構築、集積光I/Oチップを用いる装置の事業化に貢献。

1-1 基盤要素技術

公開

1-1-2 光エレクトロニクス
実装技術

超小型光トランシーバ技術

実装技術(光I/Oコア)

新規高密度光入出力構造
光ピンを開発

5mm

LD実装

パッシブアライメント実装
・高効率光接続(<5dB)

受信

5mm

5mm

12ch集積光I/Oチップ

電気I/O

IC・LD、光・電気I/Oを
実装した光I/Oコア

ドライバIC

TIA

<1V駆動のCMOS_ICを開発5mW/Gbpsを実現

25Gbps光出力波形

25Gbps受信器出力波形

- ・サイズ5×5mmの25Gbps×12chの光トランシーバを実現(世界一の帯域密度1.2Tbps/cm²)
- ・消費電力5mW/Gbpsは、他で発表の光トランシーバの1/3の低消費電力化達成

目標の達成度

小型の高速・低消費電力光トランシーバを開発し、光入出力を持つLSIを実現するための基盤技術を確立。**中間目標を達成。**

事業化の見通しと取り組み

H27年度に、光トランシーバ(光I/Oコア)を製品レベルで完成させ、PETRAで事業化を計画。

1-1 基盤要素技術

公開

1-1-2 光エレクトロニクス
実装技術

光電子ハイブリッド回路基板技術

ポリマー導波路配線技術

光電子集積パッケージ基板

光I/Oコア用45° 光路変換ミラー

500 μm

光I/Oコア用45° ミラー

ポリマー導波路アレイ

ロジックLSIモックアップ

光I/Oコア

光ファイバアレイ

光I/O付LSI基板(H29目標)

ロジックLSI

光ファイバ結合部(96本)

光I/Oコア8個

光電子集積パッケージ基板内伝送

25Gbps/chの伝送を達成

光コネクタ部分の96芯ポリマー(2.4Tbps)導波路アレイの断面写真

500 μm

- ・LSI基板に光I/Oコア接続用のポリマー光導波路を形成(光電子集積パッケージ基板)
- ・50mm角で96芯のポリマー光導波路(2.4Tbps/基板)を開発、25Gbps/ch伝送を達成

目標の達成度

数十mm角のポリマー光配線を形成した光電子ハイブリッド回路基板を開発し、光入出力を持つLSIを実現するための基盤技術を確立。**中間目標達成。**

事業化の見通しと取り組み

光I/Oコアを複数個搭載した大容量(2.4Tbps)光配線が可能な、光I/O付LSI搭載基板として、FPGAを始めロジックLSIとの接続実証を行い、H29年度までに実用レベルの技術を完成させる。

1-1 基盤要素技術

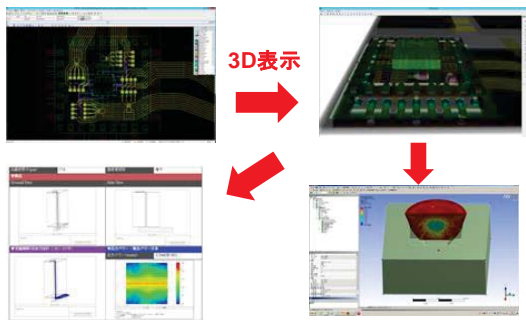
公開

1-1-3 光エレクトロニクス 回路設計技術

光エレクトロニクス回路設計技術

実装設計環境構築

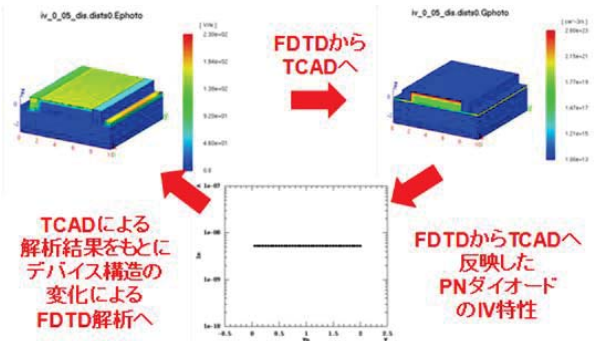
マルチフィジクス対応の統合設計環境基本構成を構築



光源・光路解析ソフトウェア、構造・伝熱・熱流体解析ソフトウェア等との連携

光I/Oコア搭載用光デバイス設計ツール開発

電磁界シミュレータと電子デバイス三次元TCADを連携させた電子・光連携TCADの基本構造を確立



目標の達成度

- ・統合設計環境の基本構成構築、これを用いた統合設計の基本的実証フローを構築。中間目標達成。
- ・光変調器等の開発に適用可能な電子・光連携TCADの基本構造を確立。中間目標達成。

事業化の見通しと取り組み

- ・PJ内での光デバイス、光エレクトロニクス実装システム設計での活用へ向け連携。
- ・PJ開発デバイス解析に必要な機能を構築し、プロジェクト成果活用企業の競争力強化に資する。

1-2 革新的デバイス技術

公開

革新的光エレクトロニクス回路技術

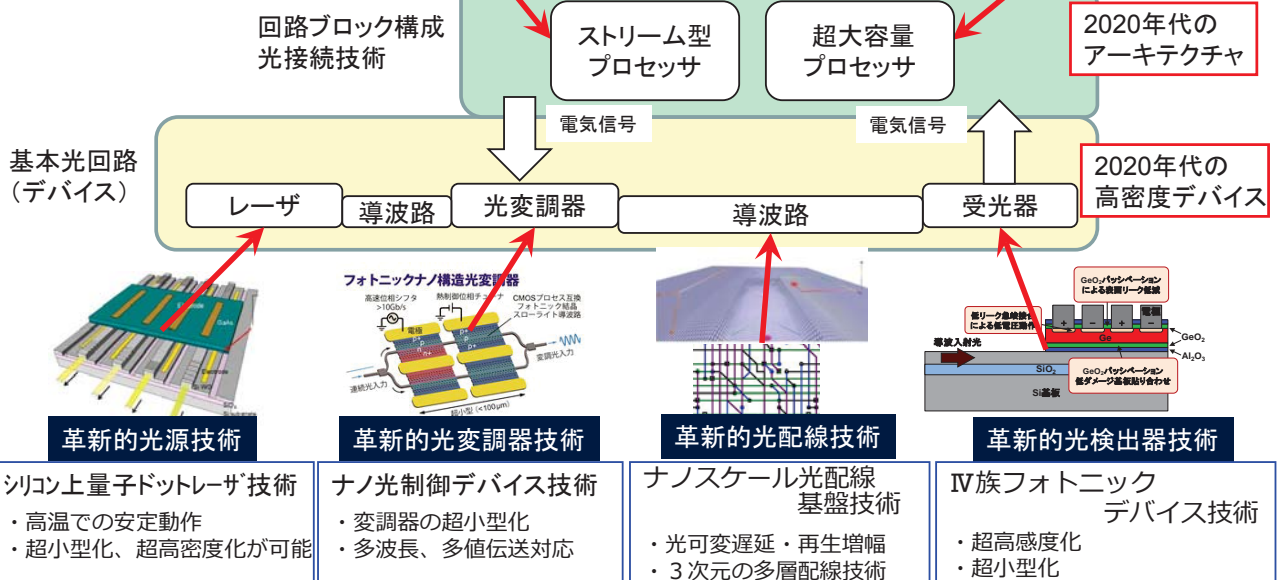
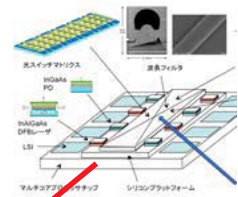
機能可変型光エレクトロニクス回路基盤技術

- ・回路規模の小型化
- ・超高速信号処理



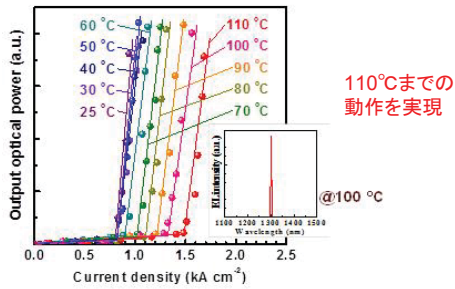
革新的光スイッチングデバイス技術

ハイブリッド集積光スイッチングデバイス技術
・エクサスケールのプロセッサでホップ数の大幅削減

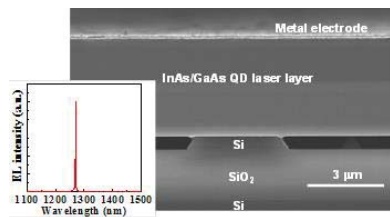


革新的光源技術(東京大学・荒川Gr)

シリコン基板上の量子ドットレーザにおいて100°C以上での動作を達成



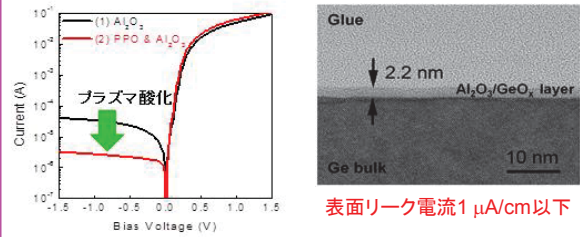
シリコン導波路構造上の量子ドットレーザを実現



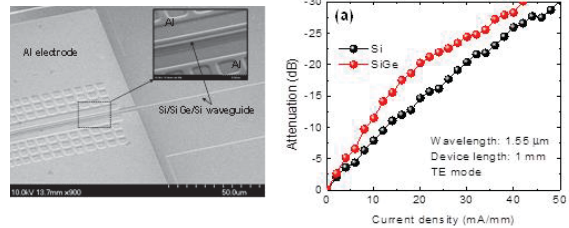
- ・中間目標(温度安定動作): 達成済み
- ・中間目標(Si導波路結合型単チャンネルQDレーザ): 現在試作中。H26年度内に達成見込み

革新的検出器技術(東京大学・竹中Gr)

プラズマ酸化によるGe受光器の暗電流低減実証



歪SiGe変調器の低電流駆動を実現

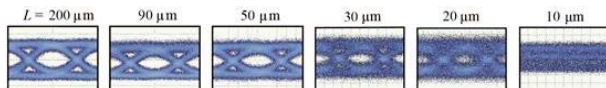


- ・中間目標(暗電流抑制効果実証)を達成
- ・基板貼り合わせを用いて、高品質Ge-on-Si基板を実現してゆく。
- ・Si以下の低電流駆動を達成
- ・歪SiGeを用いた屈折率変調増大を実証し、屈折率変調型デバイスを実現してゆく。

革新的変調器技術(横浜国立大学)

超小型フォトニック結晶変調器の10 Gbps動作

16 nmを超える波長範囲, 100 Kを超える温度範囲での動作も可能



長さ~100μm、電圧<2V、波長幅>10nmで>10 Gbps動作

損失を許容すれば25 Gbpsも可能

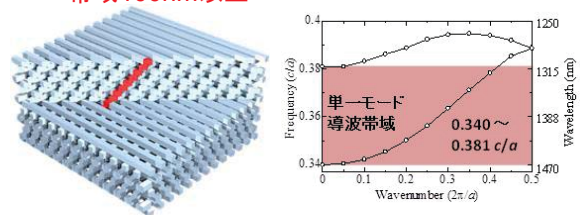
7 dBの付加損失でV_{pp} = 1.5 Vでも消光比 >3 dB

- ・中間目標(小型高速動作)達成
- ・低損失・低電圧で28Gbps変調、実用への課題解決

革新的光配線技術(京都大学)

三次元光配線技術: 広帯域層間光伝搬の実証

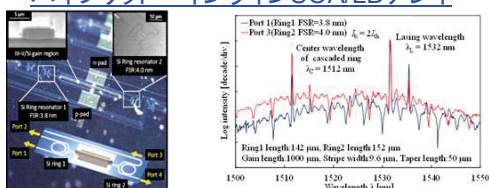
帯域100nm以上



- ・中間目標(層間方向への伝搬機能を実現)達成
- ・Q値900万も達成(世界最高値)

革新的光エレクトロニクス回路技術(東京工業大学)

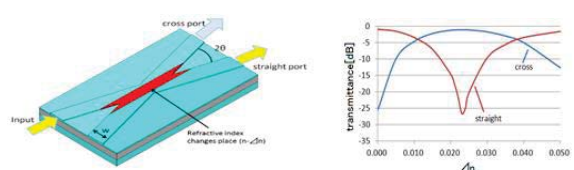
プラズマ活性化接合による
ハイブリッドインラインSOALDアレイ



- ・素子作製と発振特性の確認に成功→中間目標(ハイブリッド基板上集積素子の実現/高効率化)達成見込み
- ・高効率化とスペクトル安定化に向け、プロセスを改良していく。

革新的光スイッチングデバイス技術(早稲田大学)

オフセットフリー低消費電力小型シリコン光スイッチ



- ・2x2構造交差導波路による導波確認→中間目標(クロスバー型超小型光スイッチ実証)達成見込み
- ・低クロストーク化、ナノ秒高速動作化、そして4x4以上の多ポート化に向けて、素子構造の改善を図る。

②光エレクトロニクス実装システム化技術の開発

2-1光電子集積サーバシステム

- CPU間光インターコネクト
- CPU/記憶素子間光インターコネクト
- ボード間・筐体間接続

2-2光電子集積光通信システム

- データセンタ間ネットワーク接続
- 企業間ネットワーク接続

2・3 国際標準化

①光エレクトロニクス実装基盤技術の開発

1-1基盤要素技術

光エレ・実装技術

- 光電子ハイブリッド回路基板
- 超小型光トランシーバ

光エレ・回路設計技術

光エレ・集積デバイス技術

- 多並列・多重化技術
- 高密度・低コストインターポーザ技術
- 超低消費電力・高密度デバイス技術

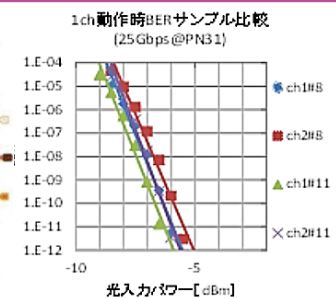
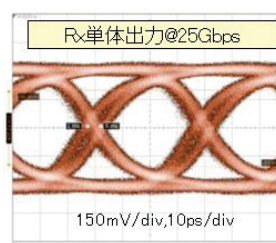
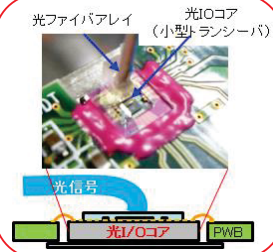
プロセス統合化基盤技術

1-2革新的デバイス技術

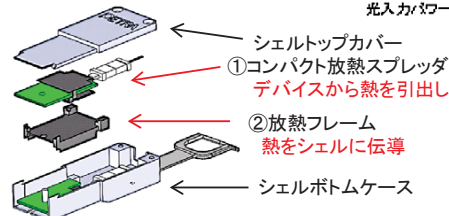
2-1光電子集積サーバシステム

2-1-1 ボード間接続機器、筐体間接続

アクティブオプティカルケーブル(AOC)



- ✓ ボード間を接続するAOCに搭載する光I/Oコア(Rx)で25Gbpsエラーフリー動作を確認
- ✓ 消費電力は約2.8mW/Gbps/ch@Rx
- ✓ 高効率冷却性能を持つAOCシェル開発



目標の達成度

・光I/Oコア内蔵のAOCを実現する実装/光接続構造/冷却機構の要素技術を開発し、H26年度中に筐体間伝送実証(中間目標達成予定)。標準化動向に準じた高速電気インターフェース仕様を決定。

事業化の見通し

AOC市場は2016年時点で180億円と予想、PETRAの低電力・高信頼性AOCの競争力は高い。2016年度事業化に向け、つくば集中研と連携し開発推進中。

2-1光電子集積サーバシステム

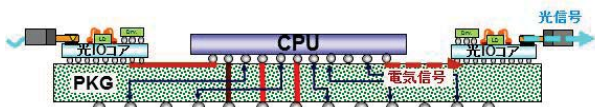
公開

2-1-2 サーバボードのシステム化

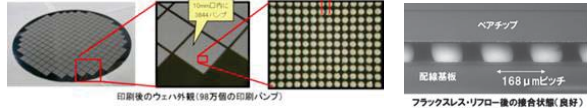
CPU間光インターコネクト

要素技術開発

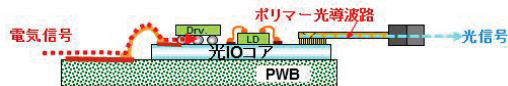
光I/Oコア付LSI、光電子集積インターポーザ実現のための要素技術開発開始



・微細半田供給技術、フラックスレス接合プロセス開発



・ポリマー光導波路の光I/Oコア接続の課題を抽出



目標の達成度

・光インターコネクトの伝送スペックの決定と要素技術の開発を開始。中間目標達成。

事業化の見通しと取り組み

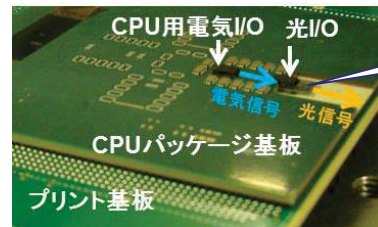
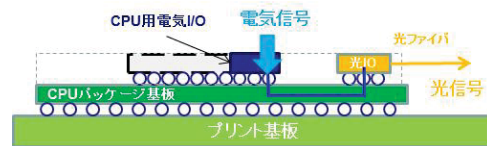
CPU間を高バンド幅で接続する光電子集積インターポーザは必須、成果をサーバ事業部門展開、採用を検討中。

事業原簿 P41

超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発 中間評価第1回分科会 (平成26年 9月30日)

基本設計

高密度伝送(800Gbps/cm)可能なCPU間光インターコネクトの基本設計完了



25Gbps動作実証

シリコン
フォトニクス
チップ



目標の達成度

・CPU間の高密度伝送を可能とする光インターコネクトの基本要件を決定。中間目標達成。

事業化の見通しと取り組み

ハイエンドサーバ向けの事業化について富士通グループの事業部門と議論中。

2-1光電子集積サーバシステム

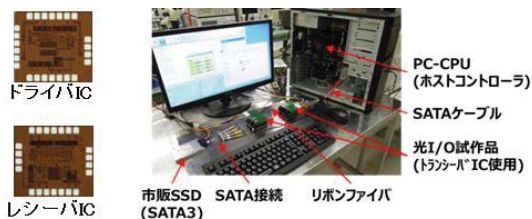
公開

2-1-2 サーバボードのシステム化

CPU/記憶素子間光接続

光I/O付SSD用光インターフェース

標準ストレージインターフェース (SATA) 規格での市販SSDの光I/O動作を達成



ストレージインターフェース向け光素子駆動ICを試作し、光I/OによるSATA規格信号をPC/SSD間で転送

目標の達成度

光電子集積インターポーザと積層型ストレージチップ型SSDからなるハイブリッド型光I/O付きSSDを試作し、標準ストレージインターフェースによる光接続動作を検証。中間目標達成。

事業化の見通し

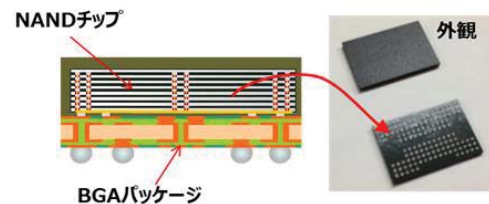
積層チップ型NANDによる高速低消費電力ストレージは、データセンタサーバ、クラウドストレージでの要求が高い。PJ中に派生品となる電気I/O-SSD、PJ開発後に光I/O-SSDの事業化を検討中

事業原簿 P42

超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発 中間評価第1回分科会 (平成26年 9月30日)

光I/O付SSD用積層型NANDチップ

積層チップ型NAND (TSV接続) のデータ書き込み/読み出し初期動作を達成



評価ボード (BGAソケット実装) にて、メモリブロックのデータ消去/書き込み/読み込みシーケンスを検証

3-24

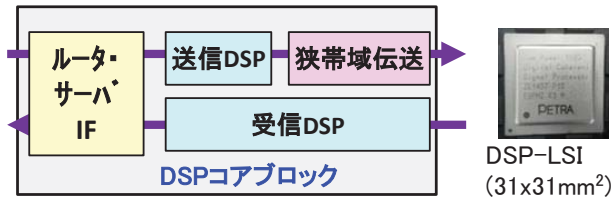
2-2 光電子集積光通信システム

公開

2-2-1 データセンタ間ネットワーク接続

DSP-LSI

- ・ルータ・サーバ機器間インタフェース技術、狭帯域化伝送技術、低電力化技術を統合し、20nm CMOSプロセスを用いたDSP-LSI試作完了
- ・**100Gbps DP-QPSK**光変調方式による伝送特性(伝送距離840km)を確認



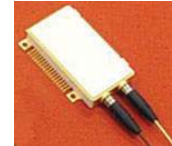
集積光デバイス

- ・部品の小型化・近接配置、超高精度実装技術を開発し、従来デバイスから**機能削減なしに容積比1/2以下の小型化を実現**
- ・従来サイズのデバイスと遜色ない特性(線幅・受信特性)を確認

送信用
8 × 15.25
× 6.2mm



受信用
16 × 30
× 5 mm



目標の達成度

- ・**世界で初めて**20nm CMOSプロセスを用いて100Gbps動作に対応するDSP-LSIの設計・試作を行い**良好な動作確認: 中間目標達成**。
- ・100Gbps集積光送受信デバイスの試作し、従来比で、容積1/2以下の小型光源パッケージ、容積1/3以下の光受信器モジュール化技術を確立。**中間目標達成**。

事業化の見通し

100Gbpsの外部動向を鑑み、これまでの成果に基づき、電源変動・環境温度変動等の実使用環境を考慮した実用化開発、信頼性評価を行い、**早期に事業化**を行う見込み(平成27年1月予定)。

2-2 光電子集積光通信システム

公開

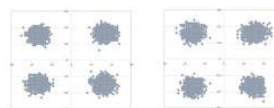
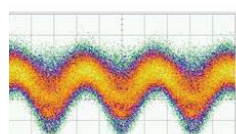
2-2-1 データセンタ間ネットワーク接続

デジタルコヒーレントトランシーバ

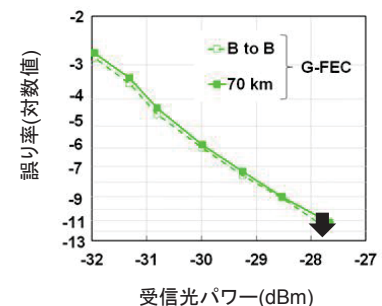
- ・データセンタ内で使用されているクライアント信号接続用CFP 100Gトランシーバの標準規格にDSP-LSI、送受信光デバイスを搭載。データセンタ間相当距離を伝送し、エラーフリー動作を確認。



試作CFPトランシーバ内部構造



受信コンスタレーション



目標の達成度

- ・プラグブルCFPタイプの100Gbpsデジタルコヒーレントトランシーバを試作し、従来比で容積1/2以下の小型化と従来比1/3となる低消費電力化を実現。**中間目標達成**
- ・**世界で初めて**デジコヒCFPトランシーバを学会発表(OECC2014 post deadline paper)。

事業化の見通し

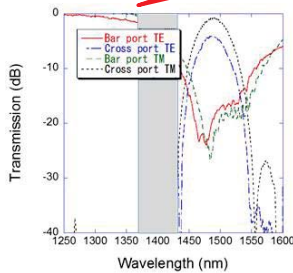
100Gbpsの外部動向を鑑み、これまでの成果に基づき、電源変動・環境温度変動等の実使用環境を考慮した実用化開発、信頼性評価を行い、**早期に事業化**を行う見込み(平成27年1月予定)。

2-2-2 企業間ネットワーク接続機器

双方向波長合分波器

上下方向波長の分離特性でGE-PON規格を達成。

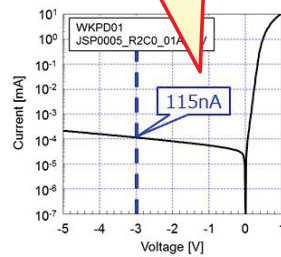
世界初



Ge受光器

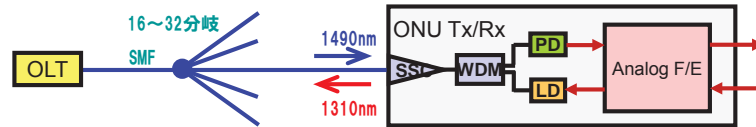
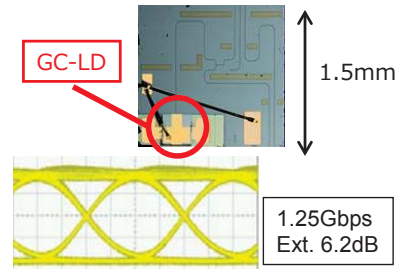
低暗電流と偏波無依存受光感度特性を達成し、GE-PON適用にめど。

世界トップレベル



アイソレータフリーDFB-LD

Siフォト集積チップ上にLDを実装し、GE-PON伝送規格を達成。



目標の達成度

・要素デバイスのGE-PON規格対応にめど。H26年度中に双方向プロトタイプで試作。中間目標達成見込み。

事業化の見通し

蔵分室事業部門でのES(平成27年度)、CS(平成28年度)評価を元に実用化開発を進める。

2-3 国際標準化

成果のポイント

・プロジェクトで製品化を推進している仕様を、戦略的に国際標準仕様(OIF、IEEE802.3)へ反映させ、国際市場での競争力を高める。

2-3-1 光電子集積サーバシステムに関連する標準化

活動内容

- ・ OIFでパッケージ仕様/データを世界に先駆けて提案
- ・ IEEE802.3でデータセンタ向け光ファイバ(波長、光モード等)の提案活動を開始

成果: 寄書6件

2-3-2 光電子集積光通信システム

(デジタルコヒーレント・トランシーバ)標準化

活動内容

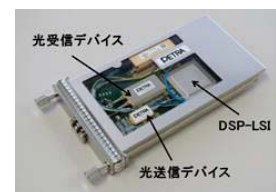
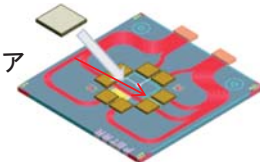
- ・ 100Gデジコヒトランシーバ(データセンタ、メトコ向け)
- ・ 100Gデジコヒ用DSP、光送受信デバイス(データセンタ、メトコ向け)

成果: 標準化文書(Implementation Agreement): 1件
寄書: 46件(先導研究時の寄書15件を含む)



ロジックLSI

光I/Oコア



目標の達成度

・標準化に参加し、提案活動を通じてPETRAのプレゼンスを確立。中間目標達成。
・100Gbpsデジコヒ光トランシーバに関する標準化については、OIFにおいて4インチ×5インチトランシーバの標準化・提案を行い、同文書の発行(2013年8月)により標準化に成功。中間目標達成。

- 新会社と組合員企業により、実装部品とシステムの二方向から事業化を推進

<PETRAの一部を分割し新会社による事業化> <技術開発成果を用いた組合員企業による事業化>

新会社が関係業界と連携して事業化

第一期:光I/Oコア

電気コネクタ+ファイバリボン
⇒マイクロAOC

プリント基板内展開 ⇒



第二期:光ケーブル付きLSI基板

専用LSIを実装して
⇒光ケーブル付きLSI

プリント基板内展開 ⇒

⇒ 高速・大容量FPGA等



第三期:光電子集積インターポーザ

高速LSI出力を光化してボードへ出力
⇒光電子集積インターポーザ

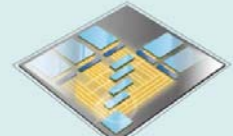
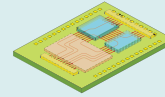
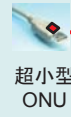
規模の拡大 ⇒

⇒ サーバボード等



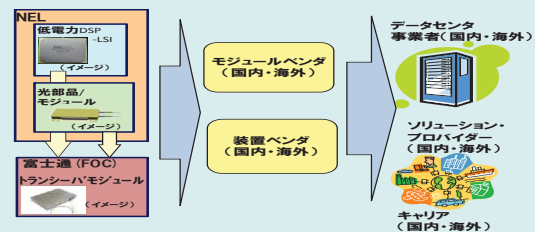
新会社が供給する実装部品を活用した装置を事業化

データセンタ用ストレージ/サーバ 光ネットワークユニット



分散研で開発した信号処理LSI、トランシーバを5年を目途に事業化

低電力デジタルコヒーレント信号処理LSI 集積形送受信デバイス/100Gトランシーバ



(ご参考)発表の構成と実施方針の対応

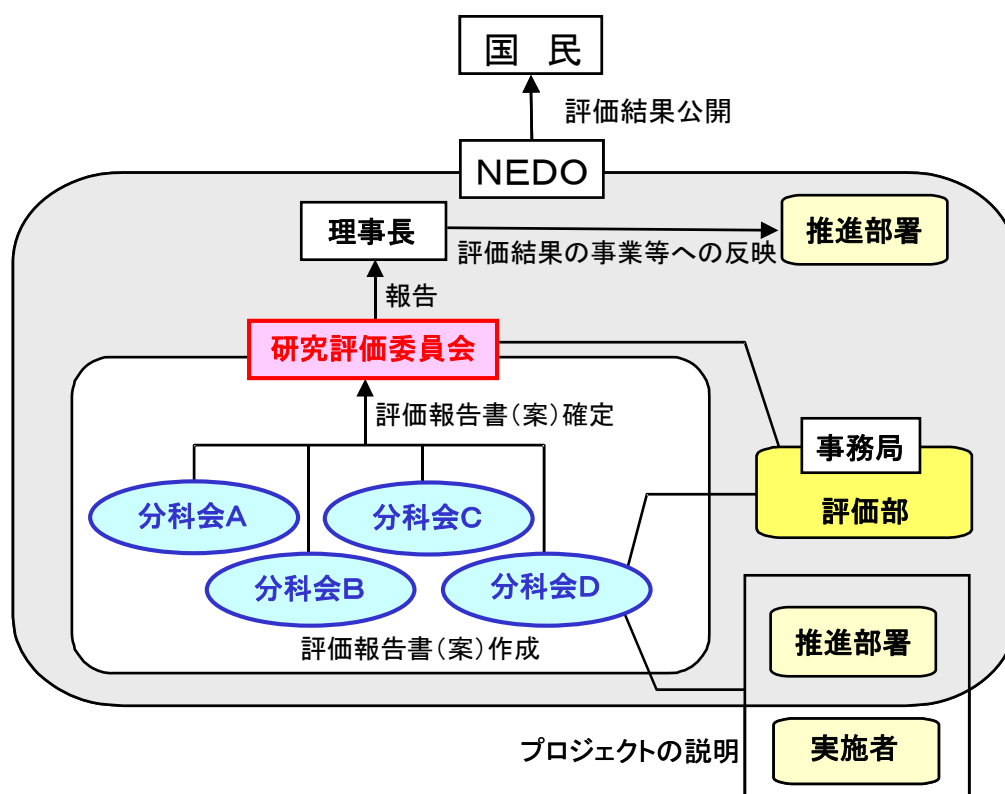
発表説明の研究開発項目	実施方針の研究開発項目
①光エレクトロニクス実装基盤技術の開発	①光エレクトロニクス実装基盤技術の開発
1-1 基盤要素技術 1-1-1 光エレクトロニクス集積デバイス技術	(i)実装基盤技術 (b)光エレクトロニクス集積デバイス技術
1-1-2 光エレクトロニクス実装技術	(a)光エレクトロニクス実装技術
1-1-3 光エレクトロニクス回路設計技術	(d)光エレクトロニクス回路設計技術
1-2 革新的デバイス技術	(ii)革新的デバイス技術
②光エレクトロニクス実装システム化技術の開発	②光エレクトロニクス実装システム化技術の開発
2. システム化技術 2-1 光電子集積サーバシステム	(i)システム化技術 (b)ボード間接続機器、筐体間接続機器のシステム化技術開発 (a)サーバボードのシステム化技術開発
2-2 光電子集積光通信システム	(i)実装基盤技術 (c)光エレクトロニクスインターフェイス技術 (c)データセンタ間接続機器のシステム化技術開発 (d)企業間ネットワーク接続機器のシステム化技術開発
2-3 国際標準化	(ii) 国際標準化

参考資料 1 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて研究評価を実施する。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）における研究評価の手順は、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において。

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
- 社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む
- 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進するとしている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員選定に当たっては以下の事項に配慮して行う。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題、国際標準、その他社会的ニーズ関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、分科会委員名簿にある7名を選任した。

なお、本分科会の事務局については、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構評価部が担当した。

3. 評価対象

平成24年度に開始された「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」プロジェクトを評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び実施者からのヒアリングと、それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価及び実施者側等との議論等により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、NEDOが定める「標準的評価項目・評価基準」（参考資料 1-7 頁参照）をもとに、当該事業の特性を踏まえ、評価事務局がカスタマイズしたものである。

プロジェクト全体に関わる評価について、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義、実用化に向けての見通しや取り組み等を評価した。

評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 経済産業省が推進する未来開拓研究プロジェクト「光エレクトロニクス」の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断できる具体的かつ明確な開発目標を設定しているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 真に技術力と能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 適切な研究開発実施体制になっており、指揮命令系統及び責任体制が明確になっているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 知的財産取扱（実施者間の情報管理、秘密保持、出願・活用ルール含む）に関する考え方は整備され、適切に運用されているか。

- (4) 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性
- ・ 成果の実用化・事業化につなげる戦略が明確になっているか。
 - ・ 成果の実用化・事業化シナリオに基づき、成果の活用・実用化の担い手、ユーザーが関与する体制を構築しているか。
 - ・ 全体を統括するプロジェクトリーダーが選任されている場合、成果の実用化・事業化シナリオに基づき、適切な研究開発のマネジメントが行われているか。
 - ・ 成果の実用化・事業化につなげる知財戦略(オープン/クローズ戦略等) や標準化戦略が明確になっており、かつ妥当なものか。
- (5) 情勢変化への対応等
- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向等に機敏かつ適切に対応しているか。

3. 研究開発成果について

- (1) 目標の達成度と成果の意義
- ・ 成果は目標を達成しているか。
 - ・ 成果は将来的に市場の拡大或いは市場の創造につながることで期待できるか。
 - ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。
 - ・ 目標未達成の場合、達成できなかった原因が明らかで、かつ目標達成までの課題を把握し、この課題解決の方針が明確になっているなど、成果として評価できるか。
 - ・ 設定された目標以外に技術的成果があれば付加的に評価する。
 - ・ 世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、または汎用性のある成果については、将来の産業につながる観点から特に顕著な成果が挙げられている場合は、海外ベンチマークと比較の上で付加的に評価する。
 - ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
 - ・ 大学または公的研究機関で企業の開発を支援する取り組みを行った場合には、具体的に企業の取り組みに貢献しているか。
- (2) 知的財産権等の取得及び標準化の取組
- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
 - ・ 得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。
- (3) 成果の普及
- ・ 論文等の対外的な発表は、将来の産業につながる観点から戦略的に行われているか。
 - ・ 成果の活用・実用化の担い手・ユーザー等に対して、適切に成果を普及しているか。

また、普及の見通しは立っているか。

- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

(4) 成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

本項目における「実用化・事業化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することを言う。

(1) 成果の実用化・事業化の見通し

- ・ 産業技術としての見極め(適用可能性の明確化)ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 成果は市場やユーザーのニーズに合致しているか。
- ・ 実用化に向けて、競合技術と比較し性能面、コスト面を含み優位性は確保される見通しはあるか。
- ・ 量産化技術が確立される見通しはあるか。
- ・ 事業化した場合に対象となる市場規模や成長性等により経済効果等が見込めるものとなっているか。
- ・ 国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ プロジェクトの直接の成果ではないが、特に顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)がある場合には付加的に評価する。

(2) 実用化・事業化に向けた具体的取り組み

- ・ プロジェクト終了後において実用化・事業化に向けて取り組む者が明確になっているか。また、取り組み計画、事業化までのマイルストーン、事業化する製品・サービス等の具体的な見通し等は立っているか。

はじめに

本「標準的評価項目・評価基準」は、「技術評価実施規程」に定める技術評価の目的[※]を踏まえ、NEDOとして評価を行う上での標準的な評価項目及び評価基準として用いる。

本文中の「実用化・事業化」に係る考え方及び評価の視点に関しては、対象となるプロジェクトの特性を踏まえ必要に応じ評価事務局がカスタマイズする。

※「技術評価実施規程」第5条(技術評価の目的) ①業務の高度化等自己改革の促進、②社会への説明責任、経済・社会ニーズの取り込み、③評価結果の資源配分反映による、資源の重点化及び業務の効率化促進

なお「評価項目」、「評価基準」、「評価の視点」は、以下のとおり。

- ◆評価項目：「1. . . .」
- ◆評価基準：上記、各項目中の「(1) . . .」
- ◆評価の視点：上記、各基準中の「・」

評価項目・基準・視点

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 特定の施策（プログラム）、制度の下で実施する事業の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断できる具体的かつ明確な開発目標を設定しているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマごとの配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 適切な研究開発実施体制になっており、指揮命令系統及び責任体制が明確になっているか。
- ・ 研究管理法を經由する場合、研究管理法が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 知的財産取扱（実施者間の情報管理、秘密保持、出願・活用ルール含む）に関する考え方は整備され、適切に運用されているか。

(4) 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

（基礎的・基盤的研究開発及び知的基盤・標準整備等研究開発の場合は、「事業化」を除く）

- ・ 成果の実用化・事業化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化・事業化シナリオに基づき、成果の活用・実用化の担い手、ユーザーが関与する体制を構築しているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダーが選任されている場合、成果の実用化・事業化シナリオに基づき、適切な研究開発のマネジメントが行われているか。
- ・ 成果の実用化・事業化につなげる知財戦略(オープン/クローズ戦略等) や標準化戦略が明確になっており、かつ妥当なものか。

(5) 情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向等に機敏かつ適切に対応しているか。

3. 研究開発成果について

(1) 目標の達成度と成果の意義

- ・ 成果は目標を達成しているか。
- ・ 成果は将来的に市場の拡大あるいは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。
- ・ 目標未達成の場合、達成できなかつた原因が明らかで、かつ目標達成までの課題を把握し、この課題解決の方針が明確になっているなど、成果として評価できるか。
- ・ 設定された目標以外に技術的成果があれば付加的に評価する。
- ・ 世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、又は汎用性のある成果については、将来の産業につながる観点から特に顕著な成果が上がっている場合は、海外ベンチマークと比較の上で付加的に評価する。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 大学又は公的研究機関で企業の開発を支援する取り組みを行った場合には、具体的に企業の取り組みに貢献しているか。

(2) 知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、又は実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(3) 成果の普及

- ・ 論文等の対外的な発表は、将来の産業につながる観点から戦略的に行われているか。
- ・ 成果の活用・実用化の担い手・ユーザー等に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

(4) 成果の最終目標の達成可能性(中間評価のみ設定)

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

本項目における「実用化・事業化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することを言う。

なお、評価の対象となるプロジェクトは、その意図する効果の範囲や時間軸に多様性を有することから、上記「実用化・事業化」の考え方はこうした各プロジェクトの性格を踏まえ必要に応じカスタマイズして用いる。

(1)成果の実用化・事業化の見通し

- ・ 産業技術としての見極め(適用可能性の明確化)ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 成果は市場やユーザーのニーズに合致しているか。
- ・ 実用化に向けて、競合技術と比較し性能面、コスト面を含み優位性は確保される見通しはあるか。
- ・ 量産化技術が確立される見通しはあるか。
- ・ 事業化した場合に対象となる市場規模や成長性等により経済効果等が見込めるものとなっているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ プロジェクトの直接の成果ではないが、特に顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)がある場合には付加的に評価する。

(2)実用化・事業化に向けた具体的取り組み

- ・ プロジェクト終了後において実用化・事業化に向けて取り組む者が明確になっているか。また、取り組み計画、事業化までのマイルストーン、事業化する製品・サービス等の具体的な見通し等は立っているか。

◆プロジェクトの性格が「基礎的・基盤的研究開発」である場合は以下を適用

4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて

(1)成果の実用化の見通し

- ・ 実用化イメージに基づき、課題及びマイルストーンが明確になっているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ プロジェクトの直接の成果ではないが、特に顕著な波及効果(技術的・経済的・社会

的効果、人材育成等)がある場合には付加的に評価する。

(2) 実用化に向けた具体的取り組み

- ・ 成果の実用化に向けて、誰がどのように引き続き研究開発を取り組むのか明確になっているか。

◆プロジェクトの性格が「知的基盤・標準整備等の研究開発」である場合は以下を適用

4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて

(1) 成果の実用化の見通し

- ・ 整備した知的基盤についての利用は実際にあるか、その見通しが得られているか。
- ・ 公共財として知的基盤を供給、維持するための体制は整備されているか、その見込みはあるか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ J I S化、標準整備に向けた見通しが得られているか。注) 国内標準に限る
- ・ 一般向け広報は積極的になされているか。
- ・ プロジェクトの直接の成果ではないが、特に顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)がある場合には付加的に評価する。

(2) 実用化に向けた具体的取り組み

- ・ 成果の実用化に向けて、誰がどのように引き続き研究開発を取り組むのか明確になっているか。

参考資料 2 分科会議事録

研究評価委員会
「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」(中間評価)分科会
議事録

日 時：平成26年9月30日(火) 9:30~18:30

場 所：大手町 サンスカイルーム A室

出席者(敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長	小柴 正則	北海道大学 キャリアセンター センター長・特任教授
分科会長代理	中島 啓幾	早稲田大学 理工学術院 教授
委員	北山 研一	大阪大学 大学院工学研究科 電気電子情報工学専攻 情報通信工学部門 教授
委員	小山 二三夫	東京工業大学 精密工学研究所附属フォトニクス集積システム研究センター 教授
委員	佐藤 三久	筑波大学 システム情報系 情報工学域 計算科学研究センター 教授
委員	栖原 敏明	大阪大学 大学院工学研究科 電気電子情報工学専攻 量子電子デバイス工学部門 教授
委員	波平 宜敬	琉球大学 工学部 電気電子工学科 教授

<推進者>

岡田 武	NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部 部長
関根 久	NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部 統括研究員
吉木 政行	NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部 主幹
井谷 司	NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部 主査
波佐 昭則	NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部 主査

<実施者※メインテーブル着席者のみ>

荒川 泰彦(PL)	東京大学 生産技術研究所 教授 ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構 機構長・教授
最上 徹	PETRA つくば研究開発センター センター長
蔵田 和彦	PETRA つくば研究開発センター 主幹研究員
森戸 健	PETRA つくば研究開発センター 主幹研究員
森 雅彦	PETRA つくば研究開発センター 主幹研究員
尾中 寛	PETRA 川崎分散研 主幹研究員
岩本 敏	東京大学 生産技術研究所 准教授 ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構 准教授
江部 広治	PETRA 厚木第2分室 主幹研究員
稲坂 純	PETRA 府中分室 主幹研究員
増田 岳夫	PETRA 標準化室 室長
萩原 靖彦	PETRA つくば研究開発センター 主幹研究員

中村 隆宏	PETRA つくば研究開発センター 研究統括部長
江崎 瑞仙	PETRA つくば研究開発センター 主幹研究員
菊地 克弥	PETRA つくば研究開発センター 主幹研究員
古山 英人	PETRA 川崎分室 主幹研究員
佐々木 浩紀	PETRA 蕨第2分室 主幹研究員
梶原 信之	PETRA 研究推進部 部長

<評価事務局等>

中谷 充良	NEDO 技術戦略研究センター 主任研究員
佐藤 嘉晃	NEDO 評価部 部長
保坂 尚子	NEDO 評価部 主幹
渡邊 繁幸	NEDO 評価部 主査

議事次第

【公開セッション】

- 1.開会、資料の確認
- 2.分科会の設置について
- 3.分科会の公開について
- 4.評価の実施方法
- 5.プロジェクトの概要説明
 - 5.1 「事業の位置付け・必要性」及び「研究開発マネジメント」
 - 5.2 「研究開発成果」及び「実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み」
 - 5.3 質疑

【非公開セッション】

6. プロジェクトの詳細説明
 - 6.1 研究開発成果
 - 6.1.1 光エレクトロニクス実装基盤技術の開発
 - (1) 実装基盤技術
 - (2) 革新的デバイス技術
 - 6.1.2 光エレクトロニクス実装システム化技術の開発
 - (1) システム化技術
 - (2) 国際標準化
 - 6.2 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み
 - 6.2.1 技術研究組合光電子融合基盤技術研究所(PETRA)
 - 6.2.2 日本電気株式会社
 - 6.2.3 富士通株式会社
 - 6.2.4 NTTエレクトロニクス株式会社、NTT、富士通株式会社
 - 6.2.5 沖電気工業株式会社
 - 6.2.6 株式会社東芝
7. 全体を通しての質疑

【公開セッション】

8. まとめ・講評
9. 今後の予定、その他
10. 閉会

議事内容

【公開セッション】

1.開会、資料の確認

- ・小柴分科会長挨拶
- ・出席者の紹介（評価事務局、推進者）
- ・配布資料確認（評価事務局）

2.分科会の設置について

- ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1に基づき評価事務局より説明。

3.分科会の公開について

評価事務局より資料2及び3に基づき説明し、議題6.「プロジェクトの詳細説明」、議題7.「全体を通しての質疑」を非公開とした。

4.評価の実施方法

評価の手順を評価事務局より資料4-1～4-5に基づき説明した。

5.プロジェクトの概要説明

5.1「事業の位置付け・必要性」及び「研究開発マネジメント」

推進者より資料5-1に基づき説明が行われた。

5.2「研究開発成果」及び「実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み」

実施者より資料5-2に基づき説明が行われた。

5.3 質疑

【小柴分科会長】 ありがとうございます。ただいまの説明に対して、意見、質問をお願いします。技術の詳細は議題6で議論します。ここでは事業の位置付け・必要性、マネジメント等についてお願いします。

【小山委員】 東工大の小山です。NEDO から、本プロジェクトの目的の大きな部分として省エネルギーという話がありました。具体的な数値目標も提示されました。この数字だけではわかりにくいので、例えばデータセンターの中で、本技術が開発されると、割合で言うとどの程度削減されるのか、そういう目標があれば教えてください。なぜこの質問をするかといいますと、この後、技術の詳細が説明されると思いますが、主にインターコネクト部分を中心になると理解しました。どちらかという、エレクトロニクスのスイッチングの部分が電力を消費していると思います。その辺りを、割合で言うと、どの程度の省エネ効果があるのか、教えてください。

【NEDO：井谷主査】 データセンターを構成している主なものにサーバーやルーターがあります。サーバーに関しては約3割の電力削減を狙います。その内容としては、CPU間とメモリー間の接続などを光化することで削減すること。これは、それに伴ってサーバー全体を冷却するファンの規模を小さくしたり、電源を小さくできることを見込んで3割と考えています。

スイッチに関しては、ルーターなどはほぼインターコネクトでできていると思います。光のインターコネクトに関しては約8割程度の削減量として計算しています。データセンターに関してはセンター全体の電源などもありますが、詳細に関しては未計算です。

【波平委員】 琉球大学の波平です。アメリカのIBMでも類似の開発を行っていると思います。おそらく、技術的には日本がトップレベルだと思います。IBMが進めているものと比較して日本はどの程度のレベルですか。国際標準化について、私が携わっていたころは、アメリカ、日本、ヨーロッパの闘いになっており、アジアの韓国や中国はヨーロッパの側に付くという勢力分野でした。国際標準化を行う場合、ど

こかの国・地域とチームを組んで行くと進めやすいので、現在この分野に関して、どこかの国・地域や企業と組んで展開するということがありますか。

【東京大学：荒川 PL】 波平委員のご質問は、ベンチマークも含めて、他国との競争について、アクティブ光ケーブル（AOC）の分野とデジタルコヒーレントの分野、2つの分野があると思います。それぞれについて、蔵田主幹研究員と尾中主幹研究員に説明してもらいます。

【PETRA：蔵田主幹研究員】 蔵田です。ベンチマークは午後に説明します。ご質問の点については、今 IBM は主に原理的な基礎開発を行うグループと、リンク設計グループの実際にコンピューターに適用するグループがあります。リンクグループは、今はまだビクセル（VCSEL）を中心にした光インターコネクに注力しており、シリコン（Si）フォトンクスはその次の世代を狙っています。私たちと比較できるトランシーバがまだ出てきていないため、比較できない部分ですが、ビクセルと比較すると、私たちが開発したものの方が、電力やサイズなどで競争力があると考えています。午後、もう少し詳しく説明します。

標準化については、ご指摘のとおり、一人ではできません。これも午後に説明しますが、私たちは開発の段階から、キーになりそうな部分の標準化を提案しています。動きが早い OIF（Optical Internet working Forum）や IEEE（The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.）に、光インターコネク分野の標準化を提案しています。

【PETRA：尾中主幹研究員】 尾中です。簡単に説明します。デジタルコヒーレント分野の競合先には米国のベンチャー企業2社があります。どのようなポジショニングを行っているかは、午後の非公開セッションで詳細に説明します。端的にいうと、ほぼ五角の闘いをしていると認識しています。

標準化に関しては、先ほど OIF の説明で紹介があったように、私たちが主導権をとって小型デジタルコヒーレントトランシーバの標準化を行い、技術標準のドキュメントも作成しました。その中に入るコンポーネントのサイズやスペックに関しての標準化も進めています。そういう意味で、現在は、主導権を握って標準化を進めていると理解しています。

【小柴分科会長】 ほかにいかがですか。

【栖原委員】 先行するプロジェクトとの関係として PECST（Photonics-Electronics Convergence System Technology、フォトンクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発）について説明がありました。もう一つの NEDO の先行プロジェクトとして、次世代高効率ネットワークデバイスのプロジェクトがあったと思います。それとの関連はどのように捉えたらよいですか。前プロジェクトでの次世代の想定の中で具体的な発展を目指しているのは当然だと思いますが、それ以外の新しい要素や方式の違い、新規性、特徴などがあれば、説明をお願いします。

【PETRA：蔵田主幹研究員】 私は次世代高効率ネットワークデバイスのプロジェクトにも携わっています。100Gbps の超小型トランシーバということで、ルーターのスイッチにそうした光のインターコネクを適用してアラクサラのルーターに使いました。その結果としては、開発した小型トランシーバをルーターのスイッチボードの端に付けて、そのルーターに要求される容量を達成できたのですが、次に向けた課題として、ボードのエッジに載せるのではなく、ルーターのスイッチのパッケージの中に入れることができてきました。そうしないと電力効率が上がらないのです。さらに小型化・低消費電力化が必要であるという課題がわかりました。今回のプロジェクトは、そうした課題を概括して、パッケージの中に光を入れていくことが一つのテーマになっています。

もう一つは、先ほど井谷主査から、空調等も含めて消費電力を下げるという話がありました。前のプロジェクトでは、ルーターのラインカード間をつなぐのにバックプレーンを使っているのですが、そのバックプレーンは、冷却ファンの効率から見ると、風を遮って効率が悪いのです。それで、アラクサラで光配線した際に、配線が高密度なので、風穴をあけると言っていますが、バックプレーンに空気の流れがよくなる穴をあけることができ、冷却効率が上がりました。

そうした部分は前のプロジェクトで得られた成果として、こちらのサーバーにも取り込んでいます。午後に詳細な説明があると思います。光の高速性だけではなく、高密度性を生かした部分に前のプロジェクトの成果を活用していこうと取り込んでいます。

【NEDO：井谷主査】 補足します。以前に実施していた次世代高効率デバイス技術開発プロジェクトのターゲットは、ルーター間やもっと外の部分の光化でした。超低消費電力光エレクトロニクスでは、ボード内の光化、チップ間の光化を対象にしています。ターゲットが違う点が大きな違いです。

【栖原委員】 対象としては、今回のほうがよりローカルということですね。また、この技術が完成すれば、将来、より広域なネットワークにも応用するという理解でよいですか。

【NEDO：井谷主査】 はい。

【東京大学：荒川 PL】 栖原委員がいわれたとおりです。大まかに言うと、ルーターとサーバーでターゲットが異なります。ただし、ターゲットは異なりますが、技術は過去の成果を継承しており、この高効率ネットワークの成果を研究者あるいは開発者が活用しているといつてよいと思います。それが蔵田主幹研究員の説明であったと思います。

【北山委員】 未来開拓研究プロジェクトというフレームワークについて質問します。

1つ目の質問は、1年目は経産省がファンディングして、その次の年の2012年からNEDOが5年間ファンディングする。ファンディングのものが変わることによって継続性が失われないのか、性格が変わったりしないのでしょうか。

2つ目は、「資料4.4 評価コメント及び評点票」の「1.2. 各論」の中に、(1)NEDOの事業としての妥当性と、経産省が推進する未来開拓研究プロジェクトの目標達成のために寄与しているかという問いがあります。この問いが何を意味しているのか理解できません。このフレームワークを説明してください。

【NEDO：井谷主査】 未来開拓研究プロジェクトは、10年間で予定して、サーバー内のチップ間の光化に関する技術開発を行うことを目標にしています。継続性に関しては、このプロジェクトを経産省が立案し、採択する時点からNEDOも協力していました。そういう意味で、ターゲットに関してNEDOと経産省の認識にずれはないと思います。それをもとに、今度はNEDOのプロジェクトマネジメントの専門性が期待されて、NEDOに事業が来たということです。目標に対してのずれも、継続性に関して段差ができていないこともないと思います。

また、未来開拓研究プロジェクトに貢献しているかという点ですが、未来開拓研究プロジェクトは、こちら(スライド3/11参照)に記載してあるとおり、中長期的な視点の研究開発を、優れた技術及び知見を有する国内外の大学・企業、後継機関等で構築した研究体で実施して、我が国の需給安定化並びに新興国の台頭により厳しさを増す我が国の産業の成長に貢献することを目標にしています。この目標に貢献しているのか、と理解してもらえばよいと思います。

先ほど説明したように、このプロジェクトの中では、途中の成果も含めて、活用できるものは積極的に実用化したいという思想で進めています。「我が国の産業の成長に貢献することを目標とする」も含め

て、その辺は、今、貢献できる形で事業を実施しているという認識です。

【北山委員】 ありがとうございます。

【小柴分科会長】 ほかにいかがですか。

【波平委員】 今回の回答に関連した質問です。このプロジェクトは2012年から続いているのですか。

【NEDO：井谷主査】 そうです。正確にいきますと、2012年9月25日に開始されています。

【波平委員】 昨日いろいろ拝見して、かなり成果が出ているようです。2013年から始まったのでは難しいと心配していました。実際は2012年から継続しているのですね。

【NEDO：井谷主査】 はい。

【中島分科会長代理】 中島です。公開資料だからだと思えますが、先ほどの説明の中で事業化あるいは実用化の具体的な固有名詞、どこで実用化あるいは事業化すると書いた資料と、そうではないものがありました。これはお願いします。テーマやターゲットによって、直近でも具体化できるものと、そうではないものがあることは理解していますが、午後の非公開セッションではもう少し詳しくその辺りを、特にPETRA (Photonics Electronics Technology Research Association、技術研究組合 光電子融合基盤技術研究所) の事業化戦略についてはもう少し分かる形で説明して下さい。

【東京大学：荒川PL】 はい。本件については、午後の場で説明したいと思っています。

【北山委員】 マネジメントについて質問です。革新的デバイス技術をいくつかの大学で研究しています。これは相当ロングタームの研究です。こういうものが必要であることはよく理解しています。肝心なことは、1つのプロジェクトの中で、こういう成果が基盤要素技術にどのようにフィードバックされるマネジメントを行っているのか。定期的に情報交換する、人が交流する、そういったマネジメントで工夫している点にはどのようなことがありますか。

【東京大学：荒川PL】 この件については、(スライド7/10参照)組織図の中の革新的デバイス技術推進委員会というものが 있습니다。ここで、大学の研究者と企業体の関係者が議論しています。

非公開の場で説明しますが、革新的デバイスもいろいろなレンジがあります。それぞれ、ある段階で基盤要素技術の展開が始まります。既に始まっているものもありますし、5年たってから始まるもの、あるいは、10年程たってから始まるものもあると考えています。それぞれのステージで、我々ができるだけ早くPETRAが採用する形で展開が行われるように努力します。さらに、一旦採用されても、革新デバイス技術開発としては、次の世代、あるいは、さらに高性能化を狙って、次のトランスファーが行われるように、当該の研究機関は努力するという事です。コンスタントに革新的デバイス技術委員会を通じて事業化・実用化に向けて大学の技術が展開されることを図る努力をしています。

【小柴分科会長】 ほかにいかがですか。

【栖原委員】 マネジメントに関して、オープン・ブラックボックス戦略の説明がありました。これは今に始まったことではなく、技術プロジェクトでは以前から意識されてきたことだと思います。今またこういう言葉を使うということは、ますますその重要性が高まっており、それを意識して工夫しながら取り組んでいると理解します。ブラックボックス化は事柄が事柄ですので、答えにくいと思いますが、もし、可能であれば、もう少し説明をお願いできますか。

【東京大学：荒川PL】 ご指摘の通り、オープン・ブラックボックス化は多々言われていることです。ただ、それが必ずしも十分に世の中に展開しているかどうかは、私たちとしてもよくわかりません。このプロジェクトでは、それを具体的に実践していこう、その努力を行うという宣言です。実際にそのような方

策をとる内容を持っていますが、それをここでお話することは難しいところです。実際にそれを具体的に実践していくことを私たちの目標としています。午後の非公開の場で説明します。

【栖原委員】 これまではあまり言い合ってこなかったことを積極的に実施しているということですか。

【東京大学：荒川 PL】 他にも実施しているのですが、我々はそれをより積極的に展開することによって競争力を高める、その努力をしていくということです。

【栖原委員】 意識だけではなくて、具体的にそういう方策を考えているということですか。

【東京大学：荒川 PL】 方策及びその具体的な技術内容を確立していくというものです。

【栖原委員】 ありがとうございます。

【波平委員】 デジタルコヒーレントトランシーバーはかなり実用化が近いということでしたが、昨日、説明を受けた際に、近い将来には2,000km程度の長距離を実現すると聞きました。そのときに光アンプも使うことを想定していますか。それと、光海底ケーブルシステムでは必ずバックアップ用のループを設けます。障害が発生すると、データが多いため、光ファイバーネットワークの場合は必ずループにして、どちらのルートが切れてもバックアップできるようにします。今回のプロジェクトには入っていないと思いますが、将来的にはバックアップ用のループを考えていますか。

【PETRA：尾中主幹研究員】 お答えします。デジタルコヒーレントの今回の目標は、データセンター間あるいはメトロネットワークということで、ターゲットとしては最長数百 km から 1,000km 程度の距離に対して、コンパクトで低電力のトランシーバーを実現することでした。機能としては、2,000km 程度までの分散補償がカバーできるデジタル信号処理のアルゴリズムは DSP の中に実装しているので、長距離用にトランシーバーを作れば、現時点のテクノロジーで 2000km の長距離伝送は実現可能です。

ご覧いただいたものは、プログラマブルのコンパクトなデータセンター向けのトランシーバーです。モックアップとして展示した 4 インチ×5 インチというサイズのトランシーバーは LN 変調器を使って、おり、これにより長距離を飛ばすことのできるトランシーバーも事業化する予定です。こちらは 2,000 km まで対応できると考えています。

それから、ループになっていて、現用のネットワークが切れた場合は予備系に切り換わるということですが、これもデジタル信号処理の機能として実装しています。ネットワークで要求されている 50ms 以下のプロテクションに対応できる仕掛けが入っています。具体的には、伝送路の分散やコンディションをリアルタイムに逐次推定する機能が入っており、切れた瞬間にバックアップ側に切り換わります。そのバックアップ側のネットワークのコンディションを 50ms 以内に推定して、きちんと分散補償あるいは偏波の分離を行って信号を復調する。そういうことがリアルタイムにできる機能を備えています。

【波平委員】 ありがとうございます。コヒーレント光通信技術は東大の大越先生が最初に手がけた日本の技術ですので、ぜひ技術評価してほしいと思います。今、私が ITUT(国際電気通信連合—電気通信標準化部門)で勧告 G.654 という低損失ファイバー (または、カットオフシフトファイバーともいいますが、) を一企業の KDD が提案し、奇跡的に国際標準化した光ファイバーです。1994 年に日米間に使用され、2005 年に沖縄本島、宮古、石垣間に実用化された、かなり損失が低い光ファイバーでした。これが今またコヒーレント光通信に使われるということで、ピュアシリカコア (純石英コア) が脚光を浴びています。午後の詳細説明の際にぜひ、このファイバーとペアで日本発のコヒーレント光通信技術を実用化していくことができればよいと思いますので、よろしくお願いします。

【小柴分科会長】 ほかにいかがですか。

資料5-1の「研究開発マネジメント」の最初の図面(資料5-1 スライド1/10 参照)は荒川先生の資料にも同じ図面があります。資料5-1には工程表を図式化した形になっており、下に年度が入っています。年度が入ったことによって、わかりにくくはないのでしょうか、いつまでに何をするというを読もうとすると、このプロジェクトはここに書かれている中身全てを包含していると理解してよいですか。

【NEDO：井谷主査】 わかりづらくて申し訳ありません。基本的には、2021年度までに達成する未来開拓研究プロジェクトの目標に必要な技術を開発しつつあると理解していただいて結構かと思います。

【小柴分科会長】 下の年度にかかわらず、ですね。

【NEDO：井谷主査】 はい。ただ、先ほど説明したように、最後の4年で光電子集積サーバー向けのサーバーボードを作る。それはかなり大きな集積回路になると思います。それに向けた要素技術を2017年度までに確立していくことが目的になっているとご理解いただければと思います。

【小柴分科会長】 そうすると、「事業の位置付け・必要性」の4/11 ページに「NEDOにおける未来開拓研究プロジェクトの実施について」があります。このプロジェクトは2017年度までですが、経産省は2021年度まで続けるのですか。

【東京大学：荒川 PL】 まず、私の解釈を申し上げます。このプロジェクト自体は10年プロジェクトである未来開拓研究プロジェクトの一部です。1年目が経済産業省のプロジェクトで、5年間をNEDOのプロジェクトとしています。私の理解は、NEDOプロジェクトは原則5年ですので、一つのプロジェクトとしてはここで一旦終了する。評価を受けた上で、さらに残りの3年間が、恐らくNEDOのプロジェクトとして再び展開されると期待しています。全体としては10年のシームレスになっていると考えてよいと思います。

【小柴分科会長】 枠内の2つ目の文言の中に、「2018年度からの4年間でその目標を達成する」と書いてあります。「その目標」は何を指しているかという「光電子集積サーバーボードの実現」と読むことができます。そうすると、これ自体はこのプロジェクトの目標にはなっていないという理解でよいですか。

【NEDO：井谷主査】 そうです。途中で、もう少し小規模な光電子集積システムを開発しますが、最終的な光電子集積サーバーに使う大きなサーバーボードは、このプロジェクトには含んでいません。

【小柴分科会長】 なるほど。先ほどの図面に光電子集積サーバーボードが入っていたため、わかりにくかったと思います。

【NEDO：井谷主査】 わかりづらくて申し訳ありません。ただ、最終的な大きな目標を、先ほど先生がいわれたように、このようなターゲットに対して必要な技術が確立できているか、また、大きなサーバーボードとなるとシステム的にも違った視点が必要になるかもしれません、そうしたことも含めて一度ここで切って、中身を確認した上で体制を再構築したほうがよいという判断で、ここで切っているとご理解いただければと思います。

【小柴分科会長】 ありがとうございます。ほかに質問、意見はありませんか。

熱心なご質疑をありがとうございました。予定の時間になりましたので、ここで打ち切ります。詳細は、午後に説明していただきますので、ご質問はその際によりしく願います。

【非公開セッション】

6. プロジェクトの詳細説明

7. 全体を通しての質疑

省略

【公開セッション】

8. まとめ・講評

【小柴分科会長】 議題 8. 「まとめ・公表」に移ります。これ以降は再び公開となります。ここから先の皆様のご意見は公開され、議事録にも記載されますのでご注意ください。

それでは、委員の皆様方から講評をいただきたいと思います。北山委員は所用のため先に退出されますので、北山委員からお願いします。

【北山委員】 昨日、本日と長時間にわたり、懇切丁寧なご説明ありがとうございます。まず、このプロジェクトは 2012 年に経産省が始めました。今考えるとタイムリーであり、よくこれだけ大きなプロジェクトを 10 年というスパンで決断したと思います。これには敬意を表したいと思います。

説明を聞いて、これだけ多くの機関や大学が入っているプロジェクトはあまりありません。荒川先生がリーダーとしてまとめ、順調に推移している。改めて荒川先生のリーダーシップに敬意を表します。新会社設立という重い課題も抱えているため、重責を感じていると思いますが、最後まで完遂させてほしいと思います。

私は通信関係が専門ですので、テレコムからの期待を込めてコメントします。LSI 間のインターコネクションは通信関係でもこれから重要になってきます。現在、総務省では 1 チャンネル 1 波長当たり 400G (ギガ) というプロジェクトが今年度末まで続いています。当然、その次はどうするのかという話が出ています。1 チャンネル当たり 1T (テラ) を狙うことが来年度には始まると思います。そうすると、1 キャリアで 1T を担えないので、光のキャリアを何波か立てて 1T にします。そうすると、サブキャリア間でいろいろな干渉が起こります。これを補償するためには、チャンネル間の干渉を一つ一つの DSP (Digital Signal Processing、デジタル信号処理) で、単独ではできないので DSP をつないで補償しなければいけません。そうすると、スピードの速いコネクションが必要になります。まさに Si の光インターポージャー技術がふさわしいというか、これがないと将来的には難しいと思います。これから先、ぜひとも光 Si のインターポージャー技術を確立してほしいと思います。

重要なことは、ものづくりの技術は経産省、NEDO が担当し、DSP のアルゴリズムなど方式の検討は総務省が担っているの、省庁間で連携をとりながら進めることが相乗効果を生むことです。ここでお願いしても始まらないかもしれませんが、省庁間の連携が重要になることを言っておきたいと思います。

それから、事業会社設立を待つまでもなく、事業化を積極的に進めてほしいと思います。100G で今回トランシーバーの事業を狙っている。Acacia (Acacia Communications) というライバルがいると伺っていますが、性能で劣ることはないと思います。ぜひ成功させて、このプロジェクトに勢いをつけてほしいと思っています。

最後に、私からの個人的な願望ですが、基盤技術について、今からでも遅くないので、大規模な光スイッチの研究を進めてほしいと思います。スイッチは、これからいろいろなところで必要になると思うので、ご検討いただけるとありがたいと思います。

【小柴分科会長】 ありがとうございます。次に波平委員から順にお願いします。

【波平委員】 沖縄の琉球大学から来た波平です。

私は 5 年ほど前に NEDO プロジェクトの別の中間審査も行いました。約 30 年前、「光エレクトロニクス」という本が出版されましたが、この本に書いていたことが今、現実に目の前にできているのを見

ることができて大変感激しています。

半導体ビジネスとファイバビジネスが低迷して、ファイバをつくっても儲からない暗い状況が続いていたのですが、昨日から、新しい光化が見えたことで明るい気持ちになっています。荒川先生のリーダーシップによって、このようなことができたと思います。2012年からと言われましたが、その前から荒川先生は経産省とは違う大きなプロジェクトに携わっていて、その成果がここに出てきたということでした。ここ数年では、このような大きな成果は見えないと思ったのですが、数年かかって、世界最高レベルの光化ができて良かったと思います。

新会社では、荒川先生の量子ドットレーザーは今すぐには使われたいと思いますが、ぜひ、日本発の技術として、第二世代でそれを実用化してほしいと思います。また、東大の大越先生や菊池先生のコヒーレント光通信技術も日本発です。今までの光通信歴史を見ると、日本はいつも、TDM (Time Division Multiplexing、時分割多重化) か、WDM (Wavelength Division Multiplex、光波長多重通信、または波長分割多重通信)かの研究方針の違いにより、世界に遅れを取ってきました。私は国際標準化に関わってきたので、WDMを手がけないといけないと多くの日本企業に提言したのですが、日本は分散シフト光ファイバ(ITU-T G.653)を日本中に敷設していたので、TDM一本で進めてしまいました。欧米が、ITU-Tの国際標準に準じてWDMを推進したので、日本ではようやくWDMに方針を切り替えていたら、いつの間にかまたTDM技術もアメリカに負けてしまって、WDM同様に後れてしまったという苦い経験があります。一方、ITU-T G.654というカットオフシフトファイバは長距離用光海底ケーブルシステム用として、KDDしか使っていませんでしたが、1994年に、ITU-Tへの寄書で国際標準化したという歴史的にも珍しいケースがありました。この光ファイバが、今、コヒーレント光通信システムと一緒に使われていることを2014年のOFC (The Optical Fiber Communication Conference and Exposition) で聞くことができ、私個人としては大変喜んでます。

日本発の技術が国際標準になるためには、仲間をつくっていかねばいけません。半導体技術では日本発の技術が米国や韓国に流れて、逆転されている現状があります。ぜひ、光エレクトロニクス実装技術分野では、ノウハウがなるべく外部に流失しないようにして、うまく特許を取得しながら実用化を成功してほしいと思います。

新会社もこれからできるということなので、経済産業省やNEDOがうまくバックアップしてほしいと思います。国家プロジェクトですので、何らかの形で、最初に大きな資金がないとなかなか前に進めないこともありますので、これはお願いしたいと思います。国際標準化は総務省管轄ですので、北山委員が言われたように、省庁間の壁を乗り越えて、日本として進めてほしいと思います。アメリカも、フランスも、ドイツも、みんな国がビジネスをサポートしています。日本もそういう形で、ぜひこのプロジェクトのコヒーレントトランシーバーが先に実用化されるということですので、外国に負けないように頑張してほしいと思います。

このNEDOの中間評価審査に参加して、光化では少し明るい光や希望が見えてきたと思って感謝しています。どうもありがとうございました。

【小柴分科会長】 ありがとうございます。栖原委員、お願いします。

【栖原委員】 昨日は現地調査会で見学を、本日は丁寧な説明をしていただきました。よく準備された内容で、気合が入ったプレゼンテーションを聞いて、勉強になりました。どうもありがとうございます。

報告を聞いて、III-V族化合物半導体光デバイスのますますの成熟と活用、Siフォトニクスデバイスの

発展は当然のこととして、その両者の融合が順調に進んでいること、特にデジタルコヒーレントシステムの早期事業化も考えられる段階にきたという早い進展、量子ドットレーザーのポテンシャルの高さを活用した Si フォトニクスとの融合による適用の具体化が進んでいると同時に展望が開けているということなど、実り多い成果がこのプロジェクトで順調に出始めていることを心強く思いました。これを可能にしたプロジェクトリーダーの荒川先生をはじめ、先行プロジェクトの成果を継承して、それを基盤にして発展させている実施者の皆様方、また、経産省及び NEDO の関連各位のご尽力に敬意を表します。

もう一つは、私は大学の人間ですが、このプロジェクトには、革新的技術開発ということで、いくつかのすばらしい成果を上げている大学のグループが参画していることはよいことだと思います。ただ、もともとシーズ探索的研究から始まるわけですし、また、本プロジェクトの中での仕事が始まったばかりでもありますが、今後このプロジェクトの仕事としては、他の実用化・事業化をにらんだ課題との整合性というか、相補性というか、そういうことも考えてほしい。いかに抜けている部分を打開するか、また、ユニークで革新的な技術を既存技術とどのように統合していくか、総合的にシステムに入れていくかということも含めて、方向性を明らかにして焦点を絞った研究・取組が行われると思いますが、そういうことを期待したいと思います。

ほかの委員もいわれたように、日本発の多くの技術が実を結ぼうとしています。技術としての成功と事業としての成功、ぜひとも後者も綿密な計画と戦略によって、実り多いものにしてほしいと思います。そのためにも、また、私たち大学で教育に携わる者が専門分野の教育のために自分の勉強または大学院生等の教育・勉強のために、小柴分科会長もいわれましたが、ジャーナルペーパーへの投稿を今後もつと行うよう希望します。少なくとも PETRA からのジャーナルペーパーの件数は今のところは多くないと思います。今いった見地からも、ぜひ積極的に発表してもらおうとありがたく思います。

【小柴分科会長】 ありがとうございます。佐藤委員、お願いします。

【佐藤委員】 昨日と本日、ご説明いただきましてどうもありがとうございました。

私は 20 年前に RWCP (Real World Computing Project) の中で、そのころはボード間のインターコネクトでしたが、サーバーに光を使うことにかかわっていました。それを受けて、今、アクティブな AOC も含めてかなりコモンな技術になっています。それを越えてどんどん進歩していると感心しました。

私は、長距離は専門外ですので、サーバーあるいはスパコンの話をします。光技術は、悪口を言う人はオオカミ少年だといいます。来るといってもなかなか来ない、いつも銅（銅）に追い越されるという話です。現状を見ると、スーパーコンピューターに限らず、サーバーでも、先ほど話があったように、Si の集積技術は進んでおり、中に演算器や様々な処理能力を多く積み込める状態になっています。

一時期に比べると、1 年で倍になるほど中の演算処理能力は上がっています。それに比べて外の、つまりメモリーやディスクへのインターフェース、メモリー自体も積層技術などで容量が上がっていますし、ディスクも、ご存じのとおり、フラッシュなどの積層でつくる、あるいは、いろいろなテクノロジーを使って容量は上がっていますが、それをつなぐ技術が限界にきていることは事実だと思います。したがって、ようやく、オオカミ少年ではなく、本当にオオカミがきてきちんと使うことのできる技術になる時期にきています。このプロジェクトは事宜を得たプロジェクトとして、新会社も立ち上げて事業化されるということですので、ぜひ実用化まで、我が国の技術の一つとしてがんばってほしいと思います。

そこで、使う側の立場から言わせていただきますと、実用化ということで新会社を立ち上げたことはわかりますが、競争力も最後はコストになります。なるべく安く部品を提供できる技術についても、ぜひ配慮してもらえば使用される技術だと思います。

余計な話になりますが、今、京コンピューターの次のコンピューターの開発が始まっています。京コンピューターはオール銅（銅）で、富士通が高精度の特注品の銅ケーブルを用意して外側をつないでいるようです。しかし、次のコンピューターは光ケーブルでつなぐことになります。それが完成するのが2018年から2020年ということですので、スケジュールを見ると、ちょうどそのころにこちらの技術が完成します。次の次あたりに皆様の技術が使える状態になっていれば、うれしいと思います。

それに加えて素人側から言わせてもらいますと、世間への説得力を増すには、電気との比較を教えてほしいということがあります。今は中間評価で、この後も続くわけですが、予定表を見ると、サーバー開発という話になっていきます。インテグレーションのフェーズにあるということですので、こちらのサーバーボードを製作する際には、アプリケーションといいますが、サーバーを使う人たちと協議して、製作したのに使われないということにならないように、いろいろな製品の中に入り込む形でつくってもらえばありがたいと思います。がんばってもらおうよう、よろしくお願いします。

【小柴分科会長】 ありがとうございます。小山委員、お願いします。

【小山委員】 本日は、朝から詳細な説明をしていただき、ありがとうございます。私は、Siフォトニクスは門外漢ですが、1日で我が国のこの分野の最先端技術に触れることができ大変勉強になりました。どうもありがとうございました。

私も学生時代から光通信やデバイスなどの研究に三十数年携わっています。私の前の世代くらいまでは、この分野は最優秀の人材が集まって我が国の産業を引っ張り、トップレベルになったという認識です。しかし、最近、特にデバイスの分野で言うと、閉塞感を覚えている方が多いと思います。そういう関連からも、ぜひこのプロジェクトがそれを打開する成功例になることを期待します。

この分野のスター級の方々が集まっているプロジェクトですので、本日、様々な成果発表があり、技術の上では素晴らしい成果が出ることは間違いないと思います。しかし、このプロジェクトの最大の目標は新会社を設立して実用化することです。技術がよくても事業として成功しない例は過去にいくつもあります。タイミングが早すぎてもだめですし、遅いのももちろんだめということになります。そういう意味では、Siフォトニクスの適用領域は、これから立ち上がろうとしているので、事宜を得たテーマ設定だと思います。ただ、そうはいっても、ワールドワイドでたくさんの研究者・技術者が参画しているので、荒川先生はご苦労されると思いますが、事業化の観点からさらにご尽力いただければと思います。

インターコネクトの部分はコスト勝負の部分があり、そこを小さな新会社がスタートから制覇することは大変ではないかと想像します。もちろん、核の部分は展開してもらうわけですが、ニッチなところで、まだ皆さんがあまり着目しない部分にもアンテナを張りながら考えてもらえばと思います。

このプロジェクトは、システムからデバイスの研究者まで集まったバランスのとれた設定なので、大いに期待したいと思います。新会社を設立して事業化を進め、国プロの新しい枠組みの成功例になることを祈願していますので、ぜひよろしくお願いします。

【小柴分科会長】 ありがとうございます。中島委員、お願いします。

【中島分科会長代理】 どうもお疲れさまでした。委員の皆さんがおっしゃっているとおりなので、私が付け加えることはないのですが、昨日の現地調査会でデモを拝見して、これだけの展示を1か所で、しかも

短時間で拝見できたことに感激しました。

小柴分科会長は来年度の電子情報通信学会の会長です。思い起こせば、学会誌として「集積ホトニクス技術」の論文特集号を発行した時、当時、フォトニクスという言葉がなく、浜松のどこかの会社と同じような、当時の編集委員長の池上さんが、そうなんだとっていました。その特集号の招待論文として私も、光接続や光実装について書きました。ちょうどIBMがSiを、導波路ではなくて溝として、アレイの光源とアレイのファイバの接続にと言い出したころだったと思います。それから20年以上たっています。その間に、シリコンフォトニクスという言葉がいつスタートしたのか、私もきちんと把握できていないのですが、今一斉にシリコンフォトニクス、その中でもPETRAを中心とする日本勢が大きく、日米欧の一極を占めていて、単なる学術的な成果だけではなく、このようにフォーカスした具体的なビジネスを立ち上げていこうということに、国プロとしてこのプロジェクトが旗を掲げて、心配な点はたくさんありますが、新会社設立に向けて、組合に参加している各事業会社がそれぞれにまた事業展開を始めようとしています。

ただ、私自身は、シリコンフォトニクスが万能であるとは決して思わないほうがよいと考えます。ここは大丈夫、ここは少し時間をかけなければいけないなど、そういうメリハリをつけていかないと、シリコンフォトニクスであれば全部オーケーのように安易に考えないほうがよいと思います。

いくつかいいましたが、押さえておくべきところは早めに、その信頼性の確認をとって、若干、ビジネスのスケジュールが遅れても、後で全部を回収しなければいけないとなると大変ですので、そういうリスクもある程度は見ているビジネスプランのようですが、PETRAにはぜひ、若干、時間はかかっても、しっかりと道を進んでほしいと思います。そのためには、そう簡単に、新会社を設立したから後は任せるといったものではないと思います。その辺を会員各社がどうサポートするか、また、国もきちんと見ていくのかということをもっと考えないといけません。これだけ大変なことをゼロからスタートするわけですから、装置はリースで済むかもしれませんが、そこにかかる人材をつぶすわけにはいきません。そこはよくよくの思慮をもって、関係する方たちはそういう体制を構築してほしいと思います。

一方で、大学の先生方も他人事ではありません。次の弾を込めるために、革新的というよりは革命的な発想で、絶対にできないというものに見通しをつける研究もしてもらい、後は任せろということができるようになってほしい。一方、企業には、これから入ってくる若い人たちも引っ張っていくことができる、そういう牽引力になる道筋を今後は展開してもらうことを期待しています。荒川先生をはじめとする皆さんが、それを全うすると信じています。期待を裏切らないようがんばってほしいと思います。

この中間評価に対する準備やドキュメントの用意等々は、プレゼンも含めて大変努力されたことは高く評価したいと思います。どうもありがとうございました。

【小柴分科会長】 ありがとうございました。今、委員の先生方からいろいろお話がございましたとおりで、特に付け加えることはありませんが、最後に簡単に私の感想を述べさせていただきます。

ひと昔前までですと、コンピューターの中に光が入ってくることは、話にはあったかもしれませんが、このプロジェクトを通じて、場合によっては事業化目前のものもあるという話を伺って、荒川先生をはじめ、実施者の皆様方のご努力に深く敬意を表します。

個別テーマに関しては、中間目標を既に達成しているものもありました。そうではないものも、年度内には間違いなく達成できるという話もありました。研究開発は順調に進展していると理解しました。

研究プロジェクト全体についてですが、ユニークな体制を組んでいます。基盤要素技術の開発グルー

プとシステム化技術の開発グループが緊密に連携して、お互いの研究成果をうまくフィードバックさせながら相乗効果を出していると感じました。

さらにユニークなことは、革新的なデバイス技術も中に含めている。とかく革新的技術だけでは、将来、かなり遠い技術と考えがちですが、このプロジェクトに入っていることで、出口としてのシステム化を相当意識して研究を進めているようですので、これも期待したいと思います。

あと、観点は少し違うのですが、プレスリリースなども積極的に行っているようですが、時間的余裕があれば、若い世代に、この荒川プロジェクトをPRしてほしい。わかりやすく、これからコンピューターの中にも光が入っていく。インターネットも全部そうだとすることをPRしてほしい。というのは、残念ながら、今、電子・情報通信技術に対する若い世代の関心は必ずしも高くありません。大学の入り口がそうですので、何とかそこを、こうしたすばらしい、しかも、私からすると夢ばかりという気がします。これをぜひとも高校生レベルよりも下の世代に伝えてもらう努力も、専門家だけではなく、そういうところにも展開してもらおうとありがたいと感じました。

いずれにしても、残り3年の研究期間があります。この分野の進歩は非常に速いので、加速しながら、最終目標を達成してほしいと思います。しかも、その成果が上積みされるように期待して、まとめとさせていただきます。本日はどうもありがとうございました。

推進部長、荒川プロジェクトリーダーから何かご発言がありましたら、お願いします。

【NEDO：岡田部長】簡単に挨拶させていただきます。NEDO 電子・材料・ナノテクノロジーの岡田です。支援側の責任者を務めています。まず、委員の先生方には、昨日は現地調査会、今日は中間評価分科会と2日間にわたって評価いただき、ありがとうございます。

小柴分科会長からご指摘がありましたとおり、パワー半導体と一部のメモリーを除いて、日本の半導体産業は元気がない状況です。その中で、このSi フォトニクスは、パラダイムチェンジといえますか、半導体のゲームをチェンジする可能性があります。日本の半導体産業が元気を取り戻すきっかけになる技術であります。当然、海外でも研究しており、米国は DARPA を中心に取り組んでいます。日本も、NEDO は現在5年間ですが、未来開拓プロジェクトとしては10年間、基盤技術からシステム、応用まで全て手がけようということで、長期プロジェクトとして取り組んでいます。

ただ、技術開発はできても、委員の皆様がいわれたとおり、難しいのは事業化です。技術の生みの親と育ての親が変わってくる可能性があります。昔は、研究を担当した事業会社に事業化を推進してもらったのが素直な話でしたが、半導体をめぐる業界の変動は大変激しいものがありますので、必ずしもそういう固定観念やしがらみにとらわれない形で、この技術の事業化を導くことが NEDO の役割です。今回は新事業会社という新しい発想も入れて、この事業化を支援したいと考えています。

NEDO は、研究開発を国内で実施してもらうことが条件になっています。その成果を国内経済に裨益してもらえば、基本的には外資でもよい形になっています。ですから実用化の観点からベストな国内外の組み合わせを今後考えていきたいと思っています。

経産省、NEDO で、シームレスに10年間のプロジェクトと考えますと、本日は10年の中の3年目のPDCAのC評価です。Cは次なるアクションAのためのCですから、10年と見たときの3年目で軌道修正すべき点、加速を含めて新たに取り組むべき課題は、今回の中間評価で先生方からコメントをいただくのが有り難いと思っています。コメントも、こういうことを行うべきと声になりませんと、我々が勝手に予算をつけるわけにもいきません。ぜひ前向きにコメントをお願いします。

事業化に関しては、委員の皆様からご指摘がありましたが、産業革新機構という公的ファンドもあります。NEDOは研究開発支援ですが、シームレスに支援できる準備は、オール経産省ファミリーの中にあります。そうしたツールも活用しながら、経済産業省の下、また、荒川プロジェクトリーダーの下、最大限の支援をしていこうと考えていますので、ぜひ今後ともご指導いただければと思います。

どうもありがとうございました。

【東京大学：荒川 PL】 昨日の現地調査会から2日間にわたり、ありがとうございました。先生方には、大変意義あるコメントと助言をいただきました。もちろん、この場は評価委員会ですが、一方で、アドバイスをいただくよい機会だったと思います。先ほど岡田部長がいわれたように、いただいたコメントを第二期に向けて、中期以降のプロジェクトに反映させていきたいと考えています。

しばしば国家プロジェクトにおいては、技術は成功したけれどもなかなか実用化されない、また、技術研究組合は多数できているけれども、それらが評価されたことはめったにないという話もありました。そういう中で、私たちは、このプロジェクトは、技術と事業の両輪を実現させる、成功に導くプロジェクトとして推進していきたいと考えています。そのためには、引き続き先生方にご指導願いたいと考えています。推進者のNEDO、経済産業省の方々にもご支援をいただきたいと思っています。その指導、支援を受けとめて、実施者である私たちプロジェクトのメンバーが一丸となり、これから努力したいと考えています。

本日いただいたコメントは全てメモしました。今ここでいうことは時間の関係でできませんが、先ほどの「革命的」という言葉は大変斬新で、私たち大学の研究者は肝に銘じたいと思います。私自身も大変気になっていたのですが、人材育成の観点から、若い人にどう啓蒙していくかということも極めて重要な課題であると思っています。NEDOの方々からすれば、そういうことは文科省で対応しろといわれるのかもしれませんが、ぜひ、NEDOにおいても、経済産業省においても、次の産業的人材を育てることは使命ですので、その観点から、今ご指摘いただいた活動も推進していきたいと考えています。

この2日間に、ご助言、時には厳しいコメントもいただきました。それに応えるべくこれから努力していきたいと思います。今後ともよろしく願います。本日は大変ありがとうございました。

【小柴分科会長】 どうもありがとうございました。これにて分科会を終了します。

9. 今後の予定、その他

10. 閉会

配布資料

- 資料 1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 2 研究評価委員会分科会の公開について
- 資料 3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘と非公開資料の取り扱いについて
- 資料 4-1 NEDO における研究評価について
- 資料 4-2 評価項目・評価基準
- 資料 4-3 評点法の実施について
- 資料 4-4 評価コメント及び評点票
- 資料 4-5 評価報告書の構成について
- 資料 5-1 プロジェクトの概要説明資料（公開）
 - 5.1 事業の位置付け・必要性および研究マネジメント
- 資料 5-2 プロジェクトの概要説明資料（公開）
 - 5.2 研究開発成果及び実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて
- 資料 6-1-1 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
 - 6.1 研究開発成果
 - 6.1.1 光エレクトロニクス実装基盤技術の開発
 - (1) 実装基盤技術
 - (2) 革新的デバイス技術
- 資料 6-1-2 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
 - 6.1 研究開発成果
 - 6.1.2 光エレクトロニクス実装システム化技術の開発
 - (1) システム化技術
 - (2) 国際標準化
- 資料 6-2-1 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
 - 6.2 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み
 - 6.2.1 技術研究組合光電子融合基盤技術研究所(PETRA)
- 資料 6-2-2 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
 - 6.2 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み
 - 6.2.2 日本電気株式会社
- 資料 6-2-3 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
 - 6.2 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み
 - 6.2.3 富士通株式会社
- 資料 6-2-4 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
 - 6.2 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み
 - 6.2.4 NTT エレクトロニクス株式会社、NTT、富士通株式会社
- 資料 6-2-5 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
 - 6.2 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み
 - 6.2.5 沖電気工業株式会社

- 資料 6-2-6 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
 - 6.2 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み
 - 6.2.6 株式会社東芝
- 資料 7-1 事業原簿（公開）
- 資料 7-2 事業原簿（非公開）
- 資料 8 今後の予定
- 参考資料 1 NEDO 技術委員・技術委員会等規程
- 参考資料 2 技術評価実施規程

以上

参考資料3 評価結果の反映について

「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」（中間評価）の評価結果の反映について

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<ul style="list-style-type: none">・シリコンフォトニクスは、国際的にも開発競争が熾烈で進展も早いので、早期の実用化・事業化につながるように、研究開発を一層加速することが必要である。・今後は、取り組み計画、事業化までのマイルストーン、事業化する製品・サービス等を一層具体化することが必要である。	<ul style="list-style-type: none">・実施者との連携を密にし、早期の実用化・事業化に有効な加速手段を執っていく。・研究成果の実用化・事業化までのマイルストーンを明確にし、製品・サービス等の具現化を図る。

本研究評価委員会報告は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）評価部が委員会の事務局として編集しています。

平成26年11月

NEDO 評価部

部長 佐藤 嘉晃

主幹 保坂 尚子

担当 渡邊 繁幸

* 研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。

(http://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミューザ川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162