

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）フォトニ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、フォトニクス・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年間を予定して、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。これはお願いです。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、これで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のこと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いと思います。

【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えますか、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す。

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。

インターコネクッ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、しっかりとした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う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、委員の皆様からの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