

「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発」
事後評価報告書

平成25年1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25年1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。

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. 個別テーマに関する評価結果	1-19
2. 1 大規模エッジルータシステム関連開発	
2. 2 超高速光 LAN-SAN 関連開発	
3. 評点結果	1-32
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 評価に係る被評価者意見	参考資料 2-1
参考資料3 分科会議事録	参考資料 3-1
参考資料4 評価結果を受けた今後の取り組み方針について	参考資料 4-1

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、「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発」の事後評価報告書であり、第31回研究評価委員会において設置された「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発」（事後評価）研究評価分科会において評価報告書案を策定し、第34回研究評価委員会（平成25年1月15日）に諮り、確定されたものである。

平成25年1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

「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発」(事後評価)

分科会委員名簿

(平成24年9月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	こしば まきのり 小柴 正則	北海道大学 大学院情報科学研究科 メディアネットワーク専攻 教授
分科会長 代理	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 教授
委員	こやま ふみお 小山 二三夫	東京工業大学 精密工学研究所 フォトニクス集積システム研究センター 教授
	たかぎ あきひろ 高木 明啓	株式会社ピラミス・コンサルティング マネージングパートナー
	たかはし たつろう 高橋 達郎	京都大学 大学院情報学研究科 通信情報システム専攻 教授
	どのうち まさよし 斗内 政吉	大阪大学 レーザーエネルギー学研究センター 教授
	もりた いっろう 森田 逸郎	株式会社 KDDI 研究所 執行役員

敬称略、五十音順

審議経過

● 第1回 分科会（平成24年9月6日）

公開セッション

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法について
4. 評価報告書の構成について
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、閉会

● 現地調査会（平成24年9月5日）

技術研究組合光電子融合基盤技術研究所(PETRA)会議室
＜東京都文京区関口 1-20-10 住友江戸川橋駅前ビル7F＞

● 第34回研究評価委員会（平成25年1月15日）

評価概要

1. 総論

1) 総合評価

本プロジェクトは、情報通信社会の急速な発展にともなう通信トラヒックの増大に対応したネットワークシステムの高速化と低消費電力化を目指したものである。これら革新的な光技術開発では、常に技術の高度化が要求され、広範な学術的知見と先端的設備を必要とするため、民間の組織単独では十分な成果を得ることが困難であることから、本プロジェクトは、NEDOの事業として妥当である。プロジェクトリーダーのリーダーシップのもと、多数の機関がうまく連携し、設定された最終目標を、全ての個別テーマにおいて達成したことは高く評価できる。また、開発された100Gbps(25Gbpsx4)超小型トランシーバ、光バックプレーン、LAN/WAN間大容量信号変換、40Gbpsシリアル光トランシーバなどのモジュール部品やLSIでは、すでに実用化が進行中であつたり、高い完成度と技術優位性から近い将来の実用化が期待される。

一方、実用化時期については、かなり幅のある開発テーマが混在しており、一部の開発テーマは、学術的には極めて高く評価できる内容であるものの、実用化時期が不透明なものもある。

2) 今後に対する提言

プロジェクトのメンバーは、大学とメーカーの研究開発部門が主体であるが、プロジェクトの有用性を向上させるには、事業サイドである企画、マーケティングといった市場における競争実態や顧客動向を熟知したメンバーを加えることが大切である。

本プロジェクトの個々の成果をさらに発展させ、競合他技術とも比較して優位性を明確にし、競争力を高めるとともに、応用を拡大する努力を今後も続けて頂きたい。また、本プロジェクトでは、一つの商用製品を考えた場合に、その製品の要素技術ごとに異なる機関が担当したものもあるため、今後の実用化に関しても、機関同士がうまく連携して推進することが望まれる。・・・

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

光通信技術は日本の「お家芸」であつたが、近年、その優位性が蔭ってきた。本プロジェクトは、社会インフラとしてのネットワークシステムの高速化と低消費電力化を目指す極めて公共性の高い研究開発事業である。よって、国家的

規模の有機的連携で総合的・組織的に取り組む必要性がある。また、内外の技術開発動向、国際競争力の確保、国際貢献の可能性などから鑑みても、研究開発の各々の項目は広範な学術的経験と高度な先端的設備を必要とし、高い開発目標にチャレンジするリスクのある内容となるため、民間の組織単独では、十分な成果を得ることは困難と考えられることから、NEDO が支援する開発事業としては、妥当である。

2) 研究開発マネジメントについて

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も可能な限り具体的に定量的に設定されている。また、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た強力な体制であり、優れたリーダーシップを有するプロジェクトリーダー・サブリーダーのもと、デバイス研究からシステム開発までを統括し、綿密で有機的な分担連携による事業推進がなされた。加速財源の活用により、前倒し目標達成や、標準化活動の強力な推進がなされたことは高く評価でき、IEEE 標準規格正式採用や ITU-T 標準化が得られたことは特筆に値する。

一方で、複数企業での連携の開発課題について、その実用化の道筋が見えにくい部分もあった。また、当該事業で想定した適用分野・アプリケーションはニッチ過ぎるきらいがあり、もっと世界の主戦場である分野（WAN）も含め、その分野での専門メーカーを巻き込むべきであったと考えられる。

3) 研究開発成果について

設定された最終目標は、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、世界最高レベルの光トランシーバモジュールの開発など、世界初のデバイス実現やトップデータ達成、実用的なデバイス・システムの実現と実証も多数含まれている。一部は、実用化への基盤が確定した成果も得られており、開発された幾つかのデバイスは早期の実用化の可能性もある。また、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。本技術開発の成果をさらに発展させ、競合他技術とも比較して優位性を明確にし、競争力を高める努力を今後も続けて頂きたい。

4) 実用化、事業化の見通しについて

システム化のための共通基盤であるデバイス技術、モジュール技術に関して、小型化、高速化、低消費電力化に係る最終目標を達成しており、得られた成果や性能の優秀さ、および標準化獲得状況などから、プロジェクト終了後の継続

開発を含めて、実用化、事業化に向けた基盤は確立できたと判断される。40Gbpsの CMOS チップセット開発や LAN/WAN 間大容量信号変換技術などに関しては、すでに具体的な実用化開発に移行しており、高く評価できる。次世代光イーサネット規格（100GbE（25Gbps×4ch）、40GbE シリアル、OTU3e）に関する標準化活動を推進し、国際規格化など、標準整備に貢献しており、事業化までの道筋についても、プロジェクト終了後の継続開発を含め妥当である。

一方、スーパーハイビジョン配信関連の研究項目や、SFQ ベース・リアルタイムオシロに関しては、早期の実用化の見通しが見えない。

研究評価委員会におけるコメント

第34回研究評価委員会（平成25年1月15日開催）に諮り、本評価報告書は確定された。研究評価委員会からのコメントは特になし。

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	元一般社団法人ナノテクノロジービジネス推進協議会 企画運営推進会議 副議長
	伊東 弘一	学校法人早稲田大学 理工学術院 総合研究所 客員教授（専任）
	稲葉 陽二	学校法人日本大学 法学部 教授
	尾形 仁士	三菱電機株式会社 社友
	小林 直人	学校法人早稲田大学 研究戦略センター 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 大学院工学研究科 マテリアル 生産科学専攻（システムデザイン領域担当） 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「○」「●」「・」が付された箇条書きは、評価委員のコメントを原文のまま、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) 総合評価

本プロジェクトは、情報通信社会の急速な発展にともなう通信トラフィックの増大に対応したネットワークシステムの高速化と低消費電力化を目指したものである。これら革新的な光技術開発では、常に技術の高度化が要求され、広範な学術的知見と先端的設備を必要とするため、民間の組織単独では十分な成果を得ることが困難であることから、本プロジェクトは、NEDOの事業として妥当である。プロジェクトリーダーのリーダーシップのもと、多数の機関がうまく連携し、設定された最終目標を、全ての個別テーマにおいて達成したことは高く評価できる。また、開発された100Gbps (25Gbpsx4) 超小型トランシーバ、光バックプレーン、LAN/WAN間大容量信号変換、40Gbps シリアル光トランシーバなどのモジュール部品やLSIでは、すでに実用化が進行中であつたり、高い完成度と技術優位性から近い将来の実用化が期待される。

一方、実用化時期については、かなり幅のある開発テーマが混在しており、一部の開発テーマは、学術的には極めて高く評価できる内容であるものの、実用化時期が不透明なものもある。

〈肯定的意見〉

- 設定した技術目標を達成している。このプログラムで開発された100Gbps (25Gbpsx4) 超小型トランシーバ、光バックプレーン、LAN/WAN間大容量信号変換、40Gbps シリアル光トランシーバなどのモジュール部品やLSIは、すでに事業化が進行中であつたり、高い完成度と技術優位性から近い将来の事業化が強く期待される。事業化に必要な標準化活動や広報・普及活動もタイムリーに展開しており、特に実用化・事業化の観点で高く評価できる。
- 「省エネ」を主眼点にした光通信技術開発の支援は、NEDOの事業としては極めて適切であつた。
- 社会的な必要性の高い次世代低消費電力ネットワークデバイス技術開発のため、強力な研究・マネジメント体制により、明確な戦略と綿密な計画のもとに極めて順調に研究開発が推進された。その結果、設定された最終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、一部テーマでは目標を上回る性能が実現されている。成果には先進性とリスクの高い技術開発や、世界初のデバイス実現や実証、トップデータ達成、実用的なデバイス・システムの実現と実証も多数含まれている。デバイス開発の実用化・事業化の見通しの明確化、具体的応用のためのシステム開発、

デバイス開発とシステム開発の密接な連携も含まれ、基礎から応用まで広範な階層での技術蓄積がなされた。特許取得や成果公開普及についても妥当な努力がなされた。国際標準化に関しても多大な努力がなされ、研究期間内に複数の標準化が成功・獲得できたことも特筆すべき成果である。総合的に本技術開発の最終目標は十分に達成されたと認められ、今後の実用化・事業化および関連分野への波及効果が大いに期待される。

- 情報通信社会の急速な発展に対応する通信機器の開発プロジェクトとして、重要な役割をになう研究開発であり、強い必要性がある。プロジェクト目標を達成し優れた成果を挙げたと評価できる。
- 爆発的な情報通信需要の増大に対応するため、革新的光技術の早期導入が喫緊の課題になっている。本プロジェクトは、社会インフラとしてのネットワークシステムの高速度化と低消費電力化を目指したものであり、ITイノベーションプログラムおよびエネルギーイノベーションプログラムの目標達成の一翼を担っている。また、情報通信ネットワークは、東日本大震災においても明らかになったように、ライフラインとして公共性が極めて高く、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、個々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。これまで、プロジェクトリーダーのリーダーシップのもとに、設定された最終目標は、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、一部には、実用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（技術的・経済的・社会的）も期待できる。国際標準化活動や成果の普及にも努めており、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。
- 100GbE、超高速のLAN-SANシステムのための光トランシーバ開発は、急速に立ち上がりつつあるデータセンタやスパコンなどの光インターコネクタなど短距離リンクにも適用できるもので、時宜を得た開発テーマと言える。世界最高レベルの実装密度や低消費電力化を達成し、一部については実用化に至っており、高く評価できる。
- 通信トラフィックが継続的に増加している状況において、通信ネットワークの高効率化、低消費電力化を実現するための研究開発は非常に重要な役割を担っている。その中で、多数の機関がうまく連携し、ほぼ目標通りの成果を達成したことは評価される。特に、本プロジェクトの開発成果が国際標準化につながったことは大きく評価される。

〈問題点・改善すべき点〉

- 近い将来の事業化が見込まれる課題を中心としながらも、中長期的な課題も含んでおり、プロジェクトに広がりを与えている。しかしながら、両者の間で相乗効果を生むまでには至っていない。短期的なテーマの成功の陰に隠れることなく、個々の中長期テーマの投資効果を評価する必要がある。もとより、中長期テーマの評価には時間がかかるので、担当者の今後の開発活動と、プログラムとしてのフォローアップ評価を期待する。
- 想定する適用分野の選択、開発メンバーの選択、開発項目の選択などには改善の余地がある。適用分野はより事業的インパクトの大きな分野、メンバーは実際の事業を担う専門メーカーと、マーケットを熟知した専門家の選択が必要である。また、開発項目はタイムフレームの揃ったものを選ぶこと、メーカーに任せれば良い項目は避けること、など、プロジェクト計画時に事業サイドの意見を十分反映することが肝要であると考えられる。
- 先進的な課題の一部で、得られた成果が実用的デバイス・システムの実現や応用検証までには至っていない部分がある。成果活用の観点から今後も努力を続けることが望まれる。
- マーケット展開の具体的道筋が明確でなく、直接マーケット・間接波及効果を含めて、マーケット規模とその展開戦略を示してほしい。大型プロジェクトであり、もう少し“学”との連携を入れ込こみ、人材教育なども視野に入れた方が、大きな効果をもたらすと期待される。
- 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。
- 実用化時期については、かなり幅のある開発課題が混在しており、一部の開発テーマは、学術的には極めて高く評価できる内容であるものの、実用化時期が不透明な内容も含まれている。
- 研究成果の先端性、革新性について、既存技術の状況把握が不十分なことが原因で自己評価が高くなっているものも含まれているようであった。目標を高く設定することで、さらに大きな成果の達成も期待されるため、目標設定の妥当性について十分な検証が必要である。また、一部の研究課題については、すでにある自前の技術を前提とした技術開発のようにも思われた。解決すべき課題に対して必要な技術という観点から技術の選択肢を拡大することで、さらに実用性が高まるように思われる。

〈その他の意見〉

- 本事業の実施自体が分野の研究開発を活性化し人材育成促進に貢献したことも重要な成果である。
- 全体として、もう少し具体的なデバイス・システムコストを明らかにして、将来的に、投資額がどの程度のリターンを生むかなど、国内外の調査を含めることで、より説得力のある開発プロジェクトの位置づけとなると思う（相乗投資による見かけ上の巨大マーケットではなく）。
- 光通信・デバイス技術は、我が国が世界を先導してきた技術分野であり、今後も我が国のプレゼンスを維持し、向上させていくためには、国際的に評価の高いジャーナルに成果を公表し、人類共通の知としての活用と体系化に努める必要がある。

2) 今後に対する提言

プロジェクトのメンバーは、大学とメーカーの研究開発部門が主体であるが、プロジェクトの有用性を向上させるには、事業サイドである企画、マーケティングといった市場における競争実態や顧客動向を熟知したメンバーを加えることが大切である。

本プロジェクトの個々の成果をさらに発展させ、競合他技術とも比較して優位性を明確にし、競争力を高めるとともに、応用を拡大する努力を今後も続けて頂きたい。また、本プロジェクトでは、一つの商用製品を考えた場合に、その製品の要素技術ごとに異なる機関が担当したものもあるため、今後の実用化に関しても、機関同士がうまく連携して推進することが望まれる。

〈今後に対する提言〉

- ・ 通信分野における国際競争力の低下に対応するために、今後もさらなる民間への支援を期待したい。その範囲は、技術開発の支援にとどまらず、標準化への支援も含まれことが望まれる。
- ・ プロジェクト計画時に、十分、事業者サイドと NEDO が主導・支援すべきことと、事業者サイドに任せてしまうべきことの切り分けをすることが、プロジェクトの有用性を向上させるには肝要である。現在のプロジェクトは、メンバーが大学とメーカーの研究開発部門が主体であるが、より、事業サイド、つまり、企画、マーケティングといった市場における競争実態や顧客動向を熟知したメンバーを加えることが大切である。プロジェクトの長さも、事業領域によって柔軟に決める必要があるとともに、事後評価はプロジェクト終了後、3年くらいで行った方が適切な評価が可能になる。なお、コンサルティング会社は、市場における競争実態や顧客動向などの現場知識・感覚を持ち合わせていないので、プロジェクト計画や見直しなどのマネジメントにコンサルティング会社を使うことは適切とは言えない。
- ・ 本研究開発の個々の成果をさらに発展させ、競合他技術とも比較して優位性を明確にし、競争力を高めるとともに応用を拡大する努力を今後も続けて頂きたい。また本研究開発の成果を基盤として次世代光ネットワークのロードマップを更新し、本研究開発のサブテーマの成果の全てが統合された形で次世代技術の実現や極限性能の実現に向けて活用されるよう、努力を続けて頂きたい。
- ・ 国内外のマーケットへの展開工程表を明らかにしたほうがよい。それにより、確実に、ダーウィンの海を渡る、次期プロジェクトへの展開が必要である。標準化への取り組みは評価できるが、全体のマーケット戦略との相

関を明らかにしてゆくべきである（必要な標準化のうち、どの程度が、我が国が主導権を握れるのか？）。

- 本プロジェクトにおいては、ネットワークユーザ、キャリア、システムベンダー、デバイスメーカを一体として垂直連携を強化した研究開発実施体制のもとに、デバイス機器レベルとシステムレベルの技術融合がリアルタイムで実現され、結果として、革新技術が早期に創出されることが期待されている。こうしたデバイス機器レベルとシステムレベルとの間のギャップを埋める革新技術の創出を目指した研究開発が、今後なお一層加速され、先行者利益の確保につながることを期待したい。
- 信頼性技術など、我が国の強みとなる点を活かして、実用化・普及を広く進めることを期待する。当該分野で、優位性を保つためには、量産化・低コスト化も極めて重要な視点である。実装・評価技術の低コスト化についてもさらに技術開発を進めることを期待する。
- 本プロジェクトで開発された技術は、ネットワークの高効率化、低消費電力化に貢献するものが多いと考えられるため、その実用化を迅速に推進する必要がある。今回の研究開発では、一つの商用製品を考えた場合に、その製品の要素技術ごとに異なる機関が担当したものもあるため、今後の実用化に関しても、機関同士がうまく連携して推進することが望まれる。

〈その他の意見〉

- プロジェクト成果を論文などで発表することについては、今後の特許権に関する国際調整（先願主義への統一）の動向に合わせて見直す必要があると考える。
- 本プロジェクトからどのような派生的・融合的新規分野への展開につながるのか、学を含めて、議論を進めていただきたい。
- 本プロジェクトの終了後も継続開発を進め、早期の製品化、事業化につながることを期待したい。

1. 2 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

光通信技術は日本の「お家芸」であったが、近年、その優位性が蔭ってきた。本プロジェクトは、社会インフラとしてのネットワークシステムの高速化と低消費電力化を目指す極めて公共性の高い研究開発事業である。よって、国家的規模の有機的連携で総合的・組織的に取り組む必要がある。また、内外の技術開発動向、国際競争力の確保、国際貢献の可能性などから鑑みても、研究開発の各々の項目は広範な学術的経験と高度な先端的设备を必要とし、高い開発目標にチャレンジするリスクのある内容となるため、民間の組織単独では、十分な成果を得ることは困難と考えられることから、NEDO が支援する開発事業としては、妥当である。

〈肯定的意見〉

- 通信事業環境の変化に伴い、通信サービス事業会社の技術開発における寄与が縮小している。そのような環境下で、国際競争力の確保や通信システムの省エネルギー化に果たす本プログラムの役割はきわめて大きなものがある。今後も NEDO や国の積極的な関与が期待される。
- 光通信技術は日本の「お家芸」であったが、近年、その優位性が多少、蔭ってきている印象が強い。その意味でも、NEDO が当該領域の研究開発の加速を支援することは有意義である。また、今後のキーポイントになる「省エネ」で日本が先導することの意義は、幾ら強調しても、し過ぎることではない。
- 社会的に必要性の高い情報通信分野で新世代デバイス技術の実用化と顕著な省エネ化を目的として実施された研究開発であり、プログラム目標達成に多大な貢献ができる。各項目は広範な学術的経験と高度な先端的设备を必要とし、国際競争力強化・国際標準獲得を必要とするため、民間活動のみでは十分な成果を得るのは困難であり、国家的規模の有機的連携で総合的・組織的に取り組む必要性と意義がある。また情報基盤の社会的必要性の大きさから、予算に見合う十分な経済効果が大いに期待される。これらの理由で NEDO 事業として極めて妥当である。目的の妥当性は関連分野の現状と将来予測および内外の技術開発動向、東日本大震災後の低消費電力化に対する社会的認識から見て、開始当時よりさらに高まっている。
- 低消費電力・高効率ネットワークの実現は、情報通信社会の展開に必要不可欠であり、きわめて公共性の高いプロジェクトである。高い目標にチャレンジするリスクある開発内容のため、NEDO により推進されていることは妥当である。世界レベルでも独創的なプロジェクトであり、その効果

は国際的貢献が可能な内容である。

- 本プロジェクトは社会インフラとしてのネットワークシステムの高速化と低消費電力化を目指したものであり、IT イノベーションプログラムおよびエネルギーイノベーションプログラムの目標達成に十分寄与している。また、情報通信ネットワークは、東日本大震災においても明らかになったように、ライフラインとして公共性が極めて高く、常にその高度化が要求され、広範な学術的知見と先端的設備を必要とするため、個々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。さらに、本事業を実施することによりもたらされる成果については、高速化、低消費電力化のいずれにおいても最終目標を達成しており、投じた予算との比較において十分であると判断される。なお、本プロジェクトの目的は、「事前評価」および「中間評価」における評価結果にもあるように、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、国際貢献の可能性などから見て、妥当である。
- 飛躍的に情報量が拡大するネットワークのルータ、あるいはデータセンター内のインターコネクトにおける電力消費は、進化する IT 分野での克服すべき重要課題であり、エネルギーイノベーションプログラムの目標達成にも大きく貢献するものである。光通信デバイスは、我が国が先導する分野でもあり、国際競争力を維持・強化する上で有効と考えられる。
- 情報通信ネットワークの社会基盤としての重要性は今後ますます増大すると考えられる。また、社会全体としての低消費電力化も国家的な重要な課題である。そのため、情報通信ネットワークの低消費電力化を目的とした本プロジェクトは、公共性が高く、NEDO の関与する事業として妥当と考えられる。

〈問題点・改善すべき点〉

- あくまでも一般論であるが、組織として関連の深い国立研究機関のプログラムへの参加は、極力避けるべきである。
- 当該事業で想定した適用分野/アプリケーションはニッチ過ぎるくらいがあり、もっと世界の主戦場である分野（WAN）での国内メーカーの挺入れ、それも、大企業よりも専門メーカーの支援を行うべきではなかったか、と考える。
- 具体的な実用化戦略が見えない。大きなプロジェクトであり、波及効果や相乗効果とは別に、本研究により展開される全体的な具体的・直接的なマーケットの調査がほしい。

- 一部の開発課題については、実用化時期が不透明なものが含まれている。
- スーパーハイビジョン光配信に関しては、通信事業者のネットワークとは異なる、放送事業者個別のネットワークを指向した研究開発のようにも感じられる。技術動向や市場動向の観点からの妥当性については疑問が生じる部分もあるため、研究開発の内容については十分な検証が必要である。

〈その他の意見〉

- ・ 投資予算の費用対効果については、あと 3、4 年を見ないと判断できないが、今のままでは心許ない面があり、強力に事後モニタリングを続けるべきだと考える。
- ・ 本事業の主目的ではないが、デバイス技術による情報セキュリティへの貢献が明確化されれば一層意義が高まったと思われる。
- ・ 情報通信関連エネルギー全体の消費に対して、どの程度省エネルギー効果があるかを具体的に提示されたほうが、プロジェクトの必要性が理解しやすかったと思う。また、長期戦略のうち、どの部分を担っているのかも、具体性に欠け、今後の展開が見えないような印象を与えている（一過性のプロジェクトのように見える）。
- ・ NEDO の事業としての妥当性、事業目的の妥当性については、専門家のみならず、広く国民に分かりやすい形で、広報活動を継続することが望まれる。

2) 研究開発マネジメントについて

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も可能な限り具体的に定量的に設定されている。また、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た強力な体制であり、優れたリーダーシップを有するプロジェクトリーダー・サブリーダーのもと、デバイス研究からシステム開発までを統括し、綿密で有機的な分担連携による事業推進がなされた。加速財源の活用により、前倒し目標達成や、標準化活動の強力な推進がなされたことは高く評価でき、IEEE 標準規格正式採用や ITU-T 標準化が得られたことは特筆に値する。

一方で、複数企業での連携の開発課題について、その実用化の道筋が見えにくい部分もあった。また、当該事業で想定した適用分野・アプリケーションはニッチ過ぎるきらいがあり、もっと世界の主戦場である分野（WAN）も含め、その分野での専門メーカーを巻き込むべきであったと考えられる。

〈肯定的意見〉

- 適切な目標設定と実施計画により、目標がクリアされており、マネジメントはよく機能していたと考えられる。また、事業化に向けた、標準化や展示活動などもタイムリーに行われている。
- 「省エネ」を中心に研究開発計画を設定されたのは時宜を得たものであり、プロジェクトリーダーも、この研究開発フェーズにばらつきの大きな多様な要素・システム技術を良くまとめられた、と考える。また、研究開発中に、開発項目の見直しと加減速を行ったことも適切だったと考える。
- 目的に対して国際的視点から明確な戦略が示され、実用化を重視した具体的なデバイス研究・システム化応用が計画され、着実な技術予測に基づく数値目標を含めた妥当な目標が設定された。サブテーマ・個別テーマごとの分担関係と個別目標も明確で妥当であり、要素技術開発とシステム応用の順序関係も概ね適切であった。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た強力な体制であり、優れたリーダーシップを有するプロジェクトリーダー・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し情勢変化にも対応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た。中間評価に対しては概ね妥当な反映がなされた。殆ど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、その結果、全ての項目で当初目標が達成されたことは高く評価できる。加速財源活用により、前倒し目標達成、上方修正目標達成、優位性確立や、標準化活動の強力な推進がなされたことも高く評価できる。IEEE 標準規格正式採用や ITU-T 標準化が

得られたことは特筆に値する。多くのサブテーマにおいて成果公表公開および普及の努力がなされたことも評価したい。

- プロジェクトリーダーのリーダーシップのもと、多くの民間企業が連携し、目標を達成したことは、大きく評価される。
- 研究開発目標については、内外の技術動向、市場動向などを踏まえて、戦略的な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。また、目標達成度を測定、判断するための数値指標も具体的に設定されている。研究開発計画については、目標達成に必要な要素技術を適切に取り上げ、要素技術間の関係や順序を開発線表上で明示しており、それに対応する予算は加速資金の投入を含めて妥当である。研究開発実施の事業体制については、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複数のサブリーダーのもとに、デバイスからシステムまで、真に技術力と事業化能力を有する企業、研究所などが実施者として選定され、実施者間の有機的な分担連携が期待できる体制になっている。研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントについては、成果の実用化、事業化につなげる戦略、知財マネジメントの方針のいずれも妥当と判断される。情勢変化への対応などについては、進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化および政策・技術動向に機敏かつ適切に対応している。特に、中間評価における指摘事項に対して、計画の見直しを実施し、基本計画や実施方針に適切に反映させている。
- 実用化に向けた着実なプロジェクト運営がなされている。中間評価コメントに基づき、軌道修正がなされるなど、プロジェクトリーダーのリーダーシップのもと、適切な運営がなされている。一部開発技術はすでに実用化され、標準化活動も一定の成果が見られるなど、高く評価したい。
- 適切な研究開発の実施体制を構築し、幅広い研究機関をうまく連携させて研究開発を推進したことは評価できる。情勢変化についての対応については、一部に疑問が生じる項目も含まれるが、その他の主な部分については、適切に実施したことにより、タイムリーな成果につながった。

〈問題点・改善すべき点〉

- 研究開発目標や項目に、市場性の観点不足の感が否めず、また、この分野の進歩の速さを勘案すると、5年計画（事業化まで7-8年）は如何にも長い、と考える。当該事業で想定した適用分野/アプリケーションはニッチ過ぎる、または、ニーズの立ち上がりは遠過ぎるきらいがあり、もっと世界の主戦場である分野（WAN）を含め、その分野での専業メーカーを巻き込むべきであるし、事業化のグリップも弱いと考える。また、実用

化タイムフレームにかなりばらつきが大きい研究開発項目と一緒に設定されていることも、全体の投資効率を低めた。

- 一部であるが、サブテーマ相互の整合性と協力関係がやや不明確な点、要素技術成果のシステム応用への活用計画がやや不明確な項目、有機的連携が必ずしも十分でなかった部分もあった。
- 長期戦略の中の今後の発展に向けて、もう少し、学との連携も多く取り入れてもいいのではないか、との印象を持った。
- 複数企業での連携の開発課題について、その実用化の道筋が見えにくい部分もあった。
- 研究成果の先端性、革新性について、既存技術の状況把握が不十分なことが原因で自己評価が高くなっているものも含まれているようであった。目標設定の妥当性について十分な検証が必要である。また、スーパーハイビジョン光配信用に開発した 160Gbit/s OTDM 伝送に関しては、本プロジェクトの開始当初は当時の技術動向を反映していたと思うが、その後の関連分野の研究進展により、通信事業者のネットワークでは用いられない伝送速度、技術となっている。中間評価の際にも、本点に関する指摘があったが、その後の研究開発に十分に反映されたかについては疑問が残る。中間評価の意義も含め、プロジェクトの推進方法については改善が必要のように思われる。

〈その他の意見〉

- ・ プログラムリーダーは、開発対象のデバイスの専門家ではなく、デバイスを利用するいわば周辺技術分野の専門家である。このことが、客観的で適切なマネジメントにつながっていると考えられる。
- ・ 投入資金が 5 年前の予算と寸分違わぬような帳尻合わせをしては、国民の理解が得られないと思う。減っても、逆に、増えても、必要性に合わせて予算執行を行うべきだと考える。今回は、システム検証（エッジルータやスーパーハイビジョン転送）に結構な予算と労力が投じられたが、これは投資効率を低めたと考える。事業サイドの見識があるメンバーが参加すれば、このタイミングでのシステム検証の役割は低い。
- ・ 実用化技術開発を主眼にしながら、超伝導デバイスや量子ドットデバイスなどリスクの高い基礎的技術課題や技術革新を目指した先進的デバイス研究にも積極的に取り組んだことも高く評価したい。

3) 研究開発成果について

設定された最終目標は、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、世界最高レベルの光トランシーバモジュールの開発など、世界初のデバイス実現やトップデータ達成、実用的なデバイス・システムの実現と実証も多数含まれている。一部は、実用化への基盤が確定した成果も得られており、開発された幾つかのデバイスは早期の実用化の可能性もある。また、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。本技術開発の成果をさらに発展させ、競合他技術とも比較して優位性を明確にし、競争力を高める努力を今後も続けて頂きたい。

〈肯定的意見〉

- 研究開発成果は目標を達成している。また成果の中には高い技術競争力を持ち事業化が期待されるものが少なからず存在する。現在あるいは近い将来に事業化が見込まれるものは、論文発表以外に標準化や普及展示活動も適切に行われている。中長期的テーマは特許や論文発表などを積極的に行っている。
- 多くは、当初目標を達成し、一部には、世界のフロントにあると考えられる要素技術もある。国際標準化をドライブした成果もあった。
- 設定された最終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、一部テーマでは目標を上回る性能が実現されている。世界初のデバイス実現やトップデータ達成、実用的なデバイス・システムの実現と実証も多数含まれている。また非圧縮 SHV 映像信号 OTDM 転送成功など一般・専門家両方に対して印象深い成果を示せた意義は大きい。開発された幾つかのデバイスは早期の商業化が可能と思われる。全体的に非常に優れた成果が順調に得られたと高く評価できる。一般への情報発信や専門誌による関連分野の研究者・技術者への成果公開・普及の努力も十分になされた。多くの個別テーマで論文などと会議発表を通じて成果公開普及の努力がなされた。特許取得にも妥当な努力がなされており、標準化による貢献も特筆すべき成果である。これらの成果により本技術開発の最終目標は十分に達成されたと認められる。今後の実用化・事業化および関連分野への波及効果が大いに期待される。
- 目標は十分達成した。世界最高レベルの成果であり、実用段階の開発から、次世代の新しい可能性まで、多くの可能性を示すことができた。国際会議・論文への報告なども実施し、情報発信もできている。標準化にも多くの貢献してきている。

- 設定された最終目標は、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、一部には、実用化への基盤が確定した成果も得られている。また、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、新たな技術領域の開拓につながる汎用性のある成果や他の競合技術と比較して相対的優位性がある成果も見受けられ、全体として、投入された予算に見合った成果が得られていると判断される。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。さらに、成果の普及についても、国際的に評価の高い国際会議における展示会や報道発表などを通じて適切に行われ、成果の受取手(ユーザー、活用・実用化の想定者など)を含めて、広く一般に向けた情報発信に努めている。なお、中間評価における指摘事項の一つであった「研究内容を踏まえ適切に論文の発表を行うこと」についても、その後の努力が認められる。
- 論文などの発表(論文:48件、学会発表:330件)、特許出願(90件)は適切に行われている。新聞発表も多数(34件)行われており、一般に向けて広く情報発信を行っている。国際標準化活動も積極的に行い、標準化の反映に成功した案件もあることは評価される。
- 総合評価としては、当初目的は達成されていると判断される。特に、世界最高レベルの低消費電力・実装密度の光トランシーバモジュールの開発など、世界を牽引する成果が得られている。
- 問題点は特に見当たらない。本技術開発の成果をさらに発展させ、競合他技術とも比較して優位性を明確にし、競争力を高める努力を今後も続けて頂きたい。

〈問題点・改善すべき点〉

- 中長期的なテーマについては、潜在的な利用者を開拓するためのアピールの活動を今後強化されたい。
- 当初のプロジェクト目標の達成の有無は「内部論理」であり、世界の現在の水準と同条件で比較した場合の評価が甘く、恐らく、一部の成果を除いて市場に対するインパクトは必ずしも大きくないのではないかと懸念される。
- 目標は十分達成したが、その成果が今後どのような新しい研究開発分野の開拓にどのように貢献できるかなど、今後の展開戦略を示してほしい。
- 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。

- 一部の研究開発課題については、実用化の視点で、やや達成度が見極めにくい課題もあった。
- 国際標準化にはタイミングが重要であることは認識しているが、標準化寄書の大部分（10件中9件）は、前半の2年間に行われており、本研究開発で得られた成果に基づく国際標準化という観点からは疑問も生じる。

〈その他の意見〉

- ・ ただ、過半の成果が世界のフロントエンドにポジション出来ることを期待するのは現実性を欠くことであり、上記の問題点をあまりネガティブにとることは適切ではないことは、言い添えておきたい。つまり、全体としては、研究開発そのものは中々健闘した、という評価が出来る、と考える。
- ・ 一般に数値目標は技術レベルの指標として有用だが一面のみをとらえている場合があることに注意する必要がある。設定数値目標の達成のみでなくバランスのとれた技術完成の観点からも評価を行いたい。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。
- ・ 光通信・デバイス技術は、我が国が世界を先導してきた技術分野であり、今後も我が国のプレゼンスを維持し、向上させていくためには、国際的に評価の高いジャーナルに成果を公表し、人類共通の知としての活用と体系化に努める必要がある。特に、企業などにおいては、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、論文として、戦略的に成果を発表する持続的な努力を期待したい。

4) 実用化、事業化の見通しについて

システム化のための共通基盤であるデバイス技術、モジュール技術に関して、小型化、高速化、低消費電力化に係る最終目標を達成しており、得られた成果や性能の優秀さ、および標準化獲得状況などから、プロジェクト終了後の継続開発を含めて、実用化、事業化に向けた基盤は確立できたと判断される。40GbpsのCMOSチップセット開発やLAN/WAN間大容量信号変換技術などに関しては、すでに具体的な実用化開発に移行しており、高く評価できる。次世代光イーサネット規格(100GbE(25Gbps×4ch)、40GbEシリアル、OTU3e)に関する標準化活動を推進し、国際規格化など、標準整備に貢献しており、事業化までの道筋についても、プロジェクト終了後の継続開発を含め妥当である。

一方、スーパーハイビジョン配信関連の研究項目や、SFQベース・リアルタイムオシロに関しては、早期の実用化の見通しが見えない。

〈肯定的意見〉

- いくつかのモジュール部品やLSIは、すでに事業化が進行中であるか、近い将来の事業化が期待される状態にあり、その具体化が進められているものもある。計画に合わせて戦略的に標準化や普及のための展示活動なども行っており、事業化の成果が期待できる。
- 個別評価で述べるが、開発技術の一部はすでに事業に供されており、また、幾つかは追加技術開発や適用分野の見直しを経て、事業化が期待できる。
- 得られた要素技術とデバイス技術の成果の殆ど全ては実用的なシステムへの応用を前提とするものであり、産業技術として活用できることが明確である。事業化については今後の努力を必要とすることは言うまでもないが、得られた成果や性能の優秀さ、および標準化獲得状況などから、事業化と経済効果の見通しが十分に得られたと考えられる。本事業のデバイス技術や計測機器技術の開発成果は次世代ネットワークに限らず、広範な情報技術および計測・センシングの分野などに波及効果が期待できる。本事業の実施自体が分野の研究開発を活性化し人材育成促進に貢献したことも重要な成果である。
- すぐに実用化できるものがあるなど、順次、実用化できる成果を大きくあげていることは高く評価される。
- システム化のための共通基盤であるデバイス技術、モジュール技術に関して、小型化、高速化、低消費電力化に係る最終目標を達成しており、成果の実用化可能性は高い。産業技術としての見極め(適用可能性の明確化)も適切で、国際競争力強化や実用化に向けて、光デバイス・モジュールに係る本プロジェクトの成果に基づき、次世代光イーサネット規格

(100GbE (25Gbps×4ch)、40GbE シリアル、OTU3e) に関する標準化活動を推進し、国際規格化など、標準整備に貢献している。事業化までの道筋についても、プロジェクト終了後の継続開発を含めて、妥当である。ただし、事業化に伴う経済効果などは社会情勢に大きく左右されるので、情勢変化に機敏に対応しつつ、国際競争力の確保に不断の努力が望まれる。本事業によって得られた世界初あるいは世界最高水準の成果は、関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）が十分期待できる。

- 低消費電力・実装密度の光トランシーバモジュールなど、世界的にも低消費電力・実装密度の点で優位性を実証している。ルータに限らず、データセンタの機器間接続に対しても波及効果があると考えられる。また、40Gbps の CMOS チップセット開発など、すでに実用化に移行した課題もあり評価できる。
- 多くのデバイスについて、消費電力を含む性能目標を達成しており、実用化に向けた基盤は確立できたと判断される。LAN/WAN 間大容量信号変換技術に関しては、関連会社への技術展開を通じて、すでに具体的な実用化開発に移行しており、高く評価できる。

〈問題点・改善すべき点〉

- 技術的な完成度は高いものの、市場動向からすぐの事業化を見合わせているものについては、マーケットの継続的な注視とともに、商品化の準備を着実に進めてほしい。
- その他、過半の開発技術には事業化にあたってまだ課題が残り、タイミングが遅れたものもあって、事業化までの道筋が出来ているとは言い難い。
- 標準化の位置づけがわかりにくい。どのようなマーケットに対して、どのような標準化が必要で、その内、本プロジェクトで貢献・掌握できた標準化はどのようなものであったかなど、全体像の提示がほしい。
- 一部の成果は、学術的には先進的な内容であるが、汎用性や実用化時期について明確でない課題も含まれている。
- デバイス、モジュールに関しては、実用化の見通しが得られているものが多いのに対し、スーパーハイビジョン配信関連の研究項目や、SFQ ベース・リアルタイムオシロに関しては、早期の実用化の見通しが見えない。スーパーハイビジョン配信の実用化ターゲットが 2020 年頃であれば、他の技術的選択肢も考慮すると、このタイミングでの研究開発がスケジューリング的に適切であったかの疑問が生じる。

〈その他の意見〉
なし

2. 個別テーマに関する評価結果

2. 1 大規模エッジルータシステム関連開発

1) 成果に関する評価

超高速・省電力面出射型 DFB レーザーアレイや集積光受信機、高速直接変調量子ドットレーザなどの多くの省電力高性能要素デバイス技術、およびトラヒック分析装置の試作、SFQ 高速 ADC によるリアルタイム波形観測実証など、特色ある計測・モニタ技術に関して、学術的に高度な成果、新デバイス創製やトップデータ達成を含む優れた成果が多数得られ、設定された最終目標を達成している。特に、世界最小となる $14 \times 9 \times 5.3\text{mm}$ の超小型 100Gbps (25Gbps $\times 4\text{ch}$) 光トランシーバ (従来比 90%の省電力化) や光バックプレーン搭載ルータの実証など、実用的観点から極めて重要な成果が得られ、世界的にも高いレベルの技術開発に成功している。また、100Gbps イーサネット IEEE 標準規格正式採用の成果も得られており、高く評価できる。

中長期的なテーマについては、中長期的な評価が必要であり、今後も技術開発とともに、実用化・事業化も見据えた活動を行っていただくよう希望する。

〈肯定的意見〉

- 技術目標をすべて達成するとともに、大規模エッジルータのキーとなるハードウェアモジュールやスケラブルルータ技術などは近い将来の事業化が可能なレベルに達していることは高く評価できる。
- 多くの要素技術が当初目標を達成した。そのなかで、25Gbps $\times 4\text{ch}$ の光光源及び受光部、高速トラヒック計測などは、想定された使用環境の下では十分満足できる成果を上げることが出来た。
- 超高速・省電力面出射型 DFB レーザーアレイや集積光受信機、高速直接変調量子ドットレーザなどの多くの省電力高性能要素デバイス技術、およびトラヒック分析装置の試作、SFQ 高速 ADC によるリアルタイム波形観測実証など特色ある計測・モニタ技術に関して、学術的に高度な成果、新デバイス創製やトップデータ達成を含む優れた成果が多数得られている。さらに、超小型 25Gbps $\times 4\text{ch}$ 光トランシーバ実現による顕著な低消費電力化と小型化の達成、光バックプレーン搭載ルータの実証など実用的観点から極めて重要な成果が得られた。また 100Gbps イーサネット IEEE 標準規格正式採用の成果も得られている。全ての個別サブテーマについて目標を達成できたことは非常に高く評価でき喜ばしい。成果の多くは関連分野への波及効果も期待でき、研究開発の活性化と人材育成にも貢献している。

- 基盤技術・デバイス開発において多くの成果を挙げた。実用化が困難と思われた SFQ 回路を用いて実用化可能なリアルタイムオシロを開発したことは高く評価される。
- 全体として、設定された最終目標を達成しており、関連分野への波及効果が期待できる世界初あるいは世界最高水準の成果が数多く得られている。特に、世界最小となる 14×9×5.3mm の超小型 100Gbps (25Gbps×4ch) 光トランシーバ（従来比 90%の省電力化）ならびにスケーラブル・ルータアーキテクチャに関して、実用化への基盤が確定した成果も得られており、新たな技術領域の開拓につながる汎用性のある成果や他の競合技術と比較して相対的優位性がある成果も見受けられることから、投入された予算に見合った成果が得られていると判断される。成果の普及についても、国際的に評価の高い国際会議における展示会や報道発表などを通じて適切に行われている。
- 100Gbps トランシーバ技術開発、ルータアーキテクチャ開発とその光インターコネクタ適用など、当初目標は概ね達成されている。低消費電力化・小型実装技術など、世界的にも高いレベルの技術開発に成功している。
- 25Gbit/s 動作の各種デバイスをベースに、100GbE に対応した 25Gbit/s x 4 パラレル伝送の小型光トランシーバをタイムリーに開発するとともに、標準化活動を積極的に推進した点は評価される。

〈問題点・改善すべき点〉

- 中長期的なテーマについては、中長期的な評価が必要であり、今後も技術開発とともに、実用化・事業化も見据えた活動を行っていただくよう希望する。
- プロジェクトで当初設定した目標を達成することが、必ずしも、同じ研究開発フェーズにおいて世界レベルでの優位性を担保するわけではなく、その点の詰めは全体に甘かったと言わざるを得ない。また、かなりニッチな使用環境を前提にしているために、比較的楽な競争環境での研究開発成果であり、この分野のマーケットが熟したときに、世界の強豪から抜かれてしまうレベルの成果であった印象が拭えない。
- 目標に掲げられた「10Tbps 超級のエッジルータ実現のための技術確立」と数値目標および達成された成果との関係がやや不明確である。SFQ リアルタイムオシロ開発の成果が、震災の影響があつたとはいえ、期間内にプロジェクト内のデバイス・システム開発に活用されるに至らなかったのは残念である。
- 個々の成果は素晴らしいが、プロジェクト全体および実用機器の中の位置

づけを明確にすることで、全体像を理解しやすくしてほしい。多くの個別プロジェクトの集合体のように見えるので、相互の連携を明らかにし、またもう少し増やしたほうがよい。

- 光源である半導体レーザに着目すると **InP** 系 45° ミラー面発光レーザ、**GaAs** 系面発光レーザ、量子ドットレーザ開発など、異なった複数の光源技術開発が含まれており、ややまとまり感に欠ける点がある。また、リアルタイムオシロの開発は、全体のプロジェクト内での位置づけが希薄である印象を受けた。
- 達成成果の競合技術との比較に関して、一部の項目について、自己評価が高くなっているものもあったように見受けられるため、より客観的な評価に基づく研究開発を行い、研究成果の競争力を高めることが望まれる。

〈その他の意見〉

トラヒックモニタの機能や新規性を専門外の人にも分かりやすい形で説明して欲しかった。

2) 実用化、事業化の見通しに関する評価

様々な要素技術について、実用化可能なレベルの研究開発に成功している。特に、100Gbps (25Gbpsx4) の超小型トランシーバや光バックプレーンは技術の完成度も高く、技術的にも優位性を持ったモジュール部品である。IEEE 標準規格正式採用もなされているので普及が期待されるが、量産技術の開発を含め、競争力をさらに高めるための努力を続けて貰いたい。また、トラヒック計測・分析技術やスケーラブルルータ管理技術についても、ルータの一部として近い将来の実用化が期待される。

一方で、中長期的テーマである SFQ ベース・リアルタイムオシロは技術的には目標以上の性能を達成しているが、実用化・事業化にかなりの距離がある。今後の研究開発の中で、実用化を目指した活動をさらに行うよう期待する。

〈肯定的意見〉

- 100Gbps(25Gbpsx4)の超小型トランシーバや光バックプレーンは技術の完成度も高く競争力を持ったモジュール部品であり、実用化・事業化が進みつつある。また、トラヒック計測・分析技術やスケーラブルルータ管理技術についても、ルータの一部として近い将来の実用化が期待される。
- 上記の「技術成果のレベルが高かった」要素技術については、今後の追加技術開発と適用分野の見直しを行ったうえで、事業化が可能だと考える。
- 25Gbps 小型光トランシーバの早期製品化、超小型 25Gbps×4ch 光トランシーバの早期実用化は確実と思われる。IEEE 標準規格正式採用もなされているので普及が期待されるが、競争力をさらに高めるための努力を続けて頂きたい。また高速直接変調量子ドットレーザの早期製品化が大いに期待される。
- 様々な要素技術について、実用化可能なレベルの研究開発に成功している。
- システム化のための共通基盤であるデバイス技術、モジュール技術に関しては、小型化、高速化、低消費電力化に係る最終目標を達成しており、成果の実用化可能性は高い。産業技術としての見極め(適用可能性の明確化)も適切で、国際競争力強化や実用化に向けて、次世代光イーサネット規格に関する標準化活動を推進し、国際規格化など、標準整備に貢献している。事業化までの道筋についても、プロジェクト終了後の継続開発を含め、妥当である。
- 100Gbps トランシーバ技術開発は、低消費電力動作や高密度実装で優位性のある技術開発に成功している。データセンタなどの光インターコネクタにも適用可能な技術であり、実用化が期待できる。当該分野は世界的にも競争の激しい分野でもあり、コスト競争力も含め量産技術の開発が急務

である。

- 本テーマで開発を行った多くのデバイス、モジュールについて、消費電力を含む性能目標を達成しており、実用化に向けた基盤は確立できたと判断される。

〈問題点・改善すべき点〉

- **SFQ** ベース・リアルタイムオシロは、技術的には目標以上の性能を達成している。中長期的テーマであるため、実用化・事業化にはかなりの距離がある。今後の研究開発の中で、実用化を目指した活動も行うよう期待する。
- しかし、そのようなレベルの高かった要素技術といえども、それを直接投入できるマーケットはかなりニッチである、と言わざるを得ないので、上記の見直しや追加開発は時間との勝負になって、必ずしも予断を許さない。それ以外の開発技術については、現時点で事業化の見通しは不透明である。
- 各技術の実用化における、マーケティング戦略が明確でない。現状での製品化コストと、将来の低減の可能性についての議論が必要。
- リアルタイムオシロの開発については、学術的には高度な技術開発に成功しているものの、実用化の道筋が必ずしも明確でない。既存のリアルタイムオシロに対して優位性を示すためには、**SFQ** 回路からの大容量インターコネクトの開発が必要など、課題も残されている。
- **SFQ** ベース・リアルタイムオシロに関しては、当初計画の目標を達成しているにも関わらず、高速光信号波形モニタ用としては早期の実用化の見通しが見えていない。異なる分野の計測への適用を通じての実用化を計画しているが、そのような見通しはもっと早期に得られたようにも思われる。

〈その他の意見〉

なし

3) 今後に対する提言

個別のデバイス、モジュールの技術基盤は確立できており、これらを用いて大規模エッジルータとしてシステム化するための道筋を明確化して、継続的に研究開発を行うことが望まれる。また、トラヒックモニタリング技術については 40Gbps での目標達成で満足することなく、新開発デバイスの次世代トラヒックモニタへの応用など、さらなる高度化やスケーラビリティ実証の努力を続けて頂きたい。

SFQ ベース・リアルタイムオシロについては、5 ビット SFQ 高速 AD コンバータによって最終目標の 2 倍の 100GS/s 波形観測を実現し、10GHz 電気信号および光信号の波形観測に成功しているが、既存技術に比べての優位性と極限性能を明確にするための基礎研究を継続して、計測器としての早期実用化が望まれる。

量子ドットレーザについては、温度安定・高速直接変調レーザとしての期待が高く、70°C までの温度安定 25Gbps 動作を達成しているが、最終目標である動作温度 85°C の早期達成ならびに先行者利益の確保が望まれる。

〈個別テーマ毎における今後の方向性など〉

- ・ 部品モジュールの活用形態は、同一社内のシステム製品組み込む方法と、グローバルに部品として販売する方法がある。ハードルの高い後者を目指すものと想定されるが、部品ベンダーやシステムベンダーとの関係を戦略的に構築して、成功例を築いて行ってほしい。
- ・ 迅速な適用分野の見直しと技術リファイン、更には、量産性の確立（光技術はここが容易ではない）。
- ・ SFQ リアルタイムオシロについては、今後の要素デバイス開発やシステム開発のために活用することを目指して、既存技術に比べての優位性と極限性能を明確にするための基礎研究を継続して頂きたい。トラヒックモニタリング技術については 40Gbps での目標達成で満足することなく、本プロジェクト新開発デバイスの次世代トラヒックモニタへの応用など、さらなる高度化やスケーラビリティ実証の努力を続けて頂きたい。また情報セキュリティへのデバイス・システム技術面からの貢献についても一層の配慮と努力を注いで頂きたい。
- ・ 全体の中での各技術の役割を明確にし、競合技術との対比ならびに併用シーンなど具体的なシナリオを作成したほうがよい。
- ・ 量子ドットレーザは、温度安定・高速直接変調レーザとしての期待が高く、本プロジェクトでは、70°C までの温度安定 25Gbps 動作を達成しているが、最終目標である動作温度 85°C の早期達成ならびに先行者利益の確保が望

まれる。また、SFQ ベース・リアルタイムオシロについては、5 ビット SFQ 高速 AD コンバータによって最終目標の 2 倍の 100GS/s 波形観測を実現し、10GHz 電気信号および光信号の波形観測に成功しており、競合技術に対する相対的優位性を確保し、計測器としての早期実用化が望まれる。

- エッジルータに留まらず、データセンタなどの短距離光リンク技術として、汎用性のあるモジュール開発の事業化を期待する。
- 個別のデバイス、モジュールの技術基盤は確立できたと思われるため、これらの開発技術を用いて大規模エッジルータとしてシステム化するための道筋を明確化して、継続的に研究開発を行うことが望まれる。

2. 2 超高速光 LAN-SAN 関連開発

1) 成果に関する評価

ハイブリッド集積 ISBT 全光スイッチ、高効率半導体光増幅器アレイ、超高速直接変調レーザ、ダイナミックレンジ拡大波長変換器など、多くの超高速要素デバイス技術、超小型 40Gbps シリアル光トランシーバ実現、同トランシーバと集積型 ISBT 全光スイッチを用いた 172Gbps OTDM 伝送の実現と光 LAN-SAN 動作などのシステム化技術に関し、学術的に高度で新規性のある成果や新機能デバイスの実現、さらにはトップデータ達成を含む優れた成果が多数得られている。特に、40Gbps シリアル光トランシーバの小型化（従来比 1/6 以下）・省電力化（従来比 1/3 以下）と、40Gbps LAN-WAN 間大容量信号変換技術に関する ITU-T 標準化の成功など、実用化への基盤が確定した成果を得るとともに、事業化を踏まえた普及展示活動を戦略的に進めていることは高く評価できる。

しかしながら、本技術開発の OTDM 方式と既存技術を適用できる WDM 方式の比較および将来の OTDM-WDM 併用技術への発展などに関する検討がやや不十分である。

〈肯定的意見〉

- 技術目標をすべて達成するとともに、LAN/SAN システムのキーとなる LSI やハードウェアモジュールはすでに事業化が進行していたり、あるいは近い将来の事業化が可能なレベルに達している。また、事業化を踏まえた標準化や普及展示活動を戦略的に進めていることは高く評価できる。
- 多くの要素技術が当初目標を達成した。そのなかでも、40Gbps シリアル・トランシーバと LAN-WAN 信号変換技術は想定された使用環境の下では十分満足できる成果を上げることが出来た。
- ハイブリッド集積 ISBT 全光スイッチ、高効率半導体光増幅器アレイ、超高速直接変調レーザ、ダイナミックレンジ拡大波長変換器など多くの超高速要素デバイス技術、超小型 40Gbps シリアル光トランシーバ実現、同トランシーバと集積型 ISBT 全光スイッチを用いた 172Gbps OTDM 伝送の実現と光 LAN-SAN 動作などのシステム化技術に関し、学術的に高度で新規性のある成果や新機能デバイス実現やトップデータ達成を含む優れた成果が多数得られている。40Gbps シリアル光トランシーバは実用的観点から極めて重要な成果である。また 40Gbps LAN-WAN 間大容量信号変換技術に関して ITU-T 標準化成功の成果も得られている。さらに、SHV 非圧縮信号の 160Gbps 光 LAN による配信実証も顕著な成果である。全

での個別サブテーマについて目標を達成できたことは高く評価でき喜ばしい。成果の多くは関連分野への波及効果も期待でき、研究開発の活性化と人材育成にも貢献している。

- チャレンジングな課題に対して、ISBT・光増幅器など要素技術開発から、LAN-SAN システムによる SHV 配信の実証など非常に高い技術水準を達成しており高く評価される。
- 全体として、設定された最終目標を達成しており、関連分野への波及効果が期待できる世界初あるいは世界最高水準の成果が数多く得られている。特に、小型（従来比 1/6 以下の小型化）40Gbps シリアル光トランシーバ（従来比 1/3 以下の省電力化）ならびに 40Gbps LAN-WAN システムに関して、実用化への基盤が確定した成果も得られており、新たな技術領域の開拓につながる汎用性のある成果や他の競合技術と比較して相対的優位性がある成果も見受けられることから、投入された予算に見合った成果が得られていると判断される。成果の普及についても、国際的に評価の高い国際会議における展示会や報道発表などを通じて適切に行われている。
- 40Gbps 低消費電力トランシーバ開発などの世界的にもトップレベルの技術開発や、40Gbps CMOS チップセットの実用化など、高く評価される。全般的に当初目標は達成されている。
- 40Gbit/s シリアル光トランシーバについて、小型・低消費電力のトランシーバをタイムリーに開発することにより、IEEE802.3bg の標準化に貢献したことは評価される。

〈問題点・改善すべき点〉

- 中長期的な課題の中でシステム化技術は、目標を達成しているものの、現時点では投資効果があったと言うことはできない。中長期的な評価を受ける中で、今回のプログラムが有意義であったと言えるように今後の努力を期待したい。
- ハイブリッド集積 NIC などは、中間評価で目標を落とさざるを得ない状況であった。また、プロジェクトで当初設定した目標を達成することが、必ずしも、同じ研究開発フェーズにおいて世界レベルでの優位性を担保するわけではなく、その点の詰めは全体に甘かったと言わざるを得ない。また、かなりニッチな使用環境を前提にしているために、比較的楽な競争環境での研究開発成果であり、この分野のマーケットが熟したときに、世界の強豪から抜かれてしまうレベルの成果であった印象が拭えない。
- 本技術開発の OTDM 方式と既存技術を適用できる WDM 方式の比較および将来の OTDM-WDM 併用技術への発展に関する検討がやや不十分で

あり、そのため開発された波長可変レーザや波長変換器の将来の活用形態もやや不明確である。競合他技術との比較を行って客観的評価を行い、競争力を高めるとともに本事業目的への統合の観点からさらなる高性能化を続けることが望まれる。

- 開発した ISBT・高速直接変調レーザについて、競合技術との対比を明確に示してほしい。コスト試算を含めて、欠点も明確にしたほうがよい。
- 光 TDM については、新規現象を用いた MUX/DEMUX デバイス開発など、オリジナリティの高い技術開発がなされているものの、スーパーハイビジョンの局内ネットワークに限らず汎用的なシステム展開が必要に感じられる。
- 入力ダイナミックレンジ拡大波長変換器については、本プロジェクトでターゲットとしている LAN-SAN 網の中での適応シナリオが今一つ明確でない。そのため、達成した性能（入力ダイナミックレンジ： $+3\text{dBm}\sim+13\text{dbm}$ ）が想定するアプリケーションにおいて適切であるかが分かりにくい。

〈その他の意見〉

- ・ 40Gbps シリアル・トランシーバーの成果は、標準化を主導するドライバーになったことは、高く評価できる。

2) 実用化、事業化の見通しに関する評価

LAN/WAN 間大容量信号変換では、いち早く開発した LSI をマーケットに投入し、すでに事業化が進行している。ITU-T の文書化にも成功し、事業規模はそれほど大きくないが、最も順調に事業化が進んでいる。40Gbps シリアル光トランシーバについては、技術的な完成度も高く、事業化までの道筋が明確化されており、事業化が可能ではないかと考える。

一方、リング共振器を用いた波長可変レーザは、高い性能を実現しており、研究目標も前倒しで実施されたが、実用化の見通しが必ずしも明確に提示されていない。また、160Gbit/s OTDM 伝送方式を用いたスーパーハイビジョン配信の早期実用化の具体的なシナリオが見えない。伝送速度 (160Gbit/s)、多重方式 (OTDM) とともに、現在の技術開発動向の主流から外れているが、そのような状況の中での成果展開のための戦略が見えない。

〈肯定的意見〉

- LAN/WAN 間大容量信号変換は、いち早く開発した LSI をマーケットに投入し、すでに事業化が進行している。また、40Gbps シリアル光トランシーバは、技術的な完成度も高く、市場が立ち上がれば実用化・事業化が十分期待できる。
- LAN-WAN 信号変換技術は、事業規模はそれほど大きくないが、最も順調な事業化が進んでいる。また、40Gbps シリアル・トランシーバは適用分野の見直し (40Gbps FR 及び 25Gbps) と技術転用で事業化が可能ではないか、と考える。
- 40Gbps LAN-WAN 変換回路の商業化はすでに実質的に始められており、40Gbps シリアル光トランシーバの早期製品化についても道筋が明確化されている。また高効率半導体増幅器、高速直接変調レーザおよびダイナミックレンジ拡大波長変換器の実用化も大いに期待される。
- 実証実験により、実用化のポテンシャルを露わにするとともに、標準化などで大きく貢献しており、全体として優れた成果を挙げている。
- 個別テーマとして設定された超高速光 LAN-WAN システム設計と実証、40Gbps シリアル・トランシーバ、40Gbps LAN-WAN システムのいずれも、最終目標を達成しており、成果の実用化可能性は高い。産業技術としての見極め (適用可能性の明確化) も適切で、国際競争力強化や実用化に向けて、標準化活動を積極的に推進し、40GbE シリアルの国際標準化 (IEEE802.3bg) に貢献するとともに、LAN-WAN 間大容量信号変換技術については、ITU-T の文書化に成功している。事業化までの道筋についても、プロジェクト終了後の継続開発を含め、妥当である。

- 40Gbps CMOS チップセットはすでに実用フェーズであり、40Gbps 低消費電力トランシーバ開発についても完成度が高い。
- 40Gbit/s シリアル・トランシーバや LAN/WAN 間大容量信号変換技術に関しては実用化に向けた基盤技術が確立できている。特に、LAN/WAN 間大容量信号変換技術に関しては関連会社への技術展開を通じて、すでに具体的な実用化開発に移行しており、高く評価できる。

〈問題点・改善すべき点〉

- システム化に関わる部分は、技術目標は達成しているものの、中長期的な課題であるため、実用化・事業化には距離があるのはやむをえない。しかし投資を少しでも回収する観点から、今後の努力を期待したい。
- 波長可変光源は、技術的にはまとまったものが出来たが、事業化のタイミングは逸してしまい、見直しが必要。上記の 2 つの技術以外については、事業化の見通しは不透明である。
- 実際のマーケティング戦略を明示して、本プロジェクトの成果が国内でどの程度マーケットにつながるのか、また、国際的にどのようにマーケットを開拓するのかなど、次のステップへの戦略を示してほしい。
- リング共振器を用いた波長可変レーザは、高い性能を実現しており、研究目標も前倒しで実施されたが、実用化の見通しが必ずしも明確に提示されていない。
- 160Gbit/s OTDM 伝送方式を用いたスーパーハイビジョン配信の早期実用化の具体的なシナリオが見えない。伝送速度（160Gbit/s）、多重方式（OTDM）ともに、現在の技術開発動向の主流から外れているが、そのような状況の中での成果展開のための戦略が見えない。

〈その他の意見〉

- ・ ハイブリッド集積 ISBT 全光スイッチは公的研究機関で開発されたが、実用性の高いデバイスであるので商業化が早期に実現するよう適切な努力を続けて頂きたい。

3) 今後に対する提言

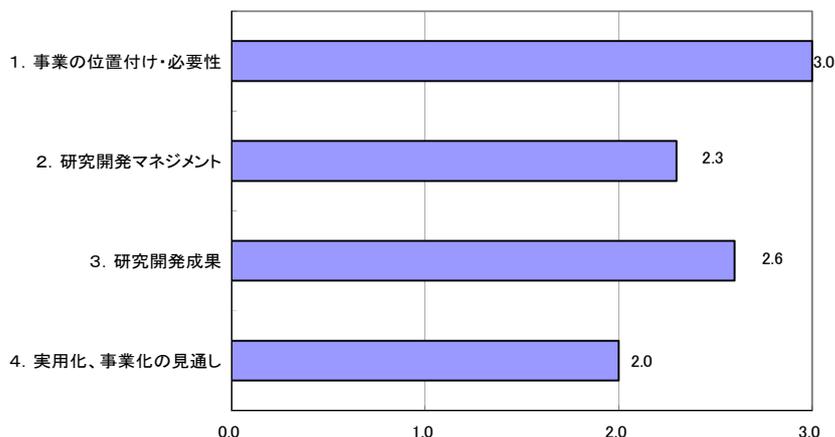
スーパーハイビジョン信号の光 LAN-SAN システムへの収容技術を開発し、光 LAN-SAN システム上での配信および切り替え実験に成功したことは、次世代の超高速大容量ネットワークの研究開発に弾みをつけるものであるが、今後、2020年頃の試験放送開始までにはまだ時間があるため、どのように発展させていくのかを十分に検討して頂きたい。

〈個別テーマ毎における今後の方向性など〉

- ・ 迅速な適用分野の見直しと技術リファイン、更には、量産性の確立を期待する（光技術はここが容易ではない）。
- ・ 超高速光 LAN-SAN 技術の SHV データ伝送以外の応用として、データセンタ内光スイッチなどの具体的応用イメージを明確化し、応用展開を進めて頂きたい。波長資源有効活用とコアネットワークへの高機能リンクの観点から、波長帯の統合や最適化および DWDM 活用に向けてチャレンジングな課題にも取り組んでいただきたい。また競合他技術との比較を行って客観的評価を行い、競争力を高めるとともに本事業目的への統合の観点からさらなる高性能化を続けることが望まれる。また情報セキュリティへのデバイス技術面からの貢献についても一層の配慮と努力を注いで頂きたい。
- ・ この技術が、NHK 屋内配信のみならず、大きなマーケットへ展開できることのデモンストレーションが望まれる。また、具体的な実用化目標を時間スケールで示すことが重要である。
- ・ スーパーハイビジョン信号の光 LAN-SAN システムへの収容技術を開発し、光 LAN-SAN システム上での配信および切り替え実験に成功したことは、次世代の超高速大容量ネットワークの研究開発に弾みをつけるものであり、将来の市場における日本の地位を確立するためにも、本プロジェクトの実施者間における持続的な連携が望まれる。
- ・ 個々の技術課題は、世界的にも優れた高い技術開発に成功している。本開発プログラムの成果を基に、省エネ革新をもたらす光デバイスの実用化を期待する。
- ・ 160Gbit/s OTDM 伝送方式を用いたスーパーハイビジョン光配信に関しては、今後、本プロジェクトでの開発成果を具体的にどのように発展させていくか、2020年頃の試験放送開始までにはまだ時間があるため、十分に検討する必要がある。

3. 評点結果

3. 1 プロジェクト全体



平均値

評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	A	A	A	A
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	2.3	A	B	B	B	B	B	A	B
3. 研究開発成果について	2.6	A	A	A	A	B	B	B	B
4. 実用化、事業化の見通しについて	2.0	B	A	B	B	A	C	C	C

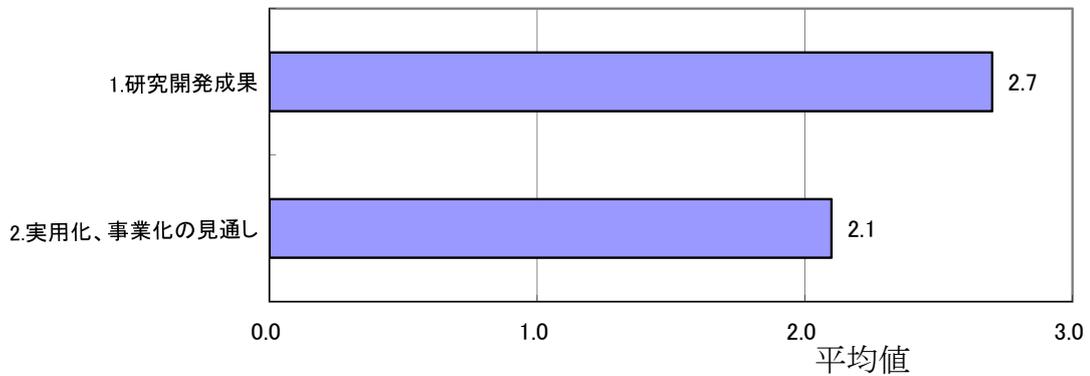
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

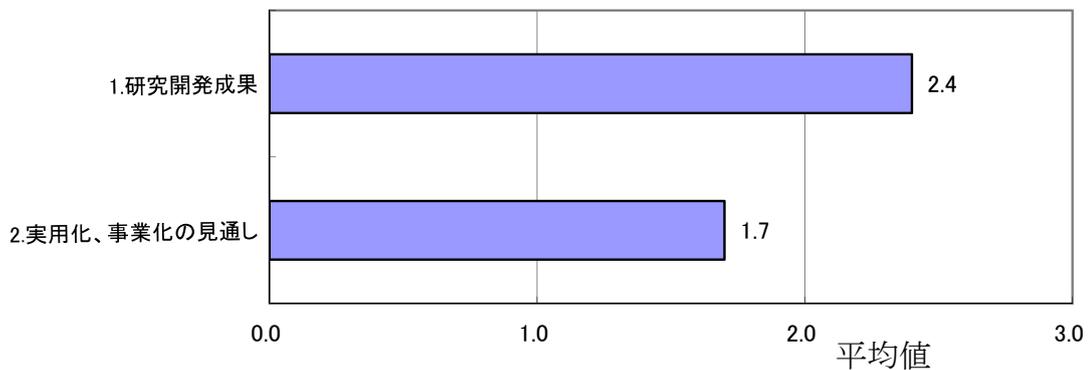
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

評点結果〔個別テーマ〕

大規模エッジルータシステム関連技術



超高速光 LAN-SAN システム関連技術



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)							
大規模エッジルータシステム関連開発									
1. 研究開発成果について	2.7	A	A	A	A	B	A	B	
2. 実用化、事業化の見通しについて	2.1	B	A	A	B	A	C	C	
超高速光 LAN-SAN システム関連技術									
1. 研究開発成果について	2.4	A	A	B	A	B	B	B	
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.7	B	B	B	B	B	C	C	

(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〉

- | | |
|--|---|
| <p>1. 研究開発成果について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 非常によい →A ・ よい →B ・ 概ね適切 →C ・ 適切とはいえない →D | <p>2. 実用化、事業化の見通しについて</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 明確 →A ・ 妥当 →B ・ 概ね妥当であるが、課題あり →C ・ 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。

「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発」

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

- (A) プロジェクト基本計画
- (B) ITイノベーションプログラム基本計画
- (C) 技術戦略マップ（分野別技術ロードマップ）
- (D) NEDO POST および事前評価書
- (E) 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）	9
2. 事業の背景・目的・位置づけ	12
2. 1 事業の背景	12
2. 2 事業の目的	14
2. 3 事業の位置づけ	14
II. 研究開発マネジメントについて	17
1. 事業の目標	17
2. 事業の計画内容	19
2. 1 研究開発の内容	19
2. 2 研究開発の実施内容	26
2. 3 研究の運営管理	32
3. 情勢変化への対応	33
4. 中間評価への対応	36
5. 評価に関する事項	37

Ⅲ. 研究開発成果について

1. 事業全体の成果 38
2. 研究開発項目毎の成果 44
(事業化・実用化の見通しも含む)

概要

		作成日	平成24年8月29日				
プログラム（又は施策）名	ITイノベーションプログラム・エネルギーイノベーションプログラム						
プロジェクト名	次世代高効率ネットワーク デバイス技術開発	プロジェクト番号	P07012				
担当推進部/担当者	電子・材料・ナノテクノロジー部 / 井谷 司、松岡 隆一						
0. 事業の概要	<p>ネットワークで伝送されるデータ量の爆発的増加に伴い、関連機器の消費電力が増大し、ネットワーク全体の消費電力量の抑制が喫緊の課題である。ルータ・スイッチの1チャンネルあたりの速度向上によるデータ処理容量の増大を可能にする低消費電力型のネットワークデバイス共通基盤技術の研究開発を通じて、機器の消費エネルギーを低減する。さらにシステム化技術およびトラヒック制御技術を並行して開発する。具体的には、光ネットワークデバイスの省電力化、100Gbps超の通信速度向上、40Gbps超の速度に対応できるトラヒック計測・分析・管理技術、超電導技術のネットワーク適用などの開発を行う。</p>						
I. 事業の位置付け・必要性について	情報通信量の加速度的増加に対応できる次世代ネットワークデバイスの開発による省電力化と標準化を含めた戦略的な開発による日本の通信デバイスの競争優位の維持拡大						
II. 研究開発マネジメントについて							
事業の目標	<p>基盤技術である個別デバイスおよびそれらを集積化したモジュールにおける省電力化を促進し、システム全体が省エネルギー化できることを目標とする。</p> <p>具体的には、H23年度までに10Tbps超級のエッジルータを実現できる光デバイス基盤技術とその周辺技術開発を行う。（装置内イントラネットワークを90%低消費電力化、スイッチ構成の20%低消費電力化に相当）。またSFQ回路技術の活用を進める。</p> <p>さらに超高速スイッチング等の光・電子デバイスの機能、特性の向上及び集積化を図り、LAN-SANにおいて160Gbps伝送を可能とする、低消費電力素子・ネットワークの実証を目指す（60%以上の低消費電力化）。</p> <p>この中で1チャンネルあたり40Gbps超の光信号を扱う実用的高速インタフェース技術や集積化技術の確立、ネットワークトラヒックにおける多数フロー情報の同時分析、高効率スケジューリング技術の確立を目指す。</p>						
事業の計画内容	主な実施事項	H19FY	H20FY	H21FY	H22FY	H23FY	
	①共通基盤技術の開発						
	(1) 省電力・高性能 I/O	→					
	(2) 超高速 LD	→					
	(3) 小型・集積化	→					
	(4) 超電導回路	→					
	②システム化技術の開発						
	(1) 大規模エッジルータ	→					
(2) 超高速 LAN-SAN	→						
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)	会計・勘定	H19FY	H20FY	H21FY	H22FY	H23FY	総額
	一般会計	-	-	-	-	-	-
	特別会計 (高度化)	1,393 (実績)	1,416 (実績)	1,631 (実績)	621 (実績)	450 (実績)	5,511
	総予算額	1,393	1,416	1,631	621	450	5,511
開発体制	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 浅見 徹					
	委託先 (*委託先が管理法人の場合は参加企業数も記載)	技術研究組合光電子融合基盤技術研究所 (参加企業5社、及び、産業技術総合研究所) アラクサラネットワークス株式会社 国際超電導産業技術研究センター、日本放送協会					

<p>情勢変化への対応</p>	<p>IEEE802.3baにおいて100GbEの標準化日程がフィックスされ、暫定ドラフトリリースまでに、本プロジェクトで開発を進める25Gbps×4チャンネルの光送受信回路モジュールを実機実証して標準規格獲得を目指す。また40GbEシリアル標準化に向けて技術開発によって標準化の支援をする。</p>
<p>III. 研究開発成果について</p>	<p>以下に研究開発項目ごとの成果をまとめる。</p> <p>研究開発項目①「次世代高効率ネットワークデバイス共通基盤技術の開発」</p> <p>(1) 省電力・高性能インタフェース (I/O) 開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 65nm標準CMOS技術を用いた光NIC用I/F回路の40Gbps動作と、低消費電力化(多重回路1.6W、分離回路1.4W)を実現した。本技術を40Gシリアル光トランシーバに適用した。 10Tbps超エッジルータ向け省電力・高速光I/F用ICの開発のために、低消費電力の冗長化ドライバ回路および高感度受信回路を開発した。25bpsの高速動作での消費電力7.8mW/Gbpsを達成した。 40GbE LAN-WAN信号変換技術確立へ向けて、40G LAN-WAN間大容量信号変換回路及び40GbEインタフェース変換回路を開発し、消費電力13.3Wを実現した。40G級伝送速度並びに多重化収容技術についてのITU-Tにおける標準化に成功した。 <p>(2) 超高速LDの技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 短共振型の面出射レーザ4chアレイの85°C、25Gbps動作を達成した。さらに、従来比1/2以下の低消費電力動作を実証した。本技術を光100Gbps双方向・省電力光インターコネクトモジュールに適用し動作を確認した。 波長1.3μm量子ドットレーザでは、駆動条件固定で70°Cまでの温度安定25Gbps動作を実証した。 AlGaInAs系単一モードレーザでは、波長1.55μm帯LDで駆動電流43mAでの85°C、40Gbps動作を実証した。波長1.3μm帯直接変調LDで70°Cまでの40Gbpsファイバ伝送に成功した。 <p>(3) 小型・集積化技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 受信フロントエンド向け反射構造フォトダイオードにおいて25Gbps動作を確認し、受光感度0.8A/W、帯域35GHzを達成した。4chアレイ化光受信フロントエンドを光100Gbps双方向・省電力光インターコネクトモジュールに適用し動作を確認した。 シリコン光回路を外部共振器に用いた小型省電力波長可変光源を試作し、消費電力26mW/ringを達成した。また、C-band/L-bandをフルカバーする100nmの波長可変動作を実証した。 160Gb/sの信号を処理することのできる小型のモノリシック集積化4チャンネル全光スイッチの開発に成功、OTDM-NIC(後述:LAN-SAN)に実装して安定動作を確認した。 LAN-SANのOTDM-NIC集積用に半導体増幅器の50°C以上、40Gbpsの高温動作を実証し、さらに4チャンネルアレイ化を実現した。 入力ダイナミックレンジ拡大波長変換器にて43GbpsNRZ信号による波長変換動作を達成した。波長変換素子、入力レベル監視PD、入力レベル調整用SOAを集積モジュール化し、フィードバック制御系を構築することにより入力ダイナミックレンジ10dB以上を実現した。 <p>(4) 超電導回路開発</p> <p>5ビット50GS/s動作のSFQ高速ADコンバータ回路を搭載した、5ビットSFQリアルタイムオシロを開発し、50GS/s波形観測を実現した。</p> <p>研究開発項目②「次世代高効率ネットワーク・システム化技術の開発」</p> <p>(1) 大規模エッジルータシステム化技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 光信号接続によるルータ内結合構造に向けた100Gbps双方向・省電力光インターコネクトモジュールを開発し、10mW/Gbps(従来比90%の省電力効果)を達成した。開発した光インターコネクトモジュールをルータに実装し、100Gbpsでのルータ内光信号接続を実証した。 小型シリコン波長可変共振器と半導体光増幅器をハイブリッド集積し、省電力化(28mW/ring)およびチューニング帯域100nm以上の波長可変光源を開発した。開発した波長可変光源を用い、-5°C~+70°Cの外部環境温度(OIF-MSA規格)に対して、モジュール消費電力2W以下の光インタフェースモジュールを実証した。 高速光ネットワークに対応可能なトラヒックモニタリング技術としてAFM(Aggregated Flow Mining)分析アルゴリズムをベースに、高速光ネットワークに対応した40Gbps対応トラヒック分析装置を開発し、40Gbps、4Mフロー/秒のトラヒックが処理可能なことを確認した。また、複数台のルータモジュールをネットワーク管理者が論理的に1台のルータとして管理できるようにするスケラブル・ルータを開発し、複数台が連携する

	<p>スケーラブル・ルータとトラフィックモニタリング技術を組み合わせたシステム化を実証した。</p> <p>(2) 超高速 LAN-SAN システム化技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 超高速光 LAN-SAN システム用に 40Gbps で動作する光 NIC を開発し、従来比 50%の省電力化を実現した。 ISBT (Inter Sub-Band Transition) 全光スイッチ、量子ドット高効率半導体光増幅器を開発し、上記 40Gbps 光 NIC を組み合わせて、ハイブリッド集積化 OTDM-NIC (Optical Time Division Multiplex - Network Interface Card) を開発した。72Gbps SHV (Super Hi-Vision) 非圧縮映像信号の 160Gbps 光信号収容技術を開発し、上記 OTDM-NIC とにより、2 チャンネル 72Gbps SHV 非圧縮映像信号の配信実験および 3 チャンネル 48Gbps SHV 転送実験に成功した。また、従来比で 90%の省電力効果も達成した。 LAN/SAN~LAN/WAN 間をシームレスに 40Gbps で接続するため、40G LAN-WAN 信号変換 LSI、40GbE インタフェース変換 LSI、小型 40G シリアル光トランシーバ、ダイナミックレンジ拡大 SOA-MZI 型波長変換器を開発、システム化することにより、LAN-SAN/LAN-WAN 相互接続実証に成功した。 	
	投稿論文	論文 (査読付き) 48 件、学会 330 件、標準化寄与文書 11 件
	特許	「出願済」 90 件、うち国際出願 19 件
	新聞発表	34 件
IV. 実用化、事業化の見通しについて	日本のネットワーク関連企業の集まりで実行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光・電子デバイスは、プロジェクト終了を待たずに事業家を進める。また計画終了後は多くの開発技術について必ず実用化を進める。このためにも標準規格獲得は必須要件となる。	
V. 評価に関する事項	事前評価	平成 19 年度実施 担当部 電子・情報技術開発部
	中間評価以降	平成 21 年度 11 月 中間評価実施 平成 24 年度 事後評価実施予定
VI. 基本計画に関する事項	作成時期	平成 19 年 3 月 作成
	変更履歴	平成 20 年 7 月、改訂 平成 20 年 7 月、改訂 平成 21 年 8 月、改訂 平成 22 年 3 月、改訂 平成 23 年 2 月、改訂 平成 23 年 3 月、改訂

(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「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発」の基本計画¹を次ページ以降に示す。

¹ 「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発」基本計画：
<http://www.nedo.go.jp/content/100084106.pdf>

(ITイノベーションプログラム・エネルギーイノベーションプログラム)
「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発」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

新・国家エネルギー戦略においては、2030年までにエネルギー消費効率の少なくとも30%以上の改善目標が示され、これを達成するために、省エネルギー技術戦略を策定し、これに基づき省エネルギー技術開発を推進していくとされている。

一方、インターネット上でのトラフィックが急速な勢いで増加し、将来的には大容量画像情報コンテンツなどがネットワーク上を超高速で縦横に往来することが予想される中、社会生活の安全・安心の確保やビジネスチャンスの向上を図るためには、現状の光通信ネットワーク基盤機能の飛躍的向上が必要であり、それに伴う消費エネルギーの増大が懸念されている。また、基幹通信網だけでなくローカルなネットワークや機器内の情報通信においても、光技術を適応することによる高性能化、低消費電力化等の飛躍的向上が期待されている。

情報通信の高度化に伴う通信データの大容量化を支える光通信・デバイス技術は、我が国が世界をリードしてきた技術分野であるが、次世代ネットワーク技術の研究開発は、その重要性に鑑み、米国のDOD—N (Data in Optical Domain - Network) 等の各種DARPAやNSFプロジェクトや欧州のFP6 (一部FP5) —ISTプログラム等、主要諸国において精力的に取り組みされており、グローバルな開発競争となっている。

今後も我が国がその優位性を保ちつつ国際競争力を維持発展させて行くと同時に、省エネルギーネットワークを実現するためには新たな技術領域を開拓していく必要がある。これらの実現のためには、大容量・超高速光通信ネットワークシステムの開発と同時に、それらの計測、制御技術、システムサイドと密接に連携した省エネルギー・高機能の革新的なデバイス・装置の技術開発が重要であり、我が国としてそれらの開発を戦略的に推進していくことが重要である。

本プロジェクトでは、ITイノベーションプログラムおよびエネルギーイノベーションプログラムの一環として、平成23年度までに、次世代高効率ネットワーク実現に向けたデバイス基盤技術の確立およびシステム化の検証を目的とする。具体的には、今後の情報化社会のインフラを支え、省エネルギー化への要求に応えることのできるルータ・スイッチおよび、ローカルネットワークの高速化および省エネルギー化を実現するための、デバイス、集積化・モジュール化、システム化およびトラフィック制御技術の開発を行う。

IT新改革戦略においては、「いつでも、どこでも、誰でもITの恩恵を実感できる社会の実現」に向け、高性能・低消費電力デバイスの実現および、IT機器のエネルギー使用量を抑制することが重要とされている。本プロジェクトは上記技術開発により、これらの目標達成に寄与する。

(2) 研究開発の目標

本プロジェクトでは基盤技術である個別デバイス及びそれらを集積化したモジュールにおける省電力化を促進し、その上でシステム全体が省エネルギーに貢献できることを目標とする。具体的には、平成23年度までに、10Tbps超級のエッジルータの実現のための光デバイス基

盤技術、SFQ回路技術及びその周辺技術開発を行う(装置内イントラネットワークを現状構成と比較して90%低消費電力化、スイッチ構成の20%以上低消費電力化に相当)。

また、超高速スイッチング等の光・電子デバイスの機能・特性の向上および集積化を図り、LAN・SANにおいて160Gbps伝送を可能とする、低消費電力素子・ネットワークの実証を目指す(現状機器構成と比較して60%以上の低消費電力化)。さらに、1チャンネルあたり40Gbps超の光信号を扱う実用的高速インターフェイス技術や集積化技術の確立、ネットワークトラフィックにおける多数フロー情報の同時分析、高効率スクリーニング技術の確立を目指す。

なお、中間および最終目標に関しては、別紙を参照のこと。

(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]

① 次世代高効率ネットワークデバイス共通基盤技術の開発

- (1) 省電力・高性能I/O技術開発
- (2) 超高速LDの技術開発
- (3) 小型・集積化技術開発
- (4) 超電導回路技術

② 次世代高効率ネットワーク・システム化技術の開発

- (1) 大規模エッジルータシステム化技術
- (2) 超高速光LAN-SANシステム化技術
- (3) 超低消費電力型光電子ハイブリッド回路技術

本研究開発項目は、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、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちよ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。

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、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、単独ないし複数の原則本邦の企業、研究組合、公益法人等の研究機関(原則、国内に研究拠点を有していること。ただし、国外企業の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点から国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない。)から公募によって研究開発実施者を選定し、委託して実施する。

研究に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、NEDOが委託先決定後に指名する研究開発責任者(プロジェクトリーダー)を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な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・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省および研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、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。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成19年度から平成23年度までの5年間とする。

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、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部の専門家及び有識者による研究開発の中間評価を平成21年度、事後評価を平成24年度に実施する。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、適宜見直しするものとする。

5. その他の重要事項

(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については、NEDO、実施者とも普及に努めるものとする。

② 標準化等との連携

(別紙) 研究開発計画に記載されている研究開発項目①「次世代高効率ネットワークデバイス共通基盤技術の開発」、及び②「次世代高効率ネットワーク・システム化技術の開発」を実施することにより得られる成果に対して、サブシステムの構築等により必要な標準化を実施すると共に、標準化等との連携を図るため、標準情報（TR）制度への提案等を積極的に行う。

③ 知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関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、すべて受託先に帰属させることとする。

(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、内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、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。

(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号ハに基づき実施する。

(4) その他

総務省、文部科学省等が実施するネットワーク関連プロジェクトと密接な情報交換を行い、連携を図る。

6. 基本計画の改訂履歴

- (1) 平成19年3月制定。
- (2) 平成20年7月、イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂。
- (3) 平成20年7月、成果の取扱い見直しによる改訂。
- (4) 平成21年8月、達成目標の見直しによる改訂。
- (5) 平成22年3月、中間評価を反映した達成目標の見直しによる改訂。
- (6) 平成22年11月、達成時期の見直しによる改訂。
- (7) 平成23年2月、達成目標の見直しによる改訂。
- (8) 平成23年3月 研究開発項目②(3)の追加による改訂。

(別紙) 研究開発計画

研究開発項目①「次世代高効率ネットワークデバイス共通基盤技術の開発」

1. 研究開発の必要性

急拡大するIPネットワークを支えるルータには、今後も更なる大容量・省電力化が求められている。次世代10Tbps級のエッジルータの将来拡張性(スケーラビリティ)実現には、省電力ルータを複数台連携し、一台の大型システムとするアーキテクチャおよび、装置間を接続する省電力光I/Oが必要不可欠である。また、超高精細映像のネットワーク上での普及は、放送と通信の融合に伴い、大きな社会的・経済的変革をもたらすと期待されている。ネットワーク上で大容量性が最初に必要なのはサーバー周辺である。このような変革に対応するために、超高精細映像などの巨大データを共有・転送できるLAN・SAN技術の開発が必要である。

そのため本研究では次世代10Tbps級の低消費電力エッジルータ実現に必要な要素技術、および、超高速LAN・SANに必要なとされる基幹技術の開発を共通基盤技術開発として行う。具体的には、省電力・高性能光I/O技術、超高速LDの技術、小型・集積化技術および究極の省エネルギー化が期待される超電導回路技術の開発を行う。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 省電力・高性能光I/O開発

通信機器内での大容量通信を行うため、および高速光ネットワークインターフェイスカード(NIC)を実現するための超高速省電力の光・電子インターフェイス(I/F)デバイスおよびサブシステム開発を行う。

(2) 超高速LDの技術開発

機器内光通信および光NICの省エネルギー化・小型化に必要な高速直接変調半導体レーザー(LD)を開発する。実用デバイスとして十分な高速性、信頼性、温度無依存性および低消費電力特性を実現するものとする。

(3) 小型・集積化技術開発

(1) 省電力・高性能光I/O技術、(2) 超高速LD技術およびその他の光・電子デバイスを集積化し機器内光通信サブシステムならびに集積型NICの実現に必要な集積化技術の研究開発を行う。あわせてそれらに必要な個別デバイスの集積化対応のための特性実現を図る。

(4) 超電導回路技術開発

冷凍機で冷却された単一磁束量子(SFQ)回路と室温間を光ファイバを用いて広帯域信号を伝達するための光入出力技術、回路の大規模化に対応するための電源供給技術、SFQ回路から発生した熱を効率的に冷凍機に伝える技術を含む極低温実装技術の研究開発を行う。また、これらの技術を統合し、実用に供することが可能なデジタルシステムとしてSFQリアルタイムオシロスコープの開発を行う。

3. 達成目標

すべての研究開発課題について、デバイス、サブシステムについては研究開発終了後2～3年程度で実用化されシステムに組み込まれることを想定して、低消費電力特性、ファイバや他の機器との接続性や温度特性に優れ、小型・高信頼など、システム技術の要求を満たすものであつて、かつ量産可能で・低コストであることを共通の目標とする。また、要素技術については上記の特

性をもったデバイス、サブシステムを実現することを目標とする。開発した各デバイス、サブシステムは、研究開発項目②「次世代高効率ネットワーク・システム化技術の開発」により動作を確認する。さらに個々の開発にあたっては、以下の目標を置く。

(1) 省電力・高性能 I/O 技術開発

- LAN-SAN に用いられる光 NIC 用 I/F 回路として、平成 21 年度までに 40 Gbps 動作と低消費電力化(従来の 1/3、<4W)を実現する。
- 10 Tbps 超エッジルータ向け省電力・高速光 I/F 用 IC の開発のために、低消費電力の冗長化ドライバ回路および高感度受信回路を開発し、平成 21 年度までに 25 Gbps で 10 mW/Gbps の小型光 I/O を開発する。
- 追加で標準化されることが決まった 40 GbE LAN 信号インタフェースについて、平成 22 年の標準化成立に合わせ、40 GbE 信号の I/O インタフェースに対応した LAN/WAN 間信号変換技術を確立する。40 GbE 信号対応 LAN/WAN 変換トランスポンダにおける I/O インタフェース変換及びフレーム処理 LSI 部における消費電力は 1.6W 以下を目標とする。

(2) 超高速 LD の技術開発

機器内光通信システムおよび光 NIC のために超高速 LD の開発を行う。平成 21 年度までに、面出射型 LD において 25 Gbps 且つ従来比 1/2 以下の低消費電力動作、単一モード LD において駆動電流 50 mA 以下での 40 Gbps 動作を実現する。平成 22 年度までに、面出射型 LD において 70°C 以上で 100 Gbps (25 Gbps × 4 チャンネル)動作を実現し、また温度安定 25 Gbps 動作するレーザを実現し、単一モードレーザにおいては 85°C 以上、駆動電流 50 mA 以下での 40 Gbps 動作を実証する。

(3) 小型・集積化技術開発

光・電子デバイス集積化に必要な個別デバイスおよび以下の目標達成に必要な集積化技術の開発を行う。

- 10 Tbps 級エッジルータの光イントラネットワーク用途の高速・省電力型受信フロントエンド用光受信デバイス(PD) と、高密度集積技術を開発する。平成 21 年度までに反射構造 PD において 25 Gbps 動作、平成 22 年度までに PD と受信アンプ回路との高密度集積実証(送受信部全体: 10 mW/Gbps)、4 チャンネルアレイ化光受信フロントエンドを開発する。
- シリコン微小光導波路技術および化合物半導体光素子とのハイブリッド集積技術を開発し、平成 21 年度までにチップサイズ 1 mm²、波長可変幅 100 nm、消費電力 40 mW/ring のシリコン導波路リング型波長可変光源を開発する。
- LAN-SAN の OTDM-NIC 用ハイブリッド集積型全光スイッチを開発する。平成 21 年度までにウィンドウ幅 2 ps、消光比 20 dB 以上のスイッチング動作を実証、平成 23 年度までに OTDM-NIC として実装、その動作を実証する。
- LAN-SAN の OTDM-NIC の集積化に向けて、半導体光増幅器(SOA)を開発し、平成 21 年度までに 50°C 以上・40 Gbps の高温高速動作を実証、平成 23 年度までに 4 チャンネルアレイ化を実現する。
- LAN-SAN 用途の高速かつ波長・入力電力に対してロバストな波長変換器の研究開発を行う。平成 21 年度までに、40 Gbps 以上、許容入力レベル変動 10 dB 以上、平成 23 年度までにモジュール化を開発する。

(4) 超電導回路技術

SFQ リアルタイムオシロスコープ実現に必要な技術開発を行い、平成 21 年度までに 4 ビット SFQ 高速 AD コンバータ回路の 30 GS/s 動作および 40 Gbps 光入力技術を構築し、平成 23 年度までに 5 ビット SFQ 高速 AD コンバータによる 50 GS/s 波形観測を実現する。

(別紙) 研究開発計画

研究開発項目②「次世代高効率ネットワーク・システム化技術の開発」

1. 研究開発の必要性

次世代のエッジルータに向けた将来拡張性(スケーラビリティ)実現には、省電力ルータを複数台連携し、一台の大型システムとするアーキテクチャ、装置間を接続する大容量・省電力光 I/O、超高速トラフィックモニタリング技術が必要不可欠である。また、ネットワーク上で大容量性が最初に必要となるのはサーバー周辺であり、巨大データを収容できる LAN-SAN 技術が求められる。

上記のためには、要素技術をシステム化し、ネットワークからの要求にこたえる必要がある。また、システム化技術開発を行うことで、要素技術開発に目標性能等のフィードバックを行い、より効率的な研究開発が可能となる。そのため本研究では研究開発項目①「次世代高効率ネットワークデバイス共通基盤技術の開発」における開発成果と組み合わせ、エッジルータおよび LAN-SAN を構築するシステム化技術の開発を行う。

なお、大規模エッジルータシステムにおける内部リンクの高速化研究については、研究開発項目①の関連部分が達成した後、研究を開始する。

さらに、大規模エッジルータを含む機器全般のさらなる高速処理・省電力化を図るために、光導波路をベースにした小型・低消費電力で実現が可能な光配線の技術を、基板内のモジュール接続に適用した、超低消費電力型光電子ハイブリッド回路技術の実現可能性、性能指標と目標、および技術開発課題の明確化を行う。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 大規模エッジルータシステム化技術

数 Tbps から 10 Tbps のエッジルータを実現するスケーラブルアーキテクチャでは各ルータやエッジ機能を実現する機能モジュールなどを相互に結合する内部リンクの高速化が重要であり、一方で実用化するにはその高速リンクの省電力化と小型化が重要である。このため 100 Gbps イーサネットにも適用可能なエッジルータ向け 100 Gbps ルータリンク技術の開発と、実用化に向けた検証を行う。

また、次世代高速光ネットワークに対応可能なトラフィック計測・分析技術の研究開発を行う。トラフィック管理の面からネットワーク機器の効率的利用を実現し、省エネルギーに貢献する。

(2) 超高速光 LAN-SAN システム化技術

超高精細リアルタイム映像やそのアーカイブファイルなどの巨大データをネットワークで共有し低消費電力で転送可能とする超高速光 LAN-SAN を提案し、超高速集積型光ネットワークインターフェイスカードなどのキーテクノロジーを用いる、スーパーハイビジョン多チャンネル・リアルタイム転送の実演を目指す。

(3) 超低消費電力型光電子ハイブリッド回路技術

光導波路をベースにした、回路基板内高速光インターコネクトを実現する上で、高速性と実装に関する課題を抽出する。また、光電子ハイブリッド回路に必要な、光源実装、外部 IF 技術、光信号のスイッチング技術の実現に向けた課題を抽出する。

3. 達成目標

(1) 大規模エッジルータシステム化技術

- 光信号接続によるルータ内結合構造に向けた100Gbps双方向・省電力光I/O(10mW/Gbps、従来比90%の省電力効果)を平成22年度までに実証する。また、開発した光信号接続モジュールをルータに実装し、100Gbpsでのルータ内光信号接続を実証する。
- 波長可変光源を用いた光インターフェイスモジュールを平成21年度までに実証する。
- 高速光ネットワークに対応可能なトラフィックモニタリング技術を開発する。平成21年度までに40Gbpsおよび4Mフロー/sに対応する独立筐体型およびルータ内蔵トラフィック分析装置を開発する。また、複数台が連携するスケーラブル・ルータとの組み合わせによるシステム化実証を行う。

(2) 超高速光LAN-SANシステム化技術

- 平成21年度までに3チャンネル×48Gbps SHV映像160Gbps転送の動作確認を行い、平成23年度までに160Gbps光LAN上での2チャンネル×72Gbps SHV配信実験を行う。
- 平成23年度までに、超高速光LAN-SANシステム用光NICに関して、従来比60%の省電力効果を検証する。

(3) 超低消費電力型光電子ハイブリッド回路技術

- 25Gbps以上の高速光導波路を用いた回路基板内高速光インターコネクタを試作し、信号伝送の課題、光源装着の課題、作製の課題を抽出する。
- 高速光導波路に接続する光集積回路モジュールの光源の温度安定化、集積化に向けた課題を抽出する。
- 高速光導波路に接続する装置内/装置間結合用モジュールの省電力化と大容量化に向けた課題を抽出する。
- 高速光導波路に接続する長距離データ伝送モジュールの小型化・省電力効果を部分試作により検討する。
- 高速光導波路に接続する高速低消費電力の光スイッチ技術の課題抽出を行う。

(B) イノベーションプログラム基本計画

経済産業省が実施している研究開発プロジェクトは、7つの政策目標のもとにまとめられ、市場化に必要な関連施策（規制改革、標準化等）と一体となった施策パッケージである「イノベーションプログラム」として推進されている。本プロジェクト（「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発」）は、そのうちITイノベーションプログラムおよびエネルギーイノベーションプログラムの一環として実施されている。この2つのイノベーションプログラム基本計画²のうち、本プロジェクトに関係ある部分を中心に抜粋したものを次ページ以降に示す。

なお、「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発」は、次のプログラムの一部として実施するものである。

- ・ ITイノベーションプログラム基本計画
 - Ⅱ. 省エネ革新
 - [i] 情報ネットワークシステムの徹底的省エネの実現
 - (2) 次世代高効率ネットワークデバイス技術開発

- ・ エネルギーイノベーションプログラム基本計画
 - 4-I 総合エネルギー効率の向上
 - 4-I-iv. 省エネ型情報生活空間創生技術
 - (2) 次世代高効率ネットワークデバイス技術開発

² イノベーションプログラム基本計画(経済産業省): <http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g90427b18j.pdf>

(抜粋)

平成 21・03・23 産局第 2 号

平成 2 1 年 4 月 1 日

I T イノベーションプログラム基本計画

1. 目的

我が国が目指す高度情報通信ネットワーク社会の構築に向け、経済成長戦略大綱、I T 新改革戦略、科学技術基本計画及び技術戦略マップ等に基づき、情報化の進展に伴うエネルギー消費量の増大等の課題にも考慮しつつ、その基盤となる情報通信機器・デバイス等の情報通信技術を開発し、実社会への利用を促進する。また、情報システム・ソフトウェアについて品質、信頼性及び生産性の向上を推進し、組込みソフトウェア産業強化、オープンソースソフトウェアを安心して活用するための環境整備、独創的な人材の発掘等、我が国産業競争力強化のための必要な基盤整備を実施することによって、I T の利活用の深化・拡大を図り、より豊かな国民生活を実現するとともに、我が国の経済活力の向上を図ることを目的とする。

2. 政策的位置付け

- 「経済成長戦略大綱」(2006年7月財政・経済一体改革会議。2007年6月改訂・経済財政諮問会議報告、2008年6月改訂・経済財政諮問会議報告)

I T 革新による競争力強化、I T 革新を支える産業・基盤の強化に必要な研究開発の推進に対応

- 「第3期科学技術基本計画」(2006年3月閣議決定)

国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点推進4分野である情報通信分野、分野別推進戦略(2006年3月総合科学技術会議)における重点分野である情報通信分野に位置づけられるもの。

- 「I T 新改革戦略」(2006年1月高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部)

次世代のI T 社会の基礎となる研究開発の推進等に対応。「I T による地域活性化等緊急プログラム」(2008年2月)、「I T 政策ロードマップ」(2008年6月)、「重点計画-2008(2008年8月)」等を策定。

3. 達成目標

- (1) 情報経済社会を形成する上で必要不可欠な基盤技術である情報通信機器・デバイス等に関しては、「革新的な技術の確立」と「その開発成果の普及促進」を図る。

【目標】

- ・情報通信機器・デバイス産業の付加価値額を、2020年度において、2008年度比で、約50%増加させる。
- ・半導体の微細化に係る革新的基盤技術の開発(テクノロジーノード45nm以下)
- ・革新的な大型ディスプレイ技術の開発(消費電力を現状機器と比較して約50%以下)

- ・革新的なネットワーク機器技術の開発（消費電力を現状機器と比較して60%以下）

(2) 経済社会システムの信頼性確保に大きく寄与する情報システム・ソフトウェアに関しては、品質、信頼性及び生産性の向上や産学官の開発リソースの連携強化により、「人材育成」と「ソフトウェア工学の開発」等を積極的に推進する。

【目標】

- ・情報サービス・ソフトウェア産業の付加価値額を、2015年度において、2004年度比で、約25%増加させる。
- ・組込みシステム等の不具合発生率（2011年度までに2006年度比50%減）

4. 研究開発内容

[プロジェクト]

I. ITコア技術の革新

[i] 世界最先端デバイスの先導開発

- (1) 次世代半導体材料・プロセス基盤プロジェクト (MIRAI) (運営費交付金)
- (2) 次世代低消費電力半導体基盤技術開発 (MIRAI) (運営費交付金) (再掲)
- (3) ドリームチップ開発プロジェクト (運営費交付金)
- (4) 次世代プロセスフレンドリー設計技術開発 (運営費交付金)
- (5) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発—うち新材料・新構造ナノ電子デバイス (再掲)
- (6) スピントロニクス不揮発性機能技術プロジェクト (運営費交付金) (再掲)
- (7) 半導体機能性材料の高度評価基盤開発 (運営費交付金) (再掲)

[ii] 半導体アーキテクチャの革新

- (1) 半導体アプリケーションチッププロジェクト (運営費交付金) (再掲)
- (2) 次世代回路アーキテクチャ技術開発事業

[iii] 光技術の革新利用

- (1) 低損失オプティカル新機能部材技術開発 (運営費交付金) (再掲)
- (2) 次世代光波制御材料・素子化技術 (運営費交付金) (再掲)
- (3) 三次元光デバイス高効率製造技術 (運営費交付金) (再掲)

II. 省エネ革新

[i] 情報ネットワークシステムの徹底的省エネの実現

- (1) グリーンITプロジェクト (運営費交付金) (再掲)
- (2) 次世代高効率ネットワークデバイス技術開発 (運営費交付金) (再掲)
- (3) 次世代高効率エネルギー利用型住宅システム技術開発・実証事業 (再掲)

本プロジェクト

[ii] 情報機器の徹底的省エネの実現

(1) 次世代大型低消費電力ディスプレイ基盤技術開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、次世代の大型液晶及び大型プラズマディスプレイに関する低消費電力ディスプレイを実現するための研究開発を行う。

②技術的目標及び達成時期

2011年度までに、液晶に関しては、高効率バックライト、革新的なTFTアレイプロセス技術・製造装置及び低消費電力型の画像処理エンジン等に係る技術を確立する。また、プラズマディスプレイに関しては、超低電圧駆動等に係る技術を確立する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

[iii] 省エネを支えるプロセス基盤技術

(1) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発—うち窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発（運営費交付金）（再掲）

Ⅲ. 情報爆発への対応

ITの利活用による知の創造

- (1) 情報大航海プロジェクト
- (2) ITとサービスの融合による新市場創出促進事業

Ⅳ. 情報システム・ソフトウェアの安全性・信頼性・生産性の向上とオープンスタンダードの普及推進

- (1) セキュアプラットフォームプロジェクト
- (2) 産学連携ソフトウェア工学の実践（運営費交付金を含む）
- (3) オープンソフトウェア利用促進事業（運営費交付金）
- (4) IT投資効率向上のための共通基盤開発プロジェクト
- (5) ITSの規格化事業（第2フェーズ）

5. 政策目標の実現に向けた環境整備

【法律】

- ・ 情報処理の進行を目的に、昭和45年に情報処理の促進に関する法律が制定。
- ・ 半導体集積回路の回路配置の適正な利用の確保を目的に、昭和63年に半導体集積回路の回路配置に関する法律が制定。

【税制】

- ・ 情報セキュリティ強化を確保しつつ生産性の向上を図るためのIT投資に対し、35%特別償却又は7%税額控除（情報基盤強化税制）。
- ・ ソフトウェアを含む機械装置等に対し、30%特別償却又は7%税額控除（中小企業投資促進税制）。

【国際標準化】

各プロジェクトで得られた成果のうち、標準化すべきものについては、適切な標準化活動（国際規格（ISO/IEC）、日本工業規格（JIS）、その他国際的に認知された標準の提案等）を実施する。特に、産学連携ソフトウェア工学の実践における組込みソフトウェア開発については、国際標準の動向を踏まえた開発を促進することにより、プロジェクトの成果の幅広い普及を促進する。

【関係機関との連携】

各プロジェクトのうち、研究開発を効率的・効果的に推進する観点から関係機関との連携が必要なものについては、これを積極的に行う。

但し、関係機関が行う研究開発等の独自性を妨げるものではない。

【導入普及促進】

成果の普及を図るため、これまでの終了プロジェクトの成果の全部または、一部についてはオープンソースソフトウェアとして公開する。また、高信頼な組込みソフトウェアの開発では、ソフトウェアエンジニアリングセンター（SEC）において提供される各種エンジニアリング手法を開発現場に適用し、当該技術の効果を明らかにしながら開発を進める。

【その他】

・ グラント事業

NEDOの産業技術研究助成事業を活用し、萌芽的・革新的な情報通信関係の技術シーズの発掘を行う。また、ソフトウェア分野の独創的な技術やビジネスシーズを有した人材を発掘する。

・ 事業終了後の連携

産学官連携の研究体制を通して活動を行い、これらの事業の終了後も各分野の研究者・技術者が有機的に連携し、更に新たな研究を作り出す環境を構築する。

・ 人材育成

ハードウェア分野においては、出来る限り大学との連携を重視し、各種フェローシップ制度を活用しつつ、最先端の情報通信基盤研究現場への学生等の参画を推進することにより次世代の研究開発人材の育成を図る。また、ソフトウェア分野における独創的な人材を発掘し、育成するとともに、優秀な人材が集うコミュニティを構築するなど、発掘された人材の才能をさらに伸ばすための取組を進める。

・ 広報／啓発

毎年10月を「情報化月間」としている。

6. 研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金により実施されるもの（事業名に（運営費交付金）と記載したものは、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で、当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

7. 改訂履歴

- (1) 平成12年12月28日付け、情報通信基盤高度化プログラム基本計画を制定。
- (2) 平成14年2月28日付け、情報通信基盤高度化プログラム基本計画及び次世代半導体デバイスプロセス等基盤技術プログラム基本計画を制定。情報通信基盤高度化プログラム基本計画（平成12・12・27工総第12号）は廃止。
- (3) 平成15年1月31日付け、情報通信基盤高度化プログラム基本計画及び次世代半導体デバイスプロセス等基盤技術プログラム基本計画を制定。情報通信基盤高度化プログラム基本計画（平成14・02・25産局第17号）及び次世代半導体デバイスプロセス等基盤技術プログラム基本計画（平成14・02・25産局第18号）は、廃止。
- (4) 平成15年3月10日付け、情報通信基盤高度化プログラム基本計画、次世代半導体デバイスプロセス等基盤技術プログラム基本計画、次世代ディスプレイ技術開発プログラム基本計画及び情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画を制定。情報通信基盤高度化プログラム基本計画（平成15・01・29産局第1号）及び次世代半導体デバイスプロセス等基盤技術プログラム基本計画（平成15・01・29産局第2号）は、廃止。
なお、情報通信機器高度化プログラム基本計画（平成15・01・29産局第1号）及び次世代半導体デバイスプロセス等基盤技術プログラム基本計画（平成15・01・29産局第2号）の一部は、次世代ディスプレイ技術開発プログラム基本計画及び情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画へ移行。
- (5) 平成16年2月3日付け、高度情報通信機器・デバイス基盤プログラム基本計画及び情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画を制定。情報通信機器高度化プログラム基本計画（平成15・03・07産局第14号）、次世代半導体デバイスプロセス等基盤技術プログラム基本計画（平成15・03・07産局第7号）、次世代ディスプレイ技術開発プログラム基本計画（平成15・03・07産局第4号）は、高度情報通信機器・デバイス基盤プログラム基本計画に統合することとし、廃止。また、情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画（平成15・03・07産局第14号）は、廃止。
- (6) 平成17年3月25日付け、高度情報通信機器・デバイス基盤プログラム基本計画を制定。高度情報通信機器・デバイス基盤プログラム基本計画（平成16・02・03産局第1号）は廃止。また、平成17年3月31日付け、情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画を制定。情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画（平成16・02・03産局第2号）は廃止。
- (7) 平成18年3月31日付け、高度情報通信機器・デバイス基盤プログラム基本計画及び情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画を制定。高度情報通信機器・デバイス基盤プログラム基本計画（平成17・03・25産局第7号）及び情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画（平成17・03・25産局第6号）は廃止。
- (8) 平成19年4月2日付け、高度情報通信機器・デバイス基盤プログラム基本計画及び情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画を制定。高度情報通信機器・デバイス基

盤プログラム基本計画（平成18・03・31産局第4号）及び情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画（平成18・03・31産局第5号）は廃止。

- (9) 平成20年4月1日付け、ITイノベーションプログラム基本計画を制定。情報通信機器高度化・デバイス基盤プログラム基本計画（平成19・03・12産局第7号）及び情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画（平成19・03・12産局第8号）は、本プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (9) 平成21年4月1日付け、ITイノベーションプログラム基本計画を制定。ITイノベーションプログラム基本計画（平成20・03・27産局第1号）は、廃止。

エネルギーイノベーションプログラム基本計画

1. 目的

資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。他方、エネルギー技術開発は、長期間を要するとともに大規模投資を伴う一方で将来の不確実性が大きいことから、民間企業が持続的な取組を行うことは必ずしも容易ではない。このため、政府が長期を見据えた将来の技術進展の方向性を示し、官民双方がこの方向性を共有することで、長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。

エネルギー安全保障の確立や、世界全体の温室効果ガスを2050年までに半減するという長期目標を達成するため、以下に政策の柱毎に目的を示す。

1-I. 総合エネルギー効率の向上

1970年代以来、官民をあげて省エネルギーに取り組み、産業構造の転換や新たな製造技術の導入、民生機器の効率改善等により世界最高水準の省エネルギーを達成している。今後、「新・国家エネルギー戦略」に掲げる、2030年までにGDPあたりのエネルギー利用効率を約30%向上を実現していくためには、産業部門はもとより、全部門において、総合エネルギー効率の向上に資する技術開発とその成果の導入を促進する。

1-II. 運輸部門の燃料多様化

ほぼ100%を石油に依存する運輸部門は、わが国エネルギー需給構造上、最も脆弱性が高く、その需給構造の次世代化は、将来に向けた早急な対策が不可欠な課題となっている。

「新・国家エネルギー戦略」に掲げる目標（2030年に向け、運輸部門の石油依存度が80%程度となることを目指す）の実現のためにも、官民が中長期的な展望・方向性を共有しつつ、技術開発と関連施策を推進する。

1-III. 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーは、エネルギー源の多様化や地球温暖化対策の観点から重要である。しかし、現時点では経済性や出力安定性といった普及へ向けての課題が存在する。

そのため、これらの課題解決に向けた技術開発の推進及び新エネルギーの導入促進のための関連施策の実施により、更なる新エネルギーの普及を推進する。

1-IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

原子力発電は供給安定性に優れ、運用時にCO₂を排出しないクリーンなエネルギー源である。安全確保を大前提に核燃料サイクルを含む原子力発電を着実に推進する。

1-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

化石燃料資源の大宗を輸入に依存する我が国にとって、その安定供給の確保は国家安全保障に直結する課題である。このため、石油・天然ガス等の安定供給確保を目指し、我が国企業による資源国における資源開発等に対する支援等の施策を進めるとともに、その有効かつクリーンな利用を図る。

2. 政策的位置付け

○ 低炭素社会づくり行動計画（2008年7月閣議決定）

2008年6月の福田総理（当時）のスピーチ「福田ビジョン」等を受け、我が国が低炭素社会へ移行していくための具体的な道筋を示すため、国全体を低炭素化へ動かす仕組みや革新的な技術開発、国民一人ひとりの行動を促すための取組について策定。

「環境エネルギー技術革新計画」や「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」等に示された革新的技術の開発に5年間で300億ドル程度を投入するという具体的な目標が示された。

○ 環境エネルギー技術革新計画（2008年5月）

温室効果ガスの大幅な削減を目指すだけでなく、エネルギー安全保障、環境と経済の両立、開発途上国への貢献等を考慮し、以下の戦略等を策定。

1. 低炭素社会実現に向けた我が国の技術戦略
2. 国際的な温室効果ガス削減策への貢献策
3. 革新的環境エネルギー技術開発の推進方策

○ Cool Earth—エネルギー革新技術計画（2008年3月）

2007年5月の総理イニシアティブ「クールアース50」を受け、世界全体の温室効果ガスの排出量を現状に比して2050年までに半減するという長期目標を達成するため、エネルギー分野における革新的な技術開発について検討をおこない、21の技術を選定。

○ エネルギー基本計画（2007年3月閣議決定）

重点的に研究開発のための施策を講ずべきエネルギーに関する技術及びその施策として、

1. 総合エネルギー効率の向上に資する技術
2. 原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保に資する技術
3. 運輸部門のエネルギー多様化に資する技術
4. 新エネルギーに関する技術
5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用に資する技術

以上が位置づけられている。

○ 新・国家エネルギー戦略（2006年5月）

世界最先端のエネルギー需給構造の実現を図るため

1. 省エネルギーフロントランナー計画
2. 運輸エネルギーの次世代化計画
3. 新エネルギーイノベーション計画
4. 原子力立国計画

以上の計画が位置づけられている。また、資源外交、エネルギー環境協力の総合的な強化を図るため、「総合資源確保戦略」が位置づけられている。

○ 第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）

国の存立にとって基盤的であり国として取り組むことが不可欠な研究開発課題を重視して研究開発を推進する「推進4分野」であるエネルギー分野、分野別推進戦略（2006年3月総合科学技術会議）における「推進4分野」であるエネルギー分野に位置付けられている。

○ 経済成長戦略大綱（２００６年７月財政・経済一体改革会議）

資源・エネルギー政策の戦略的展開として

1. 省エネルギーフロントランナー計画
2. 次世代自動車・燃料イニシアティブ等による運輸エネルギー次世代化
3. 新エネルギーイノベーション計画
4. 原子力立国計画
5. 資源外交、環境・エネルギー協力等の総合的な強化

以上が位置づけられている。

○ 京都議定書目標達成計画（２００５年４月閣議決定）

「京都議定書の約束を達成するとともに、更に「脱温暖化社会」に向けて長期的・継続的な排出削減を進めるには、究極的には化石燃料への依存を減らすことが必要である。環境と経済の両立を図りつつ、これらの目標を達成するため、省エネルギー、未利用エネルギーの利用等の技術革新を加速し、効率的な機器や先進的なシステムの普及を図り、世界をリードする環境立国を目指す。」とされている。

3. 達成目標

3-I. 総合エネルギー効率の向上

転換部門における「エネルギー転換効率向上」、産業部門における「製造プロセス効率向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」などにより、GDP当たりのエネルギー消費指数を2030年度までに少なくとも30%改善することを目指す。

3-II. 運輸部門の燃料多様化

バイオマス由来燃料、GTL、BTL、CTLなどの新燃料、電気自動車や燃料電池自動車などの導入により、現在ほぼ100%の運輸部門の石油依存度を2030年までに80%程度とすることを目指す。

3-III. 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーの技術開発や燃料電池など革新的なエネルギー高度利用を促進することにより、新エネルギー等の自立的な普及を目指すことで、エネルギー源の多様化及び地球温暖化対策に貢献する。

3-IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

2030年以降においても、発電電力量に占める比率を30～40%程度以上とすることを目指すため、高速増殖炉サイクルの早期実用化、既設軽水炉代替へ対応する次世代軽水炉の開発、軽水炉技術を前提とした核燃料サイクルの確立、放射性廃棄物対策などの技術開発を推進する。

3-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

石油・天然ガスの化石燃料の安定供給確保を目指し、資源獲得能力の強化に資する先端的な技術開発を推進するとともに、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指す。

4. 研究開発内容

4-I. 総合エネルギー効率の向上

4-I-i. 共通

- (1) 省エネルギー革新技术開発事業（運営費交付金）
- (2) エネルギー使用合理化産業技術研究助成事業（運営費交付金）
- (3) 新エネルギー技術実用化補助事業（運営費交付金）（4-III-i 参照）
- (4) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業（運営費交付金）（4-III-i 参照）

4-I-ii. 超燃焼システム技術

- (1) 環境調和型製鉄プロセス技術開発（運営費交付金）（再掲）
- (2) 資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発（運営費交付金）
- (3) 革新的ガラス熔融プロセス技術開発（運営費交付金）
- (4) 革新的マイクロ反応場利用部材技術開発（運営費交付金）
- (5) 鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発（運営費交付金）
- (6) 希少金属等高効率回収システム開発
- (7) 低品位鉱石・難処理鉱石に対応した革新的製錬プロセス技術の研究開発
- (8) 環境調和型水循環技術開発
- (9) 微生物機能を活用した環境調和型製造基盤技術開発
- (10) 省エネルギー型化学技術創成研究開発補助事業
- (11) エネルギー使用合理化繊維関連次世代技術開発
- (12) 高効率ガスタービン実用化技術開発
- (13) エネルギー使用合理化高効率パルプ工程技术開発（運営費交付金）
- (14) 革新的省エネセラミックス製造技術開発（運営費交付金）
- (15) 発電プラント用超高純度金属材料開発（運営費交付金）（4-IV-v 参照）
- (16) 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発（4-V-iv 参照）
- (17) 噴流床石炭ガス化発電プラント開発（4-V-iv 参照）
- (18) 石油精製高度機能融合技術開発（4-V-ii 参照）

4-I-iii. 時空を超えたエネルギー利用技術

- (1) カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト（運営費交付金）
- (2) イットリウム系超電導電力機器技術開発（運営費交付金）（4-IV-iv 参照）
- (3) 高温超電導電力ケーブル実証プロジェクト（運営費交付金）（4-IV-iv 参照）
- (4) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (5) 燃料電池先端科学研究（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (6) 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (7) 水素貯蔵材料先端基礎研究事業（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (8) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (9) 固体酸化物形燃料電池実証研究（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (10) 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証事業（運営費交付金）（4-IV-v 参照）
- (11) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発（運営費交付金）（4-IV-v 参照）
- (12) 革新型蓄電池先端科学基礎研究（運営費交付金）（4-III-iii 参照）

4-I-iv. 省エネ型情報生活空間創生技術

(1) グリーンITプロジェクト (運営費交付金)

本プロジェクト

(2) 次世代高効率ネットワークデバイス技術開発 (運営費交付金)

(3) 次世代大型低消費電力ディスプレイ基盤技術開発 (運営費交付金)

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、次世代の大型液晶及び大型プラズマディスプレイに関する低消費電力ディスプレイを実現するための研究開発を行う。

②技術的目標及び達成時期

2011年度までに、液晶に関しては、高効率バックライト、革新的なTFTアレイプロセス技術・製造装置及び低消費電力型の画像処理エンジン等に係る技術を確立する。また、プラズマディスプレイに関しては、超低電圧駆動等に係る技術を確立する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(4) 有機発光機構を用いた高効率照明の開発 (運営費交付金)

(5) マルチセラミックス膜新断熱材料の開発 (運営費交付金)

(6) 超フレキシブルディスプレイ部材技術開発 (運営費交付金)

(7) 低損失オプティカル新機能部材技術開発 (運営費交付金)

(8) 次世代光波制御材料・素子化技術 (運営費交付金)

(9) 次世代高効率エネルギー利用型住宅システム技術開発・実証事業 (運営費交付金)

4-I-v. 先進交通社会確立技術

(1) エネルギーITS (運営費交付金)

(2) サステナブルハイパーコンポジット技術の開発 (運営費交付金)

(3) 次世代構造部材創製・加工技術開発 (次世代航空機用)

(4) 環境適応型小型航空機用エンジン研究開発 (運営費交付金)

(5) 省エネ用炭素繊維複合材技術開発

(6) 燃料電池システム等実証研究 (運営費交付金) (4-III-v参照)

(7) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発 (運営費交付金) (4-IV-v参照)

4-I-vi. 次世代省エネデバイス技術

(1) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 ーうち窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発 (運営費交付金)

(2) 次世代低消費電力半導体基盤技術開発 (MIRAI) (運営費交付金)

(3) 半導体アプリケーションチッププロジェクト (運営費交付金)

(4) 次世代プロセスフレンドリー設計技術開発 (運営費交付金)

(5) 半導体機能性材料の高度評価基盤開発 (運営費交付金)

4-I-vii. その他

- (1) 次世代構造部材創製・加工技術開発（次世代衛星基盤）

4-II. 運輸部門の燃料多様化

4-II-i. 共通

- (1) 新エネルギー技術実用化補助事業（運営費交付金）（4-III-i 参照）
- (2) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業（運営費交付金）（4-III-i 参照）

4-II-ii. バイオマス由来燃料

- (1) 新エネルギー技術研究開発（運営費交付金）（4-III-iv 参照）
- (2) E3地域流通スタンダードモデル（運営費交付金）（4-III-iv 参照）
- (3) バイオマス等未活用エネルギー実証事業（運営費交付金）（4-III-iv 参照）
- (4) バイオマスエネルギー地域システム化実験事業（運営費交付金）（4-III-iv 参照）
- (5) セルロース系エタノール革新的生産システム開発（運営費交付金）（4-III-iv 参照）

4-II-iii. GTL等の合成液体燃料

- (1) 天然ガスの液体燃料化（GTL）技術実証研究（運営費交付金）（4-V-ii 参照）

4-II-iv. 燃料電池自動車および水素関連技術

- (1) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (2) 燃料電池先端科学研究（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (3) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (4) 水素貯蔵材料先端基盤研究事業（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (5) 水素社会構築共通基盤整備事業（運営費交付金）（4-III-v 参照）
- (6) 燃料電池システム等実証研究（4-III-v 参照）

4-II-v. 電気自動車

- (1) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発（運営費交付金）（4-IV-v 参照）
- (2) 革新型蓄電池先端科学基礎研究（運営費交付金）（4-III-iii 参照）

4-III. 新エネルギー等の開発・導入促進

4-III-i. 共通

- (1) 新エネルギー技術研究開発（運営費交付金）
- (2) 新エネルギー技術フィールドテスト事業（運営費交付金）
- (3) 新エネルギー技術実用化補助金（運営費交付金）
- (4) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業（運営費交付金）

4-III-ii. 太陽・風力

- (1) 太陽光発電無線送受電技術の研究開発

4-III-iii. 電力系統制御・電力貯蔵

- (1) 革新型蓄電池先端科学基礎研究（運営費交付金）
- (2) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発（運営費交付金）（4-IV-v参照）
- (3) 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証事業（運営費交付金）（4-IV-v参照）

4-III-iv. バイオマス・廃棄物・地熱等

- (1) E3地域流通スタンダードモデル創成事業（運営費交付金）
- (2) バイオマス等未活用エネルギー実証事業（運営費交付金）
- (3) バイオマスエネルギー地域システム化実験事業（運営費交付金）
- (4) セルロース系エタノール革新的生産システム開発（運営費交付金）

4-III-v. 燃料電池

- (1) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発（運営費交付金）
- (2) 燃料電池先端科学研究（運営費交付金）
- (3) 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発（運営費交付金）
- (4) セラミックリアクター開発（運営費交付金）
- (5) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発（運営費交付金）
- (6) 水素貯蔵材料先端基盤研究事業（運営費交付金）
- (7) 水素先端科学基礎研究事業（運営費交付金）
- (8) 水素社会構築共通基盤整備事業（運営費交付金）
- (9) 固体酸化物形燃料電池実証研究（運営費交付金）
- (10) 燃料電池システム等実証研究（運営費交付金）
- (11) 将来型燃料高度利用技術開発（4-V-ii参照）

4-IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

4-IV-i. 軽水炉・軽水炉核燃料サイクル

<新型軽水炉>

- (1) 次世代軽水炉等技術開発

<軽水炉使用済燃料再処理技術の高度化>

- (2) 使用済燃料再処理事業高度化

<プルサーマルの推進>

- (3) 全炉心混合酸化物燃料原子炉施設技術開発

<軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの円滑な移行のための技術開発>

- (4) 高速炉再処理回収ウラン等除染技術開発

<ウラン濃縮技術の高度化>

- (5) 遠心法ウラン濃縮技術開発

<回収ウラン>

- (6) 回収ウラン利用技術開発

<共通基盤技術開発>

- (7) 革新的実用原子力技術開発

4-IV-ii. 高速増殖炉（FBR）サイクル

- (1) 発電用新型炉等技術開発
(2) 高速炉再処理回収ウラン等除染技術開発（4-IV-i 参照）

4-IV-iii. 放射性廃棄物処理処分

- (1) 地層処分技術開発
(2) 管理型処分技術開発
(3) 放射性廃棄物共通技術開発

4-IV-iv. 原子力利用推進に資する電力系統技術

- (1) イットリウム系超電導電力機器技術開発（運営費交付金）
(2) 高温超電導ケーブル実証プロジェクト（運営費交付金）

4-IV-v. その他電力供給安定化技術

- (1) 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証事業（運営費交付金）
(2) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発（運営費交付金）
(3) 発電プラント用超高純度金属材料の開発（運営費交付金）

4-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

4-V-i. 石油・天然ガス・石炭の探鉱・開発・生産技術

- (1) 石油・天然ガス開発・利用促進型大型／特別研究（運営費交付金）
(2) 石炭生産技術開発
(3) 石油精製物質等簡易有害性評価手法開発（運営費交付金）
(4) 石油資源遠隔探知技術の研究開発
(5) ハイパースペクトルセンサ等の研究開発（運営費交付金）
(6) 次世代合成開口レーダ等の研究開発
(7) 極軌道プラットフォーム搭載用資源探査観測システムの研究開発

4-V-ii. 石油・天然ガスの有効利用技術

- (1) 石油燃料次世代環境対策技術開発
(2) 石油精製高度機能融合技術開発
(3) 将来型燃料高度利用技術開発
(4) 革新的次世代石油精製等技術開発
(5) 次世代高信頼性ガスセンサー技術開発
(6) 天然ガスの液体燃料化（GTL）技術実証研究（運営費交付金）
(7) 石油・天然ガス開発・利用促進型大型／特別研究（運営費交付金）（4-V-i 参照）
(8) 高効率ガスタービン実用化技術開発（4-I-ii 参照）

4-V-iii. オイルサンド等非在来化石資源の利用技術

- (1) メタンハイドレート開発促進委託費
- (2) 革新的次世代石油精製等技術開発 (4-V-ii 参照)

4-V-iv. 石炭クリーン利用技術

- (1) 革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト
- (2) 国際革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト補助金
- (3) 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発費補助金
- (4) 石炭利用技術開発 (一部、運営費交付金) (クリーン・コール・テクノロジーの研究開発の一部)
- (5) 噴流床石炭ガス化発電プラント開発費補助金
- (6) 資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発 (運営費交付金) (4-I-ii 参照)

4-V-v. その他共通

- (1) 新エネルギー技術実用化補助事業 (運営費交付金) (4-III-i 参照)
- (2) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業 (運営費交付金) (4-III-i 参照)
- (3) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発 (運営費交付金) (4-III-v 参照)
- (4) 燃料電池先端科学研究 (運営費交付金) (4-III-v 参照)
- (5) 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発 (運営費交付金) (4-III-v 参照)
- (6) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発 (運営費交付金) (4-III-v 参照)
- (7) 水素貯蔵材料先端基盤研究 (運営費交付金) (4-III-v 参照)
- (8) 水素社会構築共通基盤整備事業 (運営費交付金) (4-III-v 参照)
- (9) 水素先端科学基礎研究事業 (運営費交付金) (4-III-v 参照)
- (10) 固体酸化物形燃料電池実証研究 (運営費交付金) (4-III-v 参照)
- (11) 燃料電池システム等実証研究 (運営費交付金) (4-III-v 参照)

5. 政策目標の実現に向けた環境整備 (成果の実用化、導入普及に向けた取組)

5-I. 総合エネルギー効率の向上

- 事業者単位の規制体系の導入
- 住宅・建築物に係る省エネルギー対策の強化
- セクター別ベンチマークアプローチの導入と初期需要創出 (高効率機器の導入補助等)
- トップランナー基準の対象機器の拡充等
- アジアにおける省エネルギー対策の推進を通じた我が国の国際競争力の向上
- 国民の省エネルギー意識の高まりに向けた取組

5-II. 運輸部門の燃料多様化

- 公共的車両への積極的導入
- 燃費基準の策定・改定
- アジアにおける新エネルギー協力
- 国際標準化による国際競争力向上

5-III. 新エネルギー等の開発・導入促進

- 補助金等による導入支援

- 新エネルギーベンチャービジネスに対する支援の拡大
- 新エネルギー産業構造の形成
- 電気事業制度・ガス事業制度の在り方の検討

5-IV. 原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保

- 電力自由化環境下での原子力発電の新・増設の実現
- 資源確保戦略の展開
- 次世代を支える人材育成
- 中小型炉の海外市場への展開、我が国原子力産業の国際展開支援
- 原子力発電拡大と核不拡散の両立に向けた国際的枠組み作りへの積極的関与
- 国と地域の信頼強化

5-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

- 資源国等との総合的な関係強化（研究開発の推進・協力、人材育成・技術移転、経済関係強化など）
- 化石燃料のクリーンな利用の開拓

6. 研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金による実施されるもの（事業名に（運営費交付金）と記載したものは、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

また、事業名に（採択テーマ）と記載された事業は、提案公募事業により採択されたテーマを記載したものであり、その採択や評価等は、提案公募事業の実施機関の責任の下、実施されるものである。

7. 改訂履歴

- (1) 平成16年7月7日付け、省エネルギー技術開発プログラム基本計画、新エネルギー技術開発プログラム基本計画、燃料技術開発プログラム基本計画、電力技術開発プログラム基本計画、原子力技術開発プログラム基本計画制定。固体高分子形燃料電池／水素エネルギー利用プログラム基本計画（平成16・02・03産局第6号）は、新エネルギー技術開発プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (2) 平成17年3月31日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第8号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第10号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第12号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第11号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第13号）は、廃止。
- (3) 平成18年3月31日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第14号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第9号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第17号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第12号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第13号）は、廃止。また、次世代低公害車技術開発プログラム基本計画（平成17・03・29産局第2号）は、省エネルギー技術開発プログラム基本計画及び燃料技術開発プログラム基本計

画に統合することとし、廃止。

- (4) 平成19年4月2日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成17・03・31産局第19号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第15号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第18号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第17号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第16号）は、廃止。
- (5) 平成20年4月1日付け、エネルギーイノベーションプログラム基本計画制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成19・03・26産局第1号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成19・03・20産局第4号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成19・03・19産局第7号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成19・03・16産局第3号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成19・03・23産局第2号）は、本プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (6) 平成21年4月1日付け制定。エネルギーイノベーションプログラム基本計画（平成20・03・25産局第5号）は廃止。

(C) 技術戦略マップ (分野別技術ロードマップ)

技術戦略マップ³は、新産業を創造していくために必要な技術目標や製品・サービス・コンテンツの需要を創造するための方策を示したものであり、経済産業省およびNEDOが、産学官の専門家の英知を結集してとりまとめたものである。

ネットワークは、膨大な量の情報を瞬時に目的地に伝送させることが求められており、ルータの高速化・大容量化、光ファイバー等の伝送路技術、伝送方式、省エネ技術が重要である。今後、動画像の送配信や各種IT サービスが普及し、社会で扱う情報量は2025年には現在の約200倍になるとの試算もある。これに対応するため、情報を処理する機器の台数が大幅に増加するとともに、各機器の情報処理量も急増しており、その消費電力量も2025年には現在の5倍となるとも予測されている。このように、ネットワーク技術は、高速性、大容量性、安全性に加え、この省エネ対策技術を確立することが必須となっている。

こうした社会背景から研究開発の推進については、開発目標を戦略的に設定するとともに、効率的な研究開発体制の構築が重要である。情報量の膨大な増加と消費電力の増加に対処するため、10Tbps超級のエッジルータ実現のための光デバイスの開発等を行う次世代高効率ネットワーク先端技術開発(2007～2011年度)を進めており、更に、2008年度から「グリーンITプロジェクト」(データ最適配分型革新ルータ技術等)を開始している。

また技術開発に伴うリスクが大きく、企業単体で取り組むことが難しいもの、産学官の連携体制で取り組むことによって、開発が速まり、国際競争上の優位性が期待されるものなどについては、重要技術と整理している。

ネットワーク分野の導入シナリオ、技術マップ、本プロジェクトの関連する主なロードマップをそれぞれ次に示す。

³ 技術戦略マップ: http://www.nedo.go.jp/activities/EF_00517.html

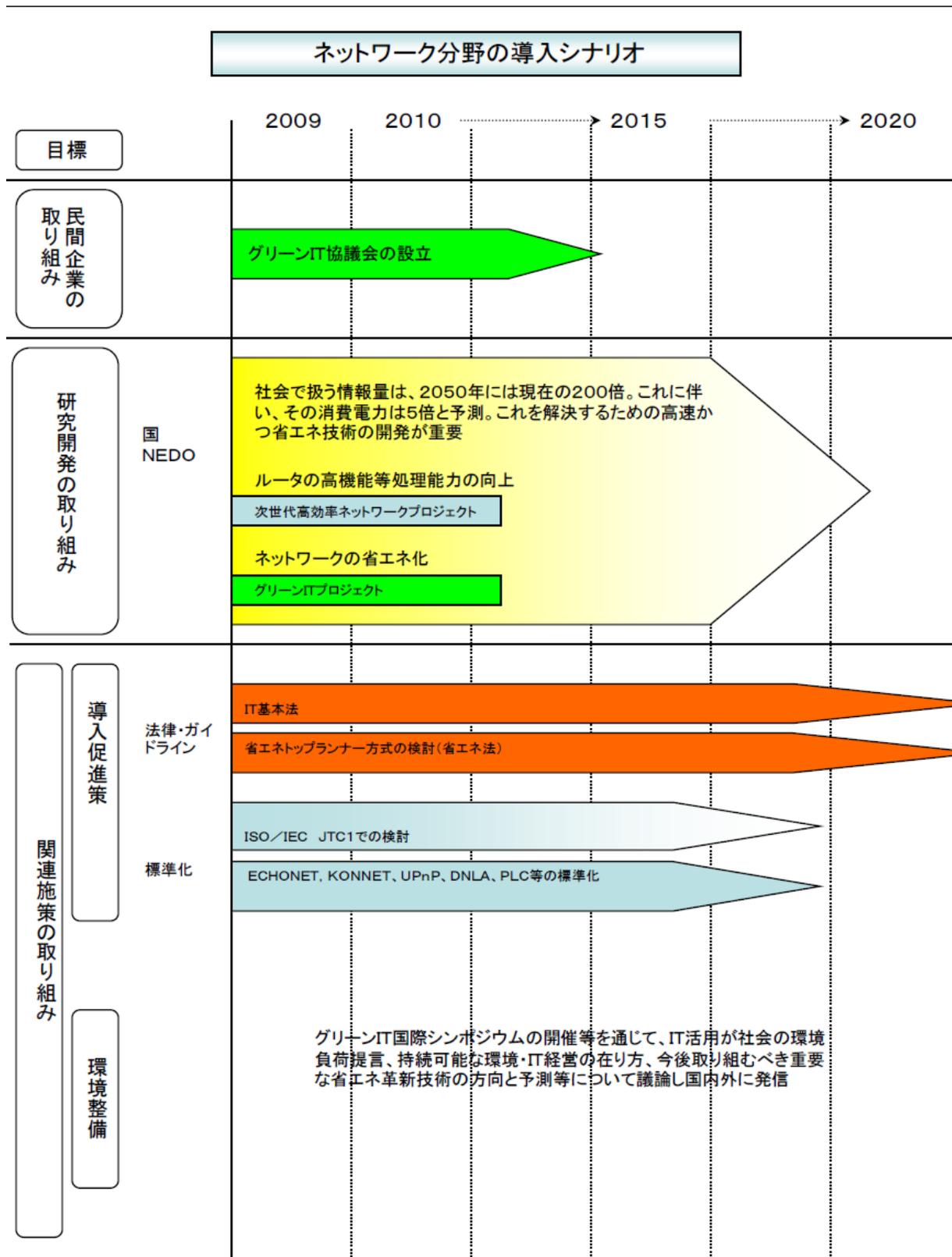
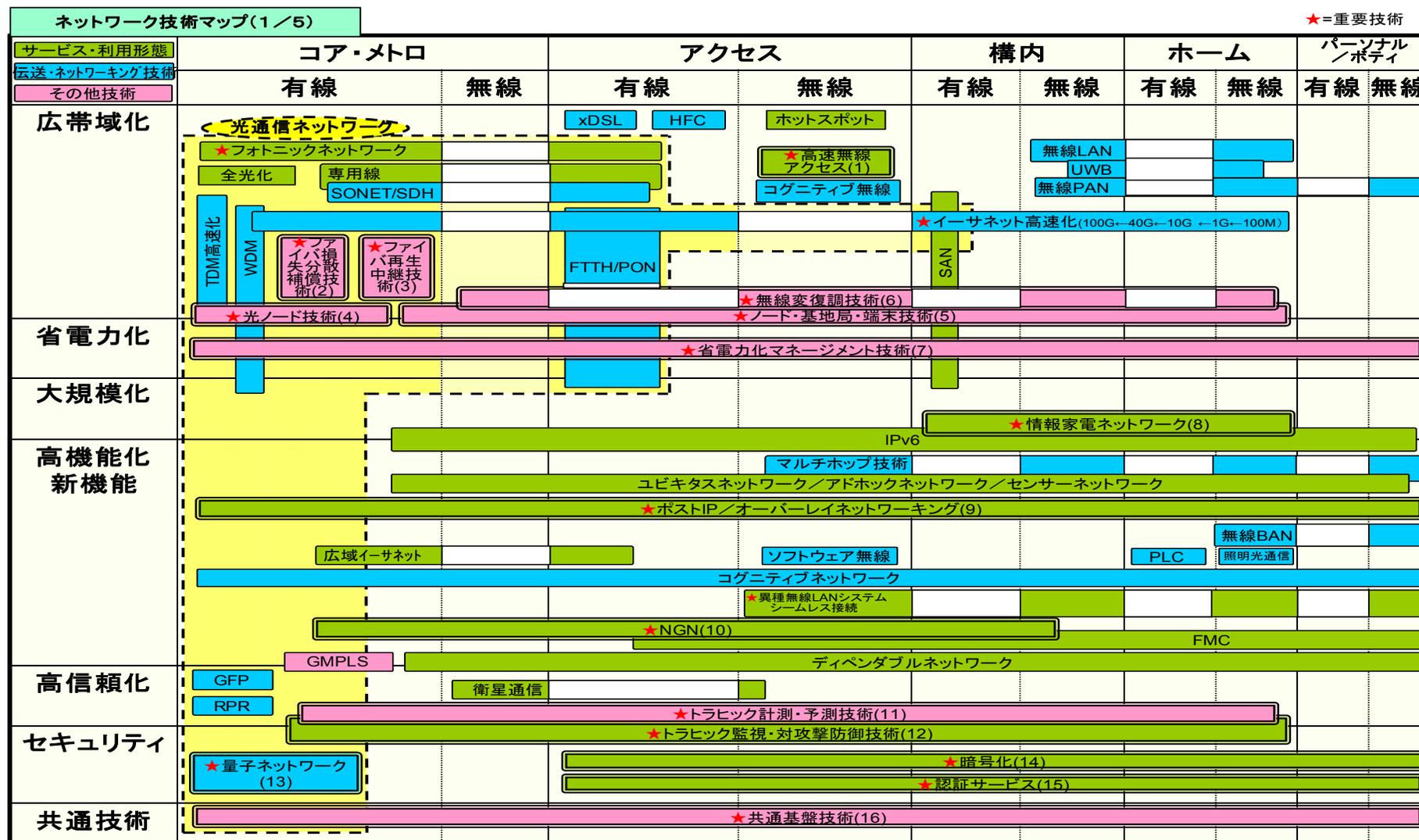
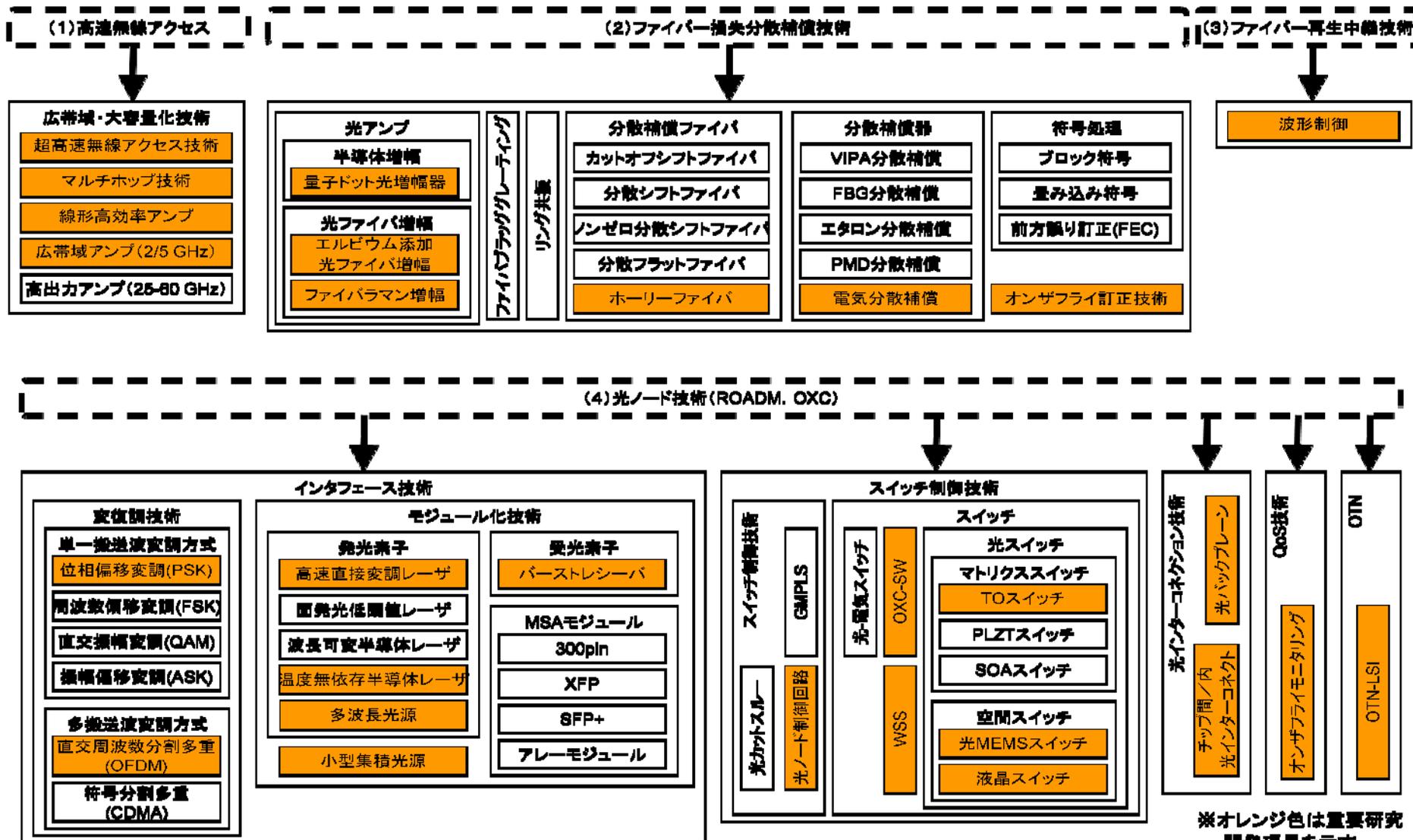


図 ネットワーク分野におけるルータの……技術の位置付け

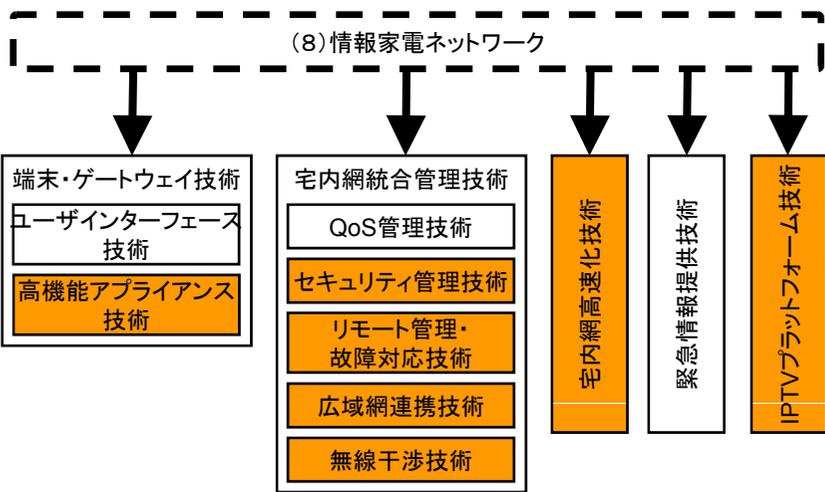
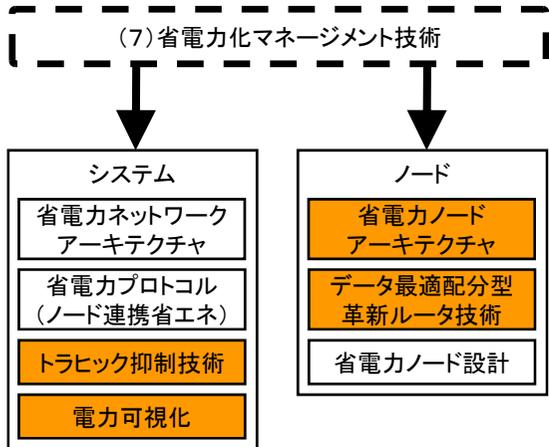
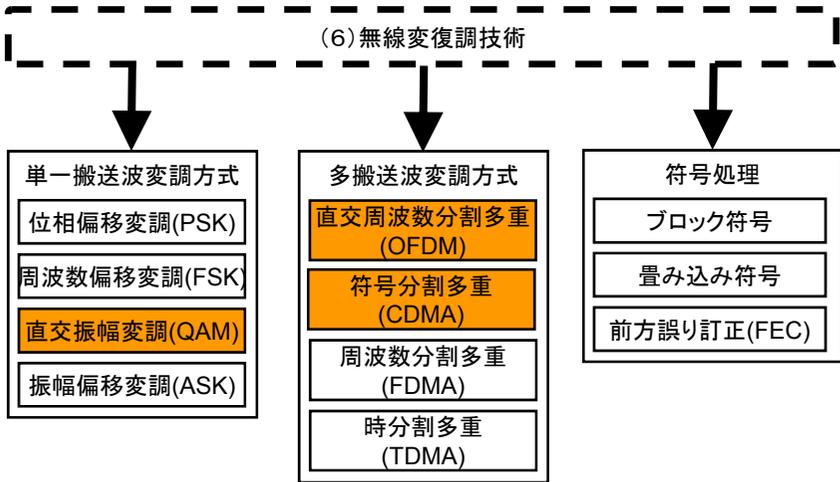
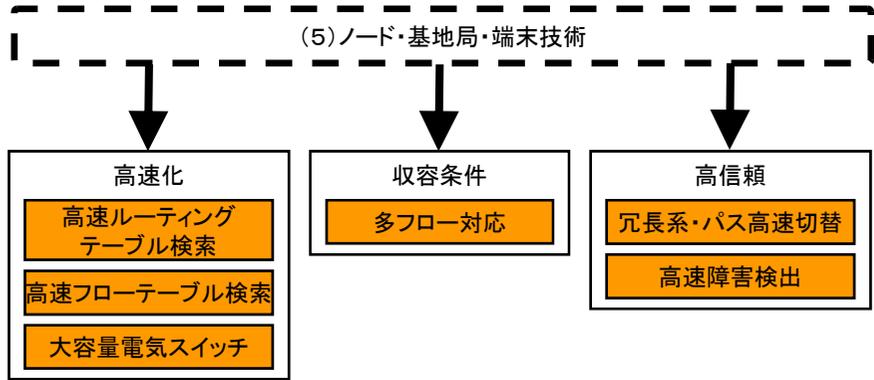


(C) 技術戦略マップ-3

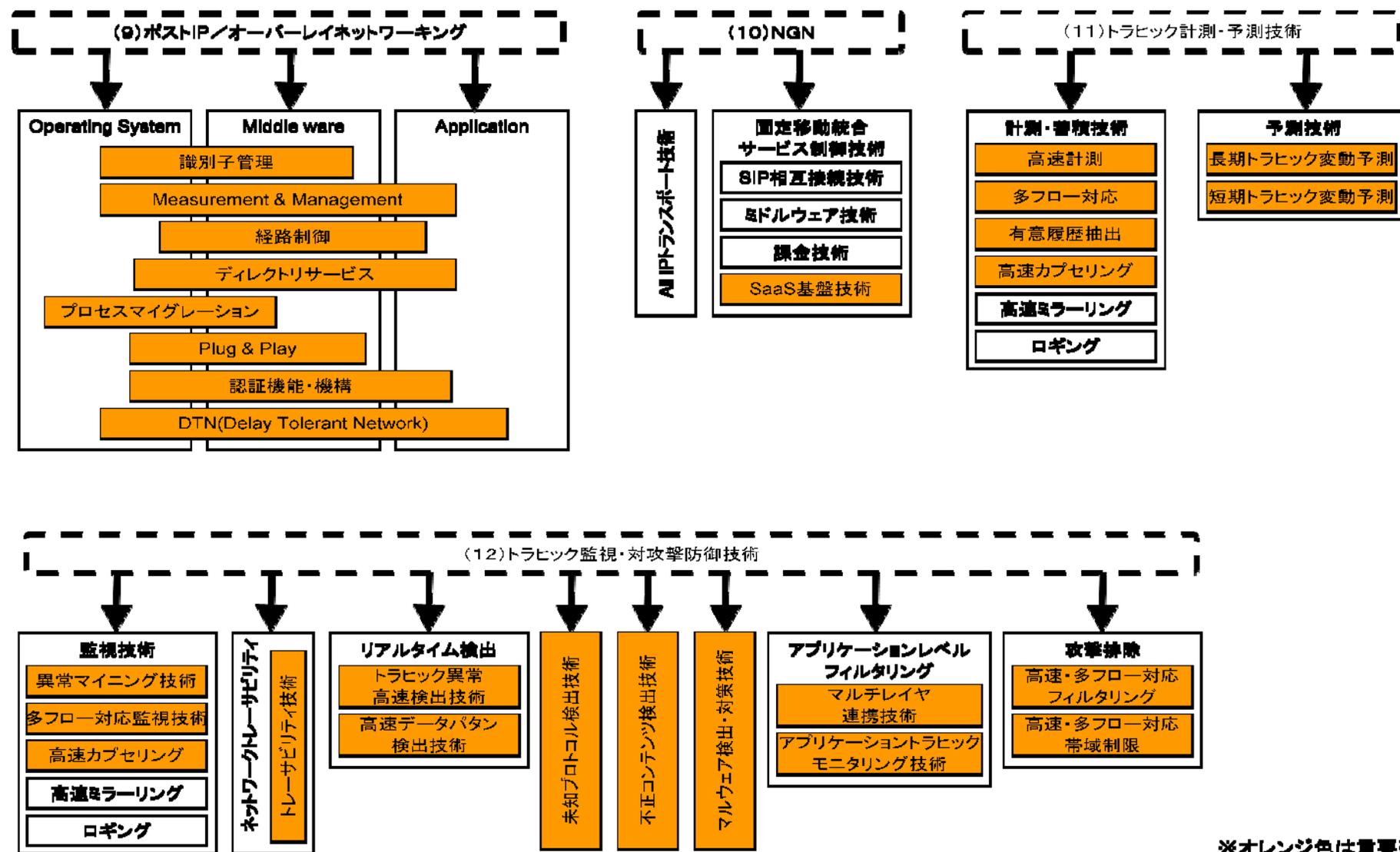


(C) 技術戦略マップ-4

ネットワーク技術マップ(3/5)



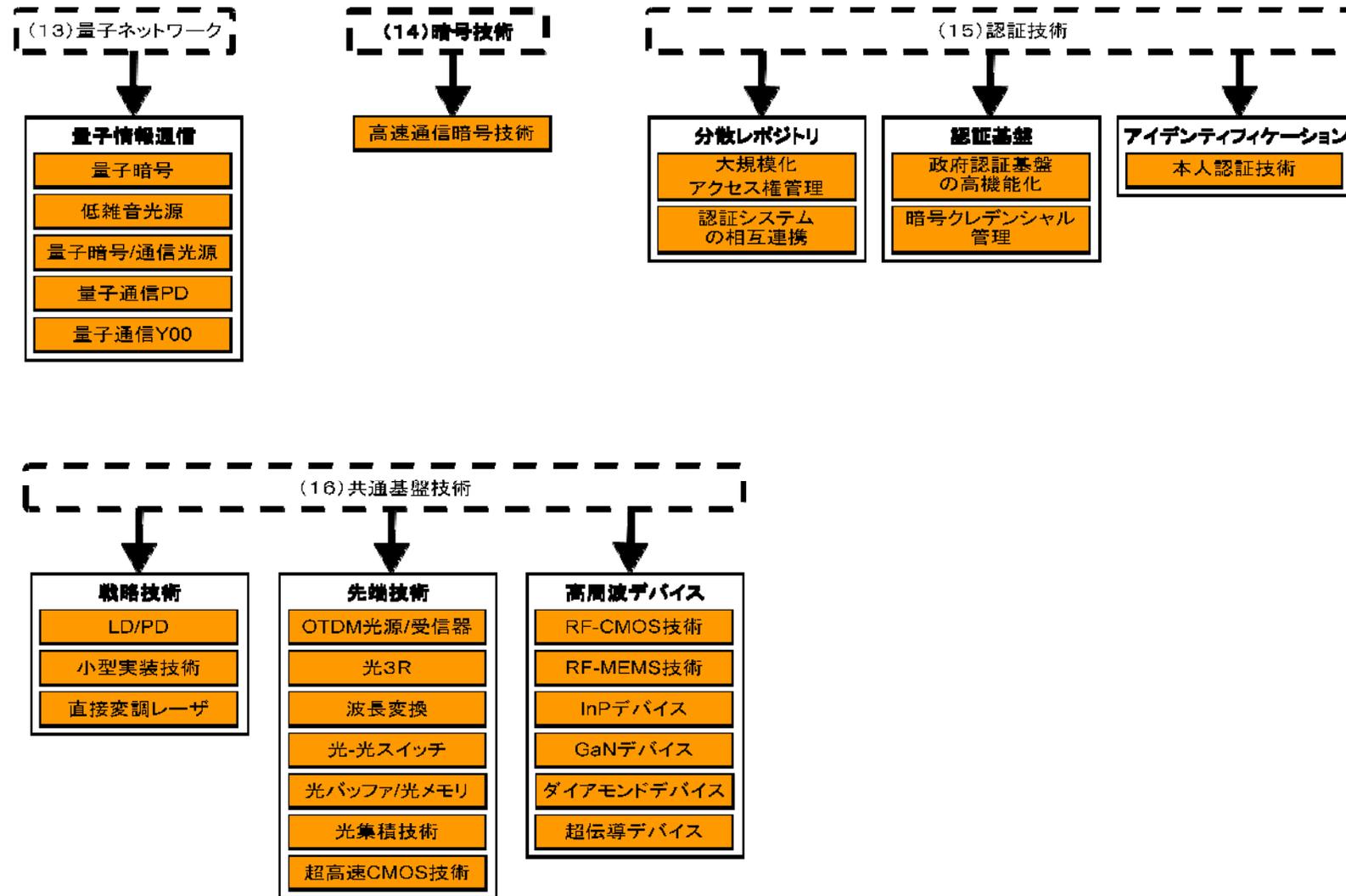
※オレンジ色は重要研究開発項目を示す。



※オレンジ色は重要研究開発項目を示す。

(C) 技術戦略マップ-6

技術マップ 5 / 5



※オレンジ色は重要研究開発項目を示す。

(C) 技術戦略マップー7

ローマップ抜粋 1

ネットワーク分野の技術ロードマップ 2009年版



(C) 技術戦略マップ-8

ロードマップ抜粋 2

ネットワーク分野の技術ロードマップ 2009年版

技術分野	分野構造		評価パラメータ	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
省電力コアノード技術	システム	省電力ネットワークアーキテクチャ	省電力ネットワーク技術		電力最小化バス選択		通信品質クラス考慮のバス選択						
		省電力プロトコル(ノード連携省エネ)	省電力プロトコル技術		LPI(Low Power Idle)-EEE IEEE802.3az (無通信時電源供給断)		Energy Efficient Ethernet		RPS(Rapid PHY Selection)-EEE (ミリ秒単位のPHY速度切替)				
		トラフィック抑制技術	トラフィック抑制技術	違反トラフィック、悪意トラフィック抑制	トラフィック圧縮・非圧縮								
		電力化可視化	可視化技術		長期トラフィック変動の可視化		短期トラフィック変動の可視化		複数ネットワークの短期トラフィック変動の可視化				
	ノード	省電力化技術	省電力化技術	マルチエンジン動的制御	マルチ(2~4)エンジン動的制御		マルチ(5~16)エンジン動的制御						
			省電力ノードアーキテクチャ	電気信号バックプレーン技術(レーンあたりのSerDes速度)	6.25Gbps	10Gbps	25Gbps						
			光信号バックプレーン/インタコネクタ技術(レーンあたりの速度)	10Gbps	25G~40Gbps	100Gbps	400Gbps						
		データ最適配分型基幹ルータ技術	データ配置技術	コンテンツキャッシュ制御	アプリ分散制御		アプリ分散制御		アプリ分散制御				
		省電力ノード設計	電源技術	静的電源制御	動的電源制御		動的電源制御		バックバイアス電源制御				

ロードマップ抜粋 3

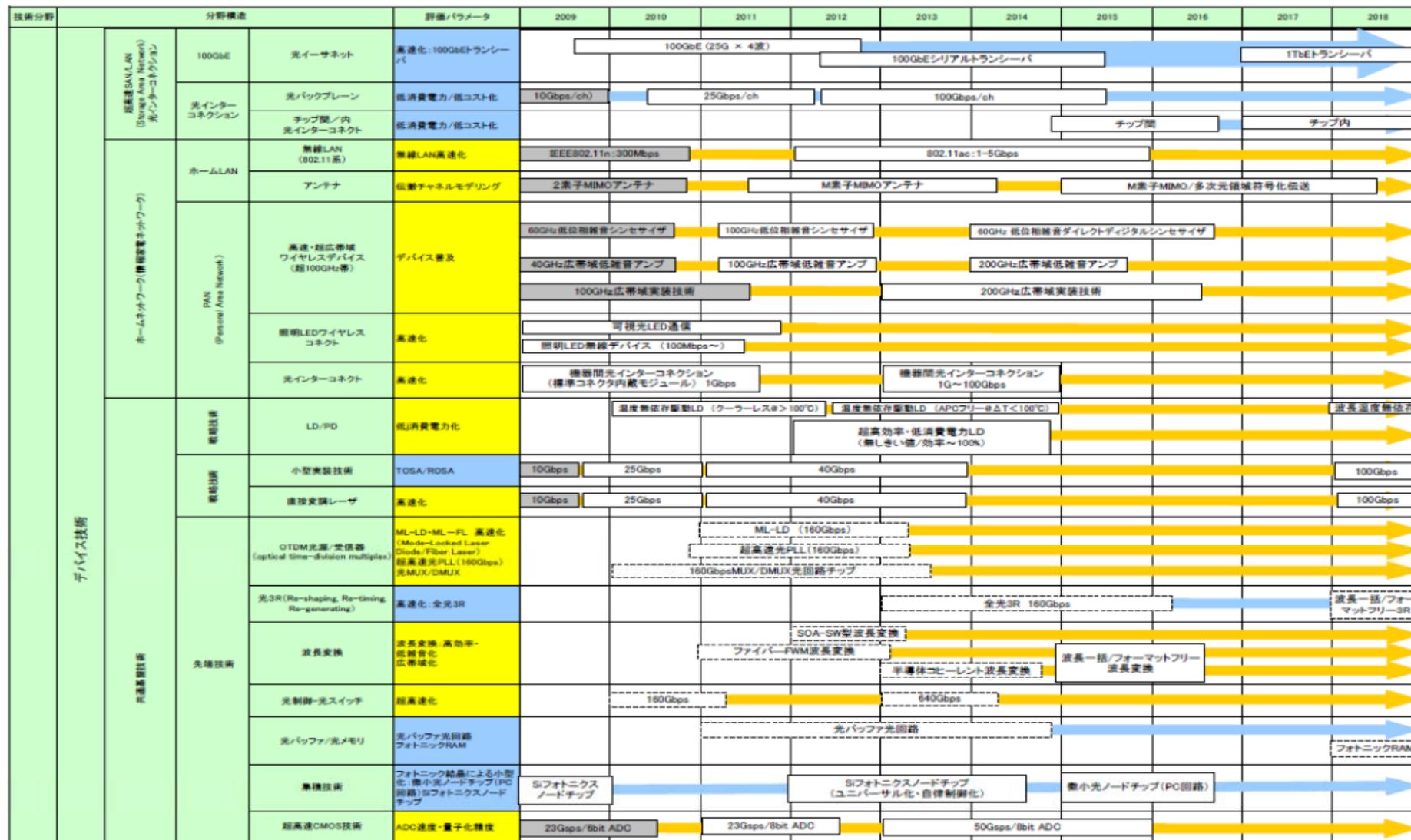
ネットワーク分野の技術ロードマップ 2009年版

技術分野	分野構造		評価パラメータ	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
コア・ホロ 伝送技術	分岐増幅技術	光分岐増幅 (マクドナルド)	延長分岐増幅距離	WDM可変分岐増幅				WDM適応分岐増幅						
			電気分岐増幅 (ソグママクドナルド)	高速デジタルLSI化 多線変調波対応化 低消費電力化		ベクトル 可変分岐増幅			ベクトル 適応分岐増幅					
		光アンプ (xDFA/ SOA)	高速低遅延LSI化	連続符号化/軟判定					連続符号化(LDPC/RS)/軟判定					
			エルビウム添加光ファイバ増幅器 広帯域化: 低雑音化: 低消費電力化:	エルビウム添加光ファイバ増幅器 パースト対応			E+S+O+Lバンド対応(希土類)							
		光ファイバ	半導体光増幅器 広帯域化: 低雑音化: 低消費電力化:	ファイバラマン増幅器						半導体光増幅器				
			量子ドット光増幅器							量子ドット光増幅器				
	再生中継技術	分岐増幅技術	高パワー化 高帯域化 低損失化 低分散化 低非線形化・高非線形化	カットオフシフトファイバ 分散シフトファイバ マルチモード伝送ファイバ 分散フラットファイバ ホーリーファイバ				多心ファイバ マルチモード伝送ファイバ 超高非線形ファイバ						単一偏波ファイバ 超低分散ファイバ ハイパワーファイバ
			変形制御	3R小型化/デジタルLSI化		40G/100G 3R					WDM対応3R			
			変復調技術	屈折率利用効率 PAPR抑圧		LTE OFDM/SC-FDMA/MBMO		4G VSF-Spread OFDM/MBMO			PAPR抑圧OFDM			
			FEC技術	量子化精度 冗長長		連続符号化/軟判定			連続符号化(LDPC/RS)/軟判定					
			LD/PO	WDM対応					WDM光アクセス・デバイス (LD/PO/フィルタ)					
			集積トランシーバ	集積・低消費電力化 高速化	小型集積トランシーバ(10Gbps)			小型集積トランシーバ(10Gbps)			集積ONUチップ			
	デバイス技術	光アクセス	ONU (Optical Network Unit)	長距離・広域化 集積化 拡張機能集積	長距離ONU (>20km)			長距離(>50km) ONU		長距離(>100km) ONU				
			フレキシブル配線用ファイバ	高曲率化	宅内フレキシブル配線 (r<1cm)				ブロードキャスト対応ONU					
			無線アクセス	2/5GHzアンプ	広帯域化	ワンチップ 2/5GHz 高出力アンプ (50-100W)			ワンチップ 2/5GHz 線形高効率アンプ (50W)					
		無線アクセス	25-60GHzアンプ	大容量化	25-60GHz 高出力アンプ				25-60GHz高効率アンプ					
			超高速無線アクセス技術	多チャンネル化 屈折率利用効率	120G帯ASK変調 10Gbps				120G帯QPSK変調 10Gbps			120G帯16QAM変調 10Gbps		

(C) 技術戦略マップ-10

ロードマップ抜粋 4

ネットワーク分野の技術ロードマップ 2009年版



(C) 技術戦略マップー11

(D) NEDO POST および事前評価書

NEDO POST⁴とは、NEDOが新規に研究開発プロジェクトを開始するにあたって、プロジェクト案の概要を示し、ウェブを活用して広くパブリック・コメントを集める手段であり、その結果をプロジェクト検討に役立てることによって、より社会のニーズに適合したプロジェクトを効率的に実施するためのコミュニケーション・ツールである。図のように、3つのフェーズごとに意見収集を行い、プロジェクト基本計画の策定などに利用している。

事前評価書は、新規に事業を開始する際に事業の推進部自らが、別途定められた評価項目・基準によって評価するものである。これによって、事業目的、目標設定根拠の明確化、実施内容の重複排除等を行い、事業の効率的かつ効果的な実施を行っている。本プロジェクト立ち上げにあたって公開されたNEDO POSTおよび事前評価書を次ページ以降に示す。

<NEDO POST1>

NEDO の新規研究開発プロジェクトに関して、主にプロジェクト実施の必要性、有効性の観点からのご意見を求める。

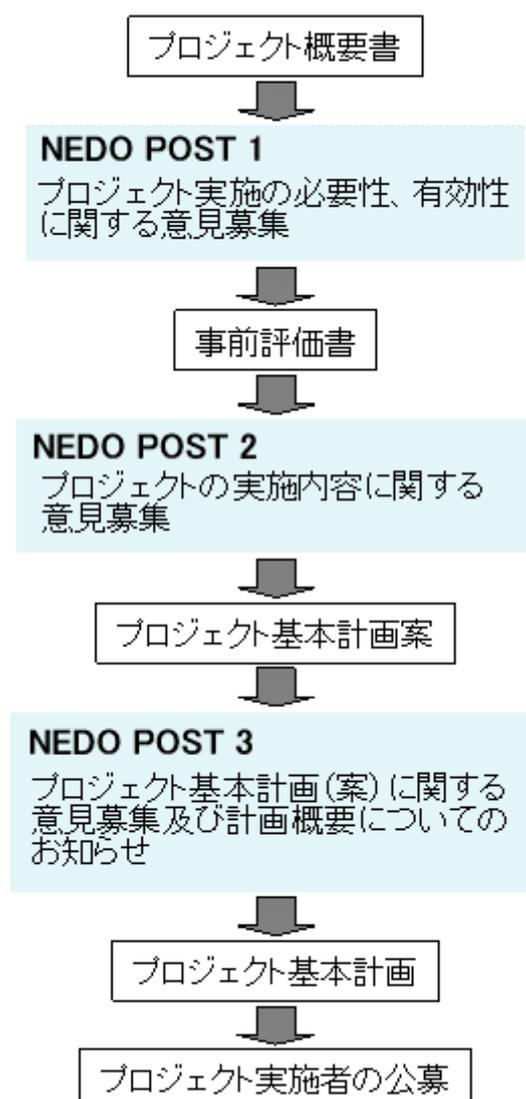
<NEDO POST2>

NEDO の新規研究開発プロジェクトに関して、主にプロジェクトの実施内容についてご意見を求める。

<NEDO POST3>

NEDO の新規/拡充研究開発プロジェクトの基本計画（案）を提示してパブリック・コメントを求め、かつ公募に先立って計画の概要をお知らせする。

NEDO POST実施の概略



⁴ NEDOPOST: <http://www.nedo.go.jp/nedopost/index.html>



NEDO
技術開発機構

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

サイト内検索 検索GO

[ホーム](#) [サイトマップ](#) [English](#)

You are here ▶ HOME > 表示中のページ

NEDO POST

平成19年度新規/拡充プロジェクト(案)に対する意見募集について = NEDO POST1 =

NEDO技術開発機構は、平成19年度に新たに開始予定の研究開発プロジェクトについて、広く国民、事業者等の皆さまからのご意見等を頂いて計画に反映すべく、ウェブサイト上でご意見、情報を募集する「NEDO POST」を開催いたします。

お寄せ頂いたご意見等については、機構内で検討の上、プロジェクトの方針決定に活用させていただきます。また、さらに詳細が必要と考えられるものにつきましては、今後に予定されるワークショップ、有識者委員会等においてご説明をお願いする場合がございます。是非、忌憚のないご意見をお寄せ下さいますよう宜しくお願いいたします。

[>> NEDOPOST1について](#)

■ 検討中のプロジェクトと募集のご意見について

下表に検討中の新規/拡充研究開発プロジェクトを掲載しております。資料(PDF)をクリックするとプロジェクトの概要をご覧頂くことができます。

新規/拡充プロジェクトについてNEDO技術開発機構が取り組む必要性、有効性等の観点から、皆さまからのご意見を募集いたします。

なお掲載されておりますプロジェクトの資料は現在、検討中のものであり、実施を決定したものではありません。同様に予算規模、内容等についても変更される可能性がありますのでご了承下さい。

■ ご意見の投稿方法

電子メールにてご意見を受け付けます。下記の投稿先  より投稿することができます。

投稿に際しては以下の投稿要領に従ってください。これに依らない投稿は、無効とさせていただきますのでご留意下さい。また、匿名の投稿は無効とさせていただきます。

■ 投稿要領

- (1)メールの「件名」には対象とするプロジェクト名(適宜簡略化は可)として下さい。
- (2)複数のプロジェクトについて投稿頂く場合は、お手数ですがメールを分けて下さい。
- (3)投稿は日本語で記述して下さい。
- (4)書式は特に定めませんが、以下の項目を記載して下さい。
 - [1]氏名
 - [2]所属(企業名、団体名、役職等)
 - [3]連絡先(電話番号、メールアドレス等)
 - [4]ご意見(当該プロジェクトに関するご意見に限る)

(5) 投稿いただくご意見は、1件について最大1200字程度でお願いします。それを上回る場合は、別途要約文を作成下さい。

■ その他

皆様からいただいたご意見は、プロジェクトの検討に活用させていただきます。なお、いただいたご意見についての個別の回答はできない場合がありますので、あらかじめご了承ください。

いただいたご意見については、お名前、所属、連絡先等の個人情報を除き、すべて公開される可能性があることを、あらかじめご承知おきください。ただし、ご意見中に、個人に関する情報であって特定の個人を識別しうる記述、個人・法人等の財産権、プライバシー等を侵害するおそれがある記述、その他掲載が不相当と判断される記述がある場合は、公開する際に当該部分を削除して掲載させていただきます。削除の判断とそれに伴う文章の部分的な修正はNEDOの判断により行います。

NEDO POST1、NEDO POST2については、いただいたご意見を投稿ログとして公開いたします。ただし、長文の場合は要約文を掲載することがあります。

NEDO POST3については、いただいたご意見の概要とそれに対するNEDOの考え方、基本計画への反映結果を公開いたします。掲載するご意見の概要は、ご意見の趣旨を踏まえてNEDOの判断により要約させていただきます。

ご意見に付記されたお名前、所属、連絡先等の個人情報につきましては、適正に管理し、ご意見の内容に不明な点があった場合等の連絡・確認といった、NEDO POSTに関する業務のみに利用させていただきます。

■ NEDO POST について

NEDO POSTとは、NEDO技術開発機構が新規に研究開発プロジェクトを開始するに当たって、ウェブを活用して皆さまからの声を広く求め、それらのご意見をプロジェクトの検討に役立てることによって、より社会のニーズに適合したプロジェクトを効率的に実施するためのコミュニケーション・ツールです。

新規研究開発プロジェクトを検討する「事前評価」において、NEDO技術開発機構は各種調査、ワークショップ、各種委員会と並びNEDO POSTといったツールを用い、より適切な事業運営、「成果をあげるNEDO」を目指します。

< NEDO POST1 について >

NEDO技術開発機構の新規/拡充研究開発プロジェクトに関して、主にプロジェクト実施の必要性、有効性の観点からのご意見を求めます。

< NEDO POST2 について >

NEDO技術開発機構の新規/拡充研究開発プロジェクトに関して、主にプロジェクトの実施内容についてご意見を求めます。

< NEDO POST3 について >

NEDO技術開発機構の新規/拡充研究開発プロジェクトの基本計画(案)を提示してパブリック・コメントを求め、かつ公募に先立って計画の概要をお知らせするものです。



次世代高効率ネットワークデバイス技術開発

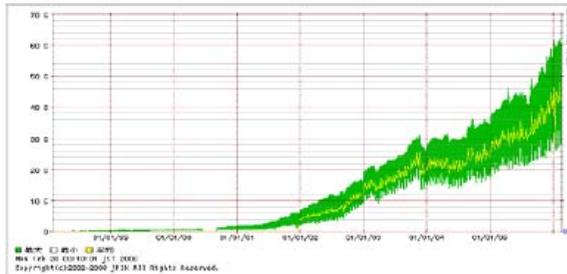
研究目的

- ①背景：より大容量のコンテンツ(動画等)配信等に対する消費者ニーズを受け、ネットワーク通信量および、そのための消費エネルギーは今後益々増大することが予想される。
- ②市場ニーズ：大容量データを低消費エネルギーで処理可能なネットワーク機器が必要。
- ③技術ニーズ：低消費エネルギーで大容量データに対応可能かつ低コストなデバイス、システム技術が必要

プロジェクトの規模

- 事業費と研究開発期間(目安として)
事業費総額(未定) ②研究期間5年

その他関連図表



通信トラフィックの増加例
<http://www.jpix.ad.jp/technical/traffic.html>

技術戦略マップ上の位置付け

- ①ネットワーク分野の技術マップにおいて、「アーキテクチャ技術-超広帯域網利用技術」、「ネットワーク技術-ワイドエリア、NGN」、「セキュリティ技術-基礎暗号技術、応用暗号技術、認証技術、攻撃防御」、「ネットワークノード技術-エッジノード、LAN/SAN」、「伝送技術」全般、「デバイス技術-光メトロNW、超長距離ネットワーク、超高速SAN/LAN、光インターコネクション」に位置付けられている。
- ②半導体分野の技術マップにおいて、「将来デバイス-情報処理デバイス-超電導デバイス」に位置付けられている。

研究内容概略

ネットワーク機器の基本構成の中でも高速化・省エネルギー化対応の鍵となる技術に集中し、過去のプロジェクト成果も生かしつつ効果的なネットワーク機器開発を進めると共に、インパクトの大きな将来技術にも取り組む。

○研究開発課題

- ①1チャンネルあたり40Gbpsを超える大容量通信に対応可能なネットワーク機器に必要な要素技術開発
 - ・超40Gbpsの高速通信に対応可能な高速信号処理によるトラフィック計測・分析・管理技術
 - ・コンポーネント(部品)のエネルギー消費効率を向上させる技術
- ②更なる大容量化と画期的低消費エネルギー化をめざす先端技術
 - ・通信速度向上(超100Gbps)のためのネットワーク機器用ハードウェア技術
 - ・超電導技術のネットワークへの適用技術

○キーテクノロジー、ブレークスルーのポイント

- ①多数フロー情報の同時分析、高効率スクリーニング技術
- ②高速インターフェイス電子回路技術、高速光デバイス、光電子集積化技術
- ③集積型光時分割多重方式インターフェイス技術、光入出力スイッチングカード技術
- ④SFQ(単一磁束量子)スイッチの実用化に向けた光入出力技術開発等の信号伝送技術開発



2006年8月 現在



次世代高効率ネットワークデバイス技術開発

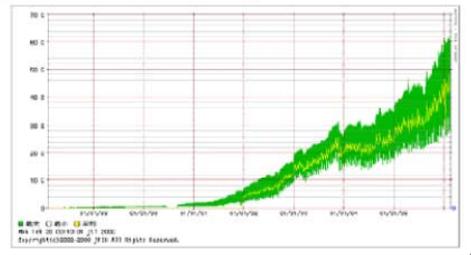
研究目的

- ①背景：より大容量のコンテンツ(動画等)配信等に対する消費者ニーズを受け、ネットワーク通信量および、そのための消費エネルギーは今後益々増大することが予想される。
- ②市場ニーズ：大容量データを低消費エネルギーで処理可能なネットワーク機器が必要。
- ③技術ニーズ：低消費エネルギーで大容量データに対応可能な低コストなデバイス、システム技術が必要

プロジェクトの規模

- 事業費と研究開発期間(目安として)
事業費総額 5.8 億円(未定) ②研究期間 5年

その他関連図表



通信トラフィックの増加例
<http://www.jpix.ad.jp/jp/technical/traffic.html>

技術戦略マップ上の位置付け

- ①「エネルギー技術戦略の基本的考え方について」において、「省エネ型デバイスの開発の推進」に位置付けられる。
- ②ネットワーク分野の技術マップにおいて、「アーキテクチャ技術-超広帯域網利用技術」、「ネットワーキング技術-ワイドエリア、NGN」、「セキュリティ技術-基礎暗号技術、応用暗号技術、認証技術、攻撃防御」、「ネットワークノード技術-エッジノード、LAN/SAN」、「伝送技術」全般、「デバイス技術-光メトRNW、超長距離ネットワーク、超高速SAN/LAN、光インターコネクション」に位置付けられている。
- ③半導体分野の技術マップにおいて、「将来デバイス-情報処理デバイス-超電導デバイス」に位置付けられている。

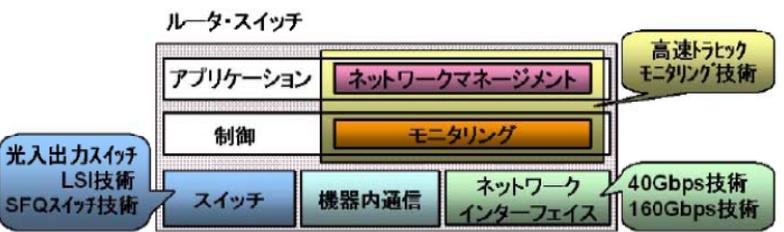
研究内容概略

ネットワーク機器の基本構成の中でも省エネルギー化の鍵となる技術に対し、デバイス、サブシステム開発を進めると共に、インパクトの大きな将来技術にも取り組む。

- 研究開発課題
 - ①1チャンネルあたり40Gbpsを超える高速通信に対応可能なネットワーク機器に必要な要素技術開発 a) 40Gbps超の高速通信に対応可能な高速信号処理によるトラフィック計測・分析・管理技術 b) コンポーネント(部品)のエネルギー消費効率を向上させる技術
 - ②更なる省エネルギー化をめざす先端技術 a) 通信速度向上(100Gbps超)のためのネットワーク機器用ハードウェア技術 b) 超電導技術のネットワークへの適用技術

- キーテクノロジー、ブレークスルーのポイント
 - ①多数フロー情報の同時分析、高効率スクリーニング技術
 - ②高速光・電子インターフェイス技術、高速光デバイス、光電子集積化技術
 - ③SFQ(単一磁束量子)スイッチの実用化に向けた光入出力等の技術開発

- 目標値とその条件および設定理由
 - ①目標値：機器内および機器間の多チャンネル通信で、25Gbps/chの通信容量、10mW/Gbpsの低消費エネルギーの実現。160Gbps/chの集積型ネットワークインターフェイスモジュールの実現。40Gbps超回線対応トラフィックモニタリングおよび、SFQ回路入出力技術の確立。
 - ②設定根拠：次世代10Tbpsクラスエッジルータ実現のための必要要素技術と40Gbpsの次の次世代ネットワーク要素技術



<次世代高効率ネットワークデバイス技術開発>

投稿No.1 2007/1/5(金) 11:27

- 1) FTTH等の普及やコンテンツのブロードバンド化により通信トラフィックが急激に増加し、特にIPネットワークのノード部分(ルータ)での電氣的な対応では対応出来ない状況が近づいており、当面の実現性のある(現行の通信アーキテクチャやプロトコルの大幅な変更が不要であるため、通信事業者への投資負担が少ない)ネットワークノード技術開発としても時宜を得たプロジェクトである。
- 2) 急拡大するIPネットワークを支えるルータには、今後も更なる大容量・省電力化が求められている。次世代のエッジルータに向けた将来拡張性(スケーラビリティ)実現には、省電力ルータを複数台連携し、一台の大型システムとするルータアーキテクチャおよび、実際に装置間を接続する大容量省電力光I/O技術が必要不可欠であり、特に本プロジェクトでは光デバイス開発を中心とした取り組みが重要である。
- 3) 超高精細映像のネットワーク上での普及は、放送と通信の融合に伴い、大きな社会的・経済的変革をもたらすと期待されている。ネットワーク上で大容量性が最初に必要となるのはサーバー周辺であり、LAN/SAN領域である。このような変革に対応するために、スーパーハイビジョン級の巨大データを収容できるLAN/SAN技術の開発が急がれており、特にこれを実現する上で、光・電子技術開発(特に光デバイス開発とCMOSを中心とした電子デバイス開発)が最も重要である。
- 4) NEDOプロジェクトとして、これまで大きな成果を上げてきた「フォトニックネットワーク技術開発」プロジェクト(H14~H18)の成果を更に発展させるための「フォローアップ事業」とリンクして進めるべきである。



次世代高効率ネットワークデバイス技術開発

研究目的

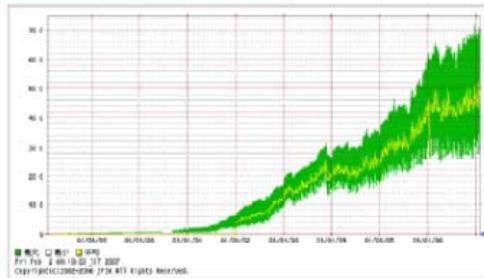
- ①背景：より大容量のコンテンツ(動画等)配信等に対する消費者ニーズを受け、ネットワーク通信量および、そのための消費エネルギーは今後益々増大することが予想される。
- ②市場ニーズ：大容量データを低消費エネルギーで処理可能なネットワーク機器が必要。
- ③技術ニーズ：低消費エネルギーで大容量データに対応可能かつ低コストなデバイス、システム技術が必要

プロジェクトの規模

○事業費と研究開発期間(目安として)

事業費総額 5.8 億円(未定) ②研究期間 5 年

その他関連図表



通信トラフィックの増加例

<http://www.jpix.ad.jp/jp/technical/traffic.html>

技術戦略マップ上の位置付け

- ①省エネルギー技術戦略【省エネ型情報生活空間創生技術(民生分野)の技術戦略マップ】において、機器・設備の省エネ技術開発:次世代高速通信に位置づけられる。
- ②ネットワーク分野の技術マップにおいて、「アーキテクチャ技術-超広帯域網利用技術」、「ネットワークング技術-ワイドエリア、NGN」、「セキュリティ技術-基礎暗号技術、応用暗号技術、認証技術、攻撃防御」、「ネットワークノード技術- エッジノード、LAN/SAN」、「伝送技術」全般、「デバイス技術- 光メトNW、超長距離ネットワーク、超高速SAN/LAN、光インターコネクション」に位置付けられている。
- ③半導体分野の技術マップにおいて、「将来デバイス-情報処理デバイス-超電導デバイス」に位置付けられている。

研究内容概略

ネットワーク機器の基本構成の中でも省エネルギー化の鍵となる技術に対し、デバイス、サブシステム開発を進めると共に、インパクトの大きな将来技術にも取り組む。

○研究開発課題

- ①次世代高効率ネットワークデバイス共通基盤技術の開発
 - ・40Gbps/chを超える高速通信に対応可能なネットワーク機器に必要な要素技術
 - a)小型・集積化技術開発
 - b)省電力・高性能光インターフェイス(I/O)開発、超高速LDの技術開発
 - ・先端基盤技術
 - a) 通信速度向上(100Gbps超)のための小型・集積化技術開発、超高速LDの技術開発
 - b) 超電導技術のネットワークへの適用技術
- ②次世代高効率ネットワーク・システム化技術の開発
 - ・大規模エッジルータシステム化・高速モニタリング技術
 - a) 次世代10Tbps級の低消費電力エッジルータを想定したシステム実証
 - b) 40Gbps/ch高速通信に対応するトラフィック計測・分析・管理技術
 - ・LAN/SANシステム化技術
 - a) 超高精細映像などの巨大データを共有・転送できるLAN/SANを想定したシステム実証

○キーテクノロジー、ブレークスルーのポイント

- ①多数フロー情報の同時分析、高効率スクリーニング技術
- ②高速光・電子インターフェイス技術、高速光デバイス、光電子集積化技術
- ③SFQ(単一磁束量子)スイッチの実用化に向けた光入出力等の技術開発

○目標値とその条件および設定理由

- ①目標値：機器内および機器間の多チャンネル通信で、25Gbps/chの通信容量、10mW/Gbpsの消費エネルギーの実現。160Gbp/chの集積型ネットワークインターフェイスモジュールの実現。超40Gbps回線対応トラフィックモニタリングおよび、SFQ回路入出力技術の確立。
- ②設定根拠：次世代10Tbpsクラスエッジルータ実現のための必要要素技術と40Gbpsの次の次世代ネットワーク要素技術

「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発プロジェクト（案）」に対するパブリックコメント募集の結果について

平成19年6月14日
NEDO技術開発機構
電子・情報技術開発部

NEDO POST 3において標記基本計画（案）に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。
みなさまからのご協力を頂き、ありがとうございました。

1. パブリックコメント募集期間
平成19年2月19日～平成19年2月25日
2. パブリックコメント投稿数<有効のもの>
計0件

<http://www.nedo.go.jp/content/100109108.pdf>

(D) NEDOPOSTおよび事前評価書—7

事業原簿 公開版

事前評価書

	作成日 平成 19 年 2 月 16 日
1. 事業名称 (コード番号)	次世代高効率ネットワークデバイス技術開発
2. 推進部署名	電子・情報技術開発部
3. 事業概要	<p>(1) 通信ネットワークが社会インフラ、ライフラインとなり、その重要性がますます高まることは明白であるが、公衆網トラヒックやローカルネットワーク、機器内の情報通信量の急激な伸びは今後も続くと予想される。従って、省エネルギー対策として、情報通信ネットワーク基盤機能の飛躍的向上を実現する技術が必要である。</p> <p>本プロジェクトでは、これらの要求に応えることのできる大容量ルータ・スイッチおよび、超高速ローカルネットワークの省エネルギー化を実現するための、デバイス、集積化・モジュール化、システム化およびトラフィック制御技術の開発を行う。</p> <p>(2) 事業規模：総事業費（国費分） 58 億円（委託）</p> <p>(3) 事業期間：平成 19 年度～23 年度（5 年間）</p>
4. 評価の検討状況	<p>(1) 事業の位置付け・必要性</p> <p>本事業は、エネルギー・環境政策のうち省エネルギーの推進に資するものであり、省エネルギーを通じたCO₂排出削減を通じた地球温暖化抑制に貢献することを目的とする。省エネルギー技術戦略【省エネ型情報生活空間創生技術（民生分野）の技術戦略マップ】において、機器・設備の省エネ技術開発：次世代高速通信に位置づけられる。また、技術戦略マップ【ネットワーク分野】におけるデバイス技術からアプリケーション技術に至る様々な項目に対応するとともに、半導体分野における将来デバイスに対応するものである。</p> <p>次世代、次々世代ネットワークの省エネルギー化のためには、高性能デバイス技術としてのネットワークデバイス基盤技術並びに周辺技術が必要不可欠であり、本事業はこの実現を目指すものである。具体的には超高速スイッチング素子、直接変調光源やこれら素子を実装、集積化した小型・高機能モジュール、超高速回線対応トラヒックモニタリング技術及び SFQ（単一磁束量子）スイッチを用いた光入出力の実現により、飛躍的な省エネルギー化が可能となる。</p> <p>さらに本事業は、省エネルギー技術の実現により、我が国が優位にある光デバイス及びその周辺（電子デバイス技術を含む）の基盤技術及びそれらデバイスの集積・実装技術の維持・向上に繋がり、国際的な産業競争力の強化が期待できる。</p>

(2) 研究開発目標の妥当性

本事業は、実用化を念頭に置いたネットワークデバイス基盤技術、SFQ 回路技術及びその周辺技術開発により、Tbps 超級の大容量伝送およびルーティングにおいて重要となる超高速スイッチングの機能・特性の向上を図り、従来にない低消費電力で超高速な素子・ネットワークの実用化を目指すものである。さらに、高速インターフェイス技術や集積化技術の確立、ネットワークトラヒックにおける多数フロー情報の同時分析、高効率スクリーニング技術の確立を目指す。これらの成果によりネットワークキーテクノロジーとして省エネルギー技術基盤が構築され、現在我が国が優位にある基盤技術分野での革新的光デバイス産業技術が強固なものとなり、ネットワーク分野における国際的な産業競争力の強化が期待される。

そこで、本事業においては、共通基盤技術として、実用化レベルの動作条件で平成 21 年度までに 25Gbps/ch の通信容量を有する発光素子を開発するとともに、超高速通信用高速制御デバイス等の周辺技術開発も行う。さらに、平成 23 年度までに実装・集積化技術を確立させ、25Gbps/ch で 10mW/Gbps の低消費電力化、および 40Gbps/ch の通信容量を有する発光素子の開発を目指す。その上で、160Gbps/ch の集積型ネットワークインターフェイスモジュールを実現する。一方で、超 40Gbps 回線に対応することを目的としたネットワーク運用管理としてトラヒックモニタリングおよび光入出力スイッチングとしての SFQ 素子を実証することを目標とする。目標設定については、今後も委員会、有識者ヒアリングなどで意見を聴取し、妥当性について検討を行う。

(3) 研究開発マネジメント

公募を行い、他のプロジェクトとの連携を踏まえつつ、産学官連携のもと最適な実施体制を構築する。また、プロジェクトリーダーを選定し、プロジェクトリーダーと密接な関係を維持しつつ、本研究開発の目的及び目標を踏まえ、予算配分や事業計画の策定・見直しを行う。さらに、必要に応じて、外部有識者の意見を運営管理に反映させる。研究開発開始後 3 年目に中間評価を予定しており、その結果も踏まえ、適切な運営管理に努める。

(4) 研究開発成果

本事業における目標を達成することにより、高機能次世代高効率ネットワークデバイス技術や光・電子インターフェイス及び集積化技術、高速トラヒックモニタリング技術による 40Gbps 超回線の運用管理が可能となるなどネットワーク分野における共通基盤技術が確立し、省エネルギー化に大きく資すると見込まれる。さらに、この省エネルギー技術が、現在、我が国が優位にある高速光デバイス、高速光・電子インターフェイス技術及び集積化技術の分野での革新的基盤産業技術をより強固にし、それらをネットワークシステム機器の技術開発に結びつけることによりすることで、国際的な産業競争力の強化が期待できる。

(5) 実用化・事業化の見通し

次世代高効率ネットワークデバイスの一つとして、高速光デバイス及びそれを集積化したモジュールは 2012-2016 年の 5 年間の市場規模 800 億円、また、2022 年においては本デバイスを用いた高効率ネットワーク機器を含めた波及効果として 14 兆円が予測されており、本事業においては、その投入費用に対して、非常に大きな効果が期待できる。

また、これら技術を適用したスイッチ機器やルータ機器を早期に市場投入するにより、ローカルエリアネットワークや公衆網のエッジノードクラスのミッドレンジ、ローエンドルータ市場の競争力強化が期待できる。

(6) その他特記事項

特になし。

5. 総合評価

我が国のネットワーク分野においてトラヒックとともに急増する電力消費の低減へ対応するため省エネルギー技術の促進は不可欠である。しかしながら、革新的な技術開発は、それを実用化するまでには多額の資金と相当の期間が必要であると見込まれる。一方企業においては、競争が激しく、本事業のような革新的なテーマには着手できずにいる状況にある。

したがって、省庁間の連携をはかりつつ、積極的に推進すべきである。具体的には NICT 等のプロジェクトとの連携による情報の共有、成果の相互利用を積極的に行い、効率的な研究開発を図る必要がある。また、キャリア企業とベンダ企業及び大学間で連携して、実用化に取り組むスキームが肝要である。その一例として、集中研を設置することにより、効果的・効率的に推進し各企業、研究所及び大学の得意分野を生かすことが必須である。

(注) 事業の全体像がわかる図表を添付すること。

(E) プロジェクト用語集 (公開版)

用語	説明
AFM	Aggregated Flow Mining の略。アラクサラネットワークス (株) が独自開発したトラフィック分析手法の一つで、大容量のトラフィックの中からパケットサンプリングを行わずに重要トラフィックをリアルタイム抽出する技術である。
AOC	オフセット電圧補償回路 (Automatic Offset Control) の略。デバイス特性ばらつきなどによって、差動増幅器の出力に発生するオフセット電圧を検出し、補償する制御のこと。
ATC	基準電圧生成回路 (Automatic Threshold Control) の略。自動しきい値調整、入力信号の大きさの変動に応じて、レベル検出するしきい値レベルを追従して変化させる制御のこと。
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。
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。
BiCMOS	bipolar complementary metal oxide semiconductor の略。一つの基板に、バイポーラトランジスタと CMOS の両方を使って回路を構成。
BP	backplane の略。装置を構成する複数のプリント盤を取り付け、プリント盤間を相互に接続するための、コネクタやスロットを備えた回路基板。
CMOS	相補型金属酸化膜半導体 (complementary metal oxide semiconductor) の略。 p チャネルと n チャネルの MOSFET (MOS 型電界効果トランジスタ) を相補的に配置したゲート構造を有する半導体デバイスの基本構造。論理が反転する際に MOSFET のゲートを飽和、もしくは引き抜くための電流しか流れないため、消費電力の少ない論理回路が構成できる。
CPU	Central Processing Unit の略。中央処理装置。コンピュータを構成する部品の一つで、プログラムに従って演算などのデータ処理を実行する。コンピュータの中核を担う部品である。
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。これを動作するデバイス・装置。
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。
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing の略。波長の間隔を高密度化した波長分割多重方式。
EA	電界吸収型変調器 (Electro-absorption modulator) の略。電圧を印加して光吸収量を変化させることにより、光の強度変調を生じさせる光デバイス。
EML	Electro-Absorption Modulated Laser 電界吸収型光変調器と光源となるレーザーダイオードを集積化した光半導体素子。主に、10Gbps を超える光送信器の光源として使用する。

FE	フロントエンド (front end) の略。光素子と電気回路のインタフェース部分を担うアナログ電気回路。
FPC	フレキシブルプリント基板 (Flexible Printed Circuits) とは、柔軟性があり大きく変形させることが可能なプリント基板。光トランシーバ分野では、光デバイス、回路基板間を簡易かつ小型に接続する。
FPGA	Field Programmable Gate Array の略。論理回路が書き換え可能なプログラマブルロジックデバイス。
FR4	ガラス繊維を編んだ布にエポキシ樹脂を含浸させたプリント基板の機材。安価なため、一般の回路実装に使用される。
Ft	電流遮断周波数 (cutoff frequency) の略。回路の利得が通常値より 3dB 以上低下する周波数の最大限界値。
Gbps	Giga bit per second の略。データ通信速度の単位の一つ。一秒間に何十億ビットのデータを送れるかをあらわす。
gm	相互コンダクタンス (mutual conductance) の略。増幅回路における電圧増幅率と負性抵抗の比例係数。相互コンダクタンスの大きい増幅素子ほど高い増幅率を得やすい。
HD-SDI	ハイビジョン機器間を接続するためのシリアルデジタルインタフェース規格。伝送速度は、約 1.5Gbps。
ISBT	Intersubband Transition。「サブバンド間遷移素子」の項参照
ITU-T G. sup43	ITU-T にて承認された 10G Ethernet 信号の OTN 上の転送に関する補助文書。
Junction-down 実装	基板側を上にして素子をサブマウント上に実装すること。
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。
LAN	Local Area Network の略。ビル内など敷地が限定された範囲で構築されているコンピュータネットワーク。
LD	Laser Diode の略。半導体レーザ。半導体の pn 接合からなる発光素子で、電流を注入するとレーザ光を放出する。光通信や光ディスクの光源として用いられる。
LDD	Laser Diode Driver の略。光通信で用いられる発光素子 (Laser Diode) を駆動するための IC。発光素子としては VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting LASER)、DFB (Distributed FeedBack) レーザ等が用いられる。
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。これを動作するデバイス・装置。
NIC	ネットワークインタフェースカード (Network Interface Card)。LAN などのネットワークに接続するための拡張カード。
NRZ	non-return-to-zero の略。信号変調方式の一種。論理 1 の入力有的时候に出力が反転 (0 から 1 へ、あるいは 1 から 0 へ) し、論理 0 の入力では出力が反転しない。
OTDM	Optical Time Division Multiplexing の略。光領域上で、時分割多重を行う伝送技術。電子デバイスの動作スピードより高速なシリアル伝送を実現することが可能。
OTN	Optical Transport Network の略。波長多重伝送技術を用いた大容量のパス転送ネットワーク。
OTU	Optical Channel Transport Unit の略。OTN における各波長単位で伝送される伝送フレーム。

PD	Photo Diode の略。光通信で用いられる半導体で構成された受光素子。入射した光強度に応じた電流が生じる原理を利用し、光信号から電気信号への変換を行う。
PIN-PD	p-i-n photodiode 半導体で構成された受光素子の一種。受光部である半絶縁型の半導体層が p 型半導体ならびに n 型半導体ではさまれた構造を持つ。
PRBS	pseudo random binary sequence の略。ビット誤り率を評価する際に用いられる擬似乱数のビット列。
RGC	レギュレーテッドカスコード (regulated cascode) の略。縦積みしたトランジスタにより局所ループを生成し、低入力インピーダンスを実現する回路方式。
ROSA	Receiver optical subassembly の略。ファイバから光を受信し、電気信号へと変換するもの。フォトダイオードと TIA から構成される。
SAN	Storage Area Network の略。 外部記憶装置間および記憶装置とコンピュータの間を結ぶ高速なネットワーク。
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。
SDH/SONET	SDH (Synchronous Digital Hierarchy : 同期デジタル・ハイアラキー) と SONET (Synchronous Optical NETwork : 同期光伝送網) の総称。低速な回線を階層的に積み上げて多重化することにより、回線の高速化を実現する光伝送技術の規格。
SFQ (単一磁束量子) 回路	超電導体で作られたリングに、磁束を $2.07 \times 10^{-15} \text{Wb}$ を一つの単位として閉じ込めることができる。この単位を単一磁束量子または英語表記で SFQ (Single Flux Quantum) と呼ぶ。SFQ 回路とは、超電導リング中の SFQ の有無を情報の "1"、"0" に対応させて演算を行う回路である。
SHV	7680×4320 画素の映像を中心とした超臨場感システムの愛称である「スーパーハイビジョン」の略
SiGe	シリコンに少量のゲルマニウムを添加した半導体素材。純粋なシリコンよりも電導性が高く、これで構成された半導体回路は純粋なシリコン半導体回路よりも消費電力が小さく、雑音が低いのが特徴。
SK 型量子ドット	Stranski-Krastanow 型量子ドットの略。半導体格子定数のミスマッチによる歪緩和現象により形成される島状の量子ドット。代表的な例として GaAs 上に形成された InAs 量子ドットがある。
SMF	Single Mode Fiber の略。単一光モードのみ伝播可能な光ファイバ。
SMP	sub miniature push-on connector の略。高速信号伝送に適した小型プッシュオン型コネクタのこと。
SOA	Semiconductor Optical Amplifier (半導体光増幅器) の略。電流注入で反転分布を作り出した半導体活性層における誘導放出過程により、外部から入射した光信号の増幅を行う素子。素子長は 1mm 程度と小型で、利得帯域が広いなどの特長を持つ。
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ウェハー基板として使用されている。

TEC	Thermoelectric Cooler の略。 主に、ペルチェ効果を利用して、温度調節を行うためのもので、電子光学機器などのパッケージモジュール内に使用されることが多い。
TIA	トランスインピーダンスアンプ (Trans-impedance amplifier) の略。電流を電圧に変換する増幅器。
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。
WAN	Wide Area Network の略。離れた場所にある LAN どうしやネットワーク装置を接続する広域ネットワーク。
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、波長数分だけ伝送容量を拡大する技術。
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。
アンクルド動作	周囲の温度が変化しても素子の温度制御することなく動作すること。温度制御素子が不要となるため光送信器の小型化、低コスト化が可能となる。半導体レーザーでは伝導帯のバンド不連続が大きく電子の閉じ込めが強い材料系がアンクルド動作に適している。
エッジルータ	基幹通信回線のエッジ (端) に配置されるルータのこと。
エラー補正回路	超電導コンパレータの遷移領域におけるグレーゾーンを避けるための回路である。位相が半周期ずれた 2 個のコンパレータを用意し、下位ビットの結果に応じてどちらかのコンパレータを選択する。
カレントリサイクル	SFQ 回路に流す直流のバイアス電流を何度でも使い回す(リサイクル) 技術である。ただし、リサイクルする各回路のグラウンドは別にする必要があり、グラウンド毎に信号線は直流的に切り離し、インダクティブもしくはキャパシティブに接続する必要がある。
ゲートウェイ	複数の通信ネットワーク形態の接続境界部分およびその装置。
コラムナ型量子ドット	SK 量子ドットが密接に積層された量子ドット構造。積層数を変化させて量子ドットのアスペクト比を変えられるため、光偏光特性の制御が可能となる。
コンパレータ	ADC のメインとなる回路で入力信号の” 1”、” 0” を判定する。超電導 ADC の場合、超電導リングに発生する電圧の周期性を利用しているため、半導体 ADC と比べてコンパレータの数が大幅に少なくすむ、という利点がある。
サブバンド間遷移素子	光励起による量子井戸の伝導帯のサブバンド間の電子の遷移を利用した素子で、光励起で屈折率かわるため、光に位相変調を掛けることができる。サブバンド間遷移 (Intersubband Transition) の頭文字で ISBT 素子と略称する。
ジョセフソン接合	二つの超電導体を弱く結合したデバイス。そこを流れる電流が臨界電流と呼ばれるある一定値を越えると、超電導体状態が破れ、電圧が発生する。
ダイナミックレンジ	信号パワーレベルを変えても、デバイスあるいは装置の動作機能を保てる最大および最小パワーレベル範囲。
トラヒック	ネットワークを流れているパケットの集まり全体を総称してトラヒックと呼ぶ。

パケット	コンピュータがネットワーク上でデータ転送する際の最小単位。パケットには、転送したいデータ本体の他、そのデータの送信元コンピュータと宛先コンピュータを示すアドレス情報などが含まれる。
パケットサンプリング	トラフィックを分析する手法の一つ。ネットワーク回線が高速になると流れるパケットの総量も増えるため、その全てを取り出して分析することが困難となる。そのため、パケットを一定の比率でサンプリング抽出し、それに対する分析結果から統計学的に全体を推定する。十分なサンプリング量が得られないと誤差が大きくなる欠点がある。
バタフライモジュール	光モジュールでリードピンがパッケージの両側に配列して構成された形態のもの。
ビットレートフリー	通信速度（ビットレート）に依存せずデバイスあるいは装置の動作機能を保つこと。
フラッシュ型 AD コンバータ	AD コンバータ（ADC）には、サンプリングスピードの速さを重視したタイプと分解能の高さを重視したタイプとがあるが、高速性を重視したタイプである。通常 4～6 ビットの分解能でサンプリング周波数の高さが主な性能指標となる。
フロー	送信元と宛先が同一である一連のパケットの集まり。一つのパケットに格納できるデータの大きさには制限があるため、あるコンピュータが他のコンピュータにデータを転送する際、多くの場合そのデータは分割されて複数のパケットに格納して転送される。その一連のパケットをフローと呼ぶ。
マルチプレクサー	多重化装置を指す。本プロジェクトでは、例えば 40Gb/s の光信号 4 つを夫々長さの異なる導波路に通して時間差をつけて重ねることで、40Gb/s を 60Gb/s に多重化するマルチプレクサーを用いる。
リアルタイムオシロスコープ	高速のサンプリング周波数を用いることで高速波形をリアルタイムに観測できるオシロスコープである。繰り返しではない突発的に現れる波形を観測することができる。
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周期的に出力される特徴をもつ。
ルータ	ネットワーク上でパケットの転送を行う装置。ルータは複数のネットワーク回線に接続され、受信したパケットに含まれるアドレス情報から送信先として適切なネットワーク回線を選択して転送する。パケットは複数のルータをバケツリレーのように転送されて最終的な宛先コンピュータに届く。
位相変調効率	光励起で信号光の位相を変える効率を位相変調効率という。1pJ の光エネルギーで励起したとき、何ラジアン位相が変わるかで表現する。単位は rad/pJ。
位置合せトレランス	光ファイバとの位置合わせ精度の許容幅(トレランス)のこと。
干渉計	光を一旦二つに分岐して再度合成する。合成するときの夫々の光の位相によって、光が強めあったり、逆に打ち消しあったりする。この効果を利用して、光の位相などの評価を行うのが干渉計である。Mach-Zehnder 型や Michelson 型の干渉計がある。
干渉計型全光スイッチ	干渉計の二つの光路の一方に光励起で屈折率が変わる素子を置くことで、光励起で光の位相を変え、干渉の状態を変えることができる。この仕組みの光スイッチを干渉計型光スイッチという。

緩和振動周波数	パルス状の電流注入などで半導体レーザの内部状態を変化させると、光とキャリアの過渡応答において共振現象が起こり、光出力が振動する。これを緩和振動と呼び、その振動の周波数を緩和振動周波数という。半導体レーザの応答速度を決める重要な性能指標の一つで、記号では通常 f_r で表す。
光 I/O	光入出力 (Input/Output) の略。光信号を入力ならびに出力すること。
受光感度	光の入力パワーに対する光電流への変換効率。単位は A/W。
受信フロントエンド (Front End:FE)	光素子と電気回路のインタフェース部分を担うアナログ電気回路。
石英 PLC	Planer Lightwave Circuit (平面光回路) の略。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 μm から数 mm 程度と大きい。
単一モードレーザ	一つの波長成分のみの光を発生する半導体レーザ。レーザ内の光強度分布が一つの縦モードとなるので単一モードと呼ばれる。レーザ内部に波長選択性を有する回折格子を備えることが多い。
直接変調レーザ	半導体レーザに注入する電流を直接変化させることで光出力を変調する半導体レーザ。外部変調器を利用した場合よりも小型・低消費電力化に適している。
熱光学効果	例えば、シリコンや石英などの光学材料の温度が変化した時に生じる屈折率変化を言う。この効果を表す指数として熱光学係数があり、酸化シリコンとシリコンは、それぞれ、 $1 \times 10^{-5} [\text{K}^{-1}]$ 、 $1.84 \times 10^{-4} [\text{K}^{-1}]$ である。
波長変換	光通信信号を運ぶ光波長を異なる波長へ変えること。
分布反射鏡 (DBR)	周期的な屈折率分布が形成された回折格子を有する導波路で、回折格子の多重反射効果により反射鏡として機能する。DBR は Distributed Bragg Reflector の略。
面入射型フォトダイオード	半導体光吸収層に対して垂直に光を入射させて光を検出するフォトダイオード。
利得	半導体レーザ内部では光の増幅が起こっており、単位長さあたりで光が増幅される割合が利得である。光閉じ込めを考慮した導波路を伝搬する光に対する利得から内部損失を引いたものを正味利得と呼ぶ。
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。

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

通信ネットワークが社会のインフラ、ライフラインとなり、その重要性がますます高まっている。その中でインターネットトラフィックのように1年間に2倍にも達する公衆網トラフィックの急激な伸びは今後も続く予想される。このようにインターネット上でのトラフィックが急速な勢いで増加し、将来的には大容量の画像情報コンテンツなどがネットワーク上を超高速で縦横に往来することが予想される中、社会生活の安全・安心の確保やビジネスチャンスの拡大を図るには、光通信ネットワーク基盤技術の飛躍的な向上が必要である。また、基幹通信網だけでなくローカルなネットワークや機器内の情報通信においても、光技術を適用することによる高性能化、低消費電力化等の飛躍的な向上が期待されている。

一方、情報通信の高度化にともなう通信データの大容量化を支える光通信・デバイス技術は、我が国が世界をリードしてきた技術分野であり、今後もその優位性を保ちつつ、さらに国際競争力を維持発展させていくためには新たな技術領域を開拓していく必要がある。これらの実現のためには、光通信ネットワークデバイスおよびシステムの開発と同時に、システムサイドと密接に連携した省エネルギー・高機能の革新的な光デバイス・装置の技術開発が重要であり、我が国としてその開発を戦略的に推進していくことが重要である。

こうした中、我が国の政府も情報通信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。ネットワーク技術が含まれる情報通信分野は、総合科学技術会議の「第3期科学技術基本計画」（計画年度平成18年度から22年度）においても「重点推進4分野」（ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料）のひとつとして位置付けられ、すべての国民がITの恩恵を実感できる社会の実現として、大容量の情報を瞬時に伝え、誰もが便利・快適に利用できる次世代ネットワーク技術として優先的な資源配分を行う対象となっている。また経済産業省の「新産業創造戦略2005」（平成17年6月）においても、情報通信分野は新産業分野としての情報家電を支える技術であり、今後も大いに推進する必要性が述べられている。また、内閣府に平成13年度から設置されたIT戦略本部（高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）によるe-Japan、e-JapanⅡにおいてブロードバンド化に向けたインフラ整備が進められ、さらにu-Japanによって生活の隅々までICTが駆け込むユビキタスネット社会の実現政策が進められている。この中で「IT新改革戦略」においては、次世代のIT社会の基盤となる研究開発への戦略的な取り組みと

して、国際競争力の維持・強化に向け、光ネットワーク等我が国がリードするITや他分野の基盤となるITの研究開発を重点的に推進することが方策として採り上げられている。「重点計画2008」（平成19年8月）の中においてもITを駆使した環境配慮型社会の実現に向けて、IT機器によるエネルギーの使用量の抑制として超高速の光／電気インタフェース技術の飛躍的な高機能化・低消費電力化、次世代の情報通信ネットワークの構築のための要素技術の確立が具体的な施策として取り上げられている。またこの流れは、デジタル社会実現のi-Japan2015戦略に引き継がれている。さらに経済産業省の「経済成長戦略大綱」（平成19年6月改定）においても「持続的なITの活用を可能とするため、半導体やIT機器・システムの省エネルギー技術の開発を強化するとともに、省エネ法におけるトップランナー制度の活用等、研究成果の普及に向けた取組を進める」と示されている。このように、情報通信技術に関する政策は多く、国家的な戦略として支援が行われている。

このような位置付けのもと、経済産業省「イノベーションプログラム基本計画」（平成20年4月）が策定されている。このうちITイノベーションプログラムでは、我が国が目指す高度情報通信ネットワーク社会の構築に向けて、情報化の進展に伴うエネルギー消費量の増大等の課題に考慮した情報通信技術を開発し、実社会への利用を促進することがねらいとなっている。また、エネルギーイノベーションプログラムでは、総合エネルギー効率の向上に資する技術開発とその成果の導入を促進する取り組みが行われる。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「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発」（以下、本プロジェクト）は、このITイノベーションプログラムおよびエネルギーイノベーションプログラムの一環として実施するものである。

以上のように、本プロジェクトが目指す情報通信技術の開発および省エネ技術の開発は、国の産業技術政策とも合致するものとなっている。

1.1.2 NEDO中期計画における位置付け

NEDOの第2期中期計画¹においては、情報通信分野の目標として、高度な情報通信（IT）社会の実現とIT産業の国際競争力の強化があげられている。そのためのネットワーク技術の開発として、NEDOではシステム開発と連携したネットワークの個別デバイス及びそれらを集積化したモジュールの超高速化と省電力化開発を促進し、その上でシステム全体の低消費電力化を実現する技術の開発を推進している。

図I-1-1にNEDOにおける電子・情報技術分野での取り組みをまとめて示す。ここで示す5つの技術分野（半導体技術、ストレージ・メモリ技術、コンピュータ技術、ネットワーク技術、ユーザビリティ技術）は、経済産業省の「技術戦略マップ」における情報通信分野の区分、およびNEDOの「技術ロードマップ」の区分に対応するものである。N

¹ NEDO 中期計画： <http://www.nedo.go.jp/content/100122468.pdf>

EDOでは、本プロジェクトのネットワーク技術を一つの大きな分野に位置付け、基幹ネットワークの高速大容量化と低消費電力化に取り組む。

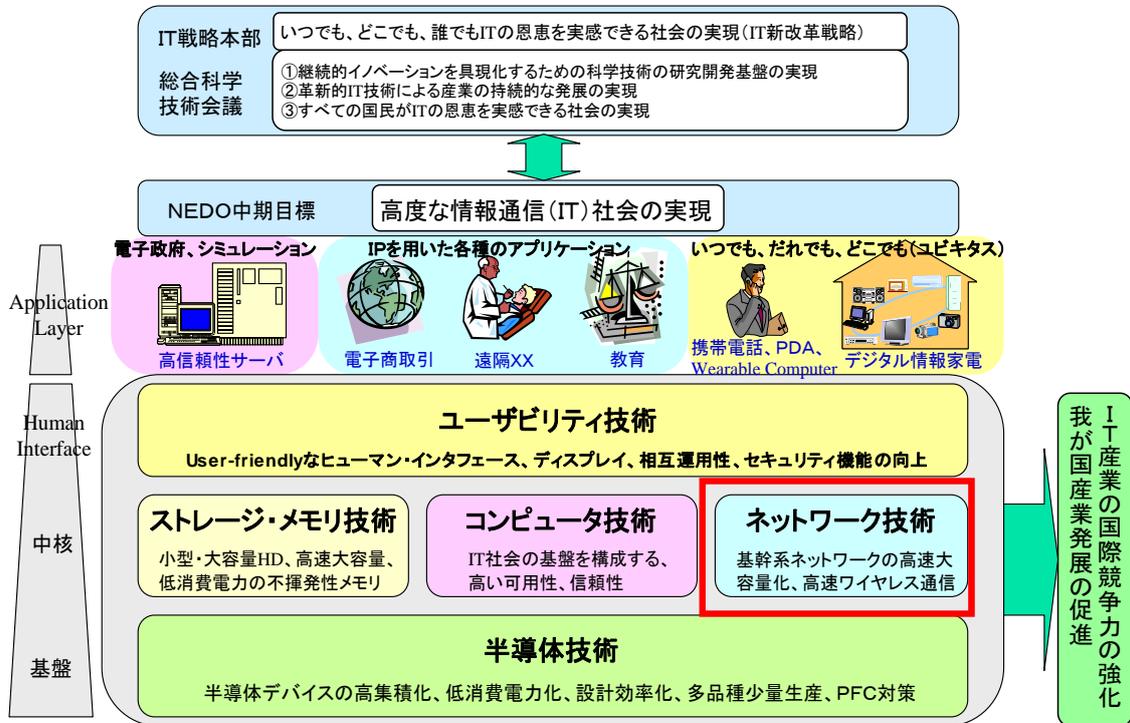


図 I-1-1 NEDOにおける電子・情報技術分野での取り組み

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

ネットワークで伝送されるデータ量は、産業界におけるIT機器を使った情報交換やWebベースでの情報処理や情報のデータベースなどばかりでなく、個人ベースでもF T T Hの普及によりインターネットのブロードバンド契約者の増加や音楽・映像コンテンツを中心とするトラフィックの大容量化によって、図 I-1-2に示すように近年急激に増加してきている。



図 I-1-2 国内主要 I X におけるトラフィックの集計 (2012総務省インターネットトラフィック)

今後もさらに通信と放送の融合により、高品位の音楽・動画ネット配信が増え、また次世代ネットワーク (NGN) などの情報化社会の進展にも伴って、インターネット上の情報量は 2025 年までに 2006 年の 190 倍程度まで増加する可能性がある。その結果、IT 機器の台数が増加し、その消費電力は 2025 年には 2006 年の 5 倍、日本の電力消費量の約 2 割にも達する恐れがある。この中でネットワーク機器は IT 機器の 43% を占め、実に 1.3 倍の増加が予想されることから、ネットワーク機器の消費電力量を抑制することは喫緊の課題である。(図 I-1-3)

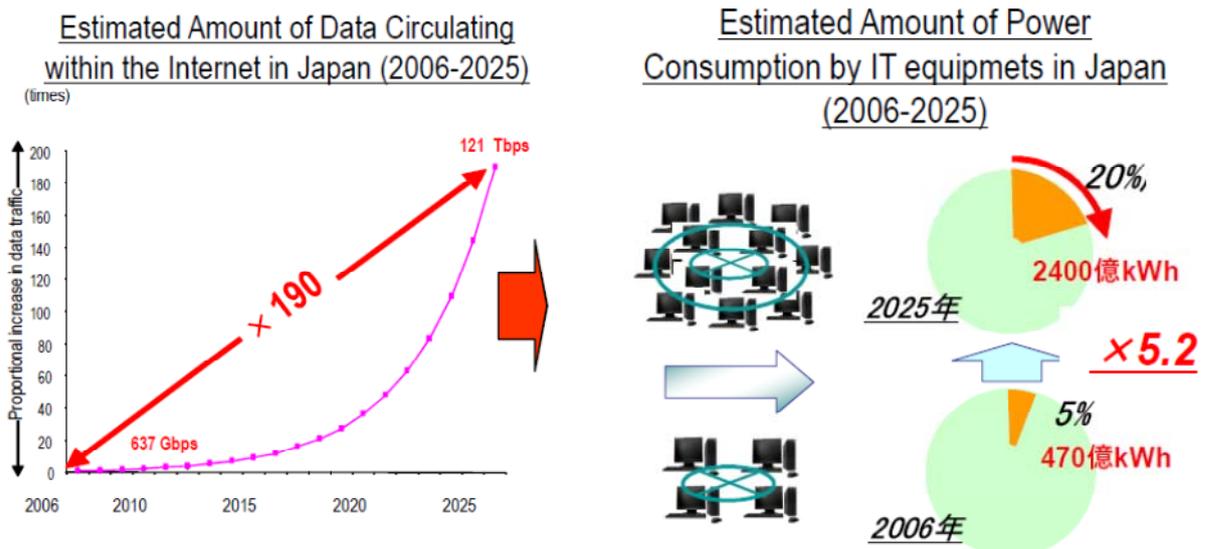


図 I-1-3 インターネットのトラフィックの増加予想と IT 機器の電力使用予想 (経済産業省資料から)

こういった状況の中で、ネットワークのコアからメトロへの重要な中継ポイント（ノード）となり、その総数の伸びが大きいと考えられる大規模エッジルータや、スーパーハイビジョンに代表される大容量画像データの伝送が可能な次世代高速・大容量ネットワークにおいてネットワーク機器の消費電力軽減は必須の課題である。

一方、我が国は、エンド・ツー・エンドを光ファイバ接続したサービスが全国規模で展開済みであり、世界でも稀な超高速ネットワークインフラが完備している。また消費者に対してF T T Hが普及していることはよく知られているが、企業に対して全国規模の広域イーサネット接続サービスが提供されている唯一の国でもある。この点で、未だにメタルケーブルのVDSLやWLL(Wireless Local Loop)に頼らなければ、携帯電話網の面展開すら覚束ない欧米の市場と大きく異なる。つまり、光ファイバ接続を前提とした低消費電力の高速ルータ・スイッチへの通信事業者需要はどの国より高く、かつ切実である。このような先進的国内市場をターゲットに、我が国が世界をリードしている光デバイスの先端技術をベースに、既存技術をブレークスルーする次世代の通信ネットワークに必要な低消費電力かつセキュアな高速ルータ・スイッチ等の開発に注力する。これにより、世界の市場動向を先取りして、通信機器の低消費電力化を実現し、低迷している我が国通信機器産業の国際競争力の強化を図る。

世界的に開発競争が激化している中、今後のネットワークに求められる大容量情報伝送を省エネルギーで実現していくため、産学官の連携により、先進的な技術開発を促進する。

（２）国際競争力確保

光通信機器の世界市場予想は、２０１０年度で４兆５３００億円、２０１５年度で４兆６２００億円であり、通信インフラにおける需要増の一方で価格下落の影響によって、同等の市場規模で推移すると予想される。（富士キメラ総研 ２０１１光通信関連市場調査）それら世界市場の中で、これまで光通信・デバイス技術は、我が国が世界をリードしてきた。たとえば４０Gbps、１０Gbpsの最高速光インタフェーストランシーバでは日本企業が一定のシェアを取っている。しかしながら、コモディティ化が進む低速の製品ではシェアを落としている（図I-1-4）。また、低速製品の生産拠点という面だけでなく、高速製品でも中国企業の存在は無視できなくなりつつある。

光インターフェーストランシーバ(2010年)
生産メーカー別数量ベース 富士キメラ総研

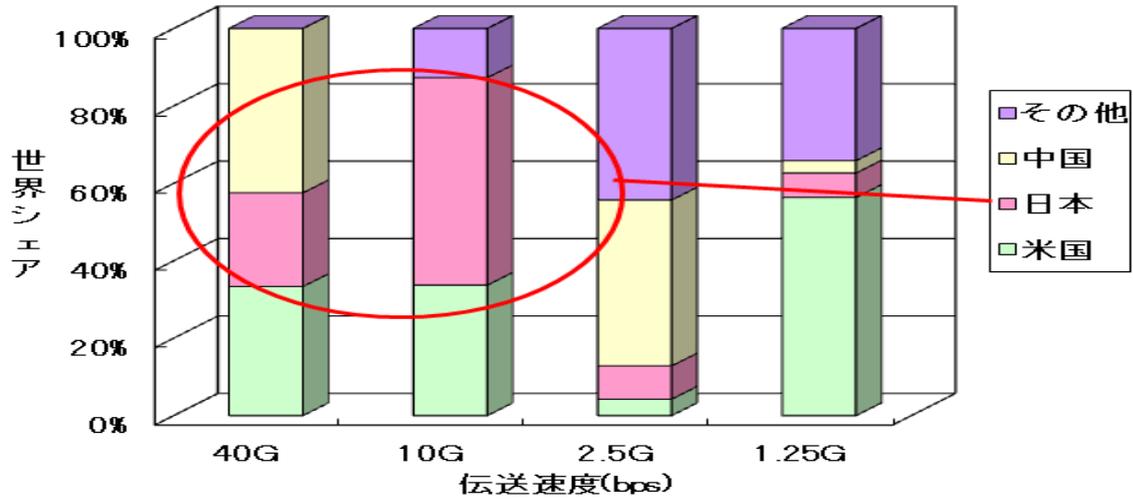


図 I-1-4 通信ネットワーク機器市場動向(WW) (富士キメラ総研2011光通信関連市場総調査から)

また、ネットワークノード機器では米国企業がほぼ独占状態であり、SDH/SONETとDWDM装置を合わせたコア・メトロネットワーク光伝送装置、ルータ、LANスイッチのネットワーク伝送装置では欧米企業の強さが目立つ(図 I-1-5、図 I-1-6、図 I-1-7)。そのような中、コア・メトロネットワーク伝送装置市場で、富士通は北米を中心にSDH/SONETとWSS(波長選択スイッチ)搭載機を主力展開し9%のシェアを確保して健闘している。またNECは5%以下のシェアではあるがSDH/SONETとWDMで存在感を見せている。

コア・メトロネットワーク光伝送装置
(2010年WW実績: 9175億円)

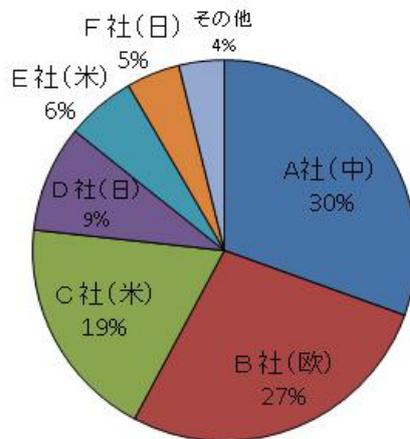


図 I-1-5 コア・メトロネットワーク光伝送装置の世界市場シェア (富士キメラ総研2011光通信関連市場総調査)

ルータ

(2010年WW実績：1兆2375億円)

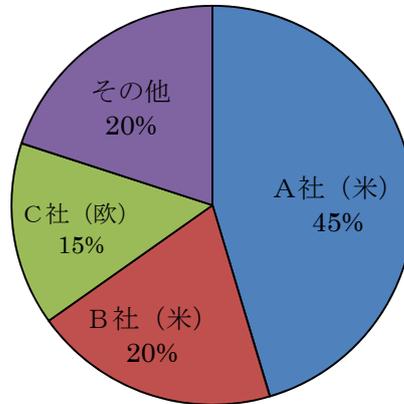


図 I-1-6 ルータの世界市場シェア (富士キメラ総研2011光通信関連市場総調査から)

スイッチ

(2010年WW実績：2兆2650億円)

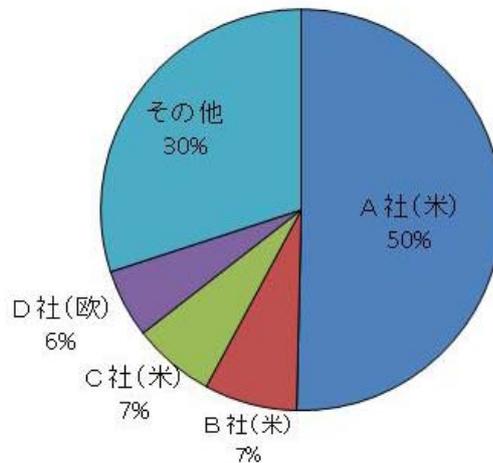


図 I-1-7 スwitchの世界市場シェア (富士キメラ総研2011光通信関連市場総調査から)

激しい国際競争を勝ち抜くため、欧米各国は国家的な開発戦略を持って、デバイスから機器、さらにはネットワーク基盤の開発を進めている。光インタフェース及び集積化技術についてはDARPA(米国防総省国防高等研究事業局)からサポートを受けたIBM・アジレントグループ、超高速LD技術については、同じくDARPAからサポートを受けたアルカテルルーセントやカリフォルニア大学等、超電導回路技術についてはNSA(米国家安全保障局)やDARPAからサポートを受けた米国ベンチャー企業等が開発を進め

た。またヨーロッパにおいては、フレームワークプログラムとしてFP7において、広範囲な領域にEUの資金が投入され、先進的なネットワーク技術が研究開発されている（表I-1-1）。

表 I-1-1. 欧米各国の主要なネットワーク関連国家プロジェクト

EU	FP7	9.11 billion euro	次世代光ネットワーク開発（企業・大学へ助成）
米国	DARPA	30 million \$	チップ間の光接続技術の開発(Terabus)
米国	DARPA	10 million \$	光リンクの高速化 IC 技術の開発 (EPIC)
米国	NSF	367 million \$	新ネットワーク創出のためのアーキテクチャや要素技術の研究開発 (GENI)

これらに対抗していくためにも、我が国としては今後とも強みである高速光デバイスの国際競争力を維持発展していくとともに、デバイスからサブシステム、機器、ネットワークまでをトータルに技術力強化して、付加価値を高めて産業競争力強化を図る必要がある。

（3）民間企業ではリスクのある研究開発内容

先に述べたように、光デバイスを含めたネットワーク関連産業は国際的に厳しい競争環境にある。世界市場における光デバイス、光モジュール、伝送装置、ルータの競争力は、高速化と低コスト化であり、省電力化への配慮はビジネス的な観点からは劣後しがちなのが現状である。そのため低消費電力化に関する技術開発の企業の自助努力についても限界があり、国が主導的に低消費電力化技術の開発を支援する必要がある。本プロジェクトで取り組む技術は、ネットワーク市場をけん引するエッジルータやLAN-SAN分野の省電力化を目的として、長期的な視野に基づいた研究開発活動が必要な分野であり、民間企業単独での実施にはリスクがある技術分野である。NEDOが関与することで、このリスクを軽減することができるとともに、参画する企業・研究所が一体となって技術開発することによって、企業の連携や最先端技術の共有化を行うこともできる。

こ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も合致し、本プロジェクトの成功により我が国のネットワーク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、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

現状の電子ルータ市場は、米国Cisco社をはじめとする欧米企業が80%以上のシェアを有しているが、本プロジェクトで開発する光ネットワークデバイスをいち早く光電子ルータに搭載することで、高速・大容量化と省エネルギー化が達成され、次々世代ルータの市場獲得に大きく貢献できると考えられる。図I-1-8に通信ネットワーク機器の国内市場推移を示す(富士キメラ総研2011光通信関連市場調査)。通信機器全体で、2015年2633億円の市場予測となっており、この中でルータは763億円を占めている。このうちミッドレンジルータ、ハイエンドルータという高速性が重視されるルータが本プロジェクトの成果を反映した光電子ルータに置き換わるとすると、2015年度で約580億円の市場となることが推計される。ルータというカテゴリに留まらず、LANスイッチへの波及効果も考えることができ、それを含めると2倍以上の市場効果があると言える。

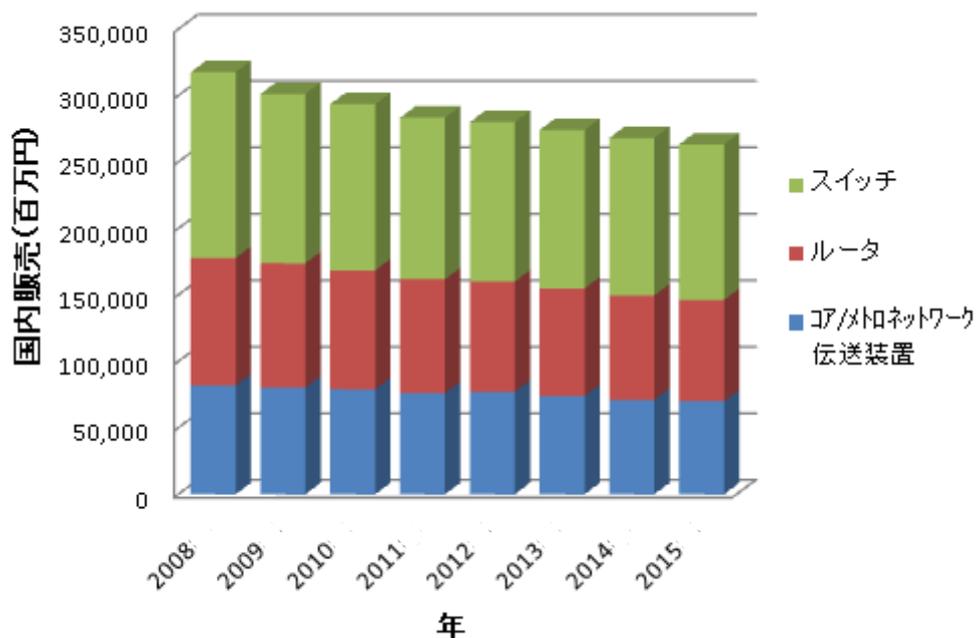


図 I-1-8 通信ネットワーク機器市場動向(国内)(富士キメラ総研2011光通信関連市場総調査から)

一方、光ネットワークデバイスの国内市場予測を図I-1-9に示す。10G-40Gの光トランシーバと通信用のレーザ市場を合計すると、プロジェクト終了直後の2012年時点で467億円、今後立ち上がりが見込まれる100Gの光トランシーバを含めると2015年時点で756億円弱の規模になると予想される。

光アクティブデバイス市場（国内）

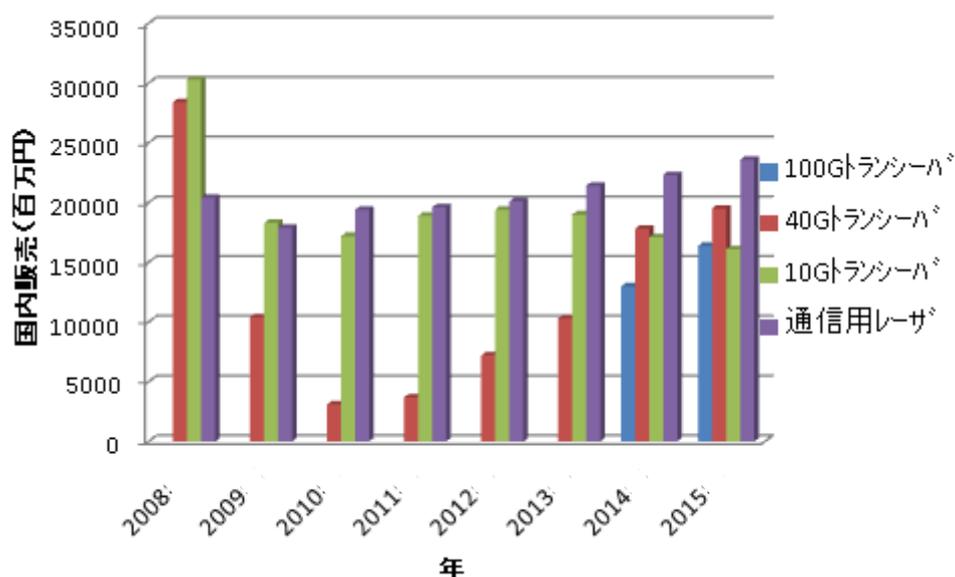


図 I-1-9 光アクティブデバイスの国内市場予測(富士キメラ総研2011光通信関連市場総調査から)

通信ネットワーク機器の国内市場は世界市場の6%以上を占めている。世界をリードするインターネット利用状況を考えると、国内での通信ネットワーク機器の市場において、最先端の技術導入を図ってゆくことが、世界展開への足掛かりになると考えられる。

以上の試算は本プロジェクトの成果が直接及ぶと考えられるルータ・スイッチ機器と光モジュールなどの光部品に限ったものであるが、光を用いた通信技術は、サーバ間やストレージ領域のデータ伝送に用いられることや、さらには光通信システム等のインフラやサービスまで含めた市場全体に及ぼす波及効果は非常に大きなものになることが予想される。

世界市場に目を転じ、図 I-1-10には、本プロジェクト成果を適用できると考えられるネットワーク伝送領域の市場予測(2008~2015年)を、図 I-1-11には光アクティブデバイスの市場予測(2008~2015年)(富士キメラ総研)を示す。それぞれ2015年には4兆6200億円、約4000億円の市場予測がなされている。先にも述べたように、日本国内市場の特性として、進展著しいブロードバンド化の影響を指摘できるが、今後、世界の他地域においてもブロードバンド化が進展していくことで、本プロジェクトの波及効果が高まっていくと考えられる。

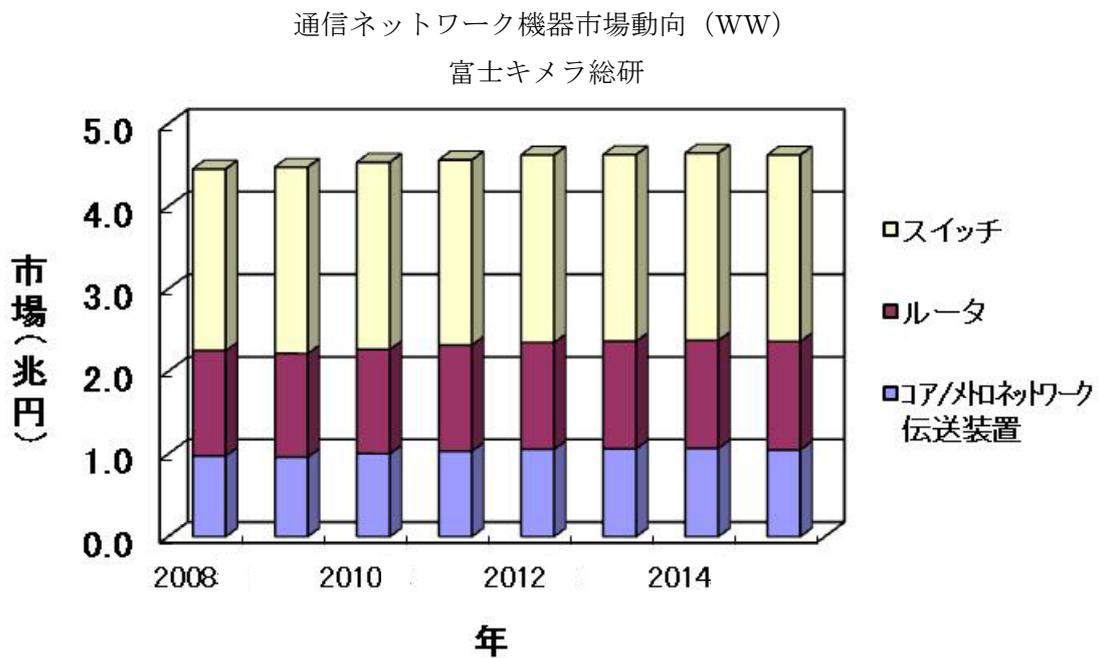


図 I-1-10 通信ネットワーク機器市場の世界動向 (富士キメラ総研2011光通信関連市場総調査)

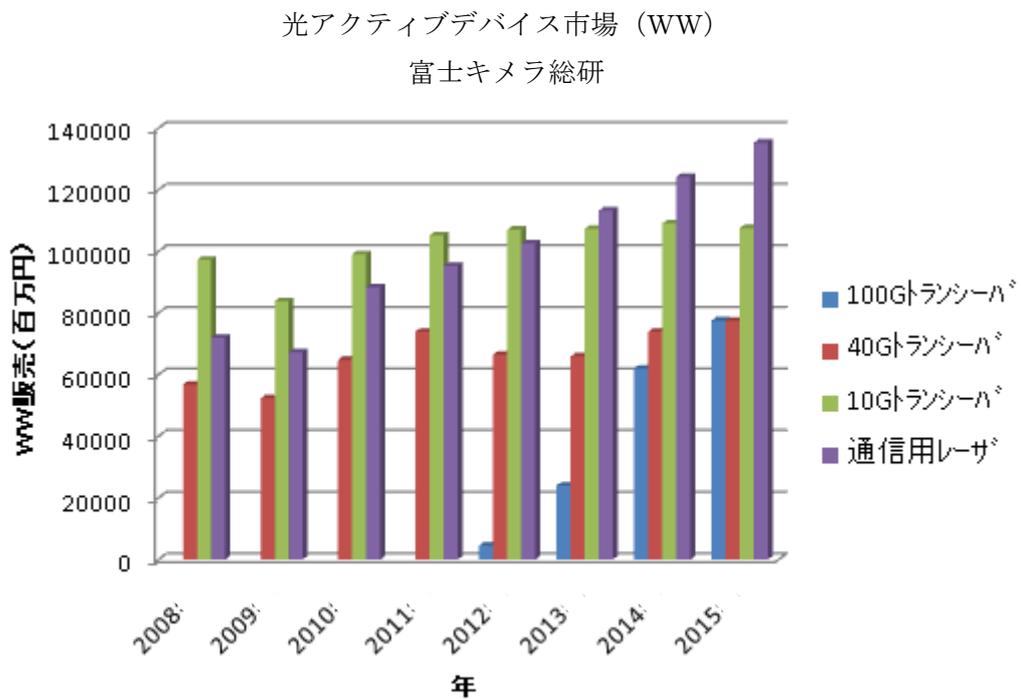


図 I-1-11 光アクティブデバイス市場の世界動向 (富士キメラ総研2011光通信関連市場総調査)

1.2.2 省エネ効果

現状のハイエンド電子ルータの消費電力が、本プロジェクトの実施によって光電子ルータに置き変わることを想定し、その省エネルギー効果（原油換算量）を試算すると、2020年において451万kL/年の原油削減効果が期待される（表I-1-2）。

表 I-1-2 原油換算量でみた省エネルギー効果

年度	ルータ種別	台数	省エネルギー効果 (原油換算)
2009年	電子ルータ	13.4万台	-
2020年	光/電子ルータ(占有率95%)	38.3万台	451万kL/年

※2000年のルータ台数を約6万台とし、年率10%の増加を仮定した。電子ルータの平均消費電力量を20kWh、光/電子ルータによって30%の電力削減ができるとした。電力-原油換算値は 2.36×10^{-4} kL/kWhである。

2. 事業の背景・目的・位置づけ

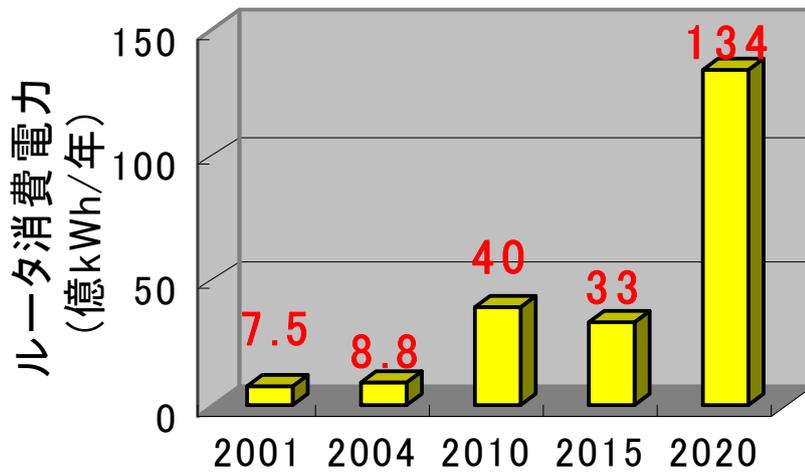
2.1 事業の背景

2.1.1 社会的背景

新・国家エネルギー戦略においては、2030年までにエネルギー消費効率の少なくとも30%以上の改善目標が示され、これを達成するために省エネルギー技術戦略を策定し、これに基づき省エネルギー技術開発を推進していくとされている。

一方、FTTHに始まる光ファイバを通信媒体とするFTTxの普及やWeb 2.0などネットワーク通信上でのソフトウェア利用などインターネット利用の革新により、インターネット上でのトラフィックが急速な勢いで増加している。またデジタル放送の開始や音楽や動画のネット配信など通信と放送の融合が起これつつあり、将来的にはスーパーハイビジョンの大容量画像情報コンテンツなどがネットワーク上を超高速で縦横に往来することが予想される。さらには次世代ネットワーク(NGN)の進展で、全IP化や固定通信と移動(モバイル)通信網の融合(FMC)が起こる中、社会生活の安全・安心の確保やビジネスチャンスの向上を図るためには、現状の光通信ネットワーク基盤機能の飛躍的向上が必要であり、それに伴うルータの消費エネルギーの増大が図I-1-12に示したように懸念されている。

ルータの国内電力消費量予測



出所:科学技術政策研究所レポート情報通信のエネルギー問題
—求められる通信インフラの省電力化—(2006.6)を元に作成。

図 I-1-12 ルータの国内電力消費量予測

2.1.2 技術的背景

こうしたなか、ネットワークの主要機器である電子ルータは、大規模化による消費電力の急増や処理能力の物理限界から、その機能的な限界が顕在化してきている。(図 I-1-13)

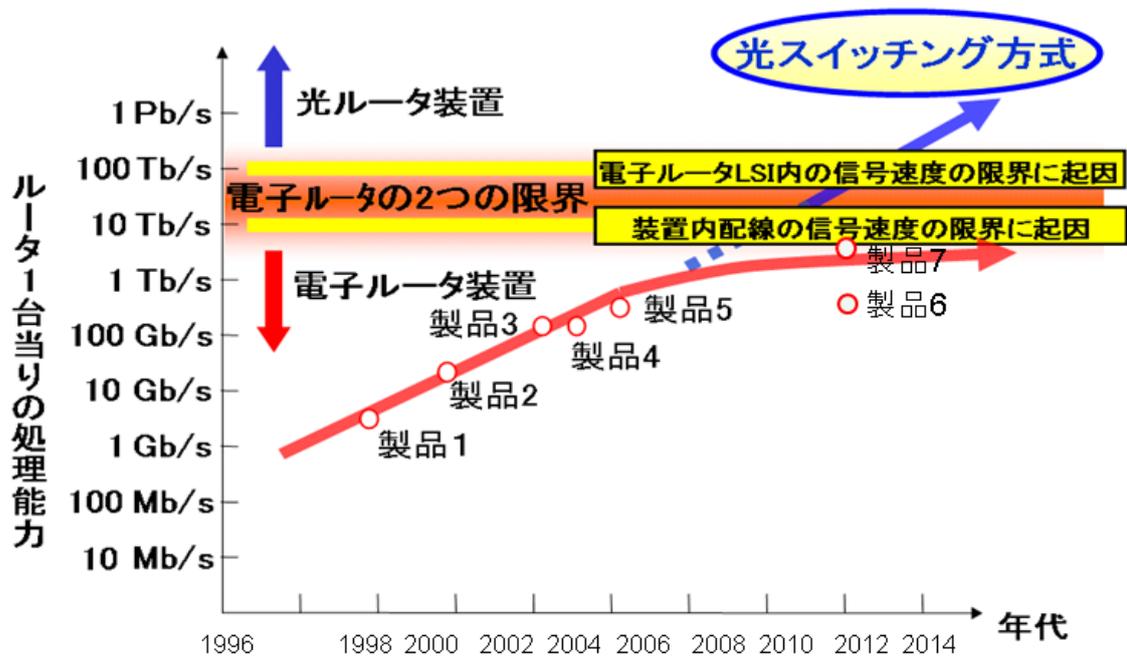


図 I-1-13 電子ルータの限界が顕在化

また、基幹通信網だけでなくローカルなネットワークや機器内の情報通信においても、

光技術を適応することによる高性能化、低消費電力化等の飛躍的向上が期待されている。

情報通信の高度化に伴う通信データの大容量化を支える光通信・デバイス技術は、我が国が世界をリードしてきた技術分野であるが、次世代ネットワーク技術の研究開発は、その重要性に鑑み、米国のDOD-N (Data in Optical Domain Network) 等の各種DARPAやNSFプロジェクトや欧州のFP6～7プログラム等、主要諸国において精力的に取り組み、グローバルな開発競争となっている。

2.2 事業の目的

今後も我が国がその優位性を保ちつつ国際競争力を維持発展させて行くと同時に、省エネルギーネットワークを実現するためには新たな技術領域を開拓していく必要がある。これらの実現のためには、大容量・超高速光通信ネットワークシステムの開発と同時に、これらの計測、制御技術、およびシステムサイドと密接に連携した省エネルギー・高機能の革新的なデバイス・装置の技術開発が重要であり、我が国としてこれらの開発を戦略的に推進していくことが重要である。

本プロジェクトでは、ITイノベーションプログラムおよびエネルギーイノベーションプログラムの一環として、平成23年度までに、次世代高効率ネットワーク実現に向けたデバイス基盤技術の確立およびシステム化の検証を目的とする。具体的には、今後の情報化社会のインフラを支え、省エネルギー化への要求に応えることのできるルータ・スイッチ、および、ローカルネットワークの高速化および省エネルギー化を実現するための、デバイス、集積化・モジュール化、システム化およびトラヒック制御技術の開発を行う。

IT新改革戦略においては、「いつでも、どこでも、誰でもITの恩恵を実感できる社会の実現」に向け、高性能・低消費電力デバイスの実現および、IT機器のエネルギー使用量を抑制することが重要とされている。本プロジェクトは上記技術開発により、これらの目標達成に寄与する。

2.3 事業の位置づけ

NEDO中期計画の第一期において確立した光源、受光器、スイッチなどの革新的光デバイス技術を主体として、本プロジェクトでは、高速かつ低消費電力の次世代高効率ネットワーク機器およびシステムの早期実現を目的とする(図I-1-14)。特に市場の拡大が期待される、1) エッジルータ、2) LAN-SANスイッチを対象として、「光」化が困難な送信制御部やスケジューラ等の一部を除いて、最大限、光デバイスを駆使した光・電子融合型集積化モジュールを開発する。

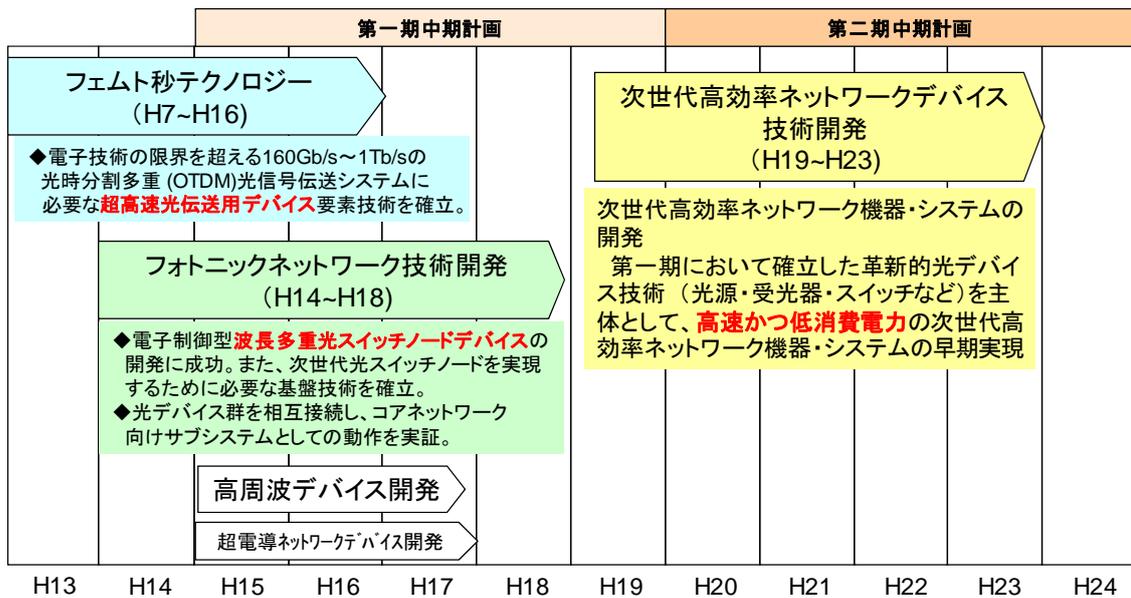


図 I-1-14 ネットワーク技術への取組み

開発体制としては、ネットワークユーザ、キャリア、システムベンダおよびデバイスメーカーを一体とした垂直連携を強化する。これによりデバイス機器レベルとシステムレベルの技術融合がリアルタイムで実現され革新技术の創出が期待される。(図 I-1-15)

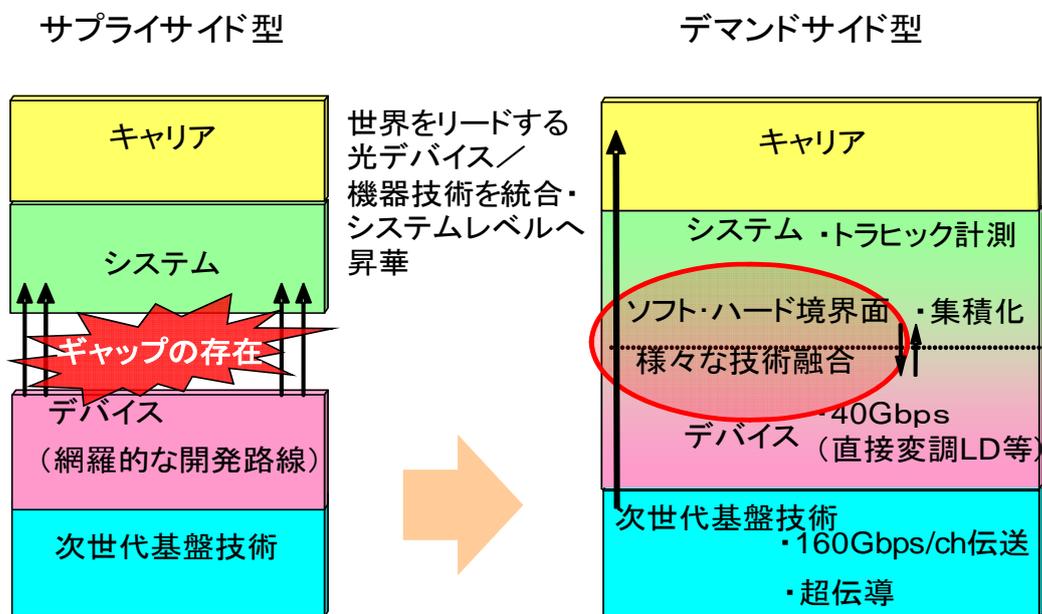


図 I-1-15 デバイスとシステムの技術的な統合による革新技术の創出

またNEDOはデバイス技術、機器化技術を核とし、高速・高信頼・セキュアなネットワーク機器・システムの実現に向けて、NICT等、ネットワーク上位レイヤー技術関係の管理・研究機関とも連携を深めている。実績としては、電子情報通信学会のインターネットアーキテクチャ研究会（2009年1月）やIEEE SAINT2008（フィンランド）でのワークショップでの共同セッションによる情報交換促進を行っている。

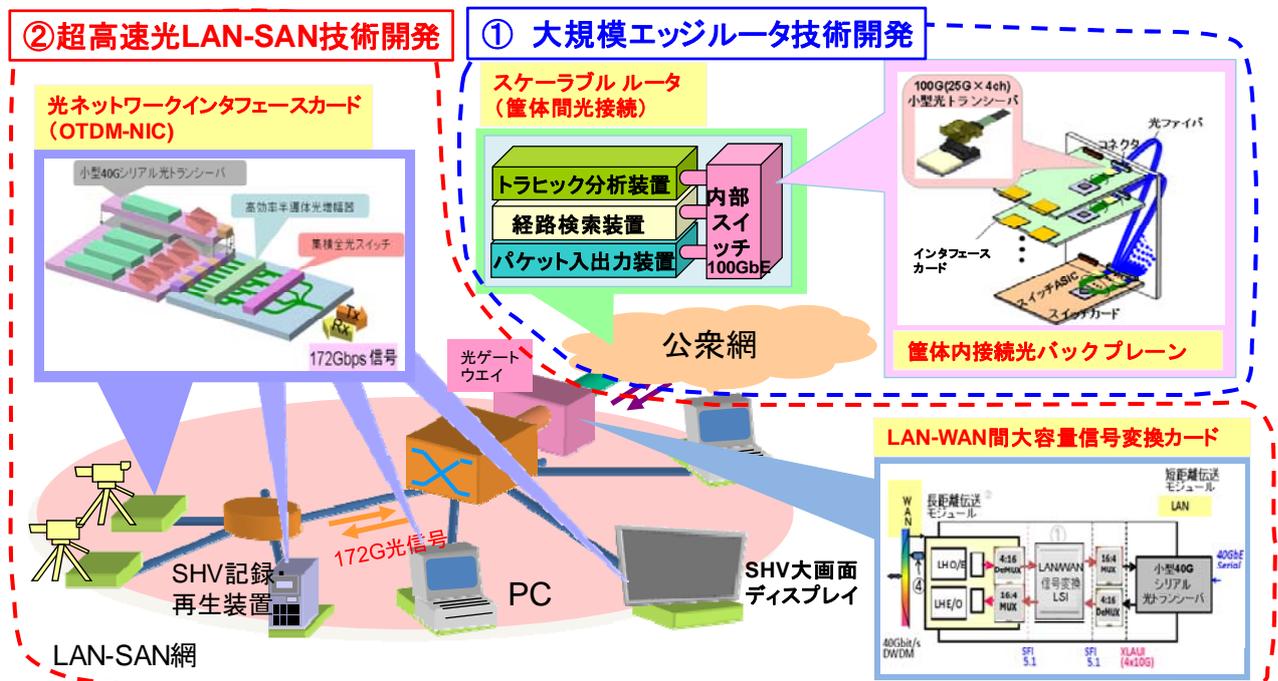
さらに100ギガビットイーサネット規格などの国際標準の策定にも積極的に取り組み、日本のネットワーク技術の国際競争力強化を図る。

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】

本プロジェクトは、ITイノベーションプログラムおよびエネルギーイノベーションプログラムの一環として、平成23年度までに、次世代高効率ネットワーク実現に向けたデバイス基盤技術の確立およびシステム化の検証を目的とする。具体的には、今後の情報化社会のインフラを支え、省エネルギー化への要求に応えることのできるルータ・スイッチおよび、ローカルネットワークの高速化および省エネルギー化を実現するための、デバイス、集積化・モジュール化、システム化およびトラヒック制御技術の開発を行う。特に、市場規模の大きい①エッジルータ、②LAN-SANを対象として、光化困難な一部の構成要素（送信制御部：スケジューラ等）を除いて、最大限、光デバイスを駆使した光・電子融合型集積化モジュールを開発する。開発ターゲットを図示したものが、図II-1-1である。



図II-1-1 次世代高効率ネットワークデバイス技術開発のターゲット

IT新改革戦略においては、「いつでも、どこでも、誰でもITの恩恵を実感できる社会の実現」に向け、高性能・低消費電力デバイスの実現および、IT機器のエネルギー使用量を抑制することが重要とされている。本プロジェクトは上記技術開発により、これらの目標達成に寄与するものである。

プロジェクトの研究開発内容は、個別デバイス及びそれらを集積化した高性能かつ省電力なモジュールを開発し、システム全体が省エネルギーに貢献できることを目標とする。具体的には、平成23年度までに、10Tbps超級のエッジルータの実現のための光デバイス基盤技術、SFQ回路技術及びその周辺技術開発を行う（装置内イントラネットワークを現状構成と比較して90%低消費電力化、スイッチ構成の20%低消費電力化に相当）。9.6Tbpsルータ装置の電力値として、この目標を図II-1-2に示す。加速資金の投入によってさらに新規に光バックプレーンの開発に着手し、低消費電力目標を30%に上げている。

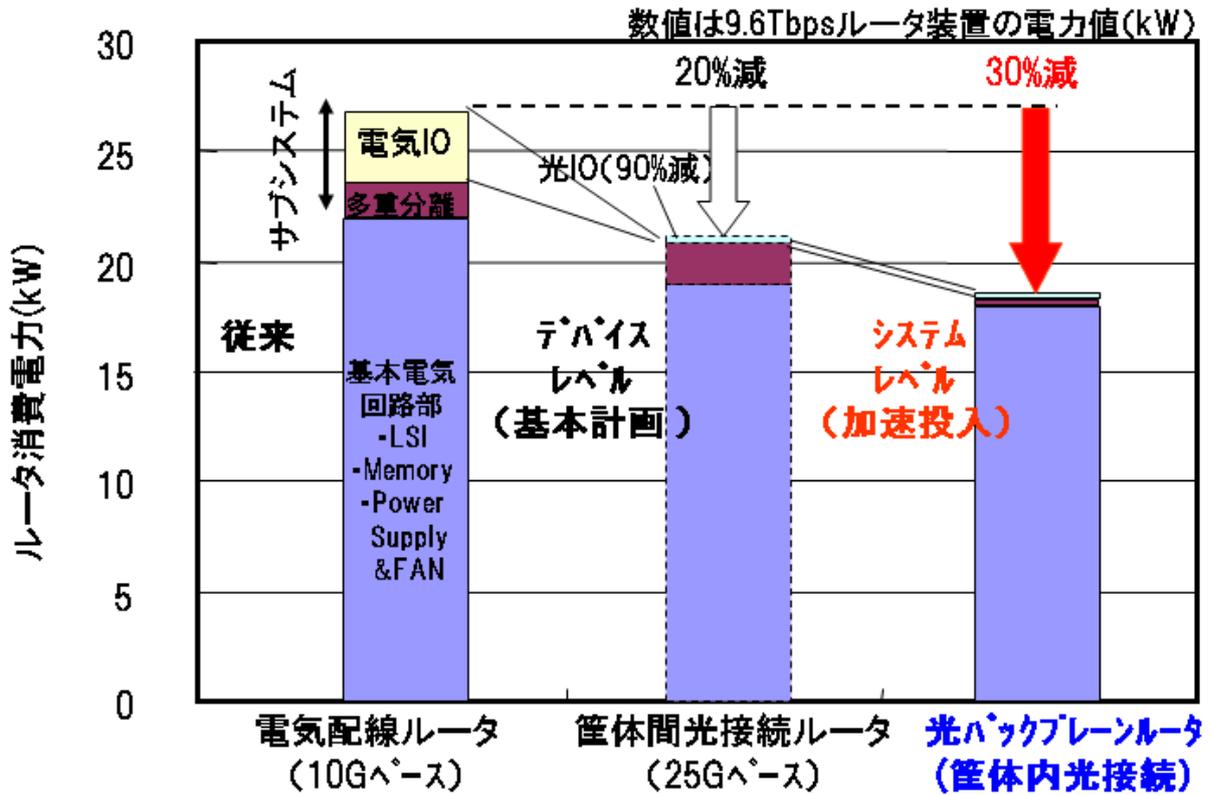


図 II-1-2 エッジルータの低消費電力化目標

また、超高速スイッチング等の光・電子デバイスの機能・特性の向上および集積化を図り、非圧縮スーパーハイビジョン信号の配信を想定した超高速LAN-SANシステムを可能とする、低消費電力素子・ネットワークの実証を目指す（現状機器構成と比較して60%以上の低消費電力化）。この目標を図II-1-3に示す。

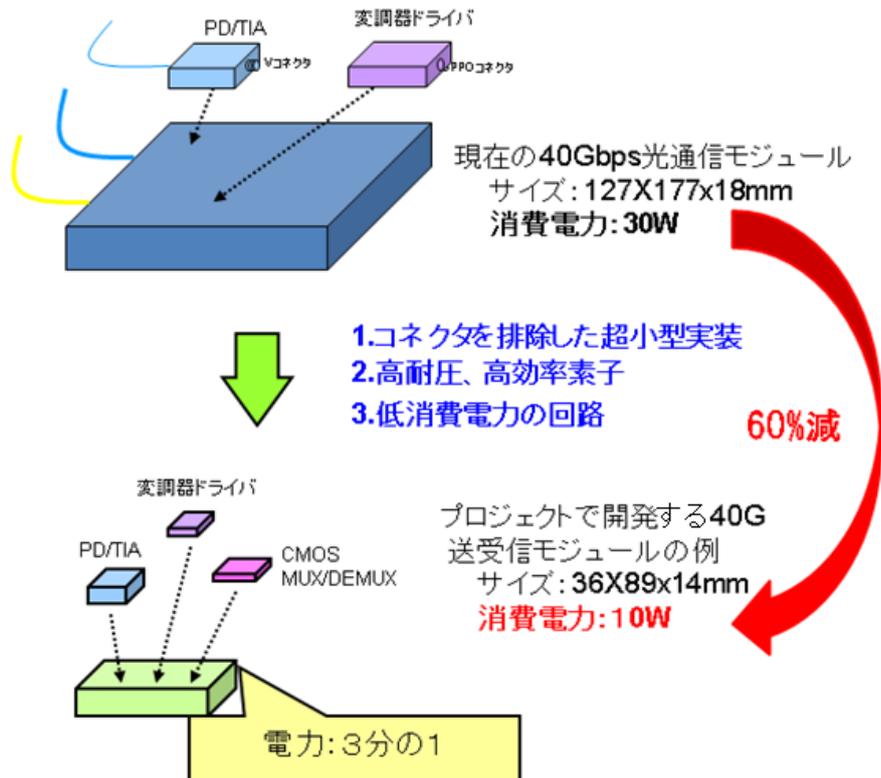


図 II-1-3 LAN-SANにおける低消費電力素子・ネットワーク目標

さらに、1チャンネルあたり40Gbps超の光信号を扱う実用的高速インタフェース技術や集積化技術の確立、ネットワークトラフィックにおける多数フロー情報の同時分析、高効率スクリーニング技術の確立を目指すものである。

2. 事業の計画内容

2.1 研究開発の内容

本プロジェクトは、研究開発内容により、①デバイス開発を主体とした基盤技術開発と②システム化技術に大別でき、以下にそれぞれの内容を説明する。

研究開発項目① 「次世代高効率ネットワークデバイス共通基盤技術の開発」

1. 研究開発の必要性

急拡大するIPネットワークを支えるルータには、今後も更なる大容量・省電力化が求められている。次世代10Tbps級のエッジルータの将来拡張性(スケーラビリティ)実現には、省電力ルータを複数台連携し、一台の大型システムとするアーキテクチャおよび、装置間を接続する省電力光I/Oが必要不可欠である。また、超高精細映像のネットワーク上での普及は、放送と通信の融合に伴い、大きな社会的・経済的変革をもたらすと期待されている。ネットワーク上で大容量性が最初に必要となるのはサーバー周辺である。このような変革に対応するために、超高精細映像などの巨大データを共有・転送できるLAN-SAN技術の開発が必要である。

そのため本研究では次世代10Tbps級の低消費電力エッジルータ実現に必要な要素技術、および、超高速LAN-SANに必要とされる基幹技術の開発を共通基盤技術開発として行う。具体的には、省電力・高性能光I/O技術、超高速LDの技術、小型・集積化技術および究極の省エネルギー化が期待される超電導回路技術の開発を行う。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 省電力・高性能光I/O開発

通信機器内での大容量通信を行うため、および高速光ネットワークインタフェースカード(NIC)を実現するための超高速省電力の光・電子インタフェース(I/F)デバイスおよびサブシステム開発を行う。

(2) 超高速LDの技術開発

機器内光通信および光NICの省エネルギー化・小型化に必要な高速直接変調半導体レーザ(LD)を開発する。実用デバイスとして十分な高速性、信頼性、温度無依存性および低消費電力特性を実現するものとする。

(3) 小型・集積化技術開発

(1) 省電力・高性能光I/O技術、(2) 超高速LD技術およびその他の光・電子デバイスを集積化し機器内光通信サブシステムならびに集積型NICの実現に必要な集積化技術の研究開発を行う。あわせてそれらに必要な個別デバイスの集積化対応のための特性実現を図る。

(4) 超電導回路技術開発

冷凍機で冷却された単一磁束量子(SFQ)回路と室温間を光ファイバを用いて広帯域信号を伝達するための光入出力技術、回路の大規模化に対応するための電源供給技術、SFQ回路から発生した熱を効率的に冷凍機に伝える技術を含む極低温実装技術の研究開発を行う。また、これらの技術を統合し、実用に供することが可能なデジタルシステムの開発を行う。

3. 達成目標

すべての研究開発課題について、デバイス、サブシステムについては研究開発終了後2～3年程度で実用化されシステムに組み込まれることを想定して、低消費電力特性、ファイバや他の機器との接続性や温度特性に優れ、小型・高信頼など、システム技術の要求を満たすものであって、かつ量産可能で・低コストであることを共通の目標とする。また、要素技術については上記の特性をもったデバイス、サブシステムを実現することを目標とする。開発した各デバイス、サブシステムは、研究開発項目②「次世代高効率ネットワーク・システム化技術の開発」により動作を確認する。さらに個々の開発にあたっては、以下の目標を置く。

(1) 省電力・高性能 I/O 技術開発

- LAN-SANに用いられる光NIC用 I/F 回路として、平成21年度までに40 Gbps 動作と低消費電力化(従来の1/3、<4W)を実現する。
- 10Tbps 超エッジルータ向け省電力・高速光 I/F 用 IC の開発のために、低消費電力の冗長化ドライバ回路および高感度受信回路を開発し、平成21年度までに25 Gbps で10mW/Gbps の小型光 I/O を開発する。
- 追加で標準化されることが決まった40GbE LAN信号インタフェースについて、平成22年の標準化成立に合わせ、40GbE信号の I/Oインタフェースに対応したLAN/WAN間信号変換技術を確認する。40GbE信号対応LAN/WAN変換トランスポンダにおける I/Oインタフェース変換及びフレーム処理LSI部における消費電力は16W以下を目標とする。

(2) 超高速LDの技術開発

機器内光通信システムおよび光NICのために超高速LDの開発を行う。平成21年度までに、面出射型LDにおいて25Gbps 且つ従来比1/2以下の低消費電力動作、単一モードLDにおいて駆動電流50mA以下での40Gbps 動作を実現する。平成22年度までに、面出射型LDにおいて70℃以上で100Gbps (25Gbps × 4チャンネル)動作を実現し、また温度安定25Gbps 動作するレーザを実現し、単一モードレーザにおいては85℃以上、駆動電流50mA以下での40Gbps 動作を実証する。

(3) 小型・集積化技術開発

光・電子デバイス集積化に必要な個別デバイスおよび以下の目標達成に必要な集積化技術の開発を行う。

- 10Tbps 級エッジルータの光イントラネットワーク用途の高速・省電力型受信フロントエンド用光受信デバイス(PD)と、高密度集積技術を開発する。平成21年度までに反射構造PDにおいて25Gbps 動作、平成22年度までにPDと受信アンプ回路との高密度集積実証(送受信部全体: 10mW/Gbps)、4チャンネルアレイ化光受信フロントエンドを開発する。
- シリコン微小光導波路技術および化合物半導体光素子とのハイブリッド集積技術を開発し、平成21年度までにチップサイズ1mm²、波長可変幅100nm、消費電力40mW/ringのシリコン導波路リング型波長可変光源を開発する。
- LAN-SANのOTDM-NIC用ハイブリッド集積型全光スイッチを開発する。平成21年度までにウィンドウ幅2ps、消光比20dB以上のスイッチング動作を実証、平成23年度までにOTDM-NICとして実装、その動作を実証する。
- LAN-SANのOTDM-NICの集積化を目指し、半導体光増幅器(SOA)を開発し、平成21年度までに50℃以上・40Gbps の高温高速動作を実証、平成23年度までに4チャンネルアレイ化を実現する。
- LAN-SAN用途の高速かつ波長・入力電力に対してロバストな波長変換器の研究開発を行う。平成21年度までに、40Gbps 以上、許容入力レベル変動10dB以上、平成23年度までにモジュール化する。

(4) 超電導回路技術

SFQリアルタイムオシロスコープ実現に必要な技術開発を行い、平成21年度までに4ビットSFQ高速ADコンバータ回路の30GS/s 動作および40Gbps 光入力技術を構築し、平成23年度までに5ビットSFQ高速ADコンバータによる50GS/s 波

形観測を実現する。

研究開発項目② 「次世代高効率ネットワーク・システム化技術の開発」

1. 研究開発の必要性

次世代のエッジルータに向けた将来拡張性(スケーラビリティ)実現には、省電力ルータを複数台連携し、一台の大型システムとするアーキテクチャ、装置間を接続する大容量・省電力光 I/O、超高速トラフィックモニタリング技術が必要不可欠である。また、ネットワーク上で大容量性が最初に必要となるのはサーバー周辺であり、巨大データを収容できる LAN-SAN 技術が求められる。

上記のためには、要素技術をシステム化し、ネットワークからの要求にこたえる必要がある。また、システム化技術開発を行うことで、要素技術開発に目標性能等のフィードバックを行い、より効率的な研究開発が可能となる。そのため本研究では、研究開発項目①「次世代高効率ネットワークデバイス共通基盤技術の開発」における開発成果と組み合わせ、エッジルータおよび LAN-SAN を構築するシステム化技術の開発を行う。

なお、大規模エッジルータシステムにおける内部リンクの高速化研究については、研究開発項目①の関連部分が達成した後、研究を開始する。

さらに、大規模エッジルータを含む機器全般のさらなる高速処理・省電力化を図るために、光導波路をベースにした小型・低消費電力で実現可能な光配線の技術を、基板内のモジュール接続に適用した、超低消費電力型光電子ハイブリッド回路技術の実現可能性、性能指標と目標、および技術開発課題の明確化を行う。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 大規模エッジルータシステム化技術

数 Tbps から 10 Tbps のエッジルータを実現するスケーラブルアーキテクチャでは各ルータやエッジ機能を実現する機能モジュールなどを相互に結合する内部リンクの高速化が重要であり、一方で実用化するにはその高速リンクの省電力化と小型化が重要である。このため 100 Gbps イーサネットにも適用可能なエッジルータ向け 100 Gbps ルータリンク技術の開発と、実用化に向けた検証を行う。

また、次世代高速光ネットワークに対応可能なトラフィック計測・分析技術の研究開発を行う。トラフィック管理の面からネットワーク機器の効率的利用を実現し、省エネルギーに貢献する。

(2) 超高速光 LAN-SAN システム化技術

超高精細リアルタイム映像やそのアーカイブファイルなどの巨大データをネットワークで共有し低消費電力で転送可能とする超高速光 LAN-SAN を提案し、超高速集積型光ネットワークインタフェースカードなどのキーテクノロジーを用いる、スーパーハイビジョン多チャンネル・リアルタイム転送の実演を目指す。

(3) 超低消費電力型光電子ハイブリッド回路技術

光導波路をベースにした、回路基板内高速光インターコネクトを実現する上で、高速性と実装に関する課題を抽出する。また、光電子ハイブリッド回路に必要な、光源実装、外部 I/F 技術、光信号のスイッチング技術の実現に向けた課題を抽出する。

3. 達成目標

(1) 大規模エッジルータシステム化技術

- 光信号接続によるルータ内結合構造に向けた 100 Gbps 双方向・省電力光 I/O (10 mW/Gbps、従来比 90% の省電力効果) を平成 22 年度までに実証する。また、開発した光信号接続モジュールをルータに実装し、100 Gbps でのルータ内光信号接続を実証する。
- 波長可変光源を用いた光インタフェースカードを平成 21 年度までに実証する。

- 高速光ネットワークに対応可能なトラヒックモニタリング技術を開発する。平成21年度までに40Gbpsおよび4Mフロー/sに対応する独立筐体型およびルータ内蔵トラヒック分析装置を開発する。また、複数台が連携するスケーラブル・ルータとの組み合わせによるシステム化実証を行う。
- (2) 超高速光LAN-SANシステム化技術
- 平成21年度までに3チャンネル×48Gbps SHV映像160Gbit/s転送の動作確認を行い、平成23年度までに160Gbit/s光LAN上での2チャンネル×72Gbps SHV配信実験を行う。
 - 平成23年度までに、超高速光LAN-SANシステム用光NICに関して、従来比60%の省電力効果を実証する。
- (3) 超低消費電力型光電子ハイブリッド回路技術
- 25Gbps以上の高速光導波路を用いた回路基板内高速光インターコネクタを試作し、信号伝送の課題、光源装着の課題、作製の課題を抽出する。
 - 高速光導波路に接続する光集積回路モジュールの光源の温度安定化、集積化に向けた課題を抽出する。
 - 高速光導波路に接続する装置内/装置間結合用モジュールの省電力化と大容量化に向けた課題を抽出する。
 - 高速光導波路に接続する長距離データ伝送モジュールの小型化・省電力効果を部分試作により検討する。
 - 高速光導波路に接続する高速低消費電力の光スイッチ技術の課題抽出を行う。

研究開発項目うち、「大規模エッジルータ技術」について中間目標と最終目標を纏めたものを表Ⅱ-2-1、「超高速光LAN-SANシステム化技術」について中間目標と最終目標を纏めたものを表Ⅱ-2-2に示す。また、これらの各研究開発項目の関係をまとめた開発線表を表Ⅱ-2-3に示す。

最初の3年間は、デバイス開発を中心とするため、それぞれ開発内容の近いグループの括りをデバイス共通基盤技術として行い、研究企画会議の開催を通して、情報交換や意見の交換による開発進展を図っている。その上で最終的には、「大規模エッジルータ技術」と「超高速光LAN-SANシステム化技術」の2大テーマに集約する。

表Ⅱ-2-1 中間目標と最終目標

大規模エッジルータシステム化技術

項目	開発項目	中間目標(平成21年度)	最終目標(平成23年度)
共通基盤技術	省電力・高性能光I/O開発		
	超高速光受信アナログ・FE	10Tbps超エッジルータ向け省電力・高速光I/F用ICの開発のために、低消費電力の冗長化ドライバ回路および高感度受信回路を開発し、	—
	超高速光送信ドライバ	25Gbpsで10mW/Gbpsの小型光I/Oを開発する。	—
	超高速LDの技術開発		
	超高速・省電力面出射型レーザ	機器内光通信システム用に、25Gbps且つ従来比1/2以下の低消費電力動作のレーザを開発する。	面出射型LDにおいて70℃以上で100Gbps(25Gbps×4チャンネル)動作を実現する。
	高速直接変調レーザ	—	温度安定25Gbps動作実現
システム化技術	小型・集積化技術開発		
	高感度光受信モジュール	10Tbps級エッジルータ用に、高密度集積技術による高速・省電力型受信フロントエンド用反射構造PDにおいて、25Gbps動作を達成する。	PDと受信アンプ回路との高密度集積実証(送受信部全体:10mW/Gbps)、4チャンネルアレイ化光受信フロントエンドを開発する。
	超電導回路技術開発		
	SFQベース・リアルタイムオシロ	4ビットSFQ高速ADコンバータ回路の30GS/s動作及び40Gbps光入力技術を構築する。	5ビットSFQ高速ADコンバータによる50GS/s波形観測を実現する。
システム化技術	小型省電力光アップリンク	—	光信号接続によるルータ内結合構造に向けた100Gbps双方向・省電力光I/O(10mW/Gbps、従来比90%の省電力効果)を実証する。また、開発した光信号接続モジュールをルータに実装し、100Gbpsでのルータ内光信号接続を実証する。
	スケーラブル・ルータアーキテクチャ	高速光ネットワークに対応可能なトラフィックモニタリング技術(40Gbpsおよび4Mフロー/Sに対応する独立筐体型およびルータ内蔵トラフィック分析装置)を開発する。	複数台が連携するスケーラブル・ルータとの組み合わせによるシステム化実証を行う。

表Ⅱ-2-2 中間目標と最終目標

超高速光LAN-SANシステム化技術

項目	開発項目	中間目標(平成21年度)	最終目標(平成23年度)
共通基盤技術	省電力・高性能光I/O開発		
	超高速多重・分離技術	LAN-SAN用光NIC-I/F回路として、40Gbps動作と低消費電力化(従来の1/3、<4W)を実現する。	-
	LAN/WAN間 *1 大容量信号変換	(小型・低消費電力型OTN-LSIの制作を行い、OTN基本部で消費電力10W以下を達成する。)	-
	超高速LDの技術開発		
	高速直接変調レーザ	単一モードLDIにおいて駆動電流50mA以下での室温40Gbps動作を実現する。	85℃以上、駆動電流50mA以下での40Gbps動作を実証する。
	小型・集積化技術開発		
	ハイブリッド集積全光スイッチ及びOTDM-NIC	LAN-SANのOTDM-NIC用ハイブリッド集積型全光スイッチを開発する。ウィンドウ幅2ps、消光比20dB以上のスイッチング動作を実証する。	OTDM-NICに実装し、その動作を実証する。
	高効率半導体増幅器	LAN-SANのOTDM-NIC集積に向けて、半導体増幅器を開発し、50℃以上・40Gbpsの高温動作を実証する。	半導体光増幅器(SOA)の4チャンネルアレイ化を実現する。
	入力ダイミックス [*] 拡大波長変換器	LAN-SAN用に、40Gbps以上、許容入力レベル変動10dB以上の波長変換器を開発する。	波長・入力電力に対しロバストな波長変換器をモジュール化する。
	小型省電力波長可変光源	10Tbps級エッジルータ用に、シリコン導波路とハイブリッド集積技術により、波長可変幅100nm、消費電力40mW/ringの導波路リング型波長可変光源を開発する。	-
システム化技術	光NIC用省電力インタフェース技術	-	超高速光LAN-SANシステム用光NICに関して、従来比60%の省電力効果を実証する。
	LAN-SANシステム設計技術 SHV配信LAN-SANシステム収容技術	3チャンネル×48Gbps SHV映像160Gbit/s転送の動作確認を行なう。	160Gbit/s光LAN上での2チャンネル×72Gbps SHV配信実験を行う。
	LAN/WAN間大容量信号変換 *1	-	標準化されることが決まった40GbE LAN信号のI/Oインタフェースに対応したLAN/WAN間信号変換技術を確立する。40GbE信号対応LAN/WAN変換トランスポンダにおけるI/Oインタフェース変換及びフレーム処理LSI部における消費電力は16W以下を目標とする。

*1 LAN/WAN間大容量信号変換については、基本計画は共通基盤技術としているがシステム化技術(超高速光LAN-SAN)の開発項目として扱う

表 II-2-3 開発線表

項目	開発項目	2007	2008	2009	2010	2011	2012
大規模エッジルータシステム化技術							
共通基盤技術	省電力・高性能光I/O開発						
	超高速光受信アナログ・FE						
	超高速光送信ドライバ						
	超高速LDの技術開発						
	超高速・省電力面出射型レーザ						
	小型・集積化技術開発						
システム化技術	高感度光受信モジュール						
	超電導回路技術開発						
	SFQベース・リアルタイムオシロ						
	小型省電力光アップリンク						
	スケーラブル・ルータアーキテクチャ						
超高速光LAN-SANシステム化技術							
共通基盤技術	省電力・高性能光I/O開発						
	超高速多重・分離技術						
	LAN/WAN間大容量信号変換						
	超高速LDの技術開発						
	高速直接変調レーザ						
	小型・集積化技術開発						
	ハイブリッド集積全光スイッチ及びOTDM-NIC						
	高効率半導体増幅器						
システム化技術	入力ダイミックス拡大波長変換器						
	小型省電力波長可変光源						
	光NIC用省電力インターフェース技術						
	LAN-SANシステム設計技術						
	SHV配信LAN-SANシステム収容技術						
	LAN/WAN間大容量信号変換						

2.2 研究開発の実施内容

2.2.1 プロジェクト推進の基本理念

次世代高効率ネットワークデバイス技術開発の基本計画は、2つの研究開発テーマについてそれぞれ以下のような基本的考え方で推進している。

1) 次世代高効率ネットワークデバイス共通基盤技術

10Tbps 超級のエッジルータ実現のため、光デバイス基盤技術、SFQ回路技術およびその周辺技術開発を推進し、中間評価後に実用化を目指した開発研究に移行する。

2) 次世代高効率ネットワークデバイス・システム化技術

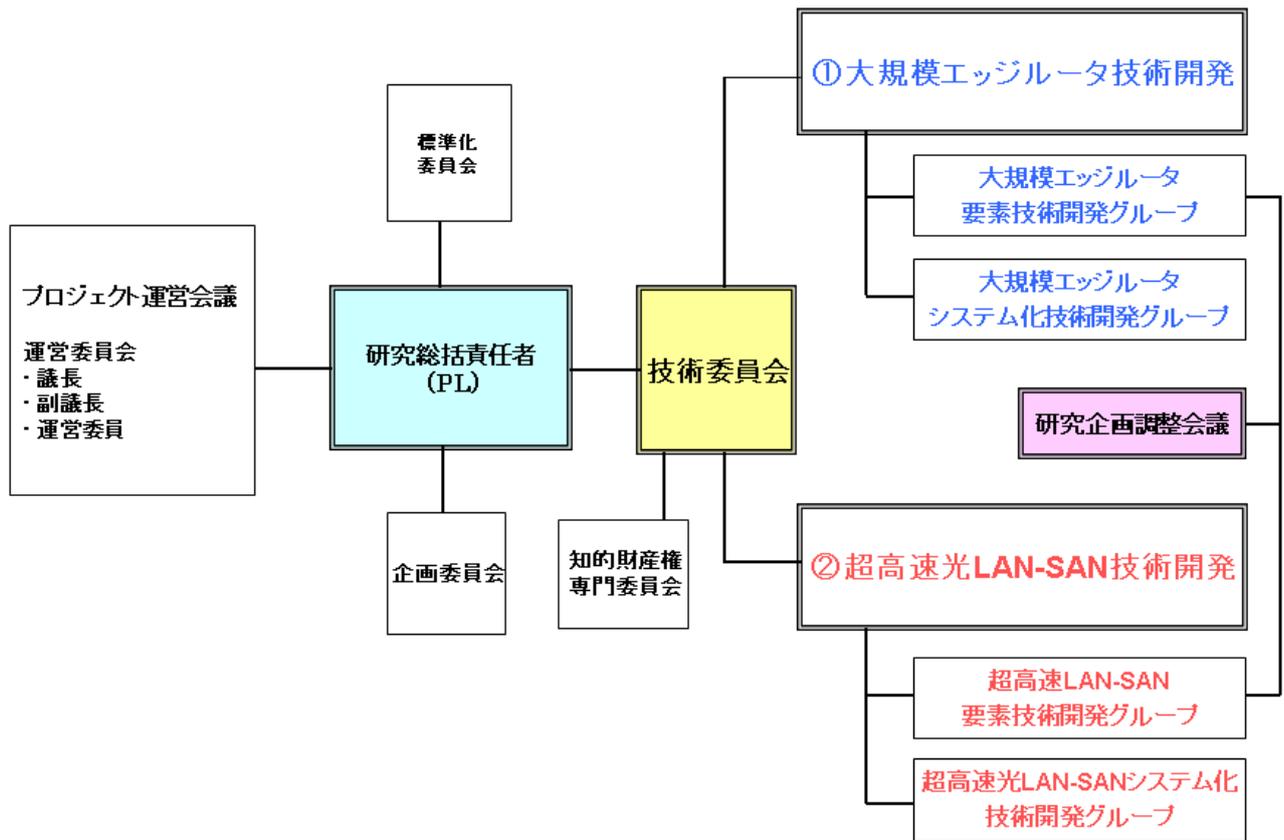
超高速光LAN-SANシステム大規模エッジルータに向け実用的高速光インタフェース技術や集積化技術開発を行なう。中間評価後には、開発した光デバイスを用いシステム実証に注力した研究開発を行なう。

これらの達成目標は極めて高いブレークスルーを要するチャレンジングなものであり、これを期間内に実現するためには、

- 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・機関レベルを超えて結集する（トップランナー方式とする）。
- ② それぞれの研究開発テーマ間のみならず、2つのデバイスとシステムの研究開発テーマが相互に関連しあって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する。
- ③ 各企業・機関が所有する既存設備を有効に活用することにより、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、実用化の観点からは国内外を含めた新規事業戦略の策定を行い、本研究開発の目標達成をより確実なものとする。

以上の基本理念を実現するために、図Ⅱ-2-1 に示す組織を設置しプロジェクトを推進している。

- (1) プロジェクトの業務執行を決定する最高議決機関として運営委員会を設置する。
- (2) 参加企業／機関と推進機構との調整、運営委員の補佐を行なう企画委員会・連絡委員会を設置する。
- (3) プロジェクトリーダーを議長とし、プロジェクト全テーマの研究開発を総合的に企画、調整、統合する技術委員会を設置する。
- (4) 本研究開発終了後に成果を早期に実用化に結びつけることを目的に、プロジェクトへの指針を示しサポートを行なう委員会として、標準化委員会、各機関に知的財産権専門委員会を設ける。



図Ⅱ-2-1 研究開発の実施体制(開発体制図)

2.2.2 実施体制

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（平成19～22年）に示す。プロジェクトリーダー（PL）の下に、大規模エッジルータ技術開発とLAN-SAN技術開発でそれぞれ2人のサブプロジェクトリーダー（SPL）を置き、各実施企業・研究機関・協会にはサブリーダー（SL）を置いて、プロジェクトの運営、開発進捗管理および情報交換がスムーズに進むように、全体の実施体制を構成している。なお平成23年以降（図Ⅱ-2-3）は、アラクサラネットワークスは形式的に脱退（早期に担当目標達成のため）、産総研はPETRA組合員として参画した。

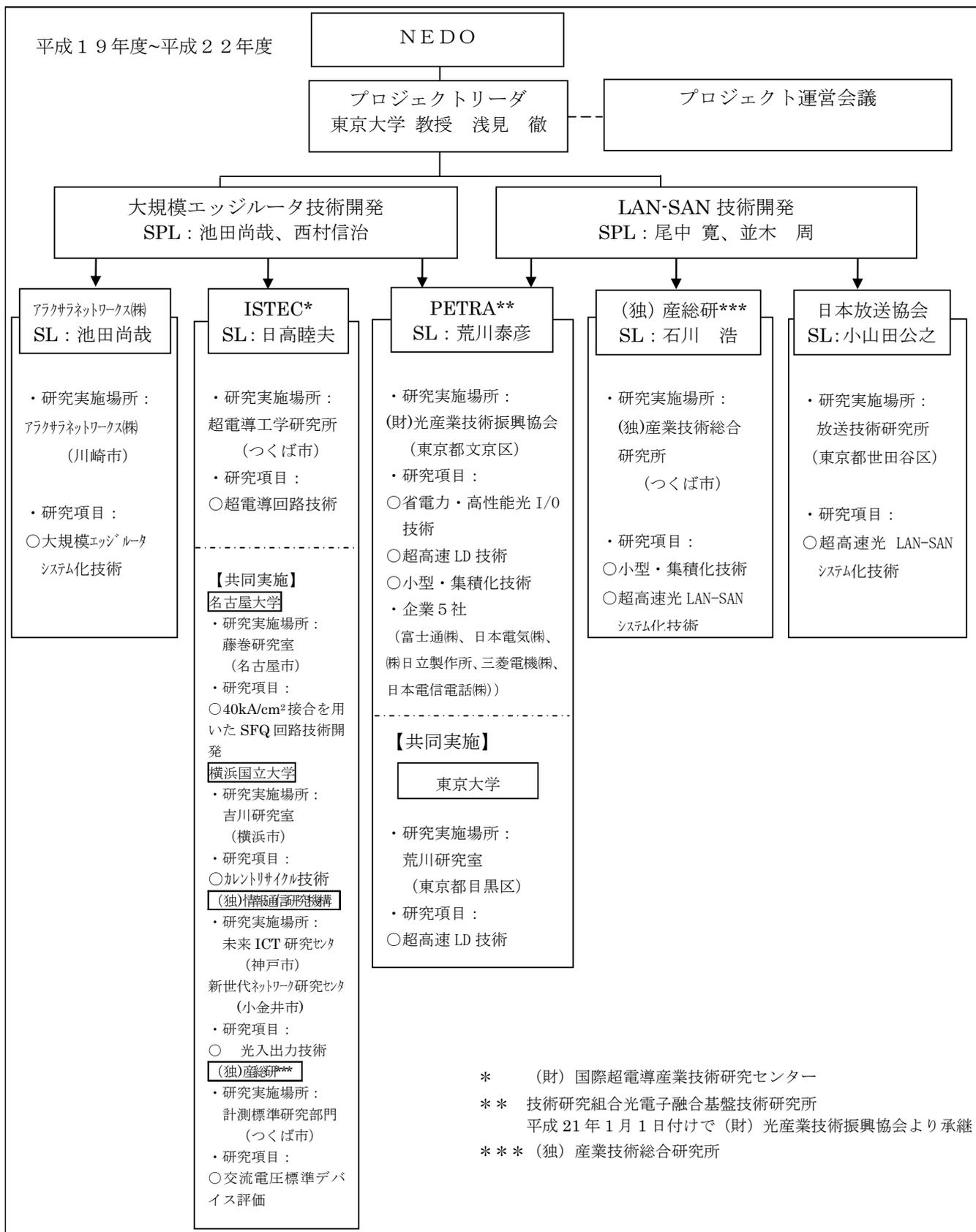


図 II-2-2 次世代高効率ネットワークデバイス技術開発の実施構成 (平成19年度~平成22年度)

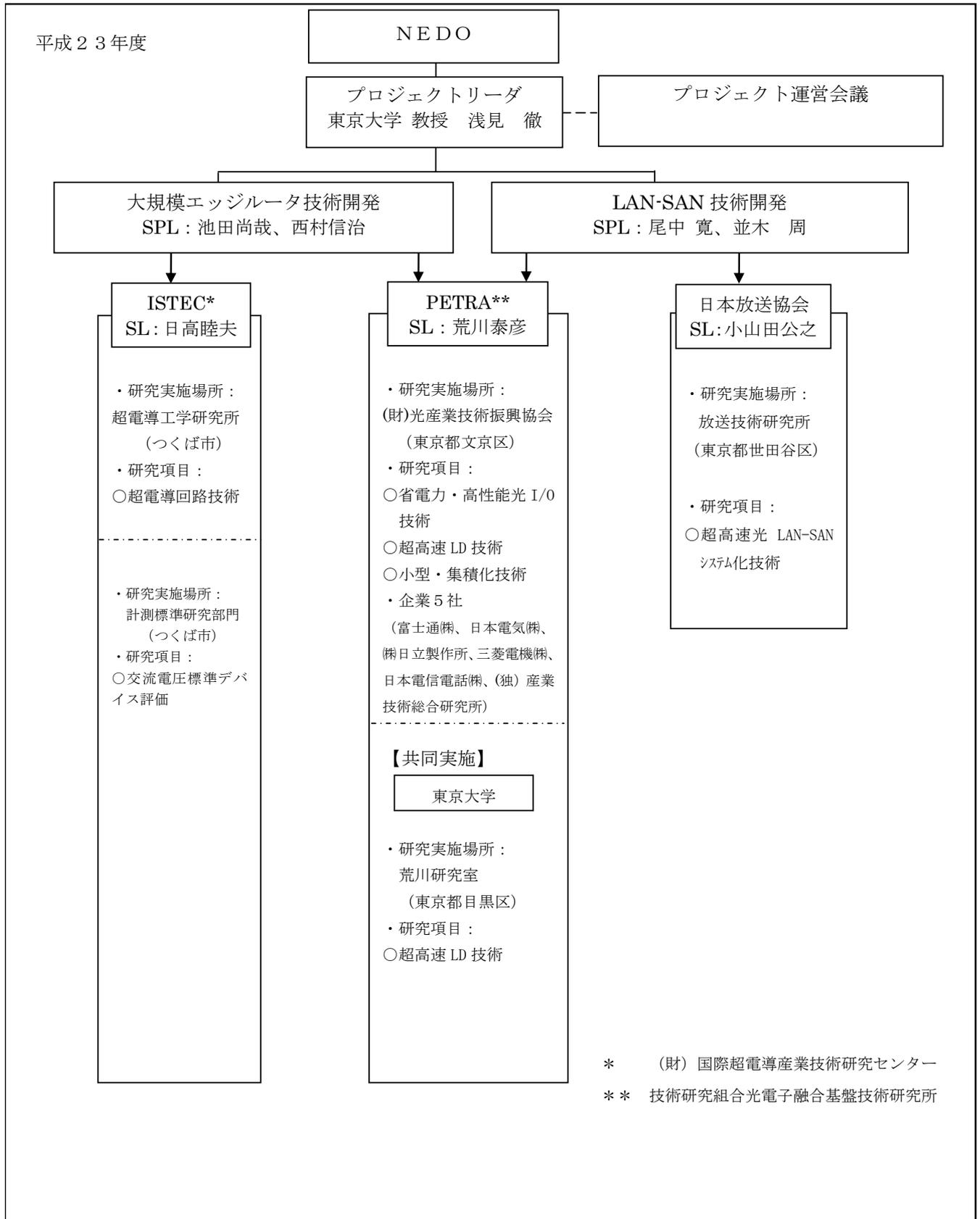


図 II-2-3 次世代高効率ネットワークデバイス技術開発の実施構成 (平成23年度)

2.2.3 研究員と共同研究先

(1) 主要な研究員と担当テーマ、研究員数を表Ⅱ-2-4、表Ⅱ-2-5に示す。

①次世代高効率ネットワークデバイス共通基盤技術の開発

表Ⅱ-2-4 主要な研究員と担当テーマ、研究員数① (H23/4時点)

個別テーマ	主要研究員	研究員数(人)		
		H23/4時点	参考: H22年度	参考: H21年度
超高速LDの技術開発	篠田和典、江川満	8	9	11
小型・集積化技術開発	李英根、田中有、 有賀博	10	13	37
超電導回路技術開発	日高睦夫	11	12	10
(省電力・高性能光I/O開発)		0	12	21
合計		29	46	79

②次世代高効率ネットワーク・システム化技術の開発

表Ⅱ-2-5 主要な研究員と担当テーマ、研究員数② (H23/4時点)

個別テーマ	主要研究員	研究員数(人)		
		H23/4時点	参考: H22年度	参考: H21年度
大規模エッジルータシステム化技術	辻伸二、蔵田和彦	11 (0)	41 (30)	33 (33)
超高速LAN-SANシステム化技術	石川浩、井出聡、 富澤将人、小山田公之	25	31	9
合計		36	72	42

大規模エッジルータシステム化技術の()内はアラクサラネットワークス㈱の研究員数

(2) 共同研究先

共同実施及び研究協力体制スキーム

「次世代高効率ネットワークデバイス共通基盤技術の開発」に係わる「超高速LDの技術開発」に関するテーマについては、技術研究組合光電子融合基盤技術研究所(以下P E T R A)と東京大学は共同研究契約を締結し、研究開発を行う。

「小型・集積化技術」に関するテーマについてはP E T R Aと(独)産業技術総合研究所は共同研究契約を締結し、研究開発を行う(H22年度まで)。また、「省電力・高性能光I/O開発」の内、「超高速多重・分離技術」に関するテーマについては、P E T R Aと日本放送協会は共同研究契約を締結し研究開発を行う。さらに、アラクサラネットワークス(株)(H22年度まで)と国際超電導産業技術研究センターを含めた5機関の研究者が参加する技術委員会においては、NDA(秘密保護の同意契約)を結ぶことで、相互信頼の上で情報調査・交換・共有を行い、プロジェクトの円滑な進捗を図ることとする。

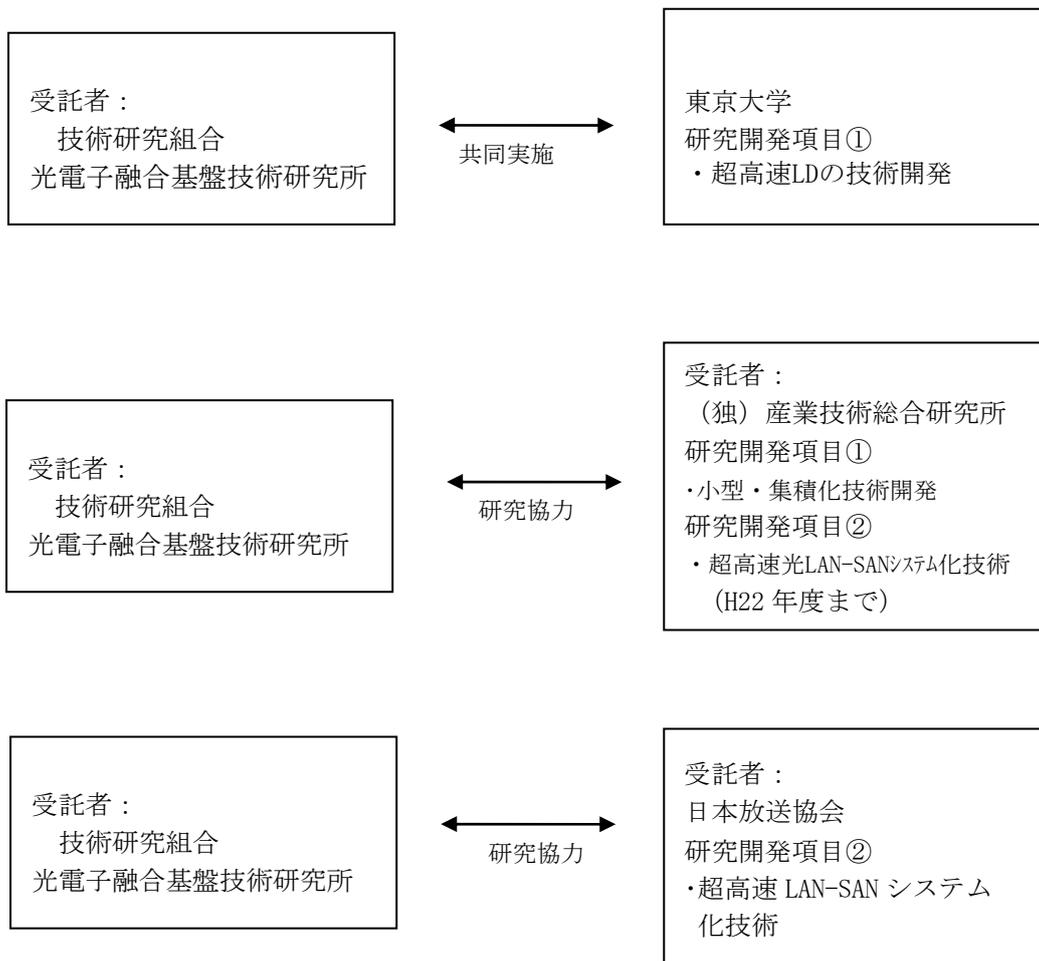


図 II-2-4 実施体制 (共同実施、研究協力)

2.3 研究の運営管理

図Ⅱ-2-2の実施体制において研究開発の運営管理は次のように行なっている。

本プロジェクトに関するNEDOとの契約は、PETRA、日本放送協会（NHK）、（財）国際超伝導産業技術センター、（独）産業技術総合研究所[H22年度まで]、アラクサラネットワークス（株）[H22年度まで]が個別に締結している。

本研究開発の成果を実用化と新規事業創造に早期に結びつけるためには、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パイプロダクトとして速やかに実用化を図ると同時に、本研究開発の成果に係わる知的所有権実施に関するルール作り、市場創造戦略の策定、国際標準化戦略の策定等を関係者5機関が一体となって推進する必要がある。

このような観点から、PETRA内に「次世代ネットワーク技術推進機構」を設置し、5機関相互間の調整を行なっている。また、PETRAは研究テーマ毎にトップランナーの関係企業から研究者を併任出向させ、本研究開発を推進すると共に、これらの研究成果に係わる早期の新規事業創造のために必要な事業を一体的に推進することにより、本研究開発の達成目標を期間内に実現し、その成果を早期に新規事業創造に結びつけていきたいと考えている。

また、本研究開発を効率的に実施するため、PETRAは東京大学、産業技術総合研究所、NHKとの間で「共同研究契約」を締結し、また、国際超伝導産業技術センターと産業技術総合研究所間でも共同研究契約を締結し有機的に研究を実施している。

NEDOと実施者間、実施者内の情報交換としての会議や打合せ状況を図Ⅱ-2-5、図Ⅱ-2-6に示す。NEDOは春と秋の年2回実施者と定例ヒアリングを開催し、研究開発内容の進捗状況確認を行うと共に、課題の共有や開発計画の見直し、加速資金の必要性などを議論する場を設けている。またこの定例ヒアリングや実施者間で行われる技術委員会での課題の解決に向けて個別ヒアリングを随時開催している。実施者間では、PETRA内の実施者間で行う研究企画調整会議や全テーマリーダー以上で行う技術委員会での研究開発状況の報告と意見交換を通して、お互いの進捗確認や情報共有によるプロジェクト管理を行っている。

定期ヒアリング (於 NEDO)	項目	内容
	出席者	NEDO、実施者メンバー、経済産業省
	開催頻度	年2回(春、秋) [H23年度は技術委員会にて代替]
	内容	研究内容進捗・計画確認、 実用化に向けた取組の確認 、他
技術委員会 (於 PETRA他)	項目	内容
	出席者	NEDO、実施者メンバー
	開催頻度	通算23回 [H23年度実績 6回]
	内容	研究開発進捗確認 、開発計画見直し、加速議論他
個別ヒアリング (於 実施者施設)	項目	内容
	出席者	NEDO、実施者メンバー(個々企業ごと)
	開催頻度	不定期(年数回) [H23年度実績 14回]
	内容	各社個別の事業化取組状況確認 、 設備・実験環境の確認 、研究開発進捗確認、他

図Ⅱ-2-5 NEDO－実施者間の研究開発マネジメント

研究開発の進捗確認・計画の見直し等（実施者間）

1. 研究企画調整会議

- ・主催者 : 荒川SL
- ・出席者 : 光協会実施者メンバー、NEDO電子部
- ・開催頻度 : 年6回程度
- ・議事内容 : 研究開発内容の進捗状況確認

2. その他

中間評価事前打合せ会議（平成21年度実績：4月13日、10月6日）

- ・主催者 : 浅見PL
- ・出席者 : SPL、SL、光協会、NEDO電子部

図Ⅱ-2-6 NEDO－実施者間の研究開発マネジメント

次に研究総括責任者であるプロジェクトリーダーの役割について以下に詳述する。

1. 組織関係
 - (1) 研究体（分室、集中研）の設置、廃止等の組織構成の決定。
 - (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決定。
3. 研究計画・管理関係
 - (1) 各研究体のサブリーダー、テマリーダーから構成される「技術委員会」を原則月一回開催し、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、各種デバイス開発の進捗状況確認および技術情報交換を目的に、デバイス開発のテマリーダーが集まる「研究規格調整会議」を技術委員会と同時に実施している。
 - (2) 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。
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、NEDO、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。

3. 情勢変化への対応

- 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光デバイス／モジュールの研究開発成果に基づき、当初の計画に追加する形で、基本計画の変更や加速資金の投入により、次世代光イーサネット規格（100GbE（25Gb×4ch）と40GbEシリアル）、及びITU-TでのOTNの標準化活動を積極的に推進した。研究開発の加速や補正予算による研究予算の推移を表Ⅱ-2-6に示す。

表Ⅱ-2-6 予算推移と加速資金の内訳

予算実績(百万円)

	H19年度 (2007)	H20年度 (2008)	H21年度 (2009)	H22年度 (2010)	H23年度* (2011)	合計*
計画時予算	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	5,000
予算(特別会計)	1,393	1,416	1,834	770	98	5,511
契約額	1,393	1,416	1,631	621	450	5,511

*超低消費電力型光電子ハイブリッド回路技術開発(光電子ハイブリッド)を含む

加速財源等の投入実績(テーマの追加有り)

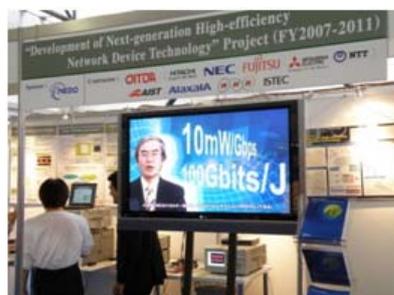
	時期	件名	金額 (百万円)	目的	成果
40G	H19/10	LAN-SAN向け光ネットワークインターフェースカードのための省電力40Gbps動作信号多重・分離集積回路開発	300	40Gbps動作信号多重・分離集積回路の設計試作	40Gbps動作信号多重・分離集積回路の設計試作を1年以上前倒し、国外グループに対する競争優位性を確かにした。
100GE	H20/7	100Gbイーサネット標準化獲得のためのサブシステム構築	287	100Gbイーサネット標準化獲得支援	25Gbps×4ch送受信光I/Oのサブシステム構築と展示を実施し、電力消費、小型化における優位性をアピールした。(IEEE標準規格に正式採用)
40GE	H20/12	40Gbイーサネットシリアル標準化獲得のための信号多重・分離CMOS回路の開発	80	40Gbイーサネットシリアル標準化獲得支援	信号多重・分離CMOS回路への40Gbイーサネットシリアル入出力機能の要素開発と国際会議展示デモを行い、実現性を証明し、IEEE標準化のためのアライアンス立ち上げに寄与した。
	H21/12	次世代光エッジルータと高品質・高信頼接続インターフェースに向けたデバイス技術開発	450	エッジルータ内の光配線(光バックプレーン)と40Gbイーサネットシリアル標準化獲得支援	競争優位性確保を目的とした25Gbps×4ch光バックプレーン開発に着手。40Gbイーサネットシリアル標準化に向けたCMOS開発とWAN-LAN-SAN領域でのシリアル伝送を国際会議デモを行い、実現性を証明。IEEE標準化開始直後に必要な要素をすべて揃え、動作することを証明し、標準規格獲得に向けて強く後押しすることができた。

	時期	件名	金額 (百万円)	目的	成果
25G	H22/3	A/D変換速度を50GS/sに向上させる改良ニオブプロセスの開発	30	A/D変換速度を50GS/sに向上させる改良ニオブプロセスの開発	ニオブプロセスを改良し、それまでの世界最高値である34GS/sを超える5bit50GS/sのA/D変換器作成を可能とし、国外グループに対する競争優位性を維持することができた。
	H22/11	サーバ向け空冷光インターフェースの開発	80	光バックプレーンの空冷動作化に向けたLSIならびにモジュール単体の動作確認	85°Cで動作する100Gbps(25G×4)光インターコネクト用LD/PDおよびモジュールを開発し(目標の上方修正)、国外グループに先駆けて超小型100Gbps光インターコネクトモジュールの空冷動作を実証することで、競争優位性を確かなものにした。
25G・40G	H23/2	次世代高効率ネットワークデバイス実用化加速に向けた集積デバイスのシステム統合技術の開発	298	集積デバイスを用いるスーパーハイビジョン配信システムデモ 高速光インターコネクト技術のシステム実証 超電導ADCを用いたリアルタイム波形観測システムの開発	非圧縮スーパーハイビジョン配信を可能とする超高速光LAN-SANシステム、LAN-WAN間のシームレス相互接続システム、100Gbps超小型光インターコネクトによる光BP接続ルータ、5bit50GS/sリアルタイムオシロ等のシステムレベルで動作確認を行い、デバイス開発にフィードバックすることで、デバイスの実用化を加速し、競争優位性を維持した。また、プレス発表、国際学会での展示デモを実施、海外メディアに取り上げられるなど、開発技術の認知度を高めることができた。

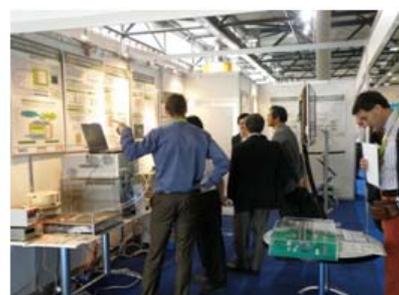
標準化への寄与文書（寄書）はプロジェクト全期間で10件を数え、また技術の実現性を示して標準化活動を支援するため、ECOC2009、OFC2012等の主要な国際会議での成果発表や、成果の動態展示を行った。各国際会議での展示デモ風景を図II-2-7に示す



OFC'12展示風景



ECOC'09展示風景



図II-2-7 国際会議での展示デモ風景

- 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・方針等の変更に反映させた。
- 3) 早期に実用化の目処が立った光デバイスは、プロジェクト終了を待たずに事業化を進めた。

4. 中間評価への対応

平成21年11月に実施された中間評価の結果、評価のポイント、指摘事項とその対応を表II-2-7、II-2-8に示す。

表II-2-7 中間評価の結果

評価項目	①事業の位置付け・必要性	②研究開発マネジメント	③研究開発成果	④実用化・事業化の見直し
評点	2.6	2.3	2.6	1.9
総合点・判定	4.5 (優良)			

総合点=③+④、判定:総合点3.0以上が合格、4.0以上が優良

表II-2-8 評価のポイント、指摘事項とその対応

評価のポイント
事業の中間目標がほぼ達成されているなど、全般的に良好に進捗している。また、一部には世界的に顕著な成果が得られているとともに、国際標準化活動も行われ、さらに実用化に対しても意欲的に取り組まれている点は高い評価に値する。しかしながら、個別テーマ目標や研究内容と事業全体の方向性との関連が明確ではない箇所も散見される。特に、伝送方式の選択では、国際動向の観点を入れて、本事業での位置づけの見直しが望まれる。今後は、総合評価試験を実施し、デバイス利用技術とシステム技術の検証を行うことが期待される。

主な指摘事項	反映(対応方針)のポイント
目標設定に関して、十分に先進的・革新的であったかどうかの検証が必要である。この観点からは、当初設定した目標達成と同時に、競合技術の進歩との相対的な比較も行うことが望ましい。	すでに定期的に国内外の競合技術とのベンチマーク比較は行ってきたが、さらに最新の競合技術との相対評価を行う。状況に応じて目標の修正も含め進捗状況の管理を行い、早期達成が必要な場合は加速資金等の検討も行き、より早い開発を推進する。(検討結果を基本計画、実施方針等に反映)
多くの個別テーマ間で相互整合性は十分に密接な連携もなされている一方で、個別テーマの目標や研究内容と事業全体の方向性との関連が必ずしも明確ではない箇所も散見される。	共通基盤技術開発とそのシステム化技術であるエッジルータ及び LAN-SAN システムとの関連付を明確にする。(基本計画・H22 年度実施方針に反映)
「大容量エッジルータ」と「光LAN-SANシステム」を総合的に見ると、サブテーマにオルタナート技術・デバイスと解釈される技術開発があるように見受けられる。プロジェクトの後半に向けて、統合できるものは統合・集中して頂きたい。	個々のサブテーマとそれらのシステム化技術であるエッジルータ及び LAN-SAN システムとの関連付を明確にする。また、この中で 100Gbit/s(25Gbps×4)と 40Gbit/s の伝送速度による切り分けを明確化する。(基本計画・H22 年度実施方針に反映)
実用化および国際競争力強化に向けて、更なる研究開発が行われることを期待する。例えば、波長資源有効活用とコアネットワークへの高機能リンクの観点から、波長帯の統合や最適化および DWDM 活用に向けてチャレンジングな課題にも取り組んで頂きたい。	成果ヒアリングや技術委員会等の進捗状況を確認する会議において、適宜目標の見直しを行う。(見直し結果を、基本計画、実施方針等に反映)

主な指摘事項	反映(対処方針)のポイント
<p>今後は、中間期までの成果を基に、総合評価試験を実施し、次世代ネットワークに向けたデバイス利用技術とシステム技術の検証を行って頂きたい。</p>	<p>今後システム化の検証を行う予定であるが、必要に応じて加速資金等の投入を行い、デバイスに関しても完成度を上げ早期の実用化の促進を図る。(H22 年度実施方針等に反映)</p>
<p>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投稿等がなされるよう一層の努力を続けて頂きたい。</p>	<p>国際会議の発表の中から、学術論文へ投稿を促している所ところであるが、更に成果の公開を図っていく。</p>
<p>スケーラブル・ルータアーキテクチャの研究開発に、予算のかなりの割合が投入されており、市販されている技術に対して、どの程度優位性があるか、投下された費用の妥当性を検証されたい。</p>	<p>スケーラブル・ルータアーキテクチャの研究開発で指摘のあったトラヒックモニタ技術と市販技術は、単純に優劣の関係ではなく相補的な役割を果たす技術である。(分科会委員に補足説明実施)同研究開発については一定の成果を得ており、今後光バックプレーンの開発に資源を集中するため、次年度以降はテーマを縮小する。(基本計画・H22 年度実施方針に反映)</p>
<p>160Gb/s の光ネットワークインタフェースカード(NIC)に関して、個々の要素技術は進展しているが、それらが、ハイブリッド集積で NIC としてまとまっていく技術とうまくつながっているかやや危惧される。また、伝送方式として 160Gbit/s の OTDM を選択している点については、国際動向などの観点を入れて、本事業における位置づけの見直しが望まれる。</p>	<p>使用波長や動作速度の整合性を明確化し、OTDM-NIC としての実証を行う。(基本計画・H22 年度実施方針に反映)</p> <p>160Gbit/s OTDM の4チャンネルアレイ光インタフェースカードの4チャンネルアレイ化開発は中止し、OTDM 伝送方式は将来の省エネルギーネットワーク技術としての検討を継続する。(H22 年度実施方針に反映)</p>

5. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び産業技術政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部の専門家及び有識者による研究開発の中間評価を平成21年度、事後評価を平成24年度に実施する。なお、評価の時期は、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に応じて前倒しする等、適宜見直しするものとする。

Ⅲ. 研究開発成果について

1. 事業全体の成果

開発線表と個別テーマ：

本プロジェクト全体の開発線表を表Ⅲ-1-1に示す。5年間のプロジェクトであり最初の3年間は要素技術開発を主体に行ない、後半の2年はシステム実証を行うため「B（1）大規模エッジルータシステム化技術」と「C（1）超高速光LAN-SANシステム化技術」に集約して推進した。

表Ⅲ-1-1 開発線表

項目	開発項目	2007	2008	2009	2010	2011	2012
大規模エッジルータシステム化技術							
共通基盤技術	省電力・高性能光I/O開発						
	超高速光受信アナログ・FE						
	超高速光送信ドライバ						
	超高速LDの技術開発						
	超高速・省電力面出射型レーザ						
	小型・集積化技術開発						
システム化技術	高感度光受信モジュール						
	超電導回路技術開発						
	SFQベース・リアルタイムオシロ						
	小型省電力光アップリンク						
スケーラブル・ルータアーキテクチャ							
超高速光LAN-SANシステム化技術							
共通基盤技術	省電力・高性能光I/O開発						
	超高速多重・分離技術						
	LAN/WAN間大容量信号変換						
	超高速LDの技術開発						
	高速直接変調レーザ						
	小型・集積化技術開発						
システム化技術	ハイブリッド集積全光スイッチ及びOTDM-NIC						
	高効率半導体増幅器						
	入力ダイミックス拡大波長変換器						
	小型省電力波長可変光源						
	光NIC用省電力インタフェース技術						
LAN-SANシステム設計技術							
SHV配信LAN-SANシステム收容技術							
LAN/WAN間大容量信号変換							

技術マップ：

本プロジェクトの2大テーマ（①大規模エッジルータシステム化技術と②超高速光LAN-SANシステム化技術）の各個別テーマと最終システムの関係を示した技術マップを図Ⅲ-1-1と図Ⅲ-1-2に示す。

これらの2つのシステム化技術を伝送速度で分けると、100GbE（25Gbps技術）技術の大規模エッジルータシステム化技術と、40GbEとOTN（40Gbps技術）技術の超高速光LAN-SANシステムシステム化技術に大別できる。これらの2つのシステム化技術と個別テーマの関係を図Ⅲ-1-3に示す。それぞれのキーデバイスは、本プロジェクトで開発した100Gbps（25Gbps×4ch）小型光トランシーバと小型40Gbpsシリアル光トランシーバである。

研究成果：

研究成果に関しては、平成19年から平成24年2月までの（論文、学会発表、標準化寄与文書、特許、新聞発表、展示会）について総件数を表Ⅲ-1-2にまとめて示す。

表Ⅲ-1-2 事業全体の成果

論文	学会発表 (国際/国内学会) (解説記事含む)	標準化寄与文書 (寄書)	特許	新聞発表	主要 展示会
48件	330件 (119件/211件)	10件	90件 (内数) 国内出願：71件 外国出願：19件	34件	20件

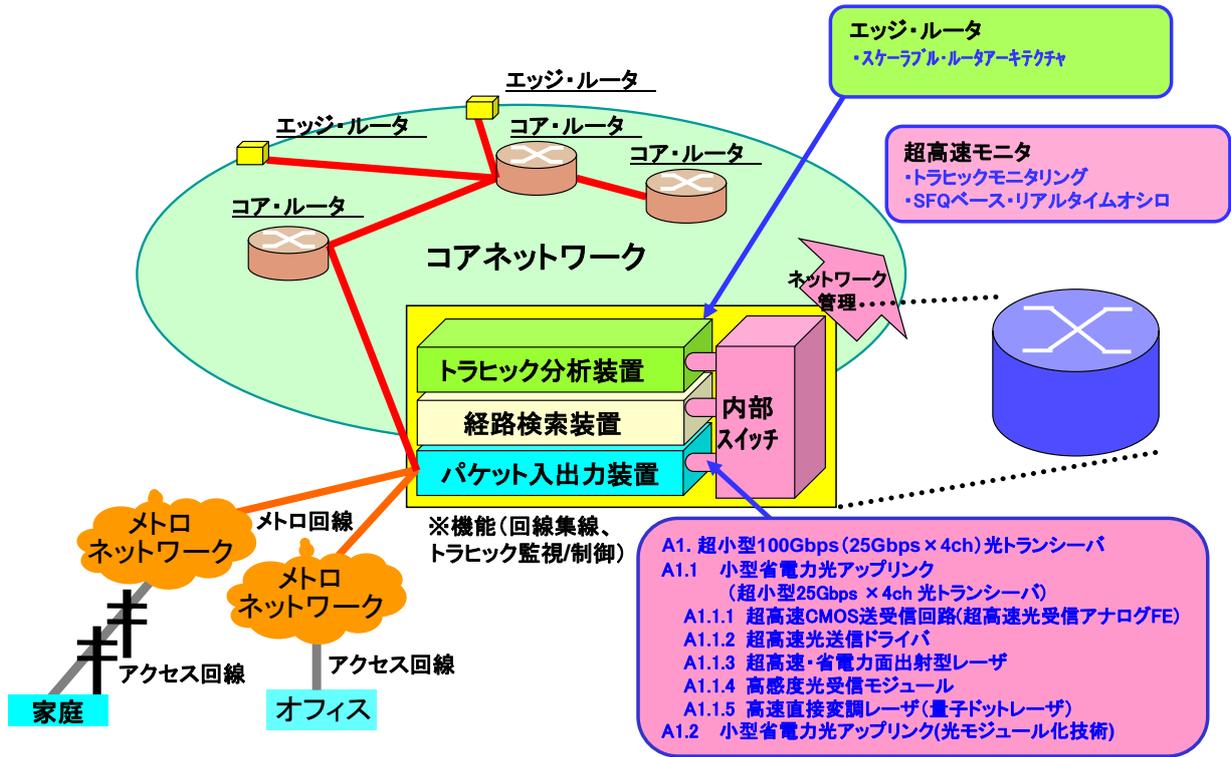
また、本プロジェクトの目的である省電力効果の成果を簡潔に纏めたものを。図Ⅲ-1-4に示す。
本プロジェクトの成果として、消費電力の削減率として-50～-90%が得られている。

個別テーマの研究成果概要：

個別テーマの研究成果概要を纏めたものを表Ⅲ-1-3と表Ⅲ-1-4に示す。

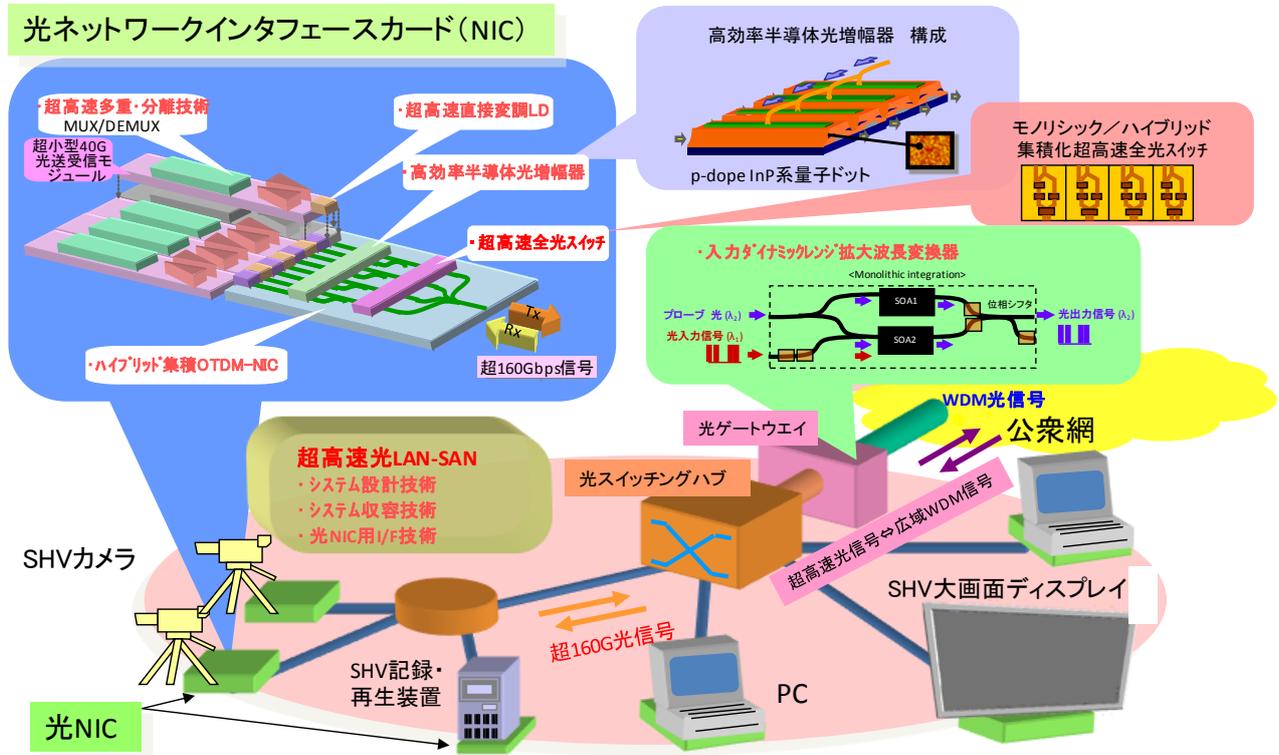
全ての個別研究テーマとも最終目標を達成することが出来た。また、研究成果に関しプロジェクトリーダーとNEDOで客観的に判定した達成度も示す。

大規模エッジルータシステム化マップ



図III-1-1 大規模エッジルータシステム化技術マップ

超高速光LAN-SANシステム化技術マップ



図III-1-2 超高速光 LAN-SAN システム化技術マップ

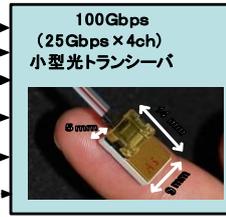
共通基盤技術:個別テーマ

キーデバイス

システム

① 100GbE (25Gbps技術)

超高速CMOS送受信回路
超高速・省電力面射出型レーザー
高感度光受信モジュール
超高速光送信ドライバ
小型省電力光アップリンク(光モジュール化技術)
高速直接変調レーザー(量子ドットレーザー)
スケーラブル・ルータアーキテクチャ
SFQベース・リアルタイムオシロ



光バックプレーン(ルータに利用)
100GBASE-LR4
高速ネットワークトラヒック分析
SFQベース・リアルタイムオシロ

② 40GbE & OTN (40Gbps技術)

LAN-WAN間大容量信号変換技術
入力ダイナミックレンジ拡大波長変換器
超高速多重・分離技術 (小型40Gシリアル光トランシーバ)
高速直接変調レーザー(AIGaInAs系レーザー)
LAN-SANシステム設計技術
SHV配信LAN-SANシステム収容技術
ハイブリッド集積全光スイッチ 及びOTDM-NIC
高効率半導体増幅器



OTN
40GBASE-FR
OTDM多重化SHV伝送システム

図III-1-3 個別テーマとシステムとの関係

プロジェクト開始時点 (2007. 4)	プロジェクト終了時 (2012. 2)	削減率
<p>100GbE</p> <p>CFPモジュール(25Gbps×4ch)</p> <ul style="list-style-type: none"> 消費電力 24W サイズ 145×77×14mm <p>(備考) 100Gbイーサネット光モジュール</p>	<p>小型100Gbps(25G×4ch)光トランシーバ</p> <ul style="list-style-type: none"> 消費電力 2W サイズ 14×9×5mm 	<ul style="list-style-type: none"> 消費電力 -92%削減 サイズ -99%削減
<p>40GbE</p> <p>300pin光トランシーバ(40Gbps×1ch)</p> <ul style="list-style-type: none"> 消費電力 24W サイズ 178mm×127mm <p>(備考) 300pin規格準拠</p>	<p>小型40Gbpsシリアル光トランシーバ</p> <ul style="list-style-type: none"> 消費電力 5.6W サイズ 91mm×42mm 	<ul style="list-style-type: none"> 消費電力 -77%削減 サイズ -83%削減
<p>OTN 40G-SONET</p> <p>トランスポンダラインカード(10G×4枚)</p> <p>主要3部品で比較</p> <p>26W×4枚=104W</p> <p>(LAN-SAN大容量信号変換)</p>	<p>トランスポンダラインカード(40Gbps×1枚)</p> <p>主要3部品で比較</p> <p>38W×1枚=38W</p>	<ul style="list-style-type: none"> 消費電力 ラインカード -60%削減 LSI単体 -50%削減
<p>OTDM伝送システム</p> <p>(10GbpsでWDMの場合)</p> <p>10G WDMトラボ:消費電力20W</p> <p>20W×16台=320W</p> <p>電気スイッチ部 1720W</p> <p>合計:2040W</p>	<p>172Gbps(43G×4ch)+光パススイッチ</p> <p>~640Gbps/1 laneまで拡張可能</p> <ul style="list-style-type: none"> 消費電力:~200W サイズ:ラインカードサイズ 	<ul style="list-style-type: none"> 消費電力 2040W→200W -90%削減

図III-1-4 省電力化の成果

表Ⅲ-1-3 大規模エッジルータ成果概要 (○最終目標達成：◎実用化への基盤確定)

個別テーマ	最終目標 (平成 23 年度)	主な成果状況	達成度
超小型 25Gbps×4ch 光トランシーバ (小型省電力光アップリンク)	ルータの光バックプレーンとして 25Gbps×4ch トランシーバを適用し動作実証 100Gbps 双方向 省電力 10mW/Gbps	速度変換 IC とアナログフロントエンド部(Driver,TIA)を CMOS-LSI として一体集積することで小型化と省電力化(10mW/Gbps)を実現	○
光モジュール化技術	25Gbps×4ch 光送受信モジュール超小型サイズ 1cm ² 程度高均一性、高放熱特性を実現	25Gbps×4ch 光モジュールとして、世界最小 14×9×5.3mm(L×W×H)の超小型化を実現	◎
超高速光送信ドライバ	低消費電力の冗長化ドライバ回路を開発し 25Gbps で 10mW/Gbps 以下の小型 I/Oを開発	CMOS カソードドライブ方式のドライバを試作し、25Gbps で 6.7mW/Gbps を実現	○
超高速・省電力 面出射型レーザ	・単体で 28Gbps 以上高速動作 ・アレイ素子の高温(85℃)、高速動作(25Gbps)	・単体で 40Gbps 動作を確認 ・85℃で 25Gbps×4ch アレイ LD の動作確認	◎
高感度 光受信モジュール	PD と受信アンプ回路との高密度集積実証 (送受信部全体：10mW/Gbps) ,4ch アレイ化光受信フロントエンドを開発	光バックプレーンのルータ装置で、25Gbps×4ch トランシーバとして動作を確認	◎
高速直接変調レーザ (量子ドットレーザ)	温度安定 25Gbps 動作実現	1.3μm 帯量子ドットレーザで、70℃までの温度安定 25Gbps 動作を達成	○
スケラブル・ルータアーキテクチャ			
高速トラヒック計測・ 分析技術	40Gbps および 4M フロー/秒に対応する独立筐体型、およびルータ内蔵トラヒック分析装置を開発	40Gbps および 4M フロー/秒に対応する独立筐体型、およびルータ内蔵トラヒック分析装置を試作し動作を確認	◎
スケラブル・ルータ 装置管理技術	複数台のルータが連携して大規模なスケラブル・ルータとして動作するための装置管理技術を開発	複数のルータと試作したルータ内蔵トラヒック分析装置により、スケラブル・ルータを構成して実証	◎
光信号によるルータ内 結合構造	ルータ内の機能モジュール間を光信号により結合してルータ内のデータ転送処理を高速化する光バックプレーン技術を開発	100Gbps 光トランシーバを組合せたルータ内機能モジュール、及び光バックプレーン向けの電気光混載コネクタを開発し、光バックプレーン搭載ルータの試作と実証を行った	◎
SFQ ベース リアルタイムオシロ	・40Gbps 光入力技術構築 ・5 ビット SFQ 高速 AD コンバータによる 50GS/s 波形観測を実現	・5 ビット SFQ 高速 AD コンバータによる 100GS/s 波形観測、および 10GHz 光入力波形観測の実証	○

表Ⅲ-1-4 超高速光 LAN-SAN システム成果概要 (○最終目標達成：◎実用化への基盤確定)

個別テーマ	最終目標 (平成 23 年度)	主な成果状況	達成度
超高速光 LAN-SAN システム設計と実証	160Gbps 超級集積型 OTDM 光 NIC 用デバイスを用いた 160Gbps 光 LAN-SAN 動作実証	172Gbps (43Gbps×4ch) 光 LAN-SAN 動作実験に成功	○
ハイブリッド集積全光スイッチ及び OTDM-NIC	ハイブリッド集積 4 チャンネル全光スイッチ、ハイブリッド集積 OTDM-NIC の実現	172Gbps (43Gbps×4ch) 光 LAN-SAN SHV 信号配信システムに組み込み長時間の安定操作を確認	○
高効率半導体光増幅器	半導体光増幅器 (SOA) のハイブリッド実装を開発し、4 チャンネルアレイ化を実現する。	波長 1.55 μ m で利得 11dB、飽和出力 13dBm の 4 チャンネルアレイ素子を実現	○
SHV 配信 LAN-SAN システム収容技術	非圧縮 SHV (72Gbps) を 160Gbps 光 LAN で伝送し、2 チャンネル切り替えて受信する	2010、2012 年度 N H K 技研展で SHV 非圧縮映像信号の配信実験を動態展示。安定動作を確認	○
40Gbps シリアル光トランシーバ (光 NIC 用省電力インタフェース技術)	超小型 40Gbps 光送受信モジュールを開発 LAN-SAN システムで従来比 60% の省電力効果を実現	・超小型 40Gbps 光送受信モジュール (サイズ 1/6 以下、電力 50% 以下) を実現 ・40GE シリアルの国際標準化に大きく貢献	◎
高速直接変調レーザ (AlGaInAs 系単一モードレーザ)	単一モードレーザにおいて、85 $^{\circ}$ C 以上、駆動電流 50mA 以下で 40Gbps 動作を実証する	・1.55 μ m 帯 LD:85 $^{\circ}$ C で駆動電流 43.5mA 達成 ・1.3 μ m 帯 LD :85 $^{\circ}$ C で駆動電流 88.5mA	○
40Gbps LAN-WAN システム			
LAN-WAN 間大容量信号変換技術	40G LAN-WAN 間をシームレスに接続する信号変換 LSI 技術の確立 (消費電力 16W 以下)	消費電力 13.3W を実現。国際標準化で ITU-T の文書化に成功。実用化のため子会社へ技術展開済	◎
入力ダイナミックレンジ拡大波長変換器	波長・入力電力に対しロバストな波長変換器の 4 チャンネルアレイ化を実現する	レベル監視 PD と入力光レベル調整 SOA を集積した波長変換光素子を開発	◎
小型省電力波長可変光源	・波長チューニング電力 $\leq 40\text{mW}/\text{ring}$ ・波長可変範囲 100nm ・波長可変光源モジュールの低消費電力化 $\leq 2\text{W}$	左記目標クリア H22 年度で完了	○

2. 研究開発項目毎の成果

本項では、各個別テーマの研究開発成果を説明する。

始めに、個別テーマ間の関係と研究開発成果の包含関係をまとめた図を、45ページの図3-15と図3-16に示す。

以降、①大規模エッジルータ、②超高速光LAN-SANシステムの個別テーマ毎の研究開発成果と実用化/事業化の見通しを纏めた図面を以下に示す。

2.1 大規模エッジルータ

個別テーマの研究開発成果概要を46ページから50ページの下記の図に示す。

図3-17：超小型100Gbps（25Gbps×4ch）光トランシーバ技術

図3-18：光モジュール化技術

図3-19：超高速CMOS送受信回路（超高速光受信アナログFE）

図3-20：超高速光送信ドライバ

図3-21：超高速・省電力面出射型レーザ

図3-22：高感度光受信モジュール

図3-23：高速直接変調レーザ（量子ドットレーザ）

図3-24：スケーラブル・ルータアーキテクチャ

図3-25：SFQベース・リアルタイムオシロ

2.2 超高速LAN-SANシステム

個別テーマの研究開発成果概要を50ページから54ページの下記の図に示す。

図3-26：超高速光LAN-SANシステム設計と実証

図3-27：ハイブリッド集積全光スイッチ及びOTDM-NIC

図3-28：高効率半導体光増幅器

図3-29：SHV（スーパーハイビジョン）配信LAN-SANシステム収容技術

図3-30：40Gbpsシリアル光トランシーバ技術（光NIC用省電力インタフェース技術）

図3-31：高速直接変調レーザ（AlGaInAs系単一モードレーザ）

図3-32：LAN-WAN間大容量信号変換技術

図3-33：入力ダイナミックレンジ拡大波長変換器

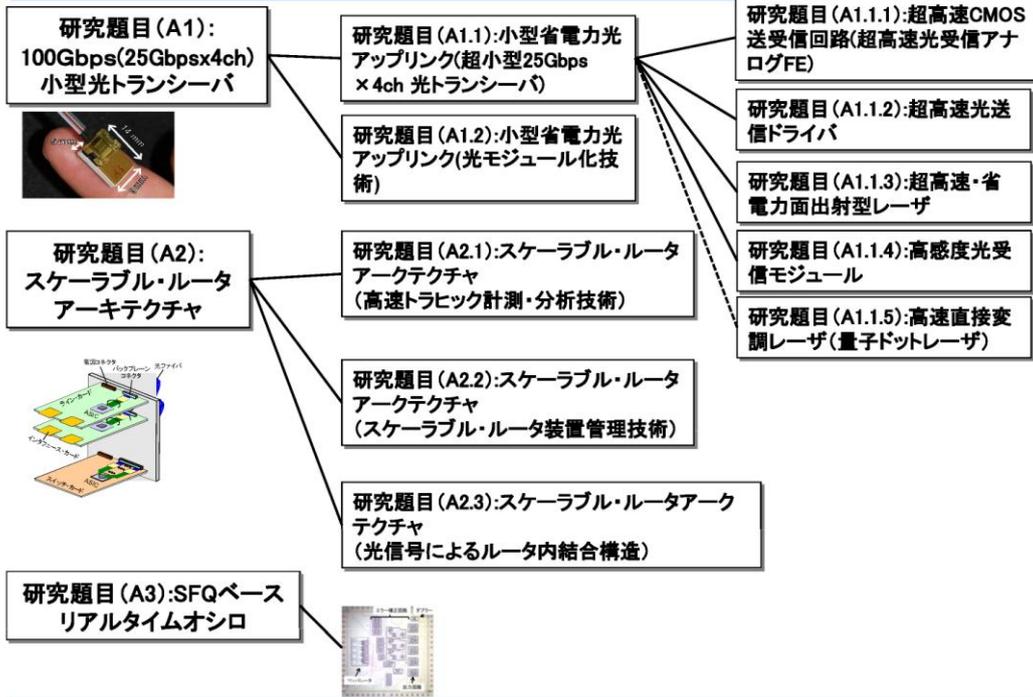
図3-34：小型省電力波長可変光源

5-2 研究開発成果について

3. 研究開発成果について

研究開発成果の包含関係

公開

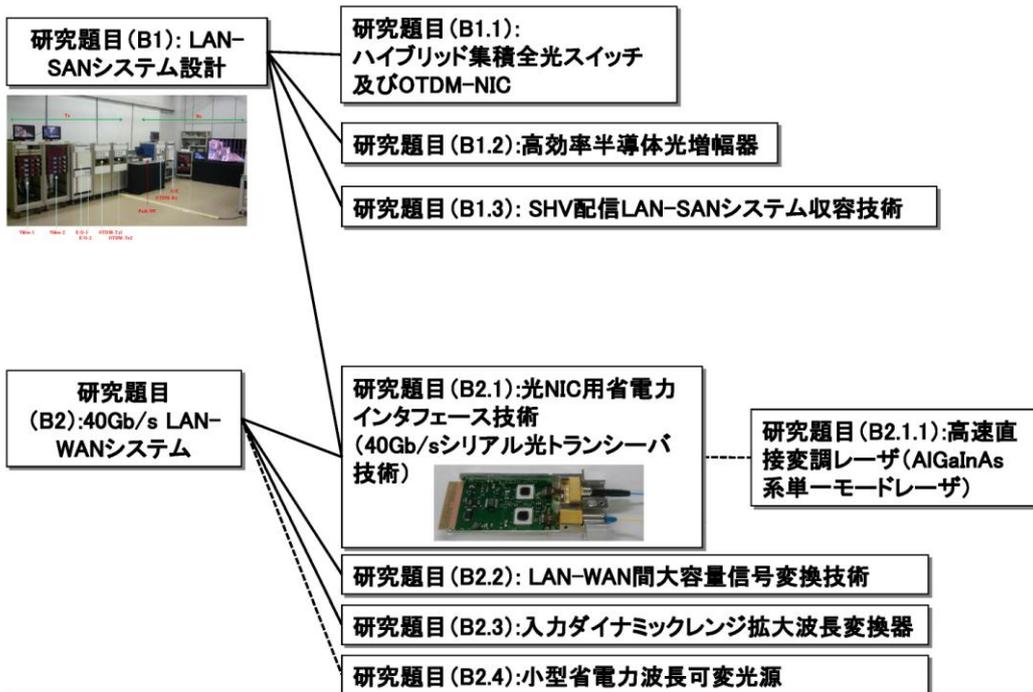


5-2 研究開発成果について

3. 研究開発成果について

研究開発成果の包含関係

公開



研究開発成果、実用化、事業化の見通し

公開

研究題目 (A1.1)

成果概要: 25Gbps 技術

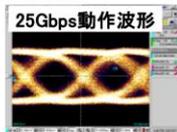
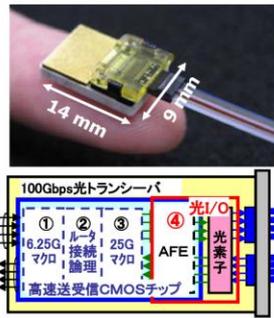
【最終目標達成】

小型省電力光アップリンク(超小型100Gbps (25Gbps × 4ch) 光トランシーバ)(日立)

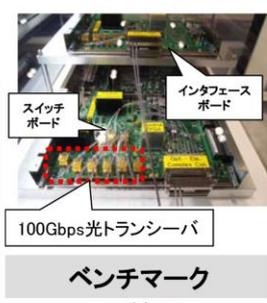
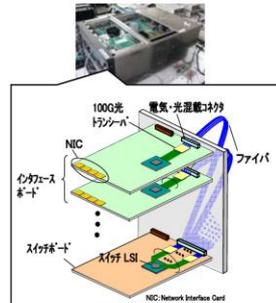
小型100Gbps光トランシーバを開発し、光I/Oで10mW/Gbps、従来比90%の省電力効果を実証し、本光トランシーバをエッジルータデモ実験システムのバックプレーンに適用し、伝送実証完 (NEC、アラクサラと連携)。

○ 100Gbps双方向・省電力光I/O(10mW/Gbps,従来比90%の省電力効果)を実証 (最終年度目標)。

小型100Gbpsトランシーバ



ルータデモ実験システム適用

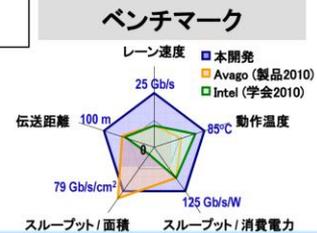


最終目標達成状況

25Gbps/ch動作と光I/Oで10mW/Gbps,従来比90%の省電力効果を実証(最終目標達成)。

実用化・事業化見通し

25Gbps/chの小型光トランシーバについては、プロジェクト終了後も継続開発を進め、早期製品化を図る。



研究開発成果、実用化、事業化の見通し

公開

研究題目 (A1.2)

成果概要: 25Gbps 技術

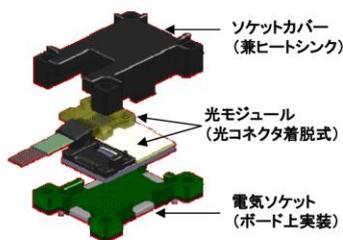
【最終目標達成】

小型省電力光アップリンク(光モジュール化技術)(NEC)

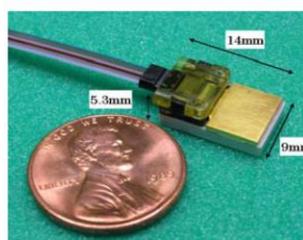
25Gbps × 4chの光送受信モジュールを、超小型サイズ(1cm²程度)で、光結合のch間高均一性、高放熱特性を満たして実現。

○超小型: W 9 × L 14 × H 5.3mm ○低損失&高均一光結合: 送信損失~3dB
○高放熱特性: 光素子&LSI温度上昇<10°C

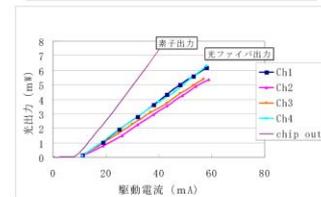
光モジュール構造



光モジュール実体写真



光出力特性(送信)



最終目標達成状況

最終目標達成。

実用化・事業化見通し

100Gスループットの超小型光I/Oは、光バックプレーンのキーコンポーネント。まずは、共通実装構造を10G × 12ch光I/O(送信/受信)に適用し実用化。

ベンチマーク



●OFC2011: 展示・発表
●OFC2012: 展示

研究題目 (A1.1.1)

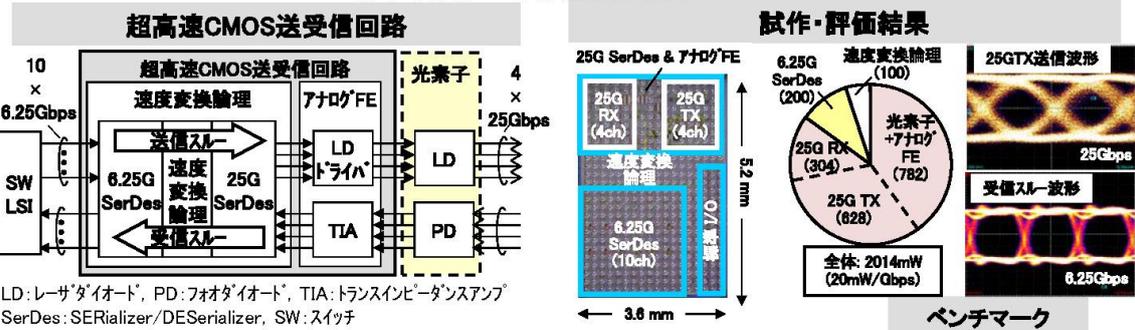
超高速CMOS送受信回路(超高速光受信アナログFE)(日立)

成果概要: 25Gbps 技術

ルータとの接続機能(速度変換論理)とアナログフロントエンド回路を一体集積した超高速CMOS送受信回路を開発し、4×25Gbpsの高速動作と、20mW/Gbpsの低電力動作実証完了。

【最終目標達成】

○100Gbps双方向・省電力光I/O(10mW/Gbps、従来比90%減の省電力効果)を実証(最終年度目標)。

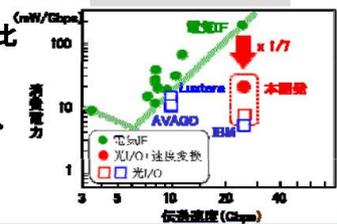


最終目標達成状況

25Gbps/ch動作と光I/Oで10mW/Gbps、従来比90%減の省電力効果を実証(最終目標達成)。

実用化・事業化見通し

省電力のキー技術(CMOS回路)については、プロジェクト終了後も継続開発を進め、早期製品化を図る。



●国際会議VLSI2012で開発成果を発表

事業原簿 P47

次世代高効率ネットワークデバイス技術開発 事後評価分科会(平成24年9月6日)

3-19

研究題目 (A1.1.2)

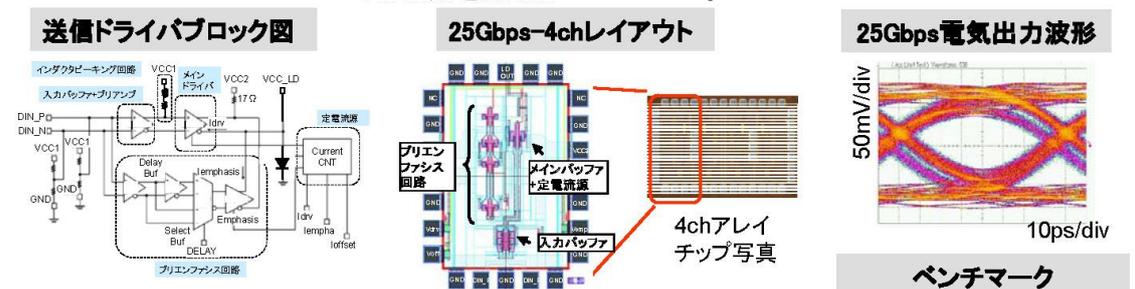
超高速光送信ドライバの技術開発(NEC)

成果概要: 25Gbps 技術

25Gbps×4ch 送信ドライバ(CMOS)のチップ試作および評価完了し、25Gbpsの高速動作および10mW/Gbps以下の低消費電力性を確認。

【最終目標達成】

○帯域: 25Gbps ○4chアレイ(トータルスループット100Gbps)
○低消費電力動作: 6.69mW/Gbps

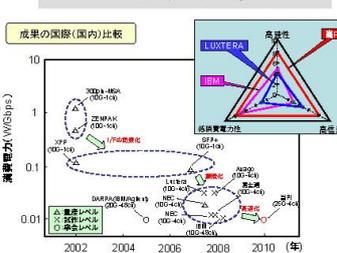


最終目標達成状況

当初計画の**最終目標を達成**。
90nm-CMOSプロセスを用い、25Gbps駆動で10mW/Gbps以下の低消費電力送信ドライバを開発し、最終目標を達成。FPGAベースで高信頼化技術を実証し、最終目標を達成。

実用化・事業化見通し

自社における継続開発により、100GbE トランシーバならびにルータ向け超高速アップリンクへの適用を目指す。



事業原簿 P47

次世代高効率ネットワークデバイス技術開発 事後評価分科会(平成24年9月6日)

3-20

研究題目 (A1.1.3)

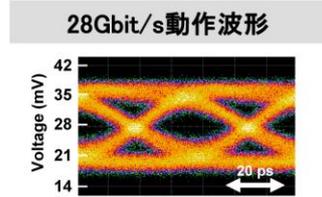
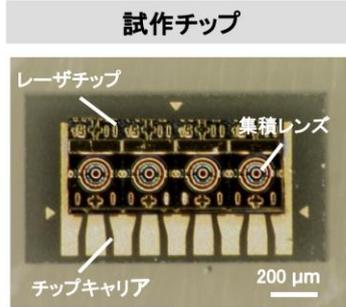
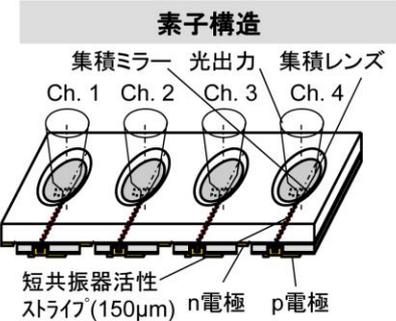
超高速・省電力面出射型レーザ(日立)

成果概要: 25Gbps 技術

短共振器構造と集積レンズを採用した高速・省電力面出力レーザアレイを開発し、85°C、100Gbit/s (25Gbit/s × 4チャンネル) 動作を実証。

【最終目標達成】

- アレイ素子の高温高速動作: 85°C、100Gbit/s (25Gbit/s × 4ch)
- 単体素子の高速動作: 28Gbit/s
- 省電力動作: 従来比1/2 (3.2GHz/mA^{1/2})

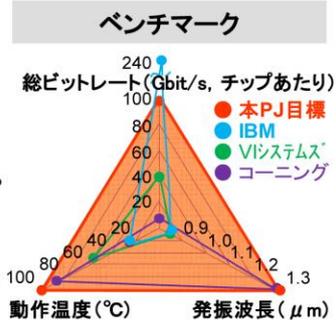


最終目標達成状況

最終目標(25Gbit/s × 4ch)は一年前倒し達成済み。最終年度目標(28Gbit/s)も達成済み。

実用化・事業化見通し

顧客が波長1.3μm光モジュール小型化のキラー技術として注目。プロジェクト終了後も継続開発を進めており早期製品化を図る。



●OFC2012で動態展示実施

●100GbE標準化会議で本成果に基づき提案

研究題目 (A1.1.4)

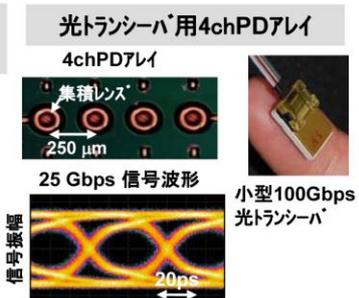
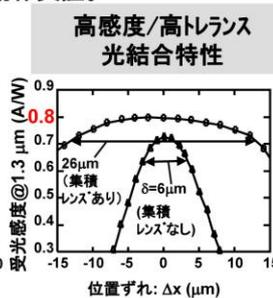
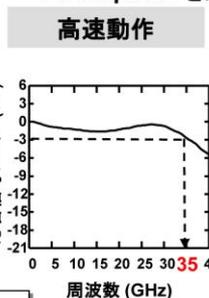
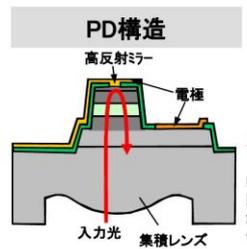
高感度光受信モジュール(日立)

成果概要: 25Gbps 技術

高反射ミラーと集積レンズを採用した高速・高感度フォトダイオード (PD)アレイを開発。小型100 Gbps (25 Gbps × 4チャンネル (ch)) 光トランシーバに適用し、25 Gbps/ch 動作実証。

【最終目標達成】

帯域: 35 GHz、受光感度: 0.8A/W の4chPDアレイを開発。光トランシーバに適用し、25 Gbps/ch を動作実証。

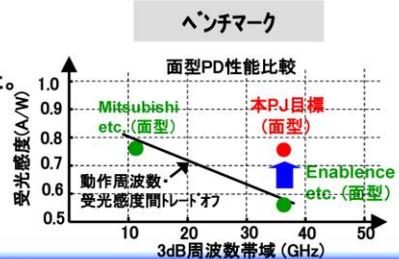


最終目標達成状況

35 GHz、0.8A/W の4chPDアレイの開発、ならびに小型100Gbps 光トランシーバに適用かつ25 Gbps/ch動作を実証し、最終目標を達成した。

実用化・事業化見通し

高感度受光素子は、光通信用モジュールの小型化を実現するためのキー技術であり、プロジェクト終了後も継続開発を進め、早期製品化を図る。



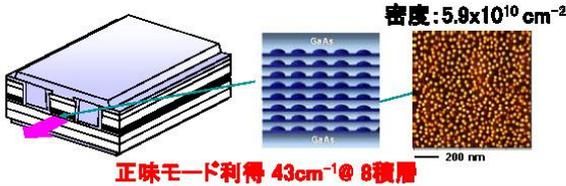
研究題目 (A1.1.5)

高速直接変調レーザ(量子ドットレーザ:富士通)

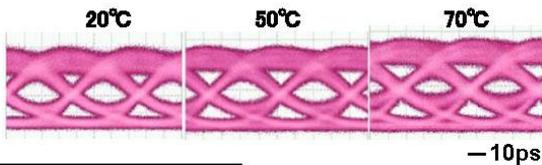
成果概要: 25Gbps 技術

温度安定・高速直接変調レーザの実現

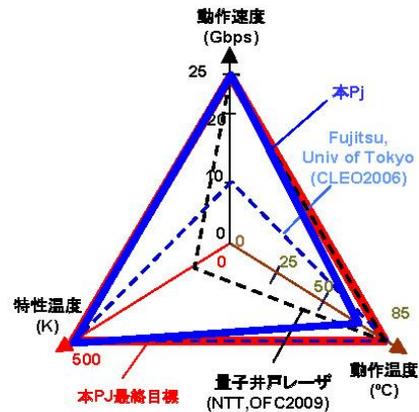
高密度量子ドットの多層積層による高利得化



70°Cまでの温度安定25 Gbit/s動作(駆動条件固定)



ベンチマーク



最終目標達成状況

最終目標(温度安定25 Gbit/s動作)を達成

実用化・事業化見通し

小型・低消費電力の市場ニーズとマッチしており、実用化の期待は大。実用化に向けた技術開発を継続すると共に、要素技術を切り出した形での早期の製品展開を検討。

研究題目 (A2.)

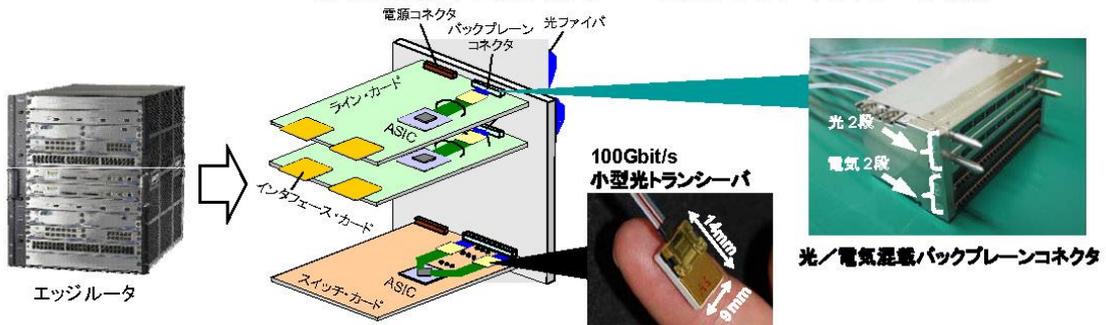
スケーラブル・ルータアーキテクチャ(アラクサラ)

成果概要: 25Gbps 技術

光デバイスを用いた大規模エッジルータの実現に要する以下の技術に関し、その試作と検証を実施

【最終目標達成】

- 40Gbit/s対応高速トラフィック計測・分析技術 (中間目標にて達成済)
- スケーラブル・ルータ装置管理技術
- 100Gbps小型光トランシーバを用いた光バックプレーン技術



最終目標達成状況

複数台ルータの連携によるスケーラブル・ルータアーキテクチャ、および100Gbit/s小型光トランシーバを用いた光バックプレーン搭載ルータの実機実証を行い、最終目標を達成。

実用化・事業化見通し

光バックプレーン技術を適用した次世代ルータの実用化に向けて、光デバイスの信頼性確保、コスト低減等への取り組みを継続。

研究題目 (A3.)

SFQベース・リアルタイムオシロ (ISTEC)

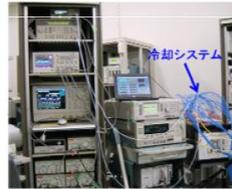
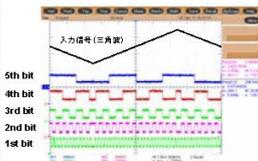
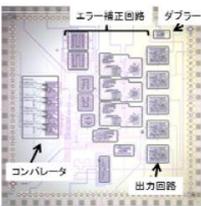
成果概要: 25Gbps 技術

- SFQ ADCのサンプリング周波数100 GS/s(5ビット)達成
- 5ビットSFQ ADCを冷凍機実装したSFQリアルタイムオシロにより、10 GHz電気信号および光信号の波形観測に成功

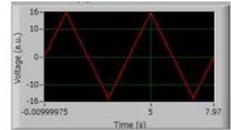
【最終目標達成】

○ 5ビットSFQ ADCによる50 GS/s波形観測実現

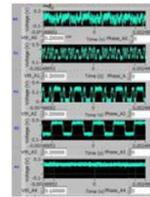
5ビットSFQ ADCチップとその動作 SFQリアルタイムオシロ 100GS/s波形観測



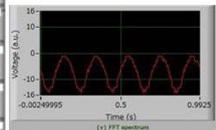
冷凍機実装したSFQ ADCと測定システム



10GHz光信号波形観測



出力生成波



観測波形

最終目標達成状況

当初計画の最終目標達成。
最終目標2倍の100 GS/s実証。
10 GHz電気、光信号波形観測成功。

実用化・事業化見通し

科学分野の計測に適用することにより、計測器としての信頼性醸成を通しての実用化を目指す。

研究題目 (B1.)

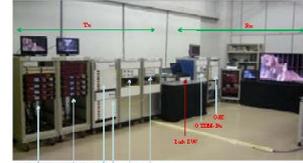
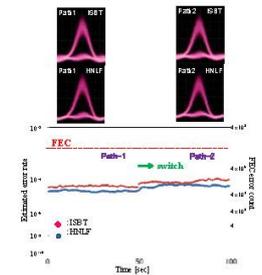
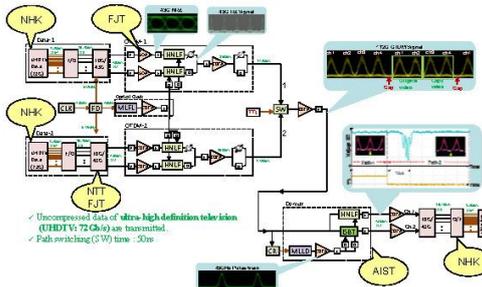
超高速光LAN-SANシステム設計技術(産総研)

成果概要: 40Gbps 技術

当プロジェクトで開発したデバイスを用いた160G-OTDM伝送と、これを用いた超高速光LAN上でSHV映像の切替動作に成功した。

【最終目標達成】 ○超高速光LAN上における、省電力160G OTDM光NICを用いたSHV配信実験

超高速光LAN上でのSHV配信実験 ダイナミックな切替動作 システム外観



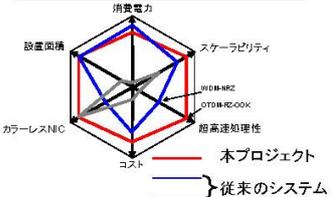
最終目標達成状況

当初計画の最終目標は達成済み。集積デバイスを用いたOTDM伝送技術を確立し、簡素で安定な独自の切替技術を開発し、省電力超高速光LAN-SAN動作を実証。

実用化・事業化見通し

SHV普及までは、巨大データセンター向け光ネットワーク技術への応用を検討。

ベンチマーク



- ECOC2011/OFC2012PD
- 2012 NHK技研公開: 動展示

研究題目(B1.1)

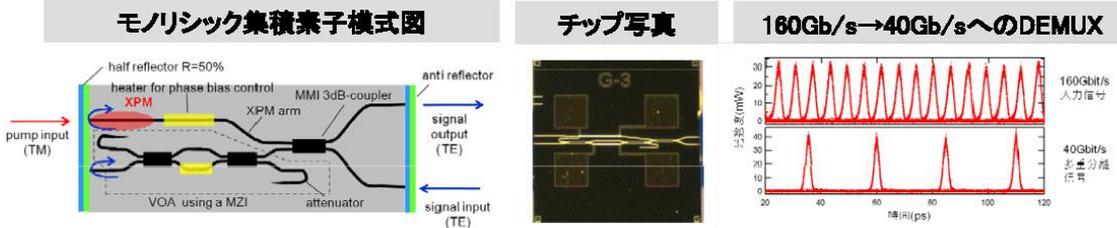
ハイブリッド集積全光スイッチ及びOTDM-NIC(産総研)

成果概要:40Gbps 技術

ハイブリッド集積で全光スイッチの動作を確認、さらにモノリシック集積化し、OTDM-NICに実装した。

【最終目標達成】

- モノリシック集積超小型干渉計型スイッチ(サイズ1mm)
- 160Gb/s→40Gb/sのエラーフリーDEMUX
- OTDM-NICに実装、SHV配信に成功

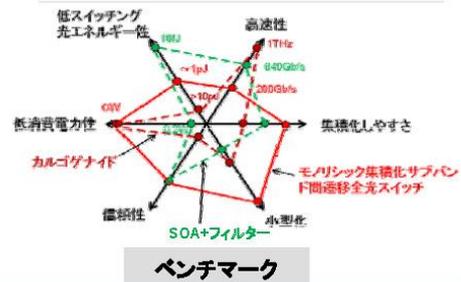


最終目標達成状況

モノリシック集積で超小型の全光スイッチを実現、OTDM-NICへの実装を行いOTDM-NICとしての動作を実証。

実用化・事業化見通し

SHVの進展に合わせてシステム化技術と連携して実用化を目指す。また、ゲートスイッチとしての広い応用を検討する。

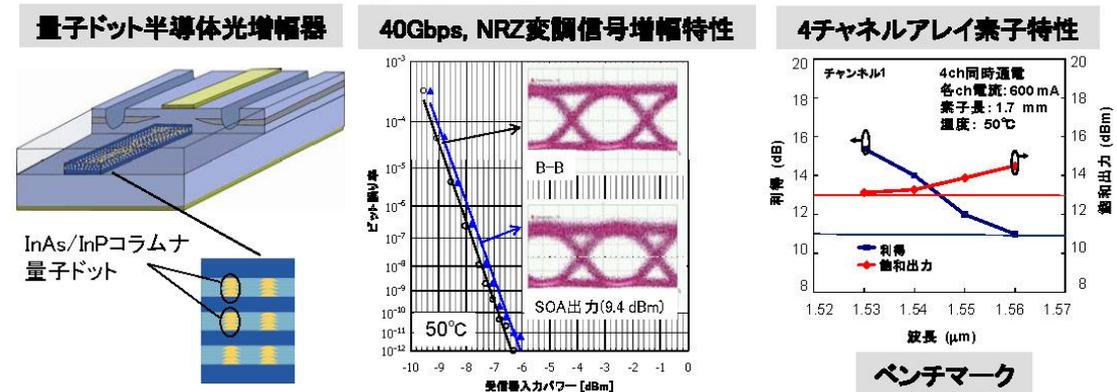


研究題目(B1.2)

高効率半導体光増幅器(富士通)

成果概要:40Gbps 技術

50°Cにて40 Gbps変調信号光のペナルティフリー増幅を世界で初めて実証。4チャネルアレイ化を実現。

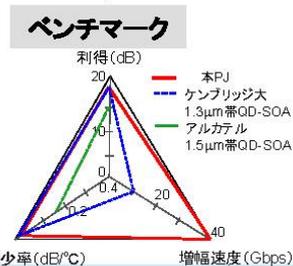


最終目標達成状況

50°Cでの4チャネル同時通電下で通信波長帯域において利得11dB、飽和出力13dBmを達成。4チャネルアレイSOAとして技術を確立。

実用化・事業化の見通し

開発した要素技術を切り出して事業部での製品化を検討。

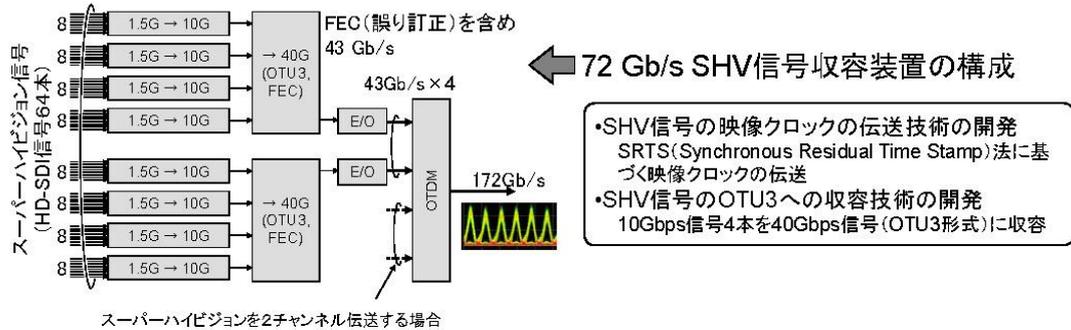


研究題目 (B1.3)
成果概要: 40Gbps 技術

SHV配信LAN-SANシステム収容技術(NHK)

- SHV信号の光LAN-SANシステムへの収容技術を開発
 - ・24 Gb/sのSHV信号を、1つの43 Gb/s OTU3光信号に収容
 - ・72 Gb/sのSHV信号を、2つの43 Gb/s OTU3光信号に収容
- 光LAN-SANシステム上での配信および切り替え実験に成功

【最終目標達成】



最終目標達成状況

2010年および2012年: NHK放送技術研究所一般公開で実験展示
2010年: 産総研VICTORIES および NICTと合同で光パス・ネットワーク実験
2010年: アムステルダムで、SHVカメラ映像を43G光信号により17 km伝送

実用化・事業化見通し

2020年頃のSHV試験放送開始を目標に、SHV全体の開発を進めている。
試験放送開始にあわせてNHKの局内ネットワークとして導入することをめざし、さらに開発を進める。

研究題目 (B2.1)
成果概要: 40Gbps 技術

40Gbpsシリアル光トランシーバ(光NIC用省電力インターフェイス技術, 超高速多重・分離技術)(富士通)

CMOS 40Gb/s多重・分離LSI, 超小型光送信モジュールの開発による、40Gb/sシリアル光トランシーバの小型・低電力化。

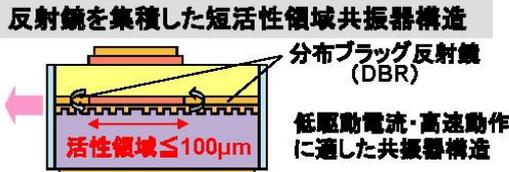
【最終目標達成】

- 40GbE serial、40G VSR に適用可能な光送受信特性
- 従来と比較して サイズ 1/8、電力 1/3以下を実現

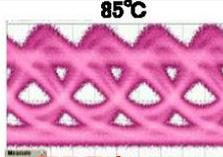
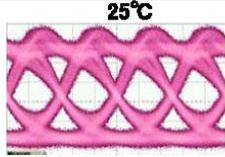
40Gb/s 多重・分離LSI	40Gb/sシリアル光トランシーバ	40Gb/s 光出力波形
<p>40Gb/s 多重LSI波形</p> <p>25ps</p> <p>サイズ: 9mm × 9mm 消費電力: 3W</p>	<p>40Gb/s 多重・分離LSI 超小型光送信モジュール</p> <p>サイズ: 91.5 x 41.8 x 13.2 mm 電力: 5.6W</p>	<p>25ps</p>
<p>最終目標を達成(サイズ 1/8、電力 1/3)。世界に先駆けて、40Gb/sシリアル光トランシーバを実現し、標準化(IEEE802.3bg)に貢献。</p>		
<p>本プロジェクトと同等仕様の次世代40G光トランシーバ(CFP2)の市場動向を見極めながら、改良を進め、製品化を検討。</p>		
<p>ベンチマーク</p> <p>光NICサイズ (単位: mm)</p> <p>91 × 42</p> <p>114 × 88</p> <p>78 × 127</p> <p>24</p> <p>13</p> <p>2.5Gx16</p> <p>10G x 4ch 電気IF</p> <p>消費電力 (単位: W)</p> <p>● ECOC2009: 動展示</p> <p>● OFC2009: 発表・動展示</p>		

研究題目 (B2.1.1) **高速直接変調レーザ (AlGaInAs系単一モードレーザ: 富士通)**

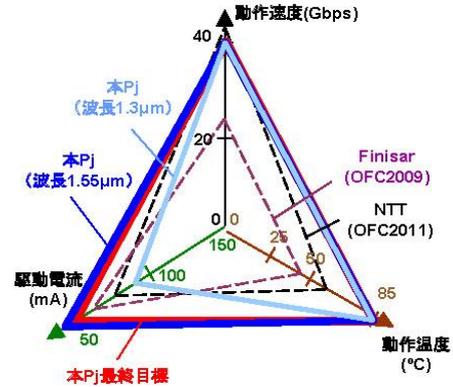
成果概要: 40Gbps 技術 **低消費電力・超高速直接変調レーザの実現**



駆動電流 43 mA での 85°C、40 Gbit/s 動作
(波長 1.55 μm 帯レーザ)



ベンチマーク



最終目標達成状況 **最終目標 (85°C、駆動電流 50 mA 以下での 40 Gbit/s 動作) を達成**

実用化・事業化見通し

小型・低消費電力の市場ニーズとマッチしており、実用化の期待は大。実用化に向けた技術開発を継続すると共に、要素技術を切り出した形での早期の製品展開を検討。

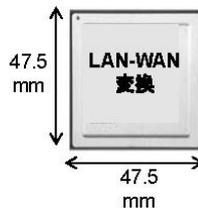
研究題目 (B2.2) **LAN/WAN間大容量信号変換技術 (NTT)**

成果概要: 40Gbps 技術 **40G LAN信号を40G WAN信号へ変換する40G LAN/WAN間信号変換回路及び40GbE信号のインターフェース変換を行う40G インターフェース変換回路を開発。消費電力は 13.3W [16W 以下: 最終目標達成]。**

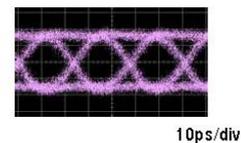
LAN/WAN変換回路機能概要

Item	Specification
LAN Interface	SFI-5.1: STM256/O C768 SFI-4: STM64/O C192, 10GbE
WAN Interface	SFI-5.1: OTU3/OTU3e1
WAN bit rate	OTU3 43.02Gbit/s OTU3e1 44.57Gbit/s
Power	10W

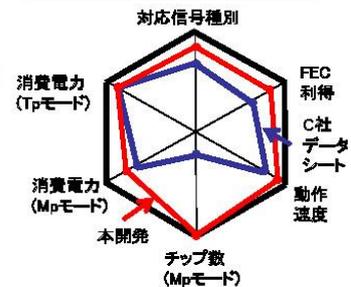
LAN/WAN変換試作写真



40G信号波形



ベンチマーク



最終目標達成状況 **当初計画の最終目標である消費電力達成済み。さらに国際標準化を推進し、日本提案がITU-Tの文書化に成功。LAN/WAN変換回路にいち早く実装。**

実用化・事業化見通し **40G 光伝送向けチップセットは早期に市場立ち上がりが見込まれるため、実用化開発へ移行し、子会社へ技術展開済み。**

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。

次世代高効率ネットワークデバイス技術開発 (事後評価)

(H19年度～23年度 5年間)

5. プロジェクトの概要説明 (公開)

独立行政法人 新エネルギー・産業技術開発機構
電子・材料・ナノテクノロジー部

2012年9月6日

5. プロジェクトの概要説明

5-1 事業化の位置付け・必要性、研究開発のマネジメントについて

(1)事業の位置付け・必要性

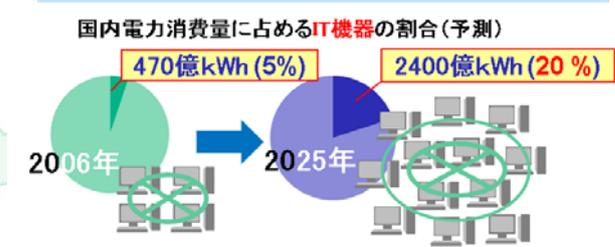
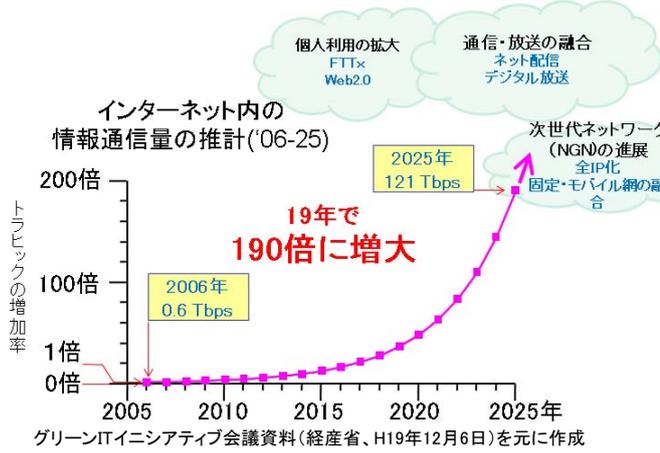
(2)研究開発マネジメント

5-2 研究開発成果、実用化、事業化の見通しについて

(1)研究開発成果と実用化、事業化の見通し

5-3 プロジェクトの概要全体を通しての質疑

1-(2)事業目的の妥当性



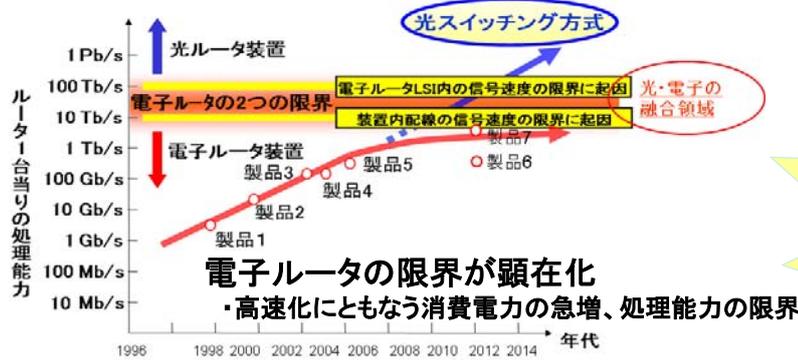
各IT機器の電力消費量予測(億kWh)

	ネットワーク機器	サーバ、ストレージ	PC	ディスプレイ
2006年	80	214	17	156
2025年	1,033	527	41	816
'25/'06比	13倍	2.5倍	2.5倍	5.2倍

グリーンITイニシアティブ会議資料(経産省、H19年12月6日)を元に作成

通信ネットワークトラフィックの増大

ネットワーク機器のエネルギー消費の増加



爆発的需要増加に対応するには
超高速、省エネの両立する光技術
の早期導入が必要

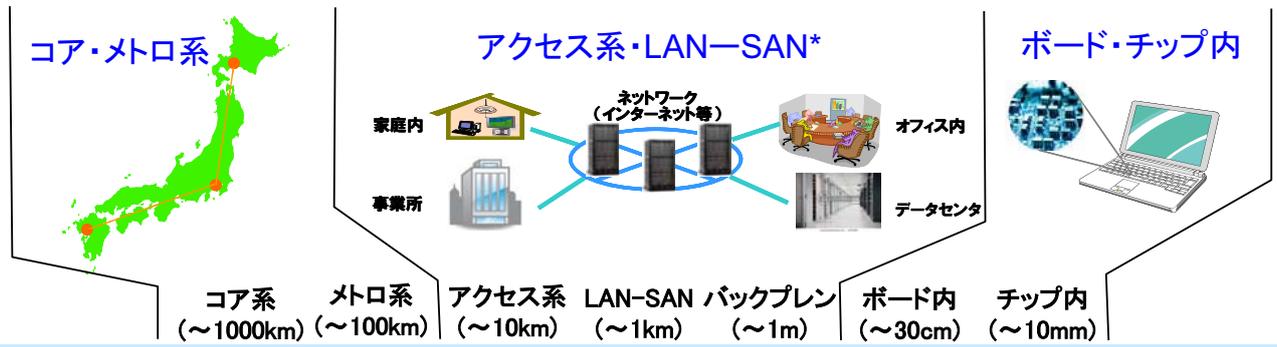
1-(2)事業目的の妥当性

課題: 爆発的通信需要への対応と省エネルギー化の推進

本プロジェクト
次世代高効率ネットワークデバイス技術開発(H19-H23)

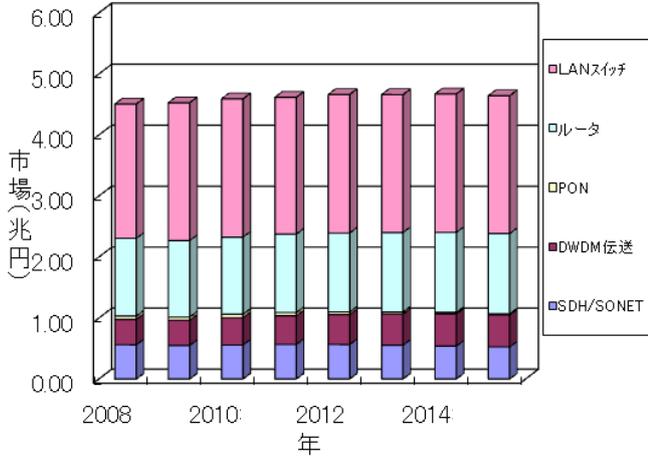
戦略: メトロ系とアクセス系を繋ぐ
①エッジルータシステム、②LAN-SAN系伝送システムの高性能化、省エネルギー化にフォーカス

戦術: 光デバイス技術を最大限駆使した
光・電子融合型集積モジュールの開発



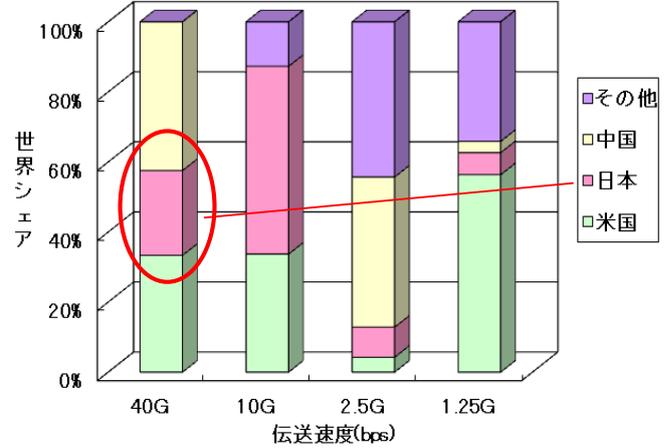
世界通信市場の動向

通信ネットワーク機器市場動向(WW)
富士キメラ総研(2011)



光インタフェーストランシーバ(2010年)

生産メーカー別数量ベース 富士キメラ総研



世界市場でLANスイッチ、ルーター市場は堅調

強みのハイエンドで日本のシェアが漸減

国際競争力の強化が必須

- ◆米国企業(Cisco等)の高いシェア、中国企業の台頭
- ◆欧米は国家プロジェクトで競争力強化

FP6 FP7	EU / ITC	3.9億ユーロ 9.1億ユーロ	欧州域内の大学と企業へ助成
スペクトラル相互接続方式統合ルータ	米DARPA(ルーセント、ベル研)	1250万ドル	100Tbpsの全光方式ルータの開発
ラベル スイッチド オプティカル ルータ	米DAPRA(カリエント、シスコ等)	1,680万ドル	同上
Terabus	米DARPA (IBM、アジレント)	3,000万ドル	チップ間光接続技術 (速度10-20Gbps/ch、最大48ch)
EPIC	米DARPA: (Luxtera, IBM)	1,000万ドル	光リンクの高速化IC技術 (速度: 4 × 10Gbps)
GENI	米NSF	3.67億ドル	新ネットワーク創出のためのアーキテクチャや要素技術
UNIC	米DAPRA (Oracle等)	4,400万ドル	Siフォトニクスによるチップ間接続技術

1-(1)NEDOの事業としての妥当性

経済産業省 研究開発プログラム(PG) 「ITイノベーションPG」及び「エネルギーイノベーションPG」の1テーマとして実施

産業技術政策	第3期科学技術基本計画(H18)	■情報通信分野は、研究開発の重点推進4分野(ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテク・材料)の1つに位置づけられている。
	新産業創造戦略2005(H17)	■情報通信分野は、重点的に育成する戦略7分野の1つに位置づけられている。
	e-Japan, II u-Japan 2001(H13)~	■「IT新改革戦略」での光ネットワークでの世界でのリードや、「重点計画2008」のITを駆使した環境配慮型社会の実現で、IT機器のエネルギー使用量の抑制技術として取り上げられている。

経済産業省研究開発プログラム

ITイノベーションプログラム

目的:高度情報通信ネットワーク社会の構築に向け、経済成長戦略大綱、IT新改革戦略、科学技術基本計画及び技術戦略マップ等に基づき、情報化の進展に伴うエネルギー消費量の増大等の課題にも考慮しつつ、その基盤となる情報通信機器・デバイス等の情報通信技術を開発し、実社会への利用を促進する。

II. 省エネ革新 [i] 情報ネットワークシステムの徹底的省エネの実現

次世代高効率ネットワークデバイス技術開発

エネルギーイノベーションプログラム

目的:資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。(中略)以下に5つの政策の柱毎に目的を示す。

- I. 総合エネルギー効率の向上
- II. 運輸部門の燃料多様化
- III. 新エネルギー等の開発・導入促進
- IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保
- V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

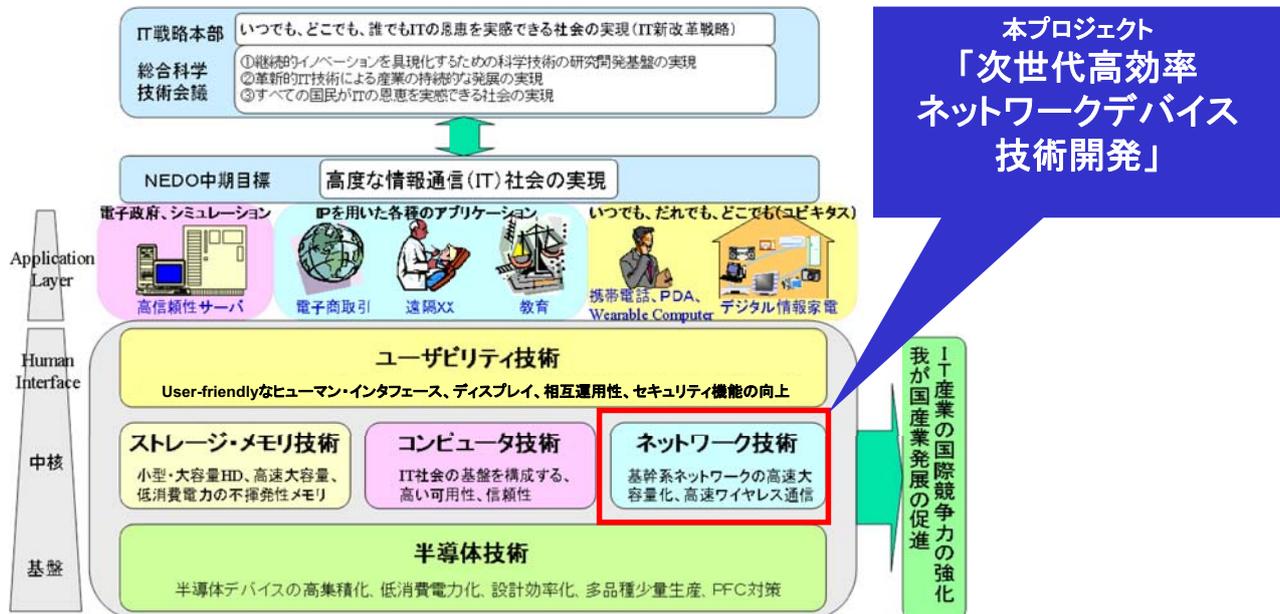
4-I. 総合エネルギー効率の向上 [iv] 省エネ型情報生活空間創生技術

次世代高効率ネットワークデバイス技術開発

1-(1)NEDOの事業としての妥当性

NEDO 第2期中期目標 <情報通信分野>

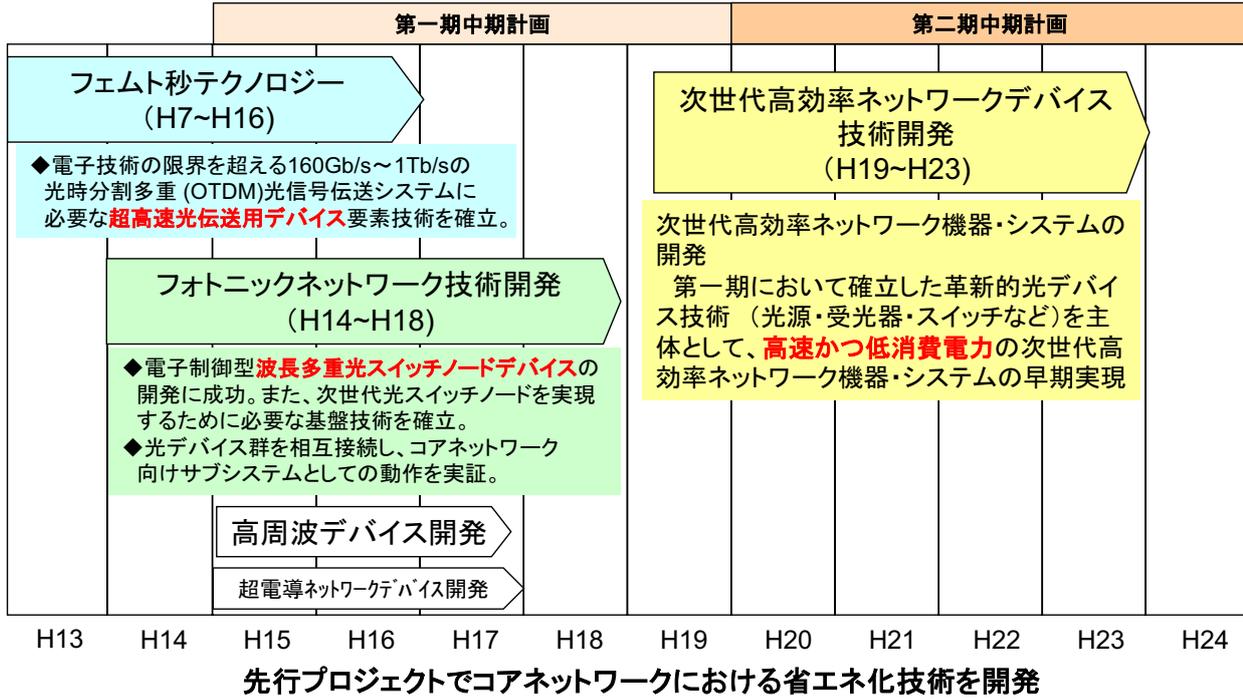
- 誰もが自由な情報の発信・共有を通じて、個々の能力を創造的かつ最大限に発揮することが可能となる **高度な情報通信(IT)社会を実現**
- 我が国経済の牽引役としての **産業発展を促進**



NEDOにおける電子・情報技術分野での取り組み

1-(1)NEDOの事業としての妥当性

NEDOにおけるネットワーク技術への取り組み



本プロジェクトでエッジ~メトロネットワークにつながるさらなる低消費電力化を推進

事業原簿 P14~P15

次世代高効率ネットワークデバイス技術開発 事後評価第1回分科会 (平成24年 9月6日)

1-9

1-(1)NEDOの事業としての妥当性

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、民間企業だけでの開発の困難性、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

国民生活のライフラインとなっているネットワーク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確保

ネットワーク技術は、情報通信分野の中核的な技術であり、国際競争の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、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

さらなる高速化・低電力の実現には、電子デバイスの高速化技術等の高難度かつ長期的な取り組みが必要であり、民間企業単独ではリスクがある内容。市場原理のみで低消費電力の推進を図ることは困難。

NEDOが関与すべき事業

次世代高効率ネットワークデバイス技術開発

事業原簿 P3~P8

次世代高効率ネットワークデバイス技術開発 事後評価第1回分科会 (平成24年 9月6日)

1-10

事業の費用対効果

経済的効果

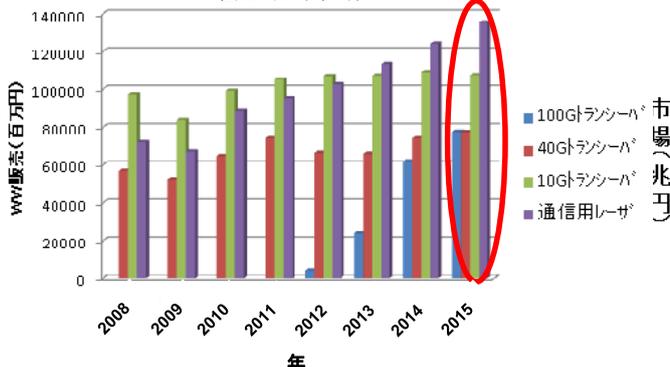
プロジェクト事業費の委託費総額 55.1億円

市場の効果(2015年時点予測)

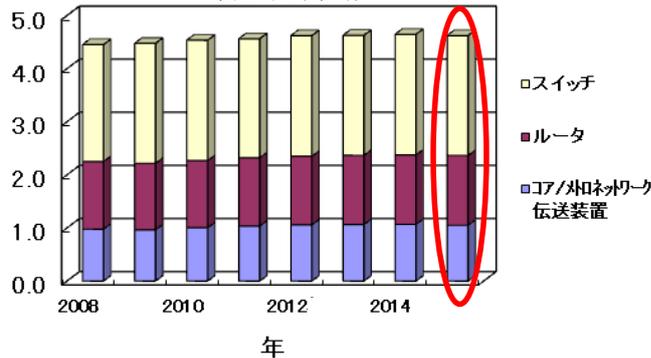
光アクティブデバイス販売額 (WW)
通信ネットワーク機器販売額 (WW)

~3980億円/年
~4兆6200億円/年

光アクティブデバイス市場動向 (WW)
富士キメラ総研



通信ネットワーク機器市場動向 (WW)
富士キメラ総研



・市場シェアをアップできれば、さらなる効果が期待でき、十分な費用対効果があるといえる。

事業の費用対効果

省エネルギー的効果

年度	ルータ種別	台数	省エネルギー効果 (原油換算)
2009年	電子ルータ	13.4万台	-
2020年	光・電子融合ルータ [*] (占有率95%)	38.3万台	451万kL/年

* 光・電子融合ルータ: ルータ内、ルータ間を光接続に置き換えたルータ

本プロジェクトによる
省エネルギー効果

仮定:

- ・2009年のルータ台数を約6万台とし、年率10%の増加
- ・電子ルータの平均消費電力量は20kWh
- ・本プロジェクトの成果による光/電子ルータの登場によって30%の電力削減
- ・電力-原油換算値は2.36E-4kL/kWh

5. プロジェクトの概要説明

5-1 事業化の位置付け・必要性、研究開発のマネージメントについて

(1)事業の位置付け・必要性

(2)研究開発マネージメント

5-2 研究開発成果、実用化、事業化の見通しについて

(1)研究開発成果と実用化、事業化の見通し

5-3 プロジェクトの概要全体を通しての質疑

事業の達成目標

2-(1)研究開発目標の妥当性

① 大規模エッジルータ技術

10Tbps超級のエッジルータ実現のための光デバイス基盤技術およびSFQ回路技術、トラヒック監視技術など周辺技術を確立し、高性能、省エネルギーエッジルータを実証する。

(根拠): 2010年前後に数Tbpsに達する電子ルータ性能の限界を超える10Tbps超の性能をテーマ目標に設定し、その際に消費電力及び高速化の課題が顕著に現れるルータのI/O部分(モジュール間接続部分)への光技術適用をテーマとした。それに伴い、高速低消費電力の光デバイスや超高速信号計測機器に資する技術が必要となる。

② 超高速光LAN-SAN技術

LAN-SAN、LAN-WANシステムにおける高性能・低消費電力光ネットワークデバイス技術の確立とそれを用いた伝送システムの実証

・LAN-WANにおける1チャンネルあたり40Gbps超の光信号を扱うためのI/Oインタフェース技術や集積技術を確立する。

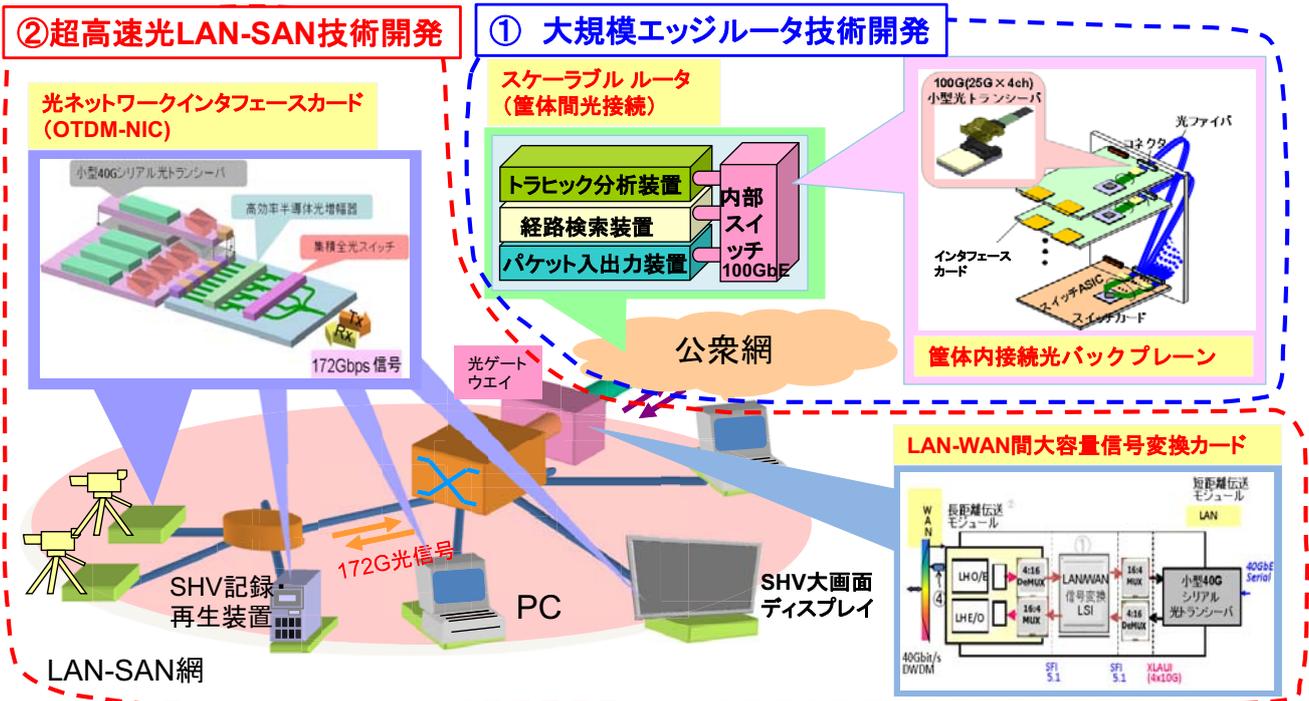
(根拠): 40Gbps超の高性能・省電力光デバイス技術において日本は優位なポジションにある。また、イーサネット技術は10Gbpsから40Gbpsの技術の標準化が進んでおり、当該分野における日本の産業競争力の維持・拡大のためには、強みを生かした基幹デバイスを開発することが必要である。

・LAN-SANにおける光ネットワークインタフェースカード(OTDM-NIC)を実現し、SHV信号(2ch×72Gbps)の伝送動作を実証する。

(根拠): 高精細映像情報や、データセンターでの大量の情報処理を扱うネットワーク技術が今後必須となる。そのため技術として、巨大映像情報であるスーパーハイビジョンデータ(SHV)の伝送をモデルケースに低消費電力のLAN-SAN技術の開発を行う。現状の電子回路による信号処理能力の限界を考慮して、40Gbpsの電子回路を利用したOTDMによる超高速伝送技術を開発し、実証する。

- ・個別デバイスをシステムレベルで検証することでデバイスの完成度を高める
- ・システム動作、性能を実証し、プロジェクト成果を標準化して先行者利益を確保

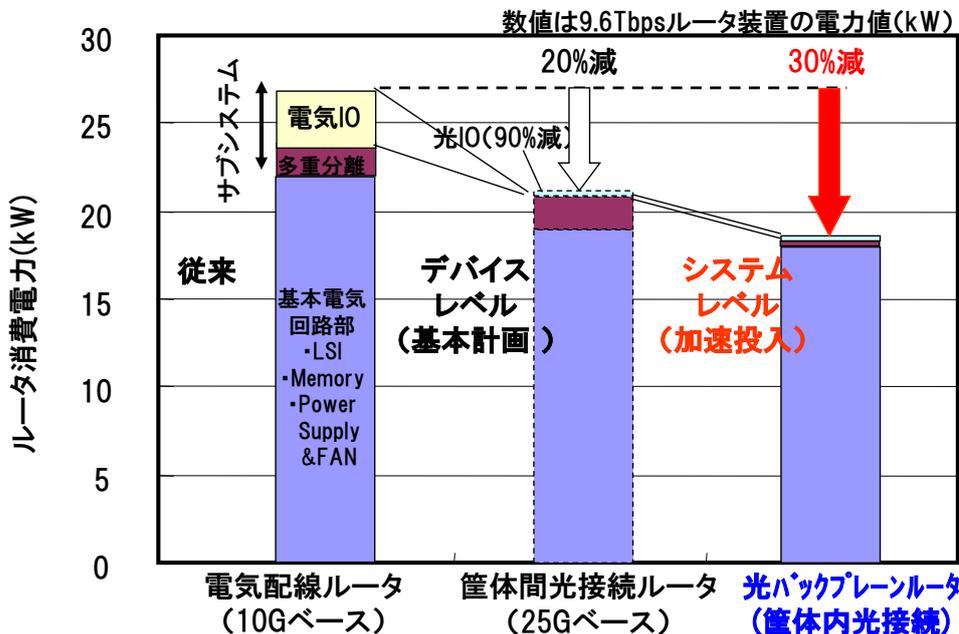
開発ターゲット



①大規模エッジルータ技術

最大限の光技術を導入し現行電子ルータの消費電力を削減

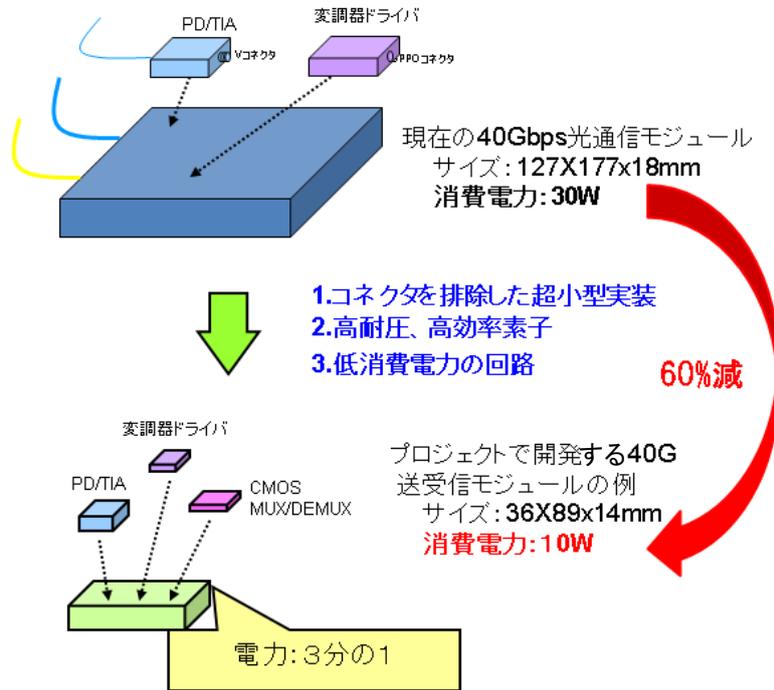
- ・電気I/Oを光I/O化し90%低消費電力化(スイッチ構成の20%減):基本計画(筐体間接続)
- ・筐体内光配線(光バックプレーン)を開発(スイッチ構成で30%減):加速資金



2-(1)研究開発目標の妥当性

②超高速光LAN-SAN技術

- ・小型・集積化によるLAN-SAN、LAN-WANシステムにおける高性能・低消費電力光モジュールの実現
- ・現状機器構成と比較して60%以上の低消費電力化
- ・非圧縮SHVデータ伝送をモデルケースとした高性能・低消費電力ネットワークシステムの実証



2-(2)研究開発計画の妥当性

- ・基本計画では、「デバイス共通基盤技術」と「システム化技術」に分類
- ・最終試作システムは、「大規模エッジルータ」と「超高速光LAN-SANシステム」
- ・デバイス共通基盤技術グループ内・間での情報交換

システム	項目	開発項目	2007	2008	2009	2010	2011	2012-
大規模エッジルータ	共通基盤技術	超高速光受信アナログ・FEの技術開発						
		超高速光送信ドライバの開発						
		超高速・省電力面出射型レーザの開発						
		高感度光受信モジュールの技術開発						
		SFQベース・リアルタイムオシロ技術開発						
	システム化技術	小型省電力光アップリンクの技術開発						
		スケーラブル・ルータアーキテクチャの開発						
		トラヒックモニタリング						
超高速光 LAN-SAN	共通基盤技術	超高速多重・分離技術の開発						
		LAN-WAN間大容量信号変換技術の開発						
		高速直接変調レーザの技術開発						
		ハイブリッド集積化超高速光スイッチ及び OTDM-NICの技術開発						
		高効率半導体増幅器の技術開発						
		入力ゲイティング/拡大波長変換器の技術開発						
		小型省電力波長可変光源の技術開発						
	システム化技術	光NIC用省電力インタフェース技術の開発						
		LAN-SANシステム設計技術の開発						
		SHV配信LAN-SANシステム收容技術の開発						
	LAN-WAN間大容量信号変換技術							

① 大規模エッジルータ技術

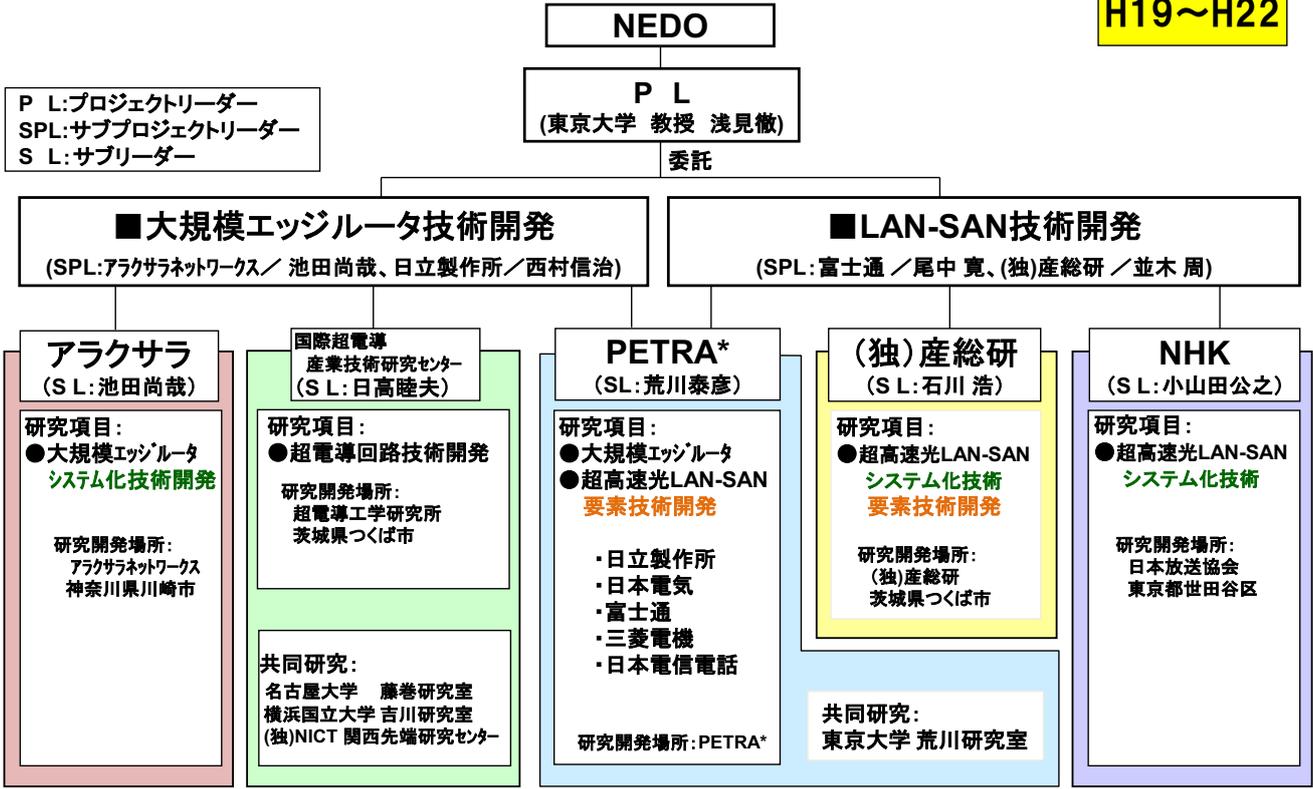
項目	開発項目	中間目標(平成21年度)	最終目標(平成23年度)
共通基盤技術	超高速光受信アナログ・FE	10Tbps超エッジルータ向け省電力・高速光I/F用ICの開発のために、低消費電力の冗長化ドライバ回路および高感度受信回路を開発し、25Gbpsで10mW/Gbpsの小型光I/Oを開発する。	-
	超高速光送信ドライバ		-
	超高速・省電力面出射型レーザ	機器内光通信システム用に25Gbps且つ従来比1/2以下の低消費電力動作のレーザを開発する。	面出射型LDにおいて70℃以上で100Gbps(25Gbps×4チャンネル)動作を実現する。
	高感度光受信モジュール	10Tbps級エッジルータ用に、高密度集積技術による高速・省電力型受信フロントエンド用反射構造PDにおいて、25Gbps動作を達成する。	PDと受信アンプ回路との高密度集積実証(送受信部全体:10mW/Gbps)、4チャンネルアレイ化光受信フロントエンドを開発する。
	高速直接変調レーザ	-	温度安定25Gbps動作の実現。
	SFQベース・リアルタイムオシロ	4ビットSFQ高速ADコンバータ回路の30GS/s動作及び40Gbps光入力技術を構築する。	5ビットSFQ高速ADコンバータによる50GS/s波形観測を実現する。
システム化技術	小型省電力光アップリンク	-	光信号接続によるルータ内結合構造に向けた100Gbps双方向・省電力光I/O(10mW/Gbps、従来比90%の省電力効果)を実証する。また、開発した光信号接続モジュールをルータに実装し、100Gbpsでのルータ内光信号接続を実証する。
	スケーラブル・ルータアーキテクチャ	高速光ネットワークに対応可能なトラフィックモニタリング技術(40Gbpsおよび4Mフロー/SIに対応する独立筐体型およびルータ内蔵トラフィック分析技術及び装置)を開発する。	複数台が連携するスケーラブル・ルータとの組み合わせによるシステム化実証を行う。

② 超高速光LAN-SAN技術

項目	開発項目	中間目標(平成21年度)	最終目標(平成23年度)
共通基盤技術	超高速多重・分離技術	LAN-SAN用光NIC-I/F回路として、40Gbps動作と低消費電力化(従来1/3、<4W)を実現する。	-
	高速直接変調レーザ	光NIC用に単一モードLDにおいて駆動電流50mA以下の室温40Gbps動作を実現する。	単一モードレーザにおいて85℃以上、駆動電流50mA以下での40Gbps動作を実証する。
	ハイブリッド集積全光スイッチ及びOTDM-NIC	LAN-SANのOTDM-NIC用ハイブリッド集積型全光スイッチを開発する。ウィンドウ幅2ps、消光比20dB以上のスイッチング動作を実証する。	OTDM-NICに実装し、その動作を実証する。
	高効率半導体増幅器	LAN-SANのOTDM-NIC集積に向けて、半導体増幅器を開発し、50℃以上・40Gbpsの高温動作を実証する。	半導体光増幅器(SOA)の4チャンネルアレイ化を実現する。
	入力ダイナミックレンジ拡大波長変換器	LAN-SAN用に、40Gbps以上、許容入力レベル変動10dB以上の波長変換器を開発する。	波長・入力電力に対しロバストな波長変換器をモジュール化する。
	小型省電力波長可変光源	シリコン導波路とハイブリッド集積技術により、波長可変幅100nm、消費電力40mW/ringの導波路リング型波長可変光源を開発する。	-
システム化技術	光NIC用省電力インタフェース技術	-	超高速光LAN-SANシステム用光NICに関して、従来比60%の省電力効果を実証する。
	LAN-SANシステム設計技術	3チャンネル×48Gbps SHV映像160Gbps転送の動作確認を行なう。	160Gbit/s光LAN上での2チャンネル×72Gbps SHV配信実験を行う。
	SHV配信LAN-SANシステム収容技術		
	LAN-WAN間大容量信号変換	-	標準化されることが決まった40GbE LAN信号のI/Oインタフェースに対応したLAN-WAN間信号変換技術を確立する。40GbE信号対応LAN-WAN変換トランスポンダにおけるI/Oインタフェース変換及びフレーム処理LSI部における消費電力は16W以下を目標とする。

次世代高効率ネットワークデバイス開発PJ体制

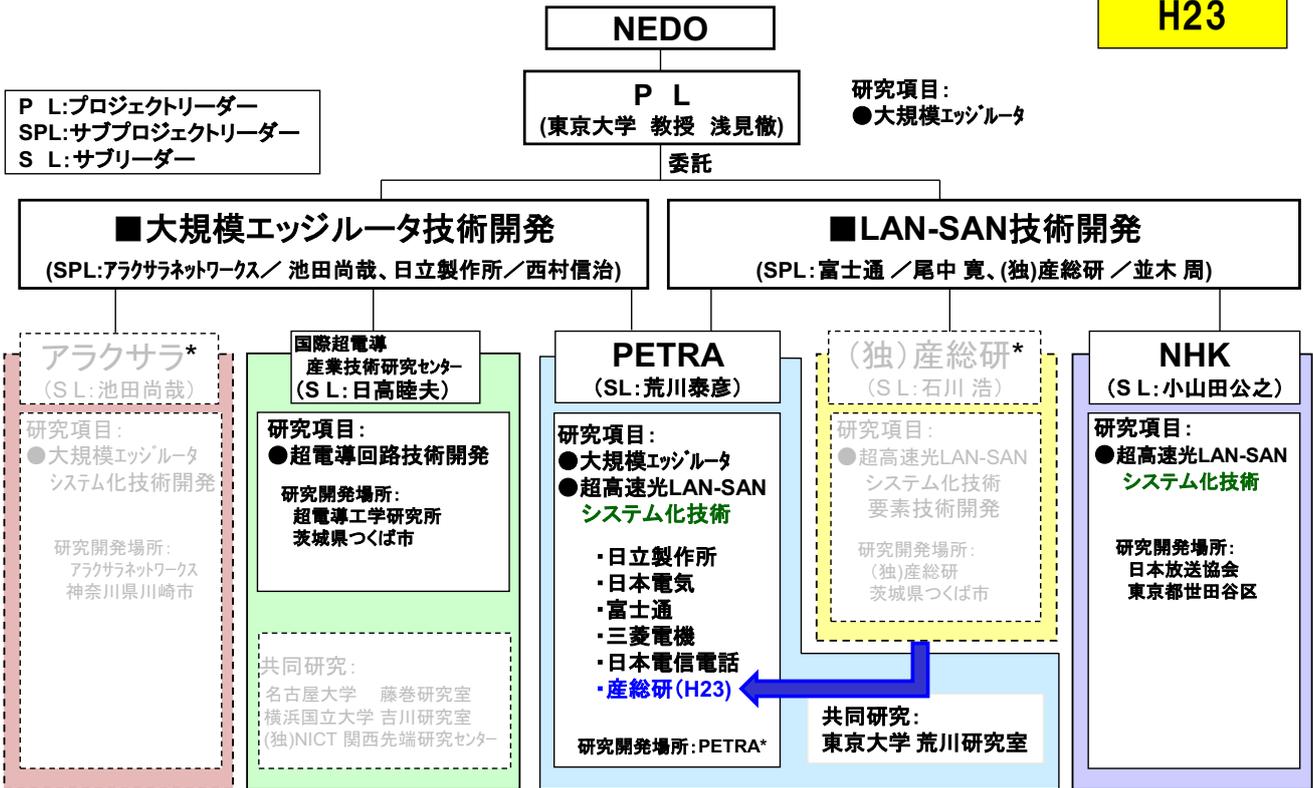
H19~H22



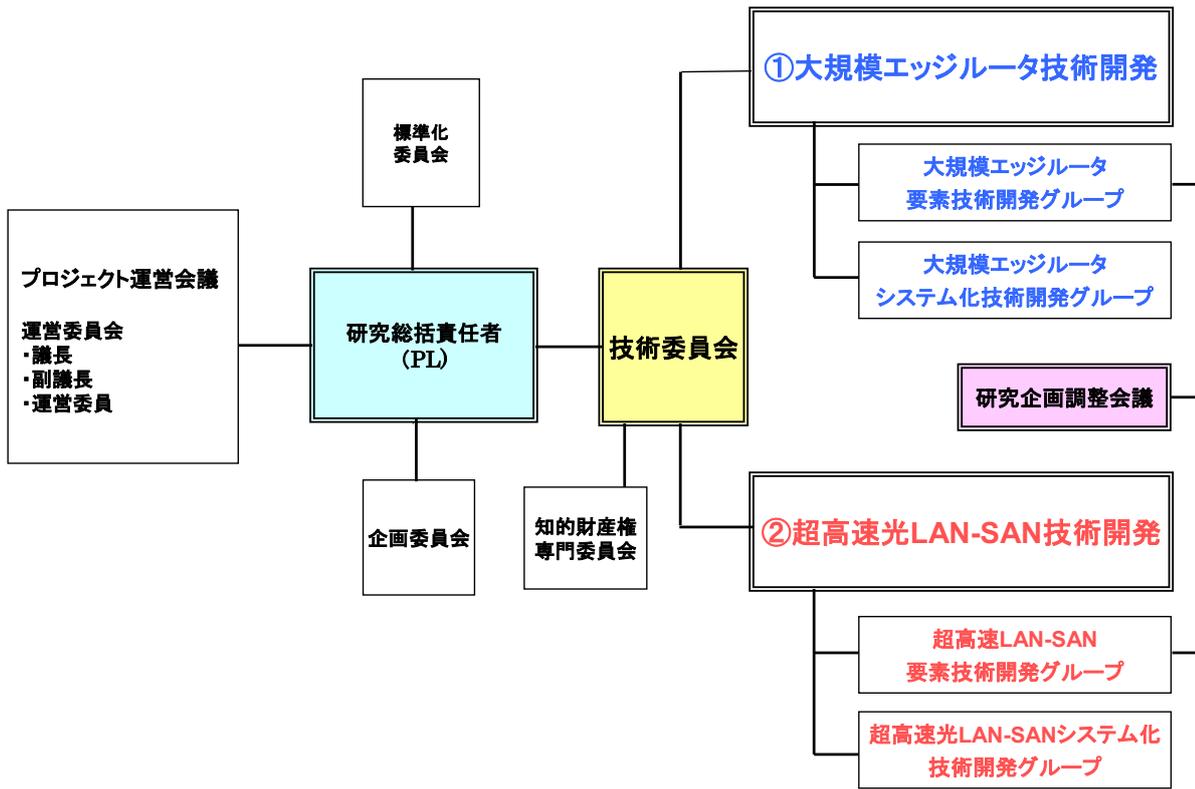
* 技術研究組合光電子融合基盤技術研究所 (H21/1/1付で、財団法人光産業技術振興協会[光協会]から承継)

次世代高効率ネットワークデバイス開発PJ体制

H23



*アラクサネットワークス社は早期に担当目標達成のため脱退、産総研はPETRA組合員として参画



■ヒアリング

3種のヒアリングを通して、PJ全体および個々参加企業に対する実用化・事業化マネージメントを実施。

項目	内容	
定期ヒアリング (於 NEDO)	出席者	NEDO、実施者メンバー、経済産業省
	開催頻度	年2回(春、秋) [H23年度は技術委員会にて代替]
	内容	研究内容進捗・計画確認、 実用化に向けた取組の確認 、他
	技術委員会 (於 PETRA他)	項目
技術委員会 (於 PETRA他)	出席者	NEDO、実施者メンバー
	開催頻度	通算23回 [H23年度実績 6回]
	内容	研究開発進捗確認 、開発計画見直し、加速議論他
個別ヒアリング (於 実施者施設)	項目	内容
	出席者	NEDO、実施者メンバー(個々企業ごと)
	開催頻度	不定期(年数回) [H23年度実績 14回]
	内容	各社個別の事業化取組状況確認 、 設備・実験環境の確認 、研究開発進捗確認、他

■知財マネージメント

(1)プロジェクト内に知財委員会を設置。各社の知財担当者がメンバーとなり、必要に応じて知財案件を協議した。

(2)プロジェクト開始時に知財取扱方針を決定することで、公正な知財の取扱いを保証し、研究の促進と研究成果の普及、有効利用を図った。

■標準化マネージメント

プロジェクト内に標準化委員会を設置(後に技術委員会に統合)。指針を示し、標準化を推進した。

2-(5)情勢変化への対応

- 1) 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、研究計画・方針等の変更反映させる。
- 2) 早期に実用化の目処が立った光デバイスは、プロジェクト終了を待たずに事業化を進める。フレキシブルな研究開発を進めた。
- 3) 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光デバイス/モジュールの研究開発成果に基づき、次世代光イーサネット規格(100GbE (25Gb×4ch)と40GbEシリアル、OTU3e)の標準化活動を積極的に推進した。
 - ・標準化寄与文書(寄書) 11件
 - ・主要国際学会での発表、動態展示 OFC、ECOC



OFC'12展示風景



ECOC'09展示風景

2-(5)情勢変化への対応

加速投入実績

	時期	件名	金額 (百万円)	目的	成果
40G	H 19 /10	LAN-SAN向け光ネットワークインタフェースカードのための省電力40Gbps動作信号多重・分離集積回路開発	300	40Gbps動作信号多重・分離集積回路の設計試作	40Gbps動作信号多重・分離集積回路の設計試作を1年以上前倒し、国外グループに対する競争優位性を確かにした。
100GE	H 20 /7	100Gbイーサネット標準化獲得のためのサブシステム構築	287	100Gbイーサネット標準化獲得支援 基本計画へ標準化対応の追加	25Gbps×4ch送受信光I/Oのサブシステム構築と展示を実施し、電力消費、小型化における優位性をアピールした。(IEEE標準規格に正式採用)
40GE	H 20 /12	40Gbイーサネットシリアル標準化獲得のための信号多重・分離CMOS回路の開発	80	40Gbイーサネットシリアル標準化獲得支援	信号多重・分離CMOS回路への40Gbイーサネットシリアル入出力機能の要素開発と国際会議展示デモを行い、実現性を証明し、IEEE標準化のためのアライアンス立ち上げに寄与した。
	H 21 /12	次世代光エッジルータと高品質・高信頼接続インタフェースに向けたデバイス技術開発	450	エッジルータ内の光配線(光バックプレーン)と40Gbイーサネットシリアル標準化獲得支援 基本計画へ100G光バックプレーン/光インターコネクト開発の追加	競争優位性確保を目的とした25Gbps×4ch光バックプレーン開発に着手。40Gbイーサネットシリアル標準化に向けたCMOS開発とWAN-LAN-SAN領域でのシリアル伝送を国際会議デモを行い、実現性を証明。IEEE標準化開始直後に必要な要素をすべて揃え、動作することを証明し、標準規格獲得に向けて強く後押しすることができた。

2-(5)情勢変化への対応

加速投入実績

	時期	件名	金額 (百万円)	目的	成果
25 G	H 22 /3	A/D変換速度を50 GS/sに向上させる改良ニオブプロセスの開発	30	A/D変換速度を50 GS/sに向上させる改良ニオブプロセスの開発	ニオブプロセスを改良し、それまでの世界最高値である34GS/sを超える5bit50GS/sのA/D変換器作成を可能とし、国外グループに対する競争優位性を維持することができた。
	H 22 /11	サーバ向け空冷光インターフェースの開発	80	光バックプレーンの空冷動作化に向けたLSIならびにモジュール単体の動作確認	85°Cで動作する100Gbps(25G×4)光インターコネク用LD/PDおよびモジュールを開発し(目標の上方修正)、国外グループに先駆けて超小型100Gbps光インターコネク用モジュールの空冷動作を実証することで、競争優位性を確かなものにした。
25 G ・ 40 G	H 23 /2	次世代高効率ネットワークデバイス実用化加速に向けた集積デバイスのシステム統合技術の開発	298	集積デバイスを用いるスーパーハイビジョン配信システムデモ 高速光インターコネク技術のシステム実証 超電導ADCを用いたリアルタイム波形観測システムの開発	非圧縮スーパーハイビジョン配信を可能とする超高速光LAN-SANシステム、LAN-WAN間のシームレス相互接続システム、100Gbps超小型光インターコネクによる光BP接続ルータ、5bit50GS/sリアルタイムオシロ等のシステムレベルで動作確認を行い、デバイス開発にフィードバックすることで、デバイスの実用化を加速し、競争優位性を維持した。また、プレス発表、国際学会での展示デモを実施、海外メディアに取り上げられるなど、開発技術の認知度を高めることができた。

事業原簿 P33-P35

次世代高効率ネットワークデバイス技術開発 事後評価第1回分科会(平成24年9月6日)

2-15

2-(5)情勢変化への対応

中間評価(H21年11月実施)の結果

①事業の位置付け・必要性	②研究開発マネージメント	③研究開発成果	④実用化・事業化の見通し
2.6	2.3	2.6	1.9
NEDO内評価基準(③と④の合計点)		4.5(優良レベル)	

評価のポイント

- ・中間目標がほぼ達成されているなど、全般的に**良好に進捗**している。
- ・一部には世界的に顕著な成果が得られているとともに、国際標準化活動も行われ、さらには、実用化に対しても意欲的に取り組まれている点は高い評価に値する。
- ・個別テーマ目標や研究内容と**事業全体の方向性との関連が明確ではない**箇所も散見される。
- ・160Gbps、OTDM伝送方式は、国際動向の観点を入れ、**位置づけの見直し**が望まれる。
- ・今後は、**総合評価試験**を実施し、デバイス利用技術とシステム技術の検証を行って頂きたい。

中間評価の反映

- ・**基本計画、H22年度実施方針を見直し**、共通基盤技術開発とそのシステム化技術であるエッジルータ及びLAN-SANシステムとの関連付を明確にした。
- ・160Gbps、OTDMの**4chアレイ光インタフェースカードの4チャンネルアレイ化開発を中止**。ただし、OTDM伝送方式は**将来の超高速・省エネルギーネットワークを実現する基盤技術としての検討を継続**することとした。
- ・システム化検証は予定通り実施した。システム化検証からデバイス開発へのフィードバックにより**デバイスの完成度、実用化レベルを上げる**ことができた。

事業原簿 P36-P37

次世代高効率ネットワークデバイス技術開発 事後評価第1回分科会(平成24年9月6日)

2-16

項目	H19	H20	H21	H22	H23	合計
予算(特別会計)	1,393	1,416	1,834	770	98*	5,511
契約額	1,393	1,416	1,631	621	450*	5,511

単位: M¥

* 光電子ハイブリッド(98M¥)含む

国外グループに対する競争優位性確保を目的に、
加速資金等を適宜投入し、研究開発をマネジメント

次世代高効率ネットワークデバイス技術開発 (事後評価)

(H19年度～23年度 5年間)

東京大学大学院 情報理工学系研究科
教授 浅見 徹

2012年9月6日

5. プロジェクトの概要説明

5-1 事業化の位置付け・必要性、研究開発のマネジメントについて

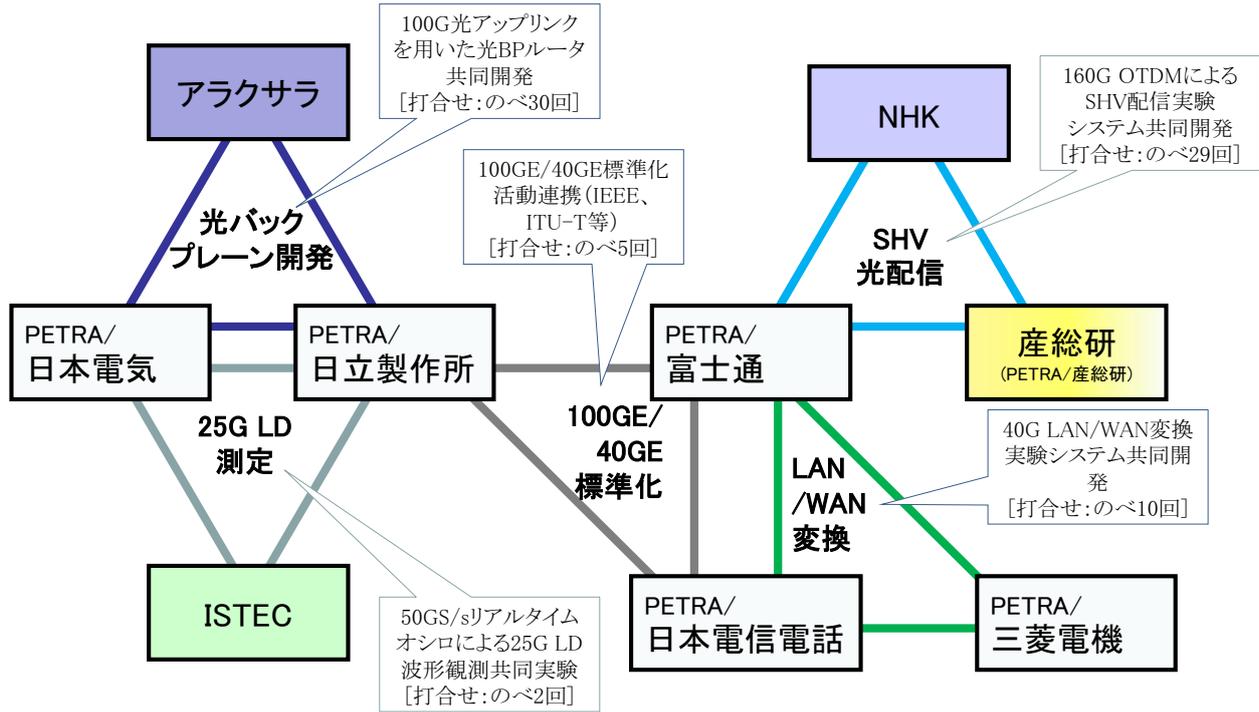
- (1) 事業の位置付け・必要性
- (2) 研究開発マネジメント

5-2 研究開発成果、実用化、事業化の見通しについて

- (1) 研究開発成果と実用化、事業化の見通し

5-3 プロジェクトの概要全体を通しての質疑

各機関の連携



大規模エッジルータシステム化技術

超高速LAN-SANシステム化技術

個別テーマ	リーダー	研究員数	個別テーマ	リーダー	研究員数
・100Gbps (25Gbpsx4ch) 小型光トランシーバ			・超高速LAN-SANシステム化技術		
超高速CMOS送受信回路 (超高速光受信アナログFE)	辻 伸二	10	高速直接変調レーザ	江川 満	9
超高速・省電力面出射レーザ	篠田 和典	6	高効率半導体光増幅器	田中 有	7
高感度光受信モジュール	李 英根	3	超高速多重分離(40Gbpsシリアルトランシーバ)技術	井出 聡	10
超高速光送信ドライバ 小型省電力光アップリンク(光モジュール化技術)	蔵田 和彦	10	入力ダイナミックレンジ拡大波長変換器	有賀 博	10
・スケラブル・ルータアーキテクチャ			LAN-SANシステム設計技術	並木 周	26
スケラブル・ルータアーキテクチャ	池田 尚哉	33	ハイブリッド集積化 全光スイッチ及びOTDM-NIC	石川 浩	
・超電導回路技術			SHV配信LAN-SANシステム収容技術	小山田 公之	3
SFQベース・リアルタイムオシロ技術	日高 睦夫	10	小型省電力波長可変光源	石坂 政茂	5
			・LAN-WAN間大容量信号変換技術の開発		
			LAN-WAN間大容量信号変換技術	富澤 将人	3
	合計	72		合計	73

(注)研究員数はH19-23年度での各テーマ最多時の人数

次世代高効率ネットワークデバイス技術開発

プロジェクトキックオフ時のスライド再掲

研究目的

- ①背景：大容量のコンテンツ配信等に対する消費者ニーズを受け、ネットワーク通信量及び機器消費エネルギーは今後急激に増大する。
- ②市場ニーズ：大容量データを低消費エネルギーで処理可能なネットワーク機器が必要。
- ③技術ニーズ：省エネルギー&大容量に対応可能且つ低コストなデバイス、システム技術が必要。

市場のトレンドはエッジ/コア・ネットワークのEthernetへの集約と低消費電力化に向けた超高速回路のCMOS実装

研究の狙い

●近年の傾向として、とりわけユーザ/コンピュータあたりのデータ容量の増大が著しいエッジルータでの処理がこれからのネットワークにおける鍵となっている

- LANがWANを追い越した ⇒ ルータ・システム技術の見直し
- LANがSANも追い越した ⇒ データリンク層関連技術の見直し

本プロジェクトは上記を考慮して実施する

関連デバイス要素技術の開発が重要

- 大規模エッジルータ関連技術、および、高速モニタリング技術の開発
- 超高速光LAN-SAN関連技術

プロジェクトの研究開発目標と進め方

100GbE, 40GbE&OTNを前提に、個別デバイス及びそれらを集積化したモジュールの省電力化を推進し、システム全体としての省エネルギーを目標とした。

1. 10Tbps超級エッジルータの実現のための100Gbps超小型光トランシーバ(25Gbps CMOS)を開発し、それをを用いて
 - ① 100GBASE-LR4 光送受信部
 - ② ボード間相互接続用光バックプレーンを開発
 - ③ ネットワーク管理面への応用を考え、
 - i. 高速ネットワークトラヒック分析技術(光バックプレーン)
 - ii. 25Gbps光信号のSFQベース・リアルタイムオシロを開発
2. 超高速LAN-SAN システム実現のための小型40Gシリアル光トランシーバ(40Gbps CMOS)を開発し、それをを用いて
 - ① 40GBASE-FR 光送受信部
 - ② それを40Gbps WANにつなぐためのOTU3e関連デバイス
 - ③ 同トランシーバを4並列しSHV信号伝送を可能にするOTDM多重化SHV伝送システムを開発

出口視点から考える

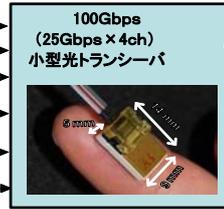
共通基盤技術：個別テーマ

キーデバイス

システム

① 100GbE (25Gbps技術)

超高速CMOS送受信回路
超高速・省電力面出射型レーザ
高感度光受信モジュール
超高速光送信ドライバ
小型省電力光アップリンク(光モジュール化技術)
高速直接変調レーザ(量子ドットレーザ)
スケーラブル・ルータアーキテクチャ
SFQベース・リアルタイムオシロ



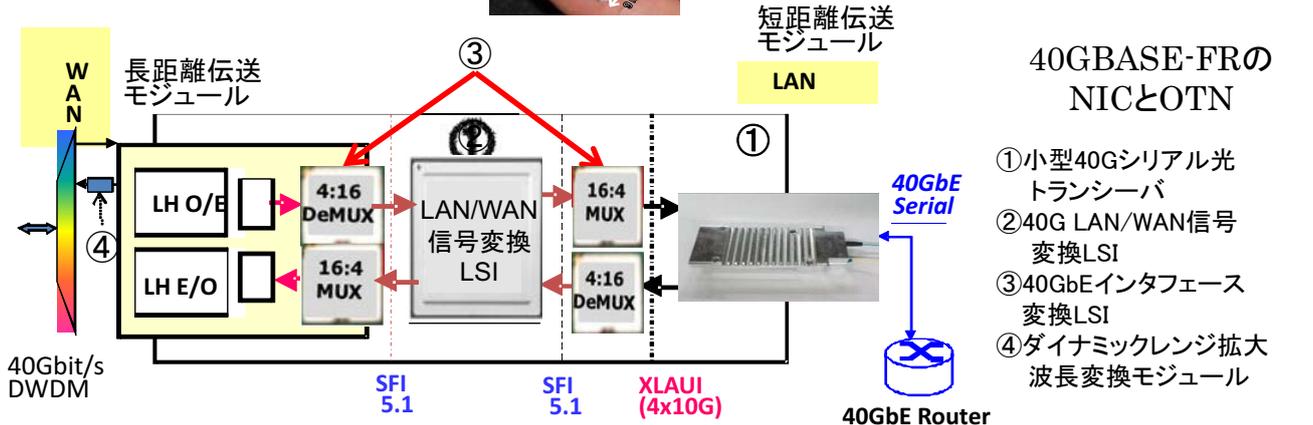
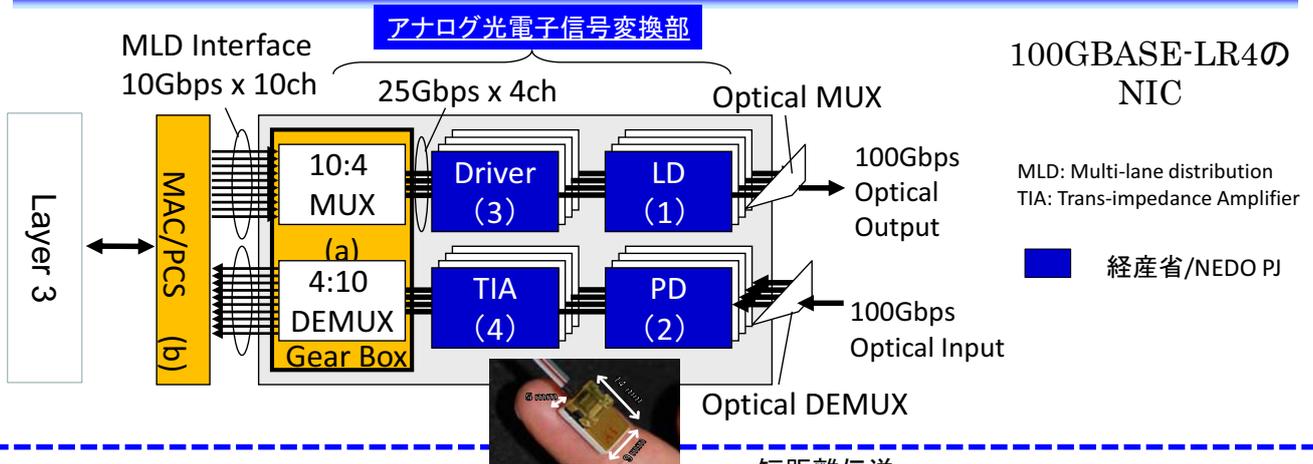
光バックプレーン(ルータに利用)
100GBASE-LR4
高速ネットワークトラフィック分析
SFQベース・リアルタイムオシロ

② 40GbE & OTN (40Gbps技術)

LAN-WAN間大容量信号変換技術
入力ダイナミックレンジ拡大波長変換器
超高速多重・分離技術 (小型40Gシリアル光トランシーバ)
高速直接変調レーザ(AIGalnAs系レーザ)
LAN-SANシステム設計技術
SHV配信LAN-SANシステム収容技術
ハイブリッド集積全光スイッチ 及びOTDM-NIC
高効率半導体増幅器



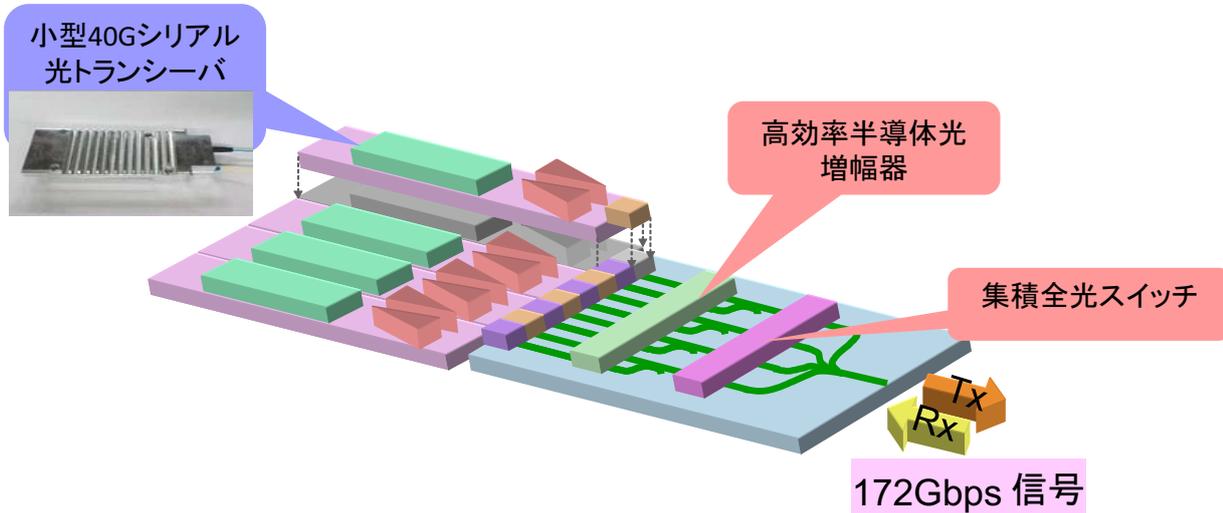
OTN
40GBASE-FR
OTDM多重化SHV伝送システム



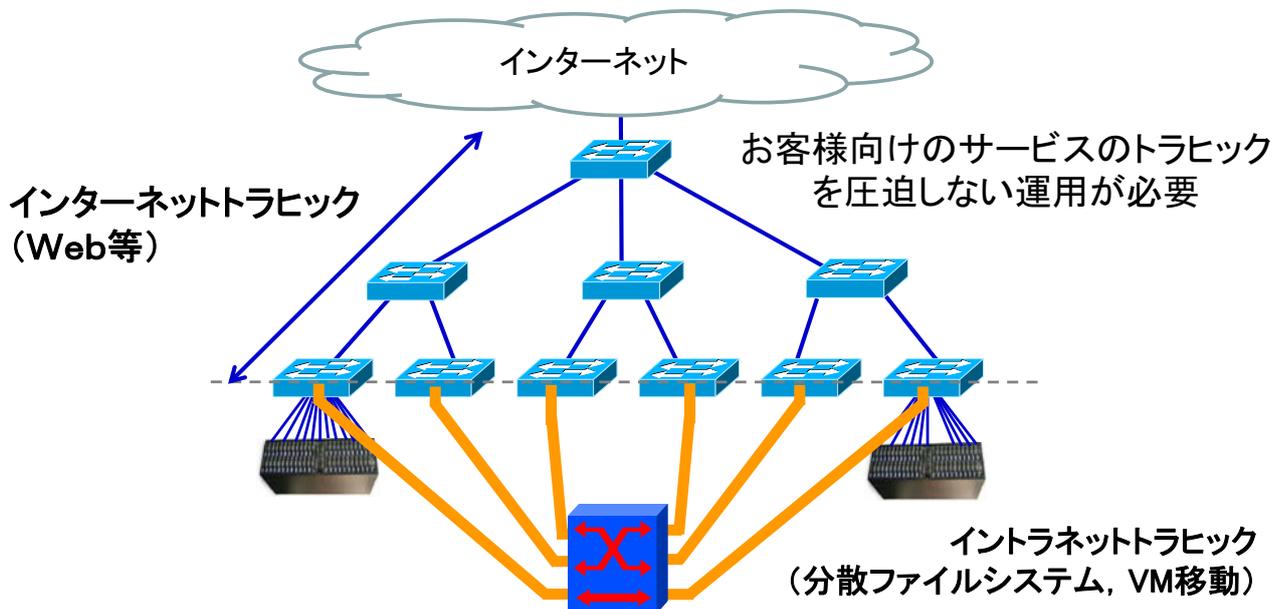
40Gbit/s信号処理CMOS回路による OTDM-NIC

(SHV伝送向け43Gbps x 4構成の場合)

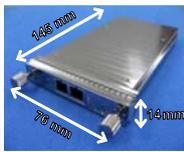
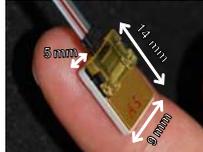
最高43Gbps x 16 = 688Gbps まで多重化可能



40Gbps信号処理CMOS回路によるOTDM-NICの想定利用形態 (クラウドコンピューティングとデータセンタ内光スイッチ)



Guohui Wang, et al., "c-Through: Part-time Optics in Data Centers," SIGCOMM 2010

プロジェクト開始時点 (2007. 4)		プロジェクト終了時 (2012. 2)		削減率
<p>100GbE CFPモジュール (25Gbps × 4ch) ・消費電力 24W ・サイズ 145 × 77 × 14mm (備考) 100Gbイーサネット光モジュール</p> 	⇒	<p>小型100Gbps (25G × 4ch) 光トランシーバ ・消費電力 2W ・サイズ 14 × 9 × 5mm</p> 		<p>・消費電力 -92%削減 ・サイズ -99%削減</p>
<p>40GbE 300pin光トランシーバ (40Gbps × 1ch) ・消費電力 24W ・サイズ 178mm × 127mm (備考) 300pin規格準拠</p> 	⇒	<p>小型40Gbpsシリアル 光トランシーバ ・消費電力 5.6W ・サイズ 91mm × 42mm</p> 		<p>・消費電力 -77%削減 ・サイズ -83%削減</p>
<p>OTN 40G-SONET トランスポンダラインカード (10G × 4枚) 主要3部品で比較 26W × 4枚 = 104W (LAN-SAN大容量信号変換)</p> 	⇒	<p>トランスポンダラインカード (40Gbps × 1枚) 主要3部品で比較 38W × 1枚 = 38W</p> 		<p>・消費電力 ラインカード -60%削減 LSI単体 -50%削減</p>
<p>OTDM伝送システム (10GbpsでWDMの場合) 10G WDMトラポン: 消費電力20W 20W × 16台 = 320W 電気スイッチ部 1720W 合計: 2040W</p> 	⇒	<p>172Gbps (43G × 4ch) + 光パス スイッチ ~640Gbps/laneまで拡張可能 ・消費電力: ~200W ・サイズ: ラインカードサイズ</p> 		<p>・消費電力 2040W → 200W -90%削減</p>

「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発プロジェクト」研究成果 (平成19年4月~24年2月)

論文	学会発表 (国際/国内学会) (解説記事含む)	標準化寄与文書 (寄書)	特許	新聞発表	主要 展示会
48件	330件 (119件/211件)	10件	90件 (内数) 国内出願: 71件 外国出願: 19件	34件	20件

大規模エッジルータ ○最終目標達成:◎実用化への基盤確定

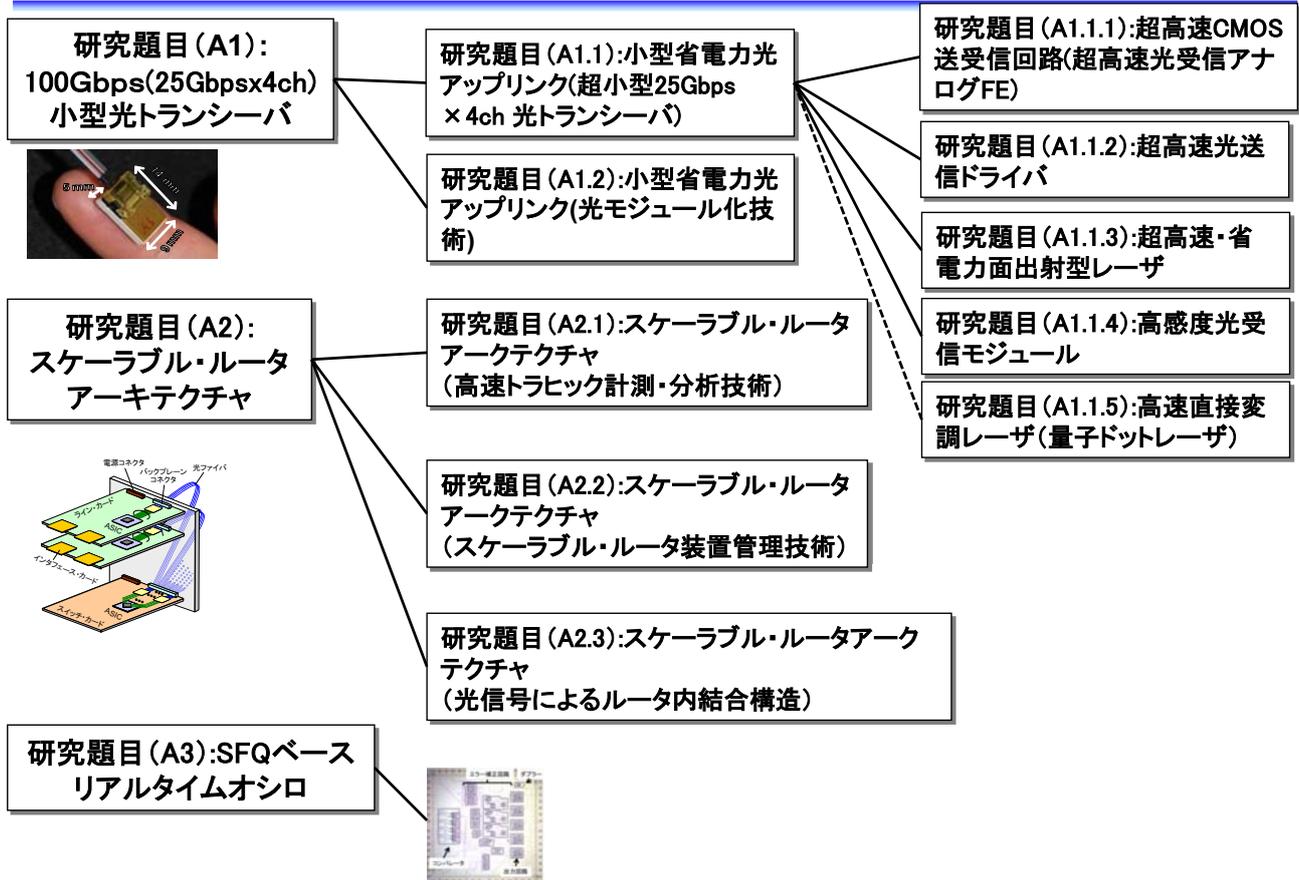
個別テーマ	最終目標 (平成23年度)	主な成果状況	達成度
超小型25Gbps×4ch光トランシーバ (小型省電力光アップリンク)	ルータの光バックプレーンとして25Gbps×4chトランシーバを適用し動作実証 100Gbps双方向、省電力10mW/Gbps	速度変換ICと7ナノメートルフロントエンド部(Driver,TIA)をCMOS-LSIとして一体集積することで小型化と省電力化(10mW/Gbps)を実現	○
光モジュール化技術	25Gbps×4ch光送受信モジュール、超小型サイズ1cm ² 程度高均一性、高放熱特性を実現	25Gbps×4ch光モジュールとして、世界最小14×9×5.3mm(L×W×H)の超小型化を実現	◎
超高速光送信ドライバ	低消費電力の冗長化ドライバ回路を開発し25Gbpsで10mW/Gbps以下の小型I/Oを開発	CMOSカソードドライブ方式のドライバを試作し、25Gbpsで6.7mW/Gbpsを実現	○
超高速・省電力面出射型レーザ	単体で28Gbps以上高速動作 アレイ素子の高温(85℃)、高速動作(25Gbps)	・単体で40Gbps動作を確認 ・85℃で25Gbps×4chアレイLDの動作確認	◎
高感度光受信モジュール	PDと受信アンプ回路との高密度集積実証(送受信部全体:10mW/Gbps),4chアレイ化光受信フロントエンドを開発	光バックプレーンのルータ装置で、25Gbps×4chトランシーバとして動作を確認	◎
高速直接変調レーザ (量子ドットレーザ)	温度安定 25Gbps動作実証	・1.3μm帯量子ドットレーザで、70℃までの温度安定25Gbps動作を達成	○
スケラブル・ルータアーキテクチャ			
高速トラヒック計測・分析技術	40Gbpsおよび4Mフロー/秒に対応する独立筐体型およびルータ内蔵トラヒック分析装置を開発	40Gbpsおよび4Mフロー/秒に対応する独立筐体型およびルータ内蔵トラヒック分析装置を試作し動作を確認	◎
スケラブル・ルータ装置 管理技術	複数台のルータが連携して大規模なスケラブル・ルータとして動作するための装置管理技術を開発	複数のルータと試作したルータ内蔵トラヒック分析装置によりスケラブル・ルータを構成して実証	◎
光信号によるルータ内結合構造	ルータ内の機能モジュール間を光信号により結合してルータ内のデータ転送処理を高速化する光バックプレーン技術を開発	100Gbit/s光トランシーバを組合せたルータ内機能モジュール、及び光バックプレーン向けの電気光混載コネクタを開発し、光バックプレーン搭載ルータの試作と実証を行った	◎
SFQベースリアルタイムオシロ	・40Gbps光入力技術構築 ・5ビットSFQ高速ADコンバータによる50GS/s波形観測を実現	・5ビットSFQ高速ADコンバータによる100GS/s波形観測、および10GHz光入力波形観測の実証	○

超高速光LAN-SANシステム ○最終目標達成:◎実用化への基盤確定

個別テーマ	最終目標 (平成23年度)	主な成果状況	達成度
超高速光LAN-SANシステム設計と実証	160Gbps超級集積型OTDM光NIC用デバイスを用いた160Gbps光LAN-SAN動作実証	172Gbps (43Gbps×4ch) 光LAN-SAN動作実験に成功	○
ハイブリッド集積全光スイッチ 及びOTDM-NIC	ハイブリッド集積4チャンネル全光スイッチ、ハイブリッド集積OTDM-NICの実現	172Gbps (43Gbps×4ch) 光LAN-SAN SHV信号配信システムに組み込み長時間の安定動作を確認	○
高効率半導体光増幅器	半導体光増幅器(SOA)のハイブリッド実装を開発し、4チャンネルアレイ化を実現する	波長1.55μmで利得11dB、飽和出力13dBmの4チャンネルアレイ素子を実現	○
SHV配信LAN-SANシステム収容技術	非圧縮SHV(72Gbps)を160Gbps光LANで伝送し、2チャンネル切り替えて受信する	2010,2012年度NHK技研展でSHV非圧縮映像信号の配信実験を動態展示。安定動作を確認	○
40Gbpsシリアル光トランシーバ (光NIC用省電力インタフェース技術)	超小型40Gbps光送受信モジュールを開発LAN-SANシステムで40%の低電力化を実現	・超小型40Gbps光送受信モジュール(サイズ1/6以下、電力50%以下)を実現 ・40GEシリアル国際標準化に大きく貢献	◎
高速直接変調レーザ (AlGaInAs系単一モードレーザ)	単一モードレーザにおいて、85℃以上、駆動電流50mA以下で40Gbps動作を実証する	・1.55μm帯LD:85℃で駆動電流43.5mA達成 ・1.3μm帯LD:85℃で駆動電流88.5mA	○
40Gbps LAN-WANシステム			
LAN-WAN間大容量信号変換技術	40G LAN-WAN間をシームレスに接続する信号変換LSI技術の確立(消費電力16W以下)	・消費電力13.3Wを実現。 国際標準化でITU-Tの文書化に成功 ・実用化のため子会社へ技術展開	◎
入力ダイナミックレンジ 拡大波長変換器	波長・入力電力に対しロバストな波長変換器の4チャンネルアレイ化を実現する	レベル監視PDと入力光レベル調整SOAを集積した波長変換光素子を開発	◎
小型省電力波長可変光源	・波長チューニング電力 ≤40mW/ring ・波長可変範囲 100nm ・波長可変光源モジュールの低消費電力化 ≤2W	左記目標クリア H22年度で完了	○

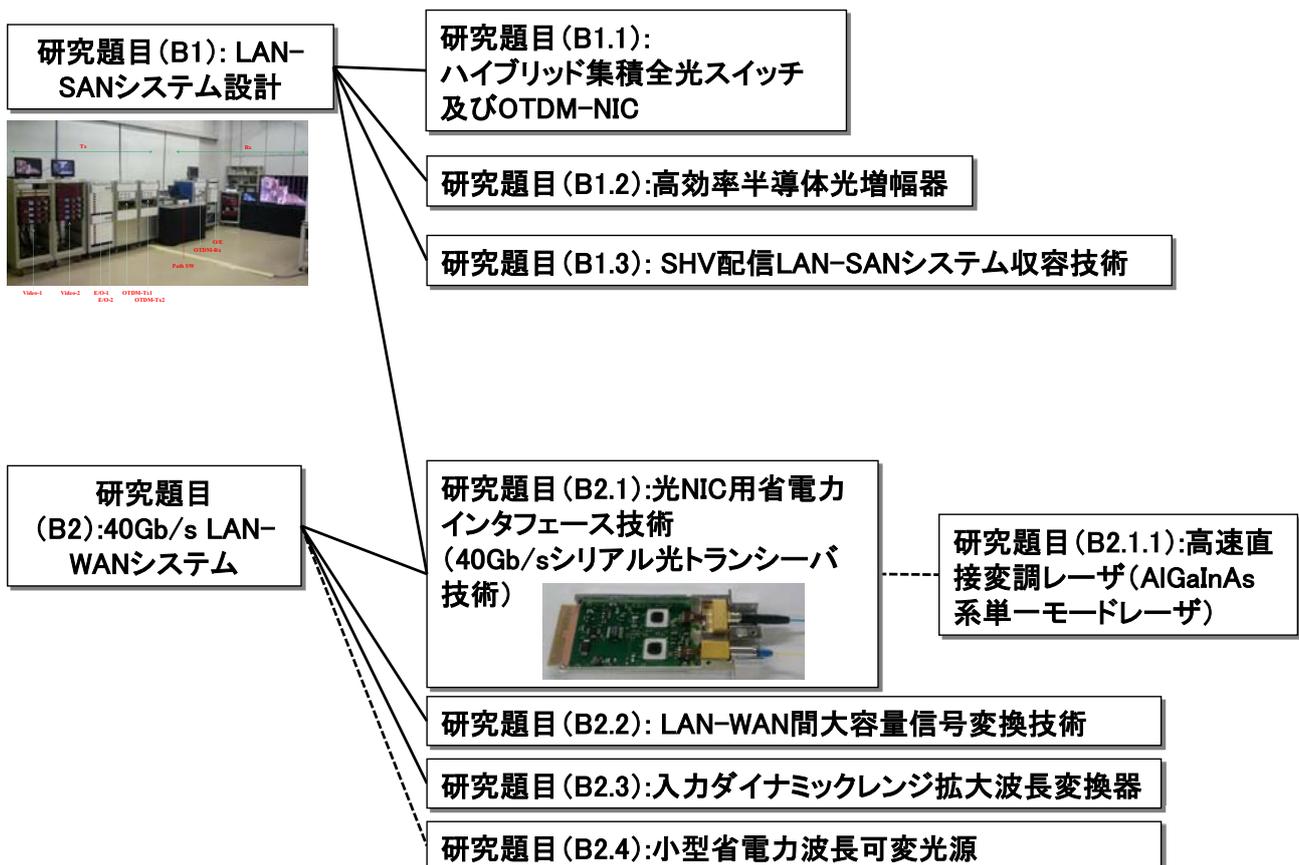
研究開発成果の包含関係

公開



研究開発成果の包含関係

公開



研究開発成果、実用化、事業化の見通し

公開

研究題目 (A1.1)

成果概要: 25Gbps 技術

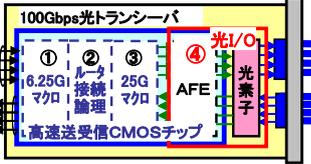
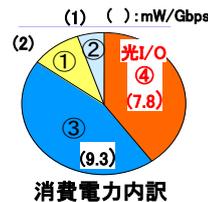
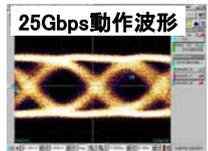
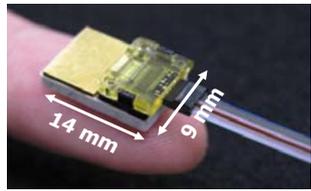
小型省電力光アップリンク(超小型100Gbps (25Gbps × 4ch) 光トランシーバ)(日立)

小型100Gbps光トランシーバを開発し、光I/Oで10mW/Gbps、従来比90%の省電力効果を実証し、本光トランシーバをエッジルータデモ実験システムのバックプレーンに適用し、伝送実証完 (NEC、アラクサラと連携)。

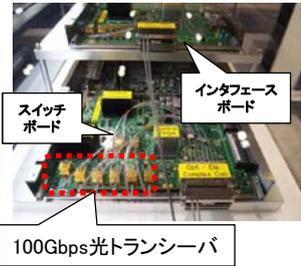
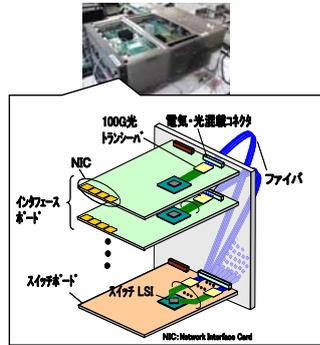
【最終目標達成】

○ 100Gbps双方向・省電力光I/O(10mW/Gbps,従来比90%の省電力効果)を実証 (最終年度目標)。

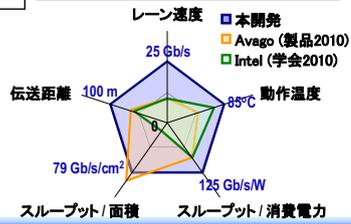
小型100Gbpsトランシーバ



ルータデモ実験システム適用



ベンチマーク



最終目標達成状況

25Gbps/ch動作と光I/Oで10mW/Gbps,従来比90%の省電力効果を実証(最終目標達成)。

実用化・事業化見通し

25Gbps/chの小型光トランシーバについては、プロジェクト終了後も継続開発を進め、早期製品化を図る。

研究開発成果、実用化、事業化の見通し

公開

研究題目 (A1.2)

成果概要: 25Gbps 技術

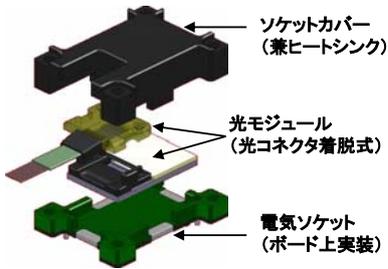
小型省電力光アップリンク(光モジュール化技術)(NEC)

25Gbps × 4chの光送受信モジュールを、超小型サイズ(1cm²程度)で、光結合のch間高均一性、高放熱特性を満たして実現。

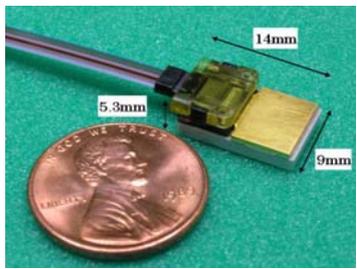
【最終目標達成】

○超小型: W 9 × L 14 × H 5.3mm ○低損失 & 高均一光結合: 送信損失 ~ 3dB
○高放熱特性: 光素子 & LSI温度上昇 < 10°C

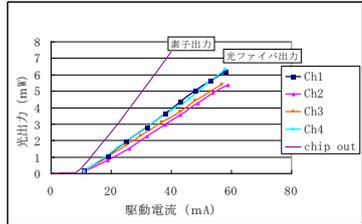
光モジュール構造



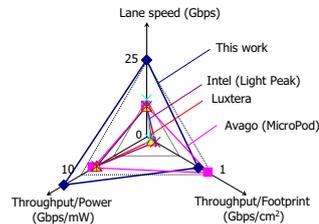
光モジュール実体写真



光出力特性(送信)



ベンチマーク



最終目標達成状況

最終目標達成。

実用化・事業化見通し

100Gスループットの超小型光I/Oは、光バックプレーンのキーコンポーネント。まずは、共通実装構造を10G × 12ch光I/O(送信/受信)に適用し実用化。

●OFC2011: 展示・発表
●OFC2012: 展示

研究題目 (A1.1.1)

成果概要: 25Gbps 技術

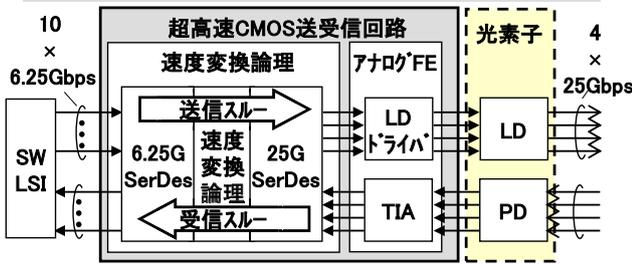
超高速CMOS送受信回路(超高速光受信アナログFE)(日立)

ルータとの接続機能(速度変換論理)とアナログフロントエンド回路を一体集積した超高速CMOS送受信回路を開発し、4×25Gbpsの高速動作と、20mW/Gbpsの低電力動作実証完。

【最終目標達成】

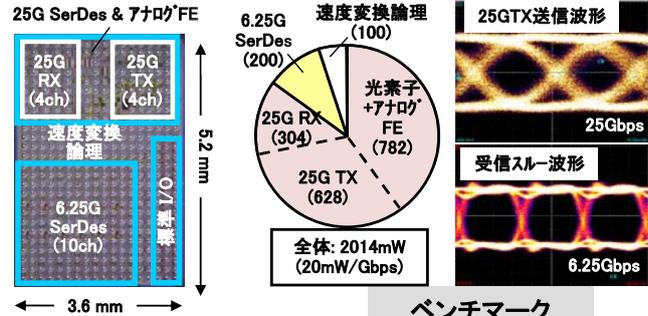
○ 100Gbps双方向・省電力光I/O(10mW/Gbps、従来比90%減の省電力効果)を実証(最終年度目標)。

超高速CMOS送受信回路

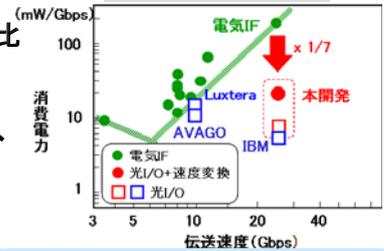


LD: レーザダイオード, PD: フォトダイオード, TIA: トランスインピーダンスアンプ
SerDes: SERializer/DESerializer, SW: スイッチ

試作・評価結果



ベンチマーク



最終目標達成状況

25Gbps/ch動作と光I/Oで10mW/Gbps、従来比90%減の省電力効果を実証(最終目標達成)。

実用化・事業化見通し

省電力のキー技術(CMOS回路)については、プロジェクト終了後も継続開発を進め、早期製品化を図る。

●国際会議VLSI2012で開発成果を発表

研究題目 (A1.1.2)

成果概要: 25Gbps 技術

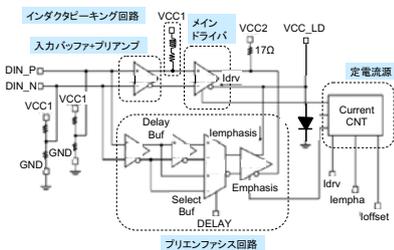
超高速光送信ドライバの技術開発(NEC)

25Gbps×4ch 送信ドライバ(CMOS)のチップ試作および評価完了し、25Gbpsの高速動作および10mW/Gbps以下の低消費電力性を確認。

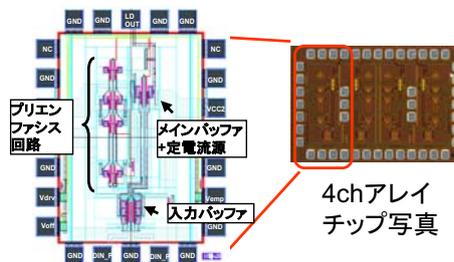
【最終目標達成】

○帯域: 25Gbps ○4chアレイ(トータルスループット100Gbps)
○低消費電力動作: 6.69mW/Gbps

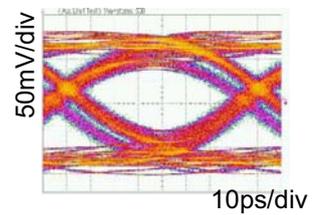
送信ドライバブロック図



25Gbps-4chレイアウト



25Gbps電気出力波形

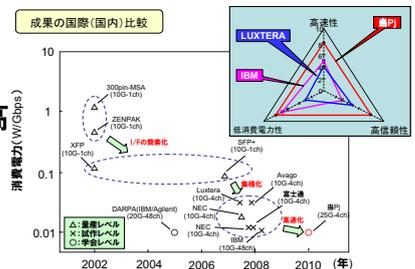


最終目標達成状況

当初計画の**最終目標を達成**。
90nm-CMOSプロセスを用い、25Gbps駆動で10mW/Gbps以下の低消費電力送信ドライバを開発し、最終目標を達成。FPGAベースで高信頼化技術を実証し、最終目標を達成。

実用化・事業化見通し

自社における継続開発により、100GbE トランシーバならびにルータ向け超高速アップリンクへの適用を目指す。



研究題目 (A1.1.3)

超高速・省電力面出射型レーザ(日立)

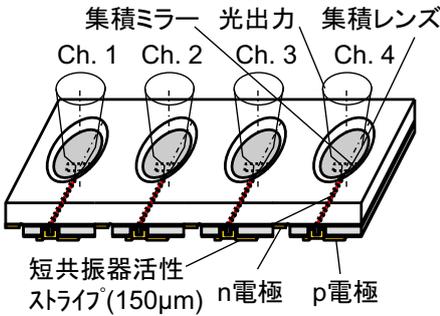
成果概要: 25Gbps 技術

短共振器構造と集積レンズを採用した高速・省電力面出力レーザアレイを開発し、85°C、100Gbit/s (25Gbit/s × 4チャンネル) 動作を実証。

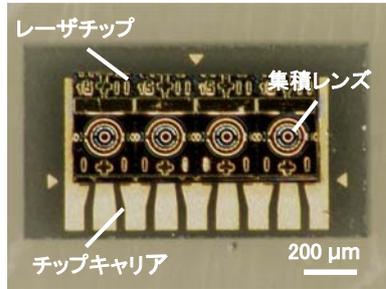
【最終目標達成】

- アレイ素子の高温高速動作: 85°C、100Gbit/s (25Gbit/s × 4ch)
- 単体素子の高速動作: 28Gbit/s
- 省電力動作: 従来比1/2 (3.2GHz/mA^{1/2})

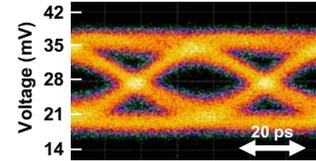
素子構造



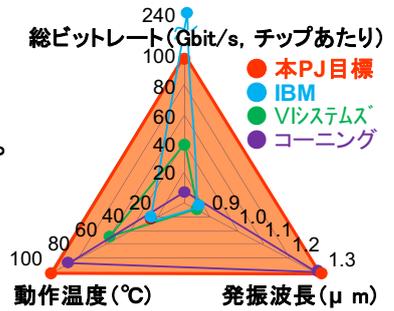
試作チップ



28Gbit/s動作波形



ベンチマーク



最終目標達成状況

最終目標(25Gbit/s × 4ch)は一年前倒し達成済み。最終年度目標(28Gbit/s)も達成済。

実用化・事業化見通し

顧客が波長1.3μm光モジュール小型化のキラー技術として注目。プロジェクト終了後も継続開発を進めており早期製品化を図る。

●OFC2012で動態展示実施

●100GbE標準化会議で本成果に基づき提案

研究題目 (A1.1.4)

高感度光受信モジュール(日立)

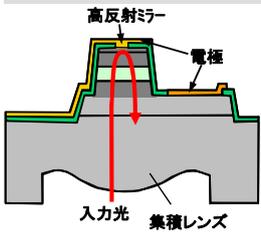
成果概要: 25Gbps 技術

高反射ミラーと集積レンズを採用した高速・高感度フォトダイオード (PD)アレイを開発。小型100 Gbps (25 Gbps × 4チャンネル(ch)) 光トランシーバに適用し、25 Gbps/ch 動作実証。

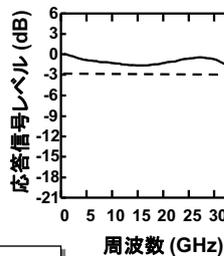
【最終目標達成】

帯域: 35 GHz、受光感度: 0.8A/W の4chPDアレイを開発。光トランシーバに適用し、25 Gbps/ch を動作実証。

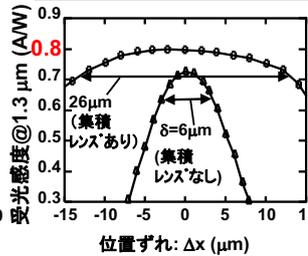
PD構造



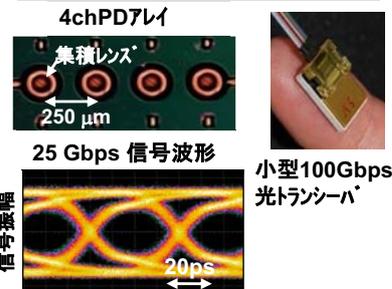
高速動作



高感度/高トランス光結合特性



光トランシーバ用4chPDアレイ



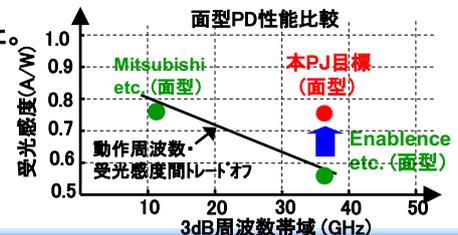
最終目標達成状況

35 GHz、0.8A/W の4chPDアレイの開発、ならびに小型100Gbps光トランシーバに適用かつ25 Gbps/ch動作を実証し、最終目標を達成した。

実用化・事業化見通し

高感度受光素子は、光通信用モジュールの小型化を実現するためのキー技術であり、プロジェクト終了後も継続開発を進め、早期製品化を図る。

ベンチマーク



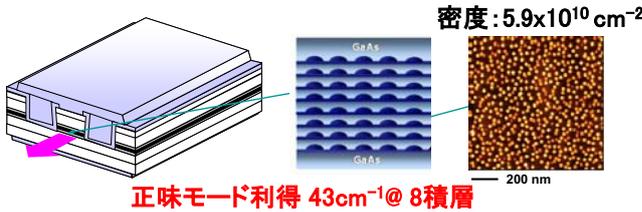
研究題目 (A1.1.5)

高速直接変調レーザ (量子ドットレーザ: 富士通)

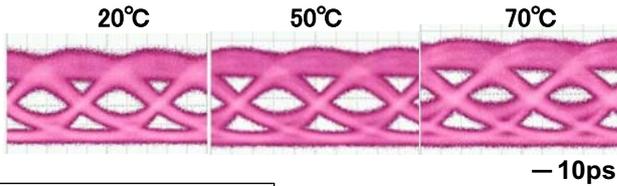
成果概要: 25Gbps 技術

温度安定・高速直接変調レーザの実現

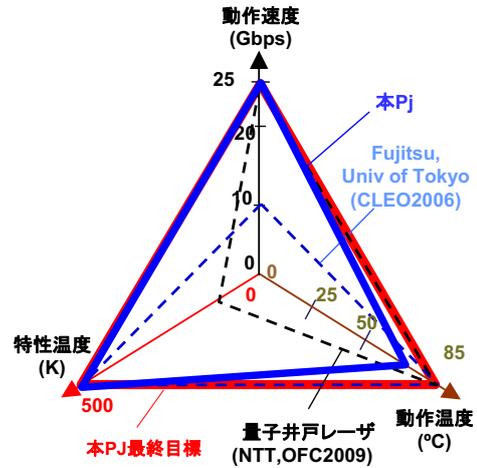
高密度量子ドットの多層積層による高利得化



70°Cまでの温度安定25 Gbit/s動作 (駆動条件固定)



ベンチマーク



最終目標達成状況

最終目標 (温度安定25 Gbit/s動作) を達成

実用化・事業化見通し

小型・低消費電力の市場ニーズとマッチしており、実用化の期待は大。実用化に向けた技術開発を継続すると共に、要素技術を切り出した形での早期の製品展開を検討。

研究題目 (A2.)

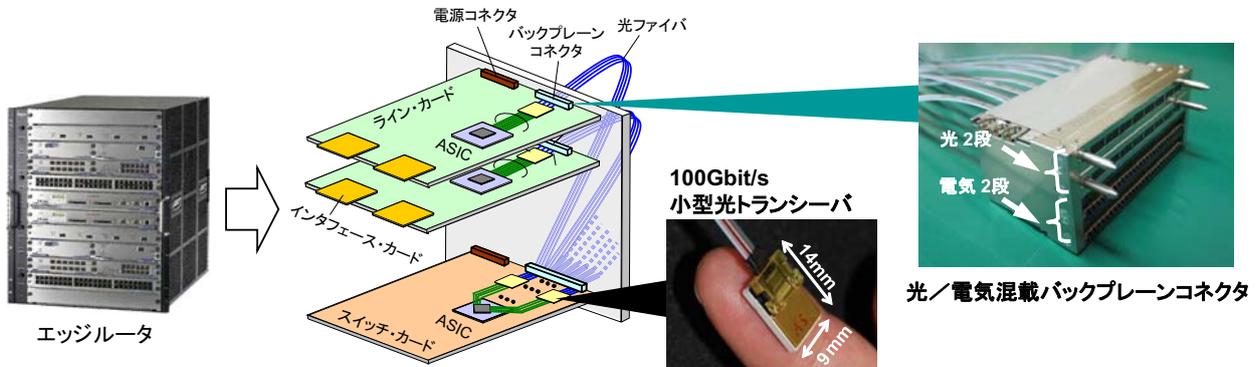
スケーラブル・ルータアーキテクチャ (アラクサラ)

成果概要: 25Gbps 技術

光デバイスを用いた大規模エッジルータの実現に要する以下の技術に関し、その試作と検証を実施

【最終目標達成】

- 40Gbit/s対応高速トラヒック計測・分析技術 (中間目標にて達成済)
- スケーラブル・ルータ装置管理技術
- 100Gbps小型光トランシーバを用いた光バックプレーン技術



最終目標達成状況

複数台ルータの連携によるスケーラブル・ルータアーキテクチャ、および100Gbit/s小型光トランシーバを用いた光バックプレーン搭載ルータの実機実証を行い、最終目標を達成。

実用化・事業化見通し

光バックプレーン技術を適用した次世代ルータの実用化に向けて、光デバイスの信頼性確保、コスト低減等への取り組みを継続。

研究題目 (A3.)

SFQベース・リアルタイムオシロ (ISTEC)

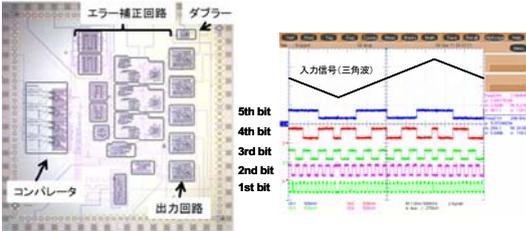
成果概要: 25Gbps 技術

- SFQ ADCのサンプリング周波数100 GS/s (5ビット) 達成
- 5ビットSFQ ADCを冷凍機実装したSFQリアルタイムオシロにより、10 GHz電気信号および光信号の波形観測に成功

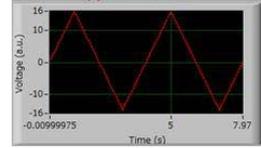
【最終目標達成】

○ 5ビットSFQ ADCによる50 GS/s波形観測実現

5ビットSFQ ADCチップとその動作 SFQリアルタイムオシロ 100GS/s波形観測



冷凍機実装したSFQ ADCと測定システム



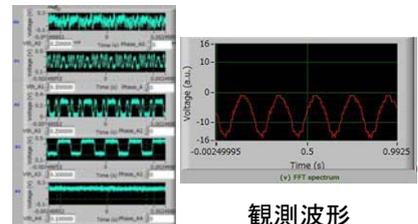
10GHz光信号波形観測

最終目標達成状況

当初計画の最終目標達成。
最終目標2倍の100 GS/s実証。
10 GHz電気、光信号波形観測成功。

実用化・事業化見通し

科学分野の計測に適用することにより、計測器としての信頼性醸成を通しての実用化を目指す。



出力生成波

観測波形

研究題目 (B1.)

超高速光LAN-SANシステム設計技術(産総研)

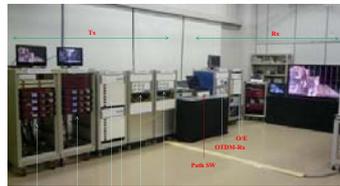
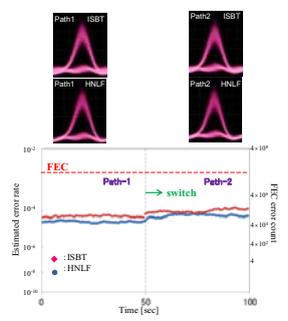
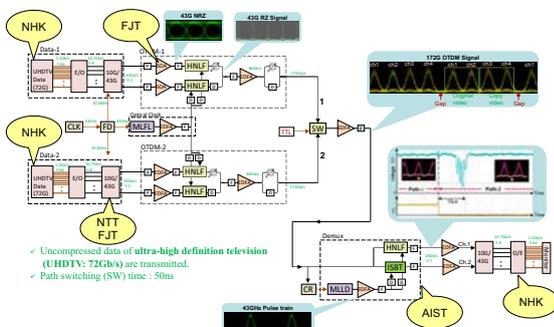
成果概要: 40Gbps 技術

当プロジェクトで開発したデバイスを用いた160G-OTDM伝送と、これを用いた超高速光LAN上でSHV映像の切替動作に成功した。

【最終目標達成】

○超高速光LAN上における、省電力160G OTDM光NICを用いたSHV配信実験

超高速光LAN上でのSHV配信実験 ダイナミックな切替動作 システム外観

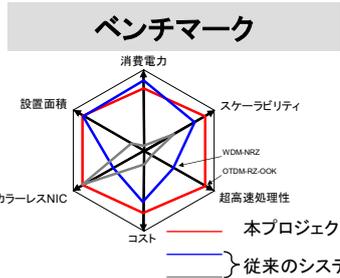


最終目標達成状況

当初計画の最終目標は達成済み。集積デバイスを用いたOTDM伝送技術を確認し、簡素で安定な独自の切替技術を開発し、省電力超高速光LAN-SAN動作を実証。

実用化・事業化見通し

SHV普及までは、巨大データセンター向け光ネットワーク技術への応用を検討。



- ECOC2011/OFC2012PD
- 2012 NHK技研公開: 動展示

研究題目 (B1.1)

ハイブリッド集積全光スイッチ及びOTDM-NIC(産総研)

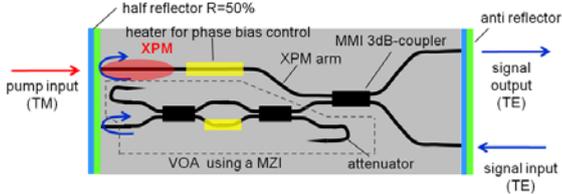
成果概要: 40Gbps 技術

ハイブリッド集積で全光スイッチの動作を確認、さらにモノリシック集積化し、OTDM-NICに実装した。

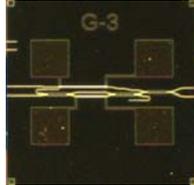
【最終目標達成】

- モノリシック集積超小型干渉計型スイッチ(サイズ1mm)
- 160Gb/s→40Gb/sのエラーフリーDEMUX
- OTDM-NICに実装、SHV配信に成功

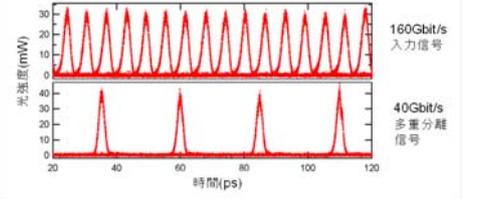
モノリシック集積素子模式図



チップ写真



160Gb/s→40Gb/sへのDEMUX

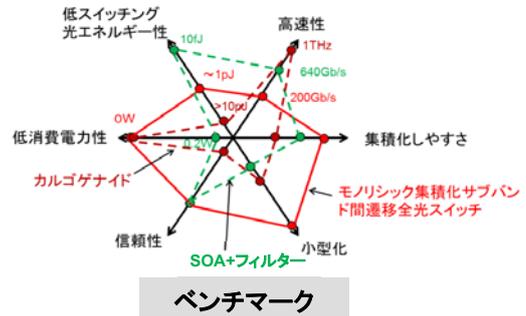


最終目標達成状況

モノリシック集積で超小型の全光スイッチを実現、OTDM-NICへの実装を行いOTDM-NICとしての動作を実証。

実用化・事業化見通し

SHVの進展に合わせてシステム化技術と連携して実用化を目指す。また、ゲートスイッチとしての広い応用を検討する。



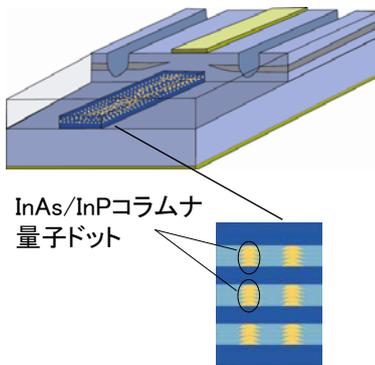
研究題目 (B1.2)

高効率半導体光増幅器(富士通)

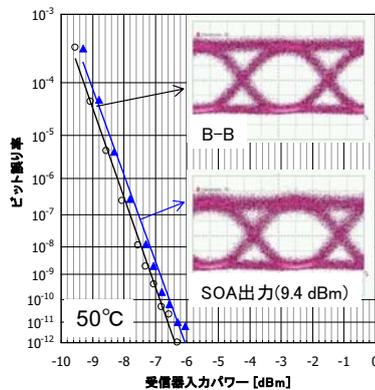
成果概要: 40Gbps 技術

50°Cにて40 Gbps変調信号光のペナルティフリー増幅を世界で初めて実証。4チャンネルアレイ化を実現。

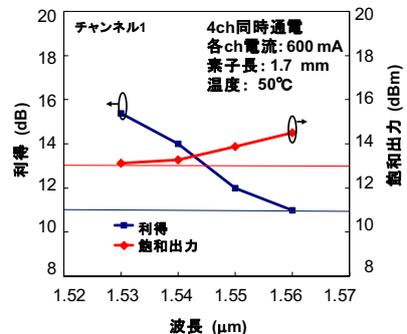
量子ドット半導体光増幅器



40Gbps, NRZ変調信号増幅特性



4チャンネルアレイ素子特性



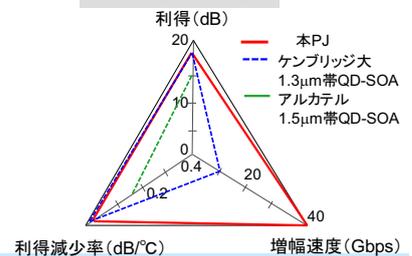
最終目標達成状況

50°Cでの4チャンネル同時通電下で通信波長帯域において利得11dB、飽和出力13dBmを達成。4チャンネルアレイSOAとして技術を確立。

実用化・事業化の見通し

開発した要素技術を切り出して事業部での製品化を検討。

ベンチマーク



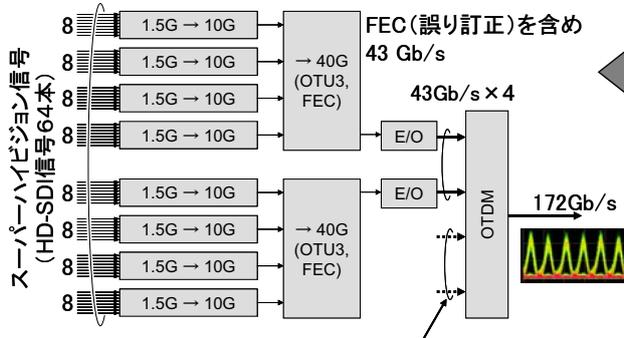
研究題目 (B1.3)

成果概要: 40Gbps 技術

SHV配信LAN-SANシステム収容技術(NHK)

- SHV信号の光LAN-SANシステムへの収容技術を開発
 - 24 Gb/sのSHV信号を、1つの43 Gb/s OTU3光信号に収容
 - 72 Gb/sのSHV信号を、2つの43 Gb/s OTU3光信号に収容
- 光LAN-SANシステム上での配信および切り替え実験に成功

【最終目標達成】



スーパーハイビジョンを2チャンネル伝送する場合

72 Gb/s SHV信号収容装置の構成

- SHV信号の映像クロックの伝送技術の開発
SRTS (Synchronous Residual Time Stamp) 法に基づく映像クロックの伝送
- SHV信号のOTU3への収容技術の開発
10Gbps信号4本を40Gbps信号 (OTU3形式) に収容

最終目標達成状況

2010年および2012年: NHK放送技術研究所一般公開で実験展示
2010年: 産総研VICTORIES および NICTと合同で光パス・ネットワーク実験
2010年: アムステルダムで、SHVカメラ映像を43G光信号により17 km伝送
2020年頃のSHV試験放送開始を目標に、SHV全体の開発を進めている。
試験放送開始にあわせてNHKの局内ネットワークとして導入することをめざし、さらに開発を進める。

実用化・事業化見通し

研究題目 (B2.1)

成果概要: 40Gbps 技術

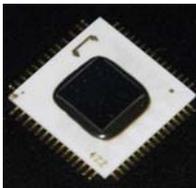
40Gbpsシリアル光トランシーバ(光NIC用省電力インタフェース技術, 超高速多重・分離技術)(富士通)

CMOS 40Gb/s多重・分離LSI、超小型光送信モジュールの開発による、40Gb/sシリアル光トランシーバの小型・低電力化。

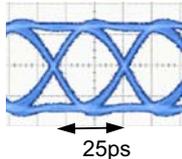
【最終目標達成】

- 40GbE serial、40G VSR に適用可能な光送受信特性
- 従来と比較して サイズ 1/6、電力 1/3以下を実現

40Gb/s 多重・分離LSI

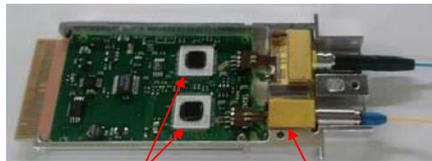


40Gb/s 多重LSI波形



サイズ: 9mm x 9mm
消費電力: 3W

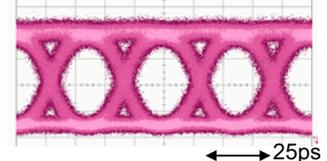
40Gb/sシリアル光トランシーバ



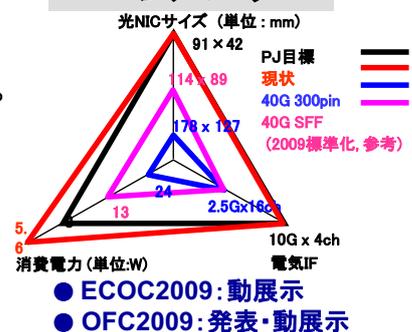
40Gb/s 多重・分離LSI 超小型光送信モジュール

サイズ: 91.5 x 41.8 x 13.2 mm
電力: 5.6W

40Gb/s 光出力波形



ベンチマーク



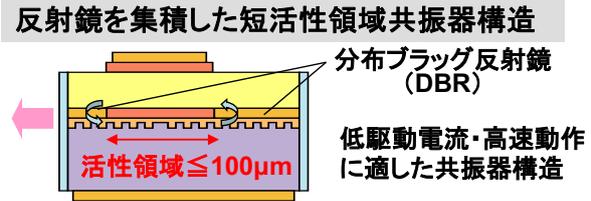
最終目標達成状況

最終目標を達成(サイズ 1/6、電力 1/3)。世界に先駆けて、40Gb/sシリアル光トランシーバを実現し、標準化(IEEE802.3bg)に貢献。

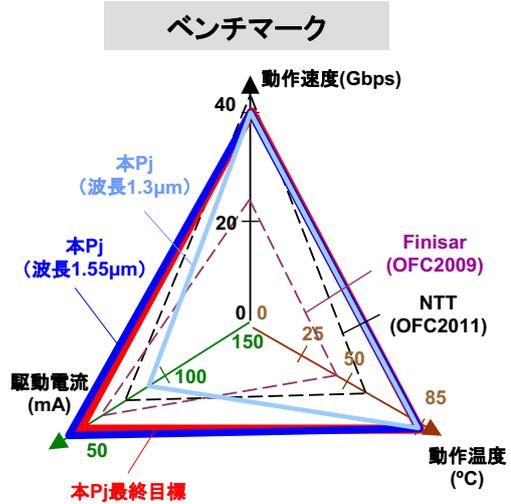
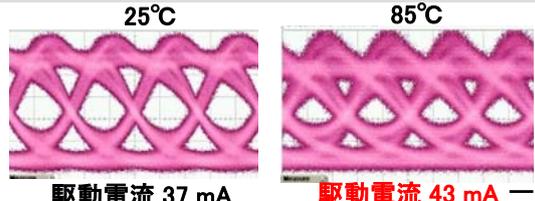
実用化・事業化見通し

本プロジェクトと同等仕様の次世代40G光トランシーバ(CFP2)の市場動向を見極めながら、改良を進め、製品化を検討。

研究題目 (B2.1.1) 高速直接変調レーザ (AlGaInAs系単一モードレーザ: 富士通)
成果概要: 40Gbps 技術 低消費電力・超高速直接変調レーザの実現



駆動電流 43 mA での 85°C, 40 Gbit/s 動作
 (波長 1.55μm 帯レーザ)



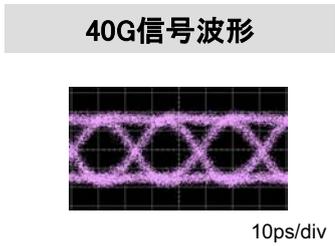
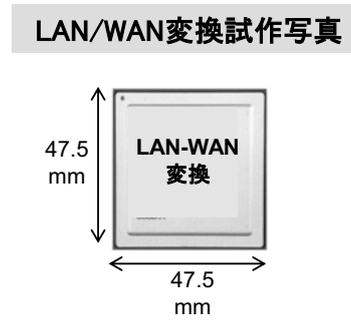
最終目標達成状況 最終目標 (85°C、駆動電流 50 mA 以下での 40 Gbit/s 動作) を達成

実用化・事業化見通し
 小型・低消費電力の市場ニーズとマッチしており、実用化の期待は大。実用化に向けた技術開発を継続すると共に、要素技術を切り出した形での早期の製品展開を検討。

研究題目 (B2.2) LAN/WAN間大容量信号変換技術 (NTT)
成果概要: 40Gbps 技術 40G LAN信号を40G WAN信号へ変換する40G LAN/WAN間信号変換回路及び40GbE信号のインタフェース変換を行う40G インタフェース変換回路を開発。消費電力は13.3W【16W以下:最終目標達成】。

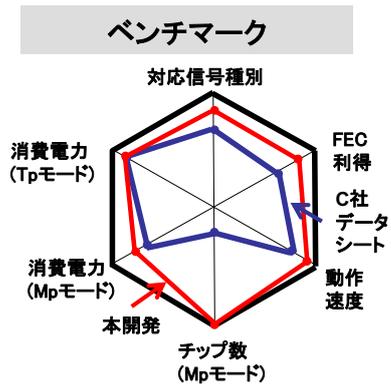
LAN/WAN変換回路機能概要

Item	Specification
LAN Interface	SFI-5.1:STM256/OC768 SFI-4:STM64/OC192,10GbE
WAN Interface	SFI-5.1:OTU3/OTU3e1
WAN bit rate	OTU3 43.02Gbit/s OTU3e1 44.57Gbit/s
Power	10W



最終目標達成状況 当初計画の最終目標である消費電力達成済み。さらに国際標準化を推進し、日本提案がITU-Tの文書化に成功。LAN/WAN変換回路にいち早く実装。

実用化・事業化見通し 40G 光伝送向けチップセットは早期に市場立ち上がりが見込まれるため、実用化開発へ移行し、子会社へ技術展開済み。



研究題目 (B2.3)

入力ダイナミックレンジ拡大波長変換器(三菱電機)

成果概要: 40Gbps 技術

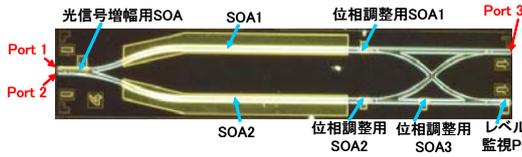
レベル監視PDと光信号増幅用SOAの波長変換器への集積を実現し、フィードバック制御系を構築することにより入力信号レベル変動に対応。

【最終目標達成】

○入力ダイナミックレンジ: 10dB
○OPD/SOA間アイソレーション: 30kΩ

○動作速度: 43Gbps
○監視PD帯域: 15MHz

波長変換集積素子

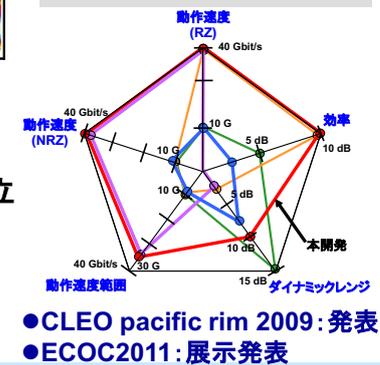


光信号パワー	+3dBm	+9dBm
SOA電流	9.3 mA	9.3 mA
波長変換波形(@43Gbps)	制御無し	
信号光パワー	+3dBm	+13dBm
SOA電流	2.5 mA	13.5 mA
波長変換波形(@43Gbps)	フィードバック制御	

フィードバック制御系



ベンチマーク



最終目標達成状況

計画した最終目標は全て達成。
 ・40Gbps動作
 ・ダイナミックレンジ拡大動作及び制御確立
 ・4チャンネル集積対応素子開発

実用化・事業化見通し

自社における継続開発により、集積化技術の実用化を計画

研究題目 (B2.4)

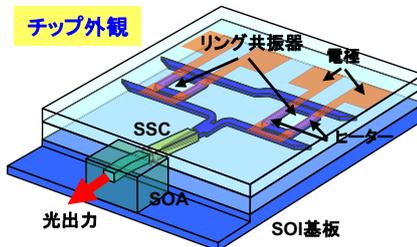
小型省電力波長可変光源(NEC)

成果概要: 40Gbps 技術

シリコンフォトニクスを利用した超小型光共振器を開発し、波長可変光源モジュールの小型・省電力化、広帯域動作を実現した。

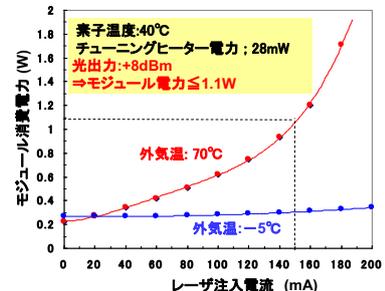
【性能詳細】 ■光回路チップサイズ; ≤1mm² ■チューニング電力; 8mW ■波長帯域; 100nm ■モジュール消費電力; ≤2W

小型波長可変光源モジュール/シリコンチップ



●ECOC2009: 発表/新聞発表

モジュール消費電力



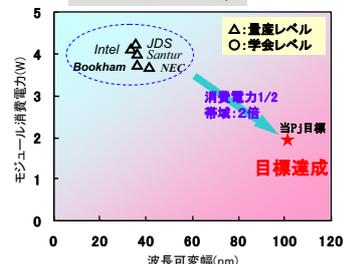
最終目標達成状況

当初の計画通り、波長可変光源の小型・省電力化、広帯域化を達成。また、省電力モジュールの開発を完了し、Pjを2年前倒しで終了。

実用化・事業化見通し

本Pjで開発したシリコンフォトニックデバイス技術の実用化展開を検討継続中

ベンチマーク

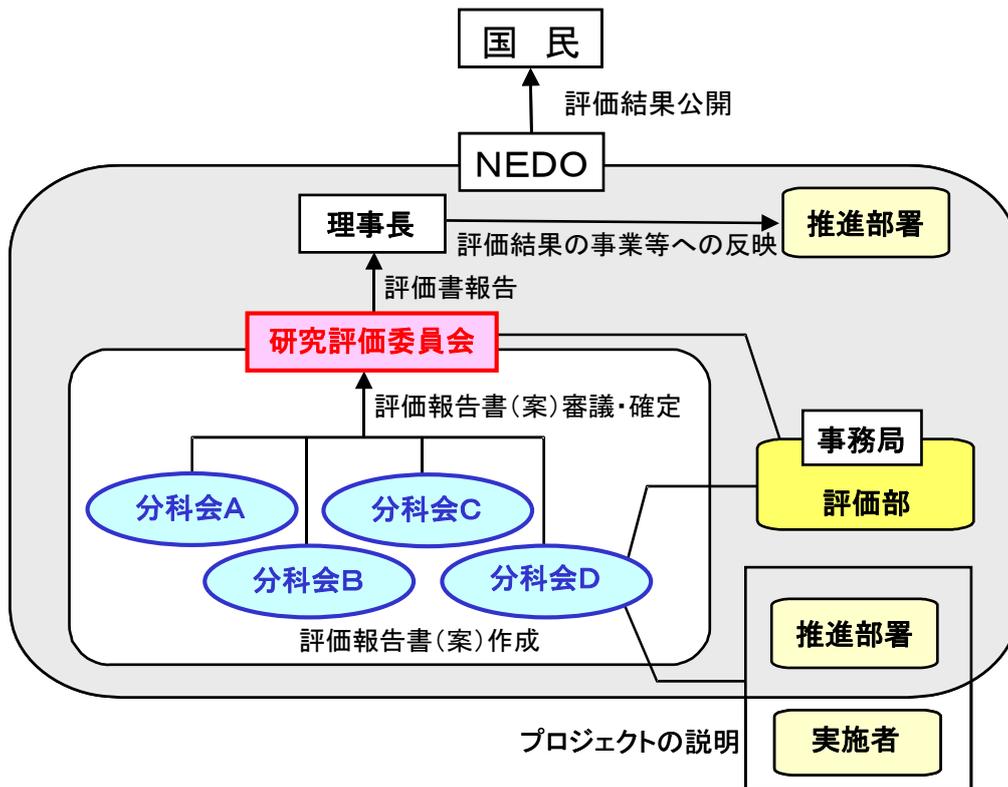


参考資料 1 評価の実施方法

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
- ジャーナリスト

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19年度に開始された「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発」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

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研究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、研究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、研究評価委員会による『各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格、中間・事後評価の別等に応じて、各分科会において判断すべきものである。』との考え方に従い、第1回分科会において、事務局が、研究評価委員会により示された「標準的評価項目・評価基準」（参考資料1-7頁参照）をもとに改定案を提示し、承認されたものである。

プロジェクト全体に係わる評価においては、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義や実用化への見通し等について評価した。各個別テーマに係る評価については、主にその目標に対する達成度等について評価した。

評価項目・評価基準（サンプル）

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

- ・ ITイノベーションプログラムおよびエネルギーイノベーションプログラム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。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(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

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 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。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環

境が整備されているか。

- ・ 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。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(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、事業化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、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・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1) 目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2) 成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることが期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3) 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。

- ・ 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。

(4) 成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）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. 実用化、事業化の見通しについて

(1) 成果の実用化可能性

- ・ 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。
- ・ 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。

(2) 事業化までのシナリオ

- ・ 企業内研究等、プロジェクト終了後の事業化までの道筋は明確か。
- ・ 市場の規模や成長性、コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

(3) 波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

標準的評価項目・評価基準（事後評価）

2010. 3. 26

【事後評価 標準的評価項目・評価基準の位置付け（基本的考え方）】

標準的評価項目・評価基準は、第25回研究評価委員会（平成22年3月26日付）において以下のとおり定められている。（本文中の記載例による1…、2…、3…、4…が標準的評価項目、それぞれの項目中の(1)…、(2)…が標準的評価基準、それぞれの基準中の…が視点）

ただし、これらの標準的評価項目・評価基準は、研究開発プロジェクトの事後評価における標準的な評価の視点であり、各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格等に応じて、各分科会において判断すべきものである。

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。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(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

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 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。
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 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。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(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、事業化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、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・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。（※）

（※事後評価前倒し実施の場合は、「成果は目標値をクリアする見込みか。」）

- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)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。
- ・ 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。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）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. 実用化、事業化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 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。
- ・ 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。

(2)事業化までのシナリオ

- ・ N E D O 後継プロジェクト、N E D O 実用化助成、企業内研究等、プロジェクト終了後の事業化までの道筋は明確か。
- ・ 市場の規模や成長性、コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

(3)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

※基礎的・基盤的研究及び知的基盤・標準整備等の研究開発の場合は、以下の項目・基準による。

*基礎的・基盤的研究開発の場合

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。
- ・具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(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

- ・適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・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。
- ・研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・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。
- ・実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4) 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

- ・成果の実用化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・成果の実用化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、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・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。（※）
（※事後評価前倒し実施の場合は、「成果は目標値をクリアする見込みか。」）
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながる事が期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)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。
- ・ 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。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）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. 実用化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 実用化イメージ・出口イメージが明確になっているか。
- ・ 実用化イメージ・出口イメージに基づき、開発の各段階でマイルストーンを明確にしているか。それを踏まえ、引き続き研究開発が行われる見通しは立っているか。
- ・ 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。

(2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

* 知的基盤・標準整備等の研究開発の場合

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。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(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

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 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。
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。

るか。

- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 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。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4) 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

- ・ 成果の実用化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、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・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1) 目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。（※）
（※事後評価前倒し実施の場合は、「成果は目標値をクリアする見込みか。」）
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2) 成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることが期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は公開性が確保されているか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 研究内容に新規性がある場合、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。
- ・ 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。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）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. 実用化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 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。

(2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

参考資料 2 評価に係る被評価者意見

研究評価委員会（分科会）は、評価結果を確定するにあたり、あらかじめ当該実施者に対して評価結果を示し、その内容が、事実関係から正確性を欠くなどの意見がある場合に、補足説明、反論などの意見を求めた。研究評価委員会（分科会）では、意見があったものに対し、必要に応じて評価結果を修正の上、最終的な評価結果を確定した。

評価結果に対する被評価者意見は全て反映された。

参考資料 3 分科会議事録

研究評価委員会
「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発」(事後評価) 分科会
議事録

日 時：平成24年9月6日(木) 9:20~18:10

場 所：大手町サンスカイルーム 27階 D室

出席者(敬称略、順不同)

＜分科会委員＞

分科会長 小柴 正則 北海道大学大学院 情報科学研究科 メディアネットワーク専攻 教授
分科会長代理 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 教授
委員 小山 二三夫 東京工業大学 精密工学研究所 フォトニクス集積システム研究センター
教授
委員 高木 明啓 株式会社ピラミス・コンサルティング マネージングパートナー
委員 高橋 達郎 京都大学大学院 情報学研究科 通信情報システム専攻 教授
委員 斗内 政吉 大阪大学 レーザーエネルギー学研究センター 教授
委員 森田 逸郎 株式会社 KDDI 研究所 執行役員

＜推進者＞

和泉 章 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
吉田 学 NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部 主任研究員
松岡 隆一 NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部 主査
井谷 司 NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部 主査

＜実施者＞

浅見 徹 東京大学大学院 情報理工学系研究科 電子情報学専攻 教授 (PL)
西村 信治 株式会社日立製作所 情報・通信システム社 通信ネットワーク事業部
ネットワークブランドデザイン本部 製品戦略企画部 主管技師
井戸 立身 株式会社日立製作所 中央研究所 通信エレクトロニクス研究部 部長
李 英根 株式会社日立製作所 中央研究所 通信エレクトロニクス研究部 主任研究員
篠田 和典 株式会社日立製作所 中央研究所 通信エレクトロニクス研究部
山下 寛樹 株式会社日立製作所 中央研究所 通信エレクトロニクス研究部
池田 尚哉 アラクサラネットワークス株式会社 経営企画本部 本部長
渡辺 義則 アラクサラネットワークス株式会社 経営企画本部 事業推進部 マネージャ
日高 睦夫 公益財団法人 国際超電導産業技術研究センター 超電導工学研究所
デバイス研究開発部 低温デバイス開発室 室長
尾中 寛 富士通株式会社 ネットワークプロダクト事業本部
フォトニクスプロダクト開発センター シニアディレクター
井出 聡 株式会社富士通研究所 ネットワークシステム研究所 フォトニクス研究部 主任研究員
江川 満 株式会社富士通研究所 次世代ものづくり技術研究センター 主管研究員
田中 有 株式会社富士通研究所 次世代ものづくり技術研究センター 主任研究員

石川 浩 独立行政法人 産業技術総合研究所 ネットワークフォトンクス研究センター
研究センター長

並木 周 独立行政法人 産業技術総合研究所 ネットワークフォトンクス研究センター
光信号処理システム研究チーム 研究チーム長

小山田 公之 日本放送協会 放送技術研究所 放送ネットワーク研究部 主任研究員

富澤 将人 日本電信電話株式会社 未来ねっと研究所 フォトニックトランスポートネットワーク
研究部 光処理方式研究グループ 主幹研究員

蔵田 和彦 日本電気株式会社 グリーンプラットフォーム研究所 研究シニアマネージャー

柳町 成行 日本電気株式会社 グリーンプラットフォーム研究所

有賀 博 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所 光通信技術部
光エレクトロニクスグループマネージャー

藤田 友之 技術研究組合 光電子融合基盤技術研究所 専務理事

伊藤 雄一郎 技術研究組合 光電子融合基盤技術研究所 ネットワーク研究推進部 部長

斎藤 麻夕子 技術研究組合 光電子融合基盤技術研究所

<オブザーバー>

榎本 哲志 経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 研究開発専門職

黒須 成弘 経済産業省 商務情報政策局 情報通信機器課 課長補佐

佐藤 義竜 経済産業省 商務情報政策局 情報通信機器課 係員

<企画調整>

中谷 充良 NEDO 総務企画部 課長代理

<事務局>

竹下 満 NEDO 評価部 部長

上田 尚郎 NEDO 評価部 主査

松下 智子 NEDO 評価部 職員

一般傍聴者 3名

議事次第

<公開セッション>

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法
4. 評価報告書の構成について
5. プロジェクトの概要説明
 - ・ 位置付け・必要性について、研究開発マネジメント NEDO
 - ・ 研究開発成果、実用化・事業化の見通し PL
 - ・ 質疑応答

－ 休憩（昼食）－

<非公開セッション>

6. プロジェクトの詳細説明
 - (1) 大規模エッジルータシステム関連技術

－ 休憩 －

- (2) 超高速光 LAN-SAN システム関連技術
- (3) 標準化への取組

－ 休憩 / 実施者入替 －

- (4) 企業別報告：6社間で入替実施

①日立、②NEC、③富士通、④NTT、⑤NHK、⑥アラクサラ

7. 全体を通しての質疑応答

<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、分科会の設置、資料の確認

- ・開会宣言（事務局）
- ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1-1、資料1-2に基づき事務局より説明および成立の確認。
- ・小柴 正則 分科会長挨拶
- ・出席者（委員、推進者、実施者、事務局）の紹介（事務局、推進者）
- ・配布資料確認（事務局）

2. 分科会の公開について

事務局より資料2-1、資料2-2に基づき説明し、「議題6. プロジェクトの詳細説明」および「議題7. 全体を通しての質疑応答」を非公開とすることが了承された。

3. 評価の実施方法

評価の手順を事務局より資料3-1～資料3-5に基づき説明し、了承された。

4. 評価報告書の構成について

評価報告書の構成を事務局より資料4に基づき説明し、事務局案通り了承された。

5. プロジェクトの概要説明

- ・位置づけ・必要性について、研究開発マネジメント

推進者(2名)より「資料6-1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント」に基づき、説明が行われた。

- ・研究開発成果、実用化・事業化の見通し

実施者(浅見PL)より「資料6-2 研究開発成果、実用化・事業化の見通し」に基づき、説明が行われた。

- ・質疑応答

これらの発表に対し、以下の質疑応答が行われた。

【小柴分科会長】 ありがとうございます。ただ今のご説明に対し、ご意見、ご質問等がございましたら、よろしく願います。なお技術の詳細については、後ほど議題6で十分に時間を取って議論することになっています。ここでは主に事業の位置付け・必要性、マネジメントについてのご意見などをお願いできれば幸いです。いかがでしょうか。

一つ確認です。先ほど NEDO から資料の差し替えがありました。修正部分は 2-16 ページですが、「160Gbps、OTDM の 4ch アレイ光インターフェースカード」に「4 チャンnelアレイ化」を追加すればよろしいのですか。

【井谷主査】 はい。そちらが抜けていたので追加させていただきました。

【小柴分科会長】 もう少し具体的にご説明いただけますか。4ch アレイ化は、40Gbps×4 という意味ではないのですか。

【井谷主査】 これは一体集積して一つのカードにまとめることを考えていましたが、そちらを中止しました。

【小柴分科会長】 それは 40Gbps×4 という意味ですか。

【浅見 PL】 はい。40Gbps×4 という一つにまとめたかったのですが、「ニーズ等を考えるとどういう位置付けなのか。今回は OTDM の省エネルギー化だけに絞れば良い」ということで、それを証明できるシステムを個別で作っています。

【小柴分科会長】 いかがでしょうか。

【高木委員】 NEDO の説明で最後の予算のところですが、直前年度に急に 3 億 5000 万円ぐらい追加投資

をしています。理由としては、国外グループに対する競争優位性を確保するためとなっておりますが、実際に H22 年度にどういう脅威が半明して、それに対して具体的に競争優位性を確保するためにどんな開発をしたのかという点をご説明いただきたいと思います。

それから予算と実際の契約額の対比です。途中で評価をして、減らしたり増やしたりするのは分かりますが、最後の帳尻が 100 万円まで合っているのは、ちょっと不思議な感じがします。そのあたりも含めてお願いします。

【井谷主査】 まず確認です。最初の加速は平成 21 年の加速でしょうか。

【高木委員】 いえ、H23 年の直前期です。

【小柴分科会長】 ご質問の趣旨は、予算の 9800 万円に対して契約額が 4 億 5000 万円という数字についての説明ですね。

【井谷主査】 一つは、光のバックプレーンを使ったルータ開発の競争が激しくなったので、出来るだけ実用化に近い技術を開発するためにトランシーバを開発して、それを中に組み込んだ形で、システム化検証を踏まえてデバイスへのフィードバックを行ってきました。その部分でより完成度を高めて、出来上がった時の競争力を上げるために、ノイズの対策等のノウハウを蓄積するための検証というところで加速を注入しています。

【高木委員】 3 億 5000 万円なので、非常に大きなキーになる技術の追加開発がやられたのではないかと思います。そうでもないのですか。

【井谷主査】 トランシーバの完成度を高めることが、非常に大きなキーになる技術開発です。また、今後のルータ開発に必要と思われるリアルタイムオシロに関しても、完成度を高めるために追加をしています。

【高木委員】 あまり追及しませんが、リアルタイムオシロは超電導で、ずっと先の話です。将来に向けて投資をするのは分かりますが、これは今の実用化競争の中で、競争力を上げることには役立たないと思います。

【和泉部長】 プロジェクトの最終年度は、「各技術の完成度を上げる。技術的に高いところまでやって行く」という目的で主に配分したとご理解いただければと思います。後で超電導の細かい議論があると思いますが、私どもとしては「将来を見た時に、技術をどこまで高めているか」というところでの、プロジェクト内での配分だと考えています。

【浅見 PL】 H23 年度の投資ということですが、基本的には H22 年度に標準化されていて、それ以降は各メーカーの開発競争に入ります。超電導に関しては異論があると思いますが、H23 年度は完成度を上げるというか、開発に対して弾みを付けるような使い方をしています。

例えば、実際に光バックプレーンにつないだ時の安定的な動作については、H22 年度は詰めなければならないところが結構ありました。そういう細かい部分をつぶして行ったのが H23 年度の研究開発の実態だと思います。

ですから H23 年度に新しいことを仕掛けたのではなく、H22 年度までの細かな不具合を全部ピックアップして抑え込み、事業部等に見せた時に恥ずかしくないシステムを狙ったと理解しています。

【斗内委員】 ネットワーク関係で教えてください。個々の中身は後で報告があると思いますが、全体として海外の動向との比較について説明がなかったと思います。海外での類似の開発と、それに対するこのプロジェクトの優位性、また「標準化に貢献」ということでの海外との対比も教えていただければと思います。

【浅見 PL】 NEDO の「プロジェクト概要説明」の 1-6 ページに、このプロジェクトに近いものが挙がっています。一番近いのは DARPA の「光リンクの高速化 IC 技術」で、Luxtera、IBM がやっています。これは結構熱心にやられています。

このプロジェクトはイーサネットだけに絞っているのですが、研究開発プロジェクト的な観点からすると、ピッタリ合ったものはないと思います。イーサネットは本来メーカーがやるコモディティーなものです。このプロジェクトはイーサネットにターゲットを絞ってデバイス売り込むという位置付けで、個々のデバイスの要素に関してはトップレベルに行っています。

ただプロジェクト全体で、これにピッタリ該当するものが海外にあるかという点、私の理解ではないと思います。

【高橋委員】 二つお伺いしたいと思います。一つは単純な事実確認です。NEDOの資料の1-5では、10Gbpsのシェアは大きいけれども40Gbpsは低いというお話がありました。一方で浅見先生からは、標準化活動をしっかりやってむしろマーケットを作る活動をしたというお話がありました。

2010年という時間軸と標準化活動の時期がどんな関係になるのか分かりませんが、40Gで劣性に立っていることと、40Gbpsのマーケットを作るためにいろいろな活動をしたことは、どんな関係にあるのでしょうか。

【浅見 PL】 これは40Gのマーケットで最終製品がどうなったかというところから言っていると思います。ですからデバイスが本当にこうなっているかという点、私は正直違うのではないかと認識しています。40Gの個々のデバイスは、日本の製品をかなり使っていると思います。減ったのはなぜかという点、昨今の日本メーカーの事情で最終製品をあまり作らなくなっていることで、見かけ上減っているのではないかと考えています。

40Gの細かい技術は、高速化すればするほど、日本の技術が有利な状況になるので、この図で見ると40Gが劣性だという認識には立っておりません。

【高橋委員】 分かりました。これは最終セットメーカーのデータの可能性があるということですね。

次の質問です。先ほど、これは商用開発の促進に近いというお話がありました。そうすると最終的に何年後かに、このプロジェクトの製品がどのくらいマーケットに浸透して売れたかということが判断されるわけですね。いま日本の通信機器メーカーは苦戦していますが、このモジュールなりデバイスを自社の製品に組み込んで、自社の製品の強みを生かす形で売って行くのと、デバイスやモジュールを単体で売って行くのでは、やり方がずいぶん変わって来ると思います。

これまでのプロジェクトは、今の二つの方向のどちらを想定して進めていたのか、お伺いしたいと思います。

【浅見 PL】 基本は、このプロジェクト自体はシステムというよりも、モジュールがどんどん売れば良いのではないかと認識です。自社の製品として出ても、他社も含めて売って行くという立場でも、このモジュールが出ていけば、どちらでも良いと思います。光のデバイス関係の技術を維持するという観点からは、自社であれ他社であれ、ニーズがあるところにどんどん売って行ける環境があれば維持できるという感じで進めています。

【高木委員】 高橋さんの最初の質問に対する浅見先生の回答についてです。キメラ総研さんがいけば確認した方が良いと思いますが、これはセットメーカーの話ではなくて、モジュールメーカーのシェアだと思います。

そういう意味では、モジュールレベルでセットメーカーが開発することは、業界構造としてありません。ここは別の会社が分業しています。日本で言えば10Gは、おそらくSEDIとオプネクストとファイベストが大部分です。そこから見ると、確かに40Gは少し劣性に立っている気がするのですが、そこでどう強みを作って行くかが重要だと思います。これはあくまでも、セットメーカーの話ではないと思います。

(40G トランシーバの市場は未だ小さいので、セットメーカーであるHuaweiが日本部品を購入、トランシーバを内製し、伝送装置を出荷している台数が大きく、グラフの中国シェアに寄与している

ことが判明した)

【小山委員】 このプロジェクト設定の時は、どのくらいの時間軸での事業化を想定されたのですか。課題をブレークダウンして行くと、比較的直近の話と少し時間のかかりそうな課題が混在しているように思います。午後に課題ごとの話があるのかも知れませんが、全体的な話を聞かせていただけますか。

【浅見 PL】 このプロジェクトの初期設計として、2012～2013年のコンピューターの処理能力という観点から、どのくらいのネットワーク速度があれば良いのかを検討しました。

ネットワークの速度と CPU の速度を見ると、ネットワークの高速化がずっと速いので、CPU が追いつかないと、そのバンドをすべて食いつぶすようなアプリケーションは出て来ません。だから、2012～2013年で 40G ぐらいの速度があれば満足しているだろうというのが第 1 点です。

もう一つは、10G のイーサネットが標準化されてから、市場に出てわれわれの目につくルータ等に入るのに 7～8 年かかっています。高速化するにつれて、マーケットが成熟するまでに時間がかかる傾向が出て来ています。

そこで「今回も、標準化されてからルータ等に実装されて実際にマーケットに出て来るまで、100G のモジュール、NIC カードがわれわれの目にするルータに入ってくるまでに 7～8 年かかるのではないか。その辺がマスとして一番多いので、それまでに先行者利益を得る形に持って行かないと苦しいのではないか」ということで、有利になるように先行者的な研究開発を早めにやるという設計で過去 5 年のプロジェクトを行って来ました。

【小山委員】 プロジェクトのスタートから 7～8 年というと、2014～2015 年ですね。

【浅見 PL】 7～8 年というのは標準化してからです。私は従来の出荷台数を見て、マーケットが出て来るまで 7～8 年という感じを持っています。

【小山委員】 モジュールレベルで言うと、今の世の中の動向で、それで良いのだろうかという気がします。

【浅見 PL】 私が言ったのは NIC です、Network Interface Card のようにちゃんと作ったものがルータに収まって、そこにたくさんのポートが並んでいるものが、マスとしてドーンと出て来るのは 7～8 年のところにピークがあるのではないかと思います。

【和泉部長】 個別の実用化時期についてのご質問だと思いますが、これは正直言って、テーマによって多少バラつきがあります。今日の午後、各社からきちんとしたお話をいただけたと思いますが、この成果を踏まえて、将来の実用化に向けてどういうマイルストーンでどう進めているかということ、ご審議いただければありがたいと思います。

これは各社の戦略も関係するので、ある年に一斉に出て来るというのは現実的ではありません。そこは逆に各社の対応が大きなポイントではないかと思っています。

【栖原分科会長代理】 エッジルータのシステム化技術に関して、トラフィックモニターとその制御及びスケールアップが目標とされました。そういう技術は非常に大事だと思いますが、共通基盤技術が進展して光通信接続が実現すれば、それに伴ってモニタリング、システム化制御の新たな課題や新しいデバイスを使った実証という課題が生まれると思います。しかしこの部分は、担当のアラクサラが早期に目標達成が出来たということで、研究から脱退しています。これにはどういう背景、事情があったのか、どういう観点なのか、もう少しご説明いただけますか。

【浅見 PL】 基本的な考え方として、ルータのモニターは NTT の社屋内の回線をモニターするという構図になると思います。その回線は、いま WAN から入ってくるものは 40G がベースなので、40G のリンクのモニターさえ出来れば、今のニーズは満たせます。

このプロジェクトで 1G のモニターという状況から 40G まで持って来て、とりあえずのニーズは満たせるので、アラクサラは実用技術の方向で国プロから離れて、自社技術としての商品化に行きました。アラクサラさんが 1 年短縮したのは、こういう理由です。

【栖原分科会長代理】 技術的に興味のある新規な課題は無かったのでしょうか。それとも事業的観点から時間を取らなかったのでしょうか。

【浅見 PL】 後の1年は、日立、日本電気のトランシーバをルータに実装する時にアラクサラがユーザー目線でコメントするという、立場の入れ替えがありました。例えばサイズに関しては、実装上のミスを考えて、アラクサラからいろいろコメントがあって、そこをディスカッションしたと思います。

私の図3-3の光バックプレーン開発は、実質はほとんど最後の年の連携だと思えます。お金の面では見えませんが、実効は動いています。

【小柴分科会長】 他にいかがでしょうか。

【斗内委員】 アプリケーションとしてエッジルータのマーケットは、僕らもある程度想像がつきますが、LAN-SANやスーパーハイビジョンの伝送をデモンストレーションする時に、二つ目のテーマのマーケットは、どこにマーケットを作ることが目標なのか教えてください。

【浅見 PL】 LAN-SANは二つありますが、どちらでしょうか。

【斗内委員】 NICのスーパーハイビジョンのデモンストレーションです。

【浅見 PL】 今はスーパーハイビジョンのマーケットを考えた時のシステムになっています。これはOTDMもWDMも可能性があって、実際はどういうアーキテクチャが最終形態になるか分からないし、例えばデータセンターの中で、回線交換でサーバ間をつなぐのはOTDMでもWDMでも出来ると思いますが、今までOTDM系はほとんど考えて来なかったの、OTDMでも同じようなコストで出来ることを示すことが、今回のプロジェクトの位置付けだと思えます。

【斗内委員】 その時にNHKだけではマーケットにならないので、もう少しグローバルな視点で、どういったマーケットをターゲットに置いているのかを知りたいと思えます。

【浅見 PL】 私の図の3-10に書いてあります。今回のシステムは、正にこういうものです。

例えばSIGCOMMのc-Throughというシステムでは、真ん中に光スイッチを置いています。それに対して各サーバがスイッチング命令をするシグナリング技術をSIGCOMMで開発して、データ間のサーバのバックアップが非常に迅速に出来るようになっています。

データセンターの場合は、インターネット側にデータが流れるとサービス効率が下がるので、そちらはデータを流さずに、サーバ同士を直接つなぎますが、これは「その時に回線交換（方式）が良い」という論文です。

なぜかという、パケット交換では何秒で終わるか予測できませんが、回線交換はつないだ速度でファイルのサイズが決まっているので、何秒で終わると品質をコミットできます。そういう意味で、データセンター内の回線交換スイッチは非常に効果が高いという論文ですが、こんなところがターゲットだと考えています。

【小柴分科会長】 他にいかがですか。

【森田委員】 資料2-6の線表のところですか。キーとなる基盤技術を開発して、それをシステム化して、トランシーバ等を作ったという説明があったと思いますが、小型省電力波長可変光源の技術開発は目標を前倒して達成したので開発自体は終わっているということでした。その先のシステム化に線がつながっていないのは、具体的にシステム化には入らなかったという理解で良いですか。

【浅見 PL】 可変光源は中間目標で達成して、そこで終わっていますが、テーマ的には断腸の思いでした。予算は減る方向にあるので、後半どこにターゲットを絞って研究開発をするかということで、可変光源はプロジェクトから外さざるを得ないという観点です。メーカーの努力で、それ以降も研究開発をしていると伺っているので、技術自体が今後出て来ないということではないと理解しています。

【小柴分科会長】 よろしいですか。他にいかがですか。

【高橋委員】 これは日本が競争力のある数少ない分野だと思えますが、どちらかというデジタルよりも

アナログ的な技術で、少数の技術者にノウハウという形で貯まるものだと思います。

質問は二つあります。一つはプロジェクトを進めるにあたって、知的財産権の保護で、特許以外に特別に配慮していることがあるのかどうかです。もう一つは、技術者に貯まって行くということで特に若手技術者の養成です。それがプログラムの中で行われて、うまく行ったのかどうか。あるいは目標には入っていないので、あまり考えていなかったのか。この2点を伺いたいと思います。

【浅見 PL】そこはおっしゃる通りで、正直申し上げて、私は全員の顔は知りません。技術の小委員会等、委員会に出てくる各社のテマリーダーだけは認識していますが、例えば大規模エッジルータのメンバーは70人ぐらいなので、実際にどういう顔つきで研究をしているかは残念ながら見ていません。

ただ、これだけの大所帯なので、当然テマリーダーから部下の方々に技術が伝搬・継承されていると思います。また光関係に関しては、お付き合いして良く分かったのですが、職人芸的なところが多々あってノウハウの蓄積が非常に重要だと感じました。

【小柴分科会長】今の答えでよろしいですか。

【高橋委員】はい。

【小柴分科会長】他にありませんか。ほぼ予定した時間になりましたので、次に進めさせていただきます。

もし他にご意見、ご質問等があれば、午後の部で本プロジェクトの詳細説明を実施しますので、その際にご質問をお願い出来ればと思います。

－ 休憩（昼食） －

< 非公開セッション >

6. プロジェクトの詳細説明

(1) 大規模エッジルータシステム関連技術

－ 休憩 －

(2) 超高速光 LAN-SAN システム関連技術

(3) 標準化への取組

省略

－ 休憩 / 実施者入替 －

(4) 企業別報告：6社間で入替実施

①日立、②NEC、③富士通、④NTT、⑤NHK、⑥アラクサラ

省略

7. 全体を通しての質疑応答

省略

< 公開セッション >

8. まとめ・講評

【森田委員】今日はありがとうございました。丁寧に説明していただいて、プロジェクトがどんなものか、良く分かりました。今回のプロジェクトに多数の機関の方が参加されて、いろいろなネットワークのキーとなるデバイスを開発して、それをうまく連携させながらシステム化までしているのは非常に素晴らしいと思いました。また、ほとんどのものが目標どおりの成果を上げていて、プロジェクトとしてはうまく行ったと思います。

特に成果のところでは、40Gの標準化でタイムリーに対応して、日本発の技術が標準になったのも非常に大きな成果だと思います。

私は通信事業者に所属していますが、いま通信トラヒックがどんどん増えているので、ネットワークの高効率化、低消費電力化、またシステム全体での装置の小型化が非常に重要です。使う立場としては、このプロジェクトで開発されたデバイスが早く実用化されて使えるようになるの良いと思います。

【斗内委員】 私は超電導の専門で、ネットワークはあまり分からないので、今日は勉強させていただきました。ありがとうございます。超電導に関してはSFQを使ったリアルタイムオシロで、実用的な装置まで開発したのは素晴らしい成果だと思います。ぜひ研究開発を続けて、その計測機器が早くネットワーク開発などの開発シーンの中で、実際に使われるようになることを希望します。また、ここまで技術が上がって来たので、それ以外にも一般的に展開して、もう少し高ビットの高速のものもされると良いと思います。

ネットワーク関係に関しては、素晴らしい成果なので、すごく驚いています。これが早く事業化されて、どんどん展開されて行くことを希望します。素人的にはテラヘルツもやっていて、40Gbpsぐらいだと無線も行けるので、その辺がシームレスにつながるシーンが将来あれば良いと思っています。

【高橋委員】 今回は次世代のネットワークデバイス技術ということで開発が進められましたが、振り返って考えると1980年代、あるいは90年代の前半までは、次世代のデバイス開発に通信キャリアが果たした役割はすばいぶん大きかったと思います。それは日本だけでなく、アメリカもヨーロッパも同様です。

通信ビジネスの仕組みが変わってからは、通信キャリアにその役割が期待できなくなって来た印象がありますが、その中でNEDOや国が、こういう部分の先導的な開発を支援するのは大変意義のあることだと思います。

このプロジェクトそのものは、比較的近い時期の商用を目指したものと中長期的なものが交ざっていたと思いますが、それなりの位置付けに従った進め方がされている印象があるので、そういう意味ではプロジェクトのマネジメントがうまく行っていたのではないかと想像します。

このプログラムが最終的に良かったか悪かったかは、たぶん数年後に結果が出るとは思いますが、今日のお話では比較的早い時期にもものになりそうなものがあるという印象を受けたので、これから最終的な結論が出るまでの努力と良い結果を期待したいと思います。

【高木委員】 私は技術が素人で、良くて門前の小僧ぐらいなので、技術がどのぐらい進んだかという評価は出来ない立場です。したがって、ビジネスとしてもものになるかという観点でしか議論できませんが、正直に言って全体を見渡すと、結果についてはまだら模様があるような気がします。

それはおかしい話ではなくて当然です。100%全部うまく行くというのはあり得ない話で、そんなことがあれば目標が低かっただけです。今日のまだら模様を見ていると、まあまあ行った方だという気がします。

それから、これからは当初目標に対してクリアしたかどうかという評価ではなく、むしろ終わった段階で世の中に対してどうなのかという評価をするべきだと思います。あとは浅見先生が言われたように、NEDOのプロジェクトはどちらかというと実用化直前の研究開発なので、それが実用に役立ったかどうかのポイントになると思います。その意味では終わった年に評価するよりも、何年か置いてトレースをした方が、今後のプロジェクトの選び方にベターな結果が出るように思います。その辺りが感想です。

【小山委員】 昨日も含めると1日半で、盛りだくさんの内容で、聞いているだけでやや疲れましたが、大変勉強させていただきました。一部の成果は、すでに学会等でお話を伺っていますが、技術的には非

常に素晴らしい開発だと感じています。

今回のプロジェクトはルータにかなり軸足を置いていると思いますが、最近データセンターなど光配線技術が注目を浴びているので、そういう意味ではタイムリーなプロジェクトで、これからが正念場だと思います。今日の発表では信頼性の話はあまりなかったのですが、日本はその部分に強みを持っていると思うので、ぜひ実用化に向けて、今後頑張ってくださいと思います。

本日は評価委員という立場で、やや失礼な物言いをしましたが、日本の技術レベルを実用化までつなげるように、ぜひ頑張ってくださいという思いです。本日はどうもありがとうございました。

【栖原分科会長代理】 我が国の技術戦略として非常に重要な分野において、それぞれの実施者グループのこれまでの高いレベルの蓄積を基盤として、総合的に課題に取り組んで、トップデータの達成と世界初の実現等を含む非常に多くの優れた研究成果を得られたことを高く評価したいと思います。

また実用化に主眼を置くとともに、量子ドット、超電導など、非常に先進的で革新をもたらすようなリスクなテーマにも取り組んだことも良かったと思います。各チームの連携も、大部分でよく協力・連携がなされたと思います。それだから得られた成果であり、浅見先生はじめ実施者、推進者の皆様方に敬意を表したいと思います。

非常に高く評価したいと思います。少し欲を言わせて頂けば、着実過ぎたというか安全を見ての目標設定もあって、余裕が見られたように思います。一方、将来開拓的でリスクな課題項目では、なかなかそのようには進行しないのは当然で、大震災の影響等もあったとは思いますが、次世代ネットワークでの技術活用を必ずしも十分に明確化・具体的するに至らずやや残念な部分もあったかと思えます。

多くの優れた成果が得られて実用化可能性が検証されたので、この分野のロードマップを今一度更新して、このプロジェクトの成果すべてが分野の将来や極限性能の実現に向けて何らかの形で活用されるように努力を続けていただきたいと思います。

またデータセンター内光スイッチのような応用の拡大という観点からも、この開発技術の将来像がさらに明確になるよう努力を続けていただきたいと思います。ありがとうございました。

【小柴分科会長】 それでは最後に、私からも述べさせていただきますと思います。昨日来、長時間にわたりいろいろとご説明いただいて、浅見先生はじめ実施者の皆様方、本当にありがとうございました。

このプロジェクトが始まった平成 19 年度当時と現在では、光通信分野の状況が相当変わっていることは実施者の皆様もご承知のことと思いますが、その時々々の社会情勢を見据えながら適切に軌道修正、計画変更をして、大変立派な成果を上げられたのではないかと判断しています。

特にこのプロジェクトの一つの目玉は、従来別個に研究開発を進めてきたデバイスとシステムが連携して、さらにキャリア、ネットワークのユーザーも入って、非常にユニークな研究開発体制を取っているところです。浅見先生のリーダーシップの下に、それがうまくマネジメントされて、ここまで来たのではないかとお見受けしております。口で言うのは簡単かも知れませんが、これは大変難しいことです。知財関係も含めて、いろいろな整理も必要ですが、ここまで来られたことに関して敬意を表したいと思います。

また標準化に関しても非常に努力されて、しかるべき成果を上げています。すでに商品化されているものもあるという説明をいただきましたが、早期に実用化して実際に世の中に出すことで、出来るだけマーケットを広げる努力もお願いできるとありがたいと思います。

すでに 100G の次の目標が世界的にもあるでしょうが、光通信は現在でも日本が先頭を走ることができる数少ない分野だと思います。今日ご説明いただいた実施者の皆様は、我が国を代表する企業、研究機関の方々ばかりですので、今後ますます努力を続けて、この分野の発展に貢献していただければと思います。

その後、推進者の電子・材料・ナノテクノロジー部の和泉部長および実施者の浅見 PL からの一言があった。

【和泉部長】 昨日から長時間、どうもありがとうございました。いろいろなご意見を伺い、私どもにとっても非常に重要なご指摘をいただいたと思います。先ほど講評の中でもお話いただきましたが、プロジェクトが本当に世の中の役に立ったかどうかというのは、正にこれからだと思います。

評価部で追跡調査をしていただいています。各実施者から伺った実用化に向けた取り組みの状況は、私どもとしても引き続き拝見させていただいて、それを今後のプロジェクトマネジメントに生かしていこうと思っております。

それから、この場で申し上げるのが適切かどうか分かりませんが、せっかくこのプロジェクトでデバイスメーカー、システムメーカーなど、いろいろな方に一緒に仕事をしていただいたので、これが R&D のプロジェクトで終わることなく、今後の事業化でもアライアンスを組めるところは是非やって、事業化に向けて進めていただければ、プロジェクトの成果がさらに上がると期待しております。よろしく願い申し上げます。どうもありがとうございました。

【浅見 PL】 昨日の 2 時半から、おそらく 12 時間ぐらいお付き合いしていただいていると思いますが、長い間、どうもありがとうございました。先生方の貴重な時間を取って評価していただく機会を持ったことを、実施者代表として感謝申し上げます。

いま、ご意見をいただいたかなりの部分は、私も実施者の方々を見ていて思ったことです。日本でこの分野を、産業としてどうつないでいくかという時に、やはり 5 年前とはだいぶ様相が変わって来ています。こういうテーマに関しても、NEDO や各メーカーには申し訳ないのですが、どの会社でどういう技術を継承するかという国家戦略が、これから必要になってくると思います。今はライバル企業にいるかも知れませんが、今回の連携をベースに、この事業に関しては一緒にやるというやり方をして行かないと、スケールという意味で苦しくなって来ます。

実施者は、それぞれ非常に良い技術を持って、熱心にやられていました。それから先ほど論文という話がありましたが、職人芸的な技術がたくさん必要な分野であることも良く分かりました。だから何が財産かという論文よりも個人です。それをどう維持して行くかという仕組みを、ぜひ国に求めたいと思います。5 年間の勉強はそれだけかと言われるそうですが、私の最後の挨拶とさせていただきます。どうもありがとうございました。

9. 今後の予定、その他

事務局より資料 8 に基づいて説明が行われ、今後の予定が了承された。

10. 閉会

事務局の竹下部長からの挨拶の後、閉会した。

配布資料

- 資料 1-1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 1-2 NEDO 技術委員・技術委員会等規程
- 資料 2-1 研究評価委員会分科会の公開について (案)
- 資料 2-2 研究評価委員会関係の公開について
- 資料 2-3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘について
- 資料 2-4 研究評価委員会分科会における非公開資料の取り扱いについて
- 資料 3-1 NEDO における研究評価について

- 資料 3-2 技術評価実施規程
- 資料 3-3 評価項目・評価基準
- 資料 3-4 評点法の実施について (案)
- 資料 3-5 評価コメント及び評点票 (案)
- 資料 4 評価報告書の構成について (案)
- 資料 5-1 事業原簿 (公開)
- 資料 5-2 事業原簿 (非公開)
 - プロジェクトの概要説明資料 (公開)
- 資料 6-1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント
- 資料 6-2 研究開発成果、実用化・事業化の見通し
 - プロジェクトの詳細説明資料 (非公開)
- 資料 7-1 大規模エッジルータシステム関連技術
- 資料 7-2 超高速光 LAN-SAN システム関連技術
- 資料 7-3 標準化への取組
- 資料 8 今後の予定

以上

参考資料 4

評価結果を受けた今後の取り組み方針について

評価結果を受けた今後の取り組み方針について

評価における主な今後の提言	今後の取り組み方針
<p>○プロジェクトのメンバーは、大学とメーカーの研究開発部門が主体であるが、プロジェクトの有用性を向上させるには、事業サイドである企画、マーケティングといった市場における競争実態や顧客動向を熟知したメンバーを加えることが大切である。</p> <p>○本プロジェクトの個々の成果をさらに発展させ、競合他技術とも比較して優位性を明確にし、競争力を高めるとともに、応用を拡大する努力を今後も続けて頂きたい。また、本プロジェクトでは、一つの商用製品を考えた場合に、その製品の要素技術ごとに異なる機関が担当したものもあるため、今後の実用化に関しても、機関同士がうまく連携して推進することが望まれる。</p>	<p>○プロジェクトの進捗状況に応じて、市場や顧客動向やニーズを取り込む体制を構築する等、引き続き、プロジェクトマネジメント上の工夫を行っていく。</p> <p>○本プロジェクト成果の事業化については、プロジェクト参画企業において、業界動向や各社の企業戦略、競合技術との比較等に基づき、必要に応じて各企業間での連携も検討した上で、進めていく。</p>

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25年1月

NEDO 評価部

部長 竹下 満

主幹 三上 強

担当 . . .

* 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

ミュージア川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162