

「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
------	---

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NIC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術開発 (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

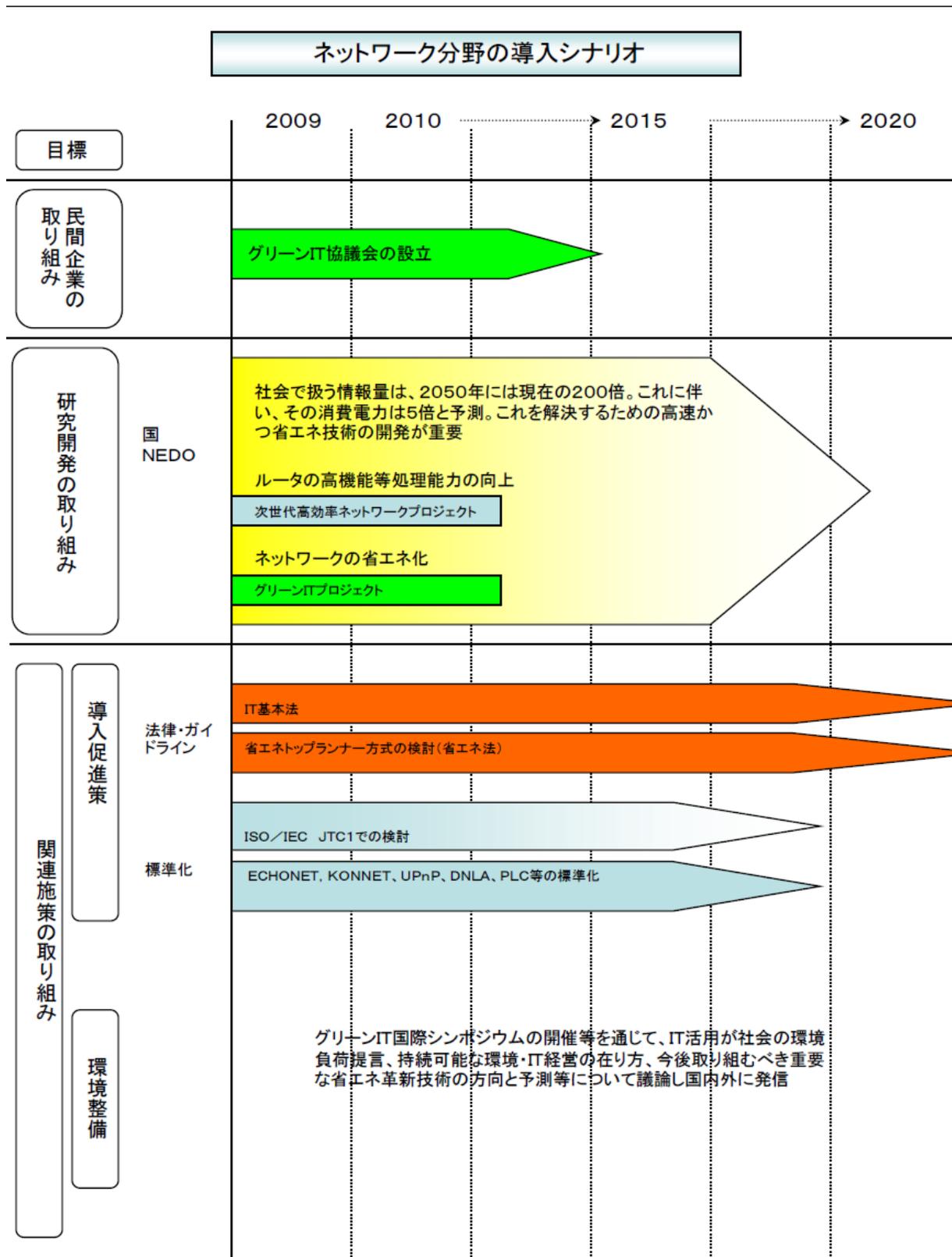
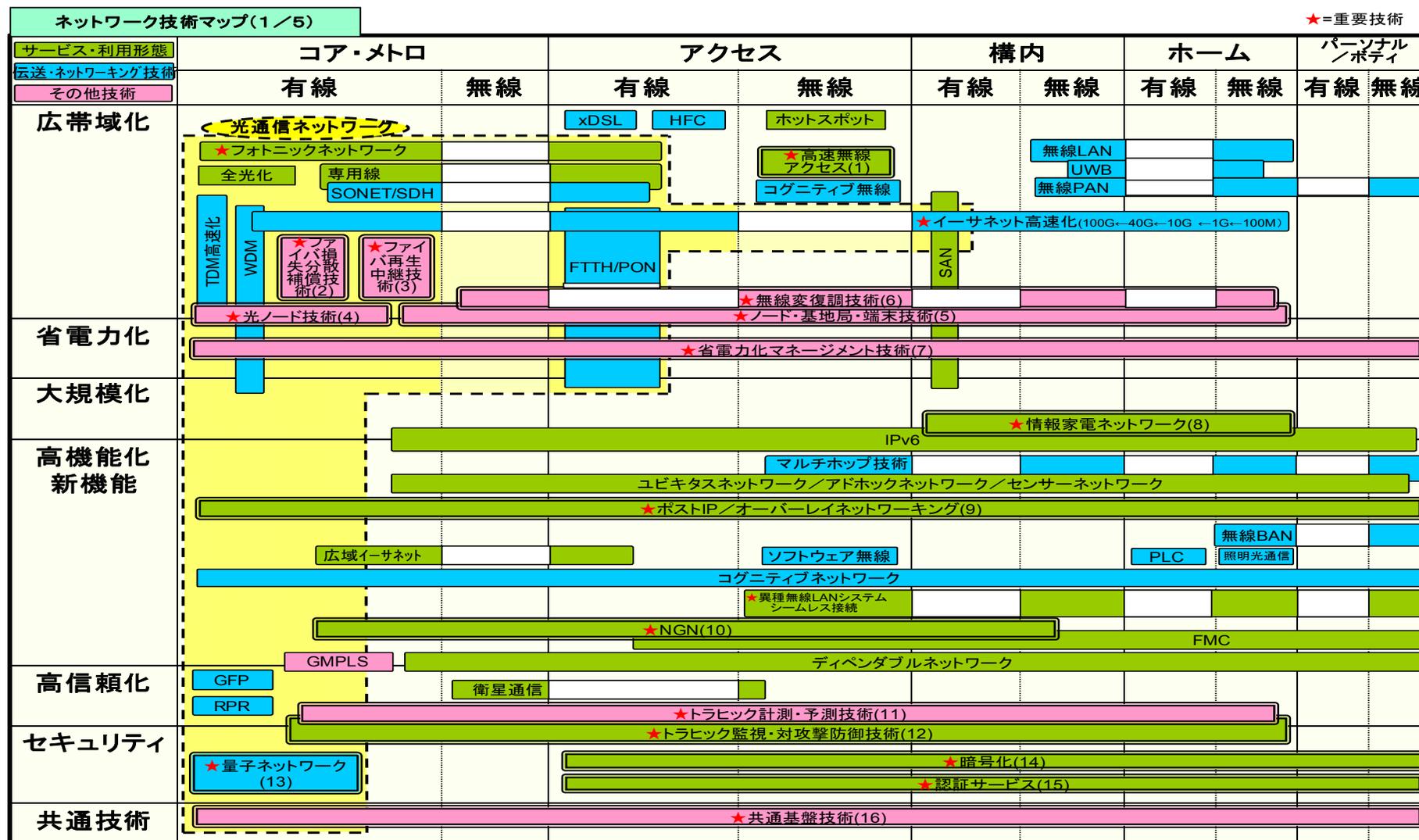
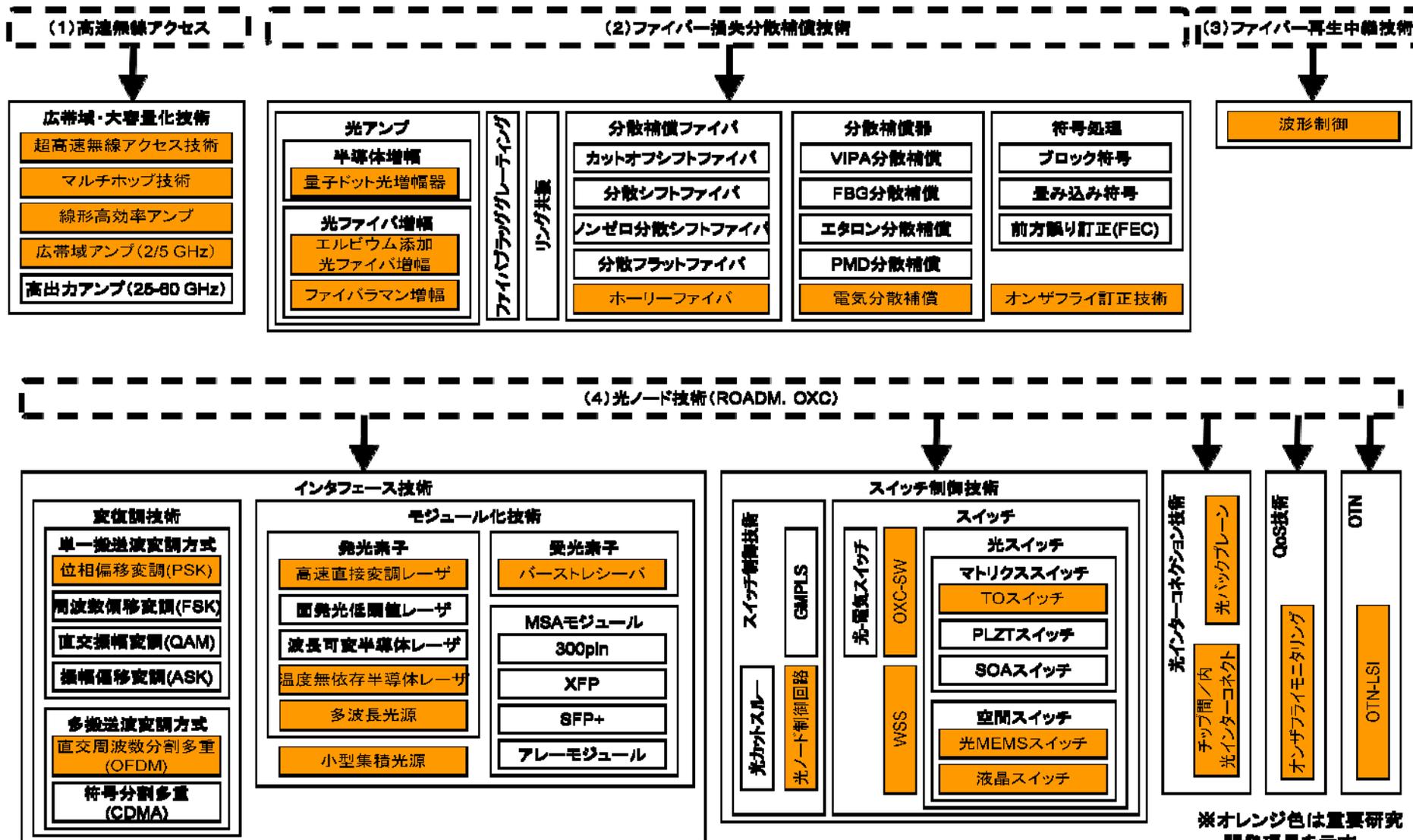


図 ネットワーク分野におけるルータの……技術の位置付け

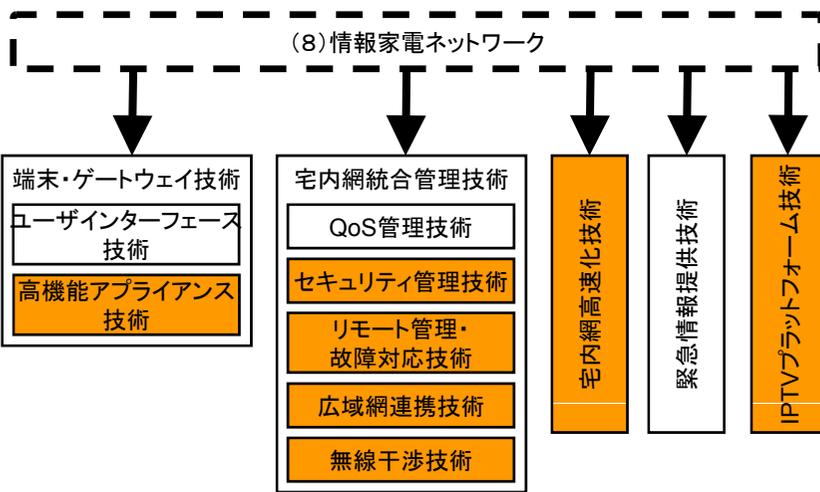
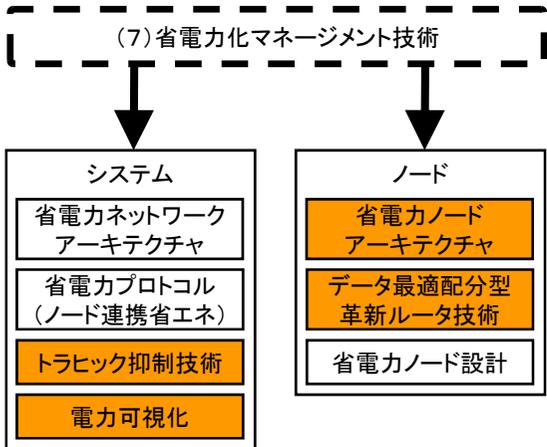
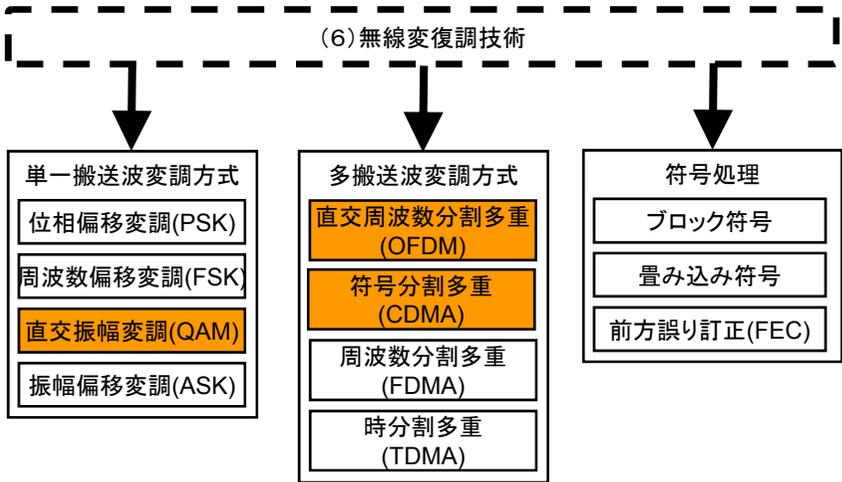
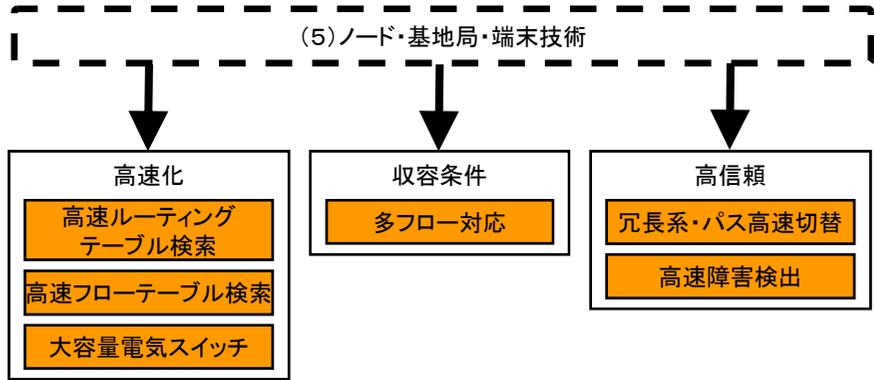


(C) 技術戦略マップ-3



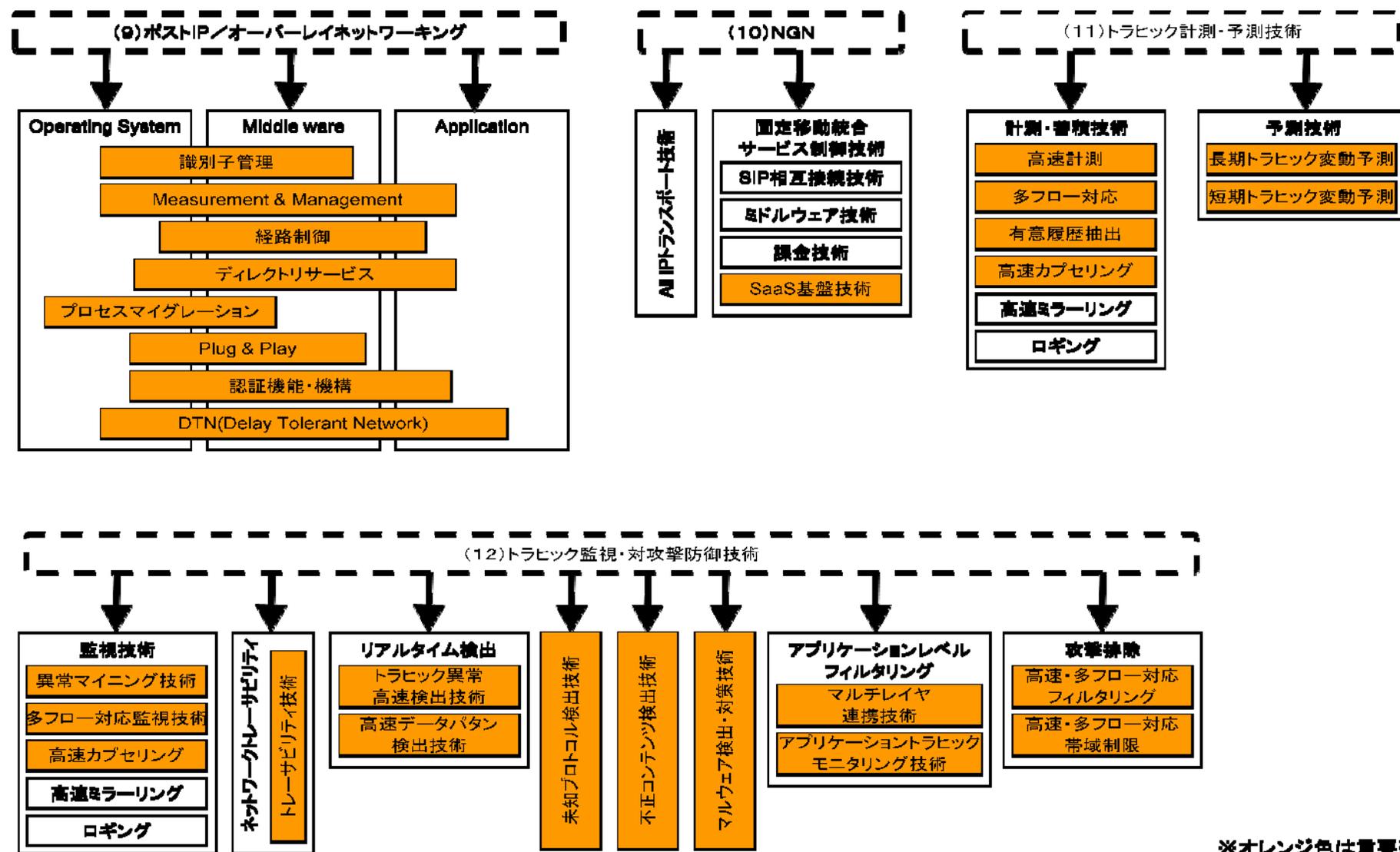
(C) 技術戦略マップ-4

ネットワーク技術マップ(3/5)



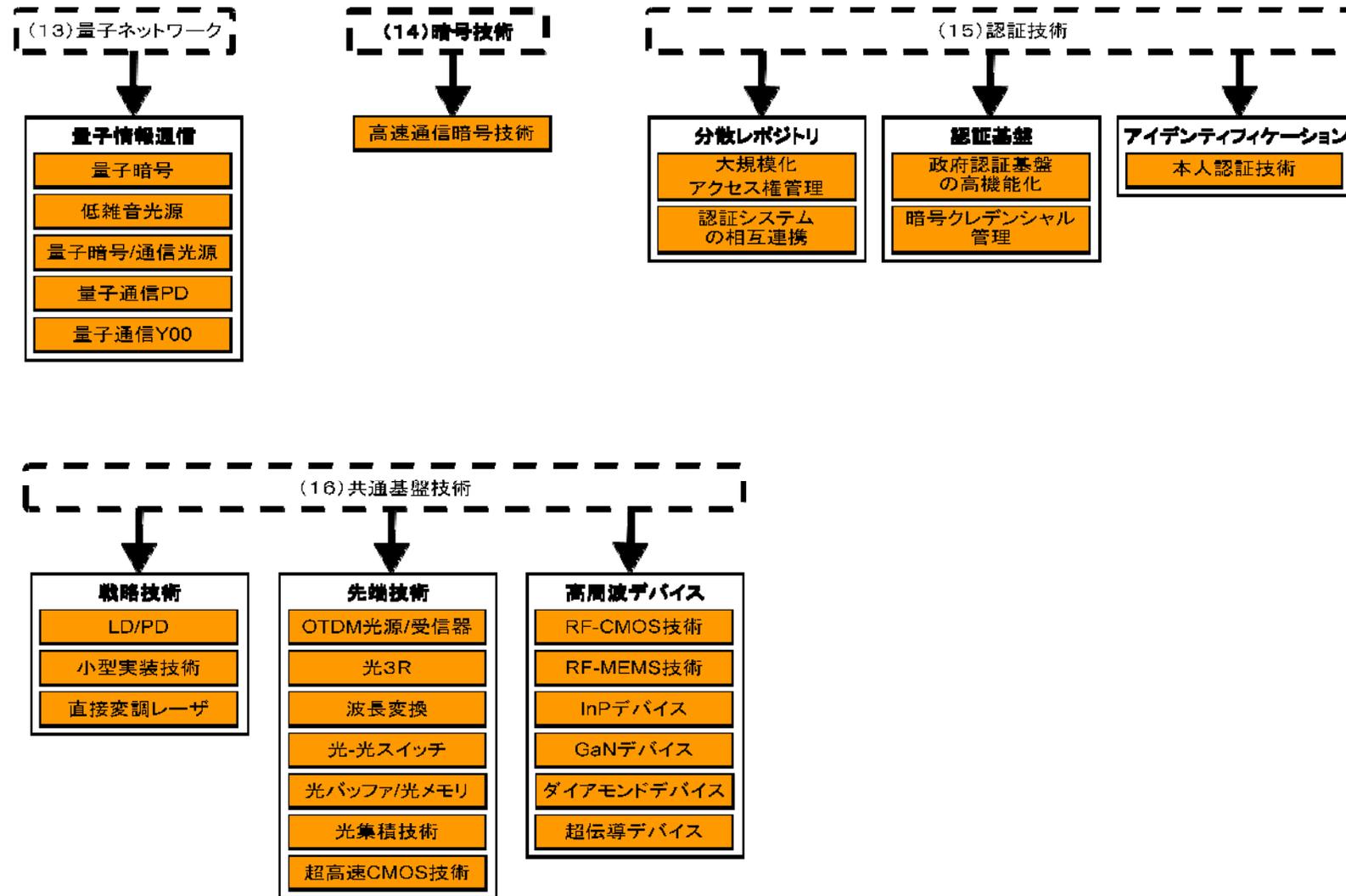
※オレンジ色は重要研究開発項目を示す。

技術俯瞰図 4 / 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-6



※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 (無送信時電源供給断)		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

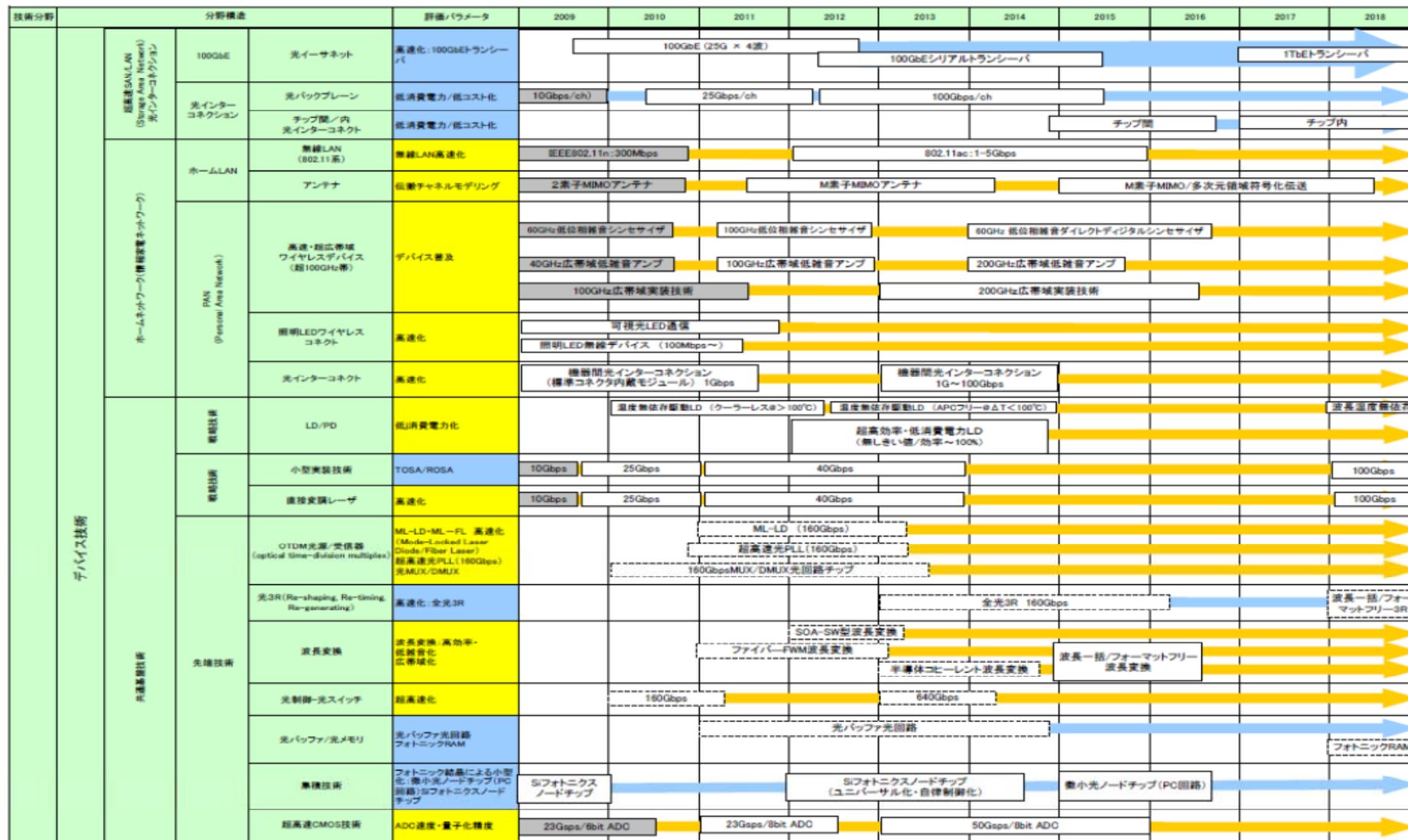
ネットワーク分野の技術ロードマップ 2009年版

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 (M&P+P&A)	定長分散補償精度	WDM可変分散補償		WDM可変分散補償		WDM可変分散補償		WDM可変分散補償		WDM可変分散補償				
			電気分散補償 (シグナル+P&A)	ベクトル可変分散補償		ベクトル可変分散補償		ベクトル可変分散補償		ベクトル可変分散補償		ベクトル可変分散補償				
		符号処理 FEC (40G/100G)	高速処理LSH化	連続符号化/軟判定		連続符号化/軟判定		連続符号化/軟判定		連続符号化/軟判定		連続符号化/軟判定		連続符号化/軟判定		
			光アンプ (xDFA/ SOA)	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)		E+S+O+Lバンド対応(希土類)		E+S+O+Lバンド対応(希土類)		E+S+O+Lバンド対応(希土類)		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	量子ドット光増幅器		量子ドット光増幅器		量子ドット光増幅器		量子ドット光増幅器		量子ドット光増幅器		量子ドット光増幅器	
			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		マルチモード伝送ファイバ		マルチモード伝送ファイバ		マルチモード伝送ファイバ		マルチモード伝送ファイバ	
	再生中継技術	変形制御	3R小型化/デジタルLSH化	40G/100G 3R		40G/100G 3R		40G/100G 3R		40G/100G 3R		40G/100G 3R		40G/100G 3R		
	無線技術	変復調技術	周波数利用効率 PAPR抑圧	LTE OFDM/SC-FDMA/MBMO	4G VSF-Spread OFDM/MBMO		4G VSF-Spread OFDM/MBMO		4G VSF-Spread OFDM/MBMO		4G VSF-Spread OFDM/MBMO		4G VSF-Spread OFDM/MBMO			
		FEC技術	量子化精度 冗長長	連続符号化/軟判定	連続符号化/軟判定		連続符号化/軟判定		連続符号化/軟判定		連続符号化/軟判定		連続符号化/軟判定			
	デバイス技術	光アクセス	LD/PD	WDM対応	WDM光アクセス・デバイス (LD/PD/フィルタ)		WDM光アクセス・デバイス (LD/PD/フィルタ)		WDM光アクセス・デバイス (LD/PD/フィルタ)		WDM光アクセス・デバイス (LD/PD/フィルタ)		WDM光アクセス・デバイス (LD/PD/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)		小型集積トランシーバ(10Gbps)		集積ONUチップ		集積ONUチップ		NGAT-ランシーバ(100Gbps)		
			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(>50km) ONU		長距離(>100km) ONU		長距離(>100km) 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		ブロードキャスト対応ONU		ブロードキャスト対応ONU		ブロードキャスト対応ONU		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)		ワンチップ 2/5GHz 線形高効率アンプ (50W)								
			26-60GHzアンプ	大容量化	26-60GHz 高出力アンプ	26-60GHz高効率アンプ		26-60GHz高効率アンプ		26-60GHz高効率アンプ		26-60GHz高効率アンプ		26-60GHz高効率アンプ		
	超高速無線アクセス技術		多チャンネル化 周波数利用効率	120G帯ASK変調 10Gbps	120G帯QPSK変調 10Gbps		120G帯QPSK変調 10Gbps		120G帯QPSK変調 10Gbps		120G帯16QAM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。

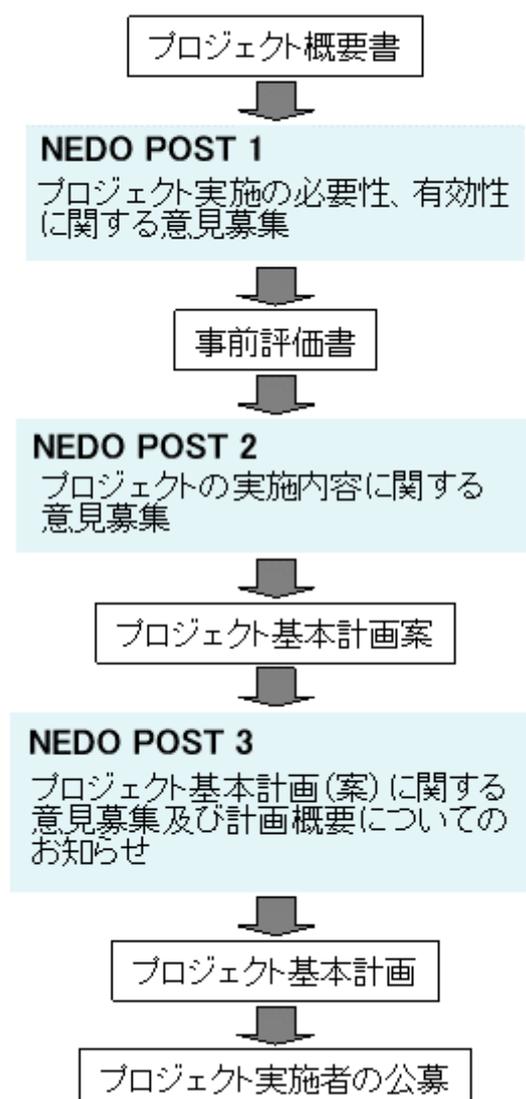
<NEDO POST2>

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 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注意ください。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

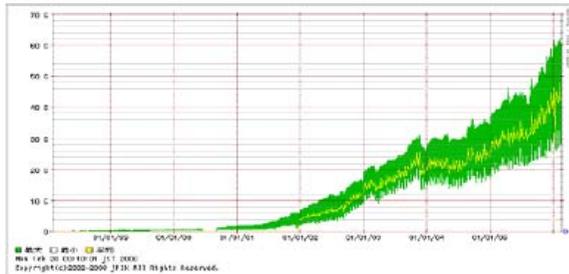
研究目的

- 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

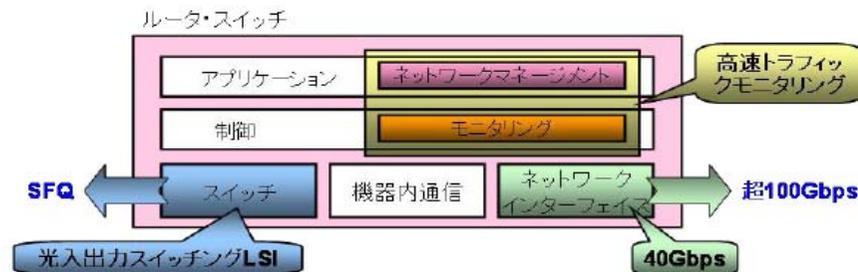
ネットワーク機器の基本構成の中でも高速化・省エネルギー化対応の鍵となる技術に集中し、過去のプロジェクト成果も生かしつつ効果的なネットワーク機器開発を進めると共に、インパクトの大きな将来技術にも取り組む。

○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

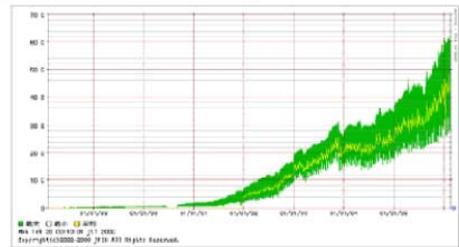
研究内容概略

- 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

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

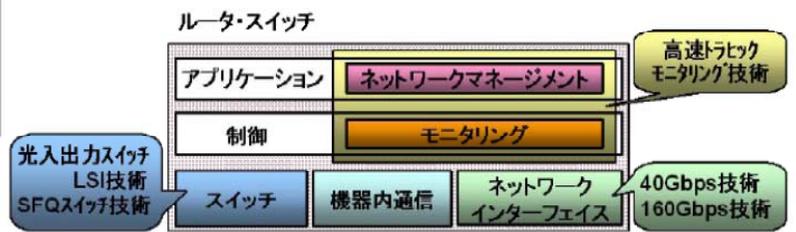
その他関連図表



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。



<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

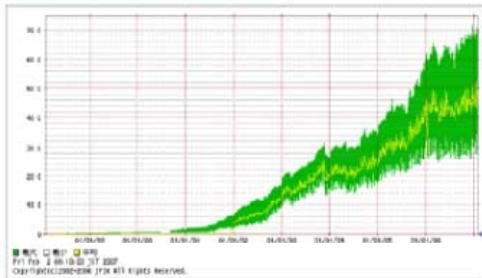
- ①背景：より大容量のコンテンツ(動画等)配信等に対する消費者ニーズを受け、ネットワーク通信量および、そのための消費エネルギーは今後益々増大することが予想される。
- ②市場ニーズ：大容量データを低消費エネルギーで処理可能なネットワーク機器が必要。
- ③技術ニーズ：低消費エネルギーで大容量データに対応可能かつ低コストなデバイス、システム技術が必要

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 の入力の際に出力が反転 (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線的に切り離し、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。

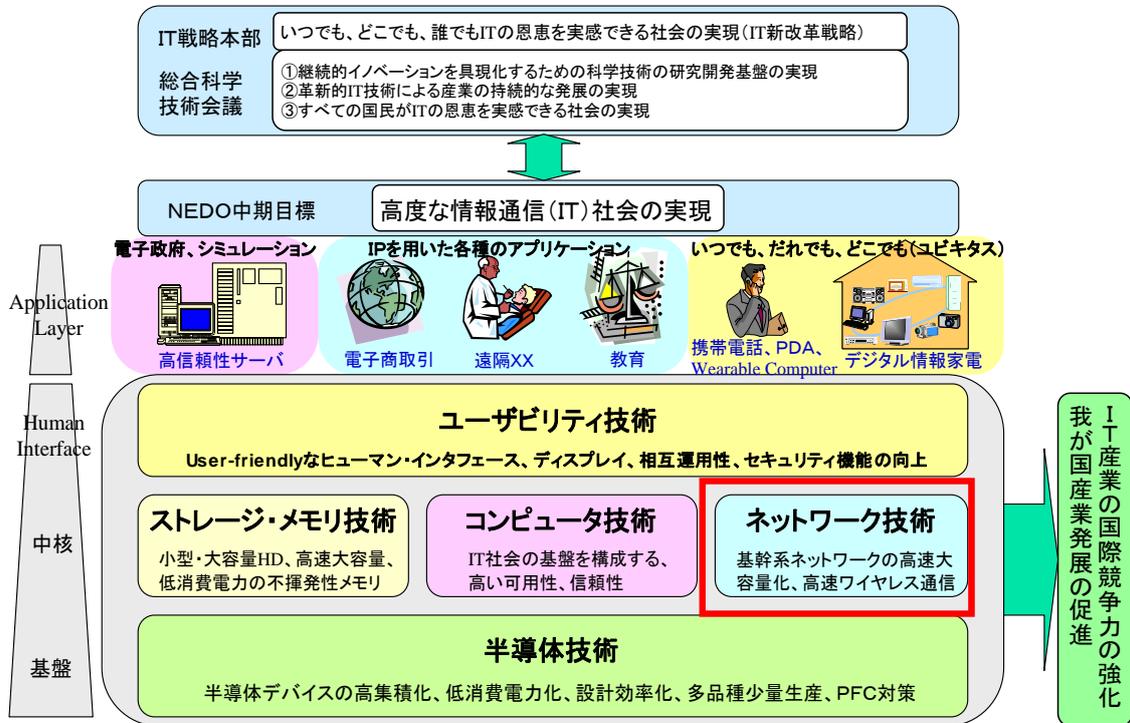


図 I-1-1 NEDOにおける電子・情報技術分野での取り組み

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。

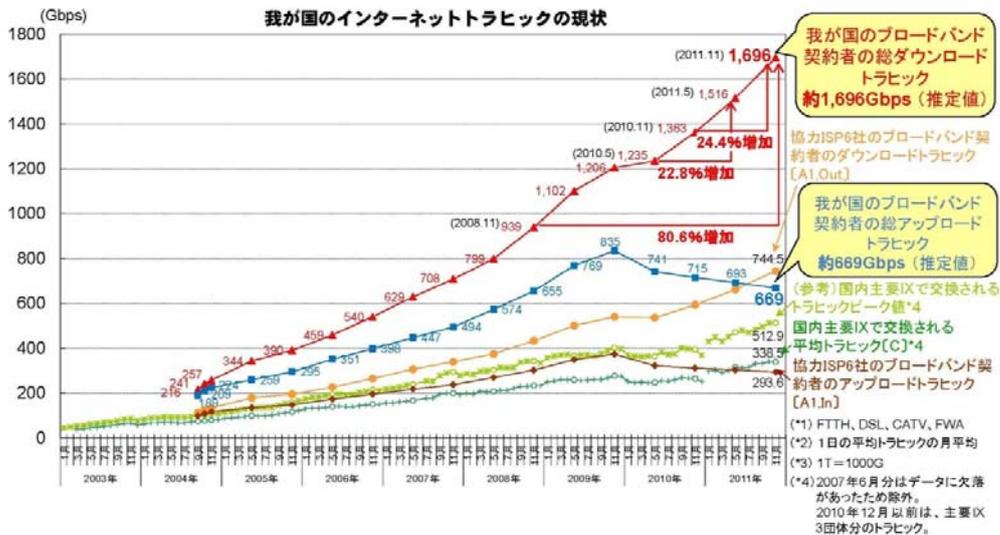


図 I-1-2 国内主要 I X におけるトラフィックの集計 (2012総務省インターネットトラフィック)

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)

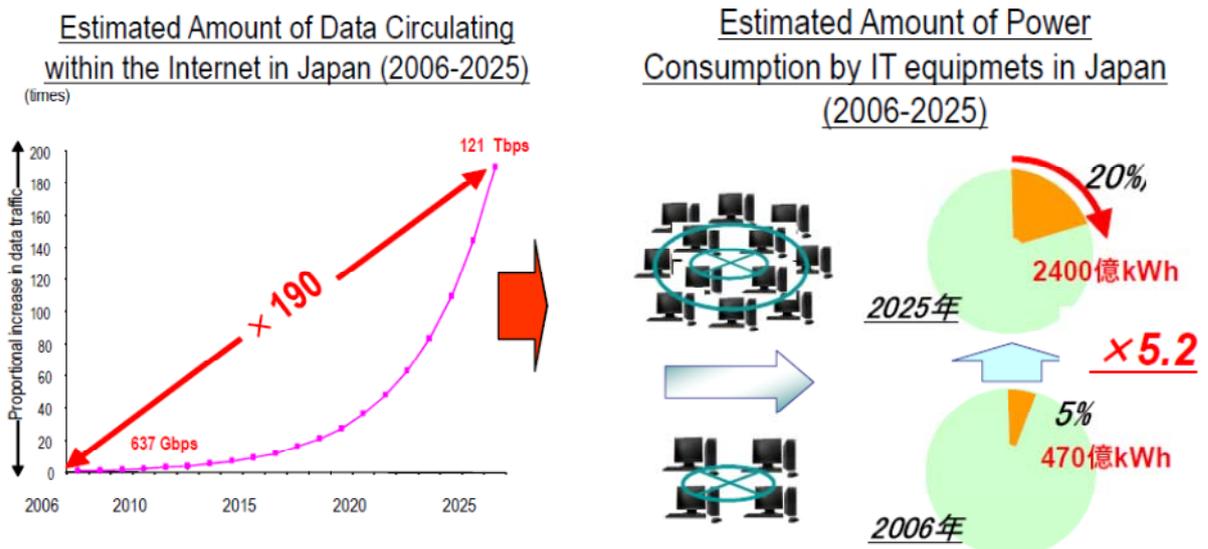


図 I-1-3 インターネットのトラフィックの増加予想と IT 機器の電力使用予想 (経済産業省資料から)

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、既存技術をブレイ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

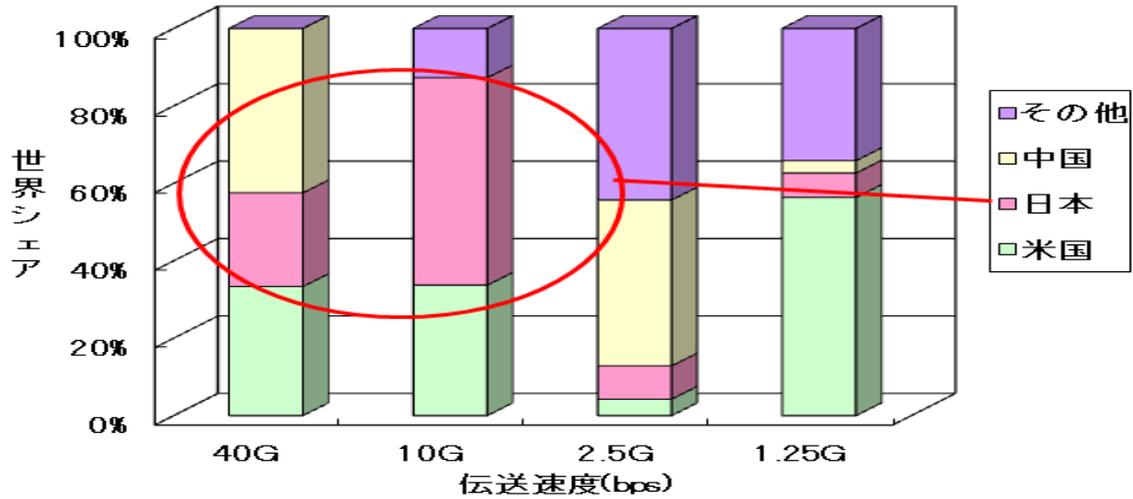


図 I-1-4 通信ネットワーク機器市場動向(WW) (富士キメラ総研2011光通信関連市場総調査から)

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)

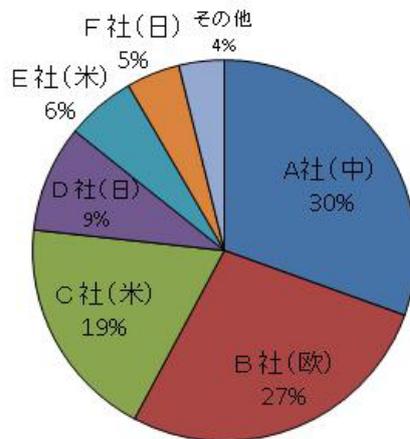


図 I-1-5 コア・メトロネットワーク光伝送装置の世界市場シェア (富士キメラ総研2011光通信関連市場総調査)

ルータ

(2010年WW実績：1兆2375億円)

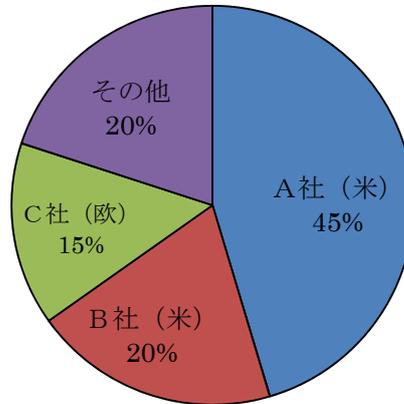


図 I-1-6 ルータの世界市場シェア (富士キメラ総研2011光通信関連市場総調査から)

スイッチ

(2010年WW実績：2兆2650億円)

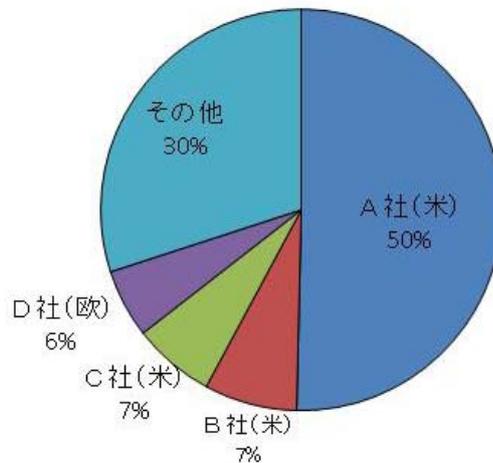


図 I-1-7 スwitchの世界市場シェア (富士キメラ総研2011光通信関連市場総調査から)

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

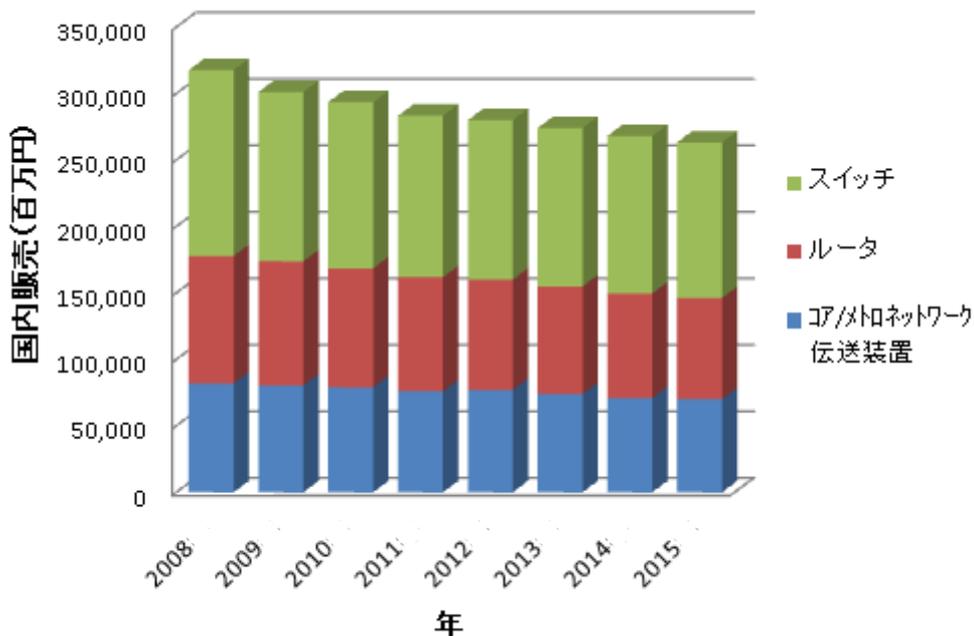
先に述べたように、光デバイスを含めたネットワーク関連産業は国際的に厳しい競争環境にある。世界市場における光デバイス、光モジュール、伝送装置、ルータの競争力は、高速化と低コスト化であり、省電力化への配慮はビジネス的な観点からは劣後しがちなのが現状である。そのため低消費電力化に関する技術開発の企業の自助努力についても限界があり、国が主導的に低消費電力化技術の開発を支援する必要がある。本プロジェクトで取り組む技術は、ネットワーク市場をけん引するエッジルータやLAN-SAN分野の省電力化を目的として、長期的な視野に基づいた研究開発活動が必要な分野であり、民間企業単独での実施にはリスクがある技術分野であ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

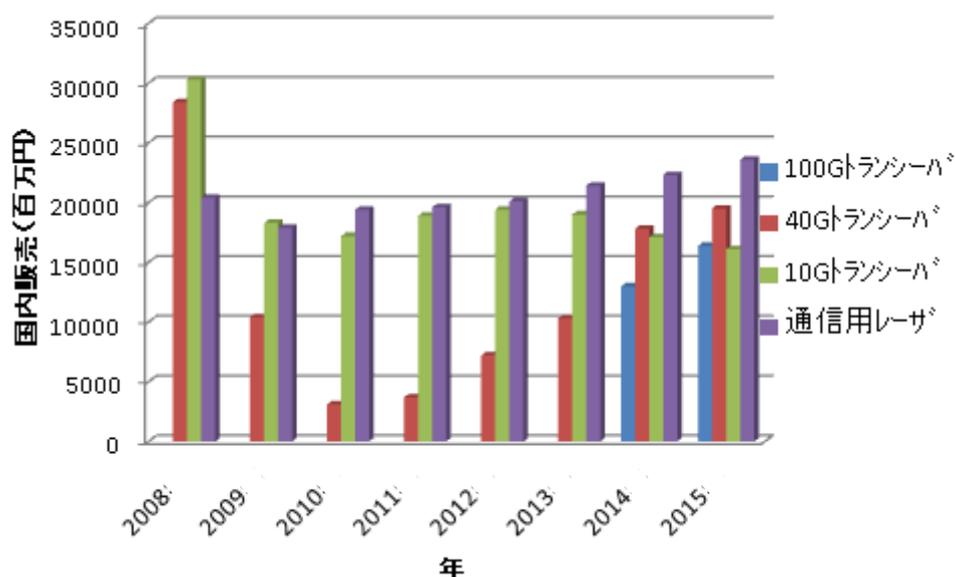


図 I-1-9 光アクティブデバイスの国内市場予測(富士キメラ総研2011光通信関連市場総調査から)

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。

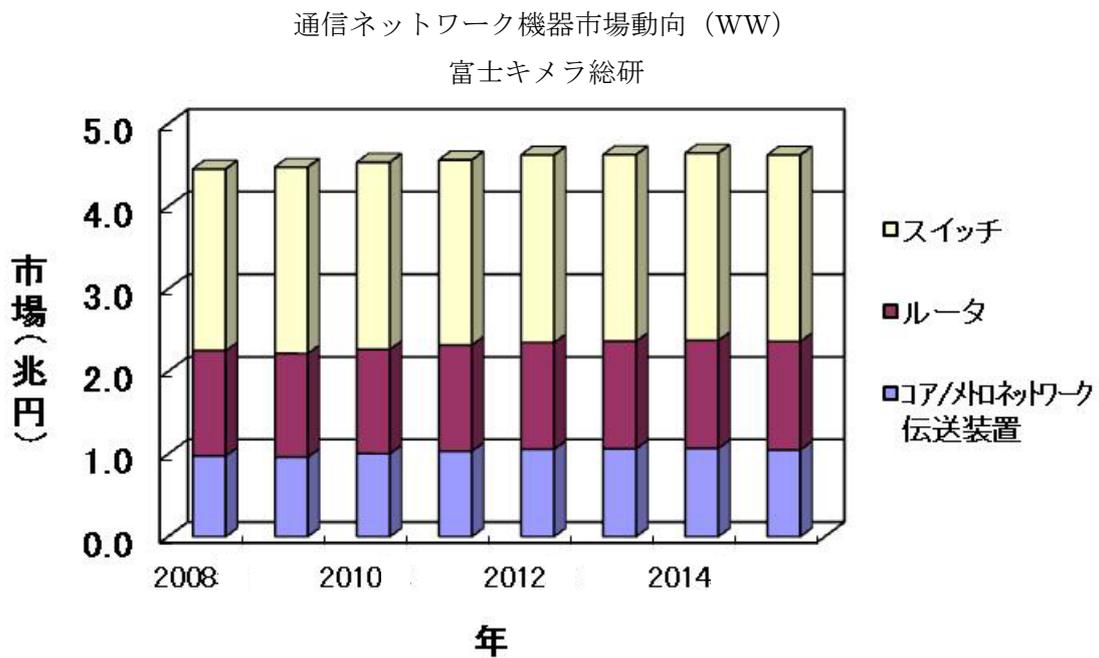


図 I-1-10 通信ネットワーク機器市場の世界動向 (富士キメラ総研2011光通信関連市場総調査)

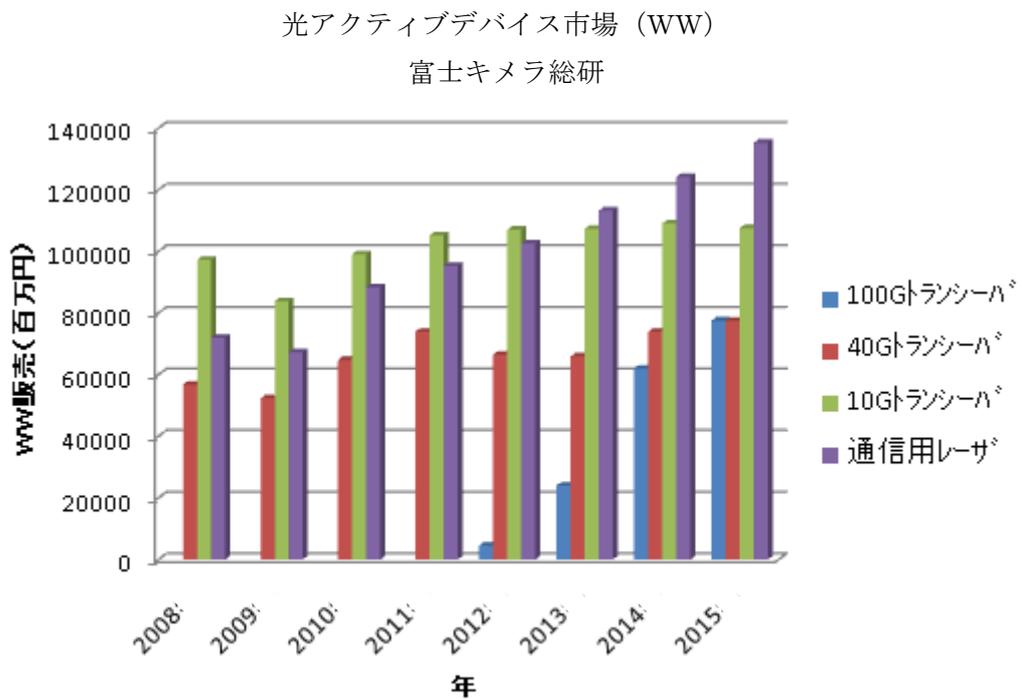


図 I-1-11 光アクティブデバイス市場の世界動向 (富士キメラ総研2011光通信関連市場総調査)

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

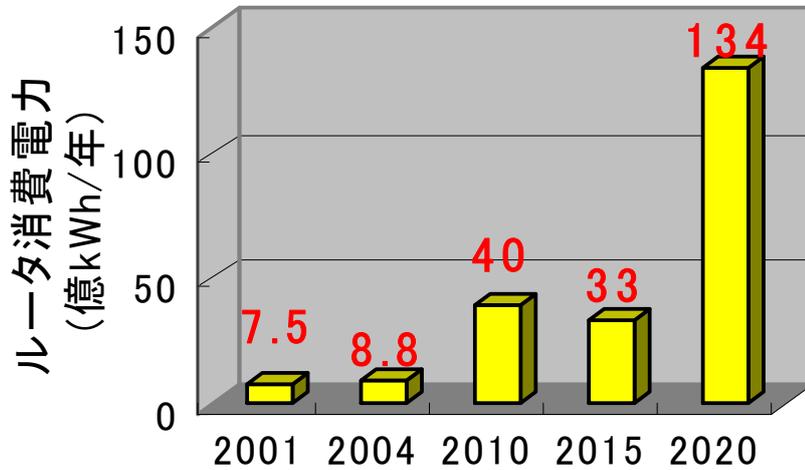
2.1 事業の背景

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)

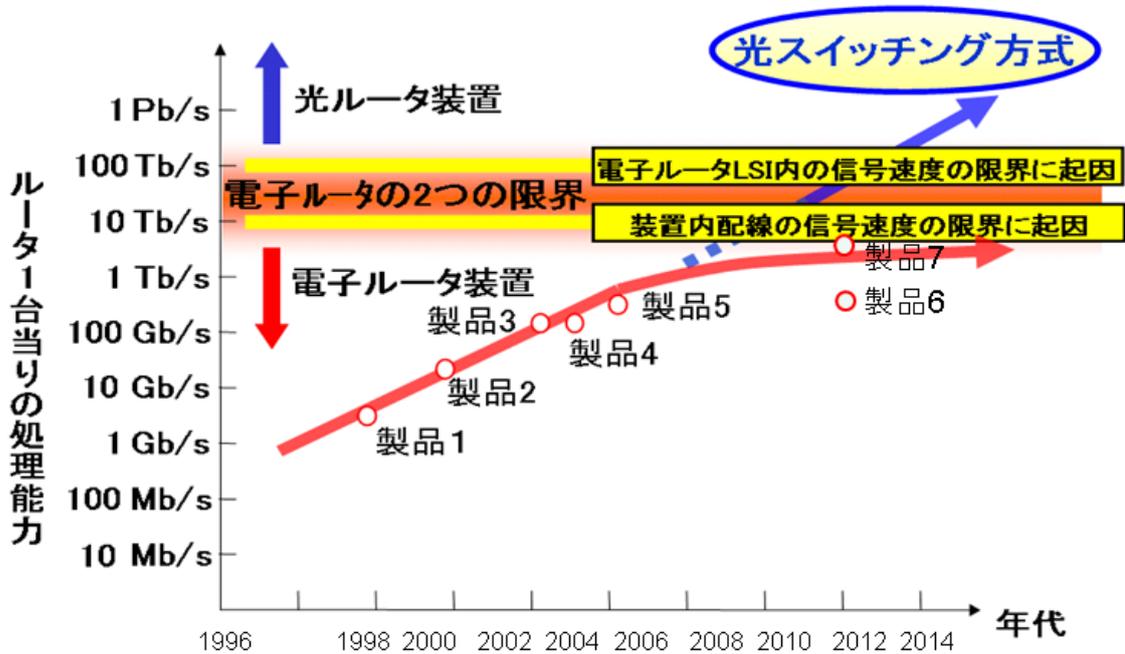


図 I-1-13 電子ルータの限界が顕在化

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。

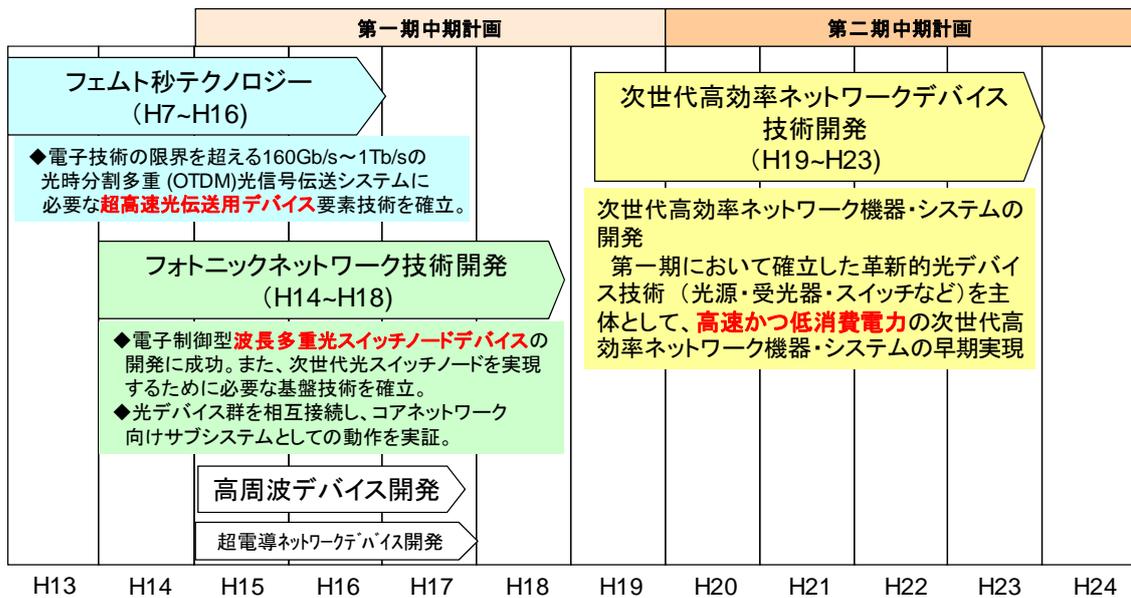


図 I-1-14 ネットワーク技術への取組み

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)

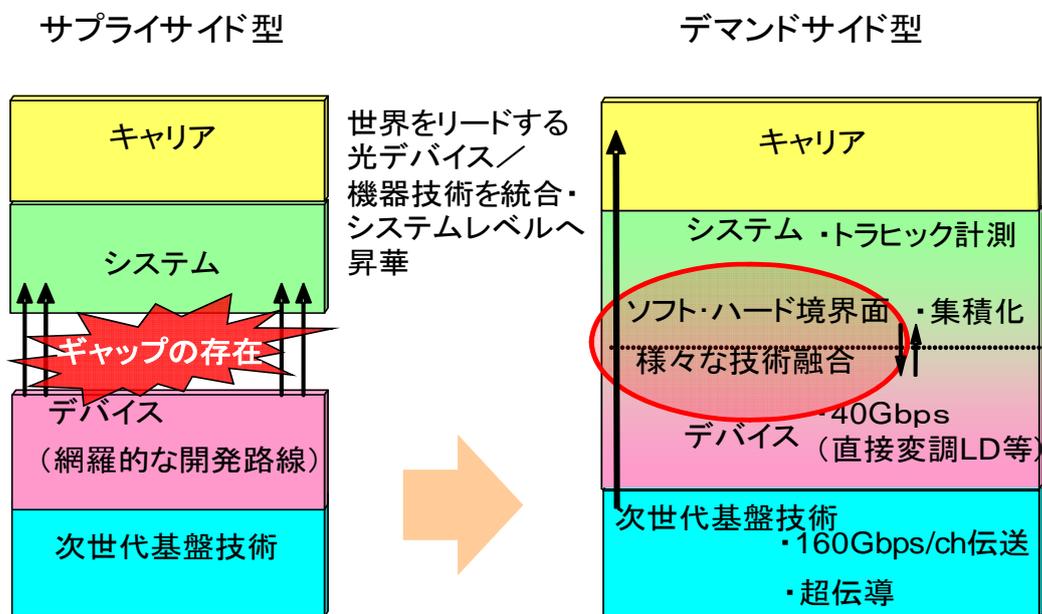


図 I-1-15 デバイスとシステムの技術的な統合による革新技术の創出

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。

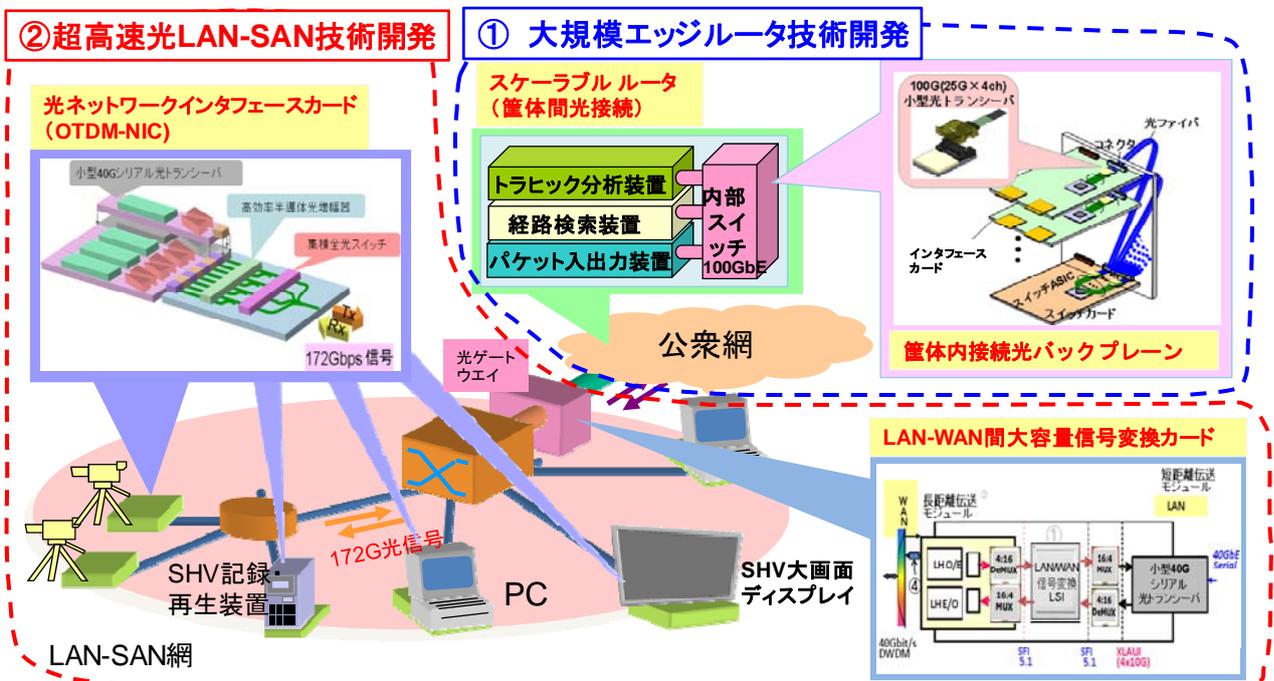
さらに100ギガビットイーサネット規格などの国際標準の策定にも積極的に取り組み、日本のネットワーク技術の国際競争力強化を図る。

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。

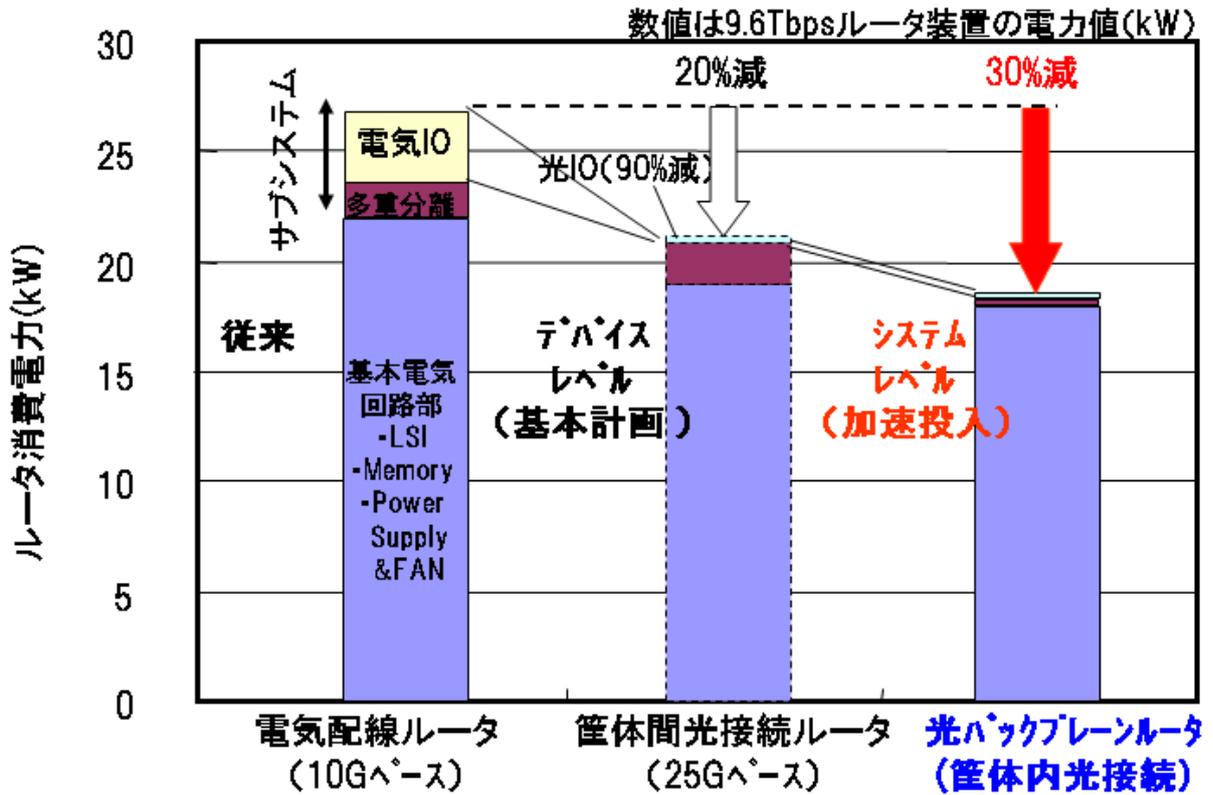


図 II-1-2 エッジルータの低消費電力化目標

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。

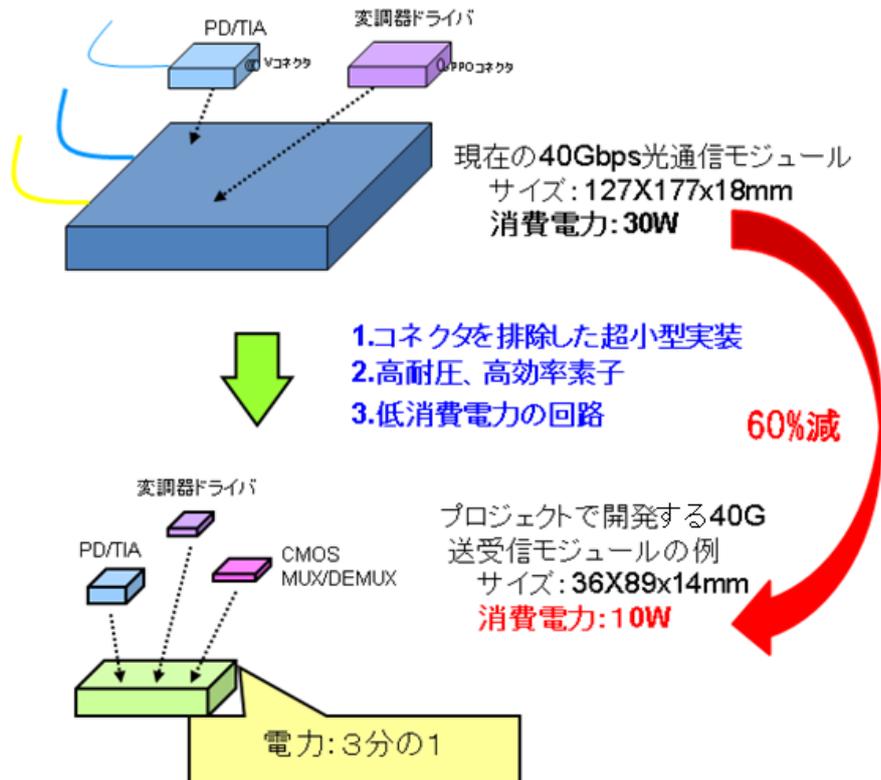


図 II-1-3 LAN-SANにおける低消費電力素子・ネットワーク目標

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トを試作し、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。

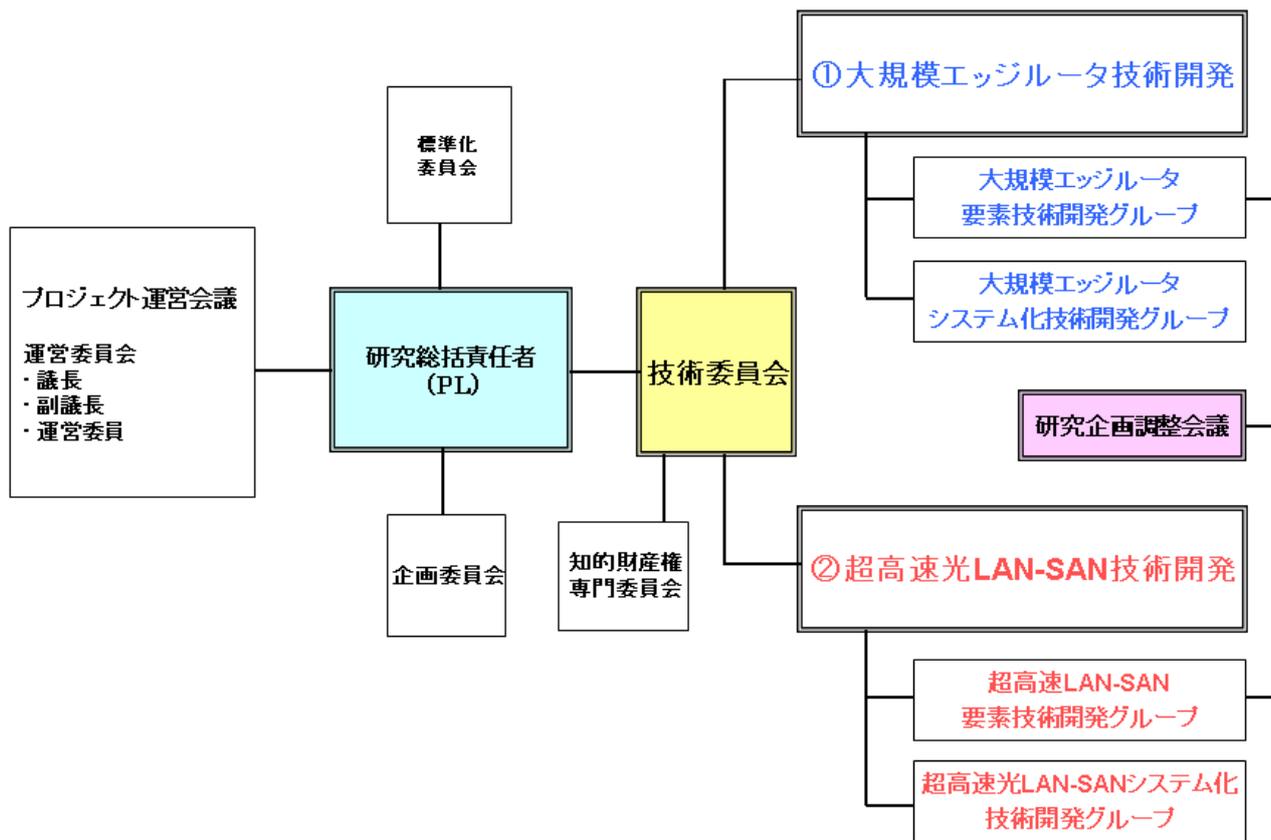
- 1) 次世代高効率ネットワークデバイス共通基盤技術
10Tbps 超級のエッジルータ実現のため、光デバイス基盤技術、SFQ回路技術およびその周辺技術開発を推進し、中間評価後に実用化を目指した開発研究に移行する。
- 2) 次世代高効率ネットワークデバイス・システム化技術
超高速光LAN-SANシステム大規模エッジルータに向け実用的高速光インタフェース技術や集積化技術開発を行なう。中間評価後には、開発した光デバイスを用いシステム実証に注力した研究開発を行なう。

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社は形式的に脱退（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。

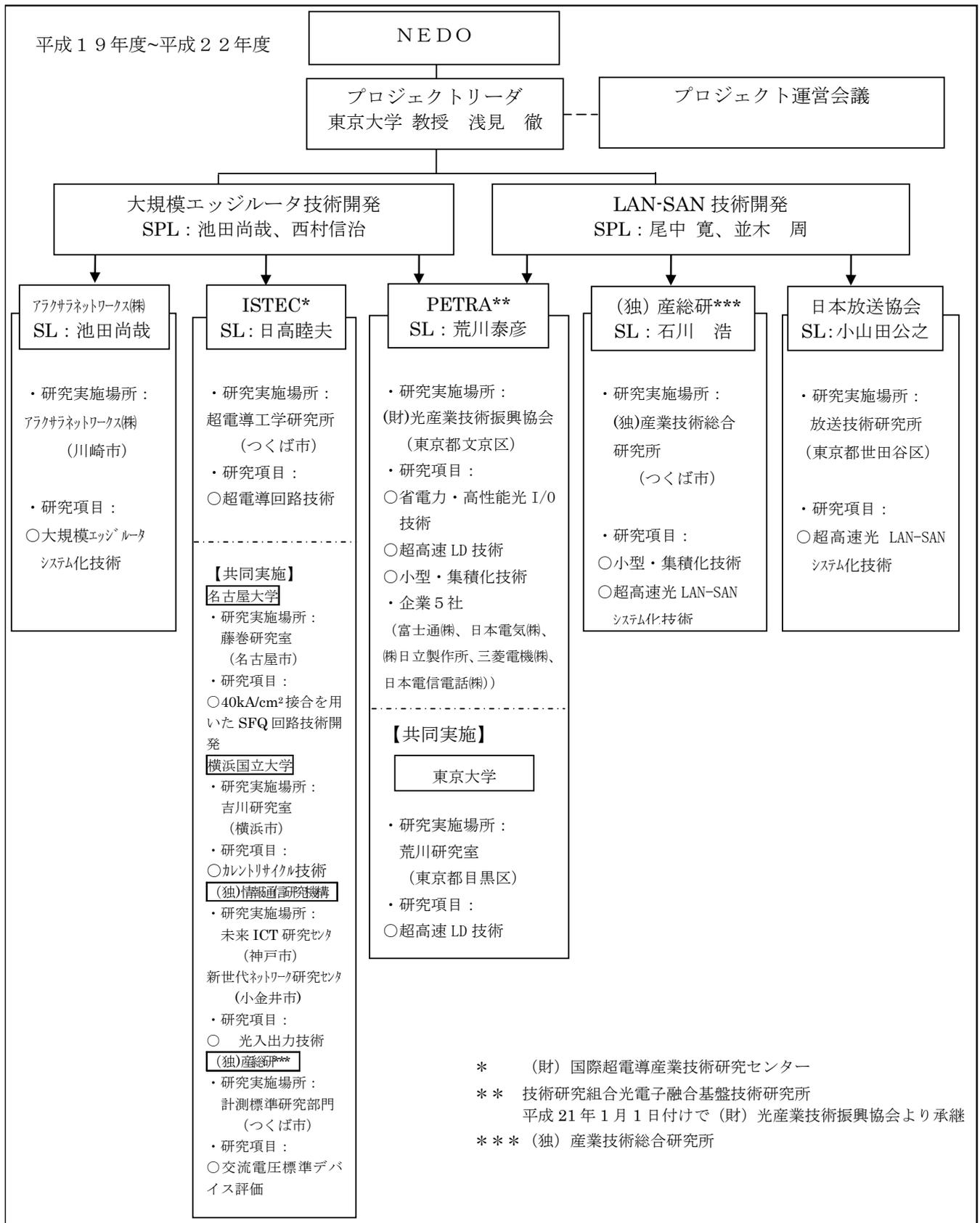


図 II-2-2 次世代高効率ネットワークデバイス技術開発の実施構成 (平成19年度~平成22年度)

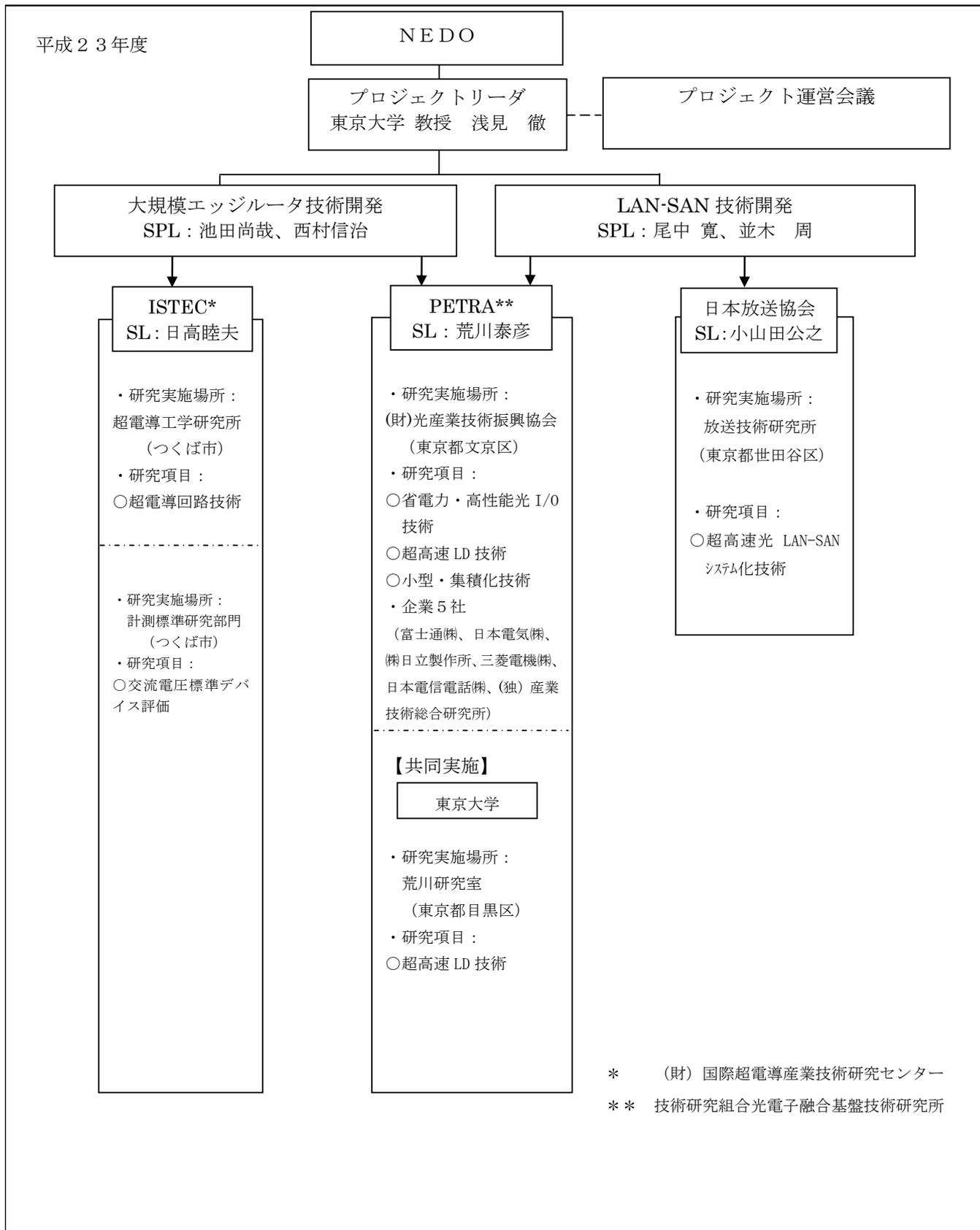


図 II-2-3 次世代高効率ネットワークデバイス技術開発の実施構成 (平成23年度)

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。

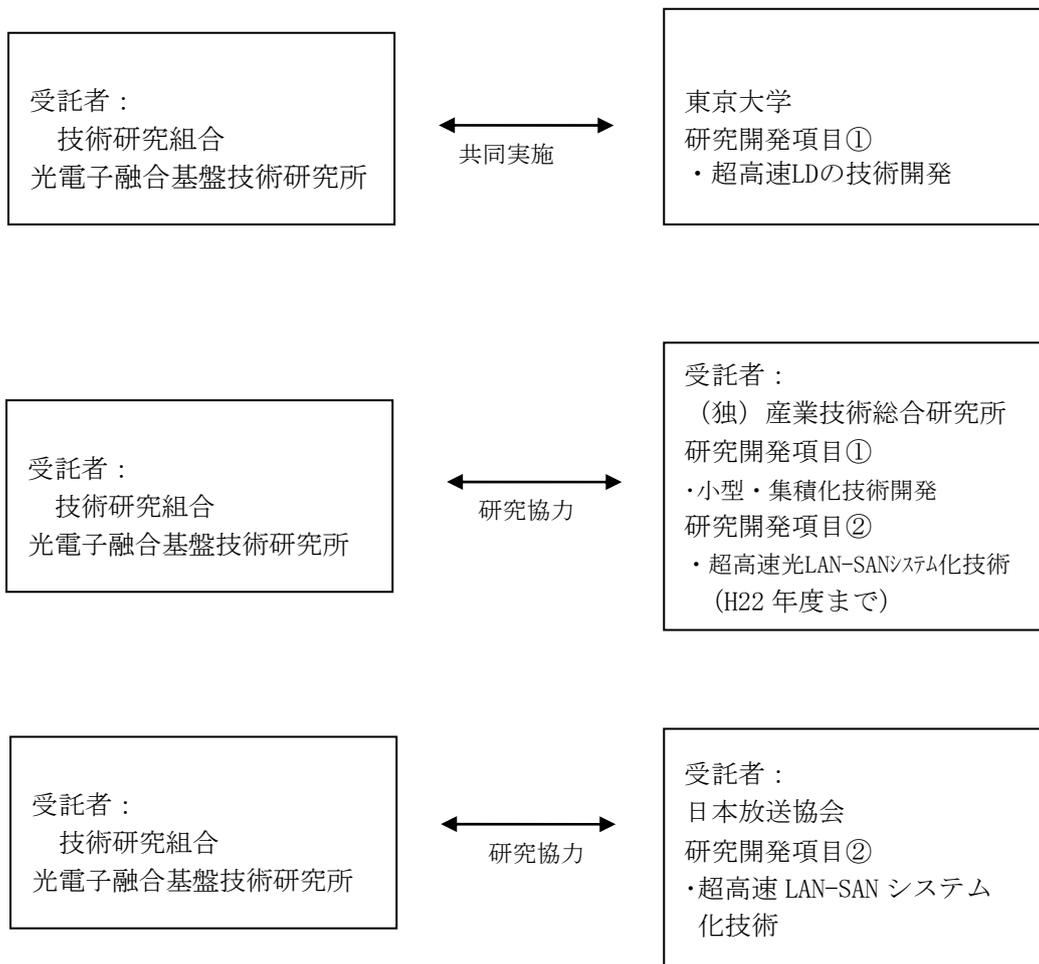


図 II-2-4 実施体制 (共同実施、研究協力)

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。
	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。

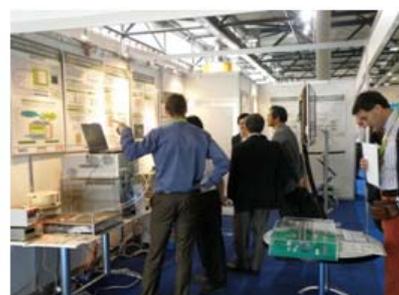
標準化への寄与文書（寄書）はプロジェクト全期間で10件を数え、また技術の実現性を示して標準化活動を支援するため、ECOC2009、OFC2012等の主要な国際会議での成果発表や、成果の動態展示を行った。各国際会議での展示デモ風景を図II-2-7に示す



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、国際動向の観点をに入れて、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を行い、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						
システム化技術	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						
システム化技術	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

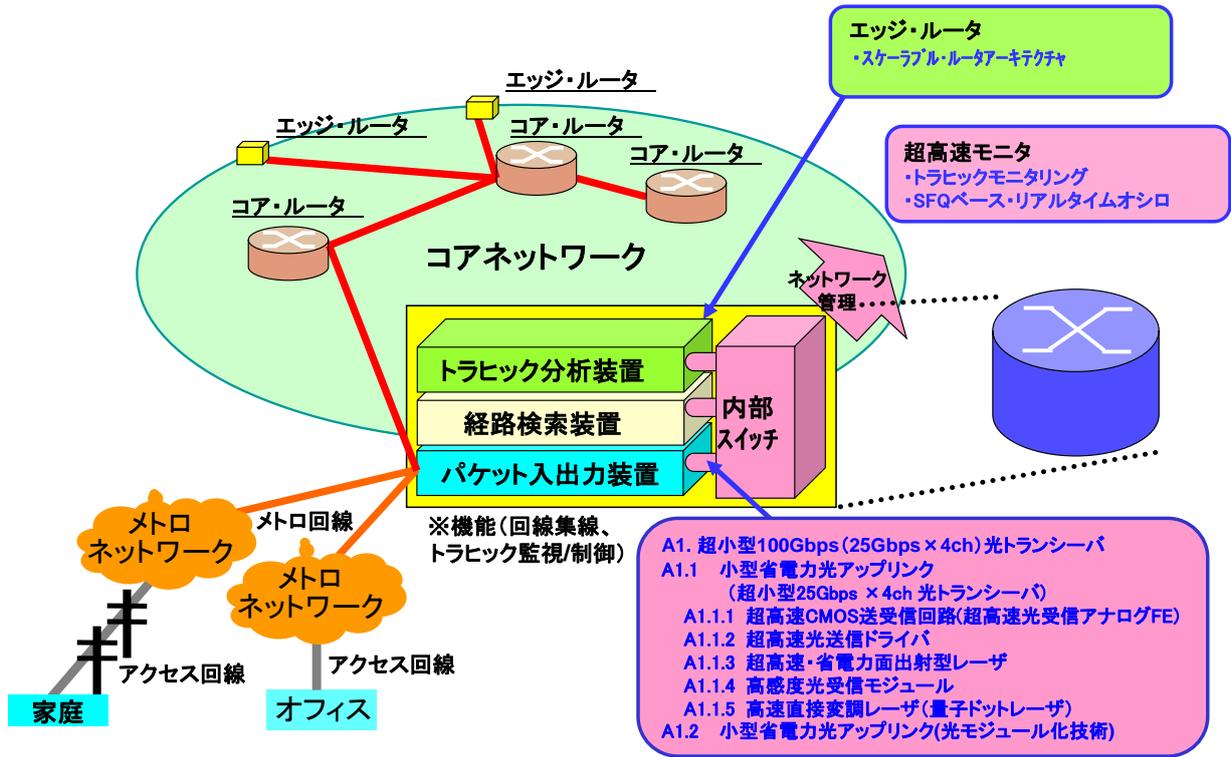
また、本プロジェクトの目的である省電力効果の成果を簡潔に纏めたものを。図Ⅲ-1-4に示す。
本プロジェクトの成果として、消費電力の削減率として-50～-90%が得られている。

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。

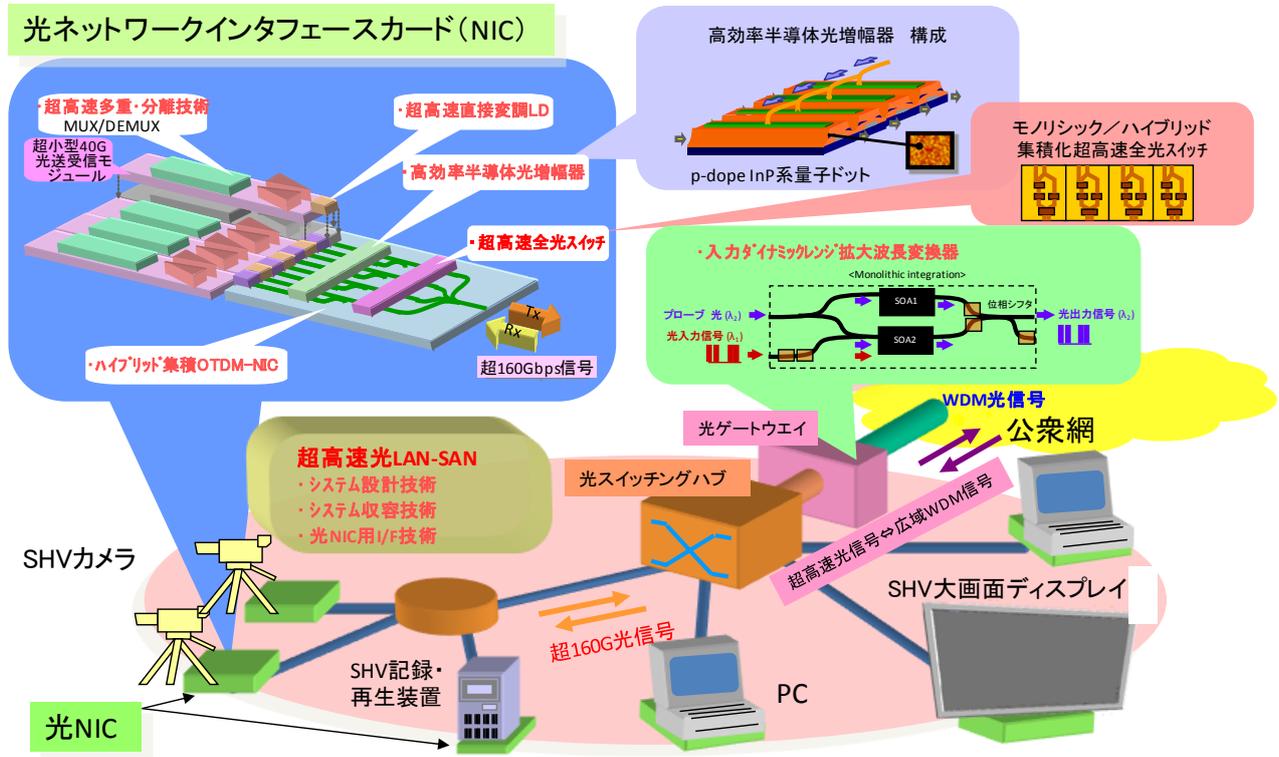
全ての個別研究テーマとも最終目標を達成することが出来た。また、研究成果に関しプロジェクトリーダーとNEDOで客観的に判定した達成度も示す。

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

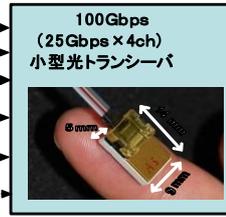
共通基盤技術:個別テーマ

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

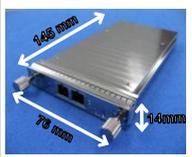
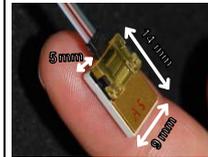
② 40GbE & OTN (40Gbps技術)

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 (備考) 100Gbイーサネット光モジュール 	<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 (備考) 300pin規格準拠 	<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 (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 / 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 $\leq 40\text{mW/ring}$ ・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

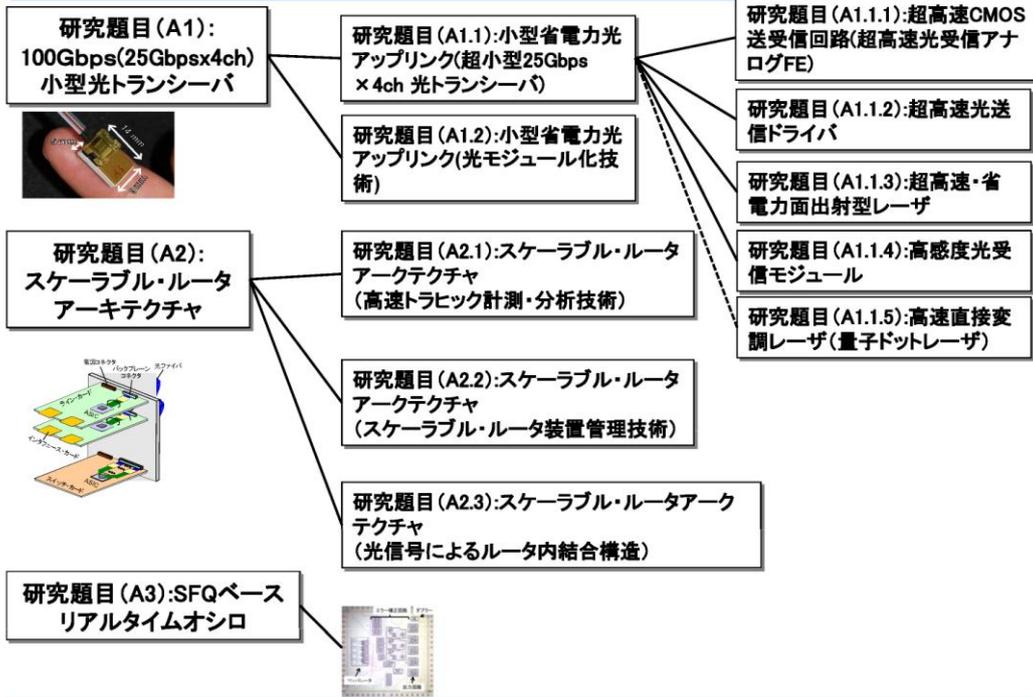
図3-34：小型省電力波長可変光源

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

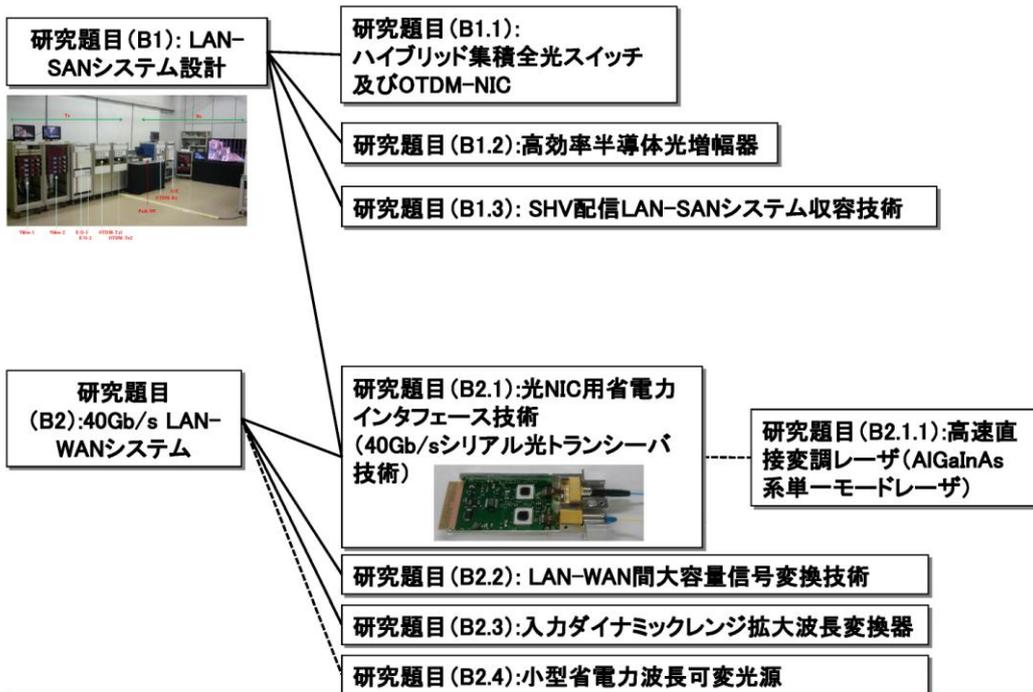


5-2 研究開発成果について

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

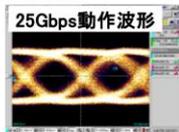
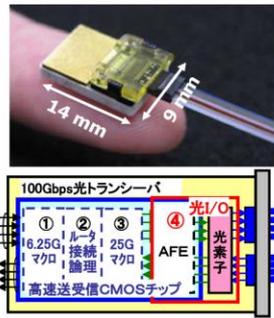
【最終目標達成】

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)

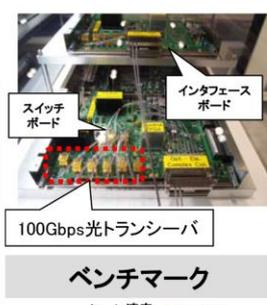
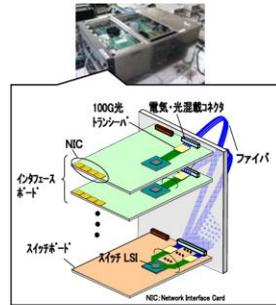
小型100Gbps光トランシーバを開発し、光I/Oで10mW/Gbps、従来比90%の省電力効果を実証し、本光トランシーバをエッジルータデモ実験システムのバックプレーンに適用し、伝送実証完 (NEC、アラクサラと連携)。

○ 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

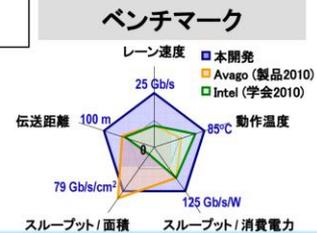


最終目標達成状況

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

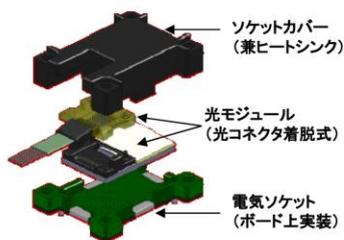
【最終目標達成】

小型省電力光アップリンク(光モジュール化技術)(NEC)

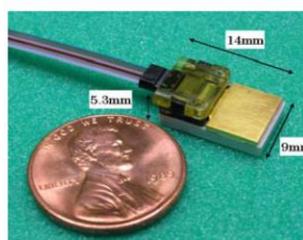
25Gbps × 4chの光送受信モジュールを、超小型サイズ(1cm²程度)で、光結合のch間高均一性、高放熱特性を満たして実現。

○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

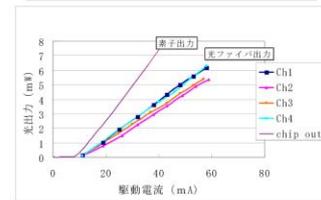
光モジュール構造



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)

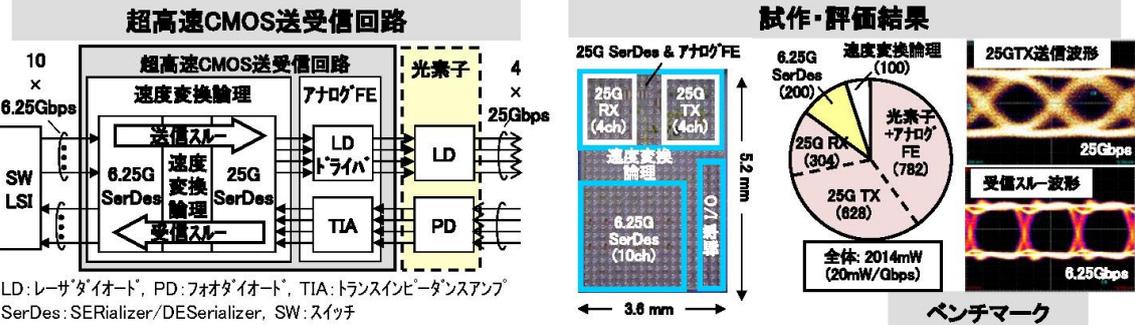
超高速CMOS送受信回路(超高速光受信アナログFE)(日立)

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)。



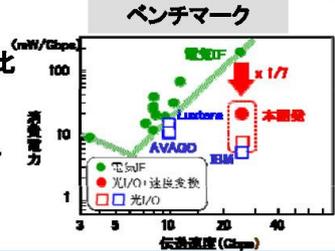
LD:レーザダイオード, PD:フォトダイオード, TIA:トランスインピーダンスアンプ
SerDes:SERializer/DESerializer, SW:スイッチ

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)

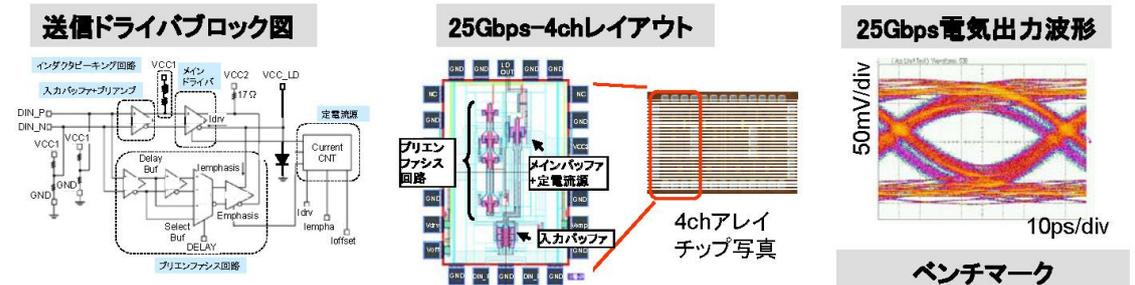
超高速光送信ドライバの技術開発(NEC)

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

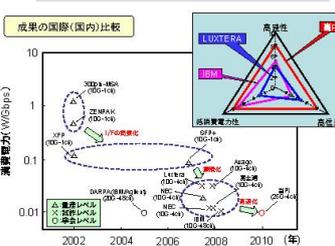


最終目標達成状況

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。



研究題目 (A1.1.3)

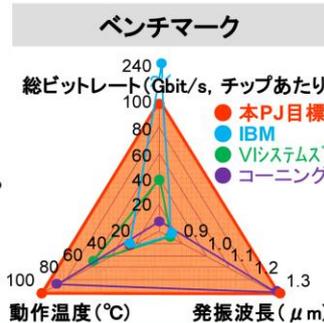
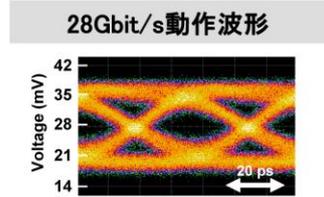
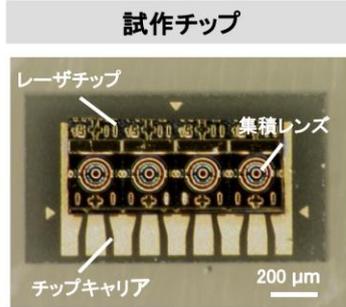
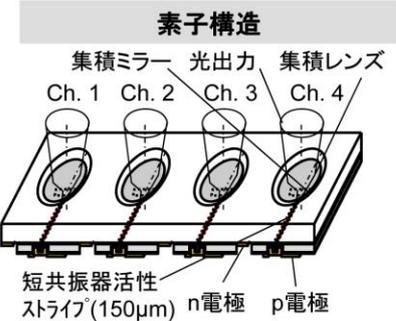
超高速・省電力面出射型レーザ(日立)

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)

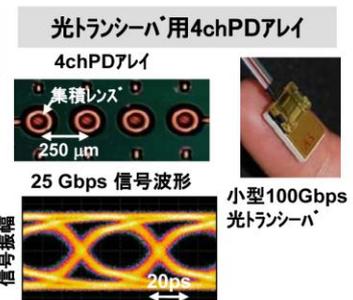
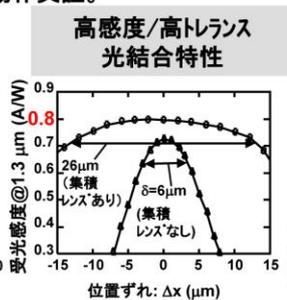
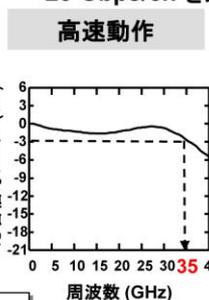
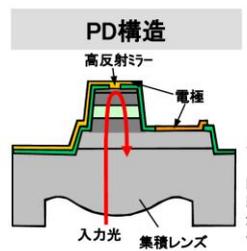
高感度光受信モジュール(日立)

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。

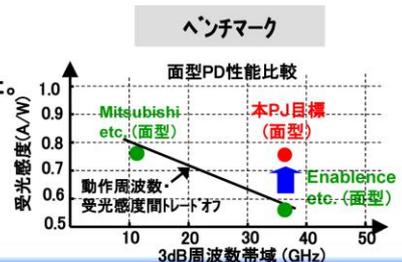


最終目標達成状況

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。



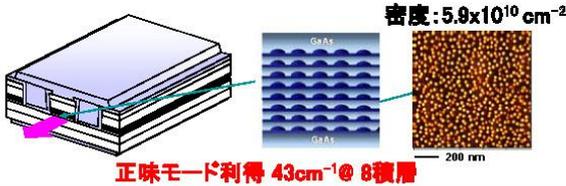
研究題目 (A1.1.5)

高速直接変調レーザ(量子ドットレーザ:富士通)

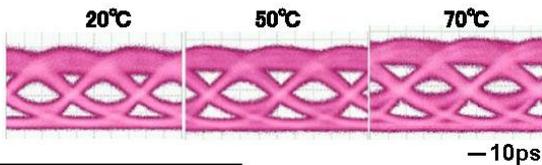
成果概要: 25Gbps 技術

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)



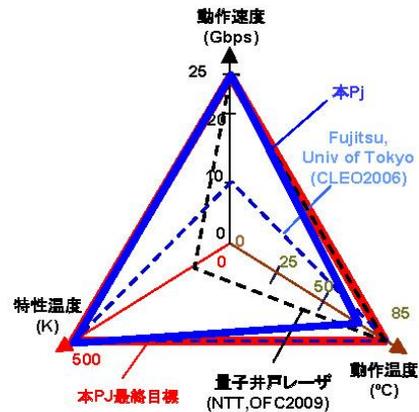
最終目標達成状況

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。

ベンチマーク



研究題目 (A2.)

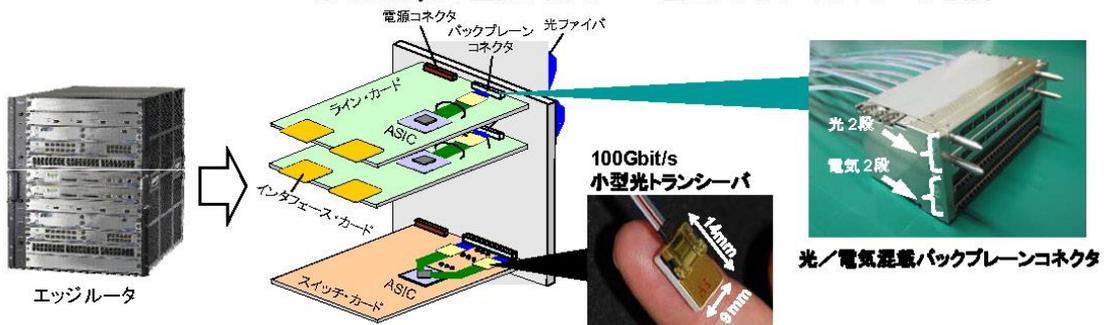
スケーラブル・ルータアーキテクチャ(アラクサラ)

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活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。

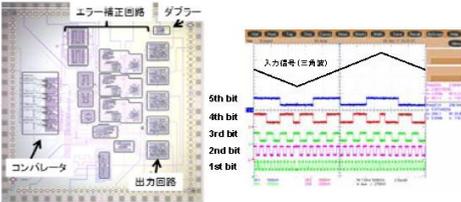
研究題目 (A3.)

SFQベース・リアルタイムオシロ (ISTEC)

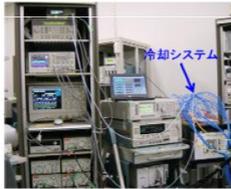
成果概要: 25Gbps 技術

- 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

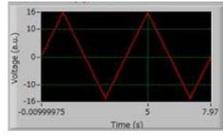


SFQリアルタイムオシロ

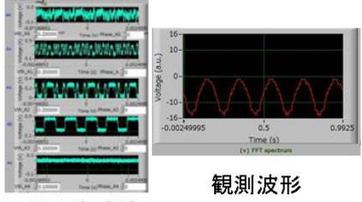


冷凍機実装したSFQ ADCと測定システム

100GS/s波形観測



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。

研究題目 (B1.)

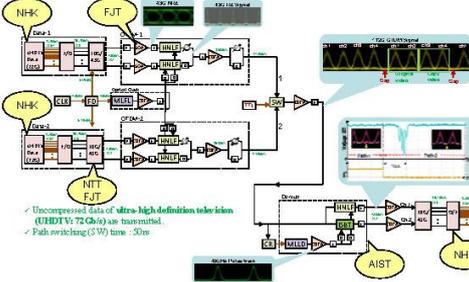
超高速光LAN-SANシステム設計技術(産総研)

成果概要: 40Gbps 技術

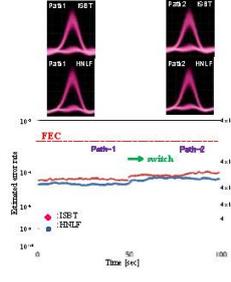
当プロジェクトで開発したデバイスを用いた160G-OTDM伝送と、これを用いた超高速光LAN上でSHV映像の切替動作に成功した。

【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

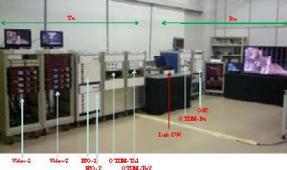
超高速光LAN上でのSHV配信実験



ダイナミックな切替動作



システム外観



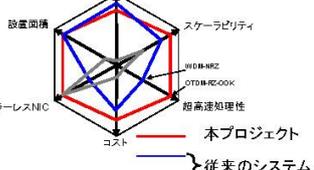
最終目標達成状況

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)

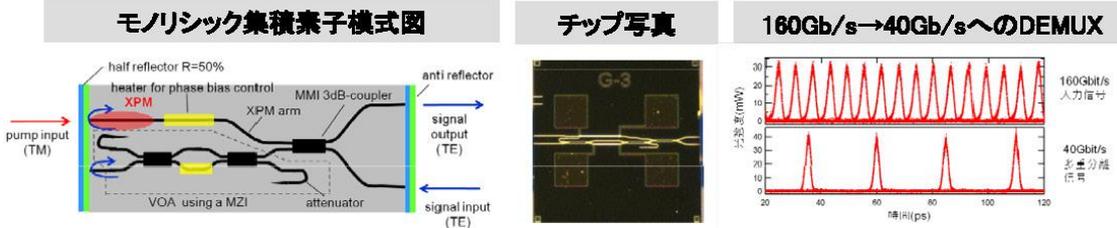
ハイブリッド集積全光スイッチ及びOTDM-NIC(産総研)

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

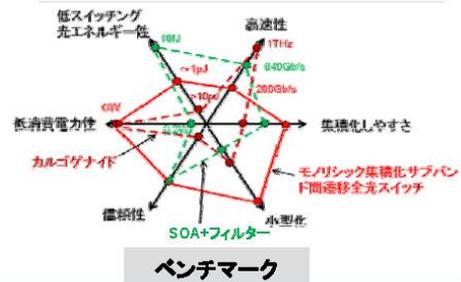


最終目標達成状況

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。

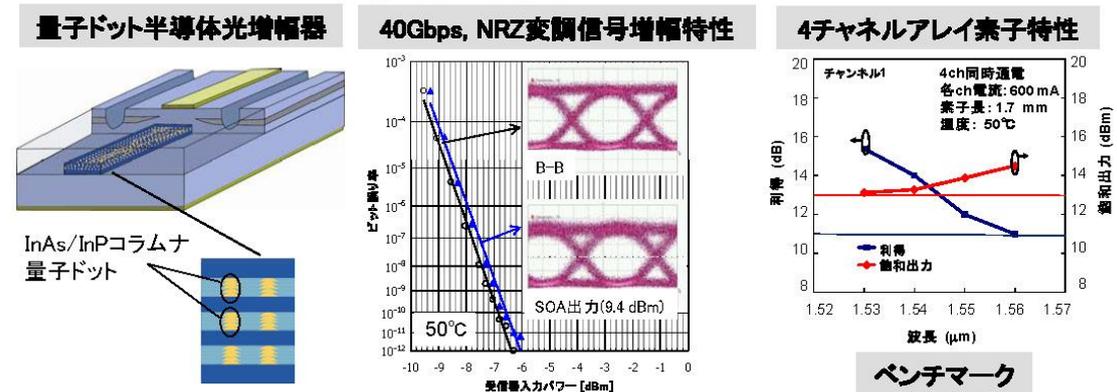


研究題目(B1.2)

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。

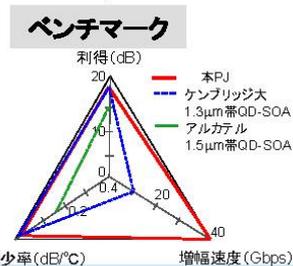


最終目標達成状況

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。

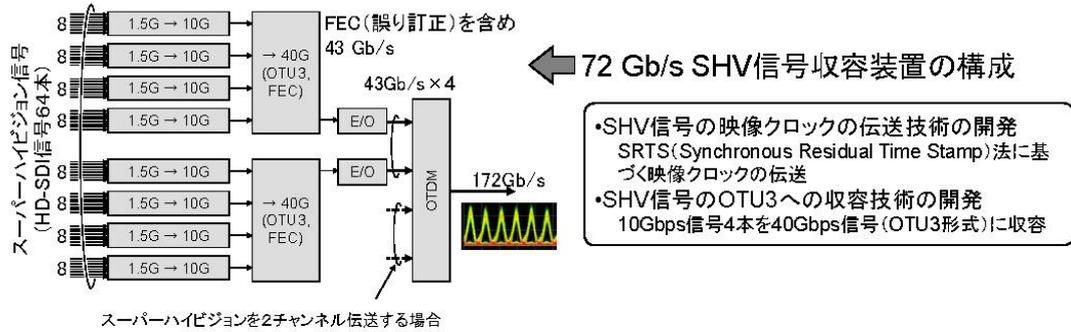


研究題目 (B1.3)
成果概要: 40Gbps 技術

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 1/8、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>

最終目標達成状況

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。

実用化・事業化見通し

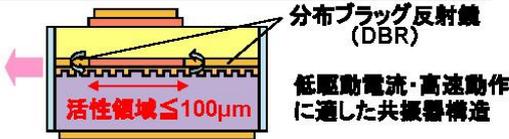
本プロジェクトと同等仕様の次世代40G光トランシーバ(CFP2)の市場動向を見極めながら、改良を進め、製品化を検討。



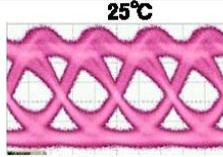
研究題目 (B2.1.1) **高速直接変調レーザ (AlGaInAs系単一モードレーザ: 富士通)**

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**

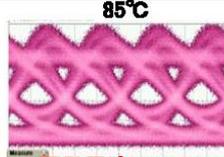
反射鏡を集積した短活性領域共振器構造



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

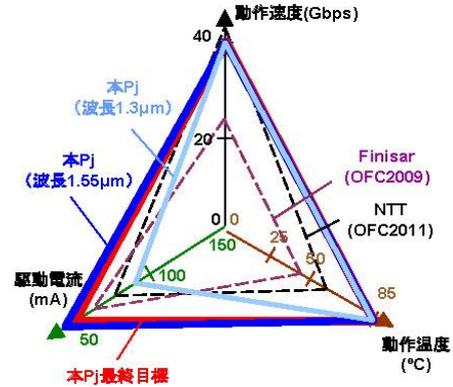


駆動電流 37 mA



駆動電流 43 mA — 20ps

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。

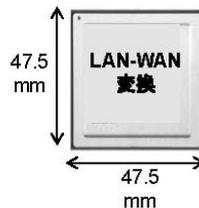
研究題目 (B2.2) **LAN/WAN間大容量信号変換技術 (NTT)**

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】。**

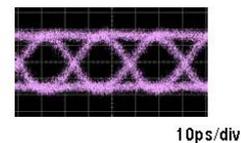
LAN/WAN変換回路機能概要

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

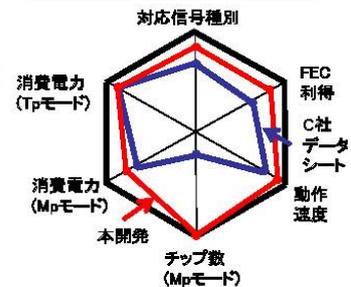
LAN/WAN変換試作写真



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。

