

超低消費電力型光エレクトロニクス
実装システム技術開発
(中間評価)

(2012年度～2017年度 6年間)

プロジェクトの概要 (公開)

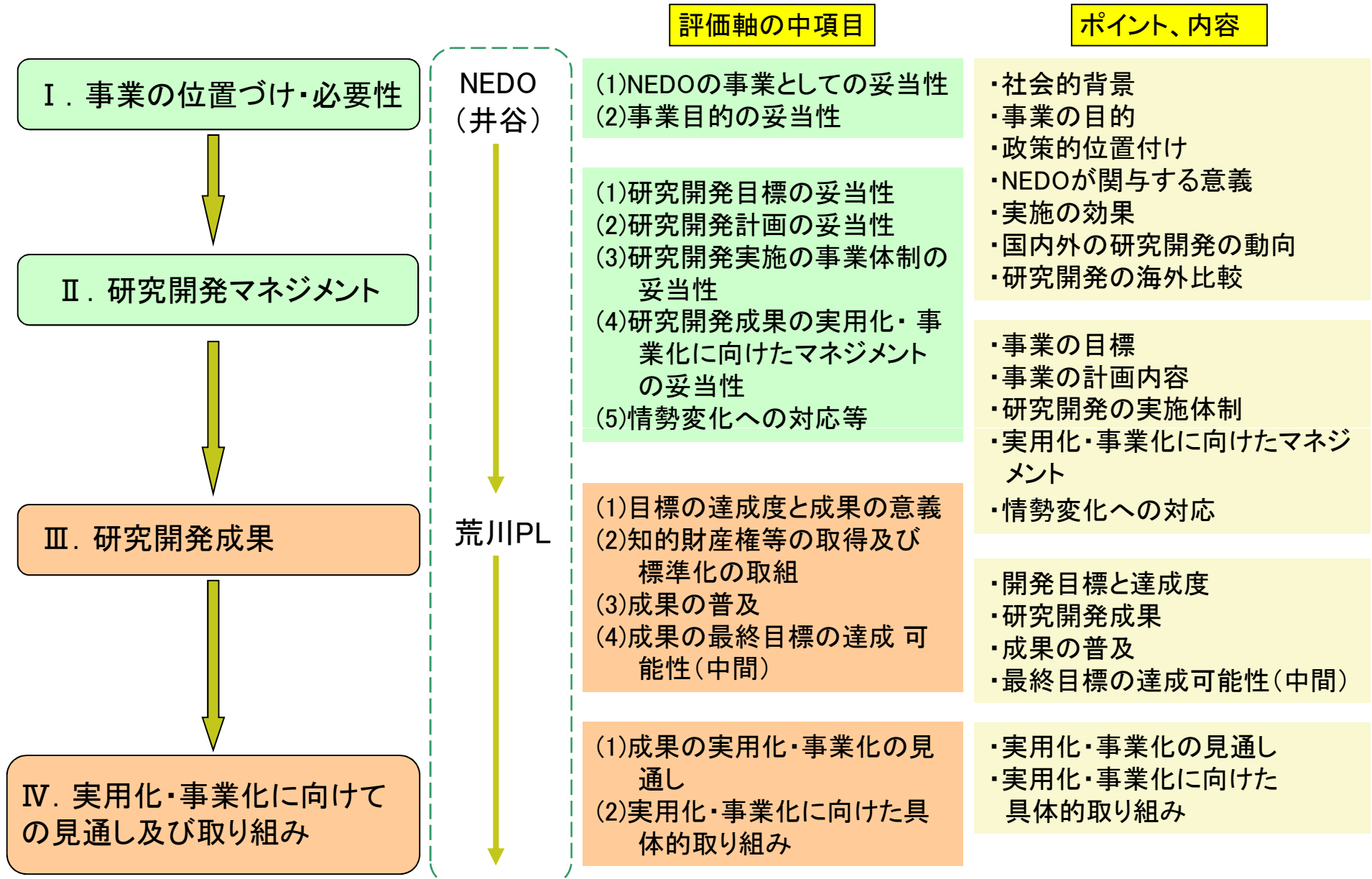
NEDO

電子・材料・ナノテクノロジー部

2014年 9月30日

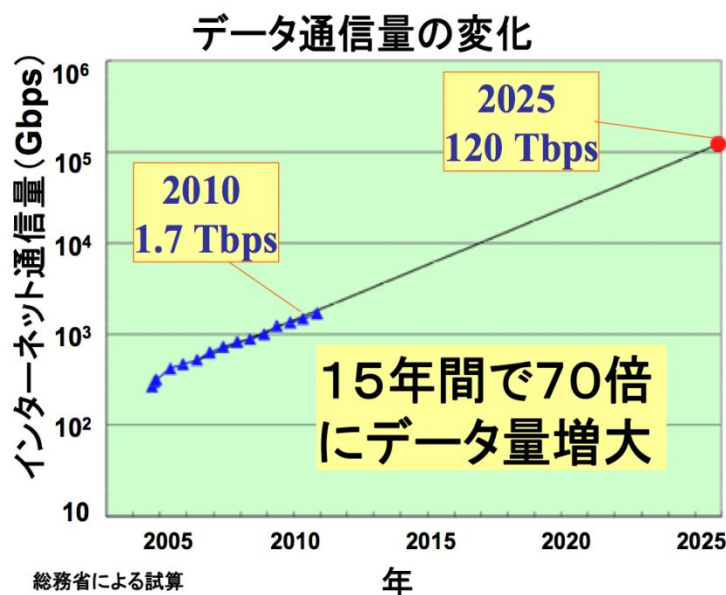
発表内容

公開



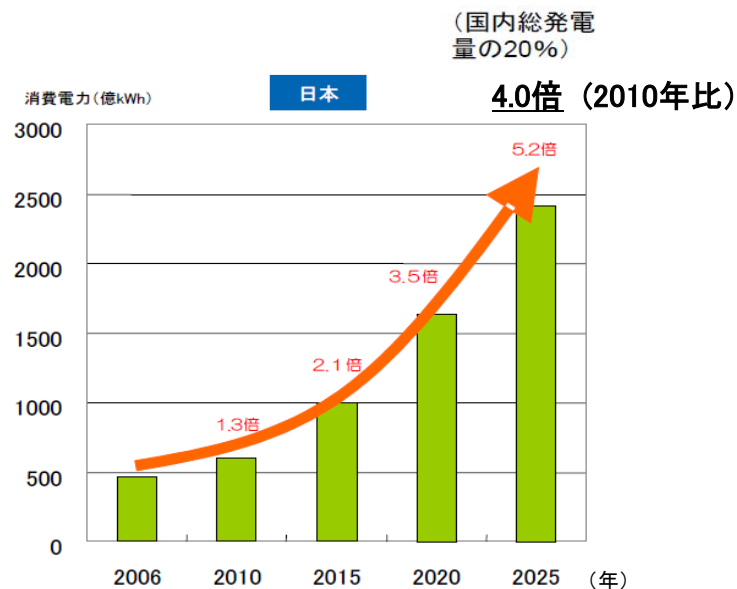
I . 事業の位置づけ・必要性

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



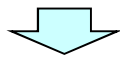
経済産業省/総合科学技術会議評価専門委員会資料(2011)

国内IT機器による国内電力消費量の推計



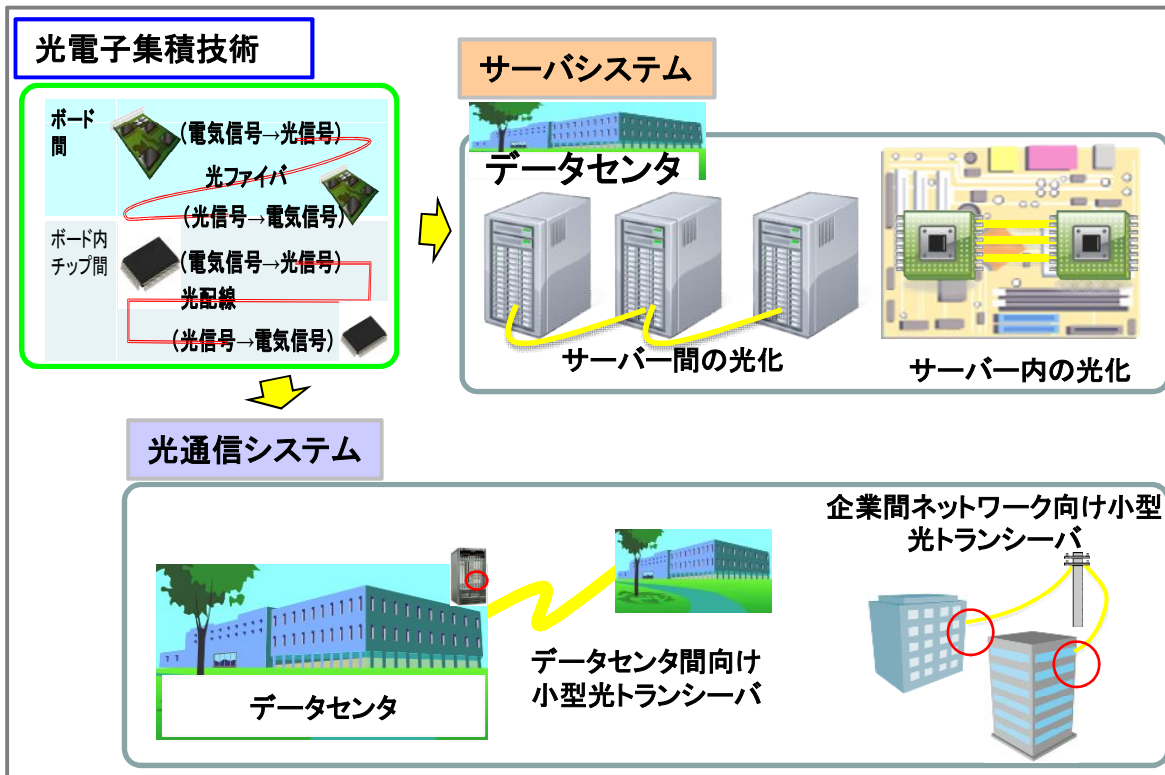
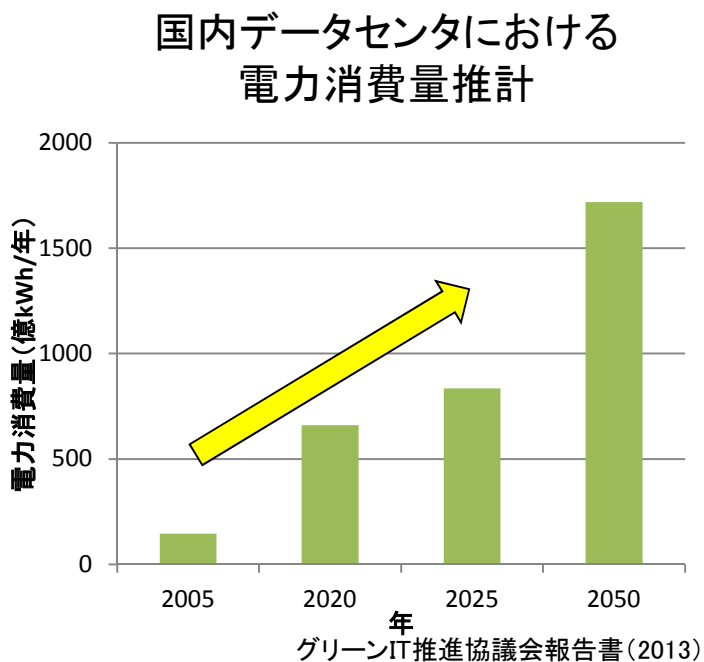
経済産業省/総合科学技術会議評価専門委員会資料(2011)

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



光電子集積技術を軸にデータセンター等におけるサーバシステム、光通信システム向けIT機器の省電力化技術を開発
本プロジェクト:「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」

■ 超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発



政策上の位置づけ

公開

産業技術
政策

第4期科学技術
基本計画(2011年)

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

2013年度科学技術
重要施策アクション
プラン(2012年)

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

経済産業省研究開発プログラム

省エネルギー技術戦略2011

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

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

未来開拓研究プロジェクト

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

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

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

■実施期間

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

■プロジェクトの目標

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

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

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

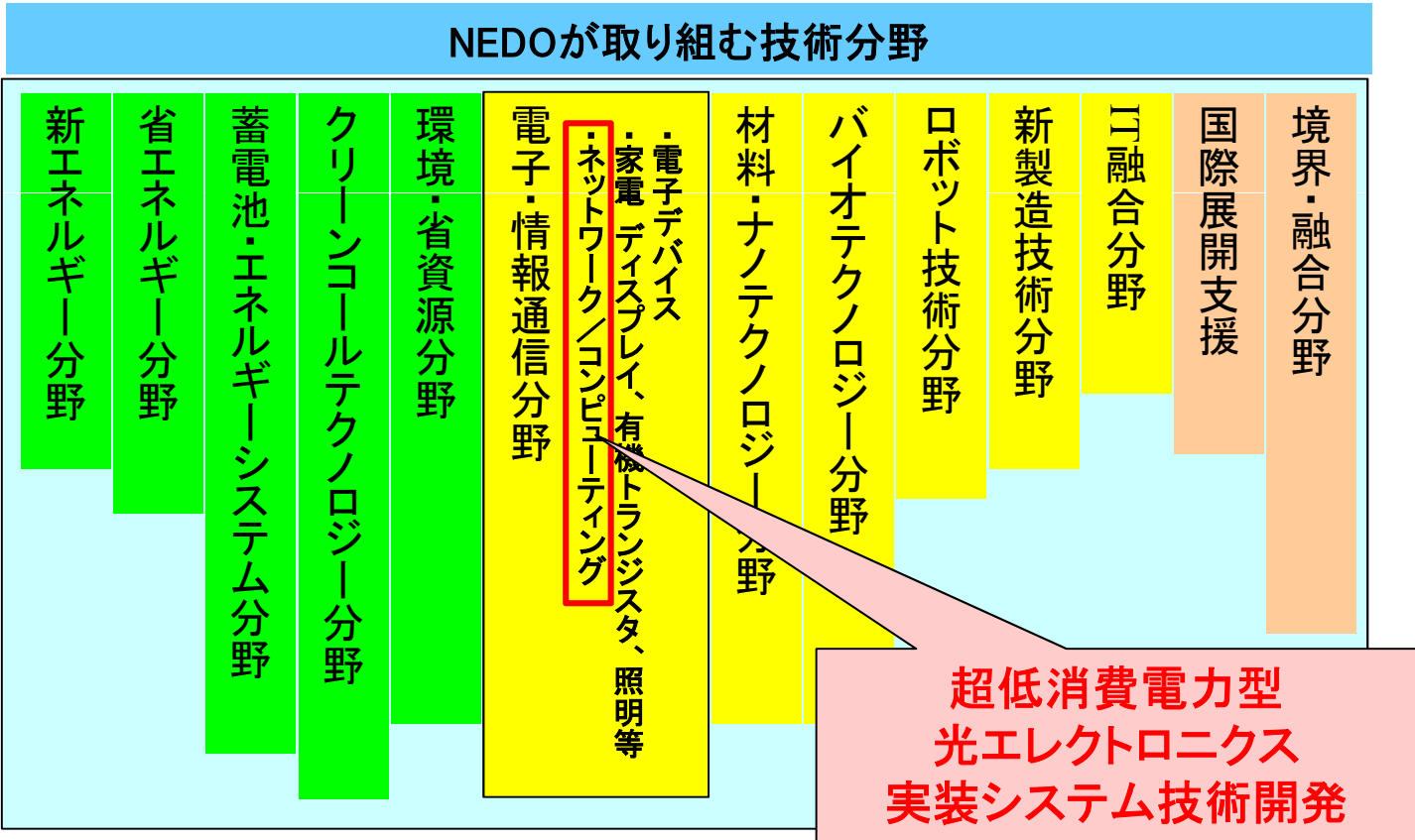
NEDO 第3期中期計画<電子・情報通信分野>

■電子・情報通信分野

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

■ネットワーク／コンピューティング

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



NEDOが関与する意義

超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発

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

■ IT機器の省エネ化によるCO₂削減には、国家的な取り組みが必要

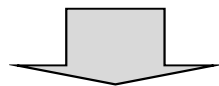
国民生活の中に浸透しつつあるクラウドコンピューティング、ライフラインとなっているデータセンタ、ネットワーク等に係る情報通信機器の消費電力量を削減し、CO₂排出量を削減することは、地球温暖化対策として非常に重要であり、公益性のある取り組みである。

■ 我が国のエレクトロニクス産業を支える技術の国際競争力強化

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

■ 個々の民間企業では、技術開発は困難

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

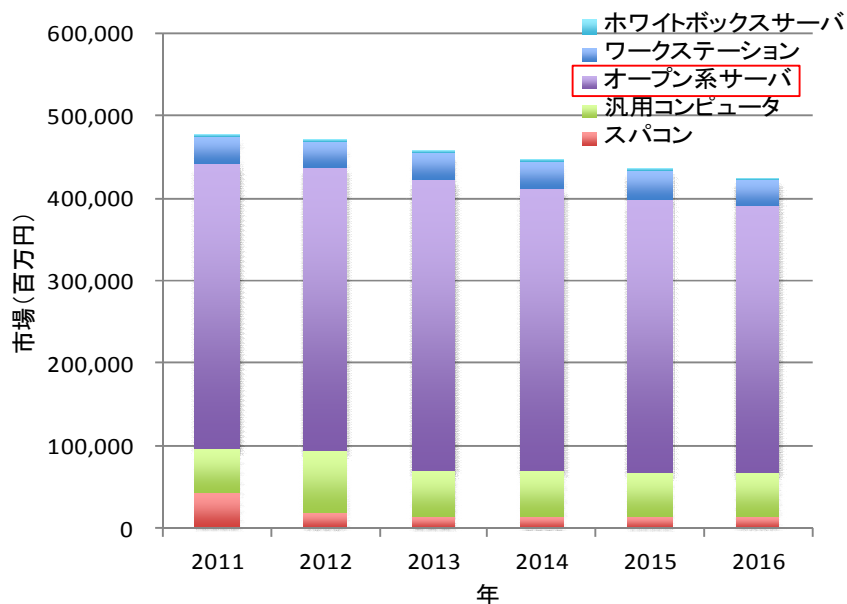


NEDOが関与し推進すべき事業

経済的効果

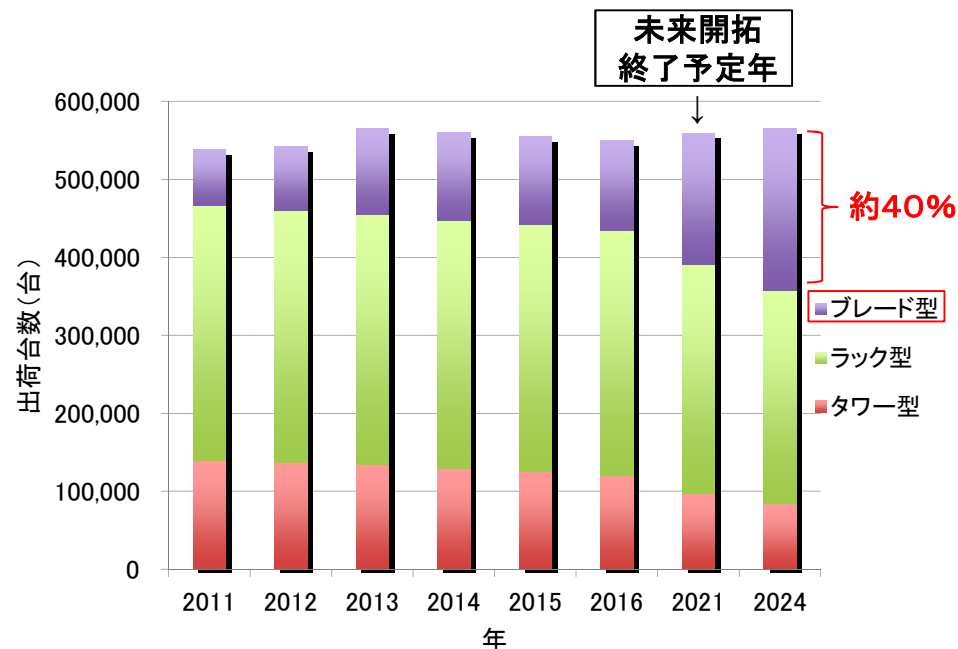
未来開拓研究プロジェクト事業費(想定) : 284億円(10年間)
2012年度～2014年度 事業費合計 : 82.5億円

サーバ市場規模(国内)



富士キメラ総研/2013情報機器グローバルマーケット(上巻)

筐体別オープン系サーバ出荷台数(国内)



富士キメラ総研/2013情報機器グローバルマーケット(上巻)をもとにNEDOが作成

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

省エネルギー効果

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

【試算方法】

○成果が適用される製品群として次を想定

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

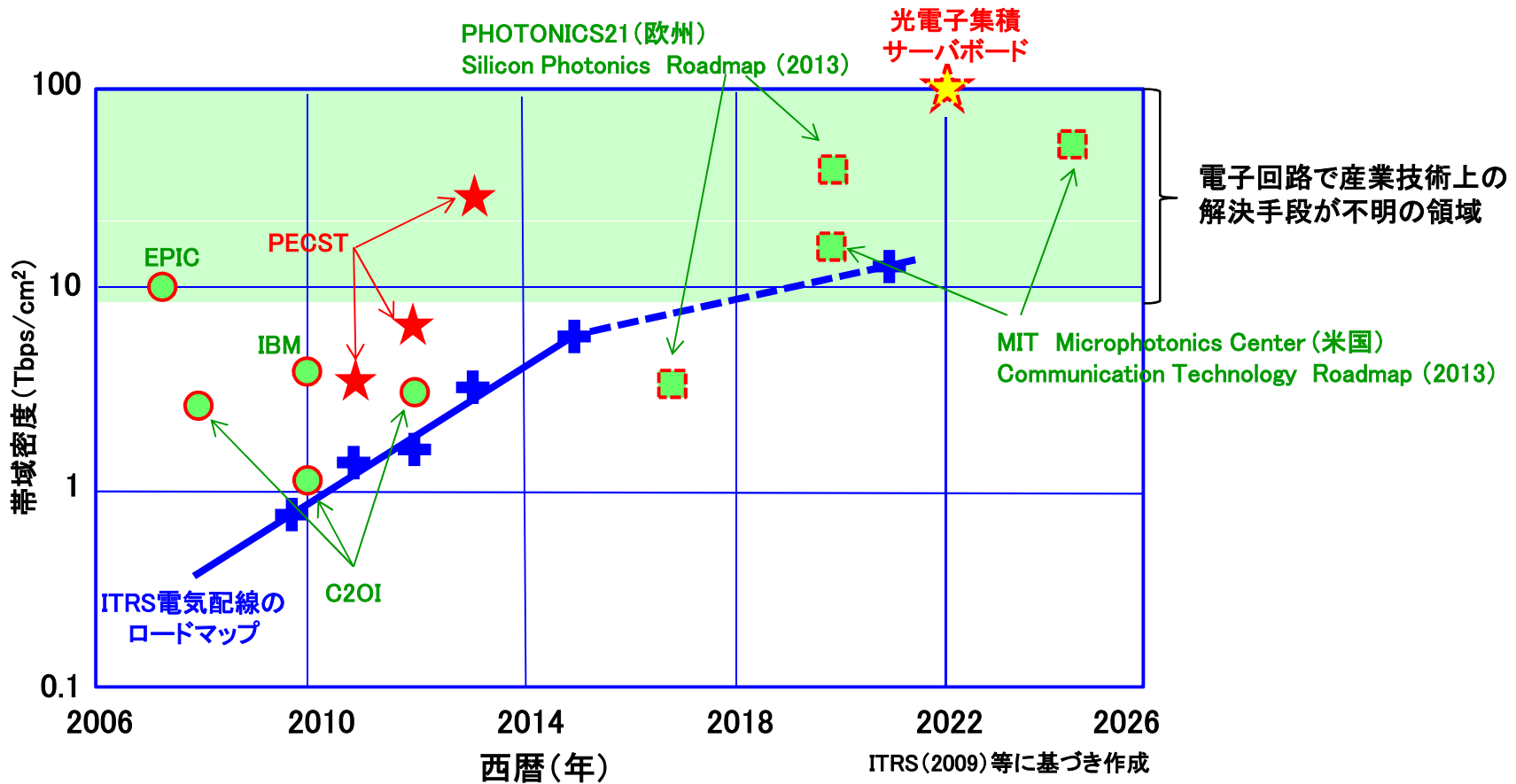
- ・ 対策前電力: 評価専門調査会 IT新改革戦略及び重点計画-2007の進捗等に関するヒアリング(第1回)資料より、ネットワーク機器、サーバ/データセンタ、PC、テレビの消費電力増加率を14%、5%、5%、9%として計算。
- ・ 機器普及率: 成果の普及は実施期間途中の一部実用化も想定した目標値とした

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

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

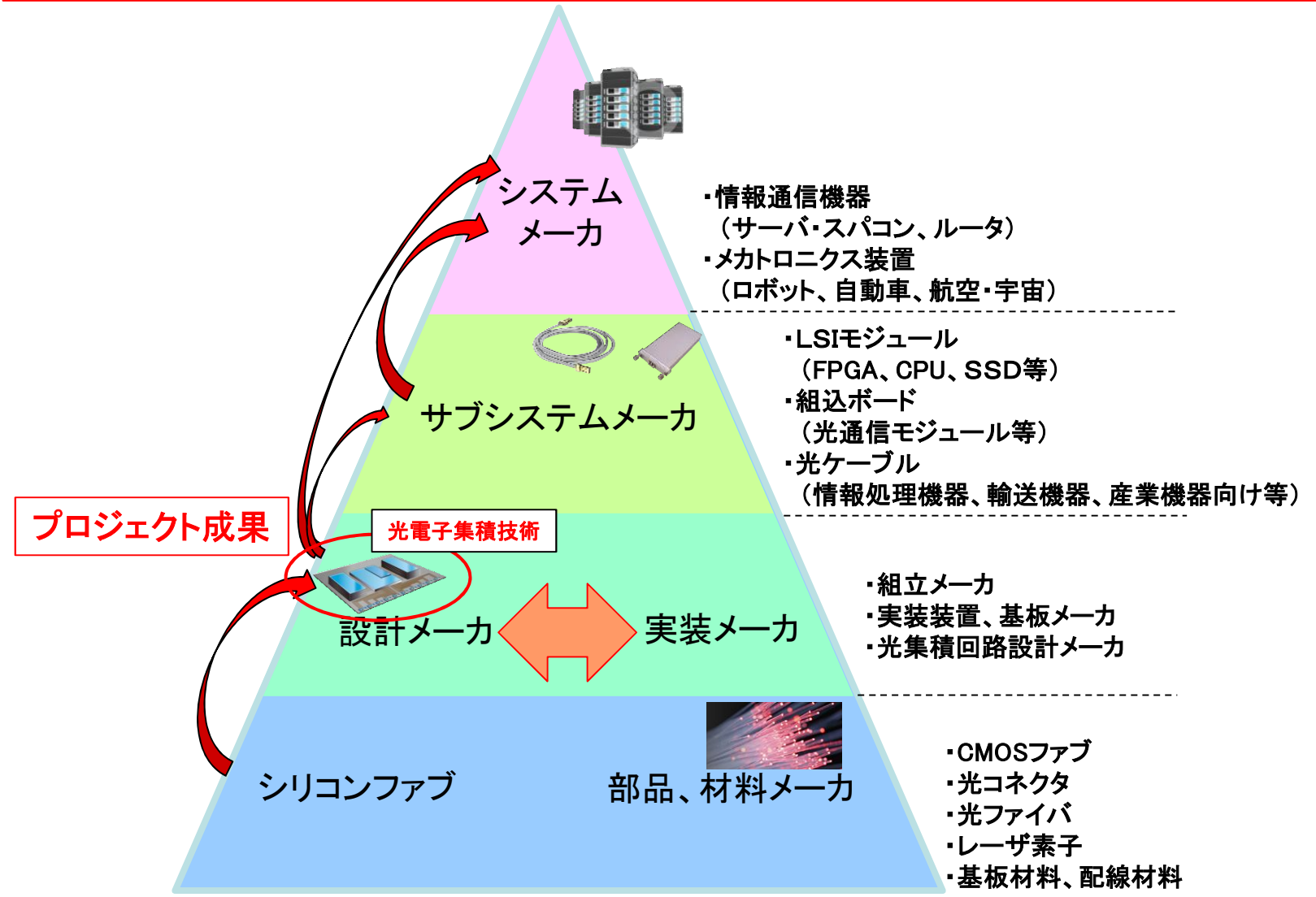
我が国の光電子集積技術(ベンチマーク)

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



国内産業への波及

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



Ⅱ. 研究開発マネジメント

①光エレクトロニクス実装基盤技術の開発

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

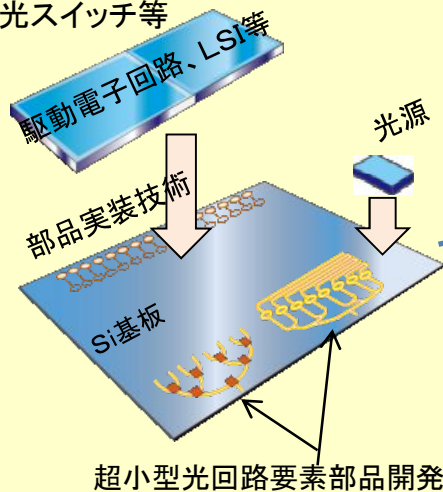
②光エレクトロニクス実装システム化技術の開発

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

①光エレクトロニクス実装基盤技術

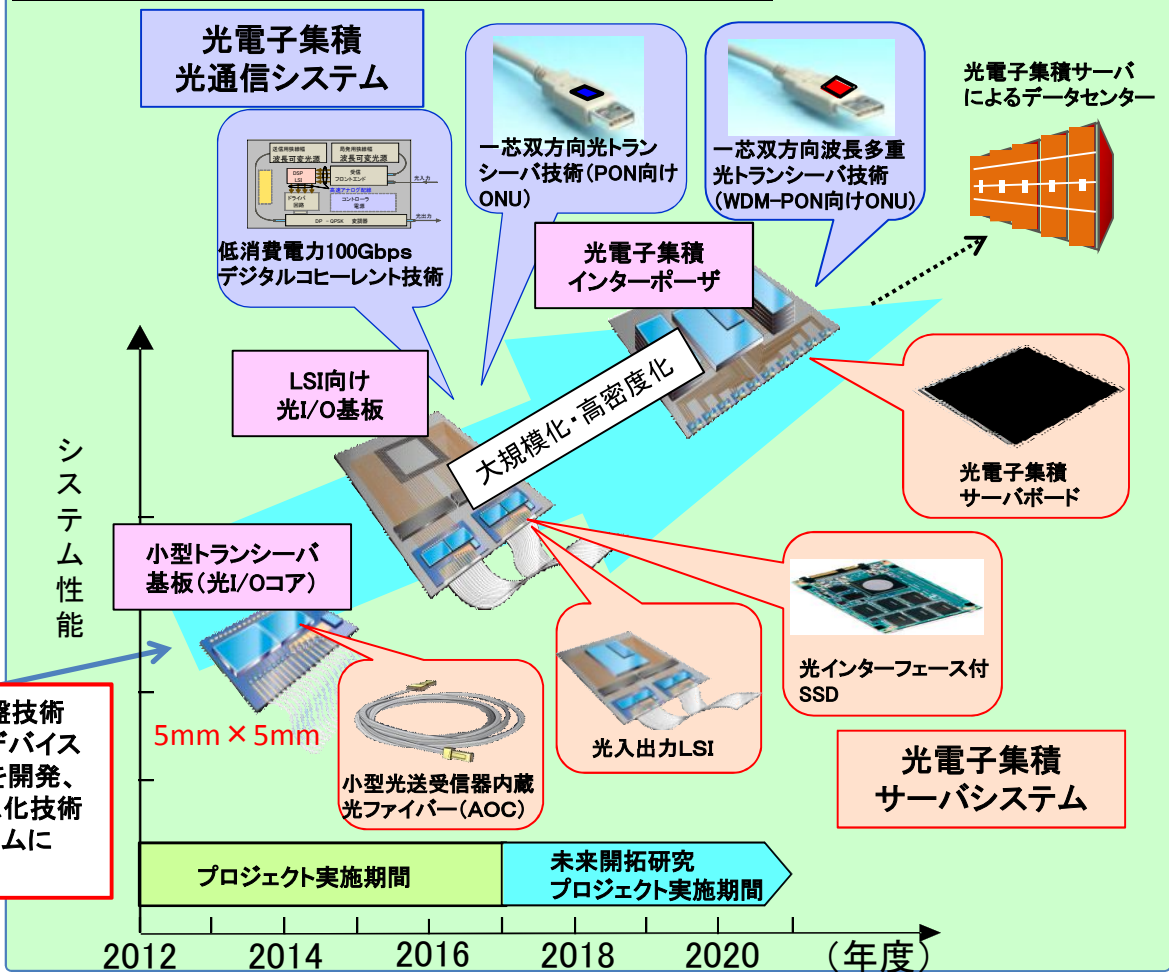
回路基板を光化するための要素技術

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



実装基盤技術で要素デバイス技術等を開発、システム化技術でシステムに統合

②光エレクトロニクス実装システム化技術の開発

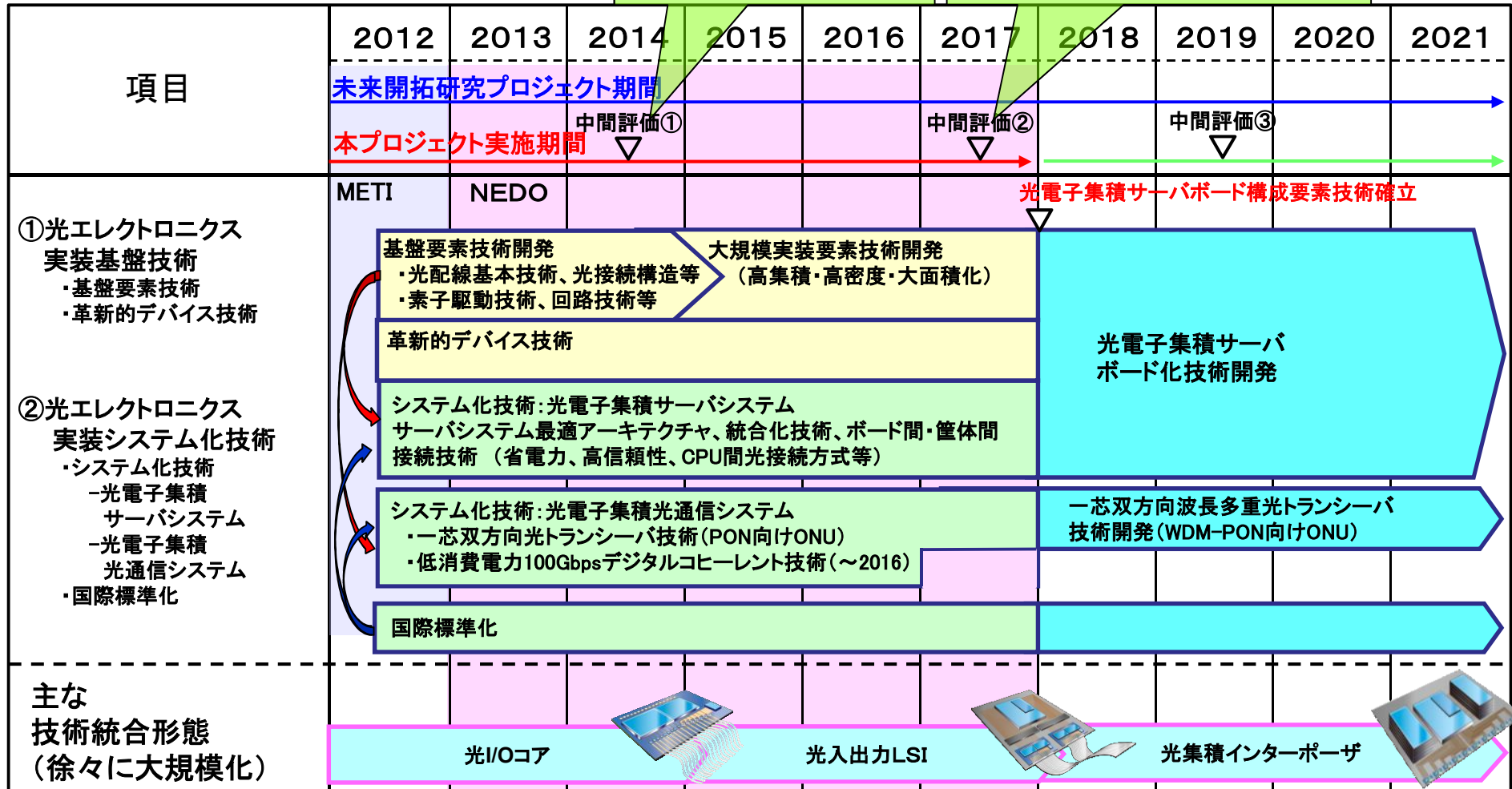


プロジェクトの研究開発計画

公開

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

・進捗、目標達成見込み評価
 ・研究開発計画の確認
 ・達成度確認
 ・後年開発に向けた実施体制等の構築



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

実装基盤技術

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

これまでに開発した技術を
ベースに集積規模を拡大

システム化技術

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

実装基盤技術と協調しつつ、
システム化技術の開発を本格化

研究開発目標の根拠

公開

① 光エレクトロニクス実装基盤技術の開発

個別テーマ	研究開発目標(2017年度)	根拠
基盤要素技術	<p>下記性能を発揮する光電子集積サーバボードの実現に目処を立てる要素技術(超小型光部品、集積化技術等)を確立</p> <ul style="list-style-type: none"> ○光電子集積サーバボード目標性能 電気配線によるサーバボード比で <ul style="list-style-type: none"> ・伝送速度あたりの消費電力が1/10 ・1/100以下の小型化 	<ul style="list-style-type: none"> ・全世界の創出情報量の推計から2020年代のサーバボードではデータ伝送電力、配線ピッチとして1mW/ Gbps以下、0.1mm以下(それぞれ現状の1/10、1/100)の実現が必要と推定。 ・本プロジェクト終了後の4年で、複数のLSIが搭載された、上記光電子集積サーバボードを実現するには、本プロジェクト期間中に、その実現のための要素技術の確立が必要である。
革新的デバイス技術	<p>光電子集積サーバボードの非連続的な小型化・低消費電力化・高性能化を可能とする先進性の高い光制御技術、デバイス技術を研究開発し、光電子集積サーバボードへの適用見通しと適用時の課題を明確化する。</p>	<p>開発成果が持続的に競争力を保つには、従来技術からの非連続的な省エネ化、高性能化を可能とする技術の開発を推進すべきである。</p>

② 光エレクトロニクス実装システム化技術

個別テーマ	研究開発目標(2017年度)	根拠
システム化技術 <ul style="list-style-type: none"> ・光電子集積サーバシステム ・光電子集積光通信システム 	<ul style="list-style-type: none"> ・複数のLSIが搭載された光電子集積インターポーザを光電子ハイブリッド回路基板上に搭載した光電子集積サーバボードを実現するための課題抽出と解決の目処を得るための基盤システム化技術を確立する。 ・波長多重一芯双方向トランシーバ(WDM-PON (Passive Optical Network))技術、データセンタ間通信向け低消費電力型デジタルコヒーレントトランシーバ技術を確立する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・上記基盤技術を用いた光電子集積サーバボードの運用可能性を検証するには、複数のLSIが搭載されたボードの統合化技術を開発する必要があり、その実現が見通せる基盤技術を確立することは必須である。 ・社会のクラウド化の進展に伴うデータセンタ、公衆アクセス網での情報トラフィック増加に対応する技術が必要である。その有望な技術であるデジタルコヒーレント通信技術、PON網技術における低消費電力技術の開発は、当該技術における国際的競争力を獲得するために必要である。
国際標準化	<p>光インターコネクトに関する標準化団体(OIF(Optical Internetworking Forum)、IEEE802. 3(Next gen 100G Optical Ethernet Study Group))に参画し、「キーメンバーコミュニティ」におけるプレゼンスを確立するとともに、100Gbpsデジタルコヒーレント光トランシーバ等の研究開発成果の普及促進に必要な標準化提案を行う。</p>	<p>シリコンフォトリソグラフィを利用した光電子集積技術の開発競争が激化する中、開発した技術の普及を促進し、目的とする社会の省電力化や国内産業の活性化を図るには、標準化を推進することが有効である。</p>

研究開発目標

公開

① 光エレクトロニクス実装基盤技術

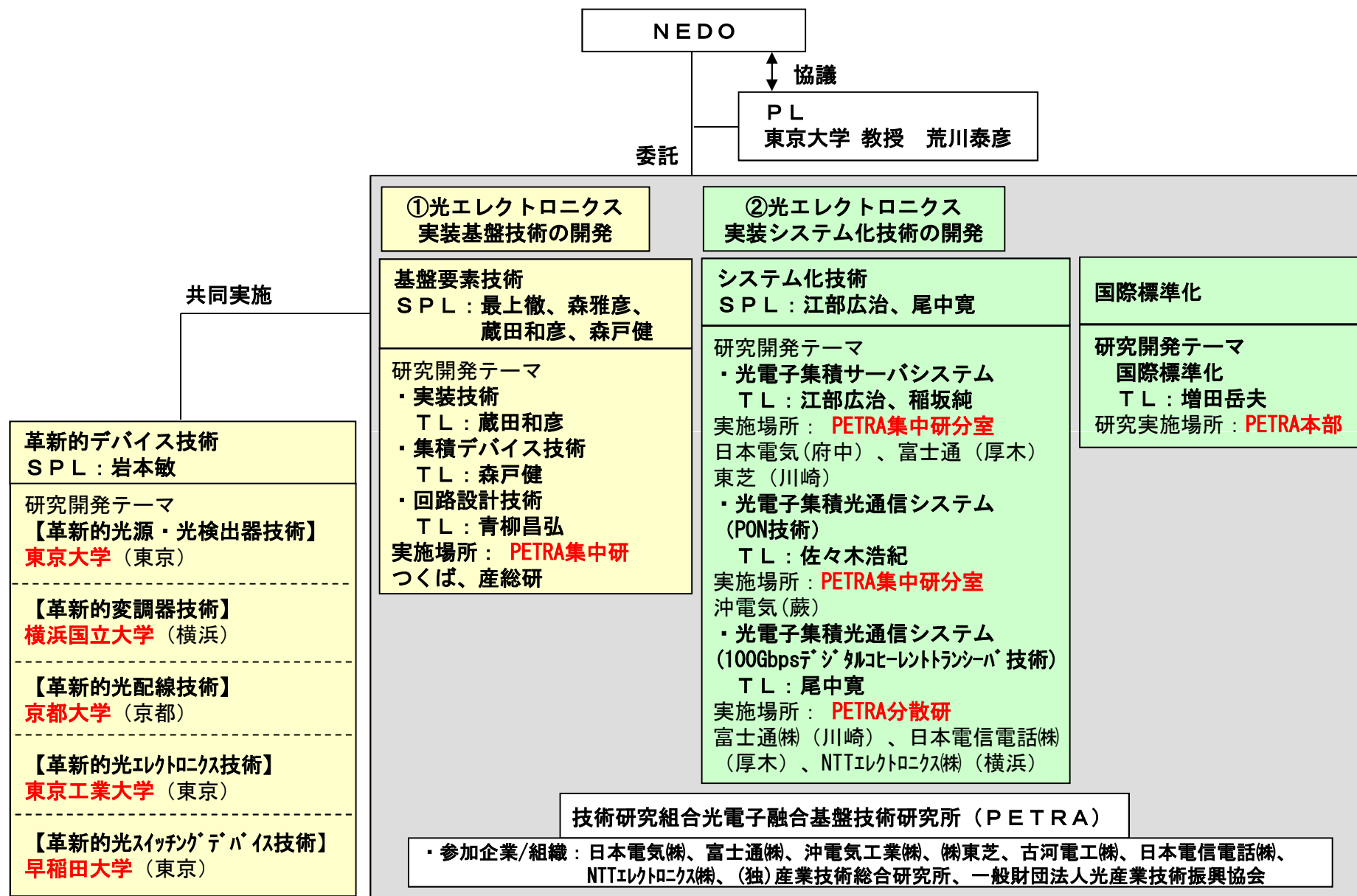
テーマ	中間目標(2014年度)	最終目標(2017年度)
基盤要素技術	<ul style="list-style-type: none"> ・光信号の並列化技術、多重化技術を開発し、大容量信号伝送を実現するための要素光デバイス技術を確立 ・5mm×5mmの高速・低消費電力光トランシーバと数十mm角のポリマー光配線光電子ハイブリッド回路基板を開発し、光入出力を持つLSIを実現するための基盤技術を確立する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・複数のLSIを搭載可能な光電子集積インターポーザを実現するための光電子集積基盤技術を実現する ・50mm×50mm程度の光電子ハイブリッド基板上にLSIを搭載するモジュール化技術を確立
革新的デバイス技術	<p>光源、光検出、変調器、光配線、光増幅器アレイ、光スイッチの各革新的デバイスにおいて、最終目標に向けた基本動作等を実証する</p>	<p>各デバイスの最終目標を達成するとともに、光電子集積サーバ技術への展開の見通しを示し、事業化に対する課題を明確化する。</p>

② 光エレクトロニクス実装システム化技術

テーマ	中間目標(2014年度)	最終目標(2017年度)
システム化技術 <ul style="list-style-type: none"> ・光電子集積サーバシステム ・光電子集積光通信システム 	<ul style="list-style-type: none"> ・サーバシステムのために必要な光インターコネクション、回路冷却等に関する基本要件を明らかにするとともに、ハイブリッド型の光インターフェース付きSSDにおいて光接続動作を検証する。 ・シリコンフォトニクスによる1.25GbpsのPON向け光トランシーバ技術を実証する。また、100Gbpsデジタルコヒーレントトランシーバの一次試作を完了する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・LSIと光トランシーバの接続構造等を決定し、光電子集積サーバボードに必要な仕様を満たす光伝送を実証する。また、光インターフェース付SSD技術を確立する。 ・シリコンフォトニクスによる波長多重PON向け光トランシーバ技術を実証する。また、100Gbpsデジタルコヒーレントトランシーバにおいて、消費電力を30W程度まで低減できる技術を実現する(2016年度まで)。
国際標準化	<ul style="list-style-type: none"> ・光インターコネクトに関する標準化団体(OIF(Optical Internetworking Forum)、IEEE802. 3(Next gen 100G Optical Ethernet Study Group))に参画し、「キーメンバーコミュニティ」におけるプレゼンスを確立する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・本プロジェクトの成果における各種インターフェース等の標準化提案活動を行い、実用化する開発成果の事業化に必要な標準の提案を行う。

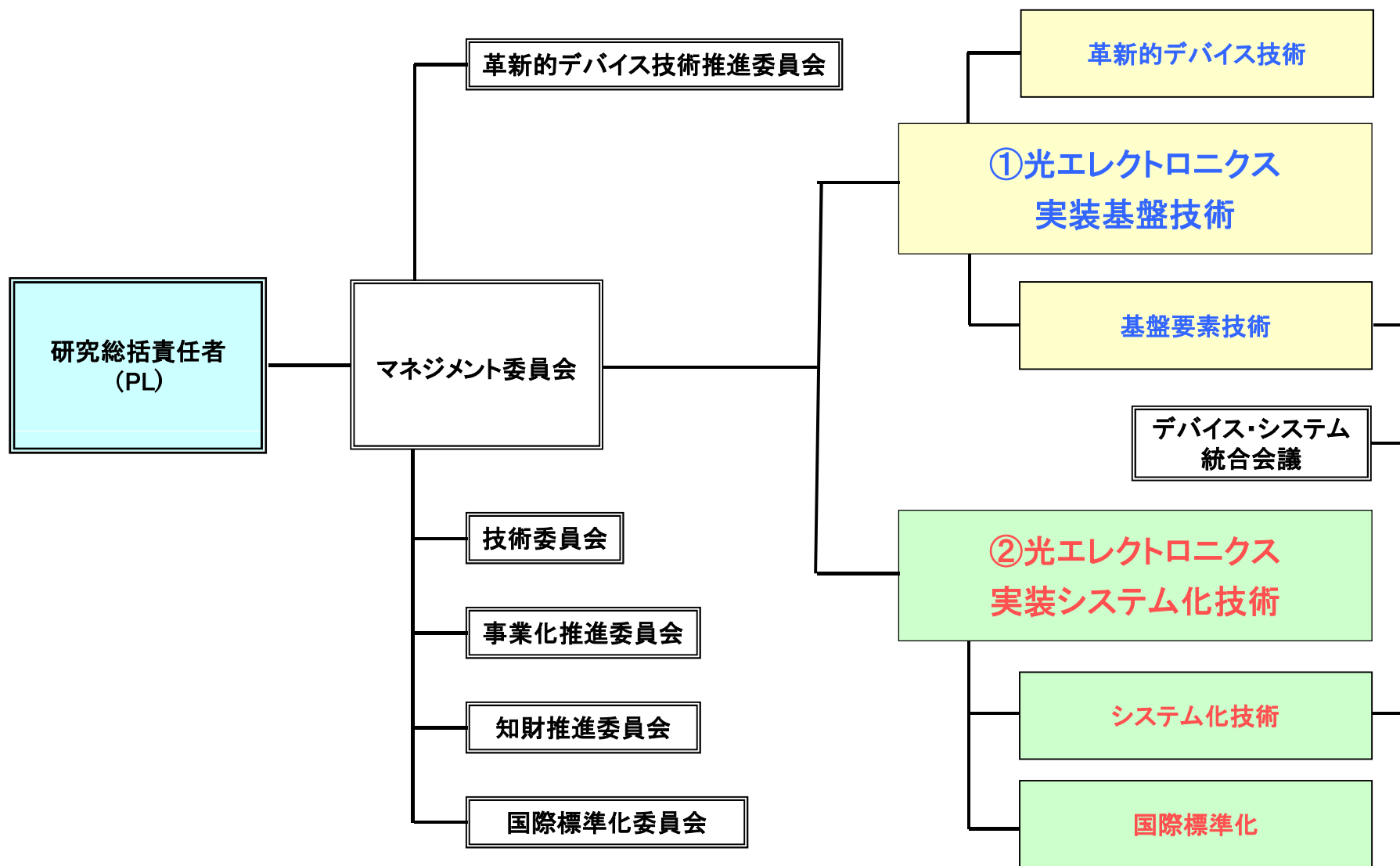
研究開発実施体制

公開



研究開発の運営体制

公開



■ 知財マネジメント

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

■ 会議・ヒアリング

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

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

■ 今後の課題

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

◆ 情勢変化への対応

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

研究開発予算

公開

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

研究開発費の推移

経済産業省
直執行

(単位: 百万円)

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

◆ 加速財源投入実績 (2013年度)

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