

「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」 (事後評価)

(事後評価対象期間：2018年度～2021年度 4年間)
プロジェクトの概要 (公開)

NEDO IoT推進部
2022年5月17日

超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発 事後評価分科会資料

I. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

◆事業実施の背景

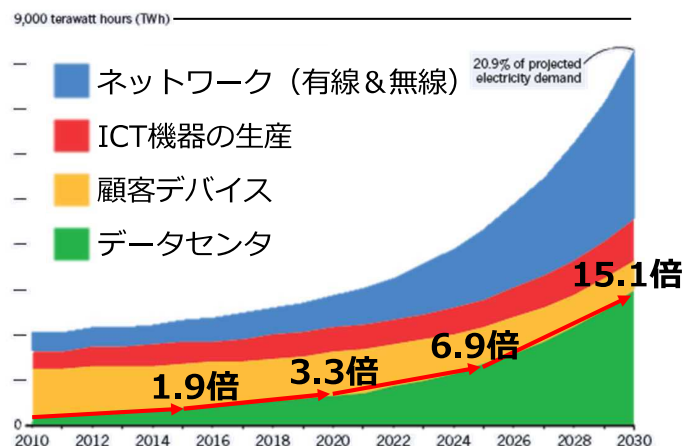
- クラウドコンピューティングやIoT (もののインターネット) の利用拡大、AI (人工知能) の活用が急速に進んでおり、データセンタなどにおける情報処理量や情報通信トラフィックが増大している。
- データセンタ内が電力消費量も急増しており、2030年には2010年に比べて消費電力量の1.5倍程度に達する見込みもなされている。

情報通信トラフィック@データセンタの現状と予測



(出典) Cisco VNI Forecast update, 2017~2022年

ICT機器における消費電力量の内訳と見込み



(出典) N. Jone, Nature 561, 164 (2018).
経済産業省 2021年度「次世代デジタルインフラの構築」
プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画 (案) の概要

ICT機器の高速化・省エネ化は喫緊の課題

◆事業実施の背景と事業の目的

新たなIT技術の開発・実用化により、データセンタ等で電力消費量が急増



光電子集積技術を軸に、データセンタなどにおけるサーバシステム、
光通信システム向け I T 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」

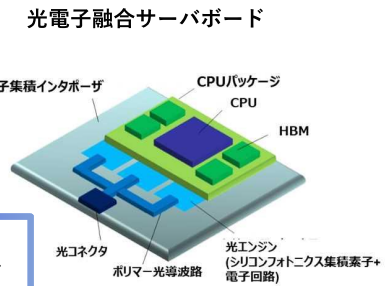


＜プロジェクトの目標＞



開発目標

帯域幅：
10Tbps / ノード
消費電力：1/10
実装面積：1/100



(出典) 経済産業省 平成24年度
我が国情報経済社会における基盤整備
—IT機器のエネルギー消費量に係る
調査事業 報告書—

光配線による情報伝送により、サーバー消費電力量を3割削減する技術を構築する。

超低消費電力光エレクトロニクス実装システム技術開発 事後評価評価分科会資料

◆政策上の位置付け

科学技術政策	第6期科学技術基本計画 (2021)	第5期科学技術基本計画で掲げた「 サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させたシステム 」より、経済発展と社会的課題の解決を両立する社会である Society5.0を現実のものとする 。
	科学技術・イノベーション総合戦略、 統合イノベーション戦略 (2020)	情報通信機器における消費エネルギーを抑制するため、 電気配線及び電気スイッチをエネルギー消費の少ない光配線及び光スイッチで置き換える ための光エレクトロニクス技術の開発を我が国でも推進している。
産業技術政策	世界最先端デジタル国家創造宣言 官民データ活用推進基本計画 (2021)	情報通信の有効活用によるデジタル社会の進展には、高速処理が可能なデジタル技術環境が必要である。 高度な技術、AI/ビッグデータ等の高度な情報処理を実現するコンピューティング技術等 が想定される。
研究開発プログラム 経済産業省	エネルギー基本計画 (2021)	電力消費の大幅な削減が期待される 光電融合技術などの革新的省エネルギー技術の開発 が進んでおり、こうした 新たな技術の活用を拡大 することで、 データセンターやサーバ、各種ITインフラ、通信機器、半導体等の消費エネルギーの抑制、高性能化 と進めていくことが必要である。
	未来開拓研究プロジェクト (2012)	<ul style="list-style-type: none"> 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中長期的観点の研究開発を推進する。 環境・エネルギー問題・少子高齢化問題の解決、エネルギー需給安定化及び日本の産業の成長に貢献する。 「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」PJを2012年に開始。

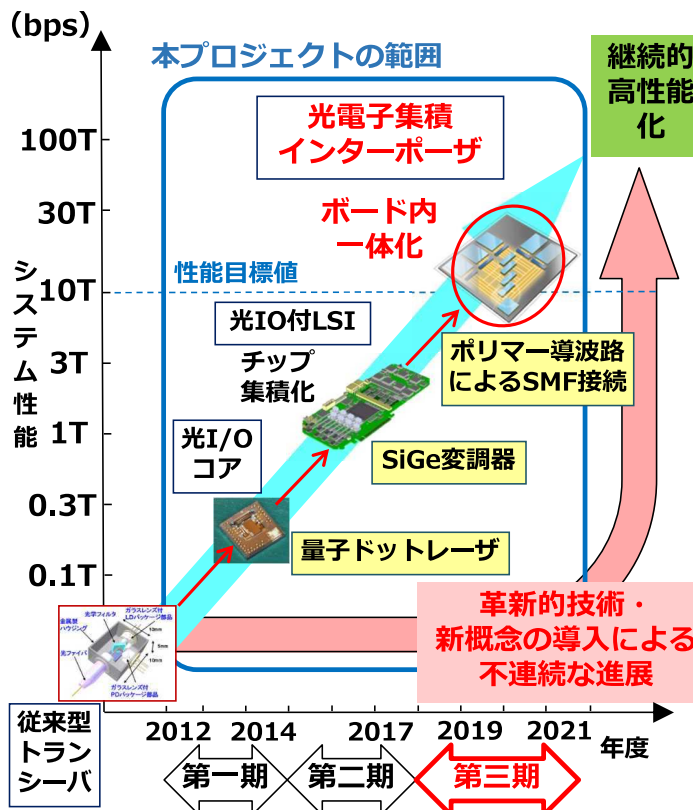
- 本プロジェクトは、科学技術・産業技術政策を実現する事業と位置付けられる。
- 我が国の強みの1つは光電融合技術によるコンピューティングアーキテクチャ。
- 2012年経済産業省立上げのプロジェクトを2013年よりNEDOで継続実施中。

Ⅱ. 研究開発マネジメント（１）研究開発目標の妥当性

公開

2021年度末性能目標
(電気配線比)

・光電子集積デバイス： 大容量： 10Tbps/ノード、低消費電力 1mW/ Gbps (1/10)
・光電子集積サーバボード要素技術： 低消費電力(3割減)、多種LSI集積、DCで運用可能



光電子サーバクラスタ

超高速・大容量分散処理システム応用

- ・サーバシステム
- ・ストレージシステム
- ・センサシステム

第三期：光電子集積インターポーザで情報通信機器を中心に広くシステム化

- ・サーバの消費電力量30%減

LSI光出力 光出力FPGA 光出力CPU 光出力SSD

第二期：光I/Oコアを集積化し大容量LSIを光接続

- ・H30年度以降に事業化し、親会社製品他に適用予定

第一期：基盤デバイスである光I/Oコアを開発

- ・H29年度組合の新設分割により新会社で光I/Oコアの事業化開始

- ・筐体間
- ・ボード間
- ・画像機器
- ・医療機器
- ...

三期に分けた開発成果の具現化に加え、将来の不連続な進展のための研究開発を進める。

超低消費電力光エレクトロニクス実装システム技術開発 事後評価分科会資料

8/26

Ⅱ. 研究開発マネジメント（１）研究開発目標の妥当性

公開

2021年度末性能目標
(電気配線比)

・光電子集積デバイス： 大容量： 10Tbps/ノード、低消費電力 1mW/ Gbps (1/10)
・光電子集積サーバボード要素技術： 低消費電力(3割減)、多種LSI集積、DCで運用可能

課題	テーマ	研究開発目標	設定根拠
① 実装基盤技術	革新的デバイス技術	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 光電子集積インターポーザの継続的高性能化を可能にする、革新的基盤技術：光源、光検出器、光変調器、光導波路のデバイス技術や機能可変な光回路システム技術、を開発する。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ コスト競争を回避し、長期的な技術的優位性を確保し続けるためには、光電子集積サーバの継続的な性能向上に加えて、革新的技術や新概念の導入などによる不連続的な進展が必要である。
② 実装システム化技術	システム化技術光電子集積インターポーザ ・ デバイス・実装技術 ・ システム化技術	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 光配線の消費電力を 1 mW/Gbps以下にするための要素技術を開発。光集積インターポーザの異種導波路接続技術と高集積コネクタを開発し、損失の少ないシングルモードファイバとの光リンクを実現する。 ◆ 光電子融合サーバボードの基本構造を試作。10Tbps伝送へ向けた技術確立する。 ◆ 波長多重による光接続技術を開発。光電子集積インターポーザ技術と合わせ、サーバ電力量を30%削減可能であることを示す。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 光電子集積インターポーザは、第二期までの研究開発成果を集約し、上記目標を達成するための重要な素子であり、デバイス技術・実装技術・システム化技術を開発する必要がある。 ◆ データセンタの消費電力削減をめざした海外プロジェクト立上げが進行。競合各社が相次ぎ光接続サーバ、データセンタの高度化を提案。 ◆ クラウド・コンピューティングの進展による情報データ量や情報通信トラフィックの増加に対応した技術が必要。
	国際標準化	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 光電子集積インターポーザの物理仕様（サイズ、入出力構成）、電気・光インターフェースに関する各種標準化団体に参画し、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。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ シリコンフォトンクス分野の技術開発競争が激化する中、開発技術を普及し省電力化や国内産業の活性化を図るためには、国際標準化を推進することが有効。

超低消費電力光エレクトロニクス実装システム技術開発 事後評価分科会資料

10/26

◆研究開発のスケジュール

第三期
事後評価対象期間

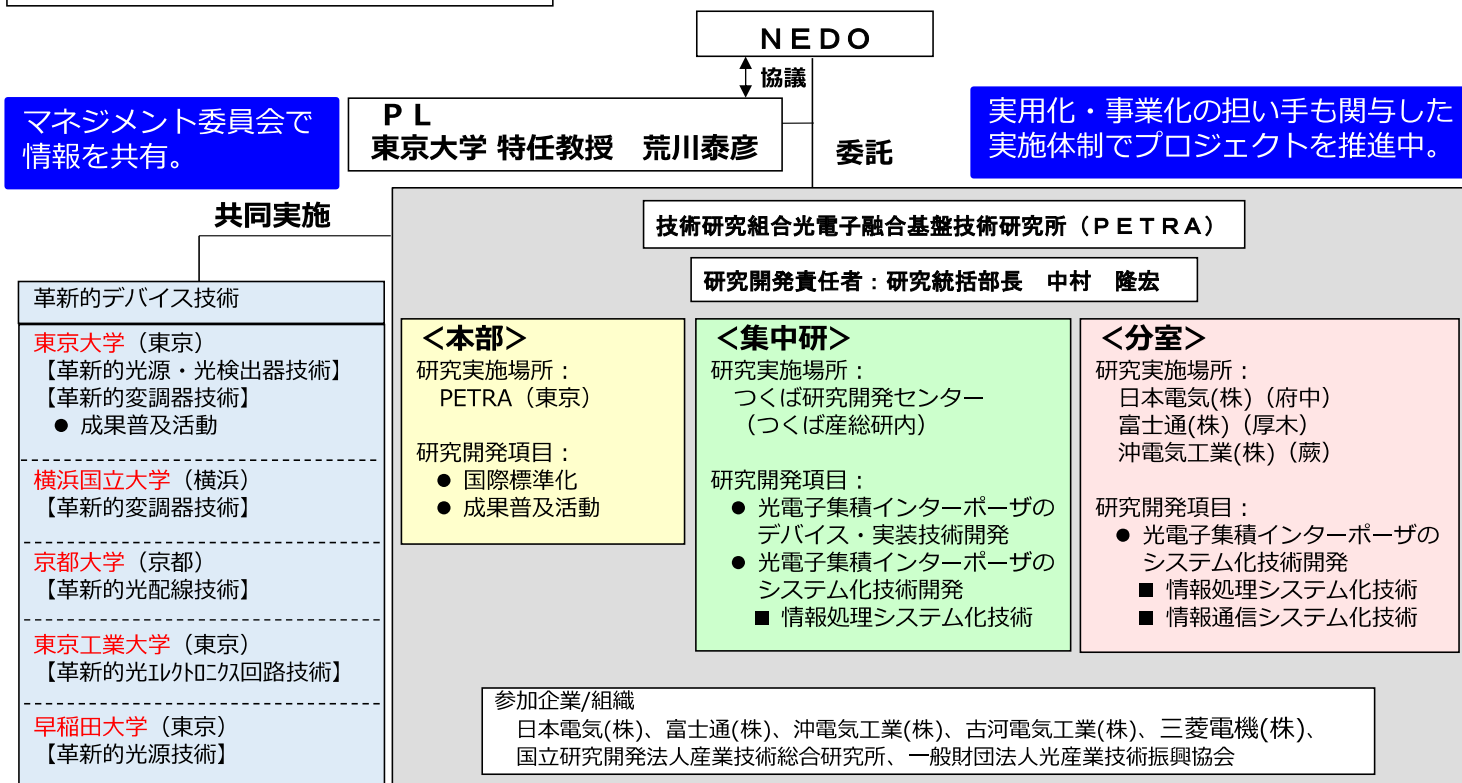
年次	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
項目	未来開拓研究プロジェクト期間										
	NEDOプロジェクト実施期間		中間評価①	技術推進委員会①	第三期準備委員会	中間評価②	技術推進委員会②	中間評価③	技術推進委員会③	成果報告会	
	METI直執行/NEDO第一期			NEDO第二期			NEDO第三期				
① 光エレクトロニクス実装基盤技術 2. 革新的デバイス技術 1. 基盤要素技術	革新的デバイス技術 基盤要素技術開発 ・光配線基本技術、光接続構造等 ・素子駆動技術、回路技術等						★2017年 光I/Oコア事業化	★2019-2020年 光インターポーザシステム実装		★2021年 光インターポーザシステム実用化	
② 光エレクトロニクス実装システム化技術 1. システム化技術 2. 国際標準化	システム化技術:光電子集積サーバシステムサーバシステム最適アーキテクチャ、統合化技術、ボード間・筐体間接続技術（省電力、高信頼性、CPU間光接続方式等） システム化技術:光電子集積光通信システム ・一芯双方向光トランシーバ技術 ・低消費電力100Gbpsデジタルコネクタ						光電子集積インターポーザ技術開発 ・インターポーザデバイス・実装技術開発 ・インターポーザシステム化技術開発				
技術統合形態	光I/Oコア						光集積インターポーザ				

超低消費電力光エレクトロニクス実装システム技術開発 事後評価分科会資料

12/26

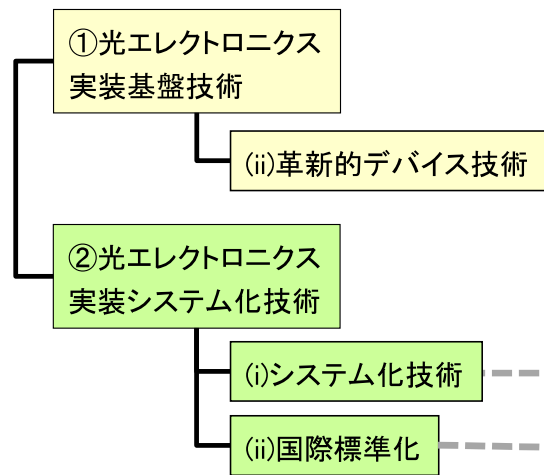
Ⅱ. 研究開発のマネジメント（3）研究開発の実施体制の妥当性

◆研究開発の実施体制

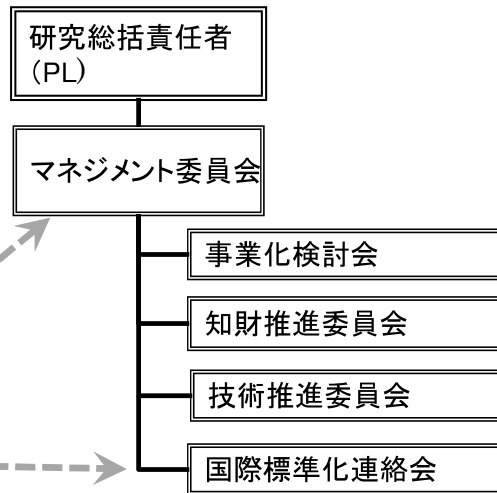


◆研究開発の運営体制

<テーマ構成>



<委員会構成>



<開催実績>

開催回数 (第三期)
7(4)
12(9)
2(1)
2(1)
4(2)

※ 開催実績の () 内は前回の中間評価時点の実績

- ◆ PL、及びマネジメント委員会で全体を統括する運営体制
- ◆ プロジェクト全体の課題解決・個別テーマ推進のための委員会を運用

Ⅱ. 研究開発マネジメント（4）研究開発の進捗管理の妥当性

◆中間評価結果への対応

2019年中間評価の指摘事項に対し、対策を進めた。

2019年中間評価 指摘事項	第三期 対応と進捗
1 省エネルギー効果については、プロジェクト当初の目標だけにとらわれず、IT機器のエネルギー消費量等の推移を再調査し、本プロジェクトがもたらすインパクトを、様々な観点から、より定量的に説明することが重要。	データセンター等のサーバを中心としたエネルギー消費量を情報通信トラフィック量の増加を考慮して、今後の（～2030年）のIT機器のエネルギー消費量等の推移を再調査し、省エネ効果を定量的に説明。
2 光集積インターポーザを、当初考えたように、幅広い領域で事業化するためには、現在の研究組合参加企業だけでは、広がりスピードで不足なものがある。将来の適用市場を見据え、ユーザー企業を巻き込むことにより、大きな可能性を追求していただきたい。	ニュースリリース発行、シンポジウム（ISPEC）、展示会（CEATEC、PR動画作成※、interOpto、OFC）等への効果的な成果の発信を行い、成果を広くPRするとともに、ユーザー企業とのマッチングを通じて、現在の組合企業だけでなくユーザー企業を巻き込む活動を推進。 ※PR動画 ・光配線により、計算速度が一桁以上高速に！ https://www.youtube.com/watch?v=5k_o4YoW9i4 ・光電子集積技術が高速・大容量、省エネルギー効果を最大化！ https://www.youtube.com/watch?v=txMGMDxSUfi
3 第三期成果の事業化については、組合参加企業の3社のみとなりかねないことや、事業化判断までにかかり時間を要し、別の技術の出現により、ここで開発されている術が陳腐化することが懸念される。	・第三期成果の事業化は、組合参加企業（NEC、富士通、沖電気工業）の3社を軸に、これから伸びていくAI向けのサーバ市場や、5Gのスマートアンテナ用光トランシーバ市場の事業化を推進。 ・事業化判断については、予算配分見直し等で加速財源を確保し、サーバシステム応用等の試作を前倒しで行い、組合参加企業3社の事業化の判断を早めるようマネジメントを実施。 (技術動向調査を実施し、第三期で開発している技術は、増加するデータ処理量に対応できる帯域幅のデータ転送速度等のユーザーニーズより、2023年から活用開始が予測されており陳腐化はないと判断。)
4 10年に及ぶ研究開発の集大成であるシステム応用に関して、学术界のみならず、広く国民や産業界に向け、積極的に広報宣伝していただきたい。	ニュースリリース発行、シンポジウム、展示会等への効果的な成果の発信を行い、大々的にPRすることにより、学术界のみならず広く国民や産業界に向けて積極的に広告宣伝実施。

II. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性 公開

◆中間評価結果への対応

2019年中間評価 (総合評価: 改善すべき点)

- 2012年に策定した事業目標を達成することは大切であるが、情報機器の電力消費量増加がさらに加速し、その省エネルギー化に対するニーズが、予想以上に高まっている。
- 今一度、事業の背景にあるエネルギー問題と社会ニーズについて調査し、本プロジェクトがもたらす価値の大きさをあらためて明確にし、2年半後の最終成果を最大化していただきたい。

サーバの消費電力予測(国内)

IT関連消費電力予測	2016年	2030年
IPトラフィック(ZB/年)	4.7	170
消費電力(国内: TWh/年)	7.1	267

(出典)情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響(Vol.1)-IT機器の消費電力の現状と将来予測-JST低炭素社会戦略センター(LCS)、2019年3月、を元にNEDOにて表を作成。

トラフィックに比例するサーバ消費電力	267 TWh/年
単位変換	2671 億kWh/年
サーバ消費電力3割削減	801 億kWh/年
本技術普及率5割	401 億kWh/年
CO ₂ 換算(2030年排出係数0.37kgCO ₂ /kWh)	1483 万トン/年

Ⅲ期の成果であるサーバの消費電力削減(3割削減)の寄与のみでCO₂削減量の目標数値を達成見込み。

≒ 1500万トン/年

(当該プロジェクトのCO₂削減量目標値)

超低消費電力光エレクトロニクス実装システム技術開発 事後評価分科会資料

17/26

II. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性 公開

◆中間評価結果への対応

2019年度中間評価の指摘事項に対して、対策を進めた。

◎ニュースリリース発行/シンポジウム・学会・展示会 (ISPCE、CEATEC、interOpto、OFC)参加を積極的に推進

News Release 2019.7.8

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
技術研究組合光電子融合基盤技術研究所
沖電気工業株式会社

40Gbpsの光信号に対応した超小型の4波長多重光受信チップを開発
—5Gネットワーク用基地局装置の小型化に貢献—

NEDOと技術研究組合光電子融合基盤技術研究所(PETRA)、沖電気工業株式会社(OIK)は、光通信ネットワークに用いられる光ランプ向けに世界最小のTDM-FDM用光受信チップを開発し、実装動作を完了した。このチップは、波長が異なる4つの光信号を変換する方式(4波長多重)で合計40Gbpsの光信号を複数波長状態にらず受信できるため、シリコンフォトニクス技術の採用により、超小型化を実現した。

このチップを用いることで、第5世代移動通信(5G)ネットワークで利用されるスモールセル基地局装置に内蔵できる超小型光ランプの開発が可能となり、モバイル環境で高精細動画コンテンツを配信するなどの5Gサービスを、より広い地域で利用できるようになることが期待される。

この成果は、福岡市で7月7日から開催されている光通信関連の国際学会「OEOC (Optoelectronics and Communications Conference)2019」で、PETRAとOIKが発表します。

図1 開発した超小型の4波長多重光受信チップ

News Release 2019.9.20

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
技術研究組合光電子融合基盤技術研究所

シリコンフォトニクス技術を活用した小型の16波長多重光回路チップを開発
—データセンターや高性能コンピューティング内の大容量光接続を目指す—

NEDOは「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」事業を行っており、今般、技術研究組合光電子融合基盤技術研究所(OEIK)と共同で、データセンター(LC)や高性能コンピューティング(HPC)内の大容量光接続に向けた小型の16波長多重光回路チップを開発しました。

本成果は、高い伝送密度を低コストで実現できるシリコンフォトニクス集積回路に波長多重技術を導入するための回路構成を開発し、それに高い加工精度の微細加工プロセスを適用することで実現したものです。今回、16波長の多様な光信号を混合できる、低損失かつ任意の偏波に対応した実用性の高い小型の光回路チップを開発したことは、世界初となります。

このチップを用いることで、大規模集積回路(LSI)に内蔵可能な光電子集積回路の採用が可能となり、DCやHPC内のサーバー間の大容量光接続への利用が期待されます。

なお、PETRAは、アメリカのダラスで9月20日から開催される世界最大規模の光通信国際会議「OFC (The 45th European Conference on Optical Communication) 2019」で、今回の成果について発表します。本発表は、デバイス分野でHighly Scoredペーパーに選出されています。

図1 開発した小型の16波長多重光回路チップ

News Release 2020.10.16

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
技術研究組合光電子融合基盤技術研究所

データセンター用サーバの計算速度を一桁高速化
—世界初、光配線がサーバボードを直結したラック型システムを完成—

NEDOは技術研究組合光電子融合基盤技術研究所(PETRA)と共同で、サーバボードにデータ転送先を切り替えるスイッチング機能を実現し、全サーバボード間を光配線が直結したラック型サーバシステムを世界で初めて完成しました。電気スイッチでの接続が多量なため、従来のケーブル伝送方式と比べ計算速度を一桁高速にできると、これによりデータセンターの消費電力を低減できるため、多くの電力と計算時間が必要となるビッグデータAIの利用を促進する効果も期待できます。

なお、今回開発したラック型サーバシステムは10月20日から23日までオンラインで開催される「CEATEC 2020 ONLINE」で発表し、大量のデータを高速で処理するデモンストレーションを行います。また、12月8日から11日まで東京ビッグサイトで開かれる「interOpto 2021」にも出展予定です。

図1 ラック型サーバシステム

News Release 2021.7.2

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
技術研究組合光電子融合基盤技術研究所

世界初、光ICとLSIを一体集積可能とする3次元光配線技術を開発
—次世代標準112Gb/sの高速光伝送に対応し、大幅な省電力化—

NEDOが進める「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」で、技術研究組合光電子融合基盤技術研究所(PETRA)は遠距離長寿の光信号を低損失で伝送できる光IC-光ファイバー間の3次元光配線技術を開発し、試作システムで次世代標準である毎秒112 Gb/sの光信号を90%以上の高速伝送で伝送し、実用性を確認しました。

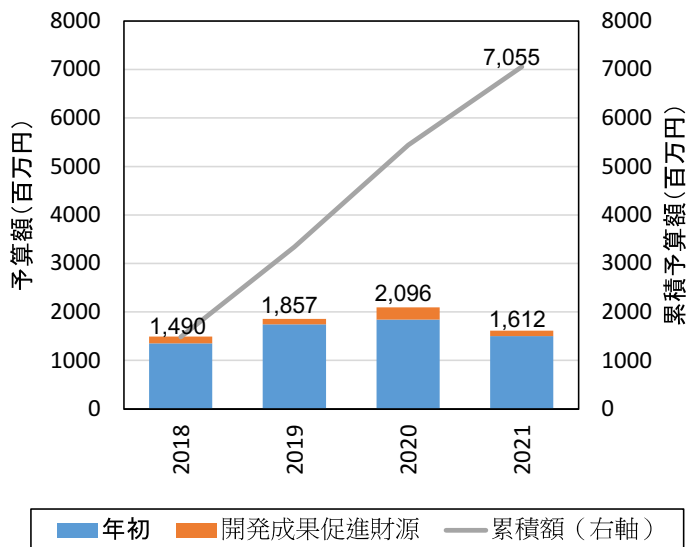
3次元光配線技術を活用することで、大規模集積回路から光ICまでの電気配線の距離を従来よりも約1/3に短縮し、先行技術と比較して30%~40%の大幅な消費電力削減が実現されています。

PETRAは、本年7月3日~7日に開催されるアジア最大規模の光通信関連の国際会議「OEOC (Optoelectronics and Communications Conference)2021」で、本成果を発表します。

図1 3次元光配線技術の概念図

ニュースリリース(例)

プロジェクト年予算額
(4年間予算総額 71億円)



＜情勢の変化＞

- シリコンフォトニクス技術の開発競争激化
- 海外プロジェクトの立上がり
- 競合各社による光接続サーバ、データセンタ高度化



4項目に促進財源を投入

- 市場に対応
- 実証の早期化と事業化推進
- 信頼性の確保
- 回路性能設計の確度向上

基本計画をベースに、プロジェクト期間中も進捗・情勢に合わせて予算を配分している。

超低消費電力光エレクトロニクス実装システム技術開発 事後評価分科会資料

19/26

◎海外プロジェクトの立ち上がり

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
日本 ・2010～国として取組 ・2012～実装に着目			METI未来開拓プロジェクト、NEDOプロジェクト 光エレクトロニクス実装PJ (1～2期: 158億円) / (3期: 65億円)										
		FIRSTプログラム PECST 50億円						NEDO戦略省エネ コグニティブ光IF/SiPh32G送受信機			NEDO次世代コンピューティング 光電ハイブリッドSW		
						NEDO環境先端 DC向け光SW							
米国 ・～2015 SiPh技術先導研究 ・2015～ モノづくりPJ始動		UNIC \$44.3M 大規模集積モジュール					AIM \$612M 光エレクトロニクス実装機構(ものづくり)				PIPES \$65M PKG内光化・並列処理		
			E-PHI \$13.9M 電気-光集積					ENLITENED \$50M+ DC用高効率 光集積技術					
欧州 ・2010～ 統合SiPhクラスタ ・2012～ 製造プラットフォーム ・2015～実装PJ始動	HELIOS €12M CMOS光電集積		Plat4M €15M 製造用フォトニクス			Horizon2020 €31.9M COSMICC €3.9M (CMOS集積ボード) L3MATRIX €3.8M (低コスト・低電力・大規模SiPh) *Teraboard €4.2M (Tb/s級大容量光インコネ) *ICT-STREAMS €4.1M (SiPh送受信&ルーティング) DIMENSION €3.4M (直接変調レーザーon Si) PASSION €8.4M (メトDNW光SWシステム) *PICTURE €4.1M (III-V/Si光集積回路)							
	欧州SiPh クラスタ €30M		PhoxTrot €12M 高性能低電力DC										
			EuroPIC €3.8M 光集積回路製造										
			FABULOUS €4M SiPh低コストunit										
◆ 日本: 実装主体のPJの先駆け ◆ 米国: 技術開発で先導 ◆ 欧州: 国家間連携を主導						日本 (PETRA)		米国 (AIM、PIPES)		欧州 (Horizon2020)			
目標値						容量 : 10Tbps 消費電力: 1mW/Gbps (～2022/3)		容量 : 100Tbps 消費電力: 1mW/Gbps (～2022/12)		容量 : 2Tbps 消費電力: 2mW/Gbps コスト : 0.2€ /Gbps			

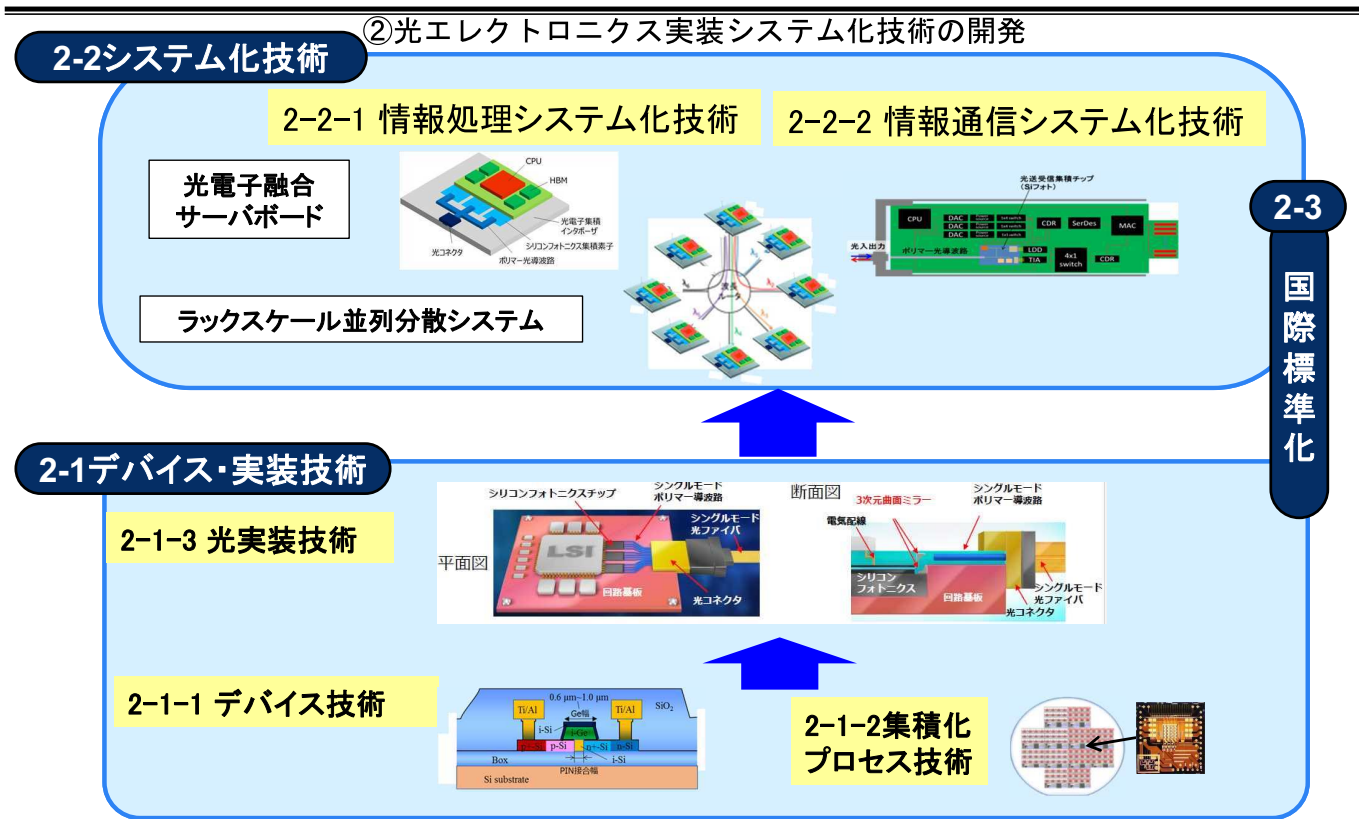
基本計画をベースに、プロジェクト期間中も進捗・情勢に合わせて予算を配分している。

◆知的財産権等に関する戦略

戦略	オープン			クローズ
考え方	<ul style="list-style-type: none"> 先進的技術の開発をアピール 先進技術の利用技術開発を促進 業界標準獲得により技術利用を促進 			<ul style="list-style-type: none"> 業界内優位性を確保、維持継続 競合他社が追従できないようキーとなる情報を秘匿
対象となる成果物・手段	<情報公開> <ul style="list-style-type: none"> 学会・論文発表、プレスリリース 外部へサンプル提供・評価 人材の育成 	<知財出願> <ul style="list-style-type: none"> 特許化：デバイス構造・アーキテクチャ等 	<規格化> <ul style="list-style-type: none"> 国際標準提案により採択を目指す デジュール標準 フォーラム標準 	<ul style="list-style-type: none"> 実装方法 装置 ノウハウ
プロジェクト実施事項	<ul style="list-style-type: none"> 学会・論文発表促進 サンプル提供して外部評価 大学等で人材育成活動を実施 	<ul style="list-style-type: none"> コア技術の特許化（シリフォト回路・実装構造等） 	<ul style="list-style-type: none"> フォーラム標準化活動を展開（OIF、COBO） 光電子集積インターポータの標準を提案 	<ul style="list-style-type: none"> 実装方法・ノウハウを装置内に封じ込め リバースエンジニアリングでも模倣困難なレベル
その他	<ul style="list-style-type: none"> PECST知財を他社より有利な条件で使用可能 			

有利な事業化を目指し、オープン/クローズ戦略を具体化して活動中

技術開発項目



(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

テーマ	最終目標	主な成果状況	達成度
革新的デバイス技術	各デバイスの最終目標を達成するとともに、光電子集積インターポーザへの技術展開の見通しと事業化に対する課題を明確化する。	<ul style="list-style-type: none"> ・シリコン基板上直接量子ドットレーザの高温(101℃)で発振に成功 ・III-V/SiハイブリッドMOSキャパシタを用いた光変調器でSi変調器の10倍の効率、1/10の光損失を実現 	○
光電子集積インターポーザのデバイス・実装技術開発	光配線の消費電力を1mW/Gbps以下とするための要素技術と、電気配線と比較し通信速度あたりの面積で1/100(20Tbps/cm ²)の帯域密度を実現するための要素技術、およびシリコンフォトニクス技術による波長多重シングルモード光回路を開発することにより、10Tbps/ノードの帯域幅を持つ光電子集積インターポーザ技術を実現する。	<ul style="list-style-type: none"> ・下記により10Tbps/ノードの光電子集積インターポーザ技術を実現した ・変調器、受光器の112Gbps動作実証。 ・16波長合分波を可能とする光素子を動作実証。 ・EA変調器を開発し、1mW/Gbpsに目途。 ・3次元曲面ミラーを開発し、20Tbps/mm²に相当する高密度光接続構造を実現。 	○
光電子集積インターポーザのシステム化技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・消費電力の少ない光電子集積インターポーザ技術と波長多重技術を用いた接続技術を組合せた光電子融合サーバボードを試作し、試作機とシミュレーションを用いてサーバ電力量を30%削減可能であることを示す。 ・光電子集積インターポーザを用いた一芯双方向波長多重トランシーバを搭載することにより、光加入者端末装置を10cm×2cm×2cm以下のサイズに小型化するための実装技術を開発する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・光電子融合サーバボードを試作システムに実装し、波長多重技術と組み合わせることで10Tbps/ノードの見通しを得た。 ・全サーバボード間を結合した光電子融合ラック型サーバシステムを開発し、サーバ電力量を98%削減可能であることを実証。 ・スモールセルアンテナ用光トランシーバを10x2x2cm以下に小型化。 	◎
国際標準化	光電子集積インターポーザの物理仕様(サイズ、入出力構成)、電気・光インターフェースに関し、提案した標準化案の採択推進活動を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・デジュール標準化機関(IEC)において、パッケージと光インターフェースの二件の標準化を達成。 	○
成果普及活動	光エレクトロニクス技術を、一般のユーザ、研究者、学生等へ幅広く普及させるために、成果普及、人材育成に向けたプログラムを実施する。プレスリリース、展示会への出展等の取組みを通じて情報発信、普及促進を推進する。	<ul style="list-style-type: none"> ・フォトニクス・イノベーションセミナーを10回開催。 ・プレスリリース 6件 	○

超低消費電力光エレクトロニクス実装システム技術開発 事後評価分科会資料

達成度:◎大幅達成、○達成、△達成遅れ、×未達

5

(3) 成果の普及と(4)知的財産権の取得

年度	特許国内登録	特許海外登録	論文・学会発表	ニュースリリース	主要展示会
合計	58	29	269	6	-
2018年度	27	16	69	2	OFC2019 InterOpto2018
2019年度	18	5	73	2	CEATEC2019 InterOpto2018
2020年度	12	4	72	1	CEATEC2020 InterOpto2018
2021年度	1	4	55	1	CEATEC2021 InterOpto2018

超低消費電力光エレクトロニクス実装システム技術開発 事後評価分科会資料

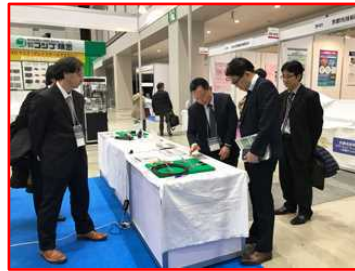
6

- ナノ量子情報エレクトロニクス特論開催 (4回)
- フォトニクス・イノベーションセミナーを開催 (10回)
 - ✓うち 3回 地方開催 (京都 2回、仙台 1回)
- International Symposium on Photonics and Electronics Convergence (ISPEC) を開催 (4回)
- 主要展示会に出展
 - ✓CEATEC (3回) ,OFC (1回) ,InterOpto (4回)
- ニュースリリース (6回)

ISPECでのKimerrling先生、荒川先生ら基調講演



第13回 フォトニクス・イノベーションセミナー@京都大学開催
光コム基礎から応用、シリコンフォトニクス最新動向について活発な議論



InterOpto2020@の東京ビッグサイトの展示風景



ニュースリリースの例

超低消費電力光エレクトロニクス実装システム技術開発 事後評価分科会資料

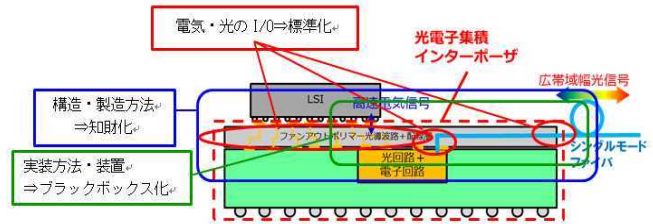
成果の実用化・事業化に向けた戦略

1. 知財戦略

- オープン
 - ✓ 知財化：インターポーザの外観、性能、製造方法等
 - ✓ 標準化：電気・光の入出力に関わるインターフェース部
- クローズ

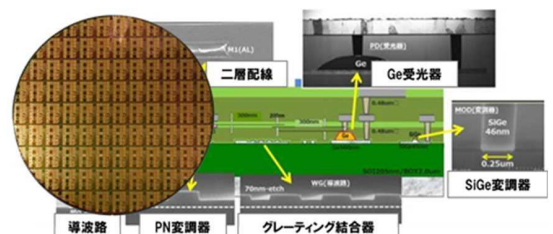
✓ 実装方法、装置仕様等をブラックボックス化に、事業化における強みにする

オープン・クローズ戦略



2. シリフォト設計・プロセス統合プラットフォームの構築

- シリフォト統合化集積プロセス & 設計・プロセス統合ライブラリ技術を構築
- 組合員企業/アイオーコア社に展開し、低コストでシリフォトチップ供給が可能となるプラットフォームとして活用する



超低消費電力光エレクトロニクス実装システム技術開発 事後評価分科会資料

成果の実用化・事業化に向けた取組と見通し

第一期、二期の成果の事業化

- ⇒PETRAの一部を分割し新会社化
- ⇒新会社が組合員企業と連携して事業化

第三期の成果

- ⇒技術開発成果を用いて組合員企業による事業化

光I/Oコア

- ・サイズ5×5mmの25Gbps/chの光トランシーバを実現



アイオーコア株式会社 (AIO Core Co., Ltd.)


- ・事業内容：光I/Oコア技術を承継し、生産・販売
- ・設立日：2017年4月17日

組合員企業

- ・事業内容：光I/Oコアを集積化し大容量LSIを光接続
- ・組合員企業にて製品化に着手

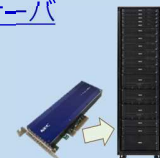
富士通：次世代サーバ

HPCシステム、データ分析を活用したDXサービス事業



NEC：AI基盤向けHPC/ラックサーバ

HPCやラックサーバ領域において光接続FPGAアクセラレータを組み込み、性能向上、コスト削減によりシェア向上を狙う



OKI：5Gモバイル向けTWDM-PON ONU

スモールセルアンテナに組み込み可能な超小型ONU



従来の卓上サイズONU (GE-PON用の例) 10cm
光電子集積インターポーザを用いた超小型ONU (外觀イメージ) 20cm

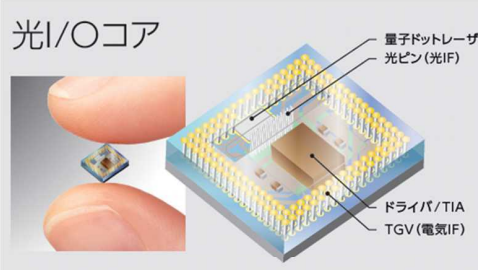
アイオーコア(株)：経産省認可の研究組合として初の分割会社

- ・商号：アイオーコア株式会社 (英文名：AIO Core Co., Ltd.)
- ・資本金：100百万円 (@2020年3月31日)
- ・設立時資産：PETRA所有知財の一部を継承取得
- ・設立日：2017年4月17日
- ・事業内容：光I/Oコアの生産・販売
- ・顧客：米国、欧州、中国の通信/コンピュータ大手と商談中
- ・光I/Oコアの特徴
 - ✓世界で最も、**高速、小型、低消費電力、低コスト、高温動作**の光トランシーバ
 - ✓世界トップレベルの性能に加えて製造原価を大幅に低減、競合より**3~5割以上安価**な製品を実現可能

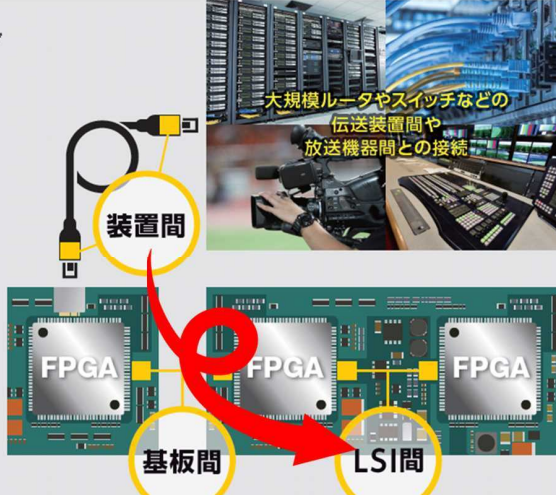


15:30 アイオーコア(株)代表取締役社長 福田秀敬氏

光I/Oコア



性能	
伝送容量	25Gbps x 4ch
消費電力	7mW/Gbps
動作温度	-40℃~85℃
光IF接合精度	±10μm



装置間 (Device-to-device)
基板間 (Board-to-board)
LSI間 (LSI-to-LSI)

大規模ルータやスイッチなどの伝送装置間や放送機器間との接続

概要

	最終更新日	2022年4月6日	
プログラム (又は施策)名	未来開拓研究プロジェクト		
プロジェクト名	超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発	プロジェクト番号	P13004
担当推進部/ PMまたは 担当者	IOT推進部/栗原廣昭、豊田智史、佐野克己(2021年7月～現在) IOT推進部/栗原廣昭、豊田智史(2019年7月～2021年6月) IOT推進部/中山敦、栗原廣昭、豊田智史(2019年5月～2019年6月) IOT推進部/中山敦、大橋雄二、栗原廣昭(2019年4月) IOT推進部/中山敦、大橋雄二(2017年12月～2019年3月) IOT推進部/梅田到、大橋雄二、中山敦、岩本篤(2017年7月～2017年11月) IOT推進部/厨義典、大橋雄二、岩本篤(2017年4月～2017年6月) IOT推進部/水野義博、荒川元孝、厨義典(2016年7月～2017年3月) 電子・材料・ナノテクノロジー部/水野義博、波佐昭則(2014年10月～2016年6月) 電子・材料・ナノテクノロジー部/井谷司、波佐昭則(2014年9月) 電子・材料・ナノテクノロジー部/井谷司、松岡隆一(2013年4月～2014年8月)		
0. 事業の概要	<p>クラウドコンピューティングやIOTの利用拡大、AIの活用が急速に進展しており、データセンタなどにおける情報処理量や通信トラフィックが指数関数的に増大し、データセンタ内の情報処理機器(サーバ、ルータ等)は更なる高速化が進んでいる。同時に、サーバボード間、サーバボード内のチップ間の電気配線の損失が飛躍的に増加しており、消費電力の増大が懸念され、性能向上のボトルネックとなっている。</p> <p>本プロジェクトでは、前記課題を解決する革新的技術として、情報処理機器の省電力化と高速化を目的に、電子機器の電気配線を光配線に置換する光配線技術と電子回路技術を融合させた光エレクトロニクス実装システム技術を実現する基盤技術を確立する。</p>		
I. 事業の位置 付け・必要 性につい て	<p>光エレクトロニクス実装システム技術を開発することで、データセンタ等における情報処理量・通信量の増大に伴って急激な増加が予測される消費電力量の抑制を図り、地球温暖化ガスの排出量の削減にも寄与する。</p> <p>また、光半導体分野における我が国の競争優位を維持するとともに、光エレクトロニクスを用いた新たなコンピューティング市場において競争力を獲得し、半導体産業、回路基板産業やそれらをシステム化したサーバ、ルータ等の情報通信機器産業などのエレクトロニクス産業の活性化にも資する。</p>		
II. 研究開発マネジメントについて			
事業の目標	<p>本研究開発では、電気配線を用いたサーバボードに比べて消費電力を3割削減できかつデータセンタレベルでの運用が可能な光電子融合サーバを実現するための要素技術を確立することを目標とする。</p> <p>具体的には、電子機器のデータ伝送に関して、10Tbps/ノードの伝送帯域と電気配線を用いる場合に比較して1/10の低消費電力化を、また通信速度あたりの面積比で1/100以下の小型化(100倍の帯域密度)を実現する。</p> <p>研究開発の進捗に合わせ開発成果の一部を順次実用化し、光配線と電子回路を融合させた光エレクトロニクス市場の創出と開拓を目指す。</p> <p>本プロジェクトでは、2017年度までに実施した光エレクトロニクス実装基盤技術開発及び光エレクトロニクスシステム化技術開発により上記アウトプット目標を実現可能とする技術を確立している。引き続き研究開発を行い、プロジェクト完了までに上記目標を達成する。</p> <p>本事業で開発される技術をサーバ、データセンタ、ネットワーク機器等に適用し普及させることにより、2030年には国内で年間約1500万トンのCO₂排出に相当するエネルギーが削減されると見込まれ、グローバルな市場創出効果としては1.26兆円程度が期待される。</p>		

事業の計画内容	主な実施事項	第一期			第二期			第三期					
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
事業の計画内容	① 光エレクトロニクス実装基盤技術の開発	(a) 光エレクトロニクス実装技術	→			→			→				
		(i) (b) 光エレクトロニクス集積デバイス技術	→			→			→				
		(c) 光エレクトロニクスインターフェース技術	→			→			→				
		(d) 光エレクトロニクス回路設計技術	→			→			→				
		(ii) 革新的デバイス技術	→			→			→				
		② 光エレクトロニクス実装システム化技術の開発	(a) サーバボードのシステム化技術開発	→			→			→			
	(b) ボード間接続機器、筐体間接続機器のシステム化技術開発		→			→			→				
	(i) (c) データセンタ間接続機器のシステム化技術開発		→			→			→				
	(d) 企業間ネットワーク接続機器のシステム化技術開発		→			→			→				
	(e) 光電子集積インターポーザのデバイス・実装技術開発		→			→			→				
	(f) 光電子集積インターポーザのシステム化技術開発		→			→			→				
	(ii) 国際標準化		→			→			→				
	評価時期				中間評価			中間評価			中間評価		
	事業費推移 (会計・勘定別にNEDOが負担した実績額(評価実施年度については予算額)を記載) (単位:百万円)	会計・勘定	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	総額
一般会計	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
特別会計 (需給)	2,800	2,400	2,777	2,500	1,720	1,801	1,350	1,743	1,840	1,500	20,431		
開発成果促進財源	—	102	848	1,006	—	—	140	114	256	112	2,578		
総予算額	2,800 (経産省執行)	2,502	3,625	3,506	1,720	1,801	1,490	1,857	2,096	1,612	23,009		
(委託)													

光電子集積インターポーザのデバイス・実装/システム化に向けた技術開発に集約

開発体制	経産省担当 原課	商務情報政策局 情報産業課
	プロジェクト リーダー	東京大学 ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構 特任教授 荒川泰彦
	プロジェクト マネージャー	IoT 推進部 栗原廣昭
	委託先 (助成事業の 場合「助成先」 とするなど適 宜変更) (組合が委託 先に含まれる 場合は、その参 加企業数及び 参加企業名も 記載)	2012年度～2016年度： 技術研究組合光電子融合基盤技術研究所（参加企業7社（日本電気（株）、富士通（株）、沖電気工業（株）、（株）東芝、古河電工（株）、日本電信電話（株）、NTTエレクトロニクス（株））、（国研）産業技術総合研究所、（一財）光産業技術振興協会） 共同実施（東京大学、横浜国立大学、京都大学、東京工業大学、早稲田大学） 2017年度： 技術研究組合光電子融合基盤技術研究所（参加企業5社（日本電気（株）、富士通（株）、沖電気工業（株）、（株）東芝、古河電工（株））、（国研）産業技術総合研究所、（一財）光産業技術振興協会） 共同実施（東京大学、横浜国立大学、京都大学、東京工業大学、早稲田大学） 2018年度～現在： 技術研究組合光電子融合基盤技術研究所（参加企業5社（日本電気（株）、富士通（株）、沖電気工業（株）、古河電工（株）、三菱電機（株））、（国研）産業技術総合研究所、（一財）光産業技術振興協会） 共同実施（東京大学、横浜国立大学、京都大学、東京工業大学、早稲田大学）
情勢変化への 対応	世界的なシリコンフォトニクス技術への注目の高まりと競争激化へ対応するため、光電子集積インターポーザの技術開発に集約し、開発成果促進財源により実装技術・評価技術の開発を推進した。また、データセンタ間接続機器システム技術は、実用化が加速している状況に対して、現状成果の一部を活用した先行事業化を実施するとともに、目標を状況の変化に対応したものに変更した。 モバイル情報通信やIoTの進展によるデータ通信量増大、AIおよびディープラーニングの進展による情報処理の高速化に対応しつつ、研究開発進捗に応じて最終目標（10Tbps/ノード）を明示した。	
中間評価結 果への対応	2019年度に行われた中間評価結果に対応し、主に3つの対応策を行った。 情報通信トラフィック量の増加を考慮して、今後のIT機器のエネルギー消費量の推移を再調査し、省エネ効果を定量的に説明した。ニュースリリースの発行や展示会での動画作成等により、成果を広くPRし、ユーザ企業を巻き込む活動を推進した。予算配分見直し等で開発成果促進財源を確保し、サーバシステム応用に係る試作等を前倒しで行い、組合参加企業3社の事業化判断を早めるようマネジメントを実施した。	
評価に関する 事項	事前評価	2011年度 産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（7月）、総合科学技術会議の評価専門調査会（12月） 担当：経済産業省
	中間評価	2014年度 中間評価実施 担当部 電子・材料・ナノテクノロジー部
	中間評価	2017年度 中間評価実施 担当部 IoT推進部
	中間評価	2019年度 中間評価実施 担当部 IoT推進部
	事後評価	2022年度 事後評価実施 担当部 IoT推進部
Ⅲ. 研究開発成 果につい て	研究開発項目ごとの最終成果を以下にまとめる。 研究開発項目①「光エレクトロニクス実装基盤技術の開発」 (i) 実装基盤技術 (a) 光エレクトロニクス実装技術（2017年度末） ・5cm×5cm程度の光電子ハイブリッド基板上にLSIを搭載するモジュール化技術を確立し、LSIモジュールでの高速光インターコネクトを実現した。 (b) 光エレクトロニクス集積デバイス技術（2017年度末） ・多数の光素子を集積した光電子集積インターポーザの大容量伝送を実現するための基盤集積技術を確立した。 (c) 光エレクトロニクスインターフェース技術（2016年度末）	

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

(d) 光エレクトロニクス回路設計技術（2017年度末）

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

(ii) 革新的デバイス技術

[革新的光源・光検出器技術]（2021年度末）

・光電子集積インターポーザ用の集積化光源への展開に向け、1.4 μ m以上の長波長のシリコン基板上量子ドットレーザの実現可能性を示した。

・光電子集積インターポーザ用の集積化受光器への展開に向け、高速応答可能で省電力化が可能な導波路型受光器を実証することにより、光電子集積インターポーザへの技術展開の見通しを示すと共に、事業化に対する課題を明確化した。

[革新的光変調器技術]（2021年度末）

・光電子集積インターポーザ用の集積化光変調器への展開に向け、スローライト型変調器やハイブリッドMOS型変調器等に対し、多重化・多値変調等の伝送方式を実現する可能性を実証することにより、光電子集積インターポーザへの技術展開の見通しと事業化に対する課題を明確化した。

[革新的光配線技術]（2021年度末）

・光電子集積インターポーザへの展開に向け、フォトニックナノ構造等による光損失補償機能や光バッファ機能を統合することなどにより高度な光配線技術を開発し、光電子集積サーバ技術の革新的展開へ寄与。

[革新的光エレクトロニクス回路技術]（2021年度末）

・光電子集積インターポーザへの展開に向け、シリコンインターポーザ上で機能可変型光エレクトロニクス回路の基本機能を実証して光FPGA実現の見通しを明らかにすることにより、光電子集積サーバ技術の革新的展開へ寄与。

[革新的光スイッチングデバイス技術]（2017年度末）

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

研究開発項目②「光エレクトロニクス実装システム化技術の開発」

(i) システム化技術

(a) サーバボードのシステム化技術開発（2017年度末）

・光電子集積サーバボードにおける伝送機能の主要部分からなる送受信部を試作し、要求スペックを満たす光伝送を実証した。

・光電子集積インターポーザに積層型のストレージチップを実装した光インターフェース付SSD技術を確立した。

(b) ボード間接続機器、筐体間接続機器のシステム化技術開発（2017年度末）

・ロジックLSIと光トランシーバの接続構造を決定した。

・策定した設計基準に基づき既存ロジックLSIを搭載できる基板を設計・試作し、光ケーブルを用いたLSI搭載基板間光接続を実現した。

(c) データセンタ間接続機器のシステム化技術開発（2016年度末）

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

(d) 企業間ネットワーク接続機器のシステム化技術開発（2017年度末）

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

(e) 光電子集積インターポーザのデバイス・実装技術開発（2021年度末）

・光配線の消費電力を1mW/Gbps以下とするための要素技術と、電気配線と比較し通信速度あたりの面積で1/100すなわち100倍の帯域密度を実現するための要素技術、およびシリコンフォトニクス技術による波長多重シングルモード光回路を開発することにより、10Tbps/ノードの帯域幅を持つ光電子集積インターポーザ技術を実現した。

(f) 光電子集積インターポーザのデバイス・システム化技術（2022年度末）

・消費電力の少ない光電子集積インターポーザ技術と波長多重技術を用いた接続技術を組み合わせた光電子融合サーバボードを試作し、試作機とシミュレーションを用いてサーバ電力量を30%以上削減可能であることを示した。

・光電子集積インターポーザを用いた一芯双方向波長多重トランシーバを搭載することにより、光加入者端末装置を10cm \times 2cm \times 2cm以下のサイズに小型化するための実装技術を開発した。

	(ii) 国際標準化（2021年度末） ・光電子集積インターポーザの物理仕様（サイズ、入出力構成）、電気・光インターフェースに関し、提案した標準化案の採択推進活動を行った。	
	投稿論文（事業開始から2022年2月末まで）	「査読付き論文」235件、「学会発表（解説記事含む）」1659件
	特 許（同上）	「出願済」343件、（うち国際出願120件）
	その他の外部発表（プレス発表等）（同上）	プレス発表等46件
IV. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて	本プロジェクトは日本の光デバイス、ネットワーク関連企業で構成される技術組合を実施者とするものであり、早期に実用化の目処が立ったデバイスについては、プロジェクト期間の終了を待たずに実用化・事業化を進める。事業化を有利に進めるために、国際標準化活動による規格獲得を目指す。さらに、ニュースリリース発行、シンポジウム、展示会、成果紹介動画作成等により、効果的な成果の発信を行い、ユーザ企業とのマッチングを通じて、現在の組合企業だけでなくユーザ企業を巻き込む活動を推進する。	
V. 基本計画に関する事項	作成時期	2012年5月 「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」実施計画作成（経済産業省） 2013年3月 基本計画作成（NEDO）
	変更履歴	2018年1月 2018年度から2021年度の基本計画追加に伴う改訂。 2018年11月 PLの所属先の記載を変更。 2020年2月 プロジェクトマネージャーの変更に伴う改訂。