

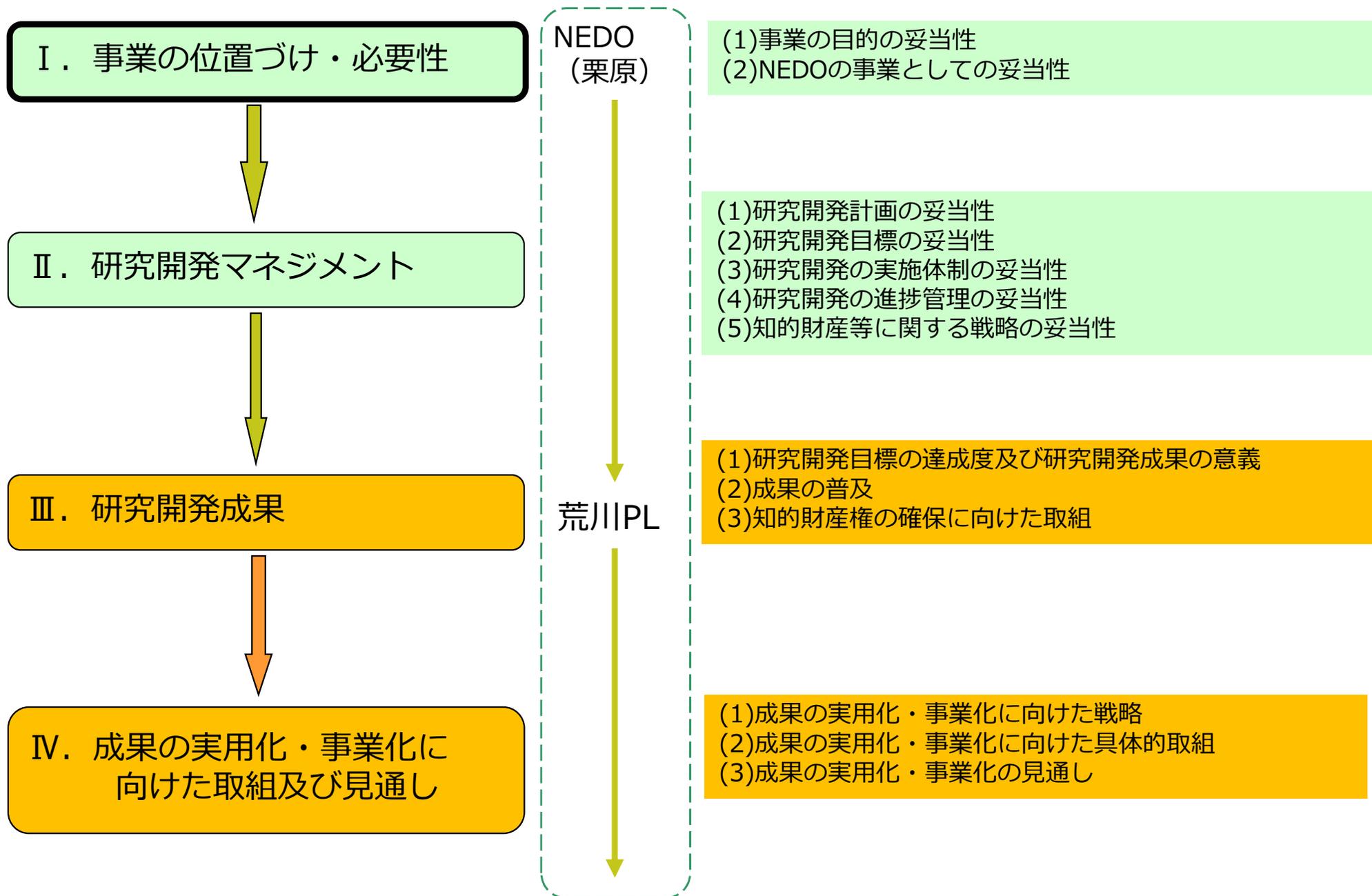
# 「超低消費電力型光エレクトロニクス 実装システム技術開発」 (事後評価)

(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

## 発表内容



I. 事業の位置づけ・必要性

(1) 事業の目的の妥当性

(2) NEDOの事業としての妥当性

II. 研究開発マネジメント

(1) 研究開発目標の妥当性

(2) 研究開発計画の妥当性

(3) 研究開発の実施体制の妥当性

(4) 研究開発の進捗管理の妥当性

(5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

## ◆事業実施の背景

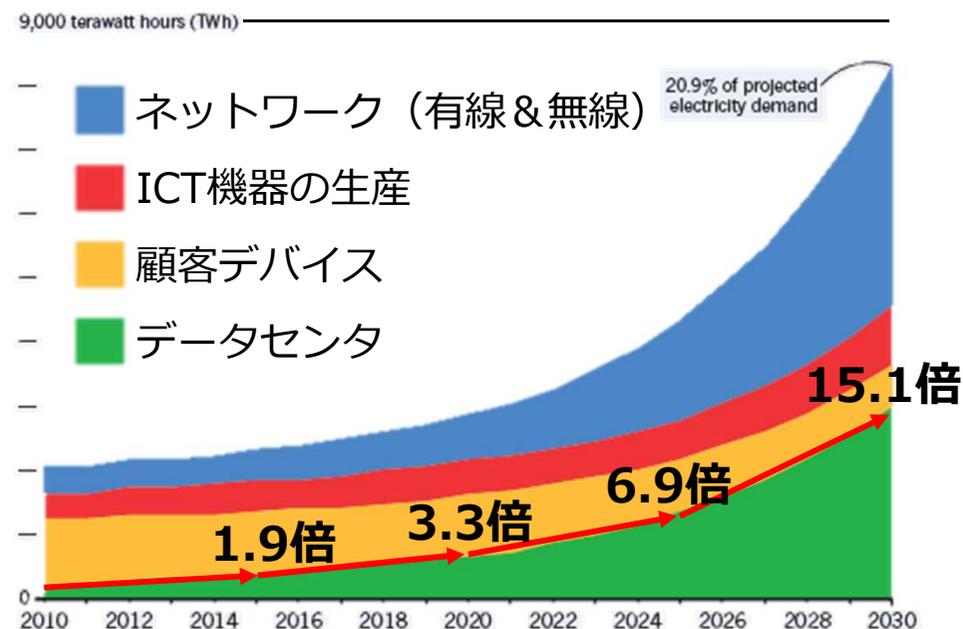
- クラウドコンピューティングやIoT（もののインターネット）の利用拡大、AI（人工知能）の活用が急速に進んでおり、データセンタなどにおける情報処理量や情報通信トラフィックが増大している。
- データセンタ内が電力消費量も急増しており、2030年には2010年に比べて消費電力量の1.5倍程度に達する見込みもなされている。

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

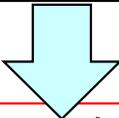


(出典) N. Jone, Nature 561, 164 (2018).  
 経済産業省 2021年度「次世代デジタルインフラの構築」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画(案)の概要

## 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

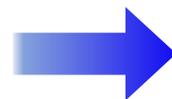


光電子集積技術を軸に、データセンタなどにおけるサーバシステム、  
光通信システム向けIT機器の省電力化技術を開発  
**本プロジェクト：「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」**



(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—

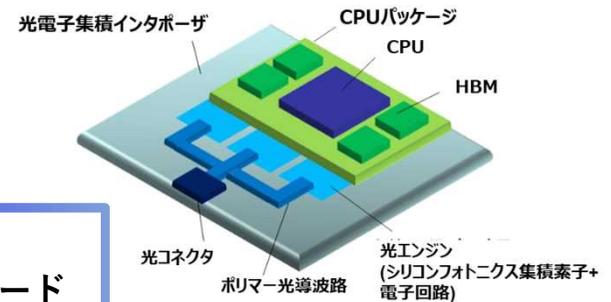
## <プロジェクトの目標>



開発目標

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

## 光電子融合サーバボード



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。

## ◆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「 <b>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</b> 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 <b>Society5.0を現実のものとする</b> 。
	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、 <b>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</b> 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。 <b>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</b> 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)	<ul style="list-style-type: none"> <li>電力消費の大幅な削減が期待される<b>光電融合技術などの革新的省エネルギー技術の開発</b>が進んでおり、こうした<b>新たな技術の活用を拡大</b>することで、<b>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</b>と進めていくことが必要である。</li> </ul>
	未来開拓研究プロジェクト (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>優れた技術及び知見を有する国内外の<b>企業・大学、公的研究機関等で構築した研究体制</b>で<b>中長期的観点の研究開発</b>を推進する。</li> <li>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。</li> <li>「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<b>2012年</b>に開始。</li> </ul>

- 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。

## ◆NEDOが関与する意義

CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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/エッジ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、CO<sub>2</sub>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。**公益性**の高い取り組み。

■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機器における省電力化と高速化の両立が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を担う**中核的な技術になりうるポテンシャル**を秘めている。国際的な開発競争も激しい技術分野で、欧米・欧州では国家的な取り組みが進行している。我が国のエレクトロニクス産業のプレゼンスを確保するため、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、難度の高いデバイス実装システム化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。**民間企業単独ではリスク**があり、市場原理のみで技術開発の推進を図ることは困難。

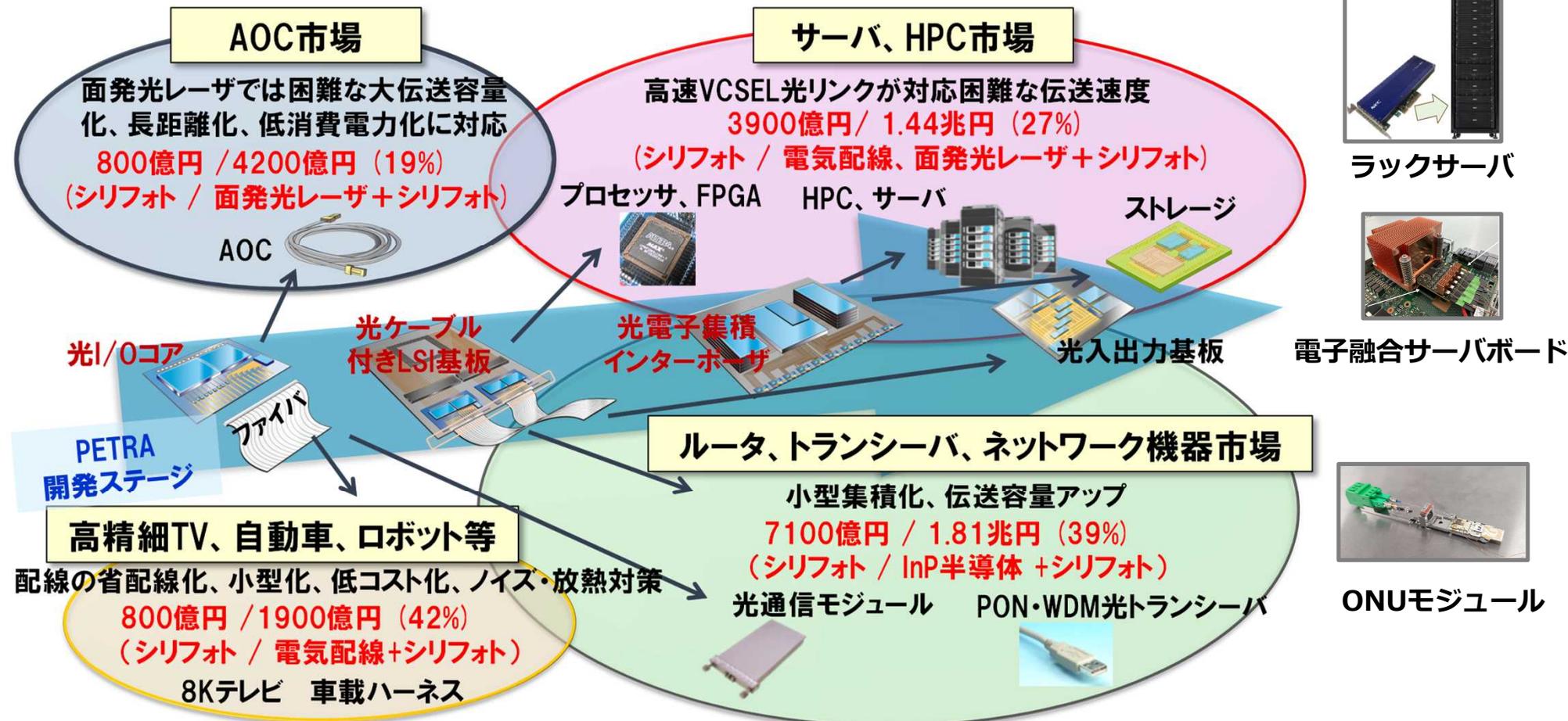
**N E D O が 関 与 し 推 進 す べ き 事 業**

# I. 事業の位置付け・必要性 (2) NEDOの事業としての妥当性

## ◆実施の効果 (経済的効果)

I 期(2012~2014年度) 事業費合計 : 83億円  
 II 期(2015~2017年度) 事業費合計 : 70億円  
 III 期(2018~2021年度) 事業費合計 : 71億円

期待される経済効果  
 約1.26兆円  
 (2030年・グローバル)  
 うちIII期のみは、  
 約0.86兆円と想定

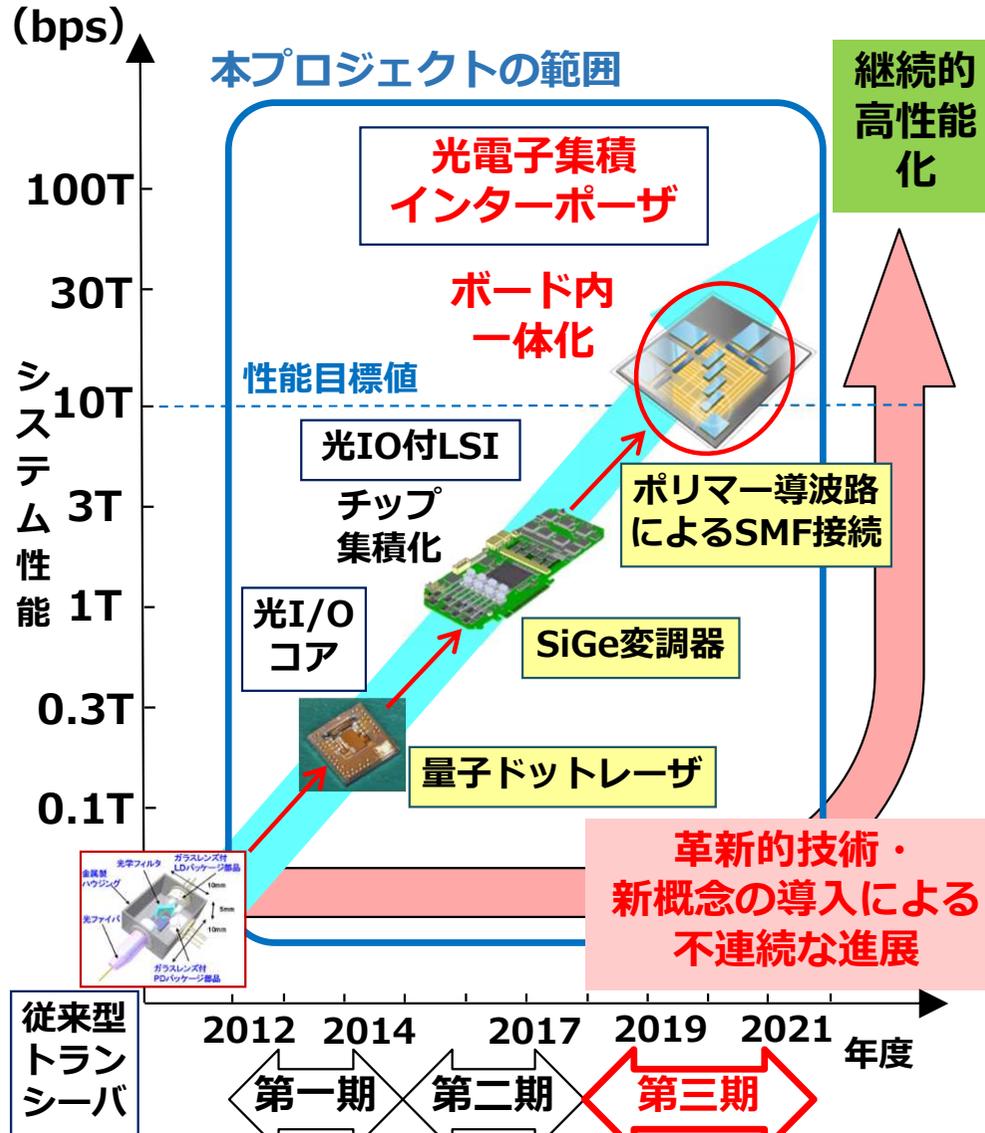


# Ⅱ. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

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

On PKG光モジュール

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

筐体間

ボード間

画像機器

医療機器

...

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

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。

# Ⅱ. 研究開発マネジメント Ⅲ期（評価対象期間）の主なマネジメント

公開

項目	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
中間評価のコメント等	<ul style="list-style-type: none"> <li>革新的デバイス開発の大学と企業の連携を強化する。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>将来の適用市場を見据え広くユーザ企業を巻き込んで欲しい。</li> </ul>		
基本計画/実施計画変更の有/無 : ○/ー	基本計画 : ○ 実施計画書 : ○	基本計画 : ○ 実施計画書 : ○	基本計画 : ー 実施計画書 : ○	基本計画 : ー 実施計画書 : ○	基本計画 : ー 実施計画書 : ○
体制		四半期に1度程度PETRAと大学で成果の共有する（基本計画に明記） （マネジメント委員会、進捗会議）			
開発成果促進財源		開発促進財源を（1.5億円）投入、ウエハープロバ技術/光コネクタ実装技術を開発	開発資産促進財源を（4.5億円）投入、並列サーバシステムなど前倒して開発の前倒し		
広報活動	学会発表・展示会に出展	実施計画書に成果のPR活動と広報活動を実施項目として明記し学会発表・展示会に出展			
実用化・事業化		事業化検討会にて成果が事業化可能な事業分野などの検討			事業化ヒアリングにより事業計画の確認

# 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"> <li>◆ 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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 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。</li> </ul>
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 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ デバイス・実装技術</li> <li>・ システム化技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 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。</li> <li>◆ 光電子融合サーバボードの基本構造を試作。10Tbps伝送へ向けた技術を確立する。</li> <li>◆ 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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 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。</li> <li>◆ 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。</li> <li>◆ 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。</li> </ul>
	国際標準化	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ シリコンフォトニ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。</li> </ul>

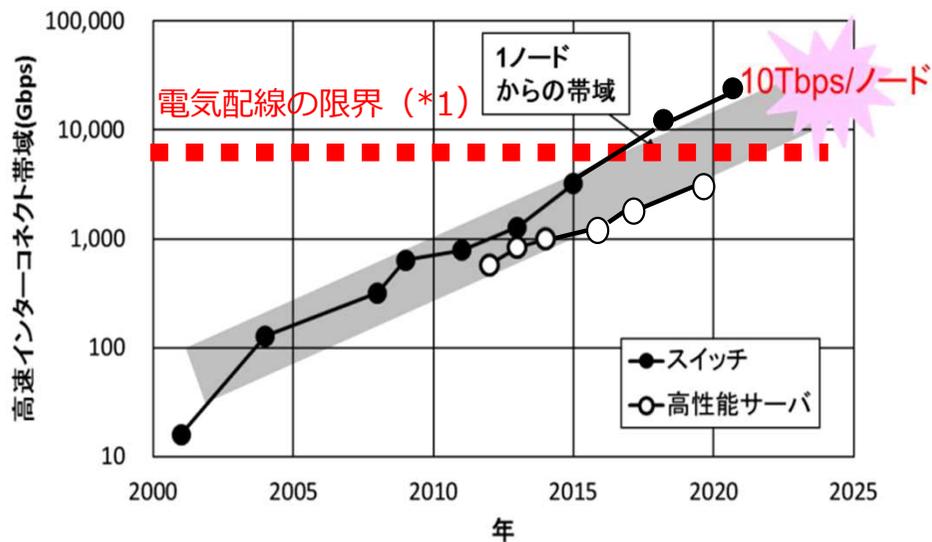
# Ⅱ. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

公開

2021年度末性能目標  
(電気配線比)

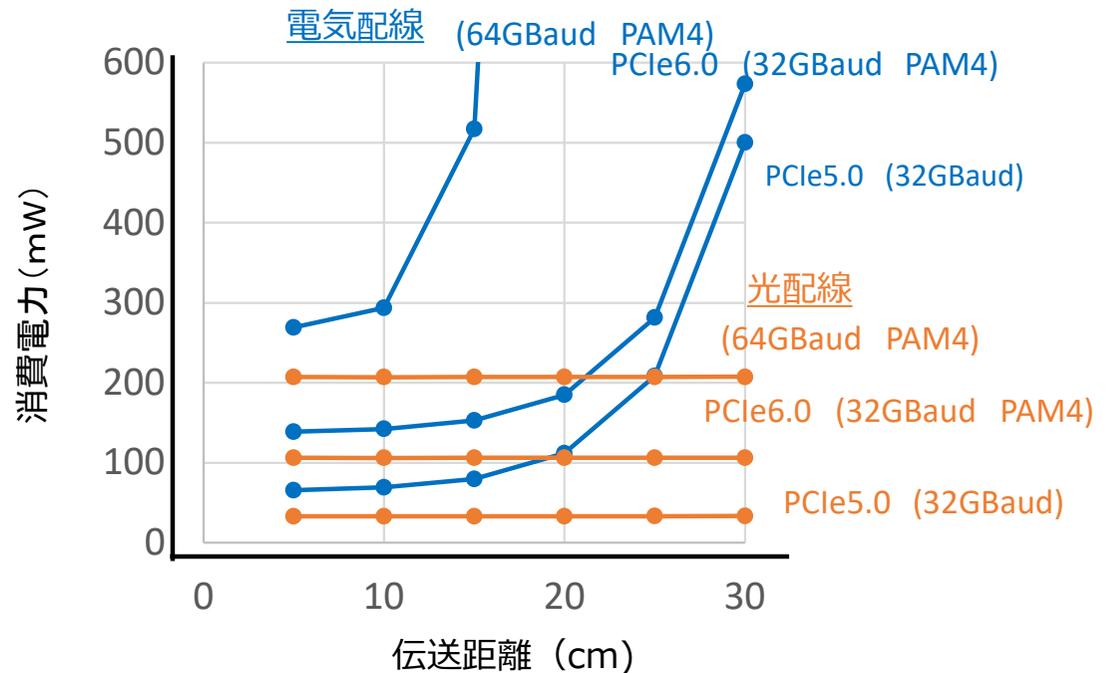
- ・光電子集積デバイス： 大容量： 10Tbps/ノード、低消費電力 1mW/ Gbps (1/10)
- ・光電子集積サーバボード要素技術： 低消費電力 (3割減)、多種LSI集積、DCで運用可能

- LSIの処理速度に伴い、インターコネクタ帯域は増え続け、大容量LSIのインターコネクタトレンドより、2025~2030年には、>10Tbpsの帯域が必要とされる
- データ伝送量の増大に伴い、伝送速度は高速化し、電気配線の信号損失は増加するため、I/Oの消費電力は増大する。
- 光I/O技術によりI/Oの消費電力を大きく低減することが可能



(\*1) : BGA数と伝送速度限界(28GBaud)から推定

大容量LSIのインターコネクタ帯域トレンド



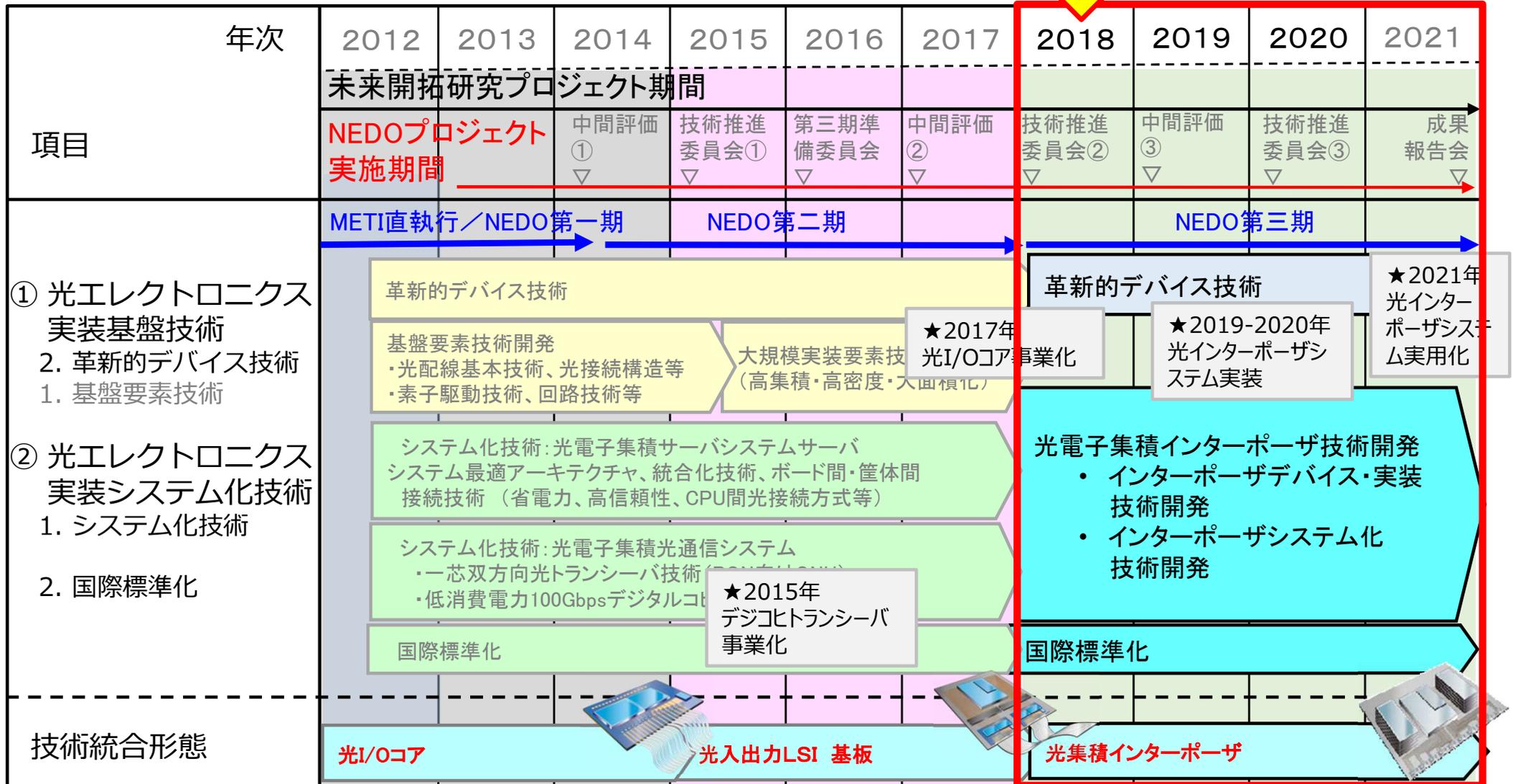
配線長による電気配線と光配線の消費電力の変化

# Ⅱ. 研究開発のマネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

公開

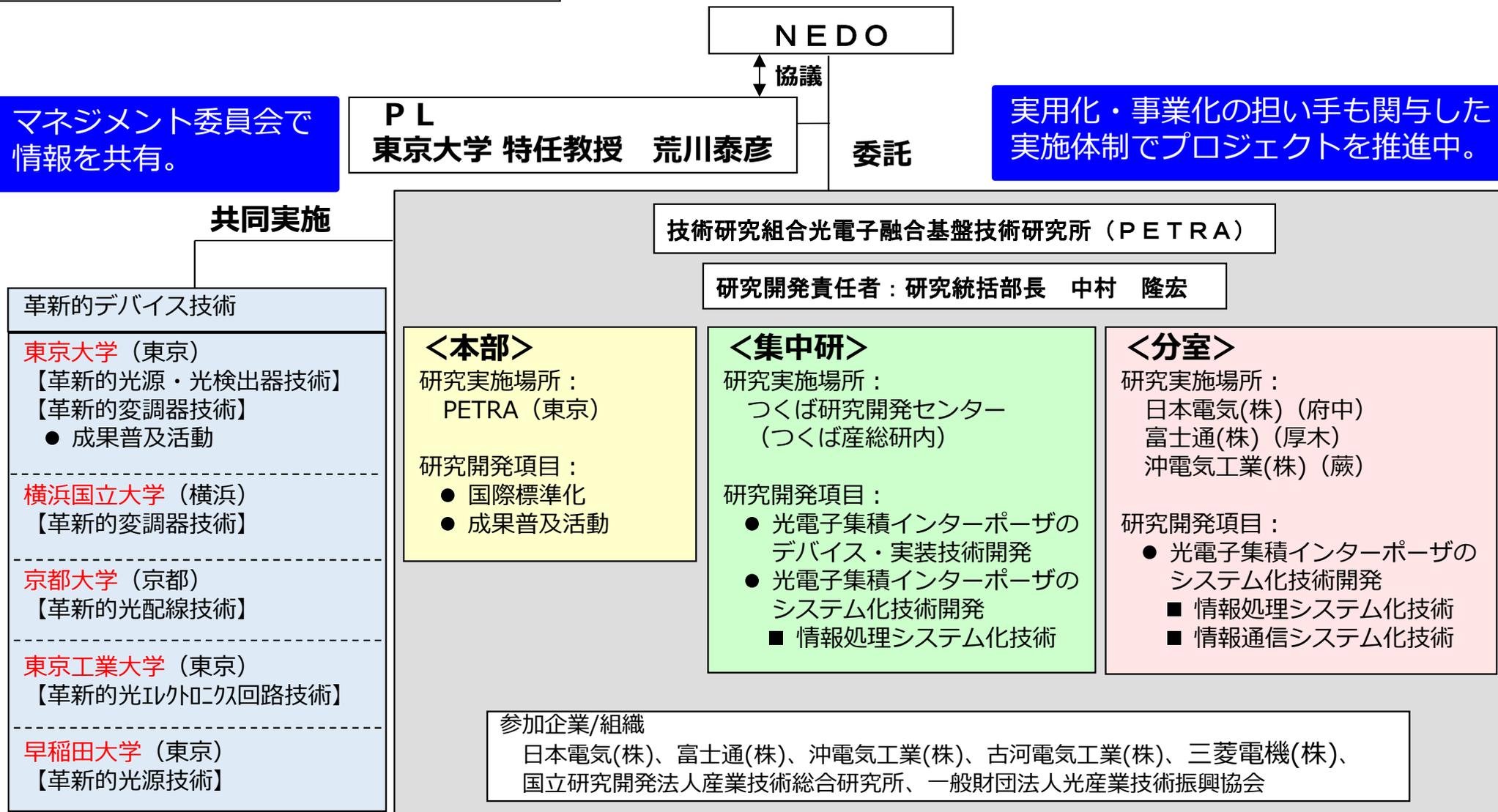
## ◆研究開発のスケジュール

**第三期  
事後評価対象期間**



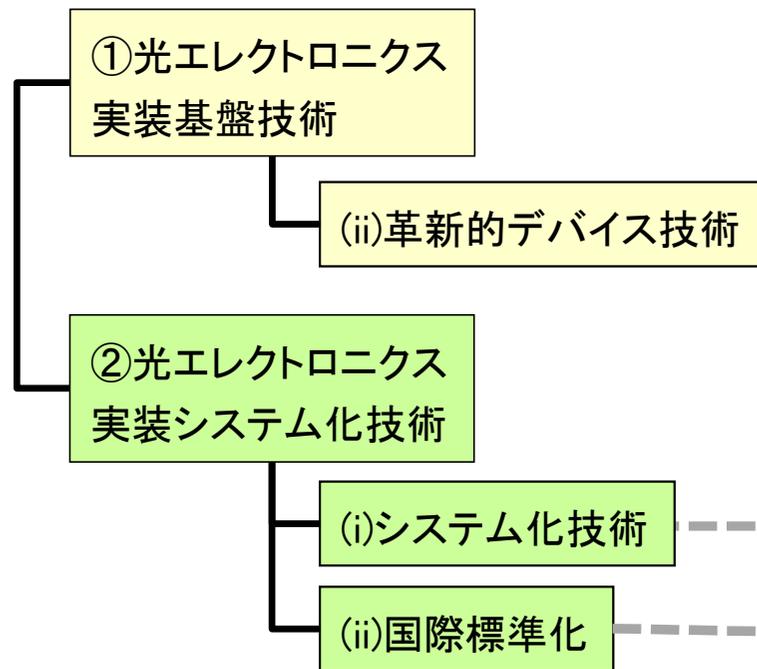
## Ⅱ. 研究開発のマネジメント（3）研究開発の実施体制の妥当性

### ◆研究開発の実施体制

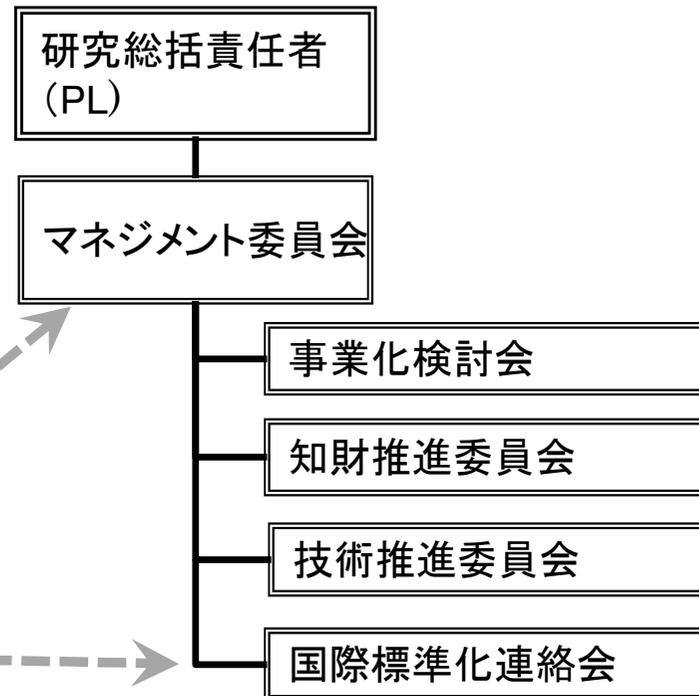


## ◆研究開発の運営体制

### <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 公開

### ◆動向・情勢の把握と対応

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

2021年度末の  
性能目標は妥当

項目	テーマ	研究開発目標（2017年度末）	情勢の変化	目標の妥当性と対応
盤技術	① 実装基 革新的 デバイス 技術	◆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。	◆モバイル通信、クラウドコンピューティング、IoT・AIの進展により、通信量がさらに増加すると予測（ <u>データセンタにおいて10Tbps/ノードの帯域が必要</u> ）	<b>目標は妥当</b> 基本計画のとおり。 (非連続な技術進展ができる。)
	② 実装システム 化技術	◆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。 ◆光配線による10Tbps伝送へ向けた課題を抽出し、サーバ電力量を30%削減可能であることをシミュレーションにより示す。	◆シリコンフォトニクス技術の開発競争激化 ◆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	<b>実施事項を追加（2018年）</b> ◆光電子集積インターポーザは技術的ハードルが高いが、実装技術・評価技術の開発を前倒しし、実用化検討を推進。2020年度は光導波路実装スループット向上をめざした技術開発を計画。
術	国際標準化	◆研究開発成果の普及促進に必要な標準化提案を行う。	◆データセンタの消費電力削減を目指した海外プロジェクト立上げが進行（ <u>サーバ電力量30%削減に向けて1mW/Gbpsの低消費電力は必至</u> ）	<b>目標は妥当</b> 基本計画のとおり。 (成果の普及促進に寄与できる。)
③	成果普及活動	◆ビジョン形成を含む教育カリキュラムへ展開 ◆周辺領域の調査・基礎研究を応用研究へ展開	◆北米5Gの立ち上がり	<b>目標は妥当</b> 基本計画のとおり。 (成果の普及促進に寄与できる。)

## 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、広がりと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。	<p><u>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</u>を行い、<u>成果を広くPRする</u>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<u>ユーザー企業を巻き込む活動を推進</u>。</p> <p>※PR動画</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>光配線により、計算速度が一桁以上高速に！ <a href="https://www.youtube.com/watch?v=5k_o4YoW9j4">https://www.youtube.com/watch?v=5k_o4YoW9j4</a></li> <li>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！ <a href="https://www.youtube.com/watch?v=txMGMDxSUfl">https://www.youtube.com/watch?v=txMGMDxSUfl</a></li> </ul>
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なり時間を要し、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。	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li><u>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</u>。</li> </ul> <p>（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。）</p>
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 <u>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</u> 。

## 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 <sub>2</sub> 換算(2030年排出係数0.37kgCO <sub>2</sub> /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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>削減量目標値)

## ◆ 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(OKI)は、光通信ネットワークに用いられる光トランシーバー向けに世界最小のTWDM-PON用光受信チップを開発し、受信動作を実証しました。このチップは、波長が異なる4つの光信号を受信する方式(4波長多重)で合計40Gbpsの光信号を偏波状態によらず受信できるもので、シリコンフォトニクス技術の採用により、超小型化を実現しました。

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トランシーバー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ます。

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「OECC (OptoElectronics and Communications Conference)2019」で、PETRAとOKIが発表します。

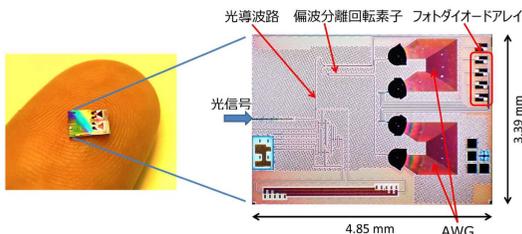


図1 開発した超小型の4波長多重光受信チップ

## ニュースリリース(例)

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(PETRA)と共同で、データセンター(DC)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光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、それに高い寸法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合分波できる、低損失かつ任意の偏波に対応した実用性のある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インタポーザの開発が可能となり、DCやHPC内のサーバー間の大容量光接続への利用が見込めます。

なお、PETRAは、アイルランドのダブリンで9月22日から開催される世界最大級の光通信国際会議「ECOC (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。

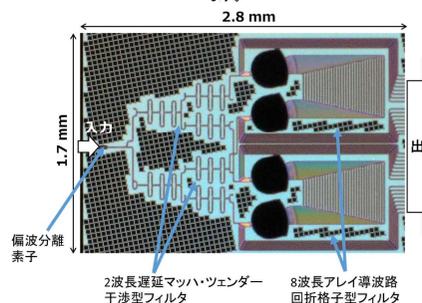


図1 開発した小型の16波長多重光回路チップ

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ーの計算速度を一桁高速化  
—世界初、光配線でサーバー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、サーバー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装し、全サーバーボード間を光配線で直結したラック型サーバーシステムを世界で初めて完成しました。電気スイッチでの中継が不要ことから、従来のデータ伝送方式と比べ計算速度を一桁高速にできます。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、多くの電力量と計算時間が必要となるビッグデータや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ーシステムは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9日から11日まで東京ビッグサイトで開催される「interOpto 2021」にも出展する予定です。

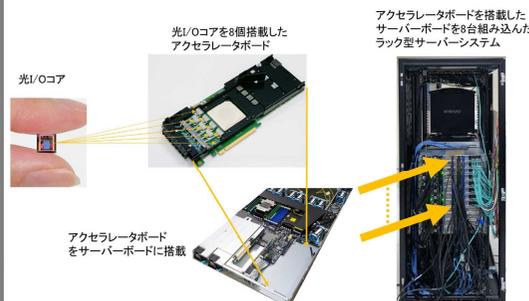


図1 ラック型サーバーシステム

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)は通信波長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次元光配線技術を世界で初めて開発し、試作サンプルで次世代標準である毎秒112ギガビットの光信号を80℃超の高温環境下で伝送し、有用性を実証しました。

3次元光配線技術を活用することでLSI(大規模集積回路)から光ICまでの電気配線の距離を極限まで縮めた一体集積ができるため、先行技術と比較して30%~40%の大幅な電力削減が見込まれます。

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

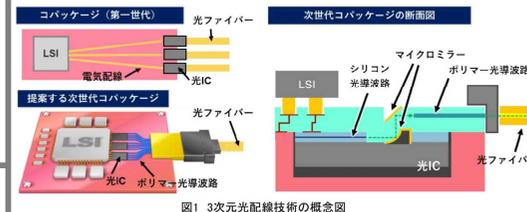
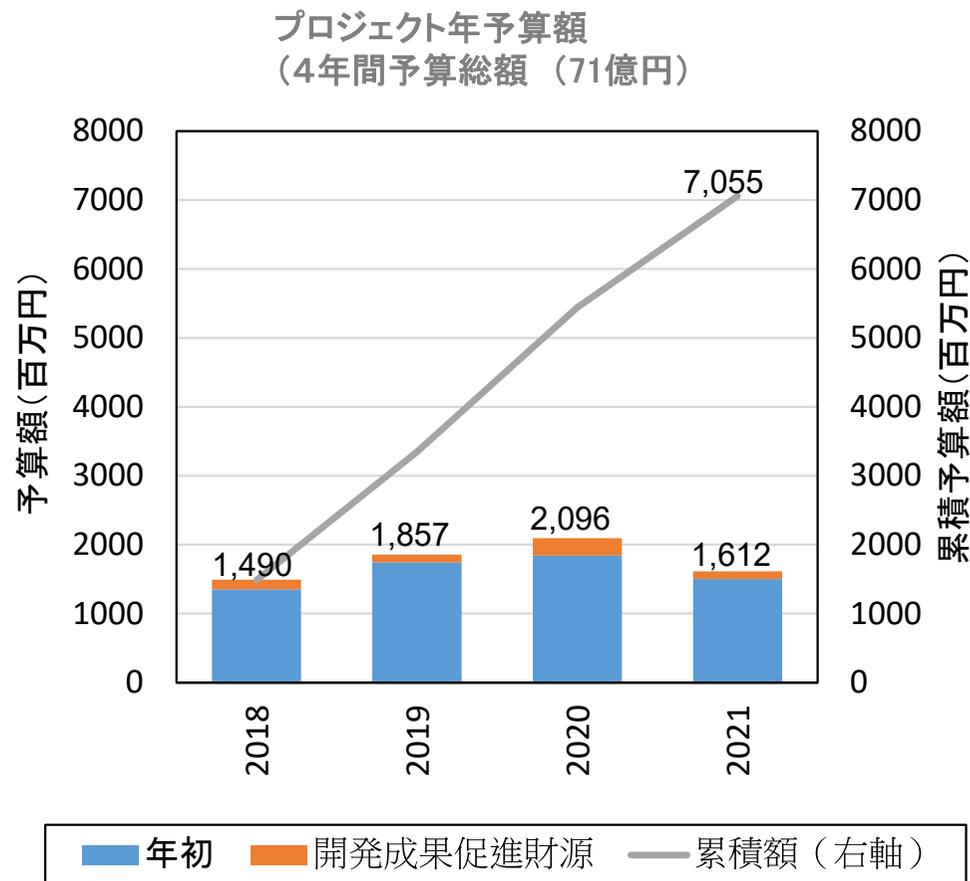


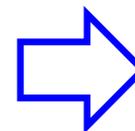
図1 3次元光配線技術の概念図

## 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



### <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。

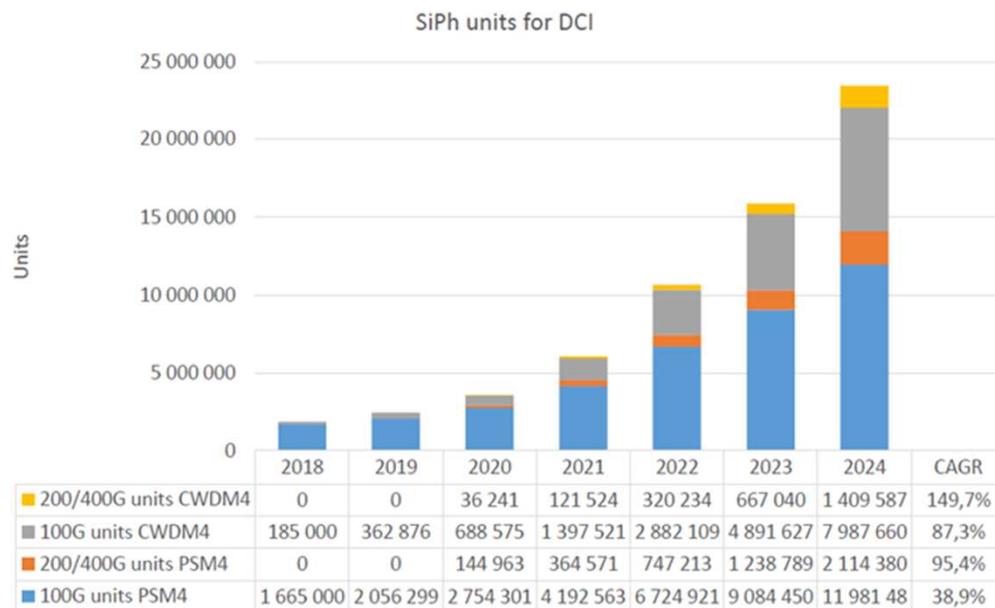
## ◎シリコンフォトニクス技術の開発競争激化

### シリコンフォトニクスに参入した企業

EXAMPLES OF Si PHOTONICS PLAYER POSITIONING

Applications	LONG HAUL TELECOM	DATA CENTER INTERCONNECTS-DCI (intra, metro, submarine, long haul)	5G WIRELESS ACCESS NETWORK	SENSORS, MEDICAL & OTHER INTERCONNECTS
SiPh dieltransceivers	ACACIA	ACACIA, FINISAR, Ayar Labs, sicoya, SCINTIL, LUXTERA, RANOVUS, Caliptra, Ayar Labs	sicoya, intel	SENER, sicoya, ORANT PHOTONICS, Rockley, SILC
Embedded optico-packaged optics		LUXTERA, RANOVUS		
Switches		Rockley		
Interposers		POET, FUJITSU, NTT, PETRA		POET

### データセンターにおけるシリコンフォトニクスの機器の伸び



多くの企業がシリコンフォトニクスに関連に参入

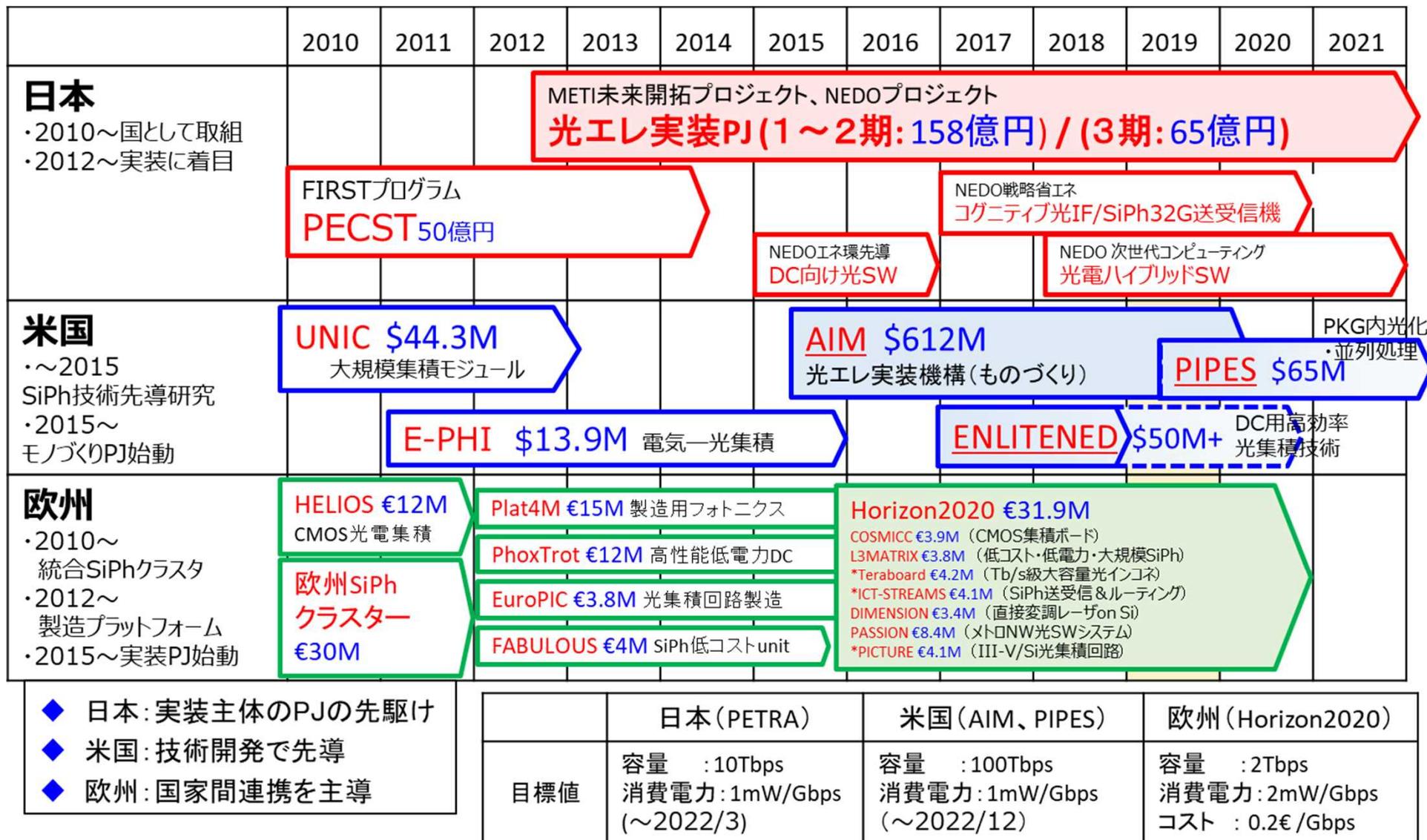
データセンターにおいて急激に伸びている

出展：©2019 | www.yole.fr | Si Photonics and PIC devices

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。

## 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

### ◎海外プロジェクトの立ち上がり



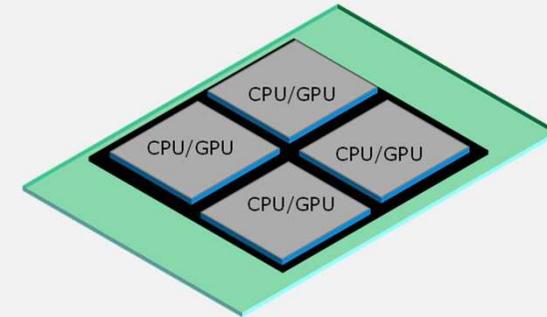
基本計画をベースに、プロジェクト期間中も進捗・情勢に合わせて予算を配分している。

### ◎競合各社による光接続サーバ、データセンタ高度化

スーパーコンピュータの更なる高性能化に向けた技術の方向性

#### チップレット、マルチチップ化

半導体プロセスが微細化してもコストが下がらない  
プロセッサと複数のチップレット（小さいダイ）で  
構成し、歩留まり改善  
ヘテロジニアス・インテグレーション技術



マルチチップ構成

#### 高密度実装による省電力、大容量化

##### 光モジュールのパッケージへの統合

光をCPU近傍に設置し、省電力で大容量化を図る  
100Gbps/レーンに向けてCo-Packaged  
Optics(CPO), Near Packaged Optics(NPO)  
の開発/標準化が進む



<https://ranovus.com/odin-cpo-2-0-architecture/>



<https://ayarlabs.com/teraphy/>

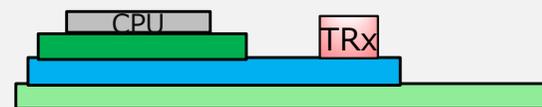


<https://newsroom.intel.com/news/intel-demonstrates-industry-first-co-packaged-optics-ethernet-switch/#gs.nbp8hw>

Co-packaged optics

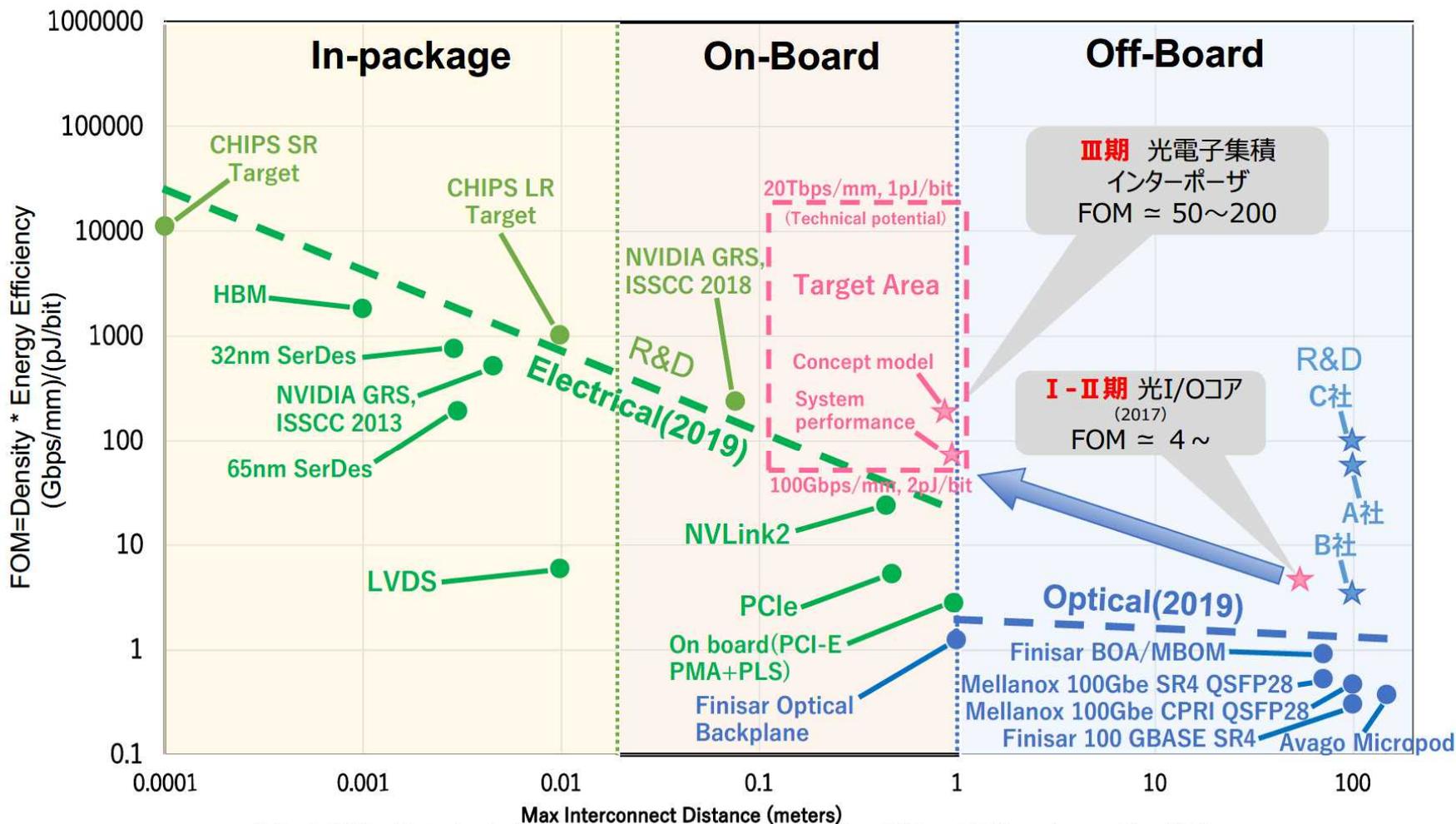


Near-packaged optics



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。

On-Board（コンピューティング）、Off-Board（光通信）  
でFOMを試算し、各領域での技術のポジションを俯瞰



出典：DARPA Photonics in the Package for Extreme Scalability Nov. 2018, EE Times Japan Nov. 2020

注) FOM: Figure Of Merit (性能指標)

プロジェクトの達成した成果は、FOM（帯域密度/消費電力）で高いポジション

## 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

### ◆ 開発促進財源投入実績（1/2）

件名	年度	金額 (百万円)	目的	成果
【実証早期化/事業化】 【回路性能設計の確度向上】 ウェハプローバの開発	2018	102	シリフト統合化集積プロセスによりウェハ上に実装される光変調器、受光器、波長多重回路、光結合素子をウェハ上で評価するための評価用素子構造を設計する。 ウェハ上50か所に配置された評価用素子の変調、合分波及び光結合機能を2時間以内で高精度にかつ自動で測定できる評価技術を構築する。	<u>ウェハレベルパッシブ素子評価</u> ・ 300 mmウェハレベルの評価で性能検証やばらつきモデルから、集積プロセスにフィードバックするアプローチで歩留まりを向上。IMECやAIMなど海外研究Grに先んじて検討を進めている。  <u>ウェハレベルアクティブ素子評価</u> ・ ファイバプローブと電気プローブを併用し、変調器、受光器をウェハレベルで評価 ・ 300 mm試作デバイスの高い面内均一性を確認
【実証早期化/事業化】 【信頼性確保】 光コネクタ実装技術の開発	2018	50	シリコンフォトンクスと結合するポリマー光導波路の設計作製技術を開発するとともに、高精度化のために、アレイ接続可能な光コネクタの位置決め構造を基板上に形成する集積化を行う。シングルモード光ファイバとのアレイ接続を実現し、光リンクの特性評価を行う。	<u>曲面ミラー形成とビーム整形で設定目標を達成</u> A) レーザー描画装置を用いた3Dミラーの設計、試作、評価フローを確立。3D造形ミラーをSiフォトンクスチップ中に高精度(<0.1mm)に集積。 B) 曲面ミラーによりSid導波路から出射する拡散光のビーム径を拡大し、平行光に変換し、ビーム拡散角9°（目標10°）を達成。 C) レーザ描画面積を<1/10にすることで、電気配線とほぼ同じスループットを実現。
<b>合計</b>		<b>152</b>	-	-

促進財源を投入して早期目標を達成し実用化・事業化を推進

## 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

### ◆ 開発促進財源投入実績（2/2）

件名	年度	金額 (百万円)	目的	成果
【市場に対応】 ウェアプロローバの広帯域化	2019	45	開発したウェアプロローバのレーザ光源の波長域は60nmと狭く、測定できるデバイス、測定条件が限定されたため、ウェアプロローバのレーザ光源の広帯域化を実現	無線ネットワークへ市場に対応 開発したウェアプロローバで5G向け超小型ONUの波長範囲規格（1524nm-1603nm）の評価を可能とした。
【実証早期化/事業化】 ラック型光接続サーバの開発	2019	120	FPGAボードを内蔵したサーバを光配線でメモリー帯域を増やし高速化したFPGAボード（光I/Oコア搭載）を内蔵した薄型のラック型サーバを8台試作し、一つのラックに収納し相互に光接続するシステムを構築	消費電力量30%低減を早期に実証することに寄与 ・FPGAボードの光I/Oコアを光電子集積インターポーザに寄せ換え、波長ルーティング機能を実装したサーバシステムを試作し、並列度を高め最終目標である消費電力量30%低減の早期実証することに寄与。
【実証早期化/事業化】 【信頼性確保】 最新LSI（DLU）を搭載したサーバボードの開発	2020	200	インコネに光I/Oコアを適用した最新LSI（DLU）を搭載したサーバボードを試作し、電気（Cu）、既存の光インコネ（VCSEL）と比較し優位性を検証	サーバ単体での省エネ性を検証 ・サーバボード単体での低電力・高性能性を検証し、課題点の早期抽出が可能とした。 ・光I/Oコアが搭載されたEOM（Embedded Optical Module）をサーバボードに実装し、早期に特性、品質、信頼性を確保
【回路性能設計の確度向上】 統合量産試作に対応するデバイス統合ライブラリの高度化	2021	95	素子特性ばらつきをモデルパラメータ化してライブラリに取り込むことで、量産試作時の回路性能ばらつき予測に対応する確度の高い光回路性能シミュレーションを可能にする	ライブラリデータによる回路性能設計の確度向上 ・開発したデバイス統合ライブラリを、シリフォトファブのプロセスに適用し、統合化、高度化することで、プロジェクト終了後の実用化展開に向け、早期の立ち上げを可能とした。
合計		460	-	-

促進財源を投入して早期目標を達成し実用化・事業化を推進

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

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