

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名 : 次世代デジタルインフラの構築プロジェクト

【研究開発項目3】次世代グリーンデータセンター技術開発、

研究開発内容① 光エレクトロニクス技術の開発／光電融合デバイス開発

実施者名 : アイオーコア株式会社 代表名：代表取締役社長 福田 秀敬

(共同実施者 (再委託先除く) : 富士通(株) (幹事会社) 、日本電気(株)、1FINITY(株)、
キオクシア(株)、古河ファインルオブティカルコンボ-ネツ(株)、京セラ(株))

目次

0. 共同実施における各主体の役割分担

1. 事業戦略・事業計画

- (1) 産業構造変化に対する認識
- (2) 市場のセグメント・ターゲット
- (3) 提供価値・ビジネスモデル
- (4) 経営資源・ポジショニング
- (5) 事業計画の全体像
- (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
- (7) 資金計画

2. 研究開発計画

2.1 共同実施による研究開発内容

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
- (3) 実施スケジュール
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

2.2 光電融合デバイス開発

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
- (3) 実施スケジュール
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

3. イノベーション推進体制 (経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針

0. 共同実施における各主体の役割分担

共同実施各社の研究開発内容および社会実装への取り組み

アイオーコア(株) ①②③の共同実施※	★ 1FINITY(株) ①-2の共同実施	古河ファイルオフィス コンポーネンツ(株)	京セラ(株)	★ 富士通(株)	日本電気(株)	キオクシア(株)
<p>研究開発の内容</p> <ul style="list-style-type: none"> 光電融合デバイス開発を担当 <p>社会実装に向けた取組内容</p> <ul style="list-style-type: none"> DC、HPCなどのサーバー上短距離通信におけるPCIe6.0対応の配線として実用化 チップ間接続の消費電力を電気配線と比較して90%削減 	<p>研究開発の内容</p> <ul style="list-style-type: none"> CPO適用技術、レイヤ1ソフトフレーム処理技術の開発を担当 <p>社会実装に向けた取組内容</p> <ul style="list-style-type: none"> 消費電力を大きく減少させる『光スマートNIC』を開発し、グリーンでスマートな社会の実現に貢献する POCにより潜在顧客のニーズを確認し、開発計画に反映 	<p>研究開発の内容</p> <ul style="list-style-type: none"> 高変調効率光エンジン技術の開発を担当 <p>社会実装に向けた取組内容</p> <ul style="list-style-type: none"> 開発加速に向けたオープンイノベーションの推進 製品力を高めるための製造プロセスの強化 1FINITYと連携しての標準化、マーケティングの推進 	<p>研究開発の内容</p> <ul style="list-style-type: none"> 光電集積デバイスパッケージング技術の開発を担当 <p>社会実装に向けた取組内容</p> <ul style="list-style-type: none"> 研究開発成果を光電集積モジュールとして事業の構築 モジュール構成部品（基板、コネクタ、等）を切り出して電子部品市場に製品展開 	<p>研究開発の内容</p> <ul style="list-style-type: none"> 省電力CPU開発を担当 <p>社会実装に向けた取組内容</p> <ul style="list-style-type: none"> 持続可能な社会を実現するサービスを支えるプラットフォームに適用 超低消費電力を武器にデータセンターや安全保障、テレコム向けの省電力CPUとして普及を図る 	<p>研究開発の内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ディスクアグリゲーション技術の開発を担当 <p>社会実装に向けた取組内容</p> <ul style="list-style-type: none"> 自社のDC・サーバ製品に事業展開 一部のソフトウェアはOSSとし、マネジメントサービスを展開 協議会で省エネコンポーネントとそのI/Fを訴求し、WWのDC市場に製品を展開 	<p>研究開発の内容</p> <ul style="list-style-type: none"> 広帯域 SSD開発を担当 <p>社会実装に向けた取組内容</p> <ul style="list-style-type: none"> データセンターを中心に、「広帯域SSD技術」のマーケティング活動をグローバルに展開 ディスクアグリゲーション技術への適応・対応による、SSD・ストレージシステム電力効率の向上推進

2030年までに、研究開発時点で普及しているデータセンターと比較して
40%以上の省エネ化を実現

★ 研究開発項目3 幹事企業

☆ 研究開発内容①-2とりまとめ企業

1. 事業戦略・事業計画

1. 事業戦略・事業計画／(1) 産業構造変化に対する認識

社会の情報化の進展によりデータ量が急増し、データセンターの消費電力が急拡大すると予想

カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

(社会面)

- 情報の利活用、デジタル化が急速に進展
- 世界のデータ量は年間約 30% のペースで急増

(経済面)

- データを処理するデータセンターサーバの市場規模は拡大の一途であり、2019 年は 6 兆円、2030 年には 25 兆円
- 今後、大規模データセンターの急増により、データセンター全体の電力消費量も大きく増加

(政策面)

- 2020年10月、日本は、「2050年カーボンニュートラル」を宣言

(技術面)

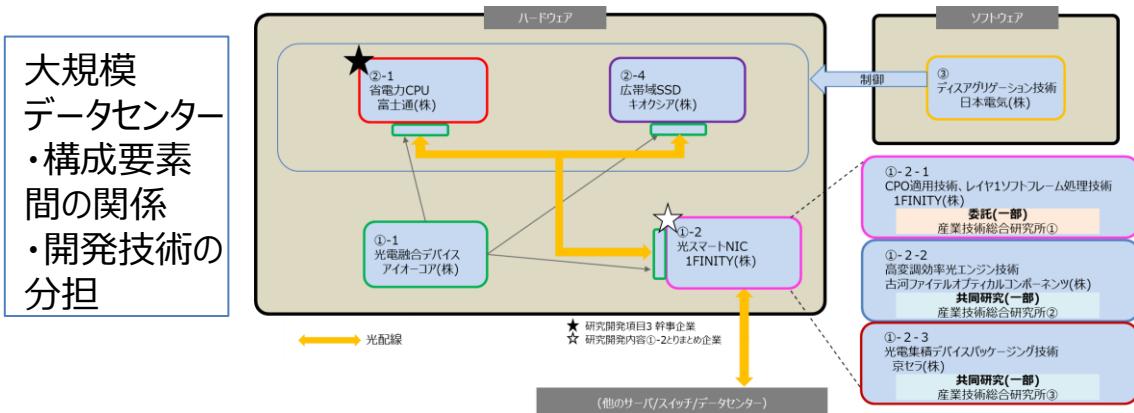
- 革新的省エネ技術である「光電融合技術」がゲームチェンジ技術として登場
- サーバを CPU やメモリ等の機能単位で分割し、計算負荷に最適配置することで、システム全体を高効率化する、ディスアグリゲーション技術の検討が進められている。

- 市場機会： CPU 等は現在、電気で配線されている。光配線を実現する上で必要なデバイス直近に配置できる光モジュールはサイズ、高温耐性の問題から存在していない。
- 社会・顧客・国民等に与えるインパクト： データの急増によるデータセンターの消費電力の課題が解決できる

カーボンニュートラル社会における産業アーキテクチャ

目的： データセンターの省エネ化、および、データセンターサーバ市場への参入・シェアの拡大を実現すること

- ✓ 大規模データセンターの省エネ化に向け「光電融合技術」と「ディスアグリゲーション技術」を導入し、データセンターの40%省エネ
- ✓ アイオーコア(株)は、「光電融合技術」による小型光モジュールを開発し、データセンター内の電気配線を光配線に置き換えることで省エネ化、および、データセンターサーバ市場への参入を図る



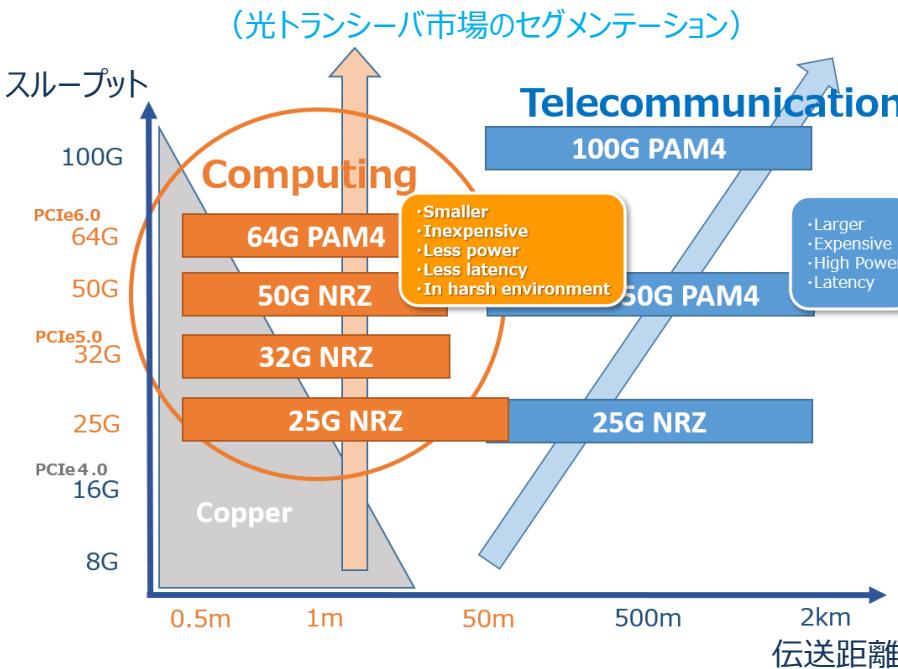
- 当該変化に対する経営ビジョン： アイオーコア(株)が開発する光モジュールは、世界最小、100°Cで動作可能という特徴からサーバ内の光配線に適用可能であり、データセンターサーバの省エネ化、および、新たな市場を開くことができる。

1. 事業戦略・事業計画／(2) 市場のセグメント・ターゲット

コンピューティング市場においてサーバー間／LSI間など短距離インターフェイスターゲットとして想定

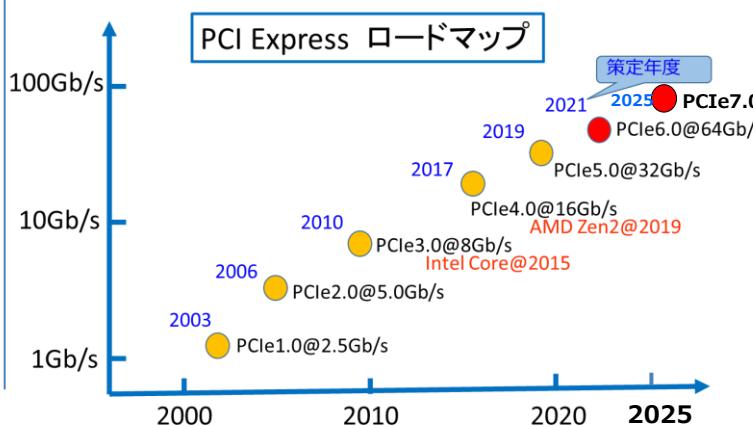
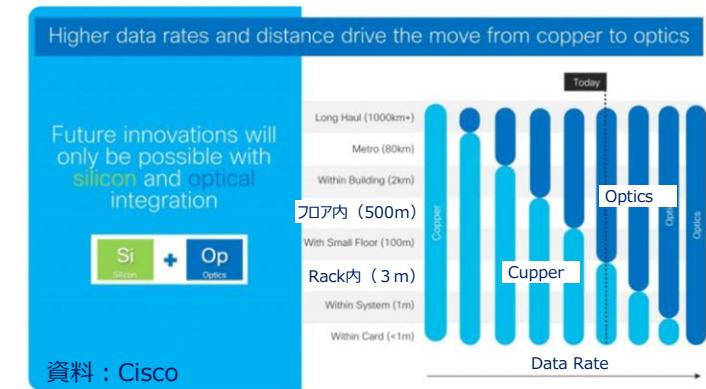
セグメント分析

- コンピューティング能力向上にあくなき渴望感
 - HPC、AI、Edge Computing、自動運転など
- コンピューティング能力の向上には並列処理・分散処理が必須だが、半導体間の高速通信がボトルネック
- 銅配線から光配線の転換の幕開け
 - 2019年 PCIe5.0が策定され32Gbps NRZを採用
 - 次のPCIe6.0は64Gbps PAM4



ターゲットの概要

自動運転、産業機械なども、光配線が必要となり、特に遅延（レイテンシー）の低減が不可欠
→ Edge Computing、半導体製造装置、医療機器などで光配線化が進展
→ 産業用途では屋外使用下（高温下）での高い信頼性（メンテナンスフリー）が求められる



- ◆データセンター内の光化はTop of Rack (ToR)まで進展（大規模データセンター）
- ◆今後、ToR内（サーバラック内）に光化が進展
- ◆LSI近傍では100°C以上の温度耐性が必要であり、光デバイスの高温耐性が非常に重要
- ◆アイオーコア社が狙うマーケットは、ToR内、即ち、コンピューティングの光化
- ◆2019年にPCIe5.0 (32Gbps) が策定
- ◆PCIe5.0市場は2022年から急速に拡大
 - クラウド/IT : GAFA、IBM、Microsoft、Cisco、Intel、AMD、NVIDIA、富士通、日立など
- ◆AI、機械学習、クラウド及び量子コンピューティング、さらには軍事および航空宇宙分野などのアプリケーションの進展により、2022年6月にPCIe 7.0(128Gbps, 64GBaud PAM4)が2025年に規格がリリースされると標準化団体であるPCI-SIGから発表

1. 事業戦略・事業計画／(3) 提供価値・ビジネスモデル

光電融合技術を用いてコンピューティング能力を飛躍的に向上させる

社会・顧客に対する提供価値

【市場分析】

技術的背景としては、半導体微細化の限界、多様な半導体の相互高速接続によるコンピューティング能力の向上への要求がある

既に、国内外の大手半導体メーカー、データセンター事業者、産業機械メーカー等より、32Gbps NRZ、64Gbps PAM4へのニーズが寄せられている

能力向上のカギはコンピュータ内でのデータ伝送の高速化、低レイテンシ化、高温動作、高信頼性を満たす光トランシーバ

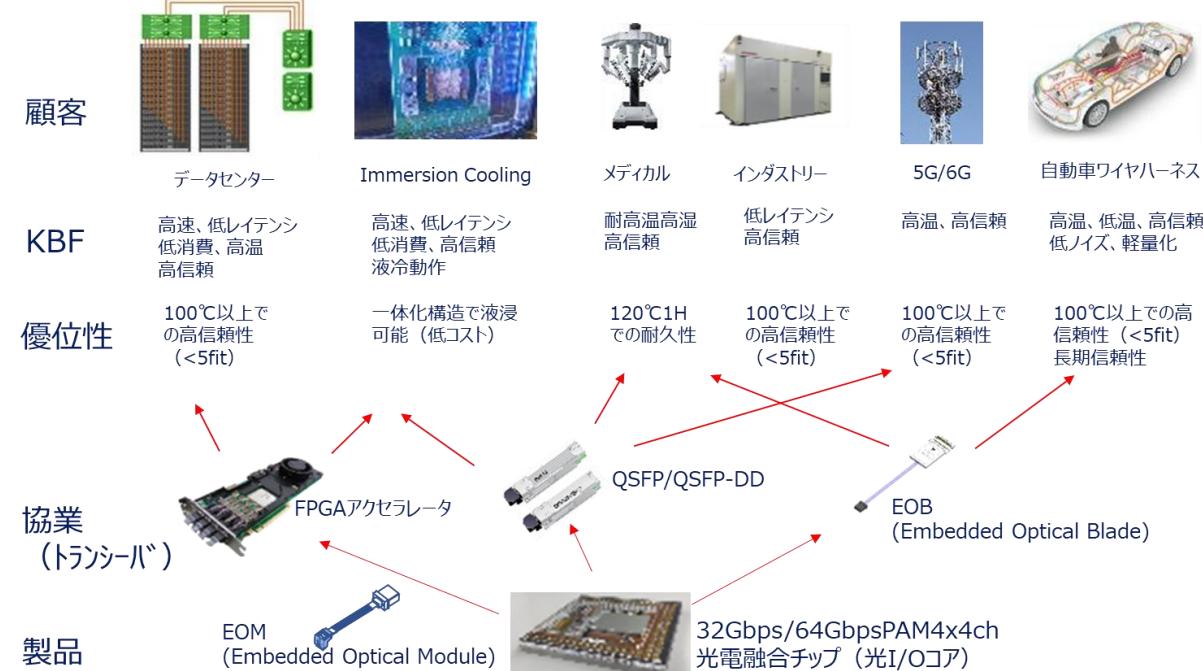
米国企業を中心に、CPO (Co-packaged Optics) 光トランシーバ開発競争が激化している

【自社の強み】

アイオーコア社は研究組合PETRAの超小型光トランシーバ技術を継承し、25Gbps光I/Oコアの市場展開を開始。高速、低消費、小型という特徴に加え、高温、高信頼の光トランシーバとして顧客開拓中。特に、高温、高信頼性については他社の性能を凌駕している

1. 付加価値を創出するデマンド・チェーンの構築

- ✓ データセンターを始めとする顧客に対し、協業企業と連携を図り、製品提案、市場開拓を実施
- ✓ 光電融合チップの有するKBF (Key Buying Factor) を生かし、ターゲット顧客を獲得



2. 付加価値の源泉

- ✓ 100°C以上の高信頼・低レイテンシ動作を可能とする光電融合チップ（光I/Oコア）により、CPU等の極近に光トランシーバを配置し、コンピューティング能力を飛躍的に向上させる
- ✓ データセンターにおいて、従来の銅配線を光配線に置き換えることにより、90%以上の省エネルギー化を図る
- ✓ 100°C以上の高信頼動作は光I/Oコアのみ可能
- ✓ 液冷動作、耐高温高湿特性などのユニークな特性により協業企業とともに顧客拡大を図る
- ✓ 高温、高信頼に加え、光配線による低ノイズ化、軽量化の特性は自動車応用からも注目される

1. 事業戦略・事業計画／(3) 提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）

データセンタにおける標準規格（PCIe）に準拠した光電融合デバイスを開発

標準化を活用した事業化戦略（標準化戦略）の取組方針・考え方

- ・コンピューティング市場においてサーバー間／LSI間など短距離インターフェイスがターゲット
- ・データセンター内のサーバ、ストレージ等の情報機器のインターフェースの規格としてPCIeが標準的に用いられていることから、PCIeに準拠した光電融合デバイスを開発
- ・インターフェースの規格情報を的確に入手し、技術開発を進めることが重要
- ・インターフェースの規格を決める先端顧客及び競合技術は海外となるため情報アクセスに米国競合企業に劣後しないことが必要
- ・そのために以下を実施している
 - ✓ 米欧の大手企業とは定期的にWebミーティングを実施
 - ✓ 海外に経験あるコンサルタントを配置、海外企業のニーズを細かく把握
 - ✓ 光のインターフェースに関する国際標準化団体に参加し、会議で最新情報を収集

国内外の動向・自社のルール形成（標準化等）の取組状況

（国内外の標準化や規制の動向）

- ・PCIe 5.0 (32Gbps) は2019年3月、6.0 (64Gbps) は2022年1月に電気の規格が完成
- ・光技術によって距離の制約を緩和し、拡張メモリやディスアグリゲーションなどのアプリケーションの拡大を目的とした、光ケーブルワーキンググループ（Optical Cable Working Group (OWG)）がPCI-SIG内に2023年8月に発足
- ・OWGのミッション
 - ✓ PCIeのプロトコルに変更を加えず、光との親和性を持ったインターフェースを提供
 - ✓ QSFP-DD等の既存のプラガブル光モジュールやオンボード光モジュールでの相互接続性を確保
- ・PCIe特有の課題である、制御信号（サイドバンド信号）につき、電気－光の整合を行うリタイマ方式を採用し、6月11日にPCIe6.4として発行
- ・相互接続試験は標準化文書制定後の試験環境の進展に合わせて実施していく（市場導入に向けた自社による標準化、知財、規制対応等に関する取組）
 - ・アイオーコアで開発した光電融合デバイス、光I/Oコアのパッケージ標準、性能標準のIEC規格を取得済み
 - ・光I/Oコアに関する特許を日米で20件以上所有

本事業期間におけるオープン戦略（標準化等）またはクローズ戦略（知財等）の具体的な取組内容（※推進体制については、3.(1)組織内の事業推進体制に記載）

標準化戦略

- ・PCIe6.0に準拠したインターフェースの光電融合デバイスを開発
- ・国際標準化担当者をアサインし、PCI-SIG、OIF (Optical Internetworking Forum)、IEEE、IEC等の標準化団体に参画

知財戦略

- ・光I/Oコアの構造等を特許化
- ・実装装置を内製化し、実装方法とともに社内にクローズ

1. 事業戦略・事業計画／(4) 経営資源・ポジショニング

光電融合の強みを活かして、社会・顧客に対して高速、省エネという価値を提供

ターゲットに対する提供価値

- 高温動作し信頼性の高い光電融合技術の提供 Near-Packaged Opticsの実現
- 標準化された電気接続、Socket-able、Plug-ableな光トランシーバとしての製品提供
- 銅線に比較し、省エネ、低遅延、長い距離の伝送が可能

自社の強み

- 光電融合技術を構成する量子ドットレーザー、シリフォト、IC及び実装技術に精通し、求められる製品技術の実現に最も近い
- 複数の協業企業との連携を構築済であり、光トランシーバとしての製品提供が可能
- サプライチェーンを構築済であり、設計から製造までトータルで開発・品質管理が可能

自社の弱み

- 競合技術は海外となるため情報アクセスに米国競合企業に劣後する場合がある

対応

- 米欧の大手企業とは定期的にWebミーティングを実施
- 海外に経験あるコンサルタントを配置、海外企業のニーズを細かく把握

他社に対する比較優位性

技術

自社

- 差別化要因は高温動作と信頼性
- 厳しい動作環境が求められるHPC、車載応用、宇宙、医療などの領域が想定市場
- 光ピン製造、LD搭載など装置の自動化を図り、実装コストを下げる製造技術を開発し、競合よりも低コストを実現

(将来)

- 更に高温での動作を追求(~125°C)

競合A社

- 高温動作を実現できていない (~85°C)
- LDはVCSELであり、信頼性に課題

顧客基盤

- 国内の主要コネクタメーカーの3社は弊社の株主として資金的にサポート
- 最終顧客にはコネクタメーカーでカスタマイズしたモジュールを供給
- コネクタメーカーを通じて最終顧客との連携をすでに開始

- 液浸冷却を採用するHPCに提供
- 自動車の光ハーネスへの適用

- 米欧の大手企業と連携

サプライチェーン

- 高温動作、高信頼性の肝となる量子ドットレーザーはQDレーザー社と強い連携をもっており、他社との優位性を保っている。
- コネクタメーカーとの連携によりモジュール化もスムーズに進み、他社との差別化が測れている。

- 高温動作の肝となる
130°C超で動作可能な量子ドットレーザを開発後、仕様を決定し外部調達

- 汎用のVCSELを光源としており、光源の供給に関しては優位な状況
- ただし、高温動作、高信頼性がキーとなる弊社が狙っている市場には適用できない

その他経営資源

- これまで順調に増資を果たしており、資金面での不安はない。
- 人材についても量子ドットLDを使いこなすSiフォトニクス領域ではPETRA時代からの蓄積もあり、他社を凌駕している。

- 一方、技術ベンチャー企業であり現在は本格的な売り上げが始まらないことから、収益性が課題

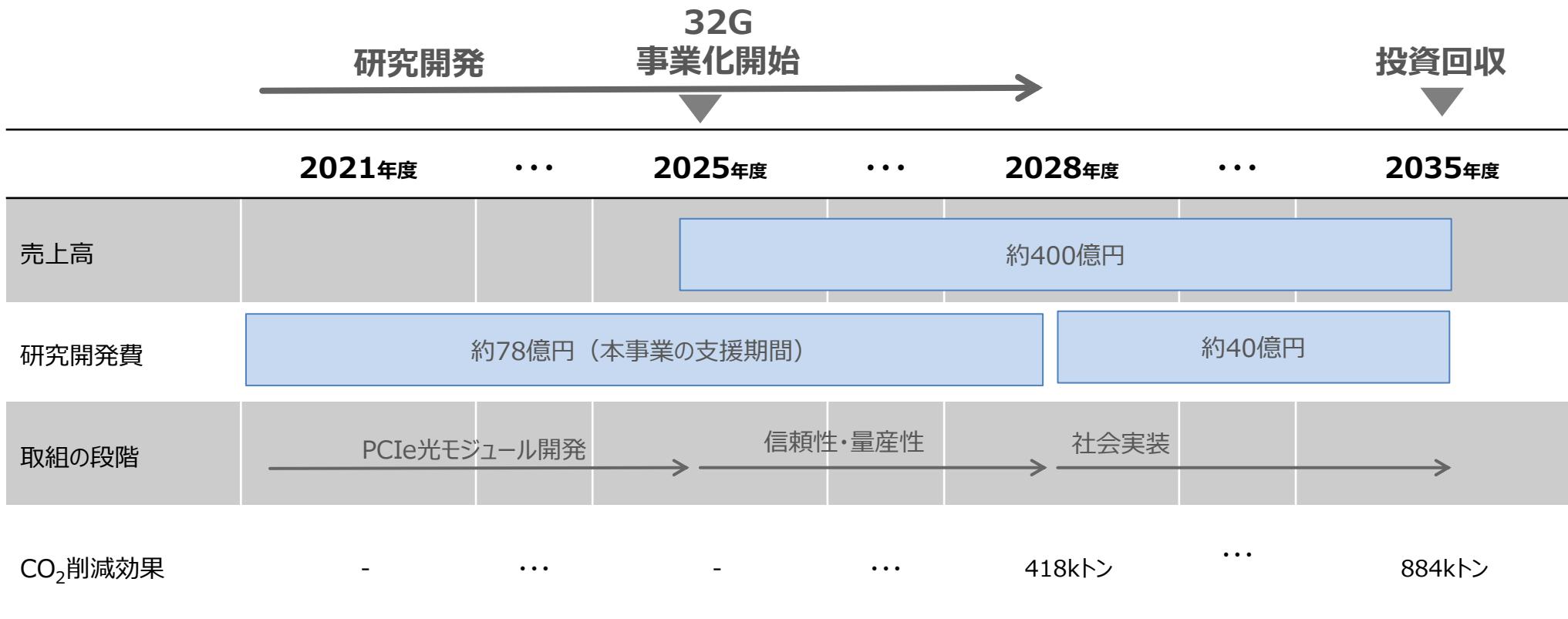
- 大手企業内で資金を手当て
- 経験ある技術人材を確保

1. 事業戦略・事業計画／(5) 事業計画の全体像

研究開発4年目の2025年以降、研究開発成果を順次切り出し事業化、2035年頃の投資回収を想定

投資計画

- ✓ 本事業終了後も2029年度以降継続的な設備投資が必要
- ✓ データセンタ市場での販売を図り、2031年度に本プロジェクト研究開発費の回収予定



1. 事業戦略・事業計画／(6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画

研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進

研究開発段階からユーザーのニーズ（高温動作、低消費電力、低レイテンシなど）を把握し、適正な設備投資を進め、タイムリーな製品提供を図る。

研究開発・実証

取組方針

- 技術研究組合PETRAでのNEDOプロジェクトの成果が基盤
- 高温動作可能なQDレーザとICをオンチップに搭載し、光ピン構造を導入することで超小型3次元実装を実現
- 光トランシーバの外観、性能、製造方法等を知財化し、インターフェース部を標準化
- クローズ戦略として、実装方法、装置仕様等をブラックボックス化し、誰も容易にまねのできない体制を築く



進捗状況

- 世界に2社あるPCIeのIPベンダと技術的協議を進め、協業先を選定した。回路設計を推進した。



国際競争上の優位性

- 100°C以上の高温高信頼で動作する光トランシーバはアイオーコア社の光I/Oコアだけ
- 世界最小クラスの3次元モジュール
- 製造装置のオペレーションアルゴリズムなどをブラックボックス化し、競合との優位性を維持
- 実装プロセスに自動化を導入することで、コストダウンへつなげる



設備投資

- 光I/Oコア実装設備をEMS等に持ち込み、実装技術を移転する。EMS等に製品売上規模に応じた適正な設備投資を行う
- シリフォトのファンダリ企業に重要設備装置（Geエピ装置）を持ち込み、装置の共同活用を通じて、シリフォトファブとの連携強化
- 高温化の肝となるレーザに関して2社購買を通じてコストダウン及び安定供給を図る



- 社会実装を実現する上で低コスト化を進めるために、大月センターに高効率、高精度化を図る試作ラインを構築
- 生産技術の革新を図り、低コスト化と十分な供給体制を目指す



マーケティング

- グローバルユーザー（Intel、Microsoft、Cisco、Seagateなど）との対話を通じて的確にニーズを把握
- システムへの導入時期を探り、適正規模の設備投資を行い、適正コストでの販売を継続



- 国内外のユーザーへのヒアリングを継続し、高温（～100°C）の環境温度や液浸などの耐環境性に対する要求が強いことを確認
- これまでの光トランシーバでは対応できない領域であり、我々の光I/Oコアへの期待は高い



- ユーザーのニーズ（高温動作、高信頼、低消費電力、低レイテンシなど）に応えるタイムリーな製品提供により、他社との差別化を図る

1. 事業戦略・事業計画／(6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画（ターゲット市場の明確化）

I-Tempや液浸環境など厳しい動作環境で、かつリペアコストが高めの市場（下図の黄色）での光I/Oコアへの期待が高まっている

	C-Temp (0°C~70°C)	I-Temp (-40°C~90°C)	液浸環境
リペアコスト 低	Data Center Conventional		
リペアコスト 中		<p>Distributed Computing Supercomputer</p> <p>The diagram illustrates a distributed computing supercomputer architecture. It shows a hardware layer with a CPU (2-1), SSD (2-4), and NIC (2-2). A software layer includes an OS (3) and MPI library (3). A cooling system (3) is also shown. Callouts provide detailed information: ①-1 for the CPU, ②-1 for the optical module, ②-2 for the NIC, ③-1 for the OS, ③-2-1 for the MPI library, ③-2-2 for the cooling system, and ④ for the power supply.</p>	<p>HPC</p> <p>Microsoft, Google, Intelなど液浸のHPCに着手</p>
リペアコスト 高		<p>In Field/5G,6G Machine Auto, Airplane Military</p>	<p>MEC</p> <p>国内でもKDDIなど液浸MECに着手</p> <p>https://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2021/06/21/5196.html</p>

1. 事業戦略・事業計画／(6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画（データセンターのマーケットトレンド）

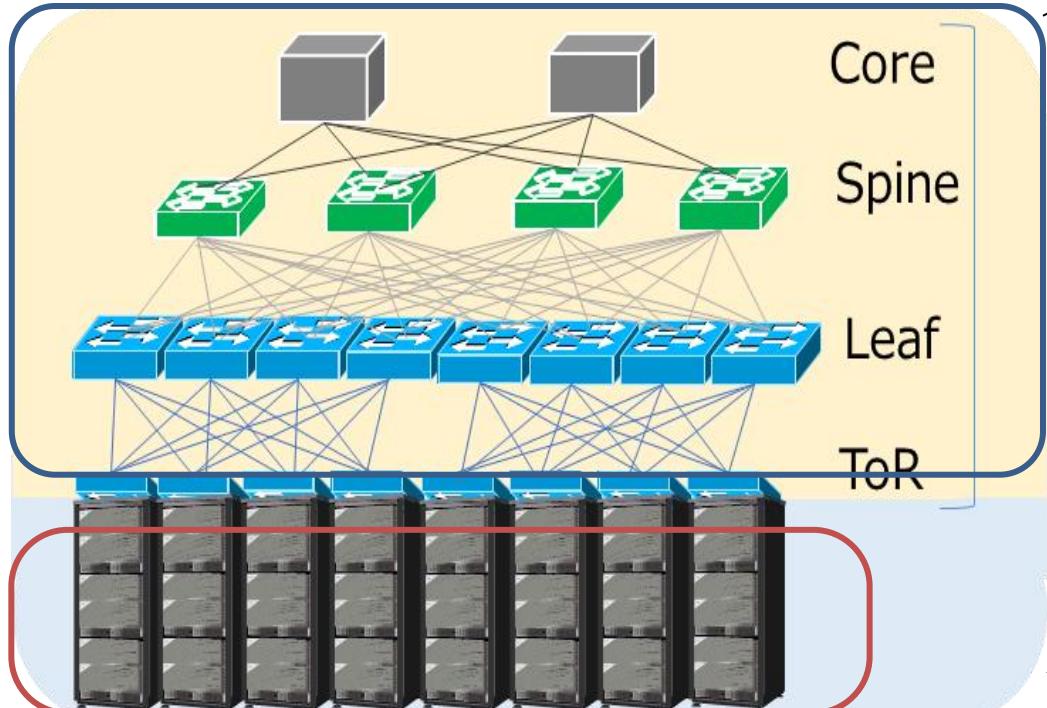
CXLを利用した光配線により、データ帯域を犠牲にせずに広帯域なメモリーやSSDなどの接続距離の延伸が可能となった

- 従来の光トランシーバ市場はデータセンターのスイッチネットワーク
- スイッチネットワークで使われるEthernetはベストエフォート型で、光通信は標準的
- 今後はサーバー間の短距離通信の領域が新たな市場、PCIe/CXLはギャランティ型で、光配線での実現は世界初のチャレンジ

データセンタの層構造

Existing Market

スイッチを中心とするレイヤにはすでに光インターフェースが導入されている



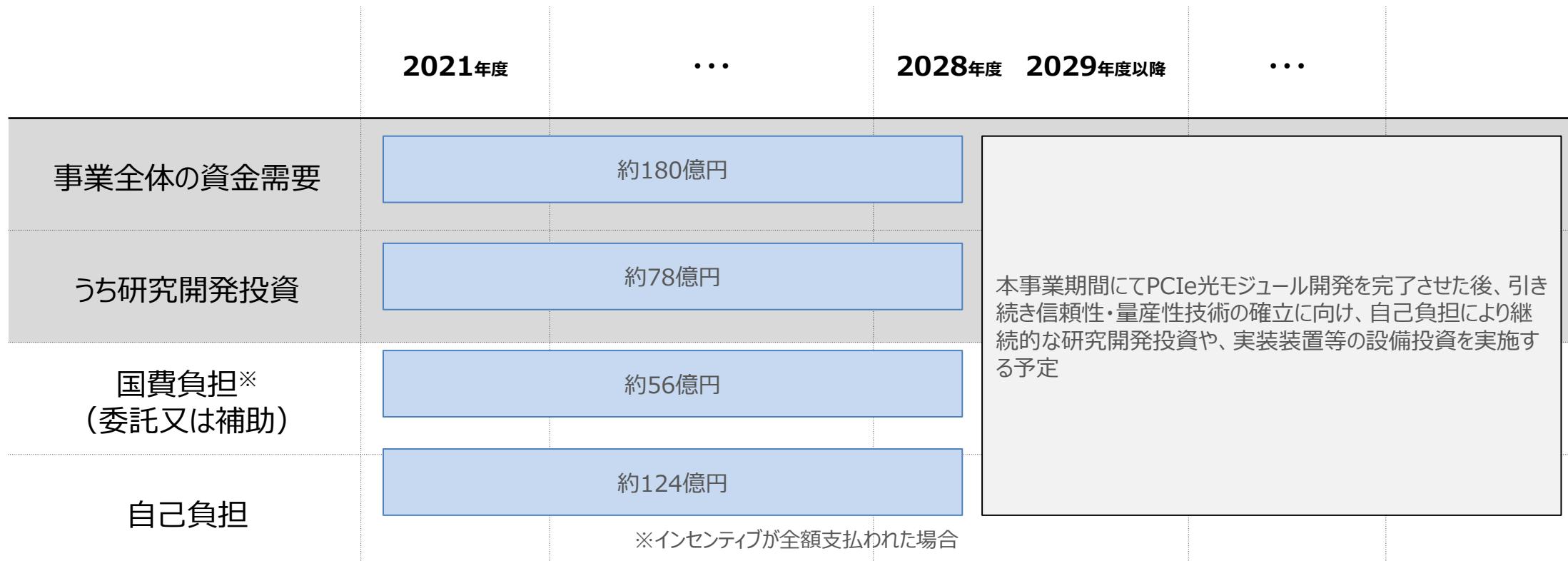
Emerging Market Distributed Computing

CPU、GPU、メモリをつなぐ配線はPCIeのプロトコルに対応する必要があり、光化は今後の課題

	2022	2025	2027	2030
Ethernet	28G 56GPAM4	56G PAM4 100G PAM4	100G PAM4 (200G PAM4)	
		~2m Copper		
		1~20,000m Optics		
PCIe/CXL	PCIe4.0 16G	PCIe5.0 <u>32G</u>	PCIe6.0 <u>64G</u> PAM4	PCIe7.0 128G PAM4
	Chiplet	• Disaggregation • Memory Centric		
	~3m Copper		~2m Copper	
			1~50m Optics	

1. 事業戦略・事業計画／(7) 資金計画

国の支援に加えて、124億円規模の自己負担を予定



2. 研究開発計画

2.1 共同実施による研究開発内容

2.1 共同実施による研究開発内容／(1) 研究開発目標

DCの省電力化40%以上というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目

【研究開発項目3】

次世代グリーンデータセンター技術開発

アウトプット目標

2030 年までに、研究開発開始時点で普及しているデータセンターと比較して 40%以上の省エネ化を実現

研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方
① -1 光電融合デバイス開発	・PCIe6.0 に対応した光トランシーバを開発 ・チップ間接続の消費電力を電気配線と比較して 90%削減	DCの4.4%の電力消費が電気配線であり、光配線化することで配線に関わる電力を1/10までに削減する
① -2 光スマートNIC開発	・ビットあたり消費電力を研究開発開始時点比で1/10へ削減	研究開発開始時点の光伝送装置の消費電力から、CPO技術適用とレイヤ1ソフトフレーム処理技術適用によりビット当たりの消費電力1/10を実現する
② -1 省電力CPU開発	・現行自社CPU(A64FX)に対し10倍の電力効率向上	DCの省電力化40%以上を達成するためには、消費電力占有率が最も高いCPUの電力効率を10倍に改善する高い目標設定が必要
② -4 広帯域 SSD 開発	・連続リード性能(或いは帯域)を現行(PCIe® Gen.3世代相当)から8倍にする	サーバーの電力効率を向上させるためにはストレージの広帯域化が必要。2028年にストレージシステムとして1024GT/sを達成する
③ ディスアグリゲーション技術の開発	・制御対象機器の利用効率の最適化により、制御対象機器を制御しない場合と比較して消費電力20%の削減	ワーカロード特性に対応した動的構成変更により、最適なソースを割り当て、不要部分の電力を削減することで消費電力を20%程度改善

2.1 共同実施による研究開発内容／(2) 研究開発内容

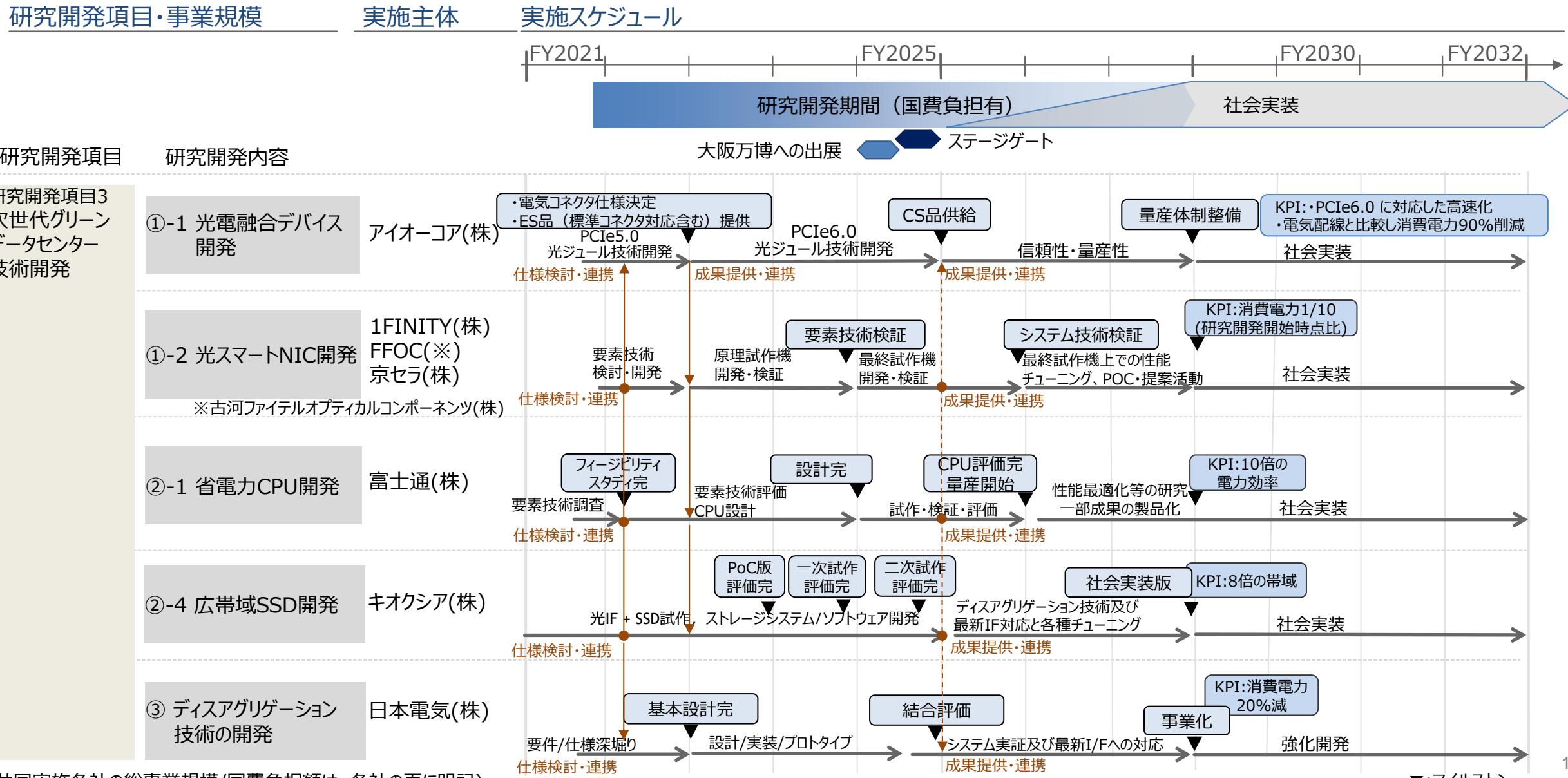
各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

KPI	研究開発開始時	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1-1 光電融合デバイス開発	・PCIe6.0 に対応 ・電気配線と比較して電力 90% 減	電子回路等の要素技術(TRL4) ← 信頼性・量産性を満足した製品レベル(TRL9)	• 低損失シリコンフォトニクス回路技術 ① リニアリティの高い光素子による高速PCIe6.0 (32GBau, PAM4) ② 電子回路のCDRが不要となり低電力化	低損失シリコンフォトニクス回路の適用により高い実現可能性 (90%)
1-2 光スマートNIC開発	ビットあたり消費電力を研究開発開始時点比で1/10へ削減	レイヤ1ソフトフレーム処理技術は研究開発段階 (TRL2) ← 製品一歩手前のプロトタイプ機の完成(TRL6)	• システム、部品、集積の3要素技術を集結 - システム：CPO適用技術、レイヤ1ソフトフレーム処理技術 - 部品：高変調効率光エンジン技術 - 集積：光電集積デバイスパッケージング技術	世界最高水準の技術を持つ3社の集結で成功確率は高い (80%)
2-1 省電力 CPU 開発	現行自社CPU(A64FX)に対し10倍の電力効率向上	一部の技術開発項目において、原理確認段階 (TRL1) ← 技術開発の検証・評価と、後半の実証システムに向けた試作(TRL4)	• 富岳で採用した省電力回路設計技術を進化 • 省電力につながる新しいデバイスの取り込みや、テクノロジを開発	最先端半導体TEGでの性能確認により高い実現可能性(80%)
2-4 広帯域 SSD 開発	連続リード性能(或いは帯域)を現行(PCIe® Gen.3世代相当)から8倍にする	PCIe® Gen3相当(TRL3) ← PCIe® Gen6相当(TRL7)	• 光インターフェイスブリッジの最適実装 • 光直接接続でのストレージシステム構成単純化による広帯域化、低遅延化、低電力化 • ストレージ管理ソフトウェアのディスアグリゲーション対応	世の中のPCIe® 製品の開発動向や共同開発会社の成果に依存する部分あり (80%)
3 ディスアグリゲーション技術の開発	効率の最適化により、制御対象機器を制御しない場合と比較して消費電力20%の削減	マシン単位の構成制御・自動構成方式検討(TRL2) ← コンポーネント単位のAP要求性能に応じた動的自動構成変更 (TRL7)	• 動的構成変更技術の研究・開発 - 方式① インフラ動的構成変更 - 方式② AP実行制御	自動設計・構成技術を拡張(80%)

※PCIe は、PCI-SIG の登録商標です。

2.1 共同実施による研究開発内容／(3) 実施スケジュール

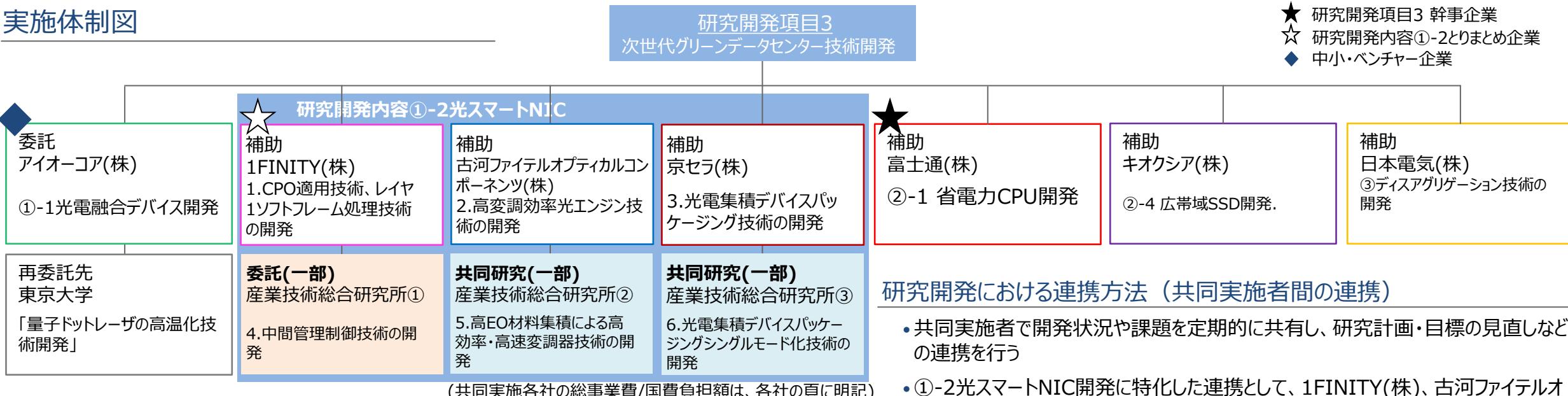
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



2.1 共同実施による研究開発内容／(4) 研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



各主体の役割

- 研究開発項目3は、アイオーコア(株)、富士通(株)、日本電気(株)、キオクシア(株)、1FINITY(株)、古河ファイテルオプティカルコンポーネンツ(株)、京セラ(株)による共同実施である
- 研究開発内容①-1光電融合デバイス開発はアイオーコア(株)が担当し、「量子ドットレーザの高温化技術の開発」を東京大学に再委託する
- 研究開発内容①-2光スマートNIC開発は、1FINITY(株)、古河ファイテルオプティカルコンポーネンツ(株)、京セラ(株)の3者が担当する、また一部を産業技術総合研究所が担当する
- ②-1省電力CPU開発は富士通(株)が担当する
- ②-4広帯域SSD開発はキオクシア(株)が担当する
- ③ディスアグリゲーション技術の開発は日本電気(株)が担当する

- ★ 研究開発項目3 幹事企業
- ☆ 研究開発内容①-2とりまとめ企業
- ◆ 中小・ベンチャー企業

研究開発における連携方法（共同実施者間の連携）

- 共同実施者で開発状況や課題を定期的に共有し、研究計画・目標の見直しなどの連携を行う
- ①-2光スマートNIC開発に特化した連携として、1FINITY(株)、古河ファイテルオプティカルコンポーネンツ(株)、京セラ(株)、および産業技術総合研究所で開発状況や課題を定期的に共有し、研究計画・目標の見直しなどの連携を行う
- これらの連携により、ステージゲート、社会実装に向けて互いに連携し、KPI、及び、アウトプットの目標達成を目指す

共同実施者以外の本プロジェクトにおける他実施者等との連携

- 次世代グリーンデータセンター用デバイス・システムに関する協議会を設置し、外部機関と連携を行う

中小・ベンチャー企業の参画

- 中小・ベンチャー企業であるアイオーコア(株)が参画

2.1 共同実施による研究開発内容／(5) 技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
研究開発項目3 次世代グリーン データセンター 技術開発	① -1 光電融合デバイス開発	<ul style="list-style-type: none"> 25Gbps × 4チャネルの超小型光トランシーバ「光I/Oコア」をアイオーコア(株)が製品化 100°Cで動作可能な光モジュールの設計・製造技術をアイオーコア(株)が保有 	<p>5x5mm²の「光I/Oコア」は世界最小</p> <p>100°Cで動作可能な光モジュールを製造できる企業はアイオーコアのみ</p> <p>競合他社との価格競争がリスク</p>
	① -2 光スマートNIC開発	<ul style="list-style-type: none"> 国内・北米を中心に行っている最先端光伝送装置のハードウェア・ソフトウェア開発技術 上記に適用するFPGA等の論理回路設計技術、ネットワークOS、ネットワーク運用ソフトウェアの設計技術を有する 	<p>光スマートNICは研究開発開始時点の光伝送装置、スマートNICに対し、フレキシビリティ・電力・伝送容量/距離等の指標で優位性を有する</p> <p>大手チップベンダーが類似製品を開発販売すること、実施者がデータセンター市場に十分なフットプリントがないことがリスク</p>
	② -1 省電力CPU開発	<ul style="list-style-type: none"> 省電力プロセッサ開発技術 (Green500 No.1@2019年) ハイエンドプロセッサ開発技術 (富岳4冠、UNIX/メインフレーム製品出荷) 	<p>優位性：Intel CPUに対して、3倍の電力性能を達成</p> <p>優位性：富岳性能4期連続4冠達成</p> <p>リスク：開発技術のQCD目標未達</p>
	② -4 広帯域SSD開発	<ul style="list-style-type: none"> NVMe™ SSD ストレージ管理ソフトウェア 	<p>優位性：NANDフラッシュメモリからSSDまで完全内部設計なので、最新技術の導入が容易</p> <p>リスク：市場・顧客動向の変化が激しい「データセンタービジネス」に於いて、製品仕様策定や、急な要求変更に対し、競合に遅れをとるリスクあり</p>
	③ ディスクアグリゲーション 技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 仮想・物理構成変更技術 PF抽象化・設計自動化技術 	<p>従来装置の構成変更技術に対する継続的な取り組み</p> <p>要件から設計・構成を導出する技術に関する研究成果はNEC優位</p>

2.2 光電融合デバイス開発

2. 2 光電融合デバイス開発／（1）研究開発目標

DCの省力化40%以上というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発テーマ	アウトプット目標	
1 -1 光電融合デバイス開発	<ul style="list-style-type: none">PCIe6.0 に対応した光トランシーバを開発チップ間接続の消費電力を電気配線と比較して90%削減	
研究開発課題	KPI	KPI設定の考え方
1 PCIe5.0光モジュール 技術開発	32G/laneの光I/Oコアを搭載した光モジュールを開発し最大動作温度100°Cを実証する。	DC内のインターフェースの規格としてPCIeの導入が始まっている。次世代DC向けに検討が進んでいるPCIe5.0 (32Gbps) で先行して高温動作可能な光モジュール技術を開発する。
2 PCIe6.0光モジュール 技術開発	64G_PAM4光I/Oコアを搭載した光モジュールを開発し最大動作温度100°Cを実証する。	2028年以降にPCIe6.0(64Gbps)が徐々に普及していくと予想されることから、最終課題としてPCIe 6.0の高温動作可能な光モジュール技術を開発する。
3 量子ドットレーザの高温化技術の開発	130°C超で動作可能な量子ドットレーザを実現する。	CPU等の消費電力がさらに増加し、光モジュール周辺の発熱量が増大する可能性があることから、将来技術としてさらなる高温動作を可能とするレーザ技術を開発する。

2. 2 光電融合デバイス開発／(2) 研究開発内容（全体像）

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

研究開発内容	KPI	現状	達成レベル (2030年)	解決方法	実現可能性 (成功確率)
① -1 光電融合デバイス 開発	・PCIe6.0 に 対応 ・電気配線と 比較して電力 90%減	電子回路等 の要素技術 (TRL4)	信頼性・量 産性を満足 した製品レ ベル(TRL9)	<ul style="list-style-type: none">低損失シリコンフォトニクス回路技術① リニアリティの高い光素子による高速 PCIe6.0 (32GBau, PAM4)② 電子回路のCDRが不要となり低電力化	低損失シリコン フォトニクス回路 の適用により高い 実現可能性 (90%)

2.2 光電融合デバイス開発／(2) 研究開発内容（これまでの取組）

目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発テーマ

① -1
光電融合デバイス開発

アウトプット目標

- PCIe6.0 に対応した光トランシーバを開発
- チップ間接続の消費電力を電気配線と比較して90%削減

研究開発課題

① PCIe5.0光モジュール技術開発

直近のマイルストーン

PCIe5.0光モジュールで動作環境温度100°Cを達成し、光モジュールをサーバーシステムに供給（2023年度）

② PCIe6.0光モジュール技術開発

PCIe6.0 光モジュールの動作確認（2025年度）

③ 量子ドットレーザの高温化技術の開発

・新構造で130°Cで動作可能な量子ドットレーザの試作（2025年度）

これまでの開発進捗

- PCIe5.0光モジュールを32Gbpsで測定し、105°Cにおいてアイ波形を得た。
- PCIe5.0光モジュールの社会実装に向け、SSD応用並びにメモリープール応用においてPCIe接続の評価を行った。

- PCIe6.0 光モジュールの実装・組立が完了。
- PCIe6.0 光モジュールの動作特性の評価中。

・横方向障壁層(Lateral Potential Barrie Layer:LPBL) の材料のさらなる探索および量子ドットの発光特性の向上に向けた結晶成長条件の最適化により、200°Cでレーザ発振（パルスマード）を達成し、従来の動作温度（165°C）を大きく上回る高温動作に成功。

進捗度

○ オンスケジュール

△ 光モジュールの高速動作確認中

○ オンスケジュール

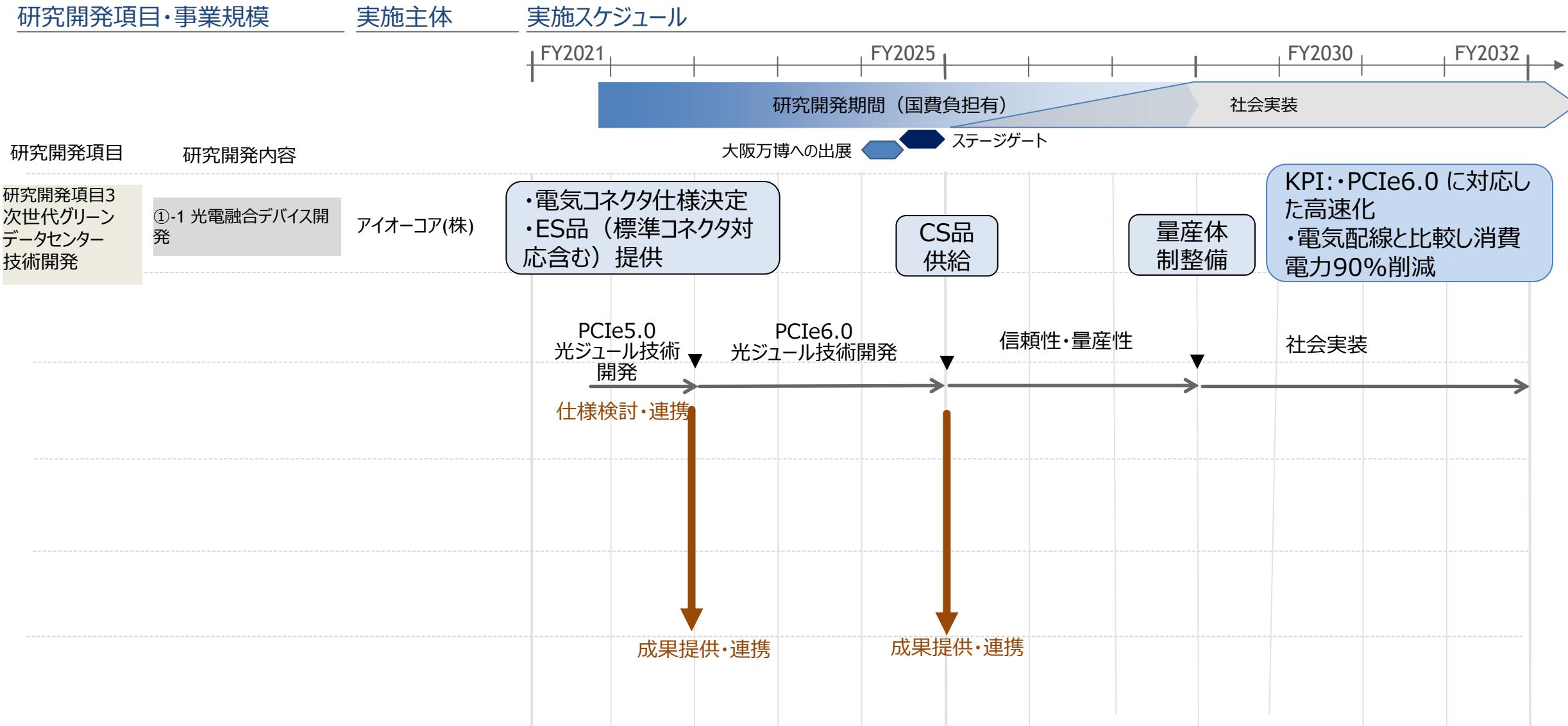
2.2 光電融合デバイス開発／(2) 研究開発内容（今後の取組）

目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発テーマ	アウトプット目標	研究開発課題	直近のマイルストーン	残された課題	解決の見通し
① -1 光電融合デバイス開発	・PCIe6.0 に対応した光トランシーバを開発 ・チップ間接続の消費電力を電気配線と比較して90%削減			なし	—
② PCIe5.0光モジュール技術開発	PCIe5.0光モジュールで動作環境温度100°Cを達成し、光モジュールをサーバーシステムに供給（2023年度）	② PCIe6.0光モジュール技術開発	PCIe6.0光モジュールの動作確認（2025年度）	・PCIe6.0光モジュール（64Gbps、PAM4）の高速動作実証	PCIe方式の検討を進め解決する見込み
③ 量子ドットレーザの高温化技術の開発	・新構造で130°Cで動作可能な量子ドットレーザの試作（2025年度）			・開発した新構造の量子ドットレーザが130°C超で連続発振（10秒）することをデータで示す	高性能レーザの組み立てを実施することで解決する見込み

2.2 光電融合デバイス開発／(3) 実施スケジュール

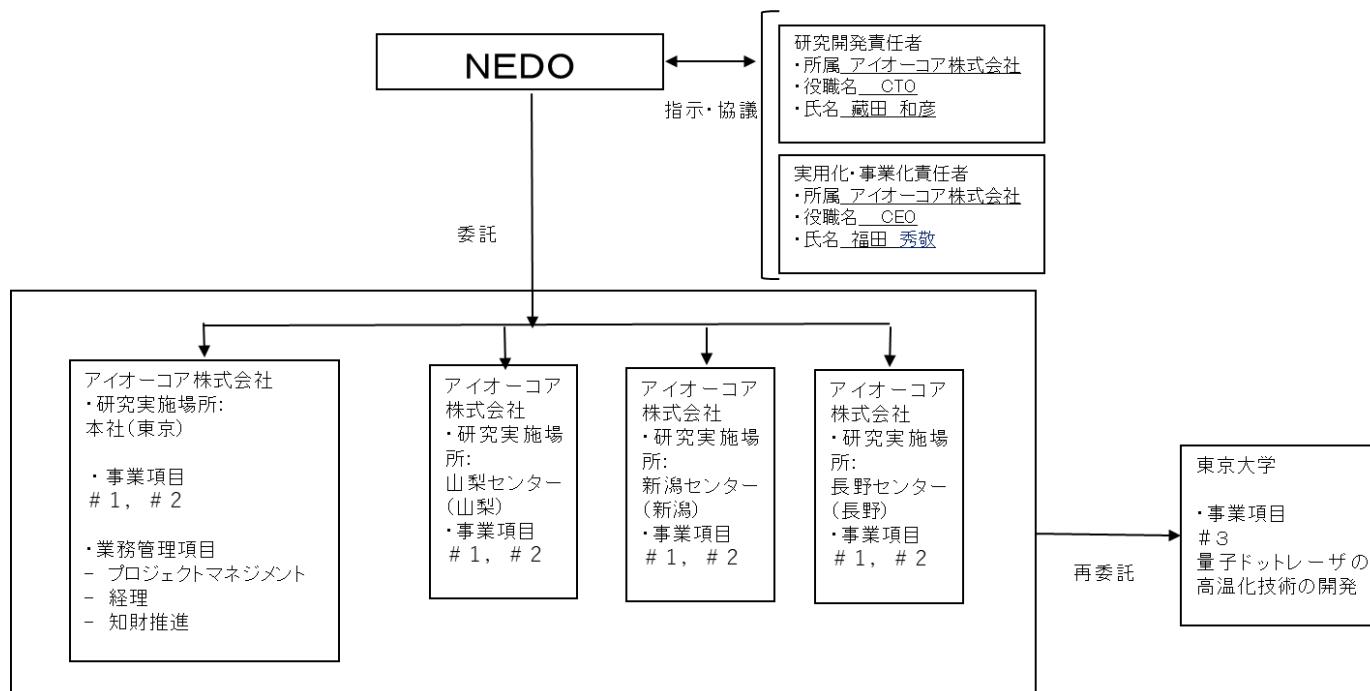
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



2.2 光電融合デバイス開発／(4) 研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



各主体の役割

- 研究開発内容①-1光電融合デバイス開発はアイオーコア(株)が担当し、「量子ドットレーザの高温化技術の開発」を東京大学に再委託する

研究開発における連携方法（共同実施者間の連携）

- 共同実施者で開発状況や課題を定期的に共有し、研究計画・目標の見直しなどの連携を行う
- これらの連携により、ステージゲート、社会実装に向けて互いに連携し、KPI、及び、アウトプットの目標達成を目指す

共同実施者以外の本プロジェクトにおける他実施者等との連携

- 次世代グリーンデータセンター用デバイス・システムに関する協議会を設置し、外部機関と連携を行う

中小・ベンチャー企業の参画

- 中小・ベンチャー企業であるアイオーコア(株)が参画

2.2 光電融合デバイス開発／（5）技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

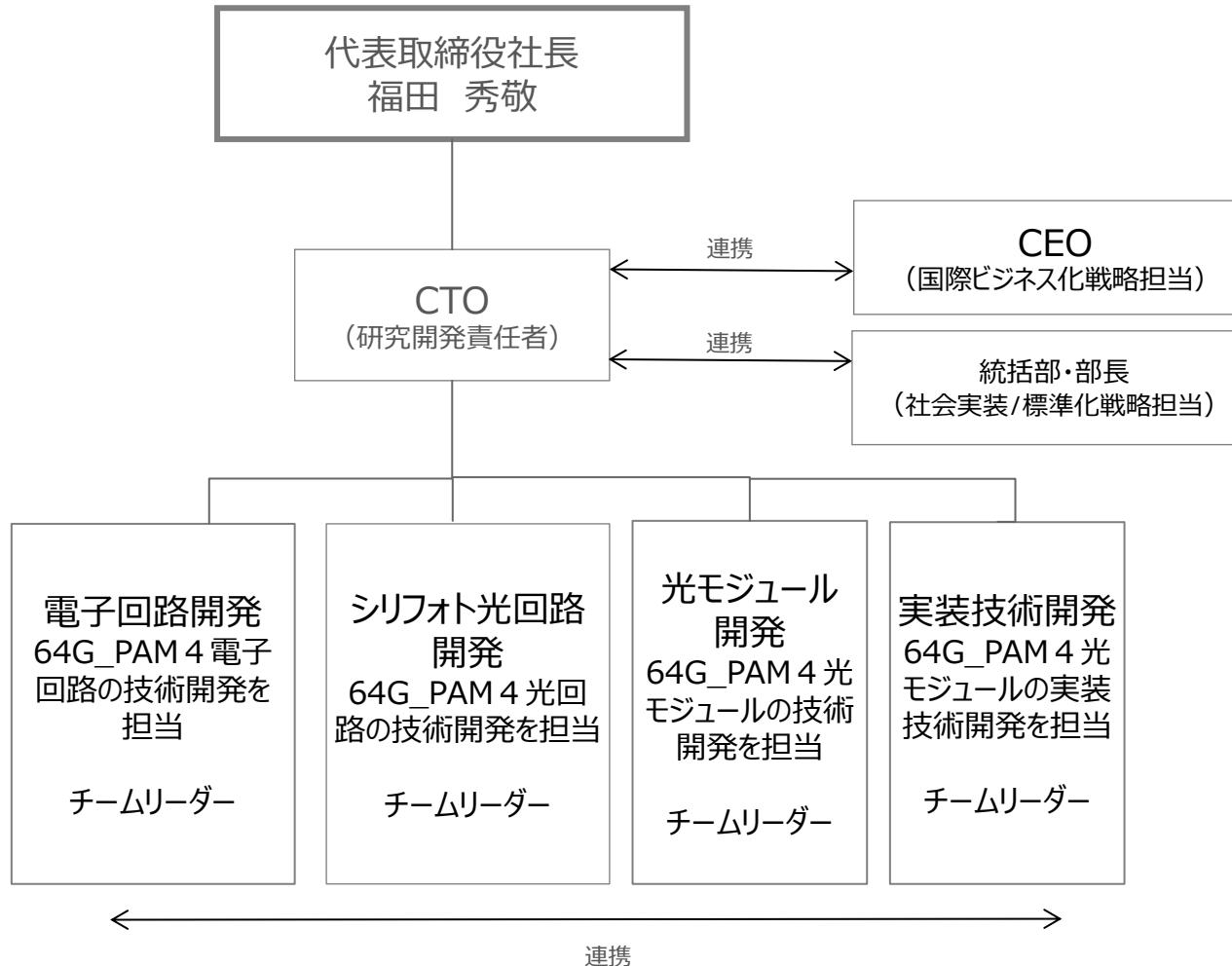
研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
研究開発項目3 次世代グリーン データセンター 技術開発	① -1 光電融合デバイス 開発	<ul style="list-style-type: none">• 25Gbps × 4チャネルの超小型光トランシーバ「光I/Oコア」をアイオーコア(株)が製品化• 100°Cで動作可能な光モジュールの設計・製造技術をアイオーコア(株)が保有	 <ul style="list-style-type: none">• 5x5mm²の「光I/Oコア」は世界最小• 100°Cで動作可能な光モジュールを製造できる企業はアイオーコアのみ• 競合他社との価格競争がリスク

3. イノベーション推進体制 (経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制

経営者のコミットメントの下、専門部署に複数チームを設置

組織内体制図



組織内の役割分担

研究開発責任者と担当部署

- 研究開発責任者
 - CTO : 研究開発全体を統括
- 国際ビジネス化戦略担当者 : CEO
- 社会実装/標準化戦略担当 : CTO
- 担当チーム
 - 電子回路開発 : 64G_PAM 4 電子回路の技術開発を担当
 - シリフォト光回路開発 : 64G_PAM 4 光回路の技術開発を担当
 - 光モジュール開発 : 64G_PAM 4 光モジュールの技術開発を担当
 - 実装技術開発 : 64G_PAM 4 光モジュールの実装技術開発を担当

部門間の連携方法

- コンパクトなベンチャー企業であり、全体会議、テーマごとの打ち合わせを適宜開催し、連携を図る

3. イノベーション推進体制／(2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与

経営者層が自ら現場の現状と課題を把握し、スピーディかつタイムリーな経営判断を遂行

経営ビジョン

- 良い技術を提供することにより、社会の皆の厚生を高めること

経営戦略

- コンピュータ領域における超小型低消費電力の光トランシーバを中心とした事業経営

経営者のリーダーシップ

- CEOが、社内外の幅広いステークホルダーに対して、行政や関連企業との対話や右記会議などを通じて当該事業の重要性をメッセージとして発信した
- カーボンニュートラルに関わる産業構造変革の仮説や自社の事業構造との関わりを社内外に示し、その中に当該事業を位置づけた

事業のモニタリング

- 右記会議体を主導し、経営、技術、製造、販売の各観点で、現状を把握し、課題を抽出した
- 関連メンバとの議論を通じて、タイムリーな対応策を推進した

会議体系

- 取締役会
 - 月1回
 - 参加者；常勤取締役、外部取締役、監査役、オブザーバとして企業株主殿
 - 経営の現状と課題及び将来計画につきステークホルダの理解を得ることを目的とする
- 経営会議
 - 隔週
 - 参加者；経営層及び関連部長
 - 経営の進捗と課題を共有し、進むべき方向性を議論している
- 技術会議
 - 週1回
 - 参加者；全員
 - 技術の進捗と課題を全員で共有している
- 製造・販売会議
 - 隔週
 - 参加者；経営層及び関連部長
 - 製造及び営業の現状と課題を関係者で共有している
- 上記の会議を役員が主導し、けん引することで、スピーディかつタイムリーな経営判断を行うことが出来る

3. イノベーション推進体制／（3）マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ

経営戦略の中核としてコンピュータ領域の光トランシーバ事業を位置づけ、企業価値向上とステークホルダーとの対話を推進

アイオーコア社の事業戦略

【事業領域】

- HPC、AI、5G、IOT、自動運転などコンピュータ能力の向上へ期待増大
- コンピューティング能力の向上には並列処理・分散処理が必須
- 並列処理・分散処理には半導体間の高速通信がボトルネック、銅配線から光配線/光トランシーバへの転換が見え始める
- 光トランシーバに求められる性能は、超小型、低消費電力、低レイテンシ、高温動作、高信頼、かつ安価、最近では液浸での動作。
- 光I/Oコアの性能はそれらの要求にミートする
- グローバルな大企業からのサンプル提供のオファー多

【事業形態】

- ファブレスの製造販売会社
- 生産委託会社（シリフォト、IC、実装）と連携して生産技術開発
- 製造装置の一部はアイオーコア社内製で実装パートナー企業に貸与（安易な模倣は困難）
- 光トランシーバモジュールは、パートナー企業と連携し開発・販売

【マーケティング】

- OFC2025にキオクシア、京セラと共同出展
- ComputeXの展示、顧客との会話
- 顧客とのPOC実施⇒顧客開拓
- 標準化団体への参画

製品ラインアップ

- 25Gbps NRZ 光I/Oコア
- 32Gbps NRZ 光I/Oコア（更なる信頼性向上に着手）
- 50Gbps NRZ 光I/Oコア（開発中）
- 64Gbps PAM4 光I/Oコア（開発中）

想定顧客との対話をCEO自ら実施中

- 国内外のユーザ

取締役会

- 参加者は常勤取締役、外部取締役、監査役、オブザーバとして主要株主殿
- 事業戦略・事業計画の決議・変更
 - 取締役会にて事業戦略・事業計画の議論を行い、了解を得る
 - 事業の進捗状況について定期的にフォローし、事業環境の変化等に応じて見直しを行う

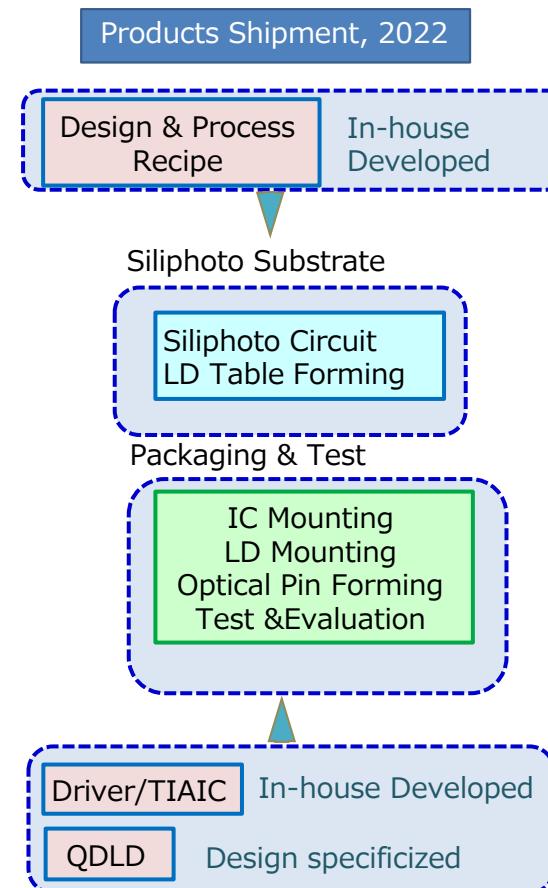
3. イノベーション推進体制／(4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

サプライチェーンを構成する企業と連携し開発を進め、着実に社会実装を実現

開発担当役員の下、研究開発と生産技術を一括管理

- ・ 生産技術の確立
 - 光I/Oコアの基本構成、基本作製技術は開発済
 - アイオーコア社はフェブレス企業
 - サプライチェーンを構成する関連企業と連携し、生産技術を確立
- ・ サプライチェーンの確保
 - IC（自社開発）、量子ドット（QD）レーザー（評価し仕様を決定）などを調達し、モジュール化
 - シリフォト製作、回路設計・製作、部品実装、の各工程を担当する企業と連携して技術開発
- ・ 顧客ニーズへの早期対応
 - グローバルな顧客からサンプル提供の依頼を受けている
 - 顧客ニーズに応じて早期にサンプル提供しフィードバックを得て、品質改善を進めている
- ・ 人材確保
 - 市場の広がりに対応し、適宜技術人材と営業人材を確保している
- ・ 設備投資
 - 市場の拡大に応じて、生産ラインを拡充に向け3億円／ラインの設備投資を必要年度に計画

アイオーコア社のサプライチェーンの一例



4. その他

4. その他／（1）想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対して十分な対策を講じるが、判断基準に合致した場合は事業中止も検討

研究開発（技術）におけるリスクと対応

- 64Gbps PAM4電子回路とシリコンフォトニクス回路の試作を伴う研究開発が世界的なLSI需給の逼迫により遅延するリスク
⇒ 回路特性のシミュレーションの精度を高め、マスク設計の品質を向上させる等を実施し、試作が十分な回数できなかった場合に備える
- ⇒ 当該開発を通じてシリフォトファブとの連携を強化

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- Amazon等のハイパースケールデータセンターが、サーバーのインターフェースとして国際標準であるPCIeではなく、独自の仕様を設定することによるリスク
⇒ 米国の開発動向を早期に入手するために、アイオーコア(株)は、米国大手データセンター並びに半導体メーカーとサーバーのインターフェースの開発仕様に関して協議を開始している
- 競合他社との価格競争のリスク
⇒ すべての技術を標準化せず、実装装置などはノウハウをインプルして内製化を図る

その他（自然災害等）のリスクと対応

- 地震等の自然災害により生産拠点が被害を受けるリスク
⇒ 複数の量産ラインを構築することで、被災した装置を部品レベルで交換し、最低1ラインを動かす。
- ⇒ 新潟の量産ラインとは別に、山梨に試作センターを有しており、基本装置は代替可能になっているので、山梨から新潟に部品/装置を運び込んで、ラインを動かす。

等を実施

● 事業中止の判断基準：

- ① 研究開発（技術）におけるリスク： LSI需給の逼迫が継続し、開発期間中に回路試作が行えなかった場合
- ② 社会実装（経済社会）におけるリスク： Amazon等のハイパースケールデータセンターの独自仕様に、本事業の開発技術の仕様がマッチしなかった場合

