

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 / 光スマートNIC開発

実施者名 : 富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社 代表名：代表取締役社長 谷口 和彦

共同実施者 : 富士通株式会社（幹事会社）
アイオーコア株式会社
日本電気株式会社
キオクシア株式会社
京セラ株式会社

目次

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

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 光スマートNIC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

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

あらゆる分野でのデジタル化によりデータセンターの電力消費量が増加すると予想

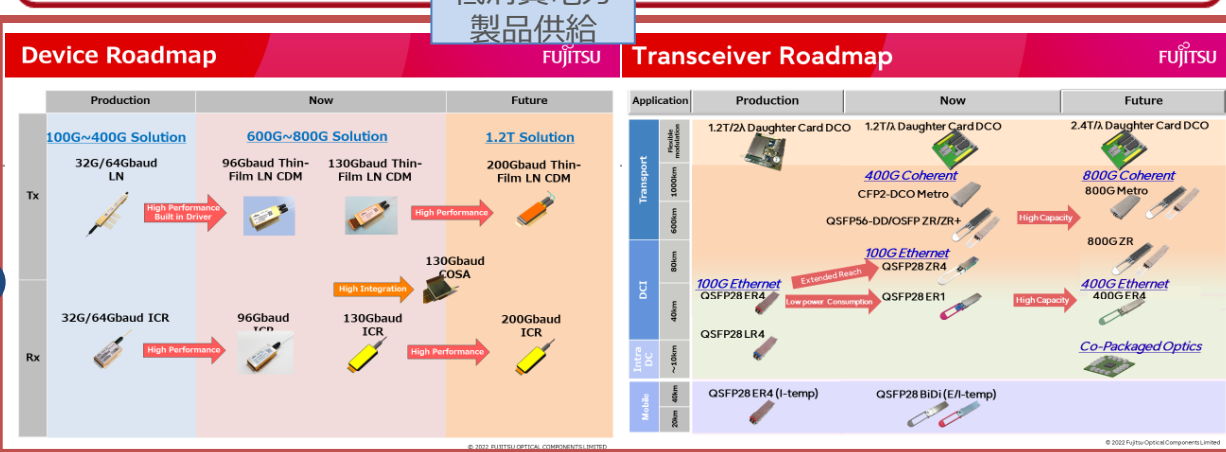
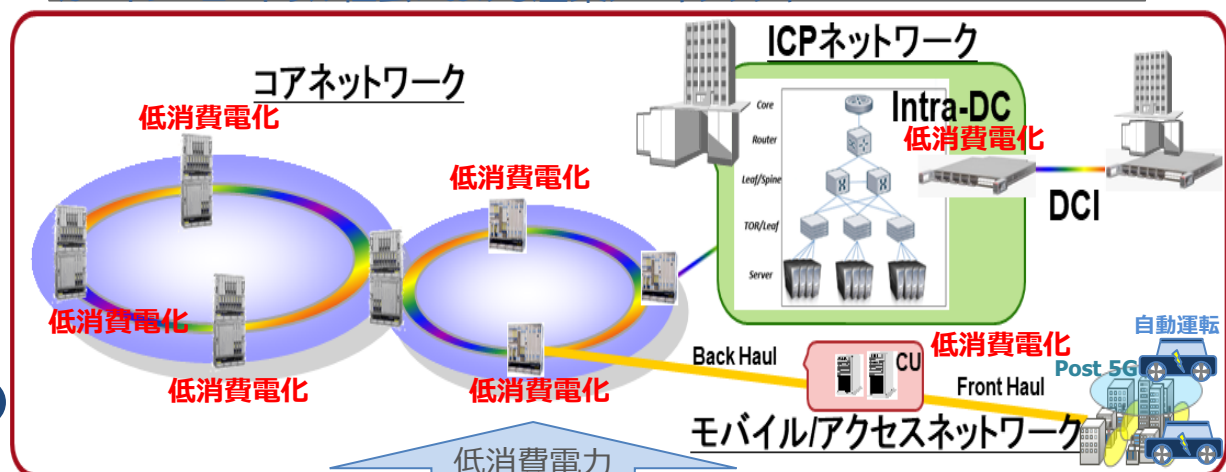
カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

- （社会面）
 - ・COP26でカーボンニュートラルに向けた議論が開始
 - ・各国でもカーボン削減に向けた取組開始
 - ・GAFAMでもカーボンニュートラル対策開始（Amazon: 気候誓約、Google: 全製品Recycle等）
- （経済面）
 - ・カーボンニュートラルを含むESG投資が活発化
 - ・全世界で2年間で15%の増加がみられる
- （政策面）
 - ・日本政府2050カーボンニュートラルを宣言。（2030までに46%減）
 - ・革新的なイノベーションの推進
 - ・エネルギー政策の推進
 - ・脱炭素ライフスタイルへの転換
- （技術面）
 - ・データセンターのライフサイクルコストの半数がエネルギーコストであり、省エネ・再エネ・ゼロエミッション化への取り組みが加速

- 市場機会： 世界のデータ量は年間約30%のペースで急増している。これまでの低電力化技術では電力消費量の増加に追いつかないため、より省エネ化・大容量化・低遅延化を実現する技術に期待。富士通オプティカルコンポーネンツ(FOC)ではスマートNICを世界で初めて光化するポテンシャルがあり、この光スマートNICでデータセンターネットワークの消費電力削減に貢献。
- 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

光スマートNIC技術を開発し、適用することでビットあたり消費電力を1/10に改善すると共に、データセンターネットワークの消費電力の25%削減が目指せる。これにより持続可能で利便性の高いネットワークを国民すべてが利用可能となる。

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



- 当該変化に対する経営ビジョン：

人と地球にやさしいプロダクトとソリューションを提供し続け、高信頼な光ネットワークが世界中の人々をつなぎ、豊かで持続的・感動的なデジタルライフ社会の発展に貢献する。

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

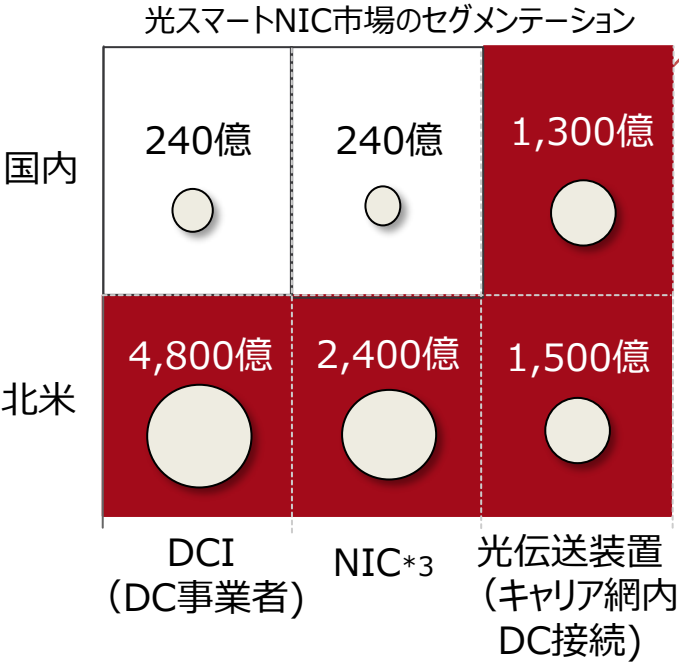
既存光伝送装置市場に加え、北米データセンター市場を狙い、更に新規市場を開拓

弊社は光スマートNICの主要コンポーネントである光エンジンを富士通に供給する。最終製品の光スマートNICとして以下に示す市場のセグメントをターゲットとし、同社の事業戦略に基づきビジネス連携する。

セグメント分析

データセンターのエッジ/ローカルへの広がりに伴い、市場規模の拡大が見込まれるDCI*1、サーバ市場のうち、特に市場規模が大きく、変化が先行する北米市場をターゲットとし、更にDCのエッジへの展開に伴い、DC間トラフィック増を支える国内/北米テレコムを注力すべきセグメントと位置付けアプローチしていく。

予測市場規模累計の相対割合*2
2029年～6年間

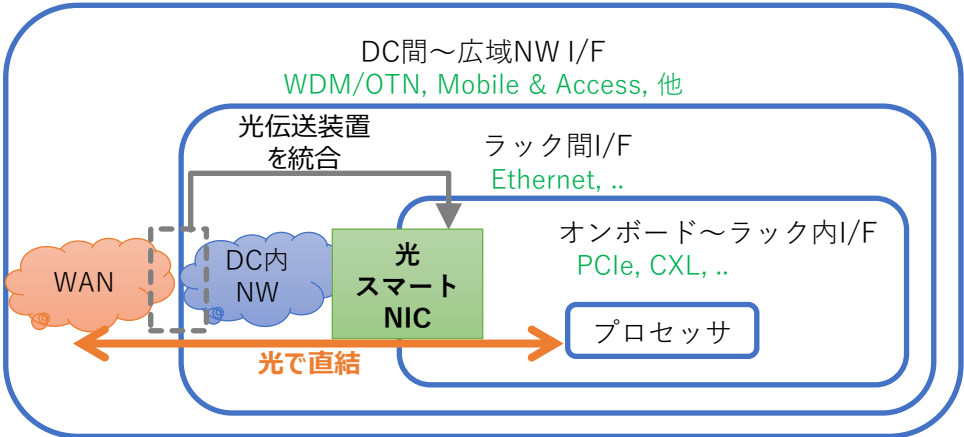


ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期

- 大手DC事業者の需要を獲得
- 北米キャリア網内のDC間接続ネットワーク需要拡大を獲得
- 国内キャリア網内のDC間接続ネットワーク需要拡大を獲得

需要家	アプローチ	想定ニーズ
DC事業者 (北米)	大手DC事業者の内製装置への組み込みを狙い、オープン仕様作成団体への提案	DC事業の大規模化に伴うグリーン化
テレコム (北米)	既存顧客基盤を活かしてDCネットワーク需要の獲得	キャリア網のDC間トラフィック増に伴うニーズ拡大
テレコム (国内)	既存顧客基盤を活かしてDCネットワーク需要の獲得	キャリア網のDC間トラフィック増に伴うニーズ拡大



出典：経産省 グリーンイノベーション基金事業「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

*1 DCI: Data Center Interconnect
*2 市場調査報告を基に富士通作成
*3 NIC: Network Interface Card

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

高EO材料と2.5実装技術を用いて電力効率の高い製品を提供する事業を拡大

社会・顧客に対する提供価値

- 豊かで持続的・感動的なデジタルライフ社会の発展
- 国民全てが持続可能で利便性の高いネットワークを利用可能に
- 光スマートNICによりデータセンタネットワークの消費電力を削減
- 光エンジンのビット当たりの電力効率を改善することで、光スマートNICを低電力化
- 目標値
 - データセンタネットワーク消費電力の25%削減とデータセンタの省エネ化40%以上に貢献

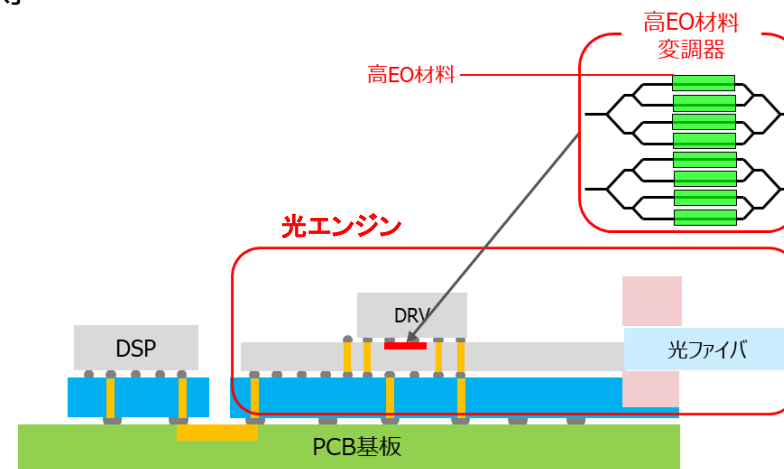
ビジネスモデルの概要（製品、サービス、価値提供・収益化の方法）と研究開発計画の関係性

- ビジネスモデル
革新的技術により高い競争力を持つ光エンジンを実現し、光スマートNICとして一早くデータセンタ市場に製品投入することで高いシェアを獲得
- 収益機会を得るためのポイント
光エンジンに求められる高速・小型・低電力化の全てを達成するための革新的技術の開発
- 必要となる研究開発
 - ①光変調器に高電気光学(高EO)材料の適用を可能とする技術、高効率変調器構造、駆動回路最適化の研究開発
 - ②高速電気信号伝送の短距離化に向けた2.5D実装の研究開発
- 実現可能性
弊社は高EO材料の1つであるニオブ酸リチウム(LN)光変調器を世界に先駆け製品化に成功しグローバル市場でトップシェアを持つ。最近も新型の薄膜LN変調器の実用化を発表した(注1)。さらに光トランシーバサプライヤとして光実装と高速電気信号実装の技術を有する。こうした経験・知見・ノウハウを活かし、さらに産総研との共同研究＝オープンイノベーションでの技術補完による研究開発を実施することで、光エンジンの早期実現が可能となる。

注1: 2021年10月22日プレスリリース「小型薄膜LN変調器を実用化」

<https://www.fujitsu.com/jp/group/foc/subsidiary-gig5-sample/about/resources/news/press-releases/downloads/20211022.html>

光エンジンの概念図（断面）



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）

標準化を活用し、仲間づくりによるルール形成を推進

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

- 光スマートNICの仕様策定段階から光エンジン開発の観点で標準化すべき点(特性/機能/形状/インタフェース等)について、連携する。
- 光エンジンの将来の光トランシーバへの水平展開を視野に入れる。光トランシーバはインターオペラビリティが重要であり、それにより社会実装が左右されるため標準化は極めて重要。

国内外の動向・自社の取組状況

1. 国内外の標準化や規制の動向

- OIF:光通信に関する部品・デバイス・モジュール・システムの各ベンダが参加し事実上の世界標準を決めている。本PJで開発する光エンジンに関連が深い。
- IEEE:イーサネット用トランシーバ関連の標準化を行っている。

2. これまでの自社による標準化、知財、規制対応等に関する取組

- 標準化会合に参加し標準化を推進。OIF主催の光トランシーバ相互接続実証デモにサンプルを提供するなど、標準化の普及活動にも参加。

本事業期間における標準化等の具体的な取組内容

- 光トランシーバ標準化技術の光スマートNIC開発へのフィードバック
- 市場拡大に有効な部分はオープン化を推進する



1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

光トランシーバサプライヤの強みを活かして、社会・顧客に対してデジタル化という価値を提供

自社の強み、弱み（経営資源）

ターゲットに対する提供価値

- 社会のデジタル化の進展を支える
⇒日本が世界トップレベルのデジタル社会を実現するのに貢献
- 次世代グリーンデータセンタを低電力データ伝送で実現
⇒国内カーボンニュートラルへの貢献
- 光スマートNICの低電力化
⇒富士通、京セラとの連携を核に、電子部品、光半導体も巻き込み国内サプライチェーンを確立

自社の強み

- ハイエンド光トランシーバのリーダサプライヤ
 - 最先端技術を導入した製品を絶えず先行して市場に投入
- グローバルなビジネス展開
 - 米、欧、アジア拠点で営業・マーケティング活動

自社の弱み及び対応

- 開発加速に向けて取り得る選択肢に限界
 - 米国流の買収による技術獲得は困難
- 対抗策としてGI基金PJ活用によるオープンイノベーション、アライアンスを強力に進め開発を加速

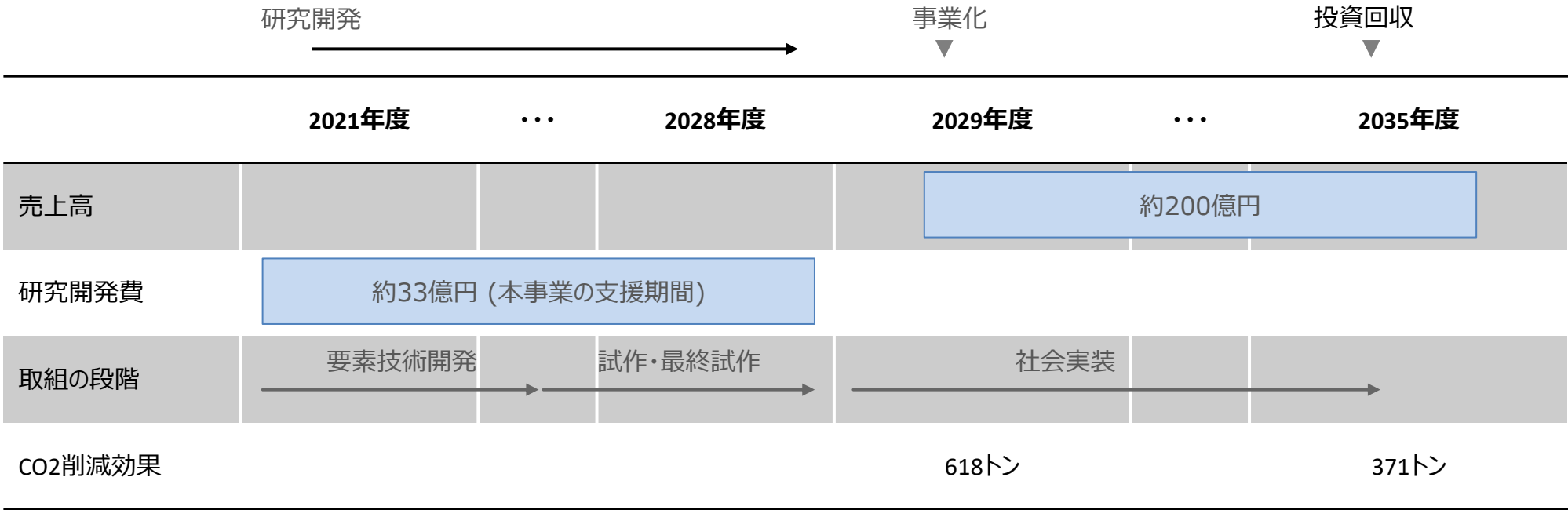
他社に対する比較優位性

	技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
自社	• LN変調器 • 光部品のマイクロ実装 • 高速電気信号実装  • 高EO材料変調器 • 2.5D実装技術	• 光伝送（テレコム）向け製品として光トランシーバに加え光エンジンで高シェアを獲得 • 北米、欧州、アジアのグローバルな基盤  • 新たにデータセンタ市場参入、光スマートNIC用光エンジンでグローバルに高シェア獲得	• 最先端製品の製造設備を自社で保有  • 高い競争力を持つ高EO材料ベンダと協業	• 高い利益目標・価格競争力の両立 • 早期製品化の実現  • 富士通と連携し開発早期にシステム評価できる体制構築
競合1 A社		• 製品は光トランシーバが主力 • 北米市場を中心に欧州に基盤展開	• ファブレス型	• 親会社でシステム評価ができる
競合2 B社		• 化合物半導体コンポーネント製品が主軸 • 北米市場及び欧州に基盤展開	• ファブレス型	

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

8年間の研究開発の後、2029年頃の事業化、2035年頃の投資回収を想定

投資計画



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

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・実証	設備投資	マーケティング
取組方針	- オープンイノベーション GI基金PJの枠組みでの産総研と共同研究、高EO材料ベンダーとの戦略的連携 - 知財戦略 構造は権利化、製法・ノウハウは秘匿化 - 標準化 光トランシーバ、光エンジンは標準化準拠であり、OIF,IEEEなどに参加 - 潜在顧客へのサンプル提供	- 製造プロセス開発力の強化 製品開発力と製造プロセス開発とのすり合わせを高度に実施、競争力源泉とする - ビジネスオペレーションの全デジタル化 製造、デリバリー、調達のデジタル化を展開。オープン化、リアルタイム化を実現	- 顧客ターゲティング 国内外拠点セールス・マーケティングのCRM・市場分析・商品企画連携でのカスタマーエンゲージメント強化 - ポートフォリオ戦略 次世代光エンジンをコアとした差別化戦略、デバイス及びトランシーバでの複数レイヤービジネス展開
進捗状況	オープンイノベーションについて、変調器の材料選定・異種材料貼付技術を産総研と共同研究推進中	開発設備を一部導入	基盤技術を開発ロードマップで顧客に紹介
国際競争上の優位性	- 産総研の技術を利用して、高EO材料を変調器に適用することで開発一番手 - 開発成果を早期の技術提案につなげて標準化による競争優位を獲得 - グローバル拠点を通して海外の有力顧客にサンプル提供し技術をアピール、フィードバックに基づく改良実施で製品を差異化	微細化・高密度・広帯域プロセスなど、世界唯一の生産技術を有する工場に進化	- グローバルプラットフォーム 海外拠点基盤を活かした、ターゲット顧客への密着型サポート、即時性の高いカスタマーフィードバック - グローバル商品ポートフォリオ ターゲット顧客ニーズにマッチした商品企画、製品カスタマイズ及びエンハンス対応

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、178億円規模の自己負担を予定

	2021年度	…	2028年度	2029年度	…	2035年度
事業全体の資金需要	約33億円			約166億円		
うち研究開発投資	約33億円					
国費負担※ (補助)	約21億円					
自己負担	約12億円			約166億円		

※インセンティブが全額支払われた場合

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	アウトプット目標		
【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	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ソフトウェア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128GB/sを達成する	
③ ディスクアグリー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	ワークロード特性に対応した動的構成変更により、最適なりソースを割り当て、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

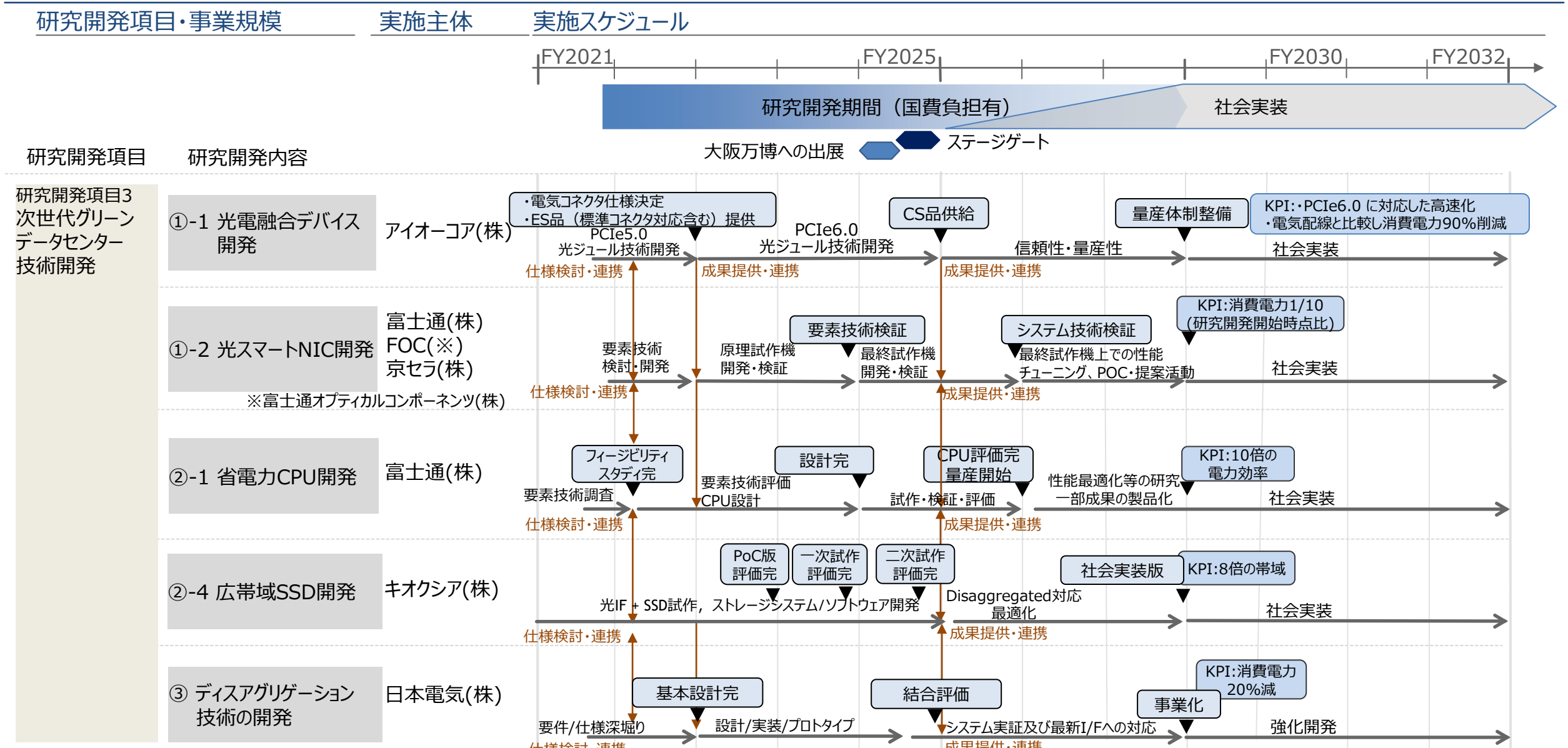
各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	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)	製品一步手前の 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が高い (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、テクノロジーを開発	原理確認段階の開発項目がある為(65%)
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, ディスアグリゲーション対応ストレージ管理SW開発 - 方式① 最適帯域となる管理SW - 方式② 低電力CPUで管理SW実行	達成レベルに未達の可能性あり (70%)
3 ディスク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(TRL3)	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 (70%)

※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

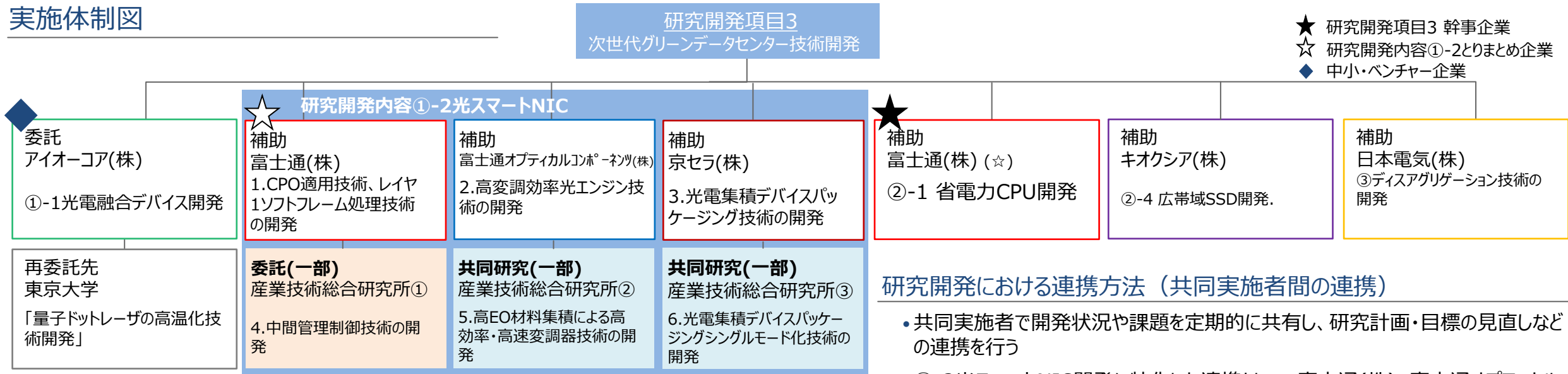
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



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



(共同実施各社の総事業費/国費負担額は、各社の頁に明記)

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、富士通(株)、富士通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

- ②-3不揮発メモリ開発は本共同実施に含まれないが、不揮発メモリ開発の実施者とも定期的ミーティングなどで連携を行う
- 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

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)、富士通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、富士通(株)、富士通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ディスクアグリゲーション技術の開発は日本電気(株)が担当する

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	25Gbps x 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℃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	5x5mm²の「光I/Oコア」は世界最小 100℃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
	① -2 光スマートNIC開発	- 国内・北米を中心に展開し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	- 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 - 大手チップベンダーが類似製品を開発販売することと、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
	② -1 省電力CPU開発	- 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)	- 優位性：Intel CPUに対して、3倍の電力性能を達成 - 優位性：富岳性能4期連続 4冠達成 - リスク：開発技術のQCD目標未達
	② -4 広帯域SSD開発	- NVMe™ SSD - ストレージ管理ソフトウェア	- 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 - リスク：変化の激しい「データセンタービジネス」への対応に向けて製品仕様策定や開発で競合に遅れをとるリスクあり
	③ ディスクアグリゲーション 技術の開発	- 仮想・物理構成変更技術 - PF抽象化・設計自動化技術	- 従来装置の構成変更技術に対する継続的な取り組み - 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

NVMe は、NVM Express, Inc. の米国またはその他の国における登録商標または商標です。

2.2 光スマートNIC開発

2.2 光スマートNIC開発／（1）研究開発目標

消費電力1/10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 - 2 - 1 (富士通) CPO適用技術、レイヤ1ソフトフレーム処理技術		世界最高水準の低消費電力化を実現し、ビットあたりの消費電力を研究開発開始時点の光伝送装置と比較して1/10へ削減	
研究開発課題		KPI	KPI設定の考え方
① フレーム処理ハードウェアの動的変更技術		研究開発開始時点の処理に比較して電力削減目標を1/4とする	実装リソース最適化、および、半導体技術の進歩を加味
② フレーム処理のハード・ソフトウェア適応可変技術		実運用時の消費電力を研究開発開始時点から20%削減する	要件を満たすための最小の機能ブロックの選択とそれに付随した電源制御
③ システム適用要素技術		監視制御インターフェースの消費電力を研究開発開始時点から30%削減する	統合化による30%のリソース削減
④ 中間管理制御技術(産総研)		パラメータ設定時間を研究開発開始時点の光伝送装置の1/10オーダーに短縮する	データセンターへの適用には、設定時間として数十秒～数分以下が必要
① - 2 - 2 (富士通オプティカルコンポーネツ) 高変調効率光エンジン技術の研究開発		光エンジンとしてビットあたり消費電力が研究開発開始時の技術比較で半分以下を実現	
研究開発課題		KPI	KPI設定の考え方
① 高変調効率光エンジン技術の開発		光エンジン構成ブロックの消費電力割り振り仕様値の決定	光エンジン構成ブロック（変調器・DRV等）の消費電力について、光スマートNICの目標実現に向けて割り振り仕様値を決定する
② 高EO材料集積による高効率・高速変調器技術の開発(産総研)		変調器の動作周波数における駆動振幅の決定	光エンジンの消費電力目標の実現に必要な変調器の特性として設定（光エンジンの消費電力内訳で最大要因は変調器駆動振幅）
① - 2 - 3 (京セラ) 光電集積デバイスパッケージング技術の研究開発		世界最高水準の伝送密度を有する光電集積デバイスパッケージングを実現し光伝送装置の消費電力の削減に貢献（従来品と比較して1/10へ削減）	
研究開発課題		KPI	KPI設定の考え方
① マルチモードCPOモジュール技術の開発		伝送密度： >0.4Gbps/mm ² （光源、制御、電源、含む）	PCIe gen6（64Gbps）相当の伝送速度をターゲット
② シングルモードCPO伝送技術の開発（産総研）		伝送密度： >4.0Gbps/mm ² （光源、制御、電源、除く）	OIF-CEI112相当の伝送速度をターゲット。

2.2 光スマートNIC開発／（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)
①－２－１－１（富士通） フレーム処理ハードウェアの動的変更技術	研究開発開始時点の処理に比較して電力削減目標を1/4とする	開発技術の各項目は机上検討（TRL2）	最終試作機に開発技術を実装し動作を実証（TRL6）	・ 新たな省電力技術を確立することで、運用状況下での電力最小化を実現	80%
①－２－１－２（富士通） フレーム処理のハード・ソフトウェア適応可変技術	実運用時の消費電力を研究開発開始時点から20%削減する	開発技術の各項目は机上検討段階(TRL2)	最終試作機に開発技術を実装し動作を実証（TRL6）	・ アプリケーション要件に応じて、実運用状況下での電力最小化を実現	80%
①－２－１－３（富士通） システム適用要素技術	監視制御インターフェースの電力を研究開発開始時点から30%低減	開発技術の各項目は机上検討段階（TRL2）	最終試作機に開発技術を実装し動作を実証（TRL6）	・ 複数の監視・制御モデルの統合でリソースを削減	80%
①－２－１－４（産総研） 中間管理制御技術	パラメータ設定時間を研究開発開始時点の1/10に短縮する	開発技術項目の本実施領域への適用事例はなし（TRL2）	開発技術をプログラム実装し、システム動作を実証（TRL5）	・ 新たな管理制御アーキテクチャで最適化	80%
①－２－２－１（FOC） 高変調効率光エンジン技術の開発	ビットあたり消費電力仕様値の決定	既存技術に基づく特性試算（TRL4）	実機実証の完了（TRL6）	・ 変調器DRVの最適設計 - 高EO材料変調器との擦り合せ ・ 高速電気信号の伝送距離短縮による損失低減 - 2.5D実装構造の適用	80%
①－２－２－２（産総研） 高EO材料集積による高効率・高速変調器技術の開発	変調器の動作周波数における駆動振幅の決定	既存技術に基づく特性試算（TRL4）	実機実証の完了（TRL6）	・ 高EO材料による高効率・高速化 ・ 高EO材料導波路の光回路への集積	80%
①－２－３－１（京セラ） マルチモードCPOモジュール技術の開発	伝送帯域：1Tbps（64G x 16ch） サイズ;36.0x68.3mm	800 Gbps ESレベル（TRL4）	1TbpsCSレベル（TRL7）	・ 低損失電気配線と冷却構造の技術確立 ・ マルチモード光リンク技術の開発	80%
①－２－３－２（産総研） シングルモードCPO伝送技術の開発	伝送帯域：1.8Tbps（112G x 16ch） サイズ;40.0 x 11.2mm	112G原理実証レベル（TRL3）	112G-USRのCPO構造の実現（TRL6）	・ 光導波路基板による光実装構造の開発 ・ ダイレクトドライブ対応光伝送構造の開発	80%

2.2 光スマートNIC開発／（２）研究開発内容（これまでの取組）

目標達成に向けた進捗

	直近のマイルストーン	これまでの開発進捗	進捗度
①－２－１－１（富士通） フレーム処理ハードウェアの動的変更技術	・フレーム処理ハードウェアの動的変更に関する技術の要求仕様を検討し策定完了	・機能実装に向けた要求仕様書初版の策定を完了 ・研究開発技術を実装するための機能ブロック化を行い、動作検証が必要な項目を抽出完了	100%
①－２－１－２（富士通） フレーム処理のハード・ソフトウェア適応可変技術	・ハード・ソフトウェアの組替えが可能で、かつ拡張性の高いソフトウェアアーキテクチャの実現課題と候補技術の抽出	・ソフトウェアアーキテクチャの検討を開始し、5つの課題と候補解決技術の抽出を完了 ・抽出した候補技術を用いて、現状の汎用CPUを用いてソフトウェアのスループットの実機検証を開始	100%
①－２－１－３（富士通） システム適用要素技術	・監視・制御モデルに関する現状と将来の方向性調査とモデル統合における課題抽出	・10以上のオープン化/標準化団体の調査を基に監視・制御モデルを分類し、将来統合化の可能性のある監視・制御モデルを選定	100%
①－２－１－４（産総研） 中間管理制御技術	・中間管理ソフトウェアから光スマートNICへの制御パラメータの第一案を策定	・制御パラメータの整理について、既存装置の調査を行い、光スマートNICに対する制御パラメータの第1案を策定 ・中間管理ソフトウェア開発環境について、基本設計と調達手続きを完了、開発環境の構築に着手	100%
①－２－２－１（FOC） 高変調効率光エンジン技術の開発	・変調器DRVの基本仕様策定と光エンジン構成要素部品のTEG試作	・変調器駆動回路の目標特性を検討し、基本仕様書を作成 ・受信器、および2.5D実装関連要素部の一次試作を実施	100%
①－２－２－２（産総研） 高EO材料集積による高効率・高速変調器技術の開発	・非集積原理検証変調器の構造設計 ・高EO材料の製膜	・光電気統合設計環境を構築し、非集積原理検証変調器の設計を完了 ・高EO材料であるチタン酸バリウムの結晶薄膜を得て、μトランスファープリンティング法にてSi基板上への転写に成功	100%
①－２－３－１（京セラ） マルチモードCPOモジュール技術の開発	・マルチモードCPOモジュールを構成する要素技術のフィジビリティスタディ(FS)と技術検証用TEGの設計完了	・電気インターフェース仕様、電計回路の構想設計、光インターフェースの構成と方式を検討してFSを完了、検証用TEGの電気インターフェースの設計、マルチモード伝送光回路の検証用TEGの設計を完了して試作に着手	100%
①－２－３－２（産総研） シングルモードCPO伝送技術の開発	・シングルモードCPO伝送を構成する各要素の仕様検討	・シングルモード伝送用光導波路および光接続構造の設計を実施し、伝送特性検証用TEGの配線設計に着手 ・光スマートNIC構造検証用のシリコンフォトニクスチップを設計して試作を開始	100%

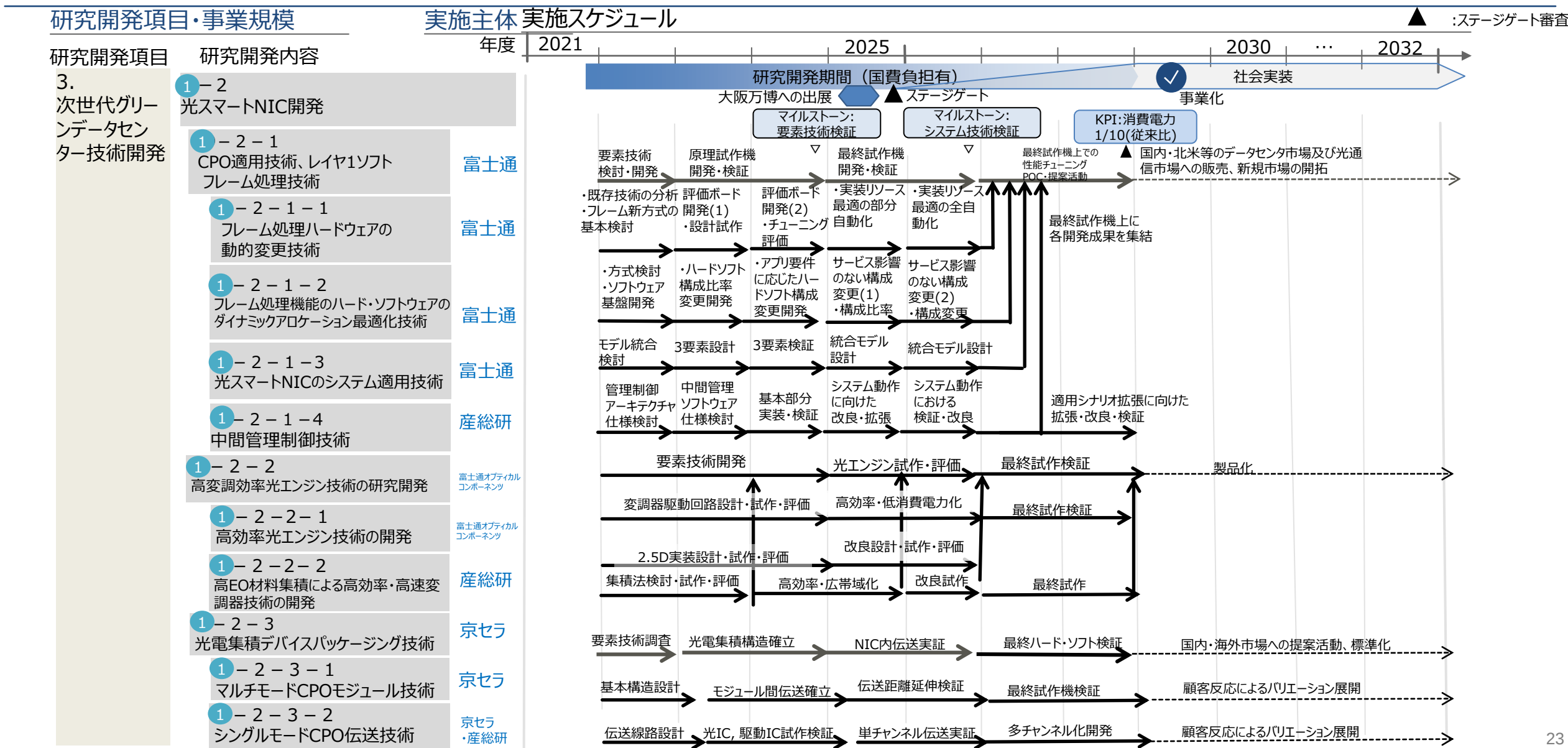
2.2 光スマートNIC開発／（２）研究開発内容（今後の取組）

残された技術課題と解決方法

	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
①－２－１－１（富士通） フレーム処理ハードウェアの動的変更技術	・策定した要求仕様に基づき、基本設計仕様書作成完了	・技術調査により、自律配置変更手法による電力削減だけでは目標KPIが未達成となる可能性	・自律配置配線変更手法に合わせ、低電力リソースへの積極的な自動置き換え機能の併用を検討
①－２－１－２（富士通） フレーム処理のハード・ソフトウェア適応可変技術	・ハード・ソフトウェアの組替えが可能で、かつ拡張性の高いソフトウェアアーキテクチャの選定とソフトウェア詳細仕様書作成完了	・主信号データ処理におけるソフトウェア処理の高スループット化、スループットと消費電力の最適化	・実機を用いた候補技術の深堀を行い、課題解決の条件を抽出し、スループットと消費電力を両立するソフトウェアアーキテクチャを検討
①－２－１－３（富士通） システム適用要素技術	・統合型監視制御ソフトウェアの概要書及び詳細仕様書作成完了	・管理制御対象の増大に伴い、管理データが膨大となり応答性能の劣化対策が必要	・データ検索/マッチングを超高速で行う手法を複数抽出シミュレーションを実施し、最適な手法を選定
①－２－１－４（産総研） 中間管理制御技術	・中間管理ソフトウェアの基本仕様について、仕様概要書の完成とハードウェア/ソフトウェアの要件リスト化の完了	・システム全体アーキテクチャおよび、制御スタックにおけるパラメタ情報伝達シーケンスの決定	・構築している中間管理ソフトウェア開発環境を用いて具体的な制御シナリオを検討
①－２－２－１（FOC） 高変調効率光エンジン技術の開発	・変調器DRVの仕様改版検討と光エンジン構成要素部品の改良設計	・受光器の高速動作、駆動回路電力目標の達成、および2.5D実装部の高速配線の実現、実装技術の確立	・素子は製造条件や構造の最適化、駆動回路は変調器との組み合わせでの最適化を検討、実装技術は電気での手法を参考に検討
①－２－２－２（産総研） 高EO材料集積による高効率・高速変調器技術の開発	・非集積原理検証変調器の素子設計 ・高EO材料集積技術の検討	・高効率と広帯域を両立した集積型変調器の設計 ・高精度集積技術の確立	・導波路、電極の構造最適化を検討 ・集積方法、アライメント方法の最適化を検討
①－２－３－１（京セラ） マルチモードCPOモジュール技術の開発	・マルチモードCPOモジュールを構成する要素技術を検証するTEGの評価完了と、CPOモジュールの構造設計完了	・光伝送線路の低損失化 ・電源と制御用回路の高集積設計 ・高効率放熱構造の設計	・保有する次の技術を元に開発を実施：光コネクタ製造、基板反り制御、電源回路設計、放熱構造解析
①－２－３－２（産総研） シングルモードCPO伝送技術の開発	・シングルモードCPO伝送の光リンク設計完了、各種要素技術の一次試作完了	・低損失光伝送線路の構造と実装プロセス技術の開発 ・高効率放熱構造の設計	・保有する次の技術を元に開発を実施：光コネクタ製造、光伝送特性評価、基板反り制御、放熱構造解析

2.2 光スマートNIC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

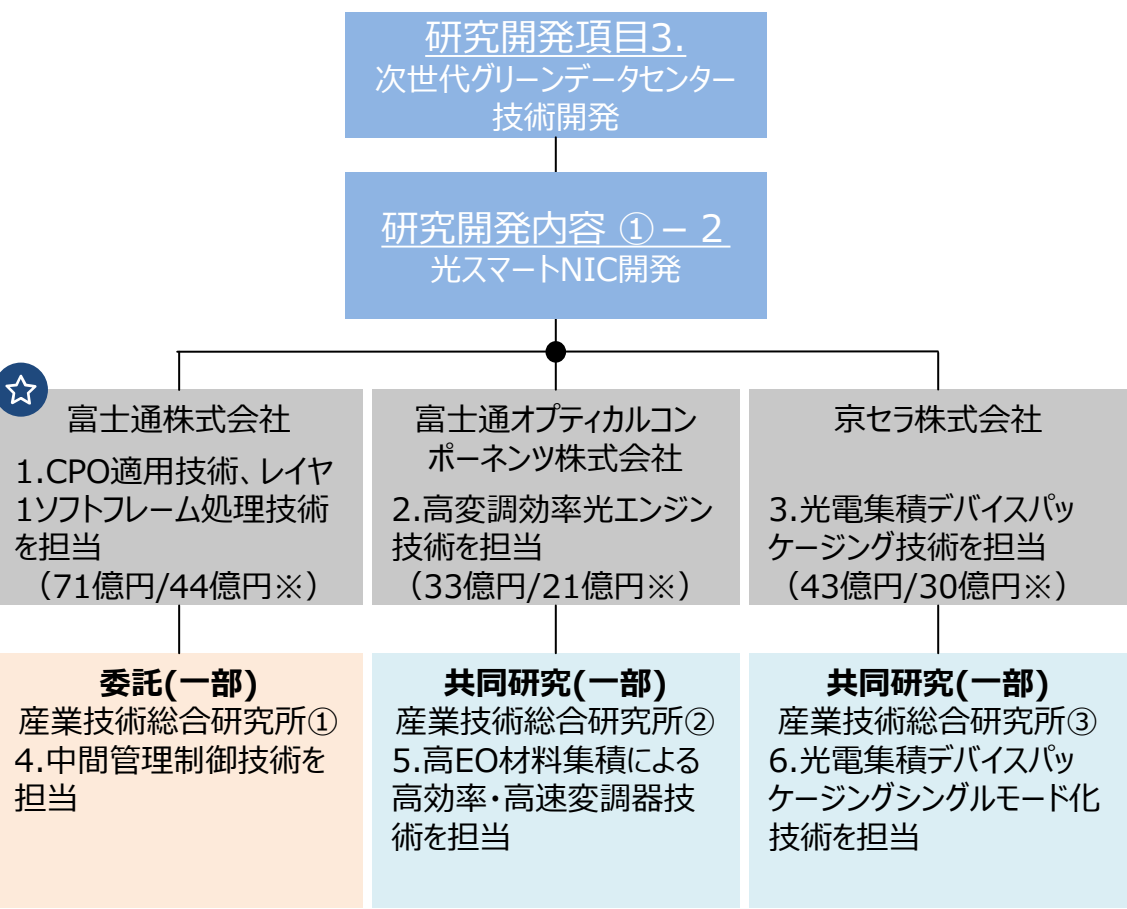


2.2 光スマートNIC開発／（４）研究開発体制

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

※金額は、総事業費/国費負担額



☆ 取りまとめ企業

各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発内容 ①－ 2 光スマートNIC開発の全体取りまとめは、富士通が行う
- 1. 富士通は、CPO適用技術、レイヤ1ソフトフレーム処理技術を担当する(システム)
- 2. 富士通オプティカルコンポーネンツは、高変調効率光エンジン技術を担当する(部品)
- 3. 京セラは、光電集積デバイスパッケージング技術を担当する(集積)
- 4. 産業技術総合研究所①は、富士通より委託(一部)を受け、中間管理制御技術を担当する
- 5. 産業技術総合研究所②は、富士通オプティカルコンポーネンツと共同研究(一部)により、高EO材料集積による高効率・高速変調器技術を担当する
- 6. 産業技術総合研究所③は、京セラと共同研究(一部)により、光電集積デバイスパッケージングシングルモード化技術を担当する

研究開発における連携方法

- 実施者全体で月1回程度の研究開発の進捗確認を行い、課題発生時には迅速な解決に向けたアクションを実施する
- 研究開発テーマ毎に委託(一部)、もしくは、共同研究(一部)の実施者間で定期的な進捗確認や共同検証等を行い、目標達成に向けて密な連携・共創を実施する
- 上記連携により、ステージゲート目標の達成と、最終的なKPI、及び、アウトプット目標を実現し、開発成果の社会実装を実現させる
- 4者間でNDA・共同研究契約を締結し、知財の取り扱いを含めた技術情報の相互共有を実施する
- 研究開発テーマ毎にはそれぞれ委託契約、もしくは、共同研究契約を締結し、契約に沿った研究開発を実施する

2.2 光スマートNIC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

研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性
1-2-1 CPO適用技術、レイヤ1ソフトフレーム処理技術 (富士通)	- 製品・サービス：国内・北米を中心に展開し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を活用予定 - 知見：国内、北米での製品展開により、光伝送技術やネットワーク制御の知見を有し、また、エンドユーザーの保有する光ネットワークインフラの状況を把握している - ノウハウ：光伝送関連の装置・ハードウェア・ソフトウェアの設計開発、製造、フィールドサポートのノウハウを有し活用予定 - 経験：他社に先駆け1989年に製品化した新同期光伝送システムほか30年以上に亘り、光伝送装置の設計・製造・販売の実績と豊富な顧客リレーションの経験を有している - 設備：原理試作、及び、最終試作の評価で必要となる高速デジタルオシロスコープ、イーサネット信号発生器、等複数台の活用可能な評価設備を国内の複数拠点で保有している	当社・競合他社が製品化している光伝送装置、及び、FPGA等のチップベンダーが製品化しているSmartNIC対し、本研究開発の光スマートNICは、サイズ・フレキシビリティ・電力・伝送容量/距離等の全ての指標で優位性を有している。
1-2-2 高変調効率光エンジン技術の開発 (富士通オプティカルコンポーネッツ)	- 知的財産：LN変調器の基本特許を所有 - 製品・サービス：ハイエンドトランシーバ(コヒーレント・イーサネット)及び光デバイス(コヒーレント変調器・レシーバ) - 知見：トランシーバ全体特性から各デバイス仕様への落とし込み、変調器の特性実現方法 - ノウハウ：LN変調器の広帯域化 - 経験：400ギガbpsトランシーバ製品化、96ギガBaud用光デバイス製品化 - 設備：ハイエンドトランシーバ製造設備/ハイエンド光デバイス製造設備、および試験設備など	- 性能やコスト：標準化による競争優位獲得、量産時における製造力強化と技術連携による、低コスト実現。 - 実現時期：2028年度末 - 脅威・弱点：FOC単独では開発加速に向けて取り得る選択肢に限界があるため、産総研との連携により高EO材料変調器開発及び実装を開発加速する。
1-2-3 光電集積デバイスパッケージング技術 (京セラ)	- 知的財産：関連技術を88件出願（2000～）論文：関連技術を11件発表（2001～） - 製品・サービス：世界トップシェアのセラミックおよび有機パッケージ基板とコネクタ等の電子部品の製品群を有する。 - 知見：最先端技術の研究開発に関する知見に加え、製造技術、信頼性技術等の事業化に必要な知見を有する。 - ノウハウ：多層化、薄型化、キャビティ付き等、多種多様なパッケージ構造を創出するノウハウ - 経験：約20年に渡って蓄積された研究開発を有する。 - 設備：研究開発拠点のクリーンルームや既存設備の他工場併設の分析装置を当該事業に活用 - 人材：様々な専門スキルを有する研究部門、製品開発実績が豊富な事業部門、顧客ニーズを的確に把握する営業部門、共同研究先の産総研の人的リソースを活用する。	- 性能やコスト：Telcordia準拠の信頼性確保、1\$/Gbps以下のターゲットコストを設定し、社会実装の際には顧客要求を反映する。 - 実現時期：2025年度から一次サンプル提供開始、2028年度から最終版のサンプル提供開始を目指す。 - 脅威・弱点：海外ベンダー主導の標準化による技術の囲い込みが事業化リスクととらえ、共同研究先の産総研と一緒に積極的な標準化活動を推進する。

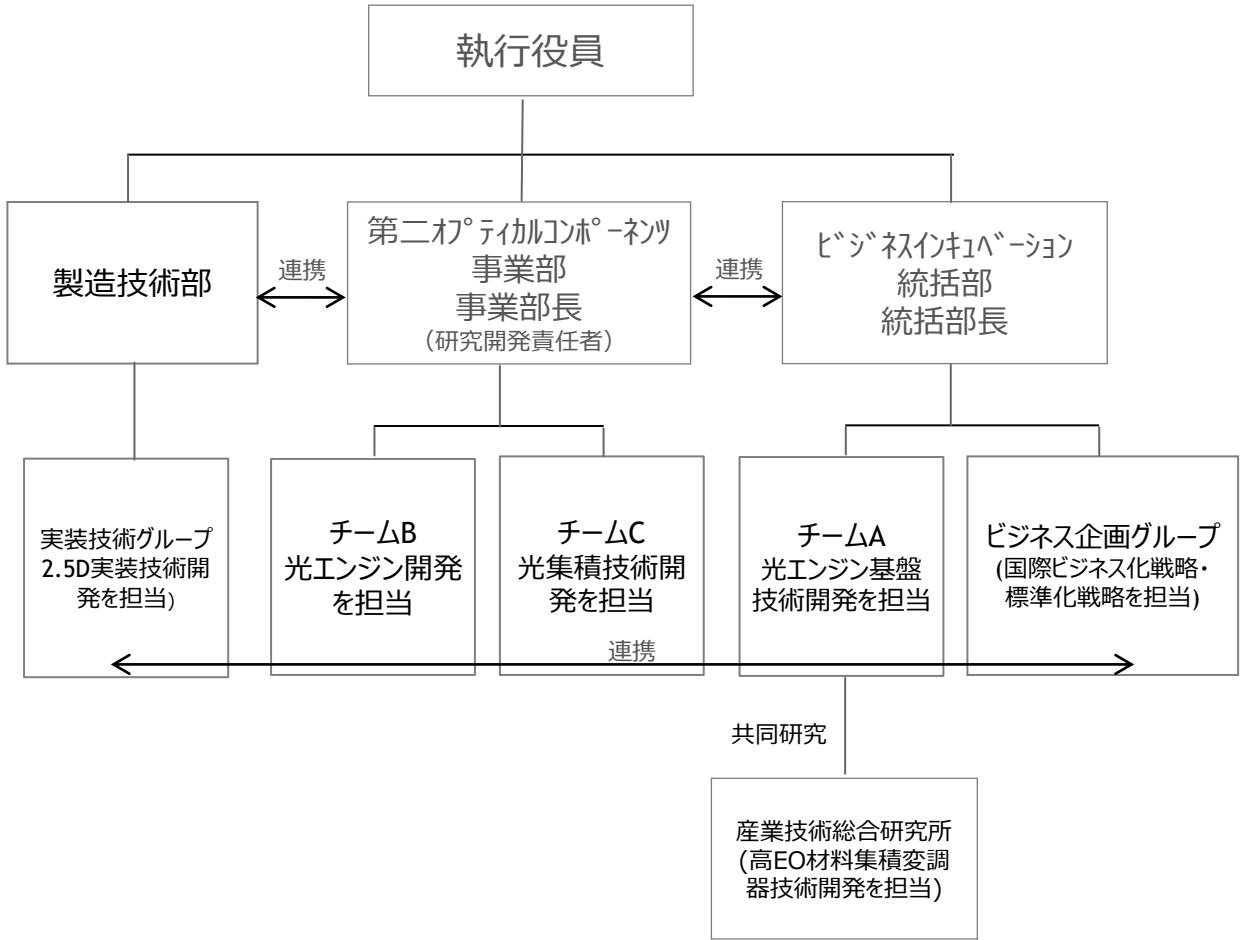
3. イノベーション推進体制

(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（2023年1月から）



組織内の役割分担

- 事業にコミットする経営者
 - 執行役員：全体戦略と事業進捗の確認
- 研究開発/国際ビジネス戦略責任者と担当チーム
 - 研究開発責任者：光エンジンの開発を統括
- 国際ビジネス化戦略担当者：海外マーケティング・標準化戦略を担当
- 担当チーム
 - チームA: 光エンジン基盤技術開発を担当 (産総研と共同研究)
 - チームB: 光エンジン開発を担当
 - チームC: 光集積技術開発を担当
 - 実装技術グループ: 2.5D実装技術開発を担当
 - ビジネス企画グループ: ビジネス戦略・標準化戦略を担当

部門間の連携方法

- 定期的に部課長の打ち合わせを設定し、進捗報告を行う。

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

経営者等によるトランシーバ事業への関与の方針

経営者等による具体的な施策・活動方針

- 経営者のリーダーシップ
 - 人と地球にやさしいプロダクトとソリューションを提供し続け、高信頼な光ネットワークが世界中の人々をつなぎ、豊かで持続的なデジタルライフ社会の発展に貢献する方針を社内外に示しており、本事業をこの方針内に位置付けている。
 - グループ会社全体でSDGs達成に取り組むことを宣言する中で、FOCは「The Optical Company FOC 世界の隅々まで、信頼と創造のFOCが光でつなぐ」を掲げ、当該事業を含めて持続可能な開発目標達成に向けた活動を行うことを発信している。
 - カーボンニュートラルについては自社でサステナビリティワーキングを進めており、期首に企業方針としてのCO2削減のKPIを設定。月ごとの進捗管理を行い、年間での実績を年度末にレビューを行っている。
- 事業のモニタリング・管理
 - 各年度ごとの期首に中期計画をベースに自社の重点施策が決定される。また四半期ごとにその進捗を確認し、未達の目標に対するアクションを実施。
 - 四半期ごとにプロダクトプランニングミーティングを実施。全事業に対するマーケティング状況・開発状況を分析し、新製品の計画や製品の開発中止を判断、経営陣を含め社員と議論して、共有化を図っている。

経営者等の評価・報酬への反映

- 経営者：期首に決定した重点施策について年間の達成状況を評価し、その達成度により報酬が自動的に決まる仕組みを構築している。
- 担当幹部社員：期首に設定した目標について年間の成果を査定し、その達成度に応じた評価により報酬の一部が決まる仕組みを構築している。

事業の継続性確保の取組

- 四半期ごとの販売検討会及び損益対策会議にて、事業の継続性を審議。財務面(売上と費用の両方)から対策について議論を行い常に事業の継続性の確保に向けたイノベーションの実施に取り組んでいる。実施に向けてはアジャイルによるマネージメントによりタイムリーで適切な対策に努めている。
- また事業継続に向け、各ステークホルダーとの関係強化を実施しSociety 5.0の実現を目指している。
- 海外拠点での営業・マーケティング活動を通じて、グローバルなビジネスを拡大させている。

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

経営戦略の中核においてトランシーバ事業を位置づけ、広く情報発信

取締役会等での議論

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
 - カーボンニュートラルを含めた持続可能な社会を目指すDX推進を、グループ会社も含めた全社的な取り組みとする。
- 事業戦略・事業計画の決議・変更
 - 年に一度中期計画の見直しを実施。その中で事業戦略と重点施策を決定し、財務への落とし込み実行する。
- 決議事項と研究開発計画の関係
 - 中期計画では投資の不可欠要素として開発費用が組込まれており、自社の売上総利益の一定の割合を確保する指針が事業戦略に示されている。

ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
 - プレスリリース、論文・学会発表、展示会などを通じて、研究開発計画の概要を对外発表する。
- ステークホルダーへの説明
 - 事業見通し・ビジネスプランについて、中期計画として富士通に対して説明をしていく。結果については、経営状況報告書で四半期ごとに富士通に報告している。
 - 国内外の顧客に対して、四半期ごとにビジネス状況の将来見通し・リスクを説明している。
 - 本事業を含むCO₂排出削減効果について、富士通経由でサステナビリティレポートで広く社会へ発信している。

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

機動的に経営資源を投入し、着実に社会実装まで繋げられる組織体制を整備

経営資源の投入方針

- 実施体制の柔軟性の確保
 - 本事業を実施するにあたり、研究部門のみならず、製造部門を組み込んだアジャイル推進体制を構築する。技術担当経営層を本事業の研究開発責任者とし、進捗状況に応じて開発体制や手法の見直しは逐次行っていく。
 - ビジネスインキュベーション統括部を新設し、ビジネス企画と先行開発の機能を同一組織に統合。
 - 外部リソース活用による開発モデルを構築していく。本事業においても、開発の一部は外部リソースを利用することを計画中。
 - 先駆的ユーザに対しプロトタイプサンプルを積極的に提供し、フィードバックを得る。タイムリーな製品開発をDXを活用して製品開発を行っていく。
- 人材・設備・資金の投入方針
 - トランシーバ設計業務やシリコンフォトニクス素子開発を行ってきた人材を研究部門から、実装・製造に従事してきた人材を製造部門から確保予定。
 - 既存の社内工場設備を活用するとともに、新しい技術を製品に取り入れるためには積極的に設備投資する。

専門部署の設置

- 専門部署の設置
 - 技術担当を任務とする経営層を長とする開発センター内で、本事業の開発を推進する。機動的な意思決定・それを実施する組織変更を速やかに行える体制となっている。
 - 国際ビジネス化戦略担当のもと、四半期ごとに市場マーケティング活動を行うことで、事業環境の変化に合わせて、産業アーキテクチャや自社のビジネスモデルを検証する体制がある。
- 若手人材の育成
 - 中長期的なビジネスの継続のために、DXリテラシーとして、デザイン思考とアジャイル思考の2つをキーワードに教育を進めている。
 - 産業技術総合研究所と共同研究を行う中で若手人材の交流をはかり、研究開発力の向上と人脈づくりを支援する。

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、事業継続が困難な場合には事業中止も検討

研究開発（技術）におけるリスクと対応

- 開発製品特性未達によるリスク
→ ISO9000に則り設計検証や設計妥当性を確認することで製品特性の未達を事前に回避、代替技術を含めて製品化を遅れなく市場投入できるプロセスを構築済み。
- 技術トレンドとの不一致によるリスク
→ 国際標準化委員会（ITU、IEEE、OIF等）に参加し自社技術のデファクト化を推進。
またマーケティング部による市場動向調査などにより製品と市場のマッチングを実現。

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- 国際政策の変更によるリスク
→ 現地コンサルティング会社からの早急の情報入手
自社内でのリスクコンプライアンス委員会にて早急な議論対応ができる組織および仕組みを構築済み。
また自社法務コンプライアンス部門との連携により国際情勢の変化への対応力強化を継続議論中。
- 感染症によるリスク
→ 防疫対策（備品準備、行動手順規程化）。
オフィスの機能毎の分離による感染拡大防止対策。
感染者発生時の行動手順とエスカレーション規程化。

その他（自然災害等）のリスクと対応

- 自然災害によるリスク
→ 東日本大震災レベルの地震および大型台風等を想定した事業継続マネージ（BCM）を確立。
目標復旧時間達成に向け
・サプライヤーへのBCPの要請、
・部品在庫の確保による製造停止の回避
・出荷輸送の確保による供給停止の回避
・設備立上げのメーカーサポート体制強化
・完成品戦略在庫を保有による供給停止の回避
上記によりを供給性へのレジリエンス強化を実現。
リスクに対する従業員への通知、教育、訓練によるソフト的な対応も実施済み。



- 事業中止の判断基準：
製品(Product)：製品化計画の検討を年4回実施し、その中で販売中止、開発中止の判断を実施。
価格(Price)：マーケティング部門による把握している市場価格と自社価格の比較を随時実施。価格追従の要否検討を四半期毎に実施

＊特記：本業界のリスクとして海外巨大資本による企業買収があり、その結果として事業中止の可能性がある