

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 : 富士通株式会社（幹事会社） 代表名：代表取締役社長 時田 隆仁

共同実施者 : 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
富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社
京セラ株式会社

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

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※	★ 富士通(株) ①-2の共同実施	富士通パティカル コンポネツ(株)	京セラ(株)	★ 富士通(株)	日本電気(株)	キオクシア(株)
研究開発の内容 ・光電融合デバイス開発を担当	研究開発の内容 ・CPO適用技術、レイヤ1ソフトウェア処理技術の開発を担当	研究開発の内容 ・高変調効率光エンジン技術の開発を担当	研究開発の内容 ・光電集積デバイスパッケージング技術の開発を担当	研究開発の内容 ・省電力CPU開発を担当	研究開発の内容 ・省電力アクセラレータ開発 ・ディスクアグリゲーション技術の開発を担当	研究開発の内容 ・広帯域 SSD 開発を担当
社会実装に向けた取組内容 ・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	社会実装に向けた取組内容 ・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創出に貢献する ・POCにより潜在顧客のニーズを確認し、開発計画に反映	社会実装に向けた取組内容 ・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 ・富士通と連携しての標準化、マーケティングの推進	社会実装に向けた取組内容 ・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	社会実装に向けた取組内容 ・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HPC向けの省電力CPUとして普及を図る	社会実装に向けた取組内容 ・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	社会実装に向けた取組内容 ・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

※②-3不揮発メモリを除く

★ 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

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

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

データセンターに求められる省電力性、富士通の役割

カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

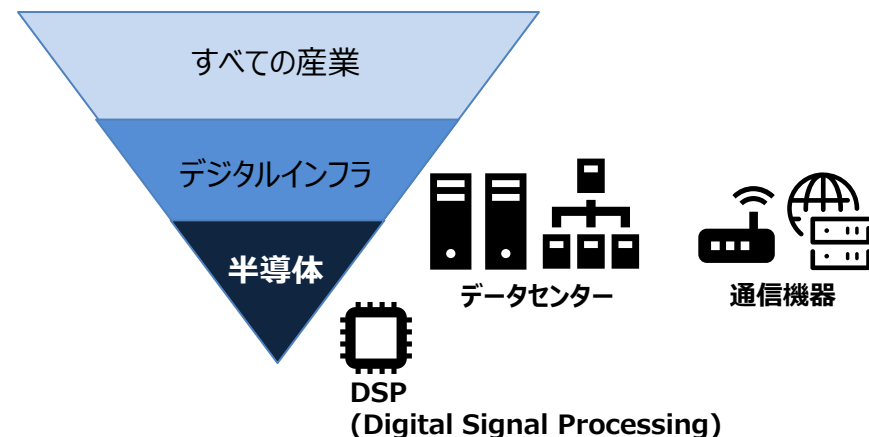
- AI・ビッグデータの産業利用が進展
- データセンターの計算能力と省電力性に対する需要が増加

社会	・ 再生可能エネルギーの利用が拡大 ・ Society5.0*1の実現や、5Gなどの通信技術の活用、ビッグデータ・AI情報基盤の整備が進展
経済	・ 近年、欧州を中心とした多くの炭素税導入国においてさらなる税率引き上げが見込まれる ・ 今後、さらにICTの電力が増大し、そのうちデータセンターが占める割合も増大する予測
政策	・ 経産省エネルギー基本計画にて温室効果ガス削減目標が46%に引き上げ(2021年4月) ・ デジタルニューディールにより5G、クラウドサービス、HPC(高性能計算機)等の利活用が増加
技術	・ ネットワーク接続された機器数、データ総量が飛躍的に増大する予測

- 市場機会：
当社は国内・北米のテレコム市場を中心に展開している光伝送装置(通信機器)で顧客基盤、およびグローバルでトップクラスの技術力を有している。
- 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：
これまで培ってきた技術力を一層深化させ、データセンター内・データセンター間をシームレスに光接続する低電力・大容量・小型化な光スマートNICを開発し、データセンターの省電力化に貢献する。

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

- 光伝送装置(通信機器)は、デジタル社会を支える重要基盤



*1 : Society5.0
サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会（Society）
狩猟社会（Society 1.0）、農耕社会（Society 2.0）、工業社会（Society 3.0）、情報社会（Society 4.0）に続く、新たな社会を指すもの

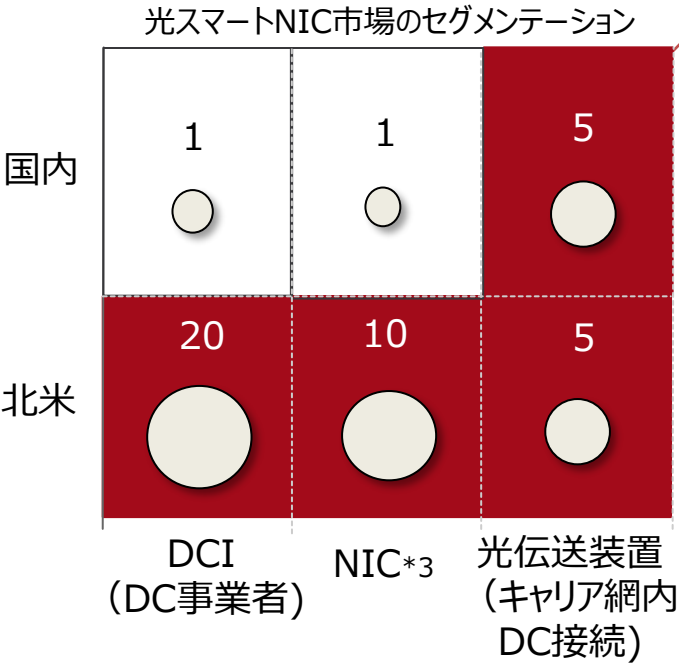
1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

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

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

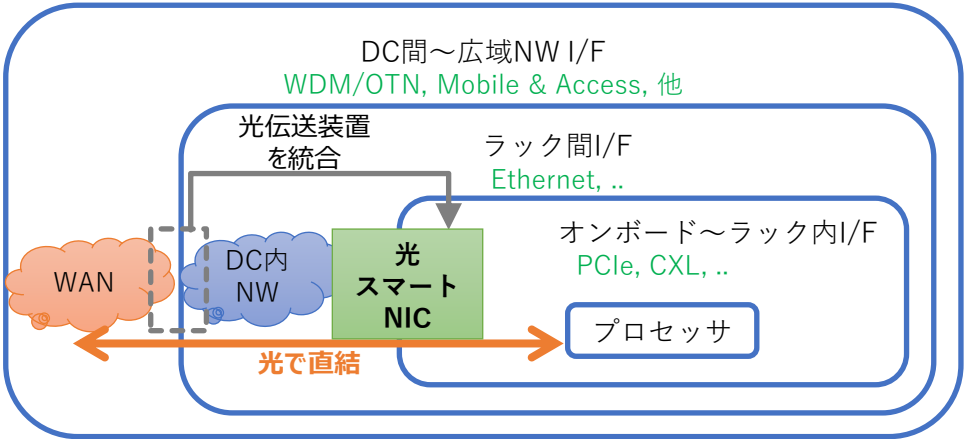


ターゲットの概要

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

光電融合技術を用いた未来を創る製品・サービスを提供し、グリーンでスマートな社会に貢献

社会・顧客に対する提供価値

□ 脱炭素社会の実現

□ よりグリーンでスマートな社会の実現

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

- ✓ 2050年カーボンニュートラルに向け、2030年までにCO2排出量の最小化を目指しつつ、同時に国際競争力強化への寄与。
- ✓ データセンターネットワークで使用されるネットワーク機器の消費電力は増加傾向にあり、2030年には大型データセンター内の消費電力の1/3程度を占めることが予想され、この消費電力の削減が急務である。
- ✓ 本研究の光スマートNICにより、データセンターのラック間光配線から長距離光通信までをシームレスに接続し、ビットあたりの消費電力を既存の光伝送装置と比較して1/10に低減させ、データセンターネットワークの消費電力を25%削減させる。
- ✓ 社会全体のリアルな動きをデジタル空間にすべて写像した社会デジタルツインの実現、自動運転やAR/VRのレベルをさらに一段高く実現し、3D映像による遠隔手術やコミュニケーションなど高度なアプリケーションを提供していくためにはデータセンターの処理能力・設置数・設置密度を格段に増強する必要がある。
- ✓ そのような技術進化においても持続可能な社会を築いていくためには、データセンターの消費電力を大幅に下げていくことが不可欠である。
- ✓ データセンター内外の通信に使用される光伝送装置に光電融合技術を適用し、システムの重量・サイズを縮小させるとともに、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創出に貢献する。



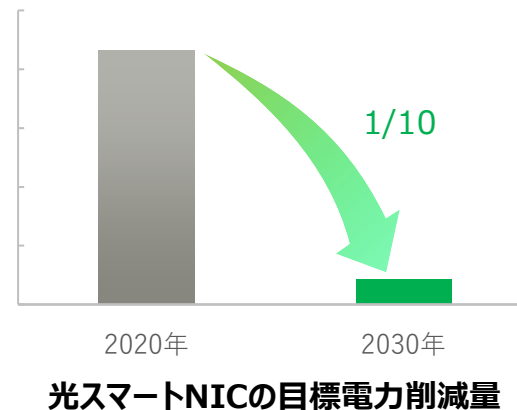
既存の光伝送装置
(従来)

低電力化
超小型化

小型ボード
(手のひらサイズ)



光スマートNIC
(目指す姿)



1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

光電融合技術と光伝送技術を活かして、社会・顧客に対して低炭素・TCO削減という価値を提供

自社の強み、弱み（経営資源）

ターゲットに対する提供価値

- 国内外データセンター市場への価値提供
 - 低消費電力/小型、フレキシビリティ
 - 大容量/長距離伝送
- 日本国内にもたらす価値提供
 - 6G時代に市町村のエリア毎にDCが設置される想定を踏まえ、DCの機能の向上に早期に対応

自社の強み

- テレコム市場での盤石なフットプリント
- 規模の大きい北米市場に拠点を有し、全米規模のビジネスを展開
- 自社製造販売網を通じ、国内市場シェア1位

自社の弱み

- DC間接続光伝送装置市場へは参入済だが、DC内市場は新規に開拓が必要

他社に対する比較優位性

自社

技術

- 長距離光伝送技術
- 大規模LSI設計技術



- フレーム処理ハードウェアの動的変更技術
- フレーム処理のハード・ソフトウェア適応可変技術
- 制御監視網切替技術

顧客基盤

- 日米テレコム事業者



- 大手データセンター事業者
- その他データセンター事業者
- 日米テレコム事業者

サプライチェーン

- 国内製造工場・販売網を用いて主要製品を製造・販売



- 上記に加え、北米拠点の設備・販売網を用いて製造・販売

SmartNIC
A社

- FPGA/GPUを用いたアクセラレーション技術

- データセンター・サーバー事業者

- 外部製造委託業者(EMS)で製造し自社で販売

光伝送装置
B社

- 長距離光伝送技術
- 大規模LSI設計技術

- テレコム事業者

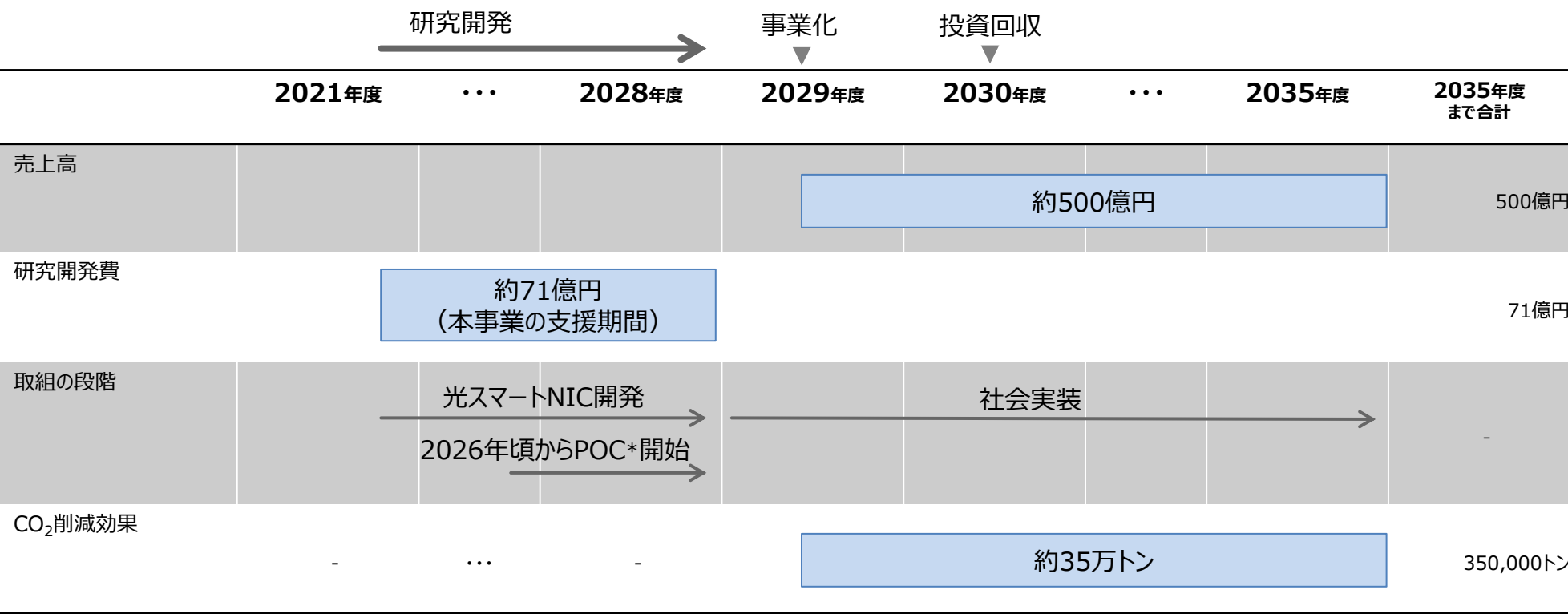
- 外部製造委託業者(EMS)で製造し自社で販売

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、2030年頃の投資回収を想定

投資計画

✓ 光スマートNIC市場を創設しマーケットリードを図り、2030年頃に投資回収できる見込み。



* POC: Proof Of Concept (実証実験)

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・実証	設備投資	マーケティング
取組方針	✓ 知財・標準化戦略： 光スマートNICのハード仕様は、各種標準化団体(OIF*1等)へ研究段階から参加し仲間づくりを推進する。 ✓ オープンイノベーション： 光スマートNICのソフトウェアに関するインターフェース仕様は、オープン化コミュニティ(OCP*2)等へ研究段階から参画し仲間づくりを推進する。 ✓ 顧客ニーズ確認： POCにより潜在顧客のニーズを研究段階から確認し、開発計画や仕様に反映する。	✓ 設備・システム導入： 国内の小山工場をマザー工場とし、事業開始年から製造設備の準備を開始。需要の伸びに合わせて設備強化を図る。 ✓ 部品調達： 主要部品ベンダーと技術ロードマップ等を共有し、戦略的なパートナーシップの形成を目指す。 ✓ 立地戦略： 国内生産を基本とし、国内外へ販売。特にビジネスフットプリントのある北米については北米拠点の設備を活用し、BCP(ビジネス継続対応)、需要拡大、及び、経済安全保障に対応する。	✓ DC事業者： 早期需要が見込まれるDC間接続用光伝送装置を販売し、そのフットプリントを用いて光スマートNICのビジネス拡大に繋げる。 ✓ テレコム事業者： 既存顧客基盤・リレーションを活かし、研究開発段階から提案を実施。評価結果を研究開発にフィードバックをかけながら、顧客と共に光スマートNICの完成度を高める。
国際競争上の優位性	• Open ROADMプロジェクトの設立メンバーとして標準化活動に貢献した経験を有している。 • ITU-T*3やOIF等の各種標準化団体へ寄書提案を行い、標準規格策定に携わった経験を有している。 • 競合他社との協調・協力と競争関係のバランスをとる、上記に示した活動経験を活す。	• ジャパン品質を維持するために国内に自社製造工場を保有。TPS(トヨタ生産方式)の徹底活用により、多品種製造対応や製造コスト低減を実現し、国外製造との競争力を維持している。 *1 OIF(Optical Internetworking Forum): 通信・DC事業者、部品・システムベンダーが参画する業界標準化団体 *2 OCP(Open Compute Project): Facebookが主導するDC内各種機器のオープン化コミュニティ *3 ITU-T (International Telecommunication Union-Telecommunication sector): 電気通信を標準化することを目的として国際勧告を作成する国連機関	• 北米・国内共に全国土レベルの強固な販売チャンネルとサポート体制を構築済み。 • 北米拠点に顧客が自由に使えるオープンラボ施設を有しており、光スマートNICのマーケティング活動の利用拠点として検討していく。

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、27.3億円規模の自己負担を予定

	2021 年度	...	2028 年度	...	2035 年度	2035年度まで合計
事業全体の資金需要		約71億円		約70億円		約141億円
うち研究開発投資		約71億円				約71億円
国費負担※ （補助）		約44億円				約44億円
自己負担		約27億円				約27億円

※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従来比で1/10へ削減	現行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に対し10倍の電力効率向上	DCの省力化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 -2 省電力アクセラレータ開発	・現行汎用CPU比10倍の電力効率、メモリ帯域5TB/s以上	アクセラレータで利用するアプリで現行汎用CPU比10倍の電力効率。複数チップレット（複数HBM搭載）の構成で5TB/s以上のメモリ帯域を実現する
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

※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／（２）研究開発内容

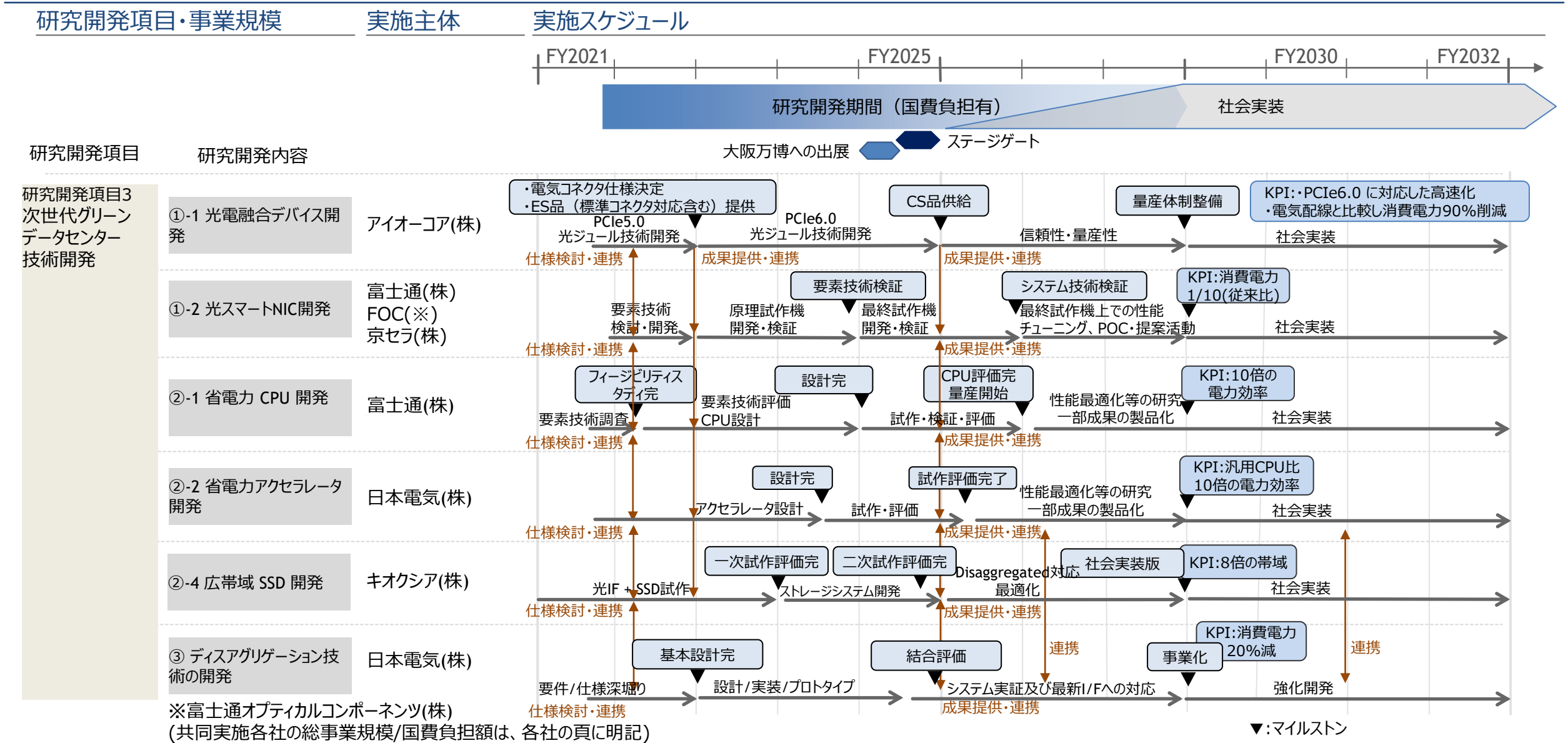
各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	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従来比で1/10へ削減	レイヤ1ソフトウェア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ソフトウェア処理技術 - 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 (60%)
2 -2 省電力アクセラレータ開発	現行汎用CPU比10倍の電力効率、メモリ帯域5TB/s以上	汎用CPU比5倍の電力効率、メモリ帯 1.5TB/s (TRL4)	汎用CPU比10倍以上の電力効率、メモリ帯域 5TB/s以上 (TRL5)	● ベクトル・アーキテクチャの機能強化やチップ内部のマイクロ・アーキテクチャ改良による電力効率向上 ● チップレット設計によるメモリ帯域5TB/s 構成の実現	所望アプリのベンチマーク電力当たり性能改善 (70%)
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、ディスク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

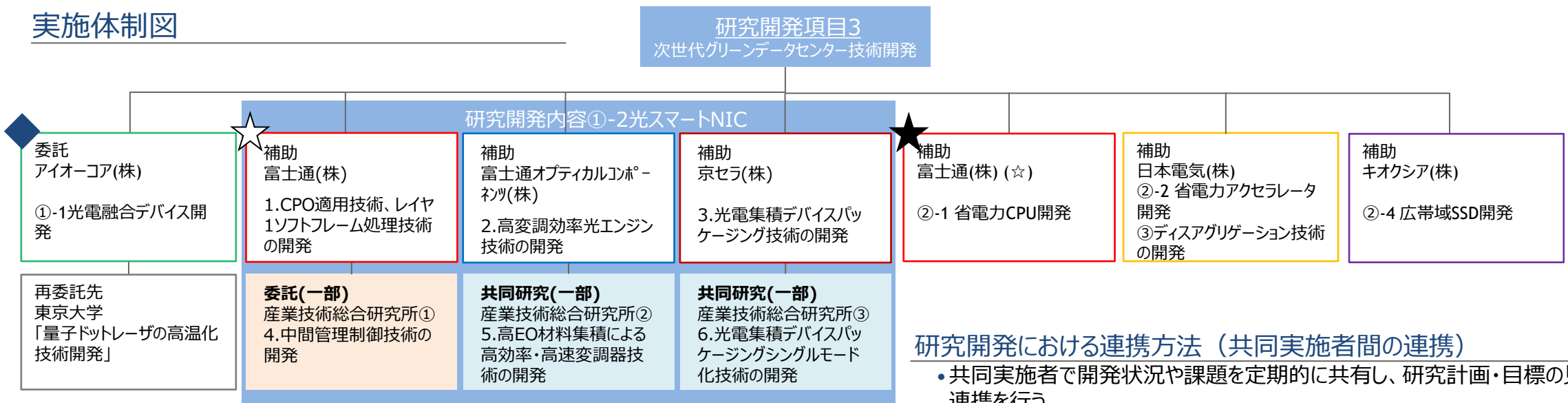
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



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

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
- ②-2省電力アクセラレータ開発、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
- ②-4広帯域SSD開発はキオクシア(株)が担当する

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
- 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研究に含まれないが、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

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は従来の光伝送装置、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、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 -2 省電力アクセラレータ開発	- ベクトル処理・ベクトルキャッシュ技術 - AI処理に適用可能なマトリクス演算技術	- 高性能ベクトル技術・広帯域ベクトルキャッシュ技術は製品の経験より優位 - リスクとしてマトリクス演算技術に関してはフォロワーであり、十分な検討・評価が必要である
	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 研究開発課題 1 フレーム処理ハードウェアの動的変更技術 2 フレーム処理のハード・ソフトウェア適応可変技術 3 システム適用要素技術 4 中間管理制御技術(産総研)	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従来の光伝送装置と比較して1/10へ削減 KPI 従来处理に比較して電力削減目標を1/4とする 実運用時の消費電力を20%削減する 監視制御インターフェースの消費電力を従来比で30%削減する パラメータ設定時間を従来の光伝送装置の1/10オーダーに短縮する KPI設定の考え方 実装リソース最適化、および、半導体技術の進歩を加味 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 統合化による30%のリソース削減 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 研究開発課題 1 高変調効率光エンジン技術の開発 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)	光エンジンとしてビットあたり消費電力が従来技術比較で半分以下を実現 KPI 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 変調器の動作周波数における駆動振幅の決定 KPI設定の考え方 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 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 研究開発課題 1 マルチモードCPOモジュール技術の開発 2 シングルモードCPO伝送技術の開発（産総研）	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） KPI 伝送密度： >0.4Gbps/mm²（光源、制御、電源、含む） 伝送密度： >4.0Gbps/mm²（光源、制御、電源、除く） KPI設定の考え方 PCIe gen6（64Gbps）相当の伝送速度をターゲット OIF-CEI112相当の伝送速度をターゲット。	

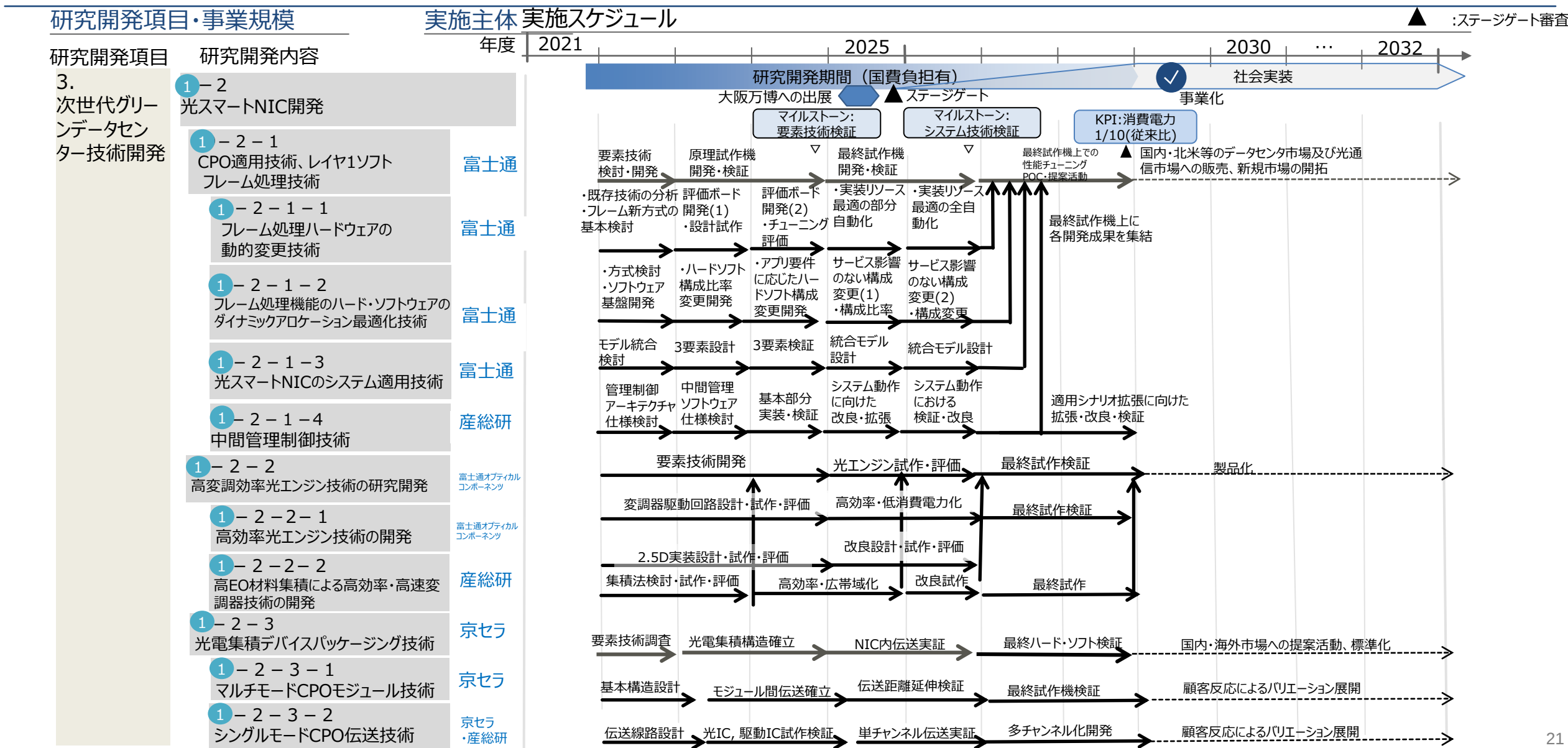
2.2 光スマートNIC開発／（２）研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	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	従来处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（富士通） 中間管理制御技術(産総研)	パラメータ設定時間を従来の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（FOC） 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	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（京セラ） シングルモードCPO伝送技術の開発(産総研)	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／（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

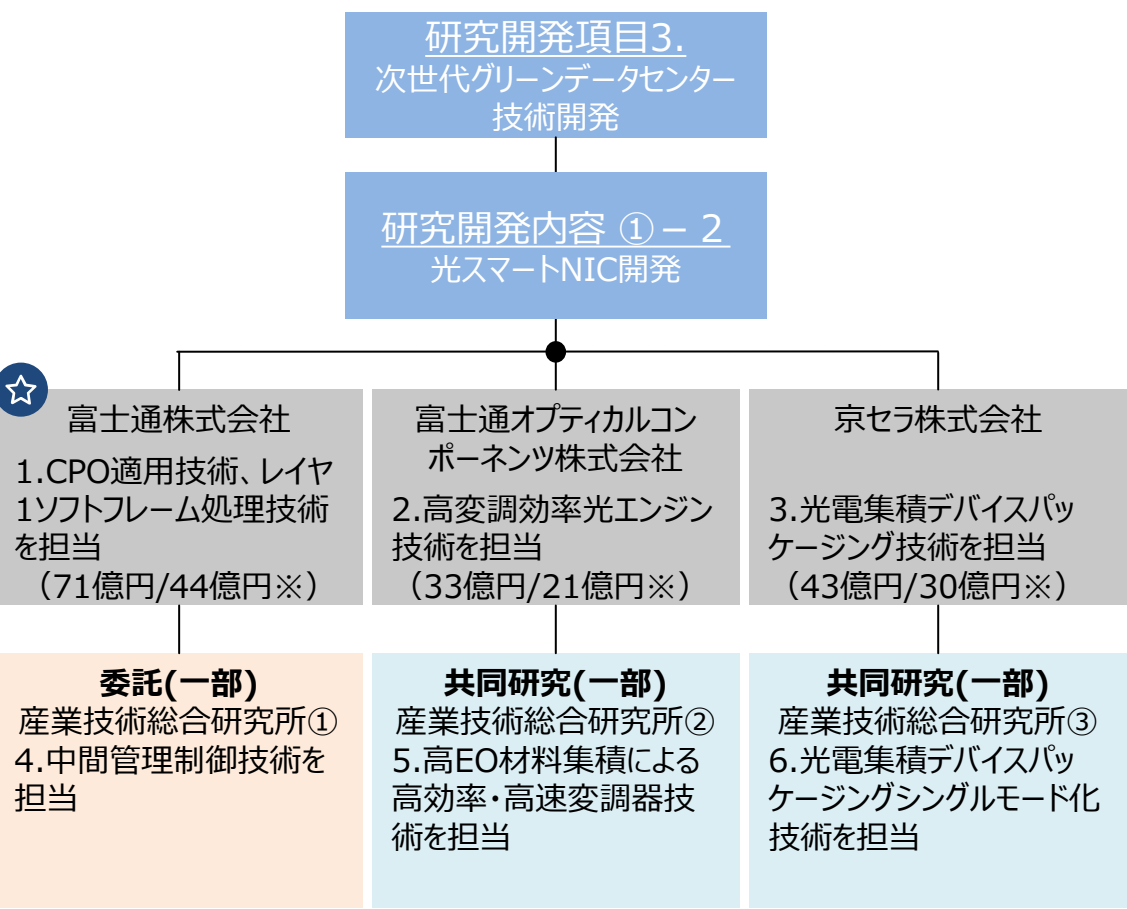


2.2 光スマートNIC開発／（４）研究開発体制

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

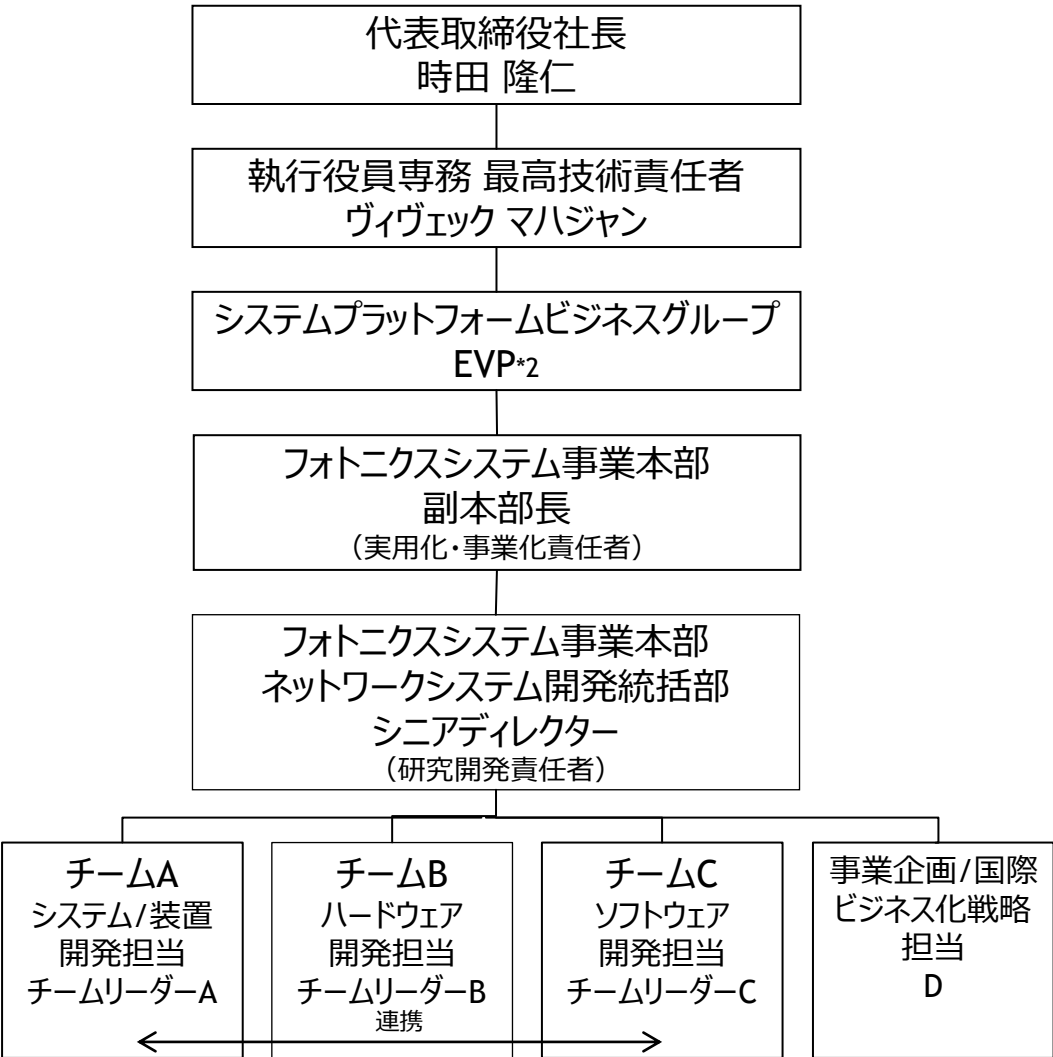
(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制

次世代データセンターステアリングコミッティ下に専門チームを設置

組織内体制図

(①-2-1 CPO適用技術、レイヤ1ソフトフレーム処理技術の開発)



組織内の役割分担

(①-2-1 CPO適用技術、レイヤ1ソフトフレーム処理技術の開発)

研究開発責任者と担当部署

- 富士通 研究開発総責任者
 - ヴィヴェック マハジャン 執行役員SEVP CTO*1
- 実用化・事業化責任者
 - フォトニクスシステム事業本部 副本部長
- 研究開発責任者
 - フォトニクスシステム事業本部 ネットワークシステム開発統括部 シニアディレクター
- 担当チーム
 - チームA：システム/装置開発担当
 - チームB：ハードウェア開発担当
 - チームC：ソフトウェア開発担当
 - 事業企画/国際ビジネス化戦略推進担当
- チームリーダー
 - A：光伝送装置のシステム/装置開発等の実績
 - B：光伝送装置のハードウェア開発等の実績
 - C：光伝送装置のソフトウェア開発等の実績
- 事業企画/国際ビジネス化戦略担当
 - D：光伝送装置の製品企画等の実績

部門間の連携方法

- 週1回の研究開発の進捗確認や課題共有を行い、課題発生時には互いに連携し、敏速な解決に向けたアクションをとる。

*1 SEVP : Senior Executive Vice President
CTO : Chief Technical Officer
*2 EVP : Executive Vice President

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

経営者等による本研究開発への関与の方針

経営者等による具体的な施策・活動方針

- 経営者等のリーダーシップ
 - デジタル革新を支えるテクノロジーやサービスの提供を通じて、脱炭素社会の実現および気候変動への適応に貢献するとともに2050年に自らのCO2排出ゼロエミッションを目指す中長期環境ビジョン「FUJITSU Climate and Energy Vision」を策定し、実現すべき未来の姿を社外に示している。先端技術による革新で、お客様や様々なステークホルダーとエコシステムを形成し、お客様・社会の電力使用の削減やグリーン電力の普及拡大など社会の脱炭素化に貢献し、気候変動の適応に資するサービス・ソリューションを提供することを目指しており、本研究開発もこの中に位置づける
 - 富士通は製品やサービス、ビジネスモデルに加えて、業務プロセスや組織、企業文化・風土を変革する全社DXプロジェクトを実施している。産業構造やビジネスモデルの急激な変化に対応するため、デザイン思考やアジャイルなどのフレームワークを活用し、従業員が試行錯誤して自ら変革を続ける組織文化を醸成させている
- 事業のモニタリング・管理
 - 経営層はステアリングコミティにおいて事業進捗状況をモニタリングする。CPU開発の設計/検証状況、最先端半導体プロセスの状況、装置開発の状況、パイロットモデルによる先行検証とビジネスプラン検証などの状況にもとづき、市場・競合・テクノロジーの外部環境の変化をふまえて、事業の進め方・内容に対して意思決定を行う
 - 経営会議(またはそれに準ずる会議)において、事業化と研究開発の進捗の報告を受け、経営判断を行う

経営者等の評価・報酬への反映

- 本プロジェクトは、SDGsへの取り組みを経営に組み込むという当社経営方針に沿うものであり、経営者はこの経営方針に照らして業務を執行する
- 役員に適した報酬体系を実現すべく、取締役会の諮問機関として任意に報酬委員会を設置し、以下のとおり、役員報酬の決定プロセスの透明性および客観性ならびに役員報酬体系および水準の妥当性を確保している
 - a) 委員は、その過半数を非執行役員で構成し、独立社外取締役を1名以上確保する
 - b) 報酬委員会は、企業価値の持続的向上に対する有効なインセンティブとして機能させることを念頭に、定額報酬の水準と、業績連動報酬の算定方法を取締役に答申する

担当幹部社員等の評価・報酬への反映

- 担当幹部社員は職責の大きさや重要性により評価されるジョブ型報酬制度を採用しており、役割や責任、人材要件をジョブプロファイルに定義している。
- 評価においては、パーパスや組織ビジョン実現に向けたインパクト、行動、成長を評価する制度としている。

事業の継続性確保の取組

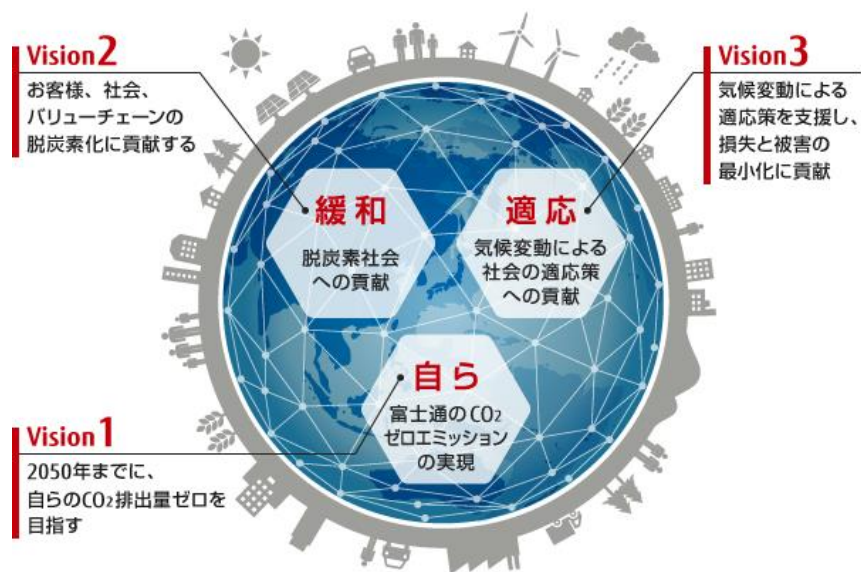
- 事業継続性の確保に向けて、後継者育成(サクセッションプラン)に取り組んでおり、経営層交代時にも中期の経営計画や事業計画をもとに、着実な引継ぎを行う

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本研究開発を位置づけ、広く情報発信

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に向けた全社戦略
 - 富士通は事業で使用する電力を100%再生可能エネルギーとすることを目指す国際的なイニシアチブ「RE100」に2018年からゴールドメンバーとして加盟しており、再生可能エネルギーの利用を2030年までに40%以上、2050年までには100%にすることを目指している
 - 富士通グループの中長期環境ビジョンである、FUJITSU Climate and Energy Visionを策定しており、富士通グループ自らの脱炭素化のノウハウをもとに、お客様、社会に提供することを掲げている



中長期環境ビジョン「FUJITSU Climate and Energy Vision」

ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
 - ステークホルダーの期待に応えるべく SDGs への取組みを経営に組み込んでいる
 - 経営方針は広報IR活動で開示しており、その中で特にカーボンニュートラルに向けた全社戦略についてはESG（環境・社会・ガバナンス）説明会等で開示している
- ステークホルダーへの説明
 - 研究開発、社会実装を進める中で、事業の見通しやリスクを適宜見直し、取引先やサプライヤに対して影響を説明し、共存共栄の関係を築く
 - 本研究開発に関する協議会を設置し、各研究開発主体、事業主体、また、省電力デバイスの実用化に必要な様々な周辺サポート事業・技術を担う各研究開発主体、事業主体及びデータセンター事業者等の間において、関係者相互の情報共有、意見交換、共同研究開発の提案を行う

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

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
 - 内部の開発進捗状況や市場・競合・テクノロジーの外部環境の変化をふまえて、必要があれば開発体制や開発手法の見直しを行う。富士通は事業部門起点の人材リソースマネジメントにより、現場への権限委譲と人材の流動化を図っており、必要な人材マネジメントをタイムリーに行う
- 人材・設備・資金の投入方針
 - 本研究開発への資金投入を全社戦略に沿った成長投資と位置づけ、投資を継続的に実施する
 - 富岳システムの開発を行ったCPU、装置、ファームウェア、ソフトウェアの技術者を中心に開発体制を構築する
 - 社会実装に向けて、販路の拡大や、パートナーとの更なる連携を実現するため、サーバ事業の経験者を中心に体制を構築する

人材の育成

- 若手人材の育成
 - 高性能・省電力CPU設計技術、装置設計技術、並列技術・並列分散処理アプリ開発技術などについて、将来を担う若手人材に継承する
 - IOWN Global ForumやOpen Compute Projectなどのオープンコミュニティへの若手の参加を奨励し、幅広い知見を持った人材の育成と、社外との共同体制を確立を図る

社会実装に繋げる組織体制

- コデザイン
 - パイロットモデルとしてサービス実証環境を構築。アプリケーションからCPU仕様へのフィードバック(コデザイン)を行う体制を整備。

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、技術的、経済的、その他要因により、事業継続困難な事態に陥った場合には事業中止も検討します

研究開発（技術）におけるリスクと対応	社会実装（経済社会）におけるリスクと対応	その他（自然災害等）のリスクと対応
- 競合他社の研究開発が想定以上に早く、本研究開発の課題が解消、もしくは陳腐化するリスク → 国際学会や国際標準化会議等で競合他社を含めた技術動向を定期的に確認し、常に先に行く技術開発の推進、柔軟な計画見直し等を実施 - 開発技術のQCD目標未達、もしくは採用技術や採用部品の技術進歩遅延等による競争力低下のリスク → 技術開発のマイルストーン毎に、達成度の確認と競争力の分析を実施する。 → 分析結果に応じて代替手段への切り替えや追加技術開発、採用技術や採用部品の変更、投資の方針を判断し、開発に展開	- ユースケースの想定誤りや市場動向の変化などにより、社会実装前にビジネスモデルが成り立たなくなるリスク → 社内サービス事業との連携やIOWN GF等の外部情報によって、ユースケースを把握 → 国際学会・標準化会議等を通じて積極的な技術交換等を実施し、自らターゲット市場の創出等を実施 - 長期間のプロジェクトであるため、予測不能な市場動向の変化が発生するリスク → 定期的に市場動向を確認し、環境変化に柔軟に対応するための計画変更等を実施	- 未知の感染症拡大により部品供給ははじめサプライチェーン停滞によるリスク → 研究開発に使用する部品のマルチベンダー化推進、及び、市場流通品への置き換えが可能となる部品選定等を実施 - 大規模地震、台風等の自然災害によって研究開発データ破損や拠点被災等が生じ、開発や製造が停滞するリスク → テレワーク環境下での開発取り組みを継続し、勤務地に依存しない開発環境を維持 → 研究開発データは国内複数地域に自動バックアップ、拠点も国内複数地域に確保
▼ - 事業中止の判断基準： - 競合他社が先んじて最先端技術を開発し、本研究開発課題の解消、もしくは、本研究開発技術が陳腐化した場合 - 市場動向の変化などにより計画していたビジネスモデルが成り立たなくなった場合 - 強力な経済制裁などが発動され、部品供給が滞ることで研究開発の実行が困難になった場合 - 自然災害等の発生により、研究開発拠点や試作・製品製造拠点の大規模被災により復旧困難になった場合 - その他、技術的、経済的、その他要因であって通常必要と認められる注意や予防方法を尽くしてもなお防止し得ない要因により事業継続困難な事態に陥った場合		