

## 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）

令和 3 年〇月〇日

経済産業省

商務情報政策局

## 目次

1. 背景・目的.....	3
2. 目標.....	<u>109</u>
3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援.....	<u>186</u>
4. 実施スケジュール.....	<u>252</u>
5. 予算.....	<u>3226</u>

## 1. 背景・目的

- 半導体・情報通信産業の重要性と課題解決の方向性
  - 情報の利活用、デジタル化が急速に進展する中、カーボンニュートラルは、製造・サービス・輸送・インフラなど、あらゆる分野で電化・デジタル化が進んだ社会によって実現される。したがって、電化・デジタル化の基盤である、半導体・情報通信産業は、グリーンとデジタルを同時に進める上での鍵である。
  - 特に、日本が世界に先駆けてグリーンとデジタルが両立した持続可能な社会を構築するためには、「産業のコメ」であり、あらゆる社会・経済活動に深く関係し、データ通信、処理等の根幹を担う半導体やデジタル産業について、時代の変化を正確に捉え、競争力を高めることが必要である。
  - パワー半導体は自動車・産業機器、電力・鉄道、家電など、生活に関わる様々な電気機器の制御に使用されている。カーボンニュートラルに向けた電化社会にとって、こうした電気機器の省電力化は極めて重要である。
  - 世界の用途別電力需要のうち、約半分がモーターによる電力となっており、モーターの駆動に使用するインバータ（パワー半導体を使った機器）の効率を1%改善するだけで、大幅な省電力効果が期待される。例えば、HVの電力損失のうち、約20%がパワー半導体による損失であり、サーバ消費電力のうち、約25%がパワー半導体を使用されている電源の損失と言われていることから、損失低減は非常に重要である。
  - パワー半導体産業は、現在約3兆円の市場規模であるが、2030年には5兆円、2050年には10兆円市場になる見通しである。本分野は、日本企業がシェア29%を保有するなど、半導体産業の中では日本企業が強みを持っている分野である。
  - パワー半導体の省エネ化技術として、次世代パワー半導体（SiC（シリコンカーバイド）、GaN（窒化ガリウム）、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>（酸化ガリウム））が挙げられる。これらの次世代パワー半導体は今後の自動車の電動化、再生可能エネルギーなどの電力、データセンターの増加など社会的要因によって需要が拡大する見通しである。
  - 例えばSiCは、2020年代半ばから後半にかけて電動車・充電インフラ、GaNは2025年サーバ内電圧変換器、2030年データセンター向け電源への需要拡大が予想されており、これらの次世代パワー半導体の高性能化・高信頼化に加えて、普及促進に向けたコスト低減が重要である。
  - また、住宅や工場、自動車などの電化やデジタル化が進むことにより、デジタル関連の消費電力は増加し、CO<sub>2</sub>排出が増えることが予見される。現状、世界のデータ量は年間約30%のペースで急増している。それに伴い、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25兆円の市場となる見通しとなっている。
  - データセンター市場は、世界的なサーバメーカーがシェア上位を占めており、日本勢は海外市場で苦戦している状況である。一方で、これまではサーバメーカーがサーバ単位でセット販売し

ていたが、GAFAM（Google, Amazon, Facebook, Apple, Microsoft）等が主導し、自ら要素デバイスを選定して、ODM（Original Design Manufacture）企業に製造を委託し、購入するという、市場のオープン化が進んでいる。こうしたゲームチェンジの進展により、我が国を含めたデバイス企業が、いち早く技術的優位性を確保して各デバイスのレイヤーマスターとなることで、データセンターサーバ市場に参入することが可能である。

- また、これまでは従来型データセンターから効率の良い大規模なクラウド型・ハイパースケール型データセンターに置き換わることにより、世界のデータセンターの電力消費量の増加は比較的抑制できていた。
- 一方で、今後は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増加に転じることが予想され、これまでの技術進化では、電力消費量の増加に追いつかないと予想される。
- こうした背景の下、本プロジェクトでは光電融合技術等をデータセンターに適用することで、省エネ化を実現する。
- 新しいデータセンターの普及には研究開発に加えて、立地計画に関する政策も重要である。

- 本プロジェクトを取りまく現状と課題解決の具体的方策

- 【次世代グリーンパワー半導体開発】

- パワー半導体は様々な用途で使われているが、例えば電動車では 400V であった電池電圧が 800V に高電圧化する等の変化が起こっている。400V の電池電圧であればパワー半導体に求められる耐圧は 700V 程度で良かったが、800V の電池電圧になるとパワー半導体に求められる耐圧は 1.2kV 程度となる。1.2kV でも Si パワー半導体は動作可能であるが、材料の性質として SiC のような次世代パワー半導体の方が高性能な動作が可能であり、次世代パワー半導体が必要とされている。
- また、モーターやサーバ電源において、パワー半導体が高周波で動作することによって、その他の部品のサイズを小さくすることが出来るため、モーターや電源等の小型化や高効率化が可能となる。従来の Si パワー半導体に比べて次世代パワー半導体は高周波動作が可能であり、電動車の電費や電源損失の低減に重要である。
- 次世代パワー半導体の普及促進に向けては、高性能化・高効率化に加えて、コスト低減が非常に重要であり、我が国でも多数の支援を実施してきた。一方で、過去の支援においては、開発した技術の応用等の実用化面での課題が指摘されている。
- 他国においても、多数の国の支援策が存在しているが、具体的なユースケースを指定した事業や省エネ実証事業など、実証に向けた支援が実施されている。さらに、パイロットライン構築なども実施されており、ユースケースの開発が促進されるようなプロジェクトも存在している。
- こうした背景もあり、次世代パワー半導体の市場シェアは、従来の Si（シリコン）パワー半導体の市場シェアに対してゲームチェンジが起こりつつある。Si パワー半導体では、インフィニオンテクノロジーが圧倒的シェアを有しているが、SiC パワー半導体では、STMicroelectronics、

Wolfspeed (Cree) 、ロームなどが拮抗している状態である。また、GaN パワー半導体では、従来の Si パワー半導体とはメーカーの顔ぶれが大きく異なり、大半がベンチャー企業となっている。

- 次世代パワー半導体においても、Si パワー半導体と同様に素材（ウェハ）が重要であるが、SiC パワー半導体市場においては圧倒的に米国勢がシェアの過半を占めている。ウェハは安定供給及びコストの面で非常に重要であり、シェア拡大のためには国内のウェハ産業も強化する必要がある。
- 過去の国家事業、今後の市場予測などを踏まえて、本プロジェクトでは、事業対象を細分化して、ユーザー側のリクワイヤメントを取り入れながら開発を実施する。具体的には、今後市場拡大が見込まれる以下のアプリケーションを想定し、技術開発を実施する。
  - ① 電動車・産業機器向け
  - ② 再生可能エネルギーなどの電力
  - ③ サーバ等の電源向け
- それぞれの分野において、次世代パワー半導体の高性能化・高効率化を実現するとともに、低コスト化技術も開発することで、普及促進を実現する。

#### 【次世代グリーンデータセンター技術開発】

- 電力消費量が増加するデータセンターに対して、革新的省エネ技術である「光電融合技術」がゲームチェンジャー技術として登場している。光電融合技術は、電子デバイスに光エレクトロニクスを融合し、電気配線を光配線に置き換えることで、省エネ化・大容量化・低遅延化を実現する技術である。これにより、例えばネットワークシステム全体で電力消費が 1/100 になるといわれている。本技術は、まだコンピュータ内に実装されていないが、各国で国・民間プロジェクトが立ち上がり、大きな研究開発トレンドとなっている（日本はいち早く NEDO「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」（2012～2021 年度）を組成し、研究開発に着手しており、技術で先行している）。
- 例えば、NTT は、IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想を 2019 年に提唱し、海外プレーヤーを巻き込んだ IOWN グローバル・フォーラム（NTT、インテル、ソニーにより 2020 年に設立）で国際標準にむけた議論等を開始している。本構想では、ネットワークから端末、チップの中まで光電融合技術を導入することにより、実現が困難であった超低消費電力化、超高速処理の達成を目指しており、2024 年の仕様確定、2030 年の実現を目指している。
- また、データセンターでは、建物や空調に比べて、サーバを構成する要素デバイス（CPU、メモリ等）が消費電力の大きな割合を占める。そのため、本プロジェクトの目標であるデータセンターあたり 40%以上の省エネ化を実現するために、サーバを構成する要素デバイスの省エネ化開発を一体的に実施する必要がある。
- さらに、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、ディスクアグリゲーション技術も検討が進められている。IOWN 構想で

は、フォトニック・ディスアグリゲータッド・コンピューティングを提唱しており、従来のサーバ指向のコンピューティングから光伝送路に基づくサーバレスなコンピューティングへパラダイムシフトを狙っている。

- このような背景の下、以下の3つの開発項目を実施することで、データセンターの省エネ化を実現する。
  - ① 光エレクトロニクス技術の開発
  - ② 光に適合したチップ等の高性能化・省エネ化技術の開発
  - ③ ディスアグリゲーション技術の開発
- これらの技術開発を実施することで、IOWN 構想も活用しながら、ゲームチェンジが進みつつある市場に参入・シェアの拡大を実現する。

- 関連基金プロジェクトと既存事業

- 関連基金プロジェクト

- 本プロジェクトで関連する基金プロジェクトとして、「洋上風力発電の低コスト化」、「次世代蓄電池・次世代モーターの開発」がある。これらのプロジェクトは、開発したパワー半導体の適用先となっており、社会実装モデルを創出することを目指すものである。

- 既存事業

- NEDO「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」（2012～2021 年度、2021 年度予算額 15.0 億円）

([https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP\\_100057.html](https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100057.html))。

従来は電気配線を用いていた半導体チップ間、サーバボード間を光配線で接続し、データ通信を行う基盤技術を確立。本基金プロジェクトではこの基盤技術を活用して、実際の CPU、アクセラレータ、メモリ等をより高速に光接続する技術を開発し、新しい高性能・省エネデータセンターの実現に貢献する。

- NEDO「高効率・高速処理を可能とする AI チップ・次世代コンピューティングの技術開発」（2018～2027 年度、2021 年度予算額 99.8 億円の内数）

([https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP\\_100123.html](https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100123.html))。

データセンター内の多数のサーバ間の接続を自在に切り替える低消費電力光電ハイブリッドスイッチを開発。本基金プロジェクトで開発された高性能・省エネデータセンターと組み合わせることにより、更なる効率化を実現でき、将来的に相互に連携する技術である。

- NEDO「ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業」（2019 年度～、基金総額 2,000 億円の内数）

([https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP\\_100172.html](https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100172.html))。

超低遅延や多数同時接続といった機能が強化された 5G（ポスト 5G）に対応した情報通信システムを構成する各要素（コアネットワーク、伝送路、基地局）の技術開発

に取り組む。本基金プロジェクトで開発された高性能・省エネデータセンターと組み合わせることによって、デジタルインフラの高度化を実現でき、将来的に相互に連携する技術である。

- NEDO「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業」（2021～2025年度、2021年度予算額 20.5億円の内数）

([https://www.nedo.go.jp/koubo/IT2\\_100182.html](https://www.nedo.go.jp/koubo/IT2_100182.html))。

Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> パワー半導体及び Si パワー半導体に関する支援を実施。Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は次世代パワー半導体の 1 つであるが、耐圧に関する高いポテンシャルを有している一方で、熱伝導において大きな課題もあり、適した用途が見出せていない。通常パワー半導体は、トランジスタによってスイッチング動作を実現するが、まずは初期段階のダイオードにおいて、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の最適な用途を見出すため、当初予算で支援している。一方で、本基金プロジェクトでは、今後 10 年程度で急速に市場が立ち上がるとされている SiC、GaN に関する研究開発を実施する。SiC や GaN は既に市場の一部で使われ始めているが、材料本来のポテンシャルを発揮できていないため、今後ますますの性能改善が繰り返される中で、他国に先駆けて革新的技術を導入し、競争力を高めることが、我が国パワー半導体産業の競争力強化につながる。

- 文部科学省「革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発事業」（2021～2025年度、2021年度予算額 13.5億円の内数）

([https://www.mext.go.jp/b\\_menu/boshu/detail/mext\\_00103.html](https://www.mext.go.jp/b_menu/boshu/detail/mext_00103.html))

電気機器の超省エネ・高性能化を実現するため、GaN 等の研究開発における我が国の優位性を活かして、GaN 等の特性を十分に活かした革新的なパワーエレクトロニクス技術を開発する事業。本基金事業の次世代パワー半導体でも GaN は候補の 1 つであるが、研究開発の重複を避けるために GaNonGaN に関連する技術（GaNonGaN デバイス、GaN ウェハ）については、本基金事業の対象外とする。

- 環境省「GaN 技術による脱炭素社会・ライフスタイル先導イノベーション事業」（2014～2021年度、2021年度予算額 25億円の内数）

(<https://www.env.go.jp/earth/earth/ondanka/energy-taisakutokubetsu-kaikeir03/matetr03-27.pdf>)。

民生・業務部門を中心にライフスタイルに関連の深い多種多様な電気機器（照明、パソコン、サーバー、動力モーター、変圧器、加熱装置等）に組み込まれている各種デバイスを、高品質 GaN（窒化ガリウム）基板を用いることで高効率化し、徹底したエネルギー消費量の削減を実現する技術開発及び実証を行う事業。本基金事業の次世代パワー半導体でも GaN は候補の 1 つであるが、研究開発の重複を避けるために GaNonGaN に関連する技術（GaNonGaN デバイス、GaN ウェハ）については、本基金事業の対象外とする。

- グリーン成長戦略の実行計画における記載（抜粋）

- （６）半導体・情報通信産業

- ② デジタル機器・産業の省エネ・グリーン化（グリーン of デジタル）

- ＜現状と課題＞

- 「グリーン by デジタル」により CO<sub>2</sub>排出が減る一方で、住宅や工場、自動車等の電化やデジタル化が進むことにより、デジタル関連の消費電力は増加し、CO<sub>2</sub>排出が増えることが予見される。例えば、大規模データセンターは、大型火力発電所の発電量に匹敵する電力を消費するものがある。また、IT 関連の消費電力は、デジタル関連の消費電力は、今後、飛躍的に増加していく見込みである。そのため、実質的な CO<sub>2</sub>削減の観点からは電気機器、データセンターや通信ネットワークでの更なる省エネ化や再エネ活用等の省 CO<sub>2</sub>化を促進することが重要である。

- 現に、国際的にデジタルプラットフォームを展開する企業では、再生可能エネルギー発電への投資やグリーン電力の購入により、カーボンニュートラルを目指す動きも出てくるなど、情報通信産業において、グリーン化は既に大きな動きとなっている。

- さらに、あらゆる電気機器に組み込まれているパワー半導体、情報処理に不可欠なメモリ、半導体や、光エレクトロニクス（光配線）、ソフトウェアなどの分野では、省エネ化・高性能化に向けた投資や研究開発競争が激化しており、情報通信産業全体として、省エネ化、グリーン化をいち早く達成することが競争力の源泉となる。

- 今後は、パワー半導体（国内企業で世界シェア 29%）など、日本企業が強みを持っている分野を伸ばすとともに、メモリや光エレクトロニクス、ハイパフォーマンスコンピューティングなどの半導体関連や、データセンター、5G やポスト 5G、高度化された 5G、Beyond 5G などの情報通信インフラの省エネ化・省 CO<sub>2</sub>化・高性能化・早期導入を進めていくことが必要である。

- このように、グリーンとデジタルを両立させ、成長していくために、デジタル機器・産業の省エネ化とデータセンター等でデジタル分野が使用する電力の脱炭素化は必須である。

- ＜今後の取組＞

- 幅広い分野で使われているパワー半導体や、情報処理に不可欠なメモリなどの半導体、データセンター、情報通信インフラの省エネ化・省 CO<sub>2</sub>化・高性能化を進めて、グリーン・デジタル社会の構築を目指す。以下、具体的な分野について、それぞれ記載する。

- ア) パワー半導体等の研究開発、実用化、普及拡大

- パワー半導体や次世代半導体の利活用については、従来の Si パワー半導体の高性能化に加えて、超高効率の次世代パワー半導体（GaN、SiC、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等）の実用化に向けて、放射光・中性子線施設を活用した物性評価や、高速電子計算機の活用による材料探索等、アカデミアが保有する半導体関連技術・施設等も活用し、研究開発を支援するとともに、導入促

進のために、半導体サプライチェーンの必要な部分に設備投資支援などを実施することで、2030年までには、省エネ50%以上の次世代パワー半導体の実用化・普及拡大を進める。これにより、日本企業が世界市場シェア4割（1.7兆円）を獲得することを目指す。

また、次世代省エネ機器（モータ制御用半導体等）、次世代パワーエレクトロニクス技術（AI等を活用した高効率制御等）、次世代モジュール技術（高放熱材料等）や次世代受動素子・実装材料（コイル等）などの研究開発を進めるとともに、Siパワー半導体・次世代半導体の成果を用いて、現時点から応用可能な用途（電動車・データセンター電源・電力変換器・LED等）に係る技術の実証・実装・高度化を支援する。

#### イ) グリーンデータセンターの推進

データセンターの省エネ化に向けて、サーバを構成する要素デバイス（CPU、アクセラレータ、メモリ等）の高性能化・省エネ化技術に、光配線技術といった光エレクトロニクス技術を融合（光電融合）したシステムの開発・実証や、データセンターを制御するソフトウェアによる性能・消費電力の最適化技術を開発、省エネ半導体の製造拡大のための設備投資支援を行う。また、データセンターでの脱炭素電力の利活用や、再エネ活用型データセンターの需要サイドでのニーズ醸成等を促進する。こうした取組により、2030年までに全ての新設データセンターの30%以上の省エネ化、国内データセンターの使用電力の一部の脱炭素化を目指す。

こうした取組を着実に進めるとともに、電力消費量が増加する電気・情報通信産業も含めた省エネ・省CO<sub>2</sub>推進のための制度など、カーボンニュートラルに向け必要となる制度の検討を進めることで、半導体・情報通信産業の2040年のカーボンニュートラル実現を目指す。

## 2. 目標

### 【次世代グリーンパワー半導体開発】

#### ● アウトプット

##### ➤ 研究開発の目標

1. 2030年までに、次世代パワー半導体を使った変換器などの損失50%低減及びSiパワー半導体と同等のコストを実現
2. 2030年までに、8インチ（200mm）SiCウエハにおける欠陥密度1桁以上の削減及びコスト低減

#### （目標設定の考え方）

1. 世界の電力需要のうち、約半分がモーターである。モーターを回転させるパワーエレクトロニクス機器（パワー半導体を活用した機器）の動作効率が1%改善するだけで、電力消費量は大幅に低減する。損失低減と効率改善は必ずしも1対1対応ではないが、例えば電動車においては、損失のうち約20%が半導体の損失であると言われており、50%の損失改善は電動車の5～10%程度電費改善につながると言われている。また、次世代パワー半導体は、性能は優れているが、ウエハが小口径であることに加えて、材料の価格及び製造工程の価格が高いために、従来のSiパワー半導体と比べて導入コストが高い。コストを従来のSiと同等とすることで普及拡大を目指す。
2. 開発したウエハを使ったデバイス等が、従来のSiパワー半導体同等のコストを実現するために必要なウエハサイズと欠陥密度を及びウエハ自体のコスト低減を目標値に設定。コスト目標は、目標1の性能改善がデバイス製造技術により達成できる前提で、開発するウエハによる歩留まり改善などの成果も考慮した上で設定する。

#### （目標達成の評価方法）

1. パワー半導体を使用して設計したパワーエレクトロニクス機器（例えばインバータ等）を試作し、動作させて評価を行う。または、実際の機器が使用される場合と同じ条件で動作させた時の変換損失を評価する。また、ウエハの大口径化、ウエハの低欠陥化（歩留まり改善）、性能改善（チップ面積削減）などの技術開発を実施して、コスト見積もりを実施する。
2. ウエハの口径の評価及びX線等を活用した結晶欠陥密度の評価を行う。ウエハコストは、ウエハの生産性や材料費等に加えて、デバイスメーカーを活用した評価結果（歩留まり改善結果）なども考慮して算出する。コスト低減については○○。

#### （目標の困難性）

1. 現在の技術開発のトレンドラインから想定される 2030 年時点のパワー半導体の性能を上回る性能を目指しており、実現には欠陥低減などの材料に近い開発とともに、制御技術などの実証に近い開発も並行して進める必要があり、実現には高いハードルが存在する。また、低コスト化についても、材料コストが Si に比べて 1 桁程度高いため、Si よりも 1 桁以上の性能改善効果を実現する必要があり、高いハードルが存在する。
2. ウェハの大口径化及び低欠陥密度化については、現在の標準的な製造手法である「昇華法」で到達可能であるかどうかはわからず、「ガス法」や「溶液法」といった様々な手法を開発し、目標達成に向けて適切な手法を選択する必要があり、実現には高いハードルが存在する。

- アウトカム

次世代パワー半導体による電気機器の損失低減により、サーバ電源、電動車、洋上風力発電等の送配電網の高効率化が実現できる。これにより、国内および世界の CO<sub>2</sub> 削減効果について以下のように算出した。

- CO<sub>2</sub> 削減効果（ポテンシャル推計）

- 国内：418 万トン- CO<sub>2</sub>/年（2030 年）、933 万トン- CO<sub>2</sub>/年（2050 年）
- 世界：1.5 億トン- CO<sub>2</sub>/年（2030 年）、3.2 億トン- CO<sub>2</sub>/年（2050 年）

【算定の考え方】

パワー半導体の性能改善による各種アプリケーションにおける半導体部分の CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果を見積もった。あくまでも半導体を活用している部品の CO<sub>2</sub> 排出量削減効果としているが、普及促進や部材の消費量削減なども、波及効果として予想される。

(1) 電動車関連の CO<sub>2</sub> 削減効果：

- 国内：330 万トン- CO<sub>2</sub>/年（2030 年）、660 万トン- CO<sub>2</sub>/年（2050 年）
- 世界：1.4 億トン- CO<sub>2</sub>/年（2030 年）、2.8 億トン- CO<sub>2</sub>/年（2050 年）

【算定の考え方】

電動車の CO<sub>2</sub> 排出量と日本の自動車の平均走行距離を元に、1 台あたりの年間の CO<sub>2</sub> 排出量を算出。ここに、電動車関連市場予測で述べられている 2030 年時点の電動車の普及率を 50%として、全電動車の CO<sub>2</sub> 排出量を算出した。さらに、電動車の損失割合を 20%とし、本プロジェクトによる事業成果である損失改善効果を 50%として削減量を算出した。また、2050 年は電動車普及率を 100%として算出した。

【利用したパラメータ】

表 1 電動車関連の CO<sub>2</sub> 削減効果算出に使用したパラメータ

パラメータ		国内	世界
①	電動車の CO <sub>2</sub> 排出量(g- CO <sub>2</sub> /km) <sup>1</sup>	90	90
②	平均走行距離(km) <sup>2,3</sup>	9,360	21,726
③	総自動車数(台) <sup>4</sup>	78,289,437	1,433,182,438
④	2030 年電動車普及率(%) <sup>5</sup>	50	50
⑤	2050 年電動車普及率(%)	100	100
⑥	電動車における半導体損失(%) <sup>6</sup>	20	20
⑦	本プロジェクトによる損失低減効果(%)	50	50

表 1 に用いたパラメータを用いて、以下の計算式により CO<sub>2</sub> 削減効果を見積もった。

計算式：①×②×③×(④or⑤)/100×⑥/100×⑦/100

(2) 再エネ等電力関連の CO<sub>2</sub> 削減効果：

- 国内：9 万トン- CO<sub>2</sub>/年（2030 年）、83 万トン- CO<sub>2</sub>/年（2050 年）
- 世界：217 万トン- CO<sub>2</sub>/年（2030 年）、1,300 万トン- CO<sub>2</sub>/年（2050 年）

【算定の考え方】

洋上風力発電 1MW における年間発電量は 200 万 kWh とされている。CO<sub>2</sub> 排出係数代替値から素材・資材・加工組み立て等に係る CO<sub>2</sub> 排出量として公表されている係数を差し引いた削減量は 0.000463 トン- CO<sub>2</sub>/kWh とされている。これらの数値を元に、1MW あたりの年間 CO<sub>2</sub> 削減量を算出した。国内の 2030 年、2050 年の洋上風力発電量はそれぞれ 10GW、90GW とし、世界の 2030 年の洋上風力発電量は 234GW、1,400GW とした。現行の半導体変換器による損失を 2%と仮定し、本プロ

<sup>1</sup> 出所：公益社団法人自動車技術会 HP「特集：将来の EV 大量普及と電力供給システム」より

[https://www.jsae.or.jp/engine\\_rev/backnumber/09-06/09-06-01.html](https://www.jsae.or.jp/engine_rev/backnumber/09-06/09-06-01.html)

<sup>2</sup> 出所：経済産業省「令和元年度 届出外排出量の推計方法等に係わる資料 詳細版」を基に試算

[https://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/law/prtr/r1kohyo/05todokedegaiyou/syousai/11.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/r1kohyo/05todokedegaiyou/syousai/11.pdf)

<sup>3</sup> 出所：アメリカ運輸省統計「Average Annual Miles per Driver by Age Group」より

<https://www.fhwa.dot.gov/ohim/onh00/bar8.htm>

<sup>4</sup> 出所：一般社団法人日本自動車工業会「日本の自動車工業 2020」より

[https://www.jama.or.jp/industry/ebook/2020/PDF/MIoJ2020\\_j.pdf](https://www.jama.or.jp/industry/ebook/2020/PDF/MIoJ2020_j.pdf)

<sup>5</sup> 出所：Boston Consulting Group プレスリリース「世界の電動車（xEV）シェアは2030年に51%へ、日本では2030年に55%、ハイブリッド車が引き続きシェアを維持（2020年1月10日）」より

<https://www.bcg.com/ja-jp/press/10january2020-electric-car>

<sup>6</sup> 出所：トヨタ自動車株式会社「高効率 SiC パワー半導体（2014年5月20日）」より

<https://global.toyota.jp/download/3519696>

ジェクトによる損失低減効果を 50%として CO<sub>2</sub> 削減量を算出した。

【利用したパラメータ】

表 2 洋上風力発電における CO<sub>2</sub> 削減効果算出に使用したパラメータ

パラメータ		日本	世界
①	2030 年洋上風力発電量(GW) <sup>7,8</sup>	10	234
②	2050 年洋上風力発電量(GW) <sup>7,9</sup>	90	1,400
③	洋上風力発電 1MW における 年間発電量(kWh) <sup>10</sup>	2,000,000	2,000,000
④	風力発電 1kWh 当たりの CO <sub>2</sub> 削減効果 (トン-CO <sub>2</sub> /kWh)	0.000463	0.000463
⑤	現行の半導体変換損失(%) <sup>11</sup>	2	2
⑥	本プロジェクトによる損失低減効果(%)	50	50

表 2 に用いたパラメータを用いて、以下の計算式により CO<sub>2</sub> 削減効果を見積もった。

$$\text{計算式} : (\text{①or②}) \times 1000 \times \text{③} \times \text{④} \times \text{⑤} / 100 \times \text{⑥} / 100$$

(3) サーバ電源関連の CO<sub>2</sub> 削減効果：

- 国内：79 万トン-CO<sub>2</sub>/年（2030 年）、190 万トン-CO<sub>2</sub>/年（2050 年）
- 世界：1,100 万トン-CO<sub>2</sub>/年（2030 年）、2,700 万トン-CO<sub>2</sub>/年（2050 年）

【算定の考え方】

2019 年の世界及び国内のデータセンターの消費電力量は、それぞれ 200TWh,

<sup>7</sup> 出所：一般社団法人日本風力発電協会提出資料「経済産業省 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 第 28 回再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会（2021 年 3 月 15 日開催）資料 5」より  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku\\_gas/saisei\\_kano/pdf/028\\_05\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/028_05_00.pdf)

<sup>8</sup> 出所：世界風力会議（GWEC）「Offshore wind will surge to over 234 GW by 2030, led by Asia-Pacific（2020 年 8 月 5 日掲載）」より  
<https://gwec.net/gwec-offshore-wind-will-surge-to-over-234-gw-by-2030-led-by-asia-pacific/>

<sup>9</sup> 公益財団法人自然エネルギー財団「洋上風力発電に関する世界の動向[第 2 版]（2021 年 6 月）」より予測  
[https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/202106\\_OffshorewindInfo.pdf](https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/202106_OffshorewindInfo.pdf)

<sup>10</sup> 出所：日本風力開発株式会社「ホームページ FAQ」より  
<https://www.jwd.co.jp/faq/>

<sup>11</sup> 有識者ヒアリングの結果に基づき試算

14TWhとされている<sup>12</sup>。大規模データセンターの消費電力量の増加分<sup>13</sup>を考慮すると、2030年、2050年の消費電力はそれぞれ表3となる。なお、計算負荷が将来にわたってこのまま増加し、現在入手可能な最新機器で情報処理を継続した場合の消費電力は表3よりも数桁大きい<sup>13</sup>。

国内及び世界のデータセンターの現在の消費エネルギーは、表3に示した通りであるが、このうち、電源が占める損失は20%とされている。

表3 世界及び国内のデータセンター消費電力量 (TWh)

	2019年	2030年	2050年
国内	14	18	43
世界	200	252	612

【利用したパラメータ】

①2030年、2050年データセンターの消費電力：表3に記載の通り

②サーバ消費電力に占める電源の損失割合<sup>13</sup>：20%

③効率改善効果：50%

④排出係数：0.441Mt- CO<sub>2</sub>/TWh

計算式：①×②/100×③/100×④×100

➤ 経済波及効果（世界市場規模推計）

○ パワー半導体全体：5兆円（2030年）、10兆円（2050年）

○ 次世代パワー半導体：0.5兆円（2030年）、3.7兆円（2050年）

【算定の考え方】

2020年のパワー半導体市場全体が約3.2兆円といわれており、2030年には約5兆円になるといわれている<sup>14</sup>。これらの値を使ってCAGR（年平均成長率）を計算し、2050年の市場規模を推定した。

また、次世代パワー半導体については、2020年の市場規模が約900億円で、CAGR 20%で成長するといわれており、2030年には約5,500億円に成長するとされ

<sup>12</sup> 出所：国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書「情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響（Vol.2）」及び「情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響（Vol.3）」より

<https://www.jst.go.jp/lcs/proposals/index.html>

<sup>13</sup> 出所：IEA「Global data centre energy demand by data centre type, 2010-2022」より

<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-data-centre-energy-demand-by-data-centre-type-2010-2022>

<sup>14</sup> 出所：NEDO「低炭素社会を実現するパワーエレクトロニクスプロジェクト」より

ている<sup>15</sup>。徐々に成長率が減少することも見越して、2050年にかけて平均的なCAGRとして10%程度を仮定して2050年の市場規模を推定した。

#### 【次世代グリーンデータセンター技術開発】

##### ● アウトプット

###### ➤ 研究開発の目標

3. 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

###### (目標設定の考え方)

3. 2030年に向けて、データ量の急増にあわせてデータセンターの消費電力量が増加に転じると見込まれる中、現在の消費電力量と同等程度に抑えるために必要な省エネ目標を設定。

###### (目標達成の評価方法)

3. 本プロジェクトで開発した各要素デバイス、およびそれらにより構成されるサーバシステムの性能あたりの電力削減効果を評価<sup>16</sup>した上で、2030年時点でのデータセンターの消費電力内訳を調査し、データセンターとしての省エネ効果を算出・評価する。

###### (目標の困難性)

3. データセンターは、サーバを構成する多くの要素デバイス、建物、空調等が電力を消費するため、各要素デバイスだけで実現できる省エネ化には限界があり、データセンターの省エネ化40%以上という目標を達成するためには、複数の要素デバイス開発や制御技術開発においていずれも革新性の高い省エネ目標を設定し、一体的に取り組むことで初めて達成できる野心的な目標である。

##### ● アウトカム

###### ➤ CO<sub>2</sub>削減効果（ポテンシャル推計）

- 国内：130万トン-CO<sub>2</sub>/年（2030年）、750万トン-CO<sub>2</sub>/年（2050年）
- 世界：1760万トン-CO<sub>2</sub>/年（2030年）、1億800万トン-CO<sub>2</sub>/年（2050年）

---

<sup>15</sup> 出所：Omdia 「SiC & GaN Power Semiconductors Report - 2020」より

<sup>16</sup> CPUやアクセラレータについては、広く実績のあるベンチマーク（HPL、HPL-AI、HPCGなど）を用いて性能あたりの電力削減効果を評価する。必要に応じて事業開始時点のサーバ機器を保管し、本プロジェクトの成果を製品化したサーバ機器と電力削減効果を比較する。メモリ（DRAM）については、状態保持時間、読出回数を評価することによりフレッシュ・ライトバックにかかる電力の削減効果を定量的に評価する。光電融合デバイス、光スマートNICについては、開発した技術における伝送容量当たりの消費エネルギーを評価し、事業開始時点の電気配線やネットワークに対する電力削減効果を算出する。ディスプレイアグリゲーションについては、適切に選択したワークロードを演算処理してその性能・電力を参考に、制御システムの電力削減効果を評価する。

【算定の考え方】

2019年及び2030年、2050年の消費電力はそれぞれ表4となる。（表3の再掲）

表4 世界及び国内のデータセンター消費電力量（TWh） ※表3の再掲

	2019年	2030年	2050年
国内	14	18	43
世界	200	252	612

本プロジェクトの省エネ目標（データセンターによる省電力化40%、普及率を40%@2030年、100%@2050年）を表4の予測値に適用すると、それぞれ消費電力量の削減量は表5ようになる。

表5 本プロジェクト成果を適用した場合の消費電力量の削減量（TWh）

	2030年	2050年
国内	3	17
世界	40	245

CO<sub>2</sub>削減効果は表2の数字にCO<sub>2</sub>排出係数0.441kg-CO<sub>2</sub>/kWhをかけ算することで算出した。

➤ 経済波及効果（市場規模推計）

- 国内：約0.6兆円（2030年）、約2.1兆円（2050年）
- 海外：約14兆円（2030年）、約78兆円（2050年）

【算定の考え方】

データセンターシステムの投資額は、2019年に世界214,902百万米ドル、国内12,056百万米ドルであり、2025年には世界271,579百万米ドル（CAGR4%）、国内13,198百万米ドル（CAGR1.5%）と推計されている<sup>17</sup>。この投資額を基に世界CAGR4%、国内CAGR1.5%のまま成長すると仮定すると、2030年には世界で約14兆円（国内0.6兆円）（普及率40%を想定）、2050年には世界で約79兆円（国内2.1兆円）の市場規模と推定される。

<sup>17</sup> Gartner, Inc., Forecast: Enterprise IT Spending by Vertical Industry Market, Worldwide, 2019-2025, 1Q21 Update, Inna Agamirzian, et al., March 2021, End-User Spending basis. CAGRは経済産業省による算出。

データセンターが提供するクラウドサービスの市場規模は更に大きく<sup>18</sup>、国民生活においてはクラウドサービスやそれを利用する様々なアプリケーションによって、自動運転をはじめとする様々なタスクの自動化や、医療をはじめとする様々なサービスの遠隔共存化など、イノベーションを享受できるようになる。

---

<sup>18</sup> Gartner: <https://www.itnext.in/article/2020/11/18/global-public-cloud-end-user-spending-grow-18-2021-gartner>

### 3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援

#### ● 【研究開発項目1】次世代パワー半導体デバイス製造技術開発

- 目標：2030年までに次世代パワー半導体等の適用による電圧変換の損失を50%以上低減、かつ、量産時に従来のSiパワー半導体と同等のコストを達成
- 研究開発内容：

【(1/2補助→1/3補助) + (1/10インセンティブ)】

パワー半導体はあらゆる電気機器に使用されているが、今後の社会情勢を鑑みて、特に注目する応用先として、以下の応用先に適用可能なパワー半導体の開発を想定。パワー半導体は耐圧毎に技術課題に対する解決方法が異なるため、各用途に応じた耐圧レンジ(1.2kV級である電動車、1.7kV級である産業機器、3.3kV級以上の再エネ等電力、750V級以下のサーバ電源等)で細分化し、複数の取組を並行させる。

- ① 電動車及び産業機器向けパワー半導体
- ② 再エネ等電力向けパワー半導体
- ③ サーバ等電源機器向けパワー半導体

本プロジェクトはエンドユーザーも巻き込んだ開発を実施することを必須としており、事業体制に組み込むかエンドユーザーのリクワイアメントを逐次収集し、必要に応じて開発目標を修正しながら研究開発を実施し、社会実装を実現する。

例えば、電動車向けパワー半導体でも、走行用インバータ、昇圧コンバータなど、複数の応用が考えられることから、それぞれ適した半導体材料が異なることも想定されるので、下記の①から③に記載した材料内容はあくまでも例示であって、記載内容以外のデバイス開発についての提案を妨げるものではない。他方で、GaNonGaNやGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>については、並行する別の予算事業にて研究開発を実施しているため、対象外とする。

#### ① 電動車・産業機器向けパワー半導体の開発

電動車や産業機器(データセンター向け空調や無停電電源、太陽光発電のパワーコンディショナー、xEVの充電ステーション等)の高効率化に向けては、高耐圧、低抵抗かつ高速・高周波スイッチングが重要で、次世代パワー半導体のSiCが最も適している。

パワー半導体の技術開発トレンドとして、高出力密度化がある。高出力密度化することで、電気機器の制御の際の損失を低減できるため重要な指標とされている。一方で、高出力密度で動作させた場合、一般的には発熱等による効率低下が問題となる。Siパワー半導体に比べて次世代パワー半導体であるSiCは熱伝導率が高く、高出力密度化しつつも高効率化が期待される材料とされているが、今後さらなる性能改善の要求が高まることから、デバイス性能の改善やモジュール技術の進化など、総合的な観点で開発を進めていく必要がある。

また、半導体材料としての SiC は従来の Si を大きく上回る性質を持っているが、実装する際の改善効果は限定的であり、その理由として、SiC の性能を引き出すような制御技術がまだ十分に開発されていないためであると考えられる。

このため、本プロジェクトでは、大口径ウェハでオン抵抗低減等を達成する性能改善と同時に、既存の次世代パワー半導体デバイスより優れた信頼性を有するデバイスを開発する。また、開発したパワー半導体の性能を最大限に引き出すための制御 IC も開発することで、従来のインバータ変換器（インバータ、コンバータなど）を凌駕する性能を実証する。

## ② 電力変換等向け高効率パワー半導体の開発

洋上風力発電等の再生可能エネルギーの普及のためには、高効率で送配電する送配電網の構築が重要である。従来は、交流電力の送配電技術が用いられていたが、近年世界中で高電圧直流送電（HVDC）の開発が進められており、欧州や中国では直流送電技術が一部使用されている。HVDC を確立することで、高効率送配電が出来るようになるとともに、送配電コストも低減できることから、再生可能エネルギーの普及に効果があると考えられる。

一方で、HVDC を実現するためには、直流遮断器が高電圧の電力変換器が必要であるが、従来の Si でこれらを実現する場合、IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）を適用せざるを得ない。IGBT は電子と正孔の両方を電気伝導に使用するトランジスタとなっており、高耐圧動作及び大電流動作が可能なパワー半導体である。しかしながら、オン動作時に、ドリフト層と呼ばれる電流経路上にキャリアが蓄積してしまい、オン状態からオフ状態にスイッチングするターンオフスイッチング時に、この蓄積したキャリアの消失に時間が必要となる。その結果、キャリアの蓄積がない MOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）と比べて高速性に課題がある。SiC はその物性的特徴から、MOSFET でも高耐圧及び大電流動作が可能であるため、Si IGBT に比べて高速に動作することが可能である。これにより、スイッチング周波数を高くすることが出来るため、変換器を小型化することが可能である。

このため、本プロジェクトでは、高周波スイッチング、低抵抗、高信頼性、低コストを兼ね備えた超高耐圧 SiC MOSFET の開発と、その成果を活用した直流遮断器および電力変換器の開発を行う。なお、HVDC のシステムについては、「洋上風力発電の低コスト化」プロジェクトにて実施する予定。

## ③ サーバ電源等の電源省エネ化技術開発

サーバ電源、民生機器電源等の電源省エネ化に向けては、低抵抗かつ高速・高周波スイッチングが重要であり、次世代パワー半導体の GaN が最も適しているとされている。現在も一部の AC アダプタには GaN が使用され、アダプタの小型化が実現されている

が、従来の Si に比べてコストが高いこと等が原因で、アダプタ以外の社会実装が遅れている。一方で、高周波スイッチングによる受動部品の小型化が期待できるという物性的メリットから、サーバ電源等の効率改善が期待される。

このため、Si に対して圧倒的に優れた性能を実現しつつ、信頼性やコスト面で Si と同等レベルにするような技術開発が必要である他、高周波・高速に動作する GaN を使いこなすための回路技術開発が必要である。本プロジェクトでは、GaN デバイスの性能改善に向けた開発を実施すると同時に、高信頼性化・低コスト化技術の開発及び GaN デバイスに適した回路の開発を実施して想定されるアプリケーションの省エネ化を実績し、社会実装を加速する。

#### （委託・補助の考え方）

- 本研究開発項目について、既に次世代パワー半導体の市場が創出されつつあり、2025 年頃以降に本格的に普及拡大していくことが見込まれており、事業リスクに比して実施者の裨益が相対的に大きいと考えられるため、補助事業とし、補助率については 1/2 とする。また、事業後半の社会実装フェーズにおいては、実施者のコミットメントを高め、社会実装を加速化させるため、補助率を 1/3 とする。

#### ● 【研究開発項目 2】次世代パワー半導体に用いるウエハ技術開発

- 目標：2030 年までに、8 インチ（200mm）SiC ウエハにおける欠陥密度 1 桁以上の削減及びコスト低減。

- 研究開発内容：

【（9/10 委託→2/3 補助→1/2 補助） + （1/10 インセンティブ）】

SiC は Si と C の 2 種類の元素により構成される化合物半導体であり、ウエハ中に多数の欠陥があるため、性能や信頼性、歩留まりに悪影響を与えている。一部の用途では SiC の適用が始まっているが、さらなる普及を考えるとウエハサイズ、ウエハ価格、製造歩留まり、性能等により、従来の Si パワー半導体に比べてコストが高いことが課題であり、コスト低減が非常に重要である。

また、現在主に SiC を昇華させて再結晶化する昇華法による量産がされているが、今後の大口径化、高品質化のニーズに対しては、ガス原料を反応させて結晶化するガス法や炭素含有 Si 溶液中で結晶化する溶液法といった別の製造方法も候補として挙げられている。こうした手法に対して、現時点で絞り込むことが出来ないことから、当初は候補となる複数の手法による大口径化、高品質化に向けた開発を実施し、ステージゲートによって、技術方式の絞り込みを実施する。

また、本プロジェクトはデバイスメーカーも巻き込んだ開発を実施することを必須としており、プロジェクト期間中に開発したウエハについては、適宜デバイスメーカーによる試作・評価を通じてウエハ単独での性能改善効果（歩留まり改善、抵抗値低減など）を評価するとともに、こうした

評価結果をもとにコスト試算を実施して、都度目標に反映する。

(委託・補助の考え方)

- 本研究開発項目について、高品質ウエハの製造技術は次世代パワー半導体の性能を大きく左右する技術であり、実施者の裨益が相対的に小さく、波及性が大きい基盤領域であるため委託での開始を想定。複数の技術方式の開発を並行させ、ステージゲート審査で有望な技術の絞り込みを行った後は、実証段階に進むことになるため、補助率 1/2 の補助事業とし、実施者の自立化を促していく。
- 【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
  - 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：

データセンターは、サーバを構成する多くの要素デバイス、建物、空調等が電力を消費するため、各要素デバイスだけで実現できる省エネ化には限界がある。データセンターの省エネ化 40%以上という目標を達成するために、以下に示す各要素デバイスおよびディスクアグリゲーション技術の開発において、いずれも高い省エネ化目標を設定し、各事業者が連携して一体的に取り組む。

① 光エレクトロニクス技術の開発

【 (2/3 補助→1/2 補助) + (インセンティブ 1/10) 、光電融合デバイス開発は (9/10 委託→2/3 補助) + (インセンティブ 1/10) 】

#### (光電融合デバイス開発)

チップ間などのサーバボード上短距離通信において高速化が進むことで、現状の電気配線では消費電力が増大するため、光配線化が急務である。チップ間の光配線のための超小型光トランシーバ「光電融合デバイス」は未開拓市場である。

2025 年以降に主流となる通信規格 PCIe6.0 に対応した高速化技術を開発し、チップ間接続の消費電力 90%削減を目指す。また、本事業の共通光配線技術として採用する。更なる高速化・省エネ化には、オンパッケージ化とそのためのチップの発熱抑制（低電圧化・低ノイズ化）も課題である。

#### (光スマート NIC 開発)

データセンターの CPU にかかる大きな計算負荷を低減するために、通信に係る処理を分担するプロセッサを搭載したスマート NIC（NIC：ネットワークインターフェースカード）が注目されている。スマート NIC を世界に先駆けて光化するとともに、光伝送装置を小型化・一体化

してデータセンター間の長距離光通信からサーバ内光配線までをシームレスに光接続できる「光スマートNIC」を開発し、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 25%削減を目指す。

- ② 光に適合したチップ等の高性能化・省エネ化技術の開発  
【 (2/3 補助→1/2 補助) + (インセンティブ 1/10) 】

#### (省電力 CPU 開発)

サーバ向け CPU は、データセンターにおいて最も電力を消費する要素デバイスの一つであり、省エネ化はデータセンター全体の省エネ化において極めて重要である。光配線を実装すると共に、省エネ性能に優れる ARM アーキテクチャ<sup>19</sup>を用いた上で、微細化、回路設計技術の高度化等により、現行 CPU に対し 10 倍の電力効率向上を目指す。

#### (省電力アクセラレータ開発)

AI の計算においては、汎用 CPU だけでなく「アクセラレータ」と呼ばれる AI 計算に優れたプロセッサを追加することによって、処理性能、省エネ性能を大幅に向上できる。

5 TB/s 以上の高速なメモリ通信速度により、GPU<sup>20</sup>等ではカバーしきれない幅広いアプリケーションに対応できる省電力アクセラレータを開発し、現行 CPU 比 10 倍の電力効率向上を目指す。

#### (不揮発メモリ開発)

DRAM<sup>21</sup>(メインメモリ)の大幅な省エネ化に向けては、不揮発性の導入が必要である。DRAM と同等の書き込み速度を持つ不揮発メモリ<sup>22</sup>の中から、大容量化やコストの面で DRAM 代替が可能な不揮発メモリを実用化し、消費電力 60%削減を目指す。

なお、材料開発からデバイス開発までを含むより長期的なテーマであるため、他のテーマとは公募を分けることを想定し、2030年のプロジェクト終了までに新しいメモリデバイスの実用化を目指す。

#### (広帯域 SSD 開発)

---

<sup>19</sup> ARM 社が設計・ライセンスしているプロセッサ用アーキテクチャであり、スマートフォンや組み込み機器などの低電力アプリケーション向けのプロセッサコアに用いられている。

<sup>20</sup> Graphics Processing Unit. コンピュータグラフィックスを高速に処理するために開発されたプロセッサであるが、深層学習においても CPU に比べて高い性能を発揮するため、AI 用途にも活用されている。

<sup>21</sup> Dynamic Random Access Memory. コンピュータ用半導体メモリの一種。データを保持するために記憶保持動作が必要(揮発性)。

<sup>22</sup> データを保持するために記憶保持動作が不要で、電源を落としても記憶が保持されるメモリ。

SSD（フラッシュメモリ）<sup>23</sup>においては、データ量の急増に伴い、それを活用するプロセッサからのアクセスが増えるため、インターフェースの高速化が課題である。しかし、2025 年以降は発熱のため電気配線では帯域向上が難しくなると予測されている。光インターフェースを搭載することで、発熱を抑制して並列化により 128GB/s の大幅な広帯域化を目指す。また、これによりディスクアグリゲーション技術によるシステムの 20%省エネ化に貢献する。

### ③ ディスクアグリゲーション技術の開発

【（2/3 補助→1/2 補助） + （インセンティブ 1/10）】

データセンターは数多くのサーバから構成されており、デバイス単位では、未使用状態になる時間が多く、効率化が必要である。負荷に応じて機能（デバイス）ごとに柔軟に計算リソースを割り当てるディスクアグリゲーション技術に伝送遅延が小さい光配線を導入し、より柔軟な制御を実現する。AI を活用した割り当て制御ソフトを開発し、他の事業者と緊密に連携して、①や②で開発した要素デバイスを光接続したシステム実証を実施することにより、システム全体で 20%の省エネ化を目指す。

#### （委託・補助の考え方）

- 光エレクトロニクスによる光配線やディスクアグリゲーションによる動的な効率化を採用したデータセンターは、市場に存在しておらず、現時点では事業性は予見できない。また、各要素技術において、チャレンジ的な省エネ化目標を設定するなど革新的な研究開発内容であることに加え、システムとして連携動作させるため、個別企業で実施することが困難な協調領域の開発である。そのため、前半の 5 年（5 年後にステージゲートを想定）は補助率を 2/3 とし、後半の 3 年程度はサーバシステムとしての実証段階であり社会実装を見据えるため補助率を 1/2 とする。
- 光電融合デバイス開発は、実施者の裨益が相対的に小さく、波及性が大きい基盤領域であるため委託での開始を想定し、後半の 3 年は補助率を 2/3 とする。
- 不揮発メモリの開発については、材料から研究開発に取り組む必要があり、デバイスの実用化までに他テーマより時間がかかるため研究期間は最大で 10 年を想定する。

#### ● 社会実装に向けた支援

- 2025 年のステージゲート審査にむけて、本プロジェクトが目指すデータセンターに向けた試作機を開発し、大阪万博関連の展示等を検討。
- IOWN GLOBAL FORUM や Open Compute Project 等の、国際的なオープンフォーラムにおけるグローバルニーズや仕様化議論を参照し、柔軟な研究計画・目標の見直し。

<sup>23</sup> Solid State Drive。半導体メモリをハードディスクのように使用できるようにした補助記憶装置の一種。主にフラッシュメモリ（不揮発メモリの種類）が使われている。

- プロジェクト内の技術的な連携に加えて、技術・市場動向（エネルギー消費量も含む）を踏まえたプロジェクトの方向性の議論、社会実装を見据えたユーザーとの議論、他国のプレイヤーやコンソなどとのグローバルな連携の議論を行う場（協議会等）を設置。他府省庁のオブザーバ参加も可能とする。
- ガバメントクラウドを含む国内における需要創出の検討。
- 高い省エネ効果を有する機器の導入を促進する補助金や税制優遇等の検討。

## 4. 実施スケジュール

【研究開発項目 1】次世代パワー半導体デバイス製造技術開発

【研究開発項目 2】次世代パワー半導体に用いるウエハ技術開発

### ● プロジェクト期間

一般的な技術開発トレンドからの前倒し開発を実施するため、複数の技術開発要素を組み合わせた開発を実施するため、2021 年から最長 2030 年までの 10 年間を想定。一方で、半導体の世界は技術進化が速いので、前倒しで実用化可能な場合には、10 年未満であっても事業終了をするとともに実用化フェーズへと移行することを妨げない。

確実な社会実装を実現するために、提案時からエンドユーザーのオブザーバ参加など、ユーザー側のリクワイヤメントを取り入れながらプロジェクトを進めることを必須とする。また、技術開発動向の変化が激しい分野でもあるため、毎年の WG の議論を経て、ユーザーのリクワイヤメントを基にして目標を修正。

### ● キーマイルストーン・ステージゲート設定

研究開発目標の達成には、様々なアプローチが考えられることから、具体的な達成方法・スケジュールは提案者の創意工夫に委ねることを原則とするが、以下の通り、事業化段階の切れ目において、キーマイルストーン及びステージゲートを設定し、事業の進捗を見て、継続可否を判断する。

ステージゲート審査については、デバイス開発は、10 年未満の事業化も想定し、2~3 年に 1 度実施。ウエハ開発は、当初 5 年間は目標達成に向けて様々な手法に取り組むが、5 年目のステージゲート審査において、開発する技術の絞り込みを実施する。ステージゲートで審査する目標スベック等については、有識者意見も踏まえて決定する。

【研究開発内容 1】次世代パワー半導体デバイス製造技術開発

- 目標達成に向けたデバイス設計及び製造上の要素技術等の開発（2023 年頃）
  - 高品質ゲート界面実現に向けた製造技術開発
  - 高品質結晶成長技術 等
- 低コスト化に向けた要素技術開発及び制御技術等の開発（2025 年頃）
  - 高歩留まり実現に向けた製造プロセス全体の最適化
  - デジタル制御技術等を活用した高効率制御方法の開発 等
- デバイス試作及び PoC 実証（2030 年頃）
  - 各種用途における信頼性実証
  - 低損失変換器実証 等

【研究開発項目 2】次世代パワー半導体に用いるウエハ技術開発

- 大口径・高品質化に向けた基礎検討（2023 年頃）

- 小口径もベースにした低欠陥化に向けた要素技術開発
- 200mm 実現に向けた結晶成長技術の基本開発 等
- 低コスト化に向けた要素技術・高速結晶成長技術開発 (2025 年頃)
  - プロセスインフォマティクス等を用いた高速成長と高品質の両立化技術
  - プロセスインフォマティクス等を用いた低欠陥化技術 等
- 高品質 200mm SiC バルクウェハ実証 (2030 年頃)

表 6. プロジェクトの想定スケジュール (例) (研究開発項目 1、2)

	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度~
ステージゲート審査						
研究開発項目 1： 次世代パワー半導体デバイス製造技術開発 - 電動車向け - 産業機器向け - 再エネ等電力向け - サーバ電源向け 等		目標達成に向けたデバイス設計		デバイス構造の基本検証		デバイス試作及びPoC
		性能目標達成に向けた要素技術開発				
		低コスト化に向けた要素技術開発/制御技術など開発				
研究開発項目 2： 次世代パワー半導体に用いるウェハ技術開発		大口径化に向けた要素技術開発		8インチ成長法開発		8インチ・低欠陥に向けたSiC結晶成長技術

	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度~ ※必要に応じて早期プロジェクト終了・事業化
研究開発項目 1： 次世代パワー半導体デバイス製造技術開発 - 電動車向け - 産業機器向け - 再エネ等電力向け - サーバ電源向け 等		TRL-4 目標達成に向けたデバイス設計		TRL-6 デバイス構造の基本検証		TRL-7~8 デバイス試作及びPoC
		TRL-4 性能目標達成に向けた要素技術開発				エンドユーザと適宜議論を実施し、 開発目標に対してリクワイアメントを反映
		TRL-5 低コスト化に向けた要素技術開発/制御技術等開発				
研究開発項目 2： 次世代パワー半導体に用いるウェハ技術開発		TRL-3, 4 大口径化に向けた要素技術開発 - 昇華法、ガス法、溶液法など 各種製造手法の発展		TRL-5 低欠陥・低コスト化 技術開発		TRL-6~7 8インチ・低欠陥に向けたSiC結晶成長技術
		TRL-5 8インチエピタキシャル成長法開発				少なくとも2社以上のデバイスメーカーによる 試作を通じて、結晶単独での性能改善 効果を確認 ※ステージゲート審査等で効果確認

▼ : ステージゲート審査

	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度～ ※必要に応じて早期プロジェクト終了・事業化
<b>研究開発項目 1 :</b> <b>次世代パワー半導体</b> <b>デバイス製造技術開発</b> - 電動車向け - 産業機器向け - 再エネ等電力向け - サーバ電源向け 等	TRL-4 目標達成に向けたデバイス設計		TRL-5, 6 デバイス構造の基本検証		TRL-6~7 デバイス試作及びPoC	
	TRL-4 性能目標達成に向けた要素技術開発		TRL-5, 6 デバイス構造の基本検証		TRL-6~7 デバイス試作及びPoC	
	TRL-5 低コスト化に向けた要素技術開発/制御技術等開発		TRL-5, 6 デバイス構造の基本検証		TRL-6~7 デバイス試作及びPoC	
						エンドユーザと適宜議論を実施し、 開発目標に対してリクワイヤメントを反映
<b>研究開発項目 2 :</b> <b>次世代パワー半導体に</b> <b>用いるウェハ技術開発</b>	TRL-3, 4 大口径化に向けた要素技術開発 -昇華法、ガス法、溶液法など 各種製造手法の発展		TRL-4, 5 低欠陥・低コスト化 技術開発		TRL-6~7 8インチ・低欠陥に向けたSiC結晶成長技術	
	TRL-4, 5 8インチエピタキシャル成長法開発		TRL-4, 5 低欠陥・低コスト化 技術開発		TRL-6~7 8インチ・低欠陥に向けたSiC結晶成長技術	
						少なくとも2社以上のデバイスメーカーによる 試作を通じて、結晶単独での性能改善 効果を確認 ※ステージゲート審査等で効果確認

▼ : ステージゲート審査

	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度～ ※必要に応じて早期プロジェクト終了・事業化
<b>研究開発項目 1 :</b> <b>次世代パワー半導体</b> <b>デバイス製造技術開発</b> - 電動車向け - 産業機器向け - 再エネ等電力向け - サーバ電源向け 等	TRL-4 目標達成に向けたデバイス設計		TRL-5, 6 デバイス構造の基本検証		TRL-6~8 デバイス試作及びPoC	
	TRL-4 性能目標達成に向けた要素技術開発		TRL-5, 6 デバイス構造の基本検証		TRL-6~8 デバイス試作及びPoC	
	TRL-5 低コスト化に向けた要素技術開発/制御技術等開発		TRL-5, 6 デバイス構造の基本検証		TRL-6~8 デバイス試作及びPoC	
						エンドユーザと適宜議論を実施し、 開発目標に対してリクワイヤメントを反映
<b>研究開発項目 2 :</b> <b>次世代パワー半導体に</b> <b>用いるウェハ技術開発</b>	TRL-3, 4 大口径化に向けた要素技術開発 -昇華法、ガス法、溶液法など 各種製造手法の発展		TRL-4 低欠陥・低コスト化 技術開発		TRL-5~6 8インチ・低欠陥に向けたSiC結晶成長技術	
	TRL-4 8インチエピタキシャル成長法開発		TRL-4 低欠陥・低コスト化 技術開発		TRL-5~6 8インチ・低欠陥に向けたSiC結晶成長技術	
						少なくとも2社以上のデバイスメーカーによる 試作を通じて、結晶単独での性能改善 効果を確認 ※ステージゲート審査等で効果確認

▼ : ステージゲート審査

	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度～ ※必要に応じて早期プロジェクト終了・事業化
<b>研究開発項目 1：</b> <b>次世代パワー半導体デバイス製造技術開発</b> - 電動車向け - 産業機器向け - 再エネ等電力向け - サーバ電源向け 等	TRL-4 目標達成に向けたデバイス設計		TRL-5, 6 デバイス構造の基本検証		TRL-6~8 デバイス試作及びPoC	
	TRL-4 性能目標達成に向けた要素技術開発		TRL-5, 6 デバイス構造の基本検証		TRL-6~8 デバイス試作及びPoC	
	TRL-5 低コスト化に向けた要素技術開発/制御技術等開発		TRL-5, 6 デバイス構造の基本検証		TRL-6~8 デバイス試作及びPoC	
						エンドユーザと適宜議論を実施し、 開発目標に対してリクワイヤメントを反映
<b>研究開発項目 2：</b> <b>次世代パワー半導体に用いるウェハ技術開発</b>	TRL-3, 4 大口径化に向けた要素技術開発 -昇華法、ガス法、溶液法など 各種製造手法の発展		TRL-4 低欠陥・低コスト化 技術開発		TRL-5~6 8インチ・低欠陥に向けたSiC結晶成長技術	
	TRL-4, 5 8インチエピタキシャル成長法開発		TRL-4 低欠陥・低コスト化 技術開発		TRL-5~6 8インチ・低欠陥に向けたSiC結晶成長技術	
						少なくとも2社以上のデバイスメーカーによる 試作を通じて、結晶単独での性能改善 効果を確認 ※ステージゲート審査等で効果確認

▼：ステージゲート審査

	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度～ ※必要に応じて早期プロジェクト終了・事業化
<b>研究開発項目 1：</b> <b>次世代パワー半導体デバイス製造技術開発</b> - 電動車向け - 産業機器向け - 再エネ等電力向け - サーバ電源向け 等	TRL-4 目標達成に向けたデバイス設計		TRL-5, 6 デバイス構造の基本検証		TRL-6~8 デバイス試作及びPoC	
	TRL-4 性能目標達成に向けた要素技術開発		TRL-5, 6 デバイス構造の基本検証		TRL-6~8 デバイス試作及びPoC	
	TRL-5 低コスト化に向けた要素技術開発/制御技術等開発		TRL-5, 6 デバイス構造の基本検証		TRL-6~8 デバイス試作及びPoC	
						エンドユーザと適宜議論を実施し、 開発目標に対してリクワイヤメントを反映
<b>研究開発項目 2：</b> <b>次世代パワー半導体に用いるウェハ技術開発</b>	TRL-3, 4 大口径化に向けた要素技術開発 -昇華法、ガス法、溶液法など 各種製造手法の発展		TRL-4 低欠陥・低コスト化 技術開発		TRL-5~6 8インチ・低欠陥に向けたSiC結晶成長技術	
	TRL-4 8インチエピタキシャル成長法開発		TRL-4 低欠陥・低コスト化 技術開発		TRL-5~6 8インチ・低欠陥に向けたSiC結晶成長技術	
						少なくとも2社以上のデバイスメーカーによる 試作を通じて、結晶単独での性能改善 効果を確認 ※ステージゲート審査等で効果確認

▼：ステージゲート審査

### 【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

#### ● プロジェクト期間

サーバを構成する各要素デバイスおよび光配線技術の開発を一体的に実施し、最終的にディスクアグリゲーション技術によるシステム実証を実施するため、2021年度から2028年度までの最大8年間を想定する。不揮発メモリ開発については、材料から研究開発に取り組む必要があり、デバイスの実用化までに他テーマより時間がかかるため研究期間は最大で10年を想定し、光配線の実装は実施しない。以下のスケジュールは、あくまで一例であり、事業者の提案において、早期の目標達成のために最適なスケジュールを組むことは妨げない。

実施者は、成果物を世界市場で事業化するために、海外市場を中心にビジネス展開を担当する国際ビジネス化戦略担当を任命し、当該担当者は NEDO に対して、その活動内容および最新の市場動向およびビジネス戦略を報告する。海外プレーヤーとの戦略的な連携を推奨。

また実施者は、プロジェクト内の技術的な連携に加えて、技術・市場動向（エネルギー消費量も含む）を踏まえたプロジェクトの方向性の議論、社会実装を見据えたユーザーとの議論、や他国のプレーヤーやコンソなどとのグローバルな連携の議論を行う場（協議会等）を設置する。他府省庁のオブザーバ参加も可能とする。

- キーマイルストーン・ステージゲート設定

研究開発目標の達成には、様々なアプローチが考えられることから、具体的な達成方法・スケジュールは提案者の創意工夫に委ねることを原則とするが、以下の通り、事業化段階の切れ目において、キーマイルストーン及びステージゲートを設定し、事業の進捗を見て、継続可否を判断する。

（研究開発内容①）光エレクトロニクス技術の開発

（研究開発内容②）光に適合したチップ等の高性能化・省エネ化技術の開発

（研究開発内容③）ディスクアグリゲーション技術の開発

- ①および②で開発した高速光配線を備えた要素デバイス試作機と、③で開発した制御ソフトウェアを適用したサーバシステムの実証に合わせてステージゲートを実施（下表の例では 2025 年度）
- 不揮発メモリについては、材料開発・基礎プロセス開発後、および大規模化技術開発後材料開発およびプロセス開発後にステージゲートを実施。

表7：プロジェクトの想定スケジュール（例）（研究開発項目2）

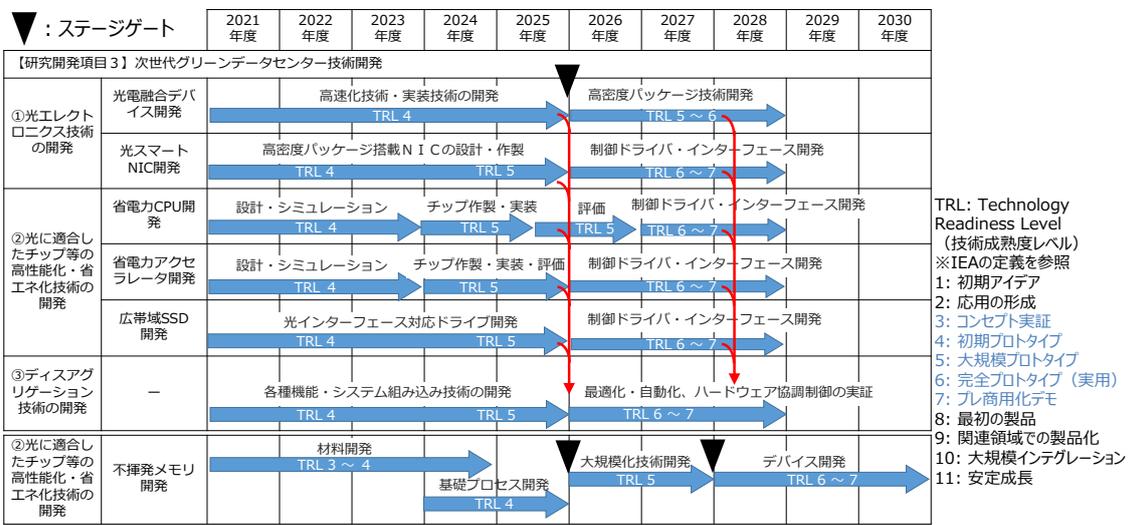
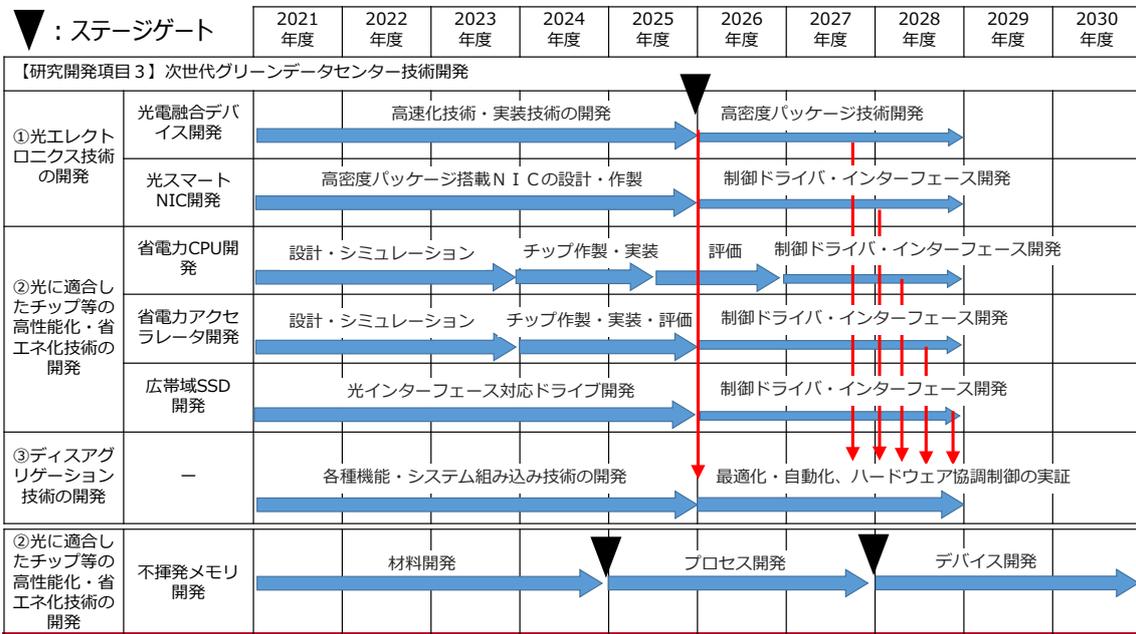
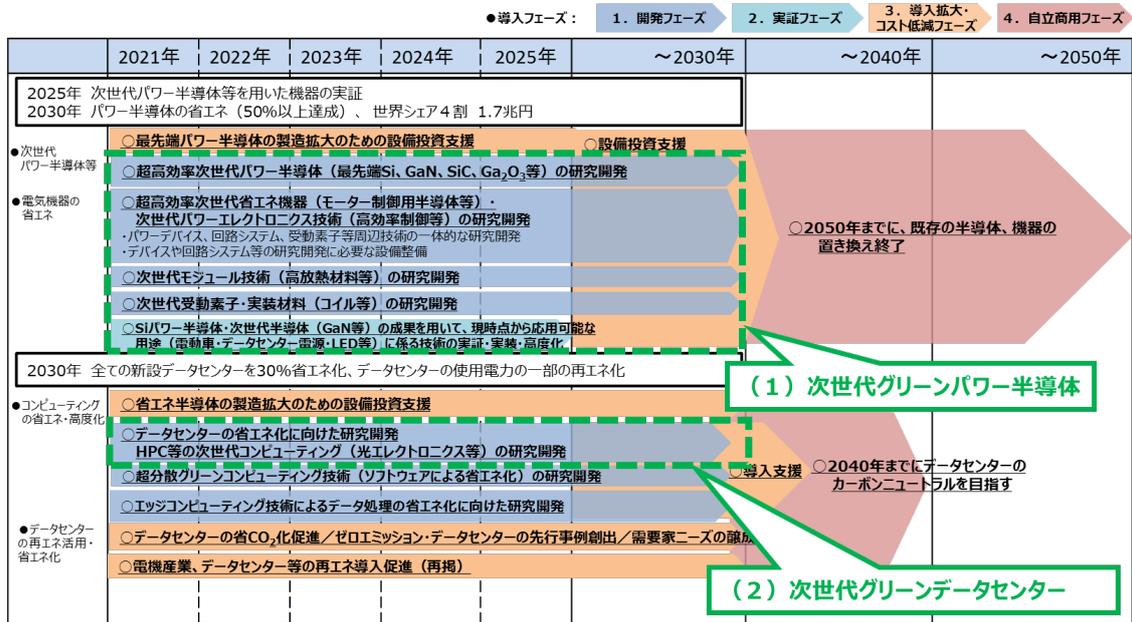


表8：社会実装スケジュール



## 5. 予算

(分野別ワーキンググループでの審議結果を踏まえ、研究開発項目及び研究開発内容等を必要に応じて修正した後、今後の分野別ワーキンググループにおいて、各項目の予算額と予算根拠を提示予定)

- 事業総額（国費負担額のみ。インセンティブ分を含む額）：上限 1,410 億円

次世代グリーンパワー半導体：上限 518 億円

【研究開発項目 1】次世代パワー半導体デバイス製造技術開発

予算額：上限 332 億円

予算根拠：過去の NEDO 事業の研究開発期間・規模を参考に、開発するウェハのサイズの違いも考慮して試算。

【研究開発項目 2】次世代パワー半導体に用いるウェハ技術開発

予算額：上限 186 億円

予算根拠：過去の NEDO 事業の、研究開発期間・規模を参考に、開発するウェハのサイズの違いも考慮して試算。

次世代グリーンデータセンター：上限 892 億円

【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光エレクトロニクス技術の開発

（光電融合デバイス開発）

予算額：上限 56 億円

予算根拠：想定されるプロセスルールにおける LSI・光集積回路の開発費、光モジュール実装装置、高速光信号評価装置などについて過去の NEDO 事業等の情報を基に試算。

（光スマート NIC 開発）

予算額：上限 110 億円

予算根拠：想定されるプロセスルールにおける LSI・光集積回路の開発費、光モジュール実装装置、高速光信号評価装置などについて過去の NEDO 事業等の情報を基に試算。

②光に適合したチップ等の高性能化・省エネ化技術の開発

(省電力 CPU 開発)

予算額：上限 502 億円

予算根拠：想定されるプロセスルールにおける各種 LSI およびパッケージの開発費、IP ライセンス費、設計・検証労務費などについて過去の NEDO 事業や技術トレンド等の情報を基に試算。

(省電力アクセラレータ開発)

予算額：上限 90 億円

予算根拠：想定されるプロセスルールにおける LSI およびパッケージの開発費、設計・検証作業外注費などについて過去の NEDO 事業や技術トレンド等の情報を基に試算。

(不揮発メモリ開発)

予算額：上限 65 億円

予算根拠：材料成膜装置費、デバイス作製装置費、チップ開発費などについて過去の NEDO 事業等の情報を基に試算。

(広帯域 SSD 開発)

予算額：上限 19 億円

予算根拠：デバイス開発費、部材費などについて過去の NEDO 事業等の情報を基に試算。

③ ディスアグリゲーション技術の開発

予算額：上限 50 億円

予算根拠：制御ソフトウェアのコーディング作業外注費などについて過去の NEDO 事業や他のシステム開発の公開情報等の情報を基に試算。

- 取組状況が不十分な場合の国費負担額の返還率：返還が決定した時点における目標達成度を考慮し、WG において、「10%、30%、50%」の 3 段階で評価

(参考) 改訂履歴

・2021 年〇月 制定