

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)

次世代パワーエレクトロニクス(どこでもパワエレ機器で豊かな省エネ社会)

研究開発計画

2017年9月28日

内閣府

政策統括官(科学技術・イノベーション担当)

研究開発計画の概要

1. 意義・目標等

省エネルギー化のためのキーテクノロジーであるパワーエレクトロニクスは、世界市場に大きな成長が見込まれ、日本の産業競争力上で重要な分野である。日本企業は一部の高性能な製品領域で高いシェアを有するが、次世代材料とされる SiC(炭化ケイ素/シリコンカーバイド)では、欧米企業が開発を一部先行している。また、次世代材料には、GaN(窒化ガリウム/ガリウムナイトライド)もある。欧米では産学連携による緊密な開発体制の構築や中国、韓国、台湾での国家プロジェクト立ち上げなど、研究開発競争は激化しており、本プロジェクトでは次世代材料を中心に、パワーエレクトロニクスの性能向上(従来比損失1/2、体積1/4)、用途と普及の拡大を図り、一層の省エネルギー化の推進と産業競争力の強化を目標とする。

2. 研究内容

研究開発項目Ⅰ SiCに関する拠点型共通基盤技術開発(高耐圧化、小型化、低損失化、信頼性向上)

研究開発項目Ⅱ GaNに関する拠点型共通基盤技術開発(ウエハ及びデバイスの高品質化)

研究開発項目Ⅲ 次世代パワーモジュールの応用に関する基盤研究開発(回路、使いこなし技術)

研究開発項目Ⅳ 将来のパワーエレクトロニクスを支える基盤研究開発(新材料、新構造等)

3. 実施体制

大森達夫プログラムディレクター(以下、「PD」という。)は、研究開発計画の策定や推進を担う。

研究開発項目Ⅰ及びⅡは、中心となる研究機関のもと、関係機関がネットワークを構築する等により、目標達成に向けて効率的に研究開発を推進する「研究開発拠点」を設置し、ウエハ、デバイス等の階層相互のフィードバックを構築して、関連の研究者等の人材育成も達成する。研究開発項目Ⅲは、必要に応じて他の研究開発項目と連携して実施するものとする。研究開発項目Ⅳは、10～15年後の実用化を目指し、産学の新しい知を結集する。なお、研究開発項目Ⅳでは、中間評価の結果に基づいて、プロジェクトの後半は研究開発テーマを絞り込んで実施する。また、本プロジェクトの成果は、経済産業省の事業への橋渡しを行う等により、早期の実用化・事業化へと導いてゆく。

4. 知財管理

知財委員会を設置し、発明者や産業化を進める者のインセンティブを国際的に確保し、かつ、国民の利益の増大を図るべく、適切に知財管理を行う。

5. 評価

ガバニングボードによる毎年度末の評価の前に、PD等による自己点検を実施し、自律的にも改善可能な体制とする。

6. 出口戦略

(1) 戦略の検討・策定

(2) 試作機による要求性能の実証

(3) 成果普及に向けた活動

7. その他の重要事項

(1) 根拠法令等

本件は、内閣府設置法(平成 11 年法律第 89 号)第 4 条第 3 項第 7 号の 3、科学技術イノベーション創造振興費に関する基本方針(平成 26 年 5 月 23 日、総合科学技術・イノベーション会議)、科学技術イノベーション創造振興費に関する実施方針(平成 26 年 5 月 23 日、総合科学技術・イノベーション会議)、戦略的イノベーション創造プログラム運用指針(平成 26 年 5 月 23 日、総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボード)、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 15 条第 1 項第 2 号に基づき実施する。

(2) 計画変更履歴

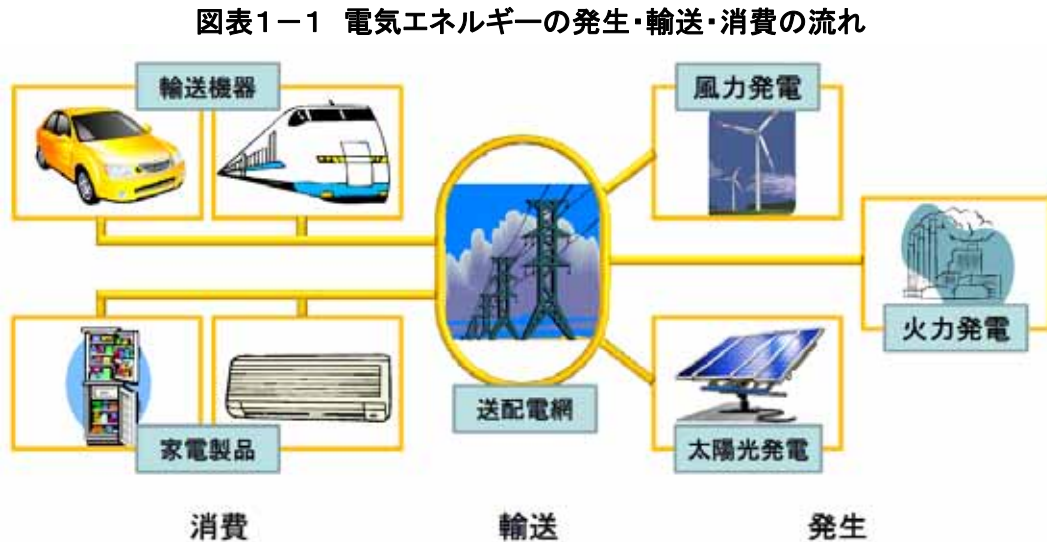
本計画は、成果を最速かつ最大化させる観点から、臨機応変に見直すこととする。これまでの変更の履歴(変更日時と主な変更内容)は以下のとおり。

2014 年 5 月 23 日	総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボードにおいて、研究開発計画を承認。 内閣府政策統括官(科学技術・イノベーション担当)において決定。
2014 年 10 月 16 日	総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボードにおいて、研究開発計画の修正を承認。
2015 年 5 月 21 日	総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボードにおいて、研究開発計画の修正を承認。
2016 年 3 月 10 日	総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボードにおいて、研究開発計画の修正を承認。
2016 年 6 月 16 日	総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボードにおいて、研究開発計画の修正を承認。
2016 年 10 月 20 日	総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボードにおいて、研究開発計画の修正を承認。
2017 年 3 月 30 日	総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボードにおいて、研究開発計画の修正を承認。
2017 年 9 月 xx 日	総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボードにおいて、研究開発計画の修正を承認。

1. 意義・目標等

(1) 背景・国内外の状況

パワーエレクトロニクスは、半導体を用いて直流から交流、交流から直流への変換、電圧や電流、周波数を自在に制御する技術であり、電気エネルギーの発生・輸送・消費を効率的に行う上でのキーテクノロジーである。現在、風力発電や太陽光発電、鉄道や自動車、産業機械、家電製品など生活に身近な様々なところに適用されている。(図表1-1)



また、パワーエレクトロニクスは適用する機器等の高性能化や省エネルギー化に大きく貢献し、更なる産業競争力の強化及び省エネルギー化を推進するためには、一層の性能向上による省エネルギー効果の増大に加え、技術を適用する用途や適用機器等の普及の拡大が必要であり、パワーエレクトロニクスに関連する技術の高度化は社会的な課題と言える。

このため、「パワー半導体等の技術に関する研究開発、普及の推進」や「パワーエレクトロニクスによる電力制御等のエネルギー利用の革新を目指した研究開発」を推進することは、「科学技術基本計画(平成23年8月19日閣議決定)」において、グリーンイノベーションの推進という目標達成のための重点的に推進する施策のひとつに位置づけられている。また、「日本再興戦略(平成25年6月14日閣議決定)」においては、「2020年までに新材料等による次世代技術の本格的な事業化を目指す」とされており、現在、経済産業省において、パワーデバイスの高度化のための研究開発プロジェクトやパワーエレクトロニクス適用機器の普及のための施策等が実施されている。

今日、Si(ケイ素/シリコン)を材料とするパワーデバイスによるパワーエレクトロニクスは、上述のとおり、広く社会に浸透している。一方、Siでない新たな次世代材料としてSiC(炭化ケイ素/シリコンカーバイド)やGaN(窒化ガリウム/ガリウムナイトライド)などのワイドバンドギャップ(WBG)半導体があり、物質の特性上、Siよりも大幅に電力損失が少ないなど一層の性能向上が期待されている。それらのうちSiCについては既にデバイス耐圧600V~1700Vの1kV級耐圧のSiCパワーデバイスを適用したパワーエレクトロニクス機器(インバータ)が鉄道や家電製品、産業機器に試験的に適用され、その省エネルギー効果が実証されるなど実用化・事業化がされ始めている。また、高周波特性に優れるGaNは、通信機器用電源などへの応用が

期待されている。

これまで SiC や GaN を中心にパワーデバイスとして実用化するための研究開発が国家プロジェクトとして進められてきたが、これら材料の本来の性能を発揮した次世代デバイスを実用化するためには、半導体結晶の欠陥密度低減やウエハの大口径化に加え、デバイスの特徴を十二分に生せるパワーモジュール(パワーデバイスをモジュール化したもの)や回路構成・制御技術や次世代デバイスを用いた応用技術・システム技術など基盤的な技術開発にも多くの課題が残されている。

一方、世界的には、欧州、米国、アジア諸国でも、次世代のパワーエレクトロニクスに関する研究開発が推進されている。特に、欧州では、応用面での課題抽出を軸に、パワーモジュールを中心とする実用化研究開発が、産学の密接な連携体制の基に推進されている。そのほかにも、現状、8 インチ(約 200mm)ウエハで生産されている Si-MOSFET(metal-oxide-semiconductor field-effect transistor)パワーデバイスを、12 インチ(約 300mm)ウエハで生産することが発表され、オープンイノベーション施設では GaN パワーデバイスに関する研究開発を強化する流れがある。また、米国では先端技術によるものづくりや軍事技術への展開を目的として研究開発が進められ、さらに 2014 年にはノースカロライナ州立大学を中心にワイドバンドギャップ(WBG)パワーデバイスをテーマとする産学協同の拠点構築を進めることが表明された。加えて、中国、韓国、台湾は技術力向上によって日本を猛追しており、SiC によるパワー半導体実用化に向けた国家プロジェクトが立ち上げられている。

なお、マーケットに目を転じると、パワーエレクトロニクス関連の世界市場規模は着実に成長しており、2030 年には 20 兆円に拡大すると見込まれている。

(2) 意義・政策的な重要性

今後一層の産業競争力の強化及び省エネルギー化を推進するには、次世代パワーデバイスを用いたパワーエレクトロニクス適用機器やシステムの実用化を推進し、適用用途の拡大や普及、性能向上による省エネ効果の増大等を実現する必要がある。

現在、次世代パワーエレクトロニクスの実用化・事業化が始まった鉄道や産業機器、家電製品への適用用途拡大や普及、性能向上の取り組みが経済産業省事業で行われているが、将来的に大きな成長が見込まれ、社会基盤を支える適用分野は、自動車及び電力用機器と見られ、これらの分野で、今後も上位シェアを維持・拡大し、日本の競争力を不動のものとするには極めて重要である。また、これらの分野は、他に比してより高いレベルの性能と信頼性が必要とされる上に、製品化への検証に長期間を要するため、その開発は戦略的に進める必要がある。

特に、現在実用化が始まった SiC パワーデバイスは、1kV を超えると耐圧の増加に伴い導通損失(抵抗率)が増大する傾向にあり、6.5kV 以上の製品適用や用途拡大にはブレークスルーのためにデバイス構造を見直すことが必要である。新たな構造としては、SJ(Super Junction)-MOS や最先端研究開発支援プログラム(FIRST)プログラムで実現可能性が実証されたバイポーラデバイス(IGBT)などが有望であり、これらの実用化が必要である。

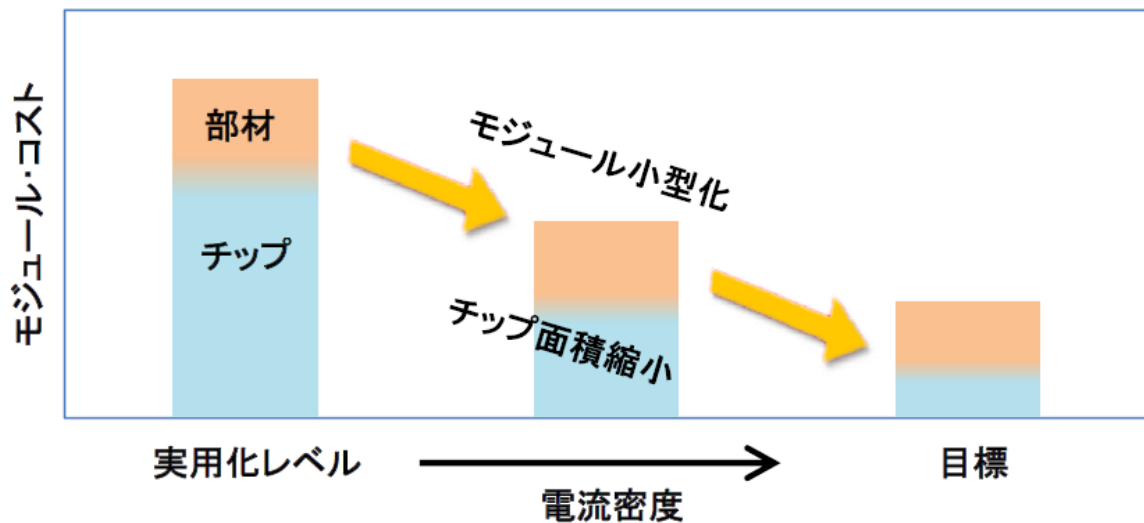
また、大きな将来性が見込まれる自動車や産業用途向けに次世代パワーエレクトロニクスを大きく普及させるためには、信頼性の確保はもちろんのことチップ・部材・周辺部品・回路を含むモジュールレベルでのコストの革新的な低減が必要である。そのためには(経産省事業で取り組む)ウエハの高品質化・低コスト

化とともに、モジュールを高電流密度化することによる超小型化・軽量化が有効な手段である(図表1-2)。同時に接合や放熱など実装技術の高度化を図ることも重要である。

また、次世代パワーデバイスは、現用のものに比べて格段に低損失で高速に動作する特徴があるので、現状のパワーデバイスの単純な置き換えで、ある程度、小型・軽量・高効率のパワーエレクトロニクス機器の実現は期待できる。しかしながら、次世代パワーデバイスの特性を十二分に生かした競争力の高い革新的な機器の実現ためには、モジュールや回路構成、制御や保護技術などの使いこなし技術と応用技術開発や周辺技術を含むシステム技術の研究開発が必須である。

これらの分野の研究は我が国においても海外においても未だ緒に就いたばかりであり、いち早く着手し強化することが必要である。特に将来的に拡大が期待される電力機器応用において、必要となる課題を抽出して応用技術を開発しモデル検証まで行うことは、新たな事業を構築して、この分野での産業競争力を確保するために必須である。

図表1-2 高電流密度化によるモジュールコスト低減のイメージ



また、スイッチング特性で SiC を上回るとされる GaN は、海外で盛んに研究開発が進められており、国際競争力の観点から GaN の追究も同時に進めなければならない。しかし、GaN は、ウエハの品質が安定していない課題があり、パワーデバイスとしての実用化研究は萌芽的である。現在、Si ウエハ上に GaN 薄膜をエピタキシャル成長させた小容量の 1kV 級横型 GaN パワーデバイスの実用化が開始されている。これは、GaN の高速スイッチング動作による半導体デバイスや適用機器の小型化を主に狙ったものである。GaN の特性を十二分に引き出し、高信頼化や大容量化を図るには、GaN ウエハ上に GaN 薄膜をエピタキシャル成長させた縦型パワーデバイスを実現することが有望視されている。しかしながら、世界的に見ても、この技術の成果は未だ検証されていない。一方、GaN ウエハは更なる高輝度 LED (Light Emitting Diode: 発光ダイオード) 用として普及し始めており、ここではより高品質・大口径、またパワーデバイスにも適用が可能なものが求められている。我が国においては、前述の縦型 GaN パワーデバイスへの適用にフォーカスをあてた、高品質・大口径 GaN ウエハの実用化を目指した取り組みが重要となる。

更に一步先の新たな技術開発についても平行して取り組んでいくことが必要である。この分野での技術革新を継続的に実施するためには例えば、 Ga_2O_3 (酸化ガリウム) やダイヤモンドをはじめとする優れた物質の特性を有する新材料の探索とパワーデバイスへの適用開発や、従来にない概念のシステム実現のための応用技術や新回路、新構造デバイス等による究極のパワーエレクトロニクスの実現に向けた取り組みが挙げられる。

(3) 目標・狙い

①社会的目標

2020年までにパワーエレクトロニクス技術を駆使した超高効率なエネルギー利用により、かつてないほどの省エネ効果を達成する。また、同年、盛夏の中開催される東京オリンピック・パラリンピック等で、その省エネ効果や新たなエネルギー利用の形を世界にアピールする。

②産業面の目標

パワーエレクトロニクスに関係する技術の高度化を推進し、適用用途の拡大や普及拡大、性能向上による省エネ効果の増大等を図り、今後一層の産業競争力の強化及び省エネ化を推進する。

関連市場規模の拡大傾向の中、革新的なパワーエレクトロニクス機器・システムを構築できる差別化技術を確認する。あわせて次世代パワーデバイスの新しい適用技術、システム開発を推進するシステムインテグレータを育成することにより、国際競争での新たな“勝ちパターン”を創出すると共に、これらを支える人材育成メカニズム、多様な人材がリーダーシップを発揮できる環境の構築を図る。これにより関連市場における日本企業の世界シェアを維持・拡大する。

③技術的目標

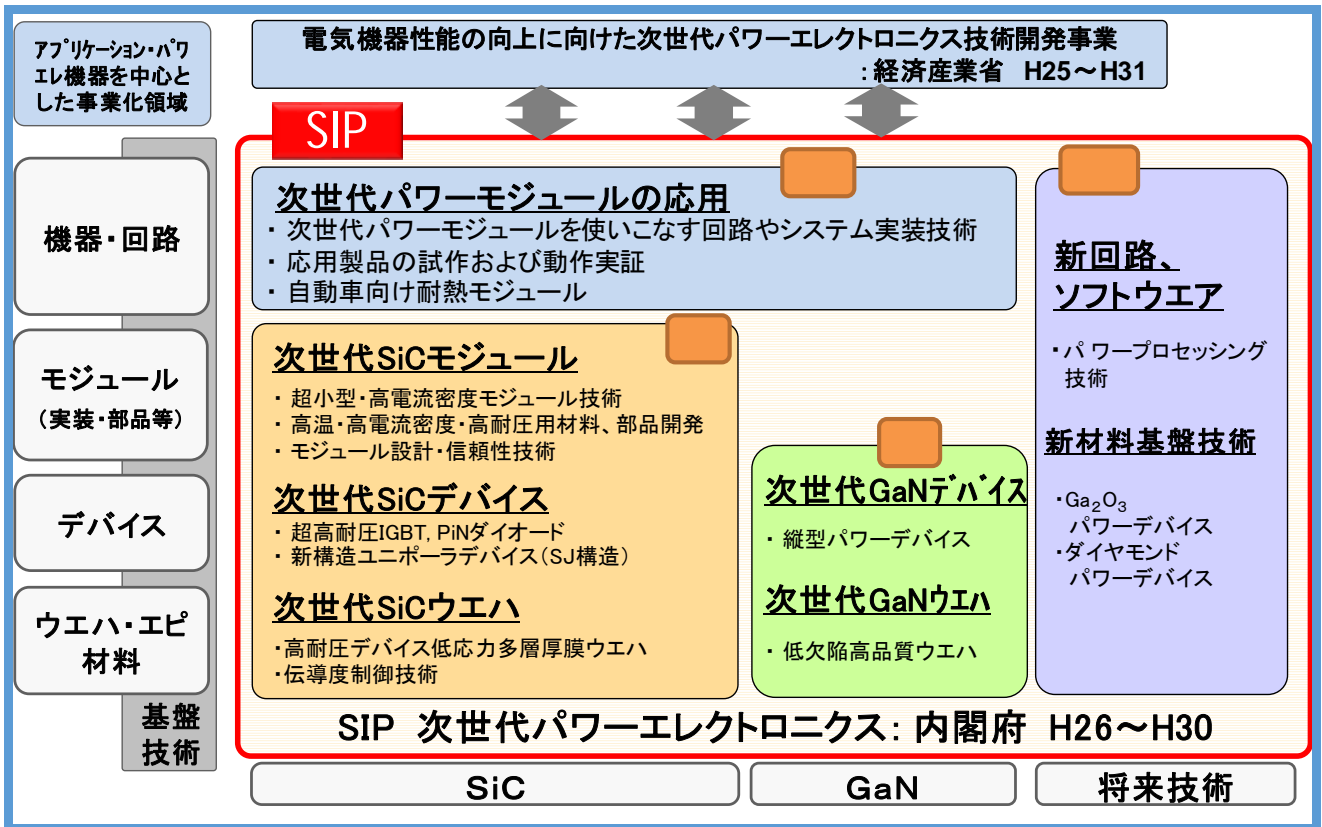
上述の社会的目標及び産業面の目標に向けた取り組みとして、本プロジェクトでは、次世代パワーエレクトロニクス技術のさらなる適用領域の拡大や普及促進を目指して取り組む。そのため、超高耐圧デバイス技術と次世代デバイスの特性・優位性を活かすためのモジュールや回路構成、制御や保護技術などの使いこなし技術と応用技術や周辺技術を含むシステム技術を強化し、高付加価値を生むことを目標とする。特に、次世代電力用や次世代自動車・産業用などのパワーエレクトロニクス機器実現に必要な高電圧・大電流電力変換機器や超小型・高電流密度・高速電力変換機器(従来比、損失1/2という中間目標に加え、体積1/4を最終目標とする)を実現するためのウエハ、デバイスから回路までの各技術を一気通貫に連携させて研究開発する。

2. 研究開発の内容

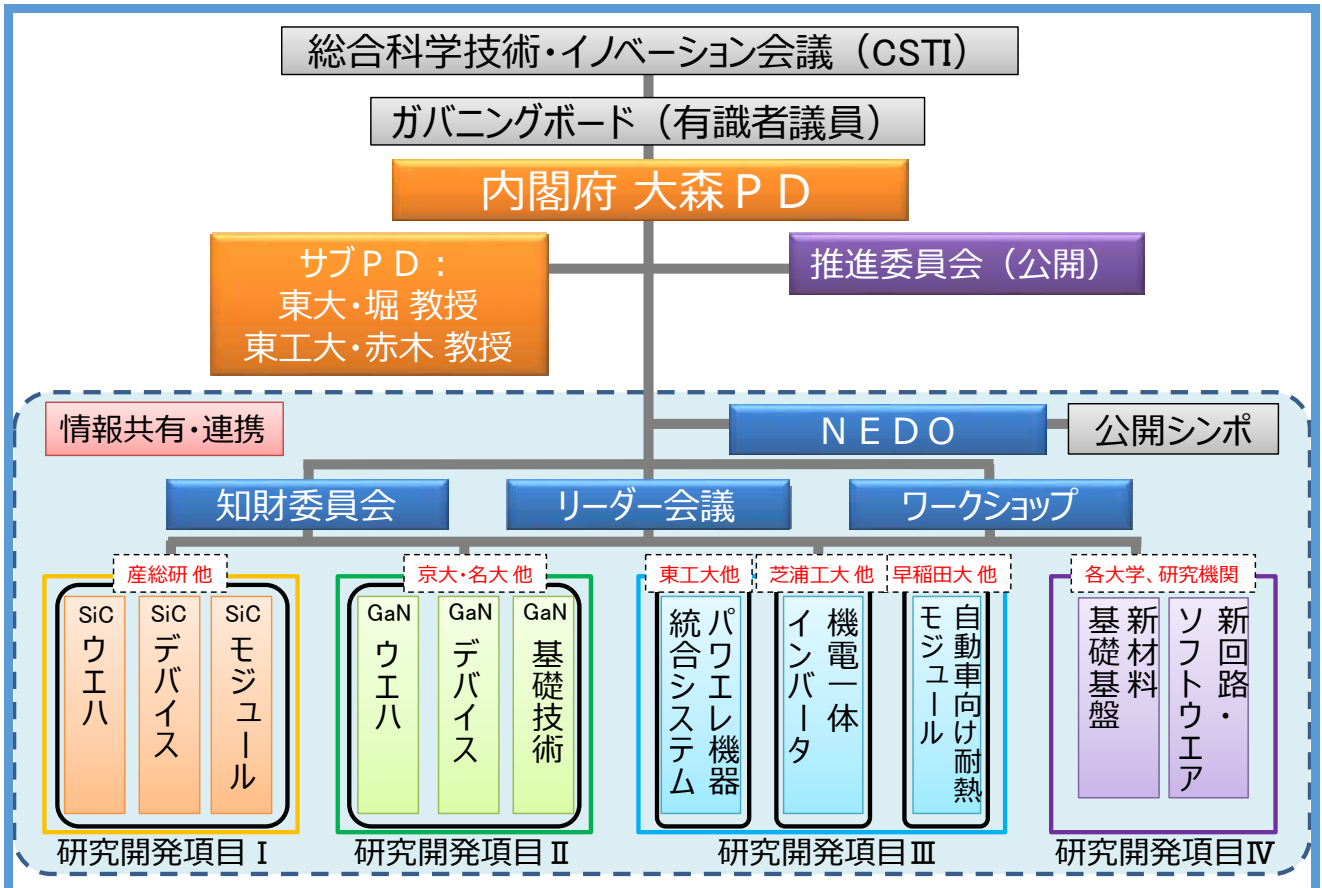
図表2-1、2-2、に本プロジェクトに係る次世代パワーエレクトロニクス研究開発の全体像、研究開発体制を示し、各研究開発項目について詳述する。また、図表2-3に全体工程表と所要経費等の概算を示す。

なお、本プロジェクトの成果については、パワエレ機器やアプリケーションを中心とした事業化領域での研究開発を支援する経済産業省の事業等への橋渡しを随時行っていく。

図表2-1 次世代パワーエレクトロニクス研究開発の全体像



図表2-2 次世代パワーエレクトロニクス研究開発体制



研究開発項目 I SiC に関する拠点型共通基盤技術開発

(1) 研究開発の必要性

SiC パワーエレクトロニクスは、鉄道、民生機器に採用される等、一部実用化が進みつつあるが、その適用範囲は未だ限定的である。今後、単なる Si の置き換えではない SiC 独自の市場に適用範囲を拡大するためには、更なる高耐圧化、小型化、低損失化を信頼性の確保とともに実現することを可能とする SiC パワーエレクトロニクスの基盤研究を更に強化する取り組みが重要となる。

(2) 研究開発の具体的内容

SiC パワーエレクトロニクスの基盤技術を強化するため、産学連携の研究開発拠点を構築し、以下の研究開発に取り組むと共に、関連の研究者等の人材育成を達成する。また、ウエハ、デバイス等の各段階において、隣接する階層との相互のフィードバックを構築することにより、性能向上等を図ることとする。

なお、ここでいう「拠点」とは、中心となる機関のもと、関係機関がネットワークを構築する等により、目標達成に向けて効率的に研究開発を推進する体制のことを指す。

① 次世代 SiC ウエハの技術開発

高耐圧性、低抵抗性、信頼性に優れたパワーデバイスに供する SiC ウエハ実現のため、昇華法に加えて各種の結晶成長法、結晶加工法を駆使して、バイポーラデバイスにも対応できる低応力の多層厚膜ウエハ作製技術、Si で実現されているような低抵抗化／高抵抗化のためのウエハ伝導度制御技術の開発を行う。

また、それらに資する関連評価技術や学術的基盤技術の開発を行う。

② 次世代 SiC デバイスの技術開発

SiC パワーデバイスの低損失性を保ったままスイッチング動作を 6.5kV 以上の領域に拡大するため、従来のユニポーラ動作デバイスとは異なるバイポーラ動作デバイスを開発する。

3kV 以上の耐圧領域における SiC パワーデバイスを、より低損失化、高電流密度化、高速化させるため、従来のプレーナ型やトレンチ型 MOSFET (metal-oxide-semiconductor field-effect transistor) とは異なる新構造デバイスや高機能デバイスを開発する。

また、それらに資する関連評価技術や学術的基盤技術の開発を行う。

③ 次世代 SiC モジュールの技術開発

次世代パワーデバイスが持つ優れた性能を活用するため、モジュールの電気・熱・機械の各現象を精密に把握しモデル化を行い、モジュールの信頼性評価手法を開発する。また、それらに資する関連評価技術や学術的基盤技術の開発を行う。

モジュール化技術においては、素子開発で先行する 1kV 級耐圧の SiC パワーデバイスを利用する高電流密度型モジュールの開発を行い、超小型・高電流密度・高速モジュールの実現を目指す。

併せて、モジュール実現に必要な高温・高電流密度に耐える受動素子、周辺材料と高耐圧用の受動素子、周辺材料開発を行う。

また、それらに資する関連評価技術や学術的基盤技術の開発を行う。

● 「SiC 次世代パワーエレクトロニクス統合的研究開発」

研究責任者: 奥村 元

国立研究開発法人産業技術総合研究所

先進パワーエレクトロニクス研究センター センター長

参画機関: 国立研究開発法人産業技術総合研究所、京都大学、大阪大学 産業科学研究所、(一財)電力中央研究所、名古屋大学、名古屋工業大学、大阪電気通信大学、大阪大学大学院 工学研究科、筑波大学、東京大学、東京工業大学、東北大学、(株)デンソー、京セラ(株)、(株)タカトリ、旭ダイヤモンド工業(株)、(株)フジインコーポレーテッド、昭和電工(株)、ローム(株)、(株)東レリサーチセンター、JFE テクノリサーチ(株)、富士電機(株)、(株)東芝、(株)日立製作所、三菱電機(株)、住友電気工業(株)、新日本無線(株)、(株)アルバック、トヨタ自動車(株)、電気化学工業(株)、日本ファインセラミックス(株)、(株)ノリタケカンパニーリミテド、日本特殊陶業(株)、日本碍子(株)、太陽誘電(株)、コア(株)、日産自動車(株)、カルソニックカンセイ(株)、サンケン電気(株)、住友ベークライト(株)、(株)明電舎、ルネサスエレクトロニクス(株)、矢崎総業(株)

研究開発項目 II GaN に関する拠点型共通基盤技術開発

(1) 研究開発の必要性

SiC パワーデバイス是一部実用化が進みつつあるが、物性に優れる GaN は GaN ウエハの品質がパワーデバイスに必要なレベルに達しておらず、パワーデバイスの開発に十分に取り組むことができていない。他方、米国等の海外では、GaN のパワーデバイス関連の研究に国家プロジェクトとして取り組み始めている等、日本と比較して GaN への研究開発投資は先行している。

日本は、パワーエレクトロニクス関連の応用開発や光用途での GaN ヘテロエピ技術に強みを持っており、GaN のパワーエレクトロニクスで世界を先導するポテンシャルを有している。そのポテンシャルを發揮し、世界を牽引するためには、GaN ウエハ及びデバイスの高品質化が鍵となっている。

(2) 研究開発の具体的内容

GaN パワーエレクトロニクスの基盤技術を強化するため、産学連携の研究開発拠点を構築し、以下の研究開発に取り組むと共に、関連の研究者等の人材育成を達成する。また、ウエハ、デバイス等の各段階において、隣接する階層との相互のフィードバックを構築することにより、性能向上等を図ることとする。

なお、ここでいう「拠点」とは、中心となる機関のもと、関係機関がネットワークを構築する等により、目標達成に向けて効率的に研究開発を推進する体制のことを指す。

① 次世代 GaN ウエハの技術開発

低欠陥で、パワーデバイスに供する GaN ウエハ実現のための革新的製造技術を開発する。

また、それらに資する関連評価技術や学術的基盤技術の開発を行う。

GaN ウエハの大口径化の技術開発は、事業化に繋がる成果が得られたため、経産省の開発プロジェクトへ移管した。

② 次世代 GaN デバイスの技術開発

GaN の縦型パワーデバイス実現に必要なプロセス(高品質低濃度エピタキシャル成長技術、イオン注入技術、高品質 MOS 界面形成技術等)を開発し、パワーデバイス性能のポテンシャルを検証する。加えて、パワーデバイスとしての更なる高性能化に向けた新しい考え方に基づくエピタキシャル成長技術の開発を進める。また、それらに資する関連評価技術や学術的基盤技術の開発を行う。

● 「GaN 縦型パワーデバイスの基盤技術開発」

研究責任者: 須田 淳

名古屋大学大学院 工学研究科 教授

参画機関: 京都大学大学院、大阪大学大学院、三菱ケミカル(株)、住友電気工業(株)、(株)豊田中央研究所、富士電機(株)、パナソニック(株)、国立研究開発法人産業技術総合研究所、北海道大学、名古屋大学、福井大学大学院、京都工芸繊維大学、筑波大学大学院、東北大学多元物質科学研究所

研究開発項目Ⅲ 次世代パワーモジュールの応用に関する基盤研究開発

(1) 研究開発の必要性

SiC、GaN 等の材料に依らず、次世代パワーエレクトロニクスの活用を更に推進するためには、次世代パワーデバイスやモジュールの特徴を生かして、性能を最大限に引き出すための回路や制御、保護技術などの使いこなし技術と、次世代パワーモジュールを新たな応用分野に展開するための応用技術開発や周辺技術を含むシステム技術開発により、高付加価値化して活用の幅を広げることが重要である。

(2) 研究開発の具体的内容

次世代パワーモジュールの使いこなしを推進し、活用の幅を広げるために、次世代パワーモジュールを用いた高効率・高性能電力変換システムや高パワー密度・高効率モータ駆動システムとその応用(絶縁型 DC/DC コンバータ、遮断器、電子トランス、低圧 PWM インバータ、高圧マルチレベルインバータ、トランスレス無効電力制御装置、低ノイズインバータ等)を実現するために必要な各種

回路(制御回路、駆動回路、保護回路等)や EMI 抑制技術などのシステム実装技術の開発を行う。

また、応用システムの最適設計を可能にするシミュレーション技術等を開発することにより、パワーモジュールと上記電力変換・応用システムとの効率的な集積化を行うと共に、応用製品の試作及び動作実証を行う。

また、それらに資する関連評価技術や学術的基盤技術の開発を行う。

なお、研究開発項目Ⅲは、必要に応じて研究開発項目Ⅰ、Ⅱの成果を活用する等、他の研究開発項目と連携して実施するものとする。

- 「次世代パワーモジュールを使用したパワーエレクトロニクス機器とその統合システムの包括的研究開発」

研究責任者: 赤木 泰文

東京工業大学大学院 理工学研究科 教授

参画機関: 東京工業大学、首都大学東京、大阪大学、千葉大学、名古屋工業大学、横浜国立大学、筑波大学、北海道大学、山口大学、三菱電機(株)、富士電機(株)、宇部興産(株)、東邦亜鉛(株)、三菱マテリアル(株)、アルプス・グリーンデバイス(株)、日本ケミコン(株)、双信電機(株)、日立金属(株)、

- 「EV モータ駆動用機電一体インバータの研究開発」

研究責任者: 赤津 観

芝浦工業大学 SIT 総合研究所 教授・パワーエレクトロニクスセンター長

参画機関: 芝浦工業大学、日産自動車(株)、(株)日産アーク

- 「自動車向け SiC 耐熱モジュール実装技術の研究開発」

研究責任者: 巽 宏平

早稲田大学大学院 情報生産システム研究科・情報生産システム研究センター教授

参画機関: 早稲田大学大学院、九州工業大学、トヨタ自動車(株)、(株)デンソー、(株)ウォルツ、(株)三井ハイテック、(公財)北九州産業学術推進機構

研究開発項目Ⅳ 将来のパワーエレクトロニクスを支える基盤研究開発

(1) 研究開発の必要性

SiC や GaN を用いたパワーデバイスよりも更に高性能なパワーデバイスを実現するためには、Ga₂O₃ やダイヤモンドをはじめとする優れた物性値を有する新材料の開拓が不可欠である。

将来に渡ってパワーエレクトロニクスを日本が牽引するためには、パワーエレクトロニクスに関する産学の新しい知を結集し、10~15年後の実用化を目指した研究開発を実施し、新材料、新構造、新回路等による究極のパワーエレクトロニクスを実現することが重要となってくる。

(2) 研究開発の具体的内容

例えば、Ga₂O₃、ダイヤモンドといったパワーエレクトロニクス材料として物性値に優れている材料によるウエハ、デバイス、モジュールの作製、材料を問わず性能向上に繋がる微細化等を追求した新構造デバイスの開発、パワーエレクトロニクスシステムと電力システムの連携を図る回路、ソフトウェアの開発、高周波スイッチングによるパワープロセッシング技術等、従来のパワーエレクトロニクスの概念に縛られないアプローチにより、革新的な性能向上に資する基礎的な領域の研究を行う。

なお、本研究開発項目では、中間評価の結果等に基づいて、プロジェクトの後半は研究開発テーマを絞り込んで実施する。また、将来的には大きな可能性を期待できる技術であるが、長期的な研究開発計画を絞り込むに至らないテーマに関してはフィージビリティスタディ(FS)と位置付け、2015年度末の段階で本格的な研究開発フェーズに移行するかどうか判断し、2016年度より研究開発テーマ数を3件に絞って推進することとした。

① 新材料基盤技術開発

Si、SiC及びGaNを除く次世代パワーデバイス向け材料に関して、結晶の欠陥制御技術、高純度バルク結晶作製技術等を開発し、安定的に品質の高い新材料ウエハ、デバイス、モジュール等の作製を可能とする技術開発、並びにそれらに資する関連評価技術や学術的基盤技術の開発を行う。

② 新回路・ソフトウェア開発

電力システムとの連携や高周波電力変換等によりパワーエレクトロニクスの応用システムの使いこなしを推進するなどパワーエレクトロニクスシステムに付随する革新的な制御回路やソフトウェア等の開発、並びにそれらに資する関連評価技術や学術的基盤技術の開発を行う。

● 「酸化ガリウムパワーデバイス基盤技術の研究開発」

研究責任者：東脇 正高

国立研究開発法人情報通信研究機構 未来ICT研究所

グリーンICTデバイス先端開発センター 総括 兼 センター長

参画機関：国立研究開発法人情報通信研究機構、(株)タムラ製作所、東京農工大学、新日本無線(株)、(株)シルバコ・ジャパン、(株)ノベルクリスタルテクノロジー、(株)サイコックス

● 「ダイヤモンドパワーエレクトロニクス基盤技術開発」

研究責任者：牧野 俊晴

国立研究開発法人産業技術総合研究所 先進パワーエレクトロニクス研究センター
研究チーム長

参画機関：国立研究開発法人物質・材料研究機構、国立研究開発法人産業技術総合研究所、東京工業大学、コーンズテクノロジー(株)、千葉大学大学院、大阪大学大学院

● 「ワイドバンドギャップパワーデバイス応用による低容量小型パワー集積回路開発およびパワープロセッシング技術の研究開発」

研究責任者:引原 隆士

京都大学大学院 工学研究科 教授

参画機関: 京都大学大学院、千葉工業大学、東京電機大学、千葉大学、筑波大学、
東京理科大学

図表2-3 工程表

	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度
研究開発項目Ⅰ SiCに関する拠点型 共通基盤技術開発	要素技術開発	連携要素技術開発		応用技術開発	プロト実証
所要経費等	10億円	10.51億円	11.57億円	12.39億円	
研究開発項目Ⅱ GaNに関する拠点 型共通基盤技術開 発	研究開発 環境整備	要素技術開発		応用技術開発	プロト実証
所要経費等	4.5億円	5.5億円	4.72億円	4.21億円	
研究開発項目Ⅲ 次世代パワーモジ ュールの応用に関 する基盤研究開発	研究開発 環境整備	要素技術開発		応用技術開発	プロト実証
所要経費等	3.5億円	5.0億円	4.72億円	5.34億円	
研究開発項目Ⅳ 将来のパワーエレ クトロニクスを支 える基盤研究開 発	技術検証と必要 な要素技術開発	絞り 込み	技術実証への 体制と課題の 設定及び	技術実証開発	
所要経費等	3億円	2.2億円	2.59億円	1.58億円	
管理費	1億円	1億円	0.5億円	0.48億円	
計	22億円	24.21億円 (内、追加配分 2.3億円)	24.1億円 (内、追加配分 1.1億円)	24.0億円	

(注)所要経費等はガバニングボードによる事前評価、総合科学技術・イノベーション会議による配分決定等を受けて修正する。

(注)公募等により研究主体が確定した後、研究主体名を加筆する。

3. 実施体制

(1) 推進委員会の設置

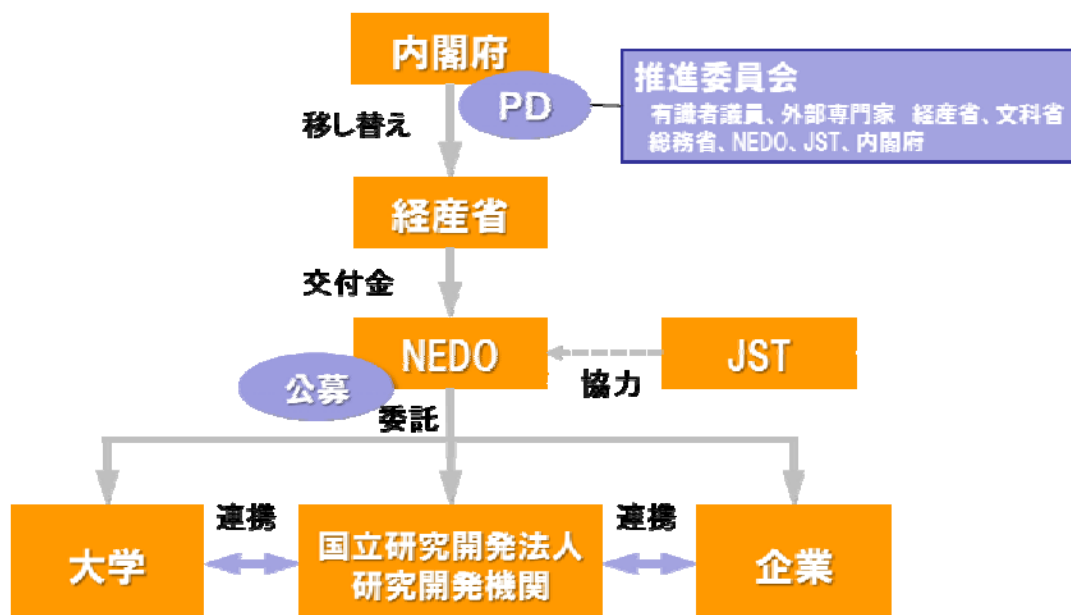
プログラムディレクターが議長、内閣府が事務局を務め、関係府省、専門家等が参加する推進委員会を設置し、当該課題の研究開発の実施等に必要な調整等を行う。

(2) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の活用

本件は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）への交付金を活用し、図表3-1のような体制で実施する。

NEDO は、PD や推進委員会を補佐し、研究開発計画の検討、研究開発の進捗や予算の管理、自己点検の事務の支援、評価用資料の作成、関連する調査・分析などについて、国立研究開発法人科学技術振興機構（以下、「JST」という。）の協力も得て実施する。

図表3-1 実施体制



(3) 研究主体の選定

NEDO は、本計画に基づき、研究主体を公募により選定する。研究主体の選定審査の事務は、JST の協力を得て、NEDO が行う。

審査基準や審査員等の審査の進め方は、JST の協力を得て、NEDO がPD 及び内閣府と相談し、決定する。審査には原則としてPD 及び内閣府の担当官並びに JST の担当職員も参加する。

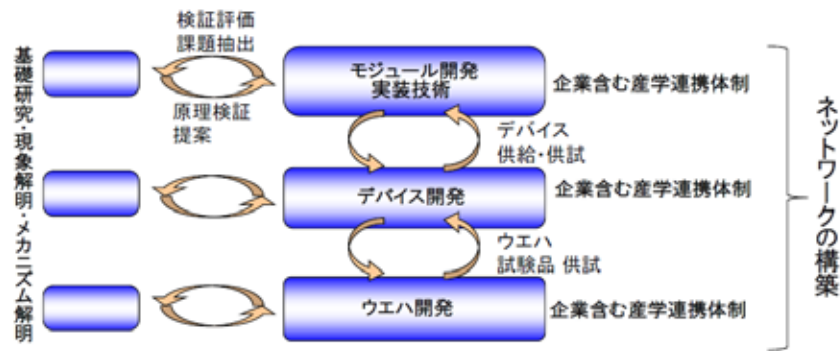
研究主体の利害関係者は当該研究主体の審査に参加しない。利害関係者の定義は、管理法人等が定めている規定等に準じ、必要に応じPD 及び内閣府に相談することとする。

公募により研究主体が決まった後、本計画に研究主体名等を加筆する。

(4) 研究主体を最適化する工夫

研究開発項目 I、II は、共同で研究を行う大学、研究機関、企業等が、中心となる機関のもとネットワークを構築する等により、目標達成に向けて効率的に研究開発を推進する「拠点」を設置し、必要に応じて大学、企業等の研究者が兼務・集結して研究を行う（図表3-2）。なお、研究開発項目 I、II は、ウエハ、デバイス等の各段階（レイヤー）に原則として実用化を担う企業を含めることとし、実用化の主体を明確化する。また、各レイヤーは相互の情報交換を活発に行い、評価結果の共有や、それに基づく目標の再設定など、密な連携・協力関係の下で研究開発を進める。

図表3-2 研究開発項目 I 研究体制概念図



研究開発項目Ⅲは、ワークショップ等による情報共有を通じ、必要に応じて研究開発項目Ⅰ、Ⅱの成果を活用する等、他の研究開発項目と連携して実施するものとする。

研究開発項目Ⅳは、多種多様なアイデアの中から最適なものを選ぶため、「ステージゲート方式」を採用し、最初の2年間は多くのテーマを実施し、中間評価でテーマを絞り込んだ上で、後半の3年を実施する。

なお、PD は、他省庁の事業も含めたパワーエレクトロニクスに関連する国の施策全体を俯瞰し、成果活用を含めた全体戦略を策定し、推進する。

4. 知財に関する事項

研究開発を成功させ、その成果を実用化・事業化することにより、確実に国益に反映させる。また、次世代を担う優れた人材・機関の参加を促すことも重要である。そのため、成果のインセンティブを確保することを目的として知的財産等の適切な管理を行う。

(1) 知財委員会

- 知財委員会を NEDO に置く。
- 知財委員会は、研究開発成果に関する論文発表及び特許等(以下、「知財権」という。)の出願・維持等の方針決定等のほか、必要に応じ知財権の実施許諾に関する調整等を行う。
- 知財委員会は、原則として PD または PD の代理人、主要な関係者、専門家等から構成する。
- 知財委員会の詳細な運営方法等は、知財委員会を設置する機関において定める。

(2) 知財権に関する取り決め

- NEDO は、秘密保持、バックグラウンド知財権(研究責任者やその所属機関等が、プログラム参加前から保有していた知財権及びプログラム参加後にSIPの事業費によらず取得した知財権)、フォアグラウンド知財権(プログラム中でSIPの事業費により発生した知財権)の扱い等について、予め委託先との契約等により定めておく。

(3) バックグラウンド知財権の実施許諾

- 他のプログラム参加者へのバックグラウンド知財権の実施許諾は、知財権者が定める条件あるいはプログラム参加者間の合意に従い、知財権者が許諾可能とする。

○当該条件などの知財権者の対応が、SIP の推進(研究開発のみならず、成果の実用化・事業化を含む)に支障を及ぼすおそれがある場合、知財委員会において調整し、合理的な解決策を得る。

(4) フォアグラウンド知財権の取扱い

- フォアグラウンド知財権は、原則として産業技術力強化法第 19 条第 1 項を適用し、発明者である研究責任者の所属機関(委託先)に帰属させる。
- 再委託先等が発明し、再委託先等に知財権を帰属させる時は、知財委員会による承諾を必要とする。その際、知財委員会は条件を付すことができる。
- 知財権者に事業化の意志が乏しい場合、知財委員会は、積極的に事業化を目指す者による知財権、実施権の保有、実施権の設定を推奨する。
- 参加期間中に脱退する者に対しては、当該参加期間中にSIPの事業費により得た成果(複数年度参加の場合は、参加当初からの全ての成果)の全部または一部に関して、脱退時に NEDO が指定する機関等は無償譲渡させること及び実施権を設定できることとする。
- 知財権の出願・維持等にかかる費用は、原則として知財権者による負担とする。共同出願の場合は、持ち分比率、費用負担は、共同出願者による協議によって定める。

(5) フォアグラウンド知財権の実施許諾

- 他のプログラム参加者へのフォアグラウンド知財権の実施許諾は、知財権者が定める条件あるいはプログラム参加者間の合意に従い、知財権者が許諾可能とする。
- 第三者へのフォアグラウンド知財権の実施許諾は、プログラム参加者よりも有利な条件にはしない範囲で知財権者が定める条件に従い、知財権者が許諾可能とする。
- 当該条件などの知財権者の対応が SIP の推進(研究開発のみならず、成果の実用化・事業化を含む)に支障を及ぼすおそれがある場合、知財委員会において調整し、合理的な解決策を得る。

(6) フォアグラウンド知財権の移転、専用実施権の設定・移転の承諾について

- 産業技術力強化法第 19 条第 1 項第 4 号に基づき、フォアグラウンド知財権の移転、専用実施権の設定・移転には、合併・分割による移転の場合や子会社・親会社への知財権の移転、専用実施権の設定・移転の場合等(以下、「合併等に伴う知財権の移転等の場合等」という。)を除き、NEDO の承認を必要とする。
- 合併等に伴う知財権の移転等の場合等には、知財権者は NEDO との契約に基づき、NEDO の承認を必要とする。
- 合併等に伴う知財権の移転後であっても NEDO は当該知財権にかかる再実施権付実施権を保有可能とする。当該条件を受け入れられない場合、移転を認めない。

(7) 終了時の知財権取扱いについて

- 研究開発終了時に、保有希望者がいない知財権等については、知財委員会において対応(放棄、あるいは、NEDO による承継)を協議する。

(8) 国外機関等(外国籍の企業、大学、研究者等)の参加について

- 当該国外機関等の参加が課題推進上必要な場合、参加を可能とする。
- 適切な執行管理の観点から、研究開発の受託等にかかる事務処理が可能な窓口または代理人が国内に存在することを原則とする。
- 国外機関等については、知財権は NEDO と外国機関等の共有とする。

5. 評価に関する事項

(1) 評価主体

PD と NEDO 等が行う自己点検結果の報告を参考に、ガバニングボードが外部の専門家等を招いて行う。この際、ガバニングボードは分野または課題ごとに開催することもできる。

(2) 実施時期

- 事前評価、毎年度末の評価、最終評価とする。
- 終了後、一定の時間(原則として3年)が経過した後、必要に応じて追跡評価を行う。
- 上記のほか、必要に応じて年度途中等に評価を行うことも可能とする。

(3) 評価項目・評価基準

「国の研究開発評価に関する大綱的指針(平成24年12月6日、内閣総理大臣決定)」を踏まえ、必要性、効率性、有効性等を評価する観点から、評価項目・評価基準は以下のとおりとする。評価は、達成・未達の判定のみに終わらず、その原因・要因等の分析や改善方策の提案等も行う。

- ① 意義の重要性、SIP の制度の目的との整合性があるか。
- ② 目標(特にアウトプット目標)の妥当性はあるか、目標達成に向けた工程表の達成度合いはどうか。
- ③ 適切なマネジメントがなされているか。特に府省連携の効果がどのように発揮されているか。
- ④ 実用化・事業化への戦略性はあるか、達成度合いはどうか。
- ⑤ 最終評価の際には、見込まれる効果あるいは波及効果。終了後のフォローアップの方法等が適切かつ明確に設定されているか。

(4) 評価結果の反映方法

- 事前評価は、次年度以降の計画に関して行い、次年度以降の計画等に反映させる。
- 年度末の評価は、当該年度までの実績と次年度以降の計画等に関して行い、次年度以降の計画等に反映させる。
- 最終評価は、最終年度までの実績に関して行い、終了後のフォローアップ等に反映させる。
- 追跡評価は、各課題の成果の実用化・事業化の進捗に関して行い、改善方策の提案等を行う。

(5) 結果の公開

- 評価結果は原則として公開する。
- 評価を行うガバニングボードは、非公開の研究開発情報等も扱うため、非公開とする。

(6) 自己点検

①研究責任者による自己点検

PD が自己点検を行う研究責任者を選定する(原則として、各研究項目の主要な研究者・研究機関を選定)。

選定された研究責任者は、5.(3)の評価項目・評価基準を準用し、前回の評価後の実績及び今後の計画の双方について点検を行い、達成・未達の判定のみならず、その原因・要因等の分析や改善方策等を取りまとめる。

②PD による自己点検

PD が研究責任者による自己点検の結果を見ながら、かつ、必要に応じて第三者や専門家(下記)の意見を参考にしつつ、5.(3)の評価項目・評価基準を準用し、PD 自身、NEDO 及び各研究責任者の実績及び今後の計画の双方に関して点検を行い、達成・未達の判定のみならず、その原因・要因等の分析や改善方策等を取りまとめる。その結果をもって各研究主体等の研究継続の是非等を決めるとともに、研究責任者等に対して必要な助言を与える。これにより、自律的にも改善可能な体制とする。

これらの結果を基に、PD は NEDO の支援を得て、ガバニングボードに向けた資料を作成する。

③NEDO による自己点検

NEDO による自己点検は、予算執行上の事務手続を適正に実施しているかどうか等について行う。

6. 出口戦略

(1) 戦略の検討・策定

- ・国内外の市場調査、技術動向調査の結果等を基に、関連する有識者等の知見を取り入れ、パワーエレクトロニクスによる新たな産業・市場の創出から、どのような社会を目指すのか、さらに、技術の新たな用途先やその成果の普及・社会実装に向けた活動等、関係法令も見定めながら、その戦略を推進委員会において検討・策定する。
- ・出口戦略やこれに合わせた知財/標準化戦略を立案・実現するとともに、将来の新たな市場の開拓をはかるため、将来(2030年)の社会像と、この社会実現に必要なアプリケーション(パワーエレクトロニクスが適用される最終製品)を創造し、その要求性能からバックキャストして、最終製品から部材まで一貫通貫の技術階層のロードマップ策定を目指し、NEDO 調査事業を活用している。PD が同調査研究の議論に参加することで、同調査研究で得られるパワエレ技術の目指すべき将来像を SIP にリアルタイムで反映させることができ、各テーマで掲げている出口戦略や目標設定の妥当性を、内外の状況の変化に対して臨機応変に見直すことができる。またこの事業は H27 年度以降も継続され、毎年、ロードマップの見直しを実施し、出口戦略をブラッシュアップしていく予定である。

(2) 試作機による要求性能の実証

- ・バックキャストした性能・仕様を満足できる技術が開発できたことを、機器の試作により、性能・品質・生産性での優位性を具体的に示して産業界での製品化開発を推進する。

(3)成果普及に向けた活動

- ・上記戦略に基づき、標準化をはじめとした成果普及に向けた活動を行う。
- ・パワーモジュールやモジュール構成部材・構成要素の加速劣化試験や寿命推定試験等の性能評価に関し、関係機関で最適な標準的試験方法等を検討する。
- ・性能評価指標と試験標準の検討を行って、競争力を確保することを担保した標準化を推進する。
- ・市場品質の確保とそれによる市場拡大を図るため、標準的試験方法等により、デバイス、モジュール、パワーエレクトロニクス用部品・材料の性能認証制度検討を推進する。
- ・省エネトップランナー基準を活用し、対象機器の追加に加え、システムとしても対象化を目指す。

7. その他の重要事項

(1) 根拠法令等

本件は、内閣府設置法(平成 11 年法律第 89 号)第 4 条第 3 項第 7 号の 3、科学技術イノベーション創造振興費に関する基本方針(平成 26 年 5 月 23 日、総合科学技術・イノベーション会議)、科学技術イノベーション創造振興費に関する実施方針(平成 26 年 5 月 23 日、総合科学技術・イノベーション会議)、戦略的イノベーション創造プログラム運用指針(平成 26 年 5 月 23 日、総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボード)、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 15 条第 1 項第 2 号に基づき実施する。

(2) 計画変更の履歴

本計画は、成果を最速かつ最大化させる観点から、臨機応変に見直すこととする。これまでの変更の履歴(変更日時と主な変更内容)は以下のとおり。

2014 年 5 月 23 日	総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボードにおいて、研究開発計画を承認。 内閣府政策統括官(科学技術・イノベーション担当)において決定。
2014 年 10 月 16 日	総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボードにおいて、研究開発計画の修正を承認。
2015 年 5 月 21 日	総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボードにおいて、研究開発計画の修正を承認。
2016 年 3 月 10 日	総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボードにおいて、研究開発計画の修正を承認。
2016 年 6 月 16 日	総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボードにおいて、研究開発計画の修正を承認。
2016 年 10 月 20 日	総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボードにおいて、研究開発計画の修正を承認。
2017 年 3 月 30 日	総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボードにおいて、研究開発計画の修正を承認。

2017年9月xx日 総合科学技術・イノベーション会議ガバナリングボードにおいて、研究開発計画の修正を承認。

(3) PD 及び担当の履歴

① PD



大森 達夫(2014年6月～)

準備段階(2013年12月～2014年5月)では政策参与。

② 担当参事官(企画官)



守屋 直文
(2013年10月～
2014年4月)



西條 正明
(2014年5月～
2015年10月)

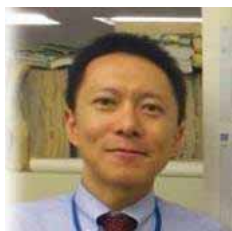


大洞 龍真
(2015年10月～
2017年7月)



古田 裕志
(2017年7月～)

③ 担当



山崎 剛生
(2013年10月～12月)



石川 稔
(2014年1月～10月)



田中 保宣
(2014年9月～
2016年3月)



吉野 純也
(2016年2月～8月)



竹内 大輔
(2016年4月～)



鎌田 芳幸
(2016年9月～)

※ 2013年10月～2014年5月までは準備期間。

添付資料 積算

(百万円)

2014 年度

1.研究開発費等(一般管理費・間接経費を含む)	2,100
2.戦略策定等に係る事業費(一般管理費・間接経費を含む)	56
3.研究開発管理費(旅費、委員会費等)	44
計	2,200

2015 年度

1.研究開発費等(一般管理費・間接経費を含む)	2,321
2.戦略策定等に係る事業費(一般管理費・間接経費を含む)	0
3.研究開発管理費(旅費、委員会費等)	100
計	2,421

2016 年度

1.研究開発費等(一般管理費・間接経費を含む)	2,360
2.戦略策定等に係る事業費(一般管理費・間接経費を含む)	0
3.研究開発管理費(旅費、委員会費等)	50
計	2,410

2017 年度

1.研究開発費等(一般管理費・間接経費を含む)	2,352
2.戦略策定等に係る事業費(一般管理費・間接経費を含む)	0
3.研究開発管理費(旅費、委員会費等)	48
計	2,400