

次世代パワーエレクトロニクス技術開発プロジェクト 事前評価報告書

平成25年9月

産業構造審議会産業技術分科会

評 価 小 委 員 会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成20年10月31日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」（平成21年3月31日改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

今回の評価は、次世代パワーエレクトロニクス技術開発プロジェクトの事前評価であり、評価に際しては、当該研究開発事業の新たな創設に当たっての妥当性について、省外の有識者から意見を徴収した。

今般、当該研究開発事業に係る検討結果が事前評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（小委員長：平澤 冷 東京大学名誉教授）に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成25年9月

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会
委員名簿

| | | |
|-----|---------|--|
| 委員長 | 平澤 洽 | 東京大学 名誉教授 |
| | 池村 淑道 | 長浜バイオ大学 客員教授 |
| | 大島 まり | 東京大学大学院情報学環 教授 東京大学生産技術研究所 教授 |
| | 太田 健一郎 | 横浜国立大学 特任教授 |
| | 菊池 純一 | 青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長 |
| | 小林 直人 | 早稲田大学研究戦略センター 教授 |
| | 鈴木 潤 | 政策研究大学院大学 教授 |
| | 中小路 久美代 | 株式会社S R A先端技術研究所 所長 |
| | 森 俊介 | 東京理科大学理工学研究科長 東京理科大学理工学部経営工学科 教授 |
| | 吉本 陽子 | 三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 経済・社会政策部 主席研究員 |

(委員敬称略、五十音順)

事務局：経済産業省産業技術環境局技術評価室

次世代パワーエレクトロニクス技術開発プロジェクトの事前評価に当たり
意見をいただいた外部有識者名簿

青 山 育 也 株式会社東芝
社会インフラシステム社鉄道・自動車システム事業部
パワーエレクトロニクス戦略推進部 技監

大 村 一 郎 九州工業大学次世代パワーエレクトロニクス研究センター
センター長 教授

矢 部 彰 独立行政法人産業技術総合研究所 理事

(敬称略、五十音順)

事務局：研究開発課

次世代パワーエレクトロニクス技術開発プロジェクトの評価に係る省内関係者

【事前評価時】

研究開発課長 渡邊 昇治（事業担当課長）

情報通信機器課デバイス産業戦略室長 師田 晃彦

非鉄金属課長、ファインセラミックス・ナノテクノロジー・材料推進室長 及川 洋

化学課機能性化学品室長 山崎 知巳

産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 飯村 亜紀子

次世代パワーエレクトロニクス技術開発プロジェクト事前評価
審 議 経 過

- 新規研究開発事業の創設の妥当性に対する意見の徴収（平成25年6月）
- 産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成25年6月27日）
 - ・事前評価報告書(案)について

目 次

はじめに

評価小委員会 委員名簿

意見をいただいた外部有識者 名簿

事前評価に係る省内関係者

審議経過

第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

1. 技術に関する施策の概要 1
2. 新規研究開発事業の概要について 2
3. 新規研究開発事業の創設の妥当性等について 3

第2章 評価コメント 7

第3章 評価小委員会のコメント 18

別添 未来開拓研究プロジェクトにおける知的財産等の取扱に関する基本的考え方

参考資料 PR資料

第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

1. 技術に関する施策の概要

パワーエレクトロニクスとは、電気の周波数や電圧、交流・直流の変換などを半導体を用いて高効率に行う技術であり、太陽光発電や風力発電等の再生可能エネルギーの普及や発電効率の向上、家電や産業機器、次世代自動車等の一層の省エネ化のためのキーテクノロジーである。

再生可能エネルギーや省エネルギーの拡大に伴って、パワーエレクトロニクスの市場は着実に成長しており¹、今後は更に大きな伸びが期待されている。例えば、機器レベル（インバータ等）では、現在約6兆円の市場が2030年には約20兆円に成長するとの予測²もある。我が国としては、パワーエレクトロニクス分野における高い国際競争力を活かして成長する市場で大きなシェアを確保し、世界の再生可能エネルギー、省エネルギーの普及拡大に貢献することが求められるところであり、「日本再興戦略－JAPAN is BACK」（平成25年6月14日閣議決定）では、「次世代デバイス・部素材（パワーエレクトロニクス等）研究開発・事業化」と題して、「風力発電やメガソーラー等の再生可能エネルギーの発電効率向上や、省エネ家電・次世代自動車等の一層の省エネ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については、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」として、その旨が明記されているところである。

我が国ではこれまで、パワーエレクトロニクスの次世代技術として、Si（ケイ素）より物性値（例えば耐圧性、耐熱性）に優れるSiC（炭化ケイ素）やGaN（窒化ガリウム）等の新材料の活用に注目し、国家プロジェクトを実施してきた。特にSiCについては、平成22年度から実施されている「次世代パワーエレクトロニクス技術開発プロジェクト」³において、SiCウェハの高品質化と大口径化を中心に研究開発を実施してきたところであり、実用化に向けて努力が続いている。他方、パワーエレクトロニクスの材料の大半はSiであり、今後も当面はこの状況が継続するとの見方は大きい。Siはその技術的な蓄積や実績を背景に、今後も技術進歩が続くと見られるが、近年は中国や韓国の新興企業の台頭も著しく、我が国企業は厳しい競争に直面しつつある。また、GaNについては以前から、優れた高周波特性等を期待した研究開発が行われてきたが、最近では、Si基板上にGaNをエピタキシャル成長させる（GaN on Si）技術の進展など、注目すべき成果が報告されている。

これらの状況を踏まえ、今般、現行の「次世代パワーエレクトロニクス技術開発プロジェクト」に加えて、特定の材料に限定せず、むしろパワーエレクトロニクスの技術革新が

¹ パワー半導体の世界市場は、1999年から2008年までの年平均成長率は12.8%（矢野経済研究所の公表データによる。）。

² 「産業競争力懇談会 COCN フォーラム 2009【08年度推進テーマの提言】④『グリーンパワエレ技術』（平成21年2月9日於 経団連会館 開催）

³ 平成24年度までの事業名は「低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト」であった。

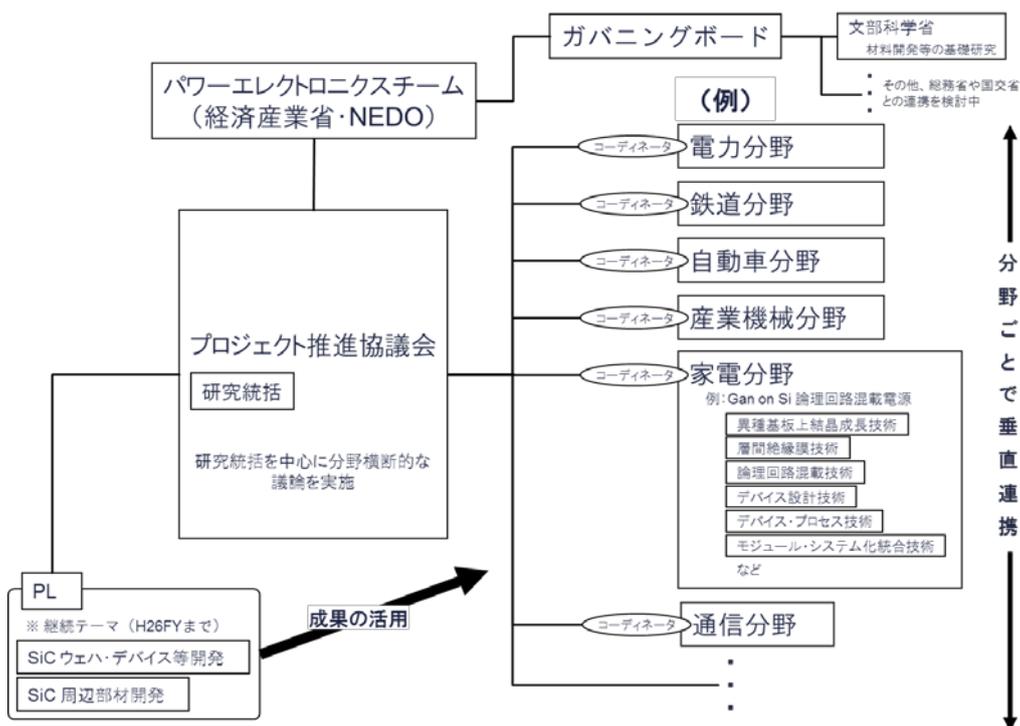
特に期待される分野ごとに要求されるスペックを最適な材料、デバイス、実装、システム技術の組み合わせで実現するプロジェクトを新たに企画し、一体的に事業を実施することとする。これにより、これまで蓄積してきた新材料の基盤的技術の早期実用化と、引き続き市場の本流を占める Si での競争力強化を同時に達成し、パワーエレクトロニクス分野における我が国の競争力を不動のものとする。

2. 新規研究開発事業の概要について

(1) 開発する技術のサイエンス、テクノロジーの概要

電力、鉄道、自動車、産業機械、家電、通信など、パワーエレクトロニクスの革新が期待されている分野について、それぞれの分野で求められる仕様(スペック)を最適な材料、デバイス、関係部素材等、実装、システム技術等の組合せで実現する。例えば、電力分野では、超高压化(数十 kV 級)、大電流化による大容量化、自動車分野については、高温環境下(約 250°C)での大電流化(数百 A 級)、家電分野においては、論理回路との一体化を含めた小型化・低コスト化が開発の方向性になると想定される。これらのターゲットに向かって、例えば、Si 半導体については、ウェハの高純度化、大口径化に対応した均一ドーピング技術、微細化やプロセスの低温化などが課題としてあげられる。また、SiC 半導体では、ウェハの高品質化等に加え、プロセスの高速化、低コスト化、実装技術の確立、GaN 半導体では、結晶の高品質化、低コスト化といった課題が想定される。

(2) 実施体制図



(3) 実施スケジュール

| 年度 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|----|---|---|--|--|-------------------------|---|
| 項目 | 開発目標の明確化とデバイス設計、試作 | デバイス性能の向上 | モジュール構造の検討 | モジュール構造の高度化とシステム設計 | システム試作 | システム性能実証 |
| 内容 | 電力系統用の高電圧電力変換、自動車、省エネ家電等の分野で用いられる次世代パワーエレクトロニクスシステムに対し要求仕様、開発目標を明確化し各分野用のデバイス開発を開始する。 | 高電圧電力変換、自動車、省エネ家電等の各分野ごとにパワーエレクトロニクスの高耐圧化、低損失化、高速化、大容量化などデバイス性能の向上を図る。また、シール材等周辺材料の開発を行う。 | 引き続きデバイス性能の向上、周辺材料の開発を実施するとともに、これらを用いるモジュールおよび異なる半導体材料を複数用いたハイブリッドモジュールについて設計、試作を実施する。 | モジュール構造を最適化するとともに各分野で用いる電力変換システムを設計する。 | 各種電力変換システムを試作して性能評価を行う。 | 各種電力変換システムの性能向上を図るとともに実用化時に期待できる性能・効果を明らかにする。 |

3. 新規研究開発事業の創設の妥当性について

(1) 事業の必要性及びアウトカムについて

(研究開発の定量的目標、社会的課題の解決や国際競争力強化への対応)

①事業の必要性

我が国にとって、再生可能エネルギーの導入促進と省エネルギーの拡大は、エネルギー政策上の最重要課題であるが、パワーエレクトロニクスはこれらを支えるキーテクノロジーであり、その革新技術は社会への効用が極めて大である。技術革新の方向性のひとつは更なる効率の向上であり、例えば、電気鉄道はパワーエレクトロニクスによって既に消費電力の半減が実現しているが、新材料（SiC）を用いたパワーエレクトロニクスを適用すると、更に4割の省エネ効果があるとされているように、量的に大きな効果が期待できる。また、小型化やコスト低減にも期待が高く、これによって適用範囲が拡大し、再生可能エネルギーや省エネルギーの拡大に一層の貢献が想定される。

②アウトカム（目指している社会の姿）の具体的内容及び検証可能なアウトカム指標とその時期

再生可能エネルギーの導入促進と省エネルギーの拡大の実現に貢献する。新材料を用いたパワーエレクトロニクスの導入により、2030年には、1,511万トンのCO₂削減効果

⁴が見込まれる。

③アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果の程度

パワーエレクトロニクス分野における強い競争力を維持・強化することによって、成長する市場（2030年頃の世界市場規模、約20兆円）のうち、過半の約10兆円のシェアを確保することを目指す。

なお、これまでのパワーエレクトロニクス市場は、日欧企業の競争力が際立っていたが、市場の成長が確実視される中、中国、韓国の企業の活動が活発化していることに注意が必要である。

④アウトカムに至るまでに達成すべきいくつかの中間段階の目標（技術的成果等）の具体的内容とその時期

2015年に、フルSiCデバイス（耐圧3kV級）によるインバータの実証を行う。

（2）アウトカムに至るまでの戦略

①アウトカムに至るまでの戦略

（a）アウトカムに至るまでのスケジュール

本事業終了後、3～5年後に生産技術や信頼性確保のための実証を行い、アウトカム指標の実現につなげる。

（b）知財管理の取扱

産業技術力強化法第19条に基づく日本版バイ・ドール制度を適用する。

ただし、詳細については、「未来開拓研究プロジェクトにおける知的財産等の取扱いに関する基本的考え方」（別添参照）を適用し、参加者間のシナジー効果の発揮等によるプロジェクトの目的（研究開発の成功と成果の事業化による国益の実現）達成を確実にすることを目指す。

⁴ 研究開発課の試算による。

(c)実証や国際標準化

国際標準化の検討に当たっては、圧倒的な技術優位性の確保が前提である。その上で、例えば、成果の70%程度を情報開示（権利化、標準化）し、残る30%は秘匿（ブラックボックス化）することで技術的優位性を確保しつつ、開発を進める手法が有効であると考えられる。

(d)性能や安全性基準の策定

必要に応じて検討する。

(e)規制緩和等を含む実用化に向けた取組

必要に応じて検討する。

②成果とユーザーの段階的イメージ・仮説

(a)技術開発成果の直接的受け手

材料、デバイス・システム、周辺部材、装置の各分野でのメーカー。

(b)社会的インパクトの実現までのカギとなるプレイヤー

電力会社、電鉄会社、自動車メーカー、家電メーカー等。

(3) 次年度以降に技術開発を実施する緊急性について

①次年度以降に技術開発を実施する緊急性

世界的な動きとして、欧州では、Si-MOS パワー半導体を12インチ（300mm）ウェ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、新材料である GaN パワー半導体に関する研究開発を強化する流れがある。また、米国では、軍事技術への展開を目的に、パワーエレクトロニクスについても着々と研究開発が進められ、加えて、中国、韓国、台湾は技術力向上によって日本に猛追している。このような状況を踏まえ

ると、現在、日本の国際競争力には優位性があるが、技術開発で先んじなければ、後塵を拝すことが必至であり、本事業での取組は喫緊に必要である。

(4) 国が実施する必要性について

①科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性

(a)我が国が強みを持ち、世界に勝てる技術分野であることについて

パワー半導体については、世界市場を欧州とほぼ二分しており、競争力がある技術分野である。

この競争力を生かし、現下の最重要課題である再生可能エネルギーの拡大と省エネの一層の促進に貢献するパワーエレクトロニクス技術革新に取り組み、結果として、成長する市場で大きなシェアを確保することは、まさに国策として重要。

(b)他の研究分野等への高い波及効果を含むものであることについて

半導体工学全般、計測工学、材料工学、信頼性工学など他の研究分野に大きな波及効果を及ぼすことが期待される。

(5) 当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業について

①当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業との関係性

(a)当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業

内閣府が実施する最先端研究支援プログラムでは、電力系統への適用を目指した、超高耐圧 SiC に関する研究開発がなされ、また、文部科学省が所管する独立行政法人科学技術振興機構において実施されている戦略的創造研究推進事業の CREST プログラムでは、SiC や GaN よりもバンドギャップの大きいダイヤモンド半導体に関する研究開発が実施されている。

(b)上記の関連性のある事業との重複がなく、適切に連携等が取れていることについて

CREST プログラムを含め、文部科学省の関連施策との連携を目的に、文部科学省とガバニングボードを立ち上げることを検討している。

第2章 評価コメント

新規研究開発事業の創設の妥当性に対するコメント

(1) 事業の必要性及びアウトカムについて（研究開発の定量的目標、社会的課題の解決や国際競争力強化への対応）

(1) ①事業の必要性

パワーエレクトロニクスは、高効率な電力変換技術で省エネルギーに大きく貢献するものであり、地球温暖化対策のみならず快適な電力化社会を実現する上で不可欠である。また、我が国半導体産業の競争力強化のためにも今後強力に推進すべき分野であり、その革新を目指す本事業の必要性は極めて高く、最終エネルギーに占める電力の割合（電力化率）の高い高効率な高度電力化社会の実現の観点から次世代エレクトロニクスの基盤技術開発が重要である。

なお、パワーエレクトロニクスは、適用範囲が広範である上、材料・半導体・実装・制御・回路・システムと多岐に渡る広い技術領域であり、普及のネックになっている技術を的確に見定めて課題設定・支援が必要。また、日本が築いてきた環境技術資産のグローバル産業への育成と次世代環境産業競争力を新たに創成し、資源の世界的枯渇に備えてエネルギー自給率向上を図り、これら二つの道を電力有効利用に関わる次世代パワーエレクトロニクスの技術戦略の柱に据えることが長期的に重要である。

○肯定的意見

- (A 氏) パワーエレクトロニクスは、高効率な電力変換技術で省エネルギーに大きく貢献するものであり、地球温暖化対策のみならず快適な電力化社会を実現する上で不可欠である。
- (B 氏) 震災後に高まった自然エネルギーによる電力供給への期待、低炭素社会実現の観点、最終エネルギーに占める電力の割合（電力化率）の高い高効率な高度電力化社会の実現の観点から次世代エレクトロニクスの基盤技術開発が重要となってくる。
- (C 氏) パワーエレクトロニクス技術は、電力の効率的運用や省エネのみならず、我が国半導体産業の競争力強化のためにも今後強力に推進すべき分野であり、その革新を目指す本事業の必要性は極めて高い。

○問題点・改善すべき点

- (A 氏) パワーエレクトロニクスは、材料・半導体・実装・制御・回路・システムにわたる広い技術領域であり、普及のネックになっている技術を見定めて課題設定・支援が必要。
- (B 氏) 日本が築いてきた環境技術資産のグローバル産業への育成と次世代環境産業競争力を新たに創成し、資源の世界的枯渇に備えてエネルギー自給率向上を図り、こ

れら二つの道を電力有効利用に関わる次世代パワーエレクトロニクスの技術戦略の柱に据えることが長期的に重要である。

(C 氏) 適用範囲が広範であるうえ、必要な技術領域も材料からデバイス、実装、回路、システムと多岐にわたっていて、総合的取り組みが必要。国の事業としては、その中で真に必要とされる技術開発や施策を的確に見極めて支援すべきである。

(1) ②アウトカム（目指している社会の姿）の具体的内容及び検証可能なアウトカム指標とその時期

シリコン材料を用いたパワー半導体は、損失が 15 年で 10 分の 1 に低減されてきており、効率改善と普及（量産性）の両立が図られてきた。今後さらに 1 ケタの性能改善が期待できるが、技術的には今までの延長線上にない極限技術（極限 IGBT など）が必要になる。すなわち極限ウェハ技術、極限プロセス、極限デバイス構造、更にパワーデバイス用デジタルインタフェース・通信などの技術であり、事業の対象となる応用分野は、情報機器電源などの小電力用途から電力基幹システムなどの大電力用途、高周波通信などの高周波用途まで必要なものが網羅されている。また、省エネに関しても大きな CO₂ 削減効果が示されており、適切である。

なお、エネルギーを有効に使う高度電力化社会実現のカギは、「効率改善」に関わる技術が実際に利用され装置として「普及」することにあり、今まで以上に、高い効率の電気機器の「普及」の視点が重要である。また、普及を促進する仕組みや基準づくりも並行して検討されるべきである。普及の促進は、コスト競争の厳しいグローバルな市場での競争力強化につながる。

基盤技術の研究と並行して、「効率改善」と「普及」の双方の効果を客観的に検証できる新たな指標の考案と導入を検討すべきである。このような技術への産業界の設備投資判断に必要な先行研究は、単独の企業では困難になってきており、企業サポートのもとでアカデミアが中心となった研究体制での早期の FS 的な研究のスタートと、研究成果を 10 年間日本の競争力を維持できる国内共有 IP に仕上げていく仕組みが必要である。

電圧階級としての適用先やベースとなる半導体材料系によって技術の現状成熟度が異なるため、出口分野の設定においては、満遍なく事業対象とするのではなく、社会的ニーズ・インパクトが高く技術革新が強く求められている分野にフォーカスする必要があり、また、アウトカム達成時期を一律ではなくそれぞれのサブテーマの実情に合わせて設定すべきである。

○肯定的意見

(A 氏) 事業の対象となる応用分野は、情報機器電源などの小電力用途から電力基幹システムなどの大電力用途、高周波通信などの高周波用途まで必要なものが網羅されている。

(B 氏) シリコン材料を用いたパワー半導体は、損失が 15 年で 10 分の 1 に低減されてき

ており、効率改善と普及（量産性）の両立が図られてきた。今後さらに1ケタの性能改善が期待できるが、技術的には今までの延長線上にない極限技術（極限IGBTなど）が必要になる。すなわち極限ウェハ技術、極限プロセス、極限デバイス構造、更にパワーデバイス用デジタルインタフェース・通信などの技術であり、事業の対象は、広範に設定されている。

（C氏）当該技術の適用先を小電力分野から大電力分野まで見据えた上で、具体的な用途がいくつかアウトカムとして挙げられている。省エネに関しても大きなCO₂削減効果が示されており、適切である。

○問題点・改善すべき点

（A氏）出口分野の設定においては、満遍なく事業対象とするのではなく、社会的ニーズ・インパクトが高く技術革新が強く求められている分野にフォーカスする必要がある。

（B氏）エネルギーを有効に使う高度電力化社会実現のカギは、「効率改善」に関わる技術が実際に利用され装置として「普及」することにある。国民一人一人の電力消費の「効率改善」を促すには、今まで以上に、高い効率の電気機器の「普及」の視点が重要である。特にCO₂の削減は、幅広い層への技術の普及によって実現するものであり、普及を促進する仕組みや基準づくりも並行して検討されるべきである。さらに普及の促進は、コスト競争の厳しいグローバルな市場での競争力強化につながっている。

以上のような基盤技術の研究と並行して、「効率改善」と「普及」の双方の効果を客観的に検証できる新たな指標の考案と導入を検討すべきである。例えば、本プロジェクトのアウトカム指標として「ネガワット・コスト指標」の検討と導入は、本研究PJを社会への普及も強く意識したものとする。すなわち、長期的にネガワット・コストを低減する共通の技術ロードマップのもとで選択的にリソースを投入することで、「効率改善」と「普及」が進み、社会全体としてのエネルギー有効利用（ネガワットの増加）が可能になる。

以上の考え方が、日本単独のものに陥らないため（ガラパゴス化防止）日・米・欧でのロードマップの共有化を日本主導で行っていくことが重要と考える。

このような技術への産業界の設備投資判断に必要な先行研究は、単独の企業では困難になってきており、企業サポートのもとでアカデミアが中心となった研究体制での早期のFS的な研究のスタートと、研究成果を10年間日本の競争力を維持できる国内共有IPに仕上げていく仕組みが必要である。

（C氏）電圧階級としての適用先やベースとなる半導体材料系によって技術の現状成熟度が異なるため、アウトカム達成時期を一律ではなくそれぞれのサブテーマの実情に合わせて設定すべきである。近場のものは早期のアウトカム達成を目指してほしい。

(1) ③アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果の程度

電力基幹系統・新幹線、鉄道、自動車などの社会インフラに関わる領域は、将来の日本経済を支える基盤分野であるとともに、大きな海外市場拡大が見込まれる分野であり、欧米アジア、イスラエルのファウンドリ等による日本半導体産業への包囲網が狭まる前に、極限シリコン微細化技術を駆使した、量産性の高い、極限シリコンパワー半導体（極限 IGBT など）を早急に立ち上げることは、国内半導体産業の再生と、量産性の高い環境産業としてのパワエレ製品のグローバルな競争力強化につながる。コンシューマ向けのみならずインフラ向けも対象にした技術領域の成長性、我が国の現在における国際競争力から鑑みて、アウトカム実現の効果は極めて大きい。

なお、社会インフラ分野の整備状況・形態は各国の社会・政治状況によって大きく異なっており、国内のみに通用する蛸壺的な技術にならないように広い視野で見る必要があり、ネガワットコストなど共通のロードマップのもとで選択的にリソースを投入することで、グローバルに普及が可能な技術の確立と国際競争力の強化が可能となる。

一方、知的財産の面では、パワーデバイス（ウエハ、デバイス、プロセス）からデジタルインタフェース、サイバーフィジカルシステムまで含めた、多層的な特許クラスターを形成することにより、仮に一部の分野での競争力が低下した場合でも、全体として産業競争力を強化できる仕組みが敷かれていることが重要である。また、国際戦略の観点から、国際的に適用できる技術の確立を目指し、規格化／標準化も見据えた開発をおこなうべきである。

○肯定的意見

(A 氏) 電力基幹系統・新幹線、鉄道、自動車などの社会インフラに関わる領域は、将来の日本経済を支える基盤分野であるとともに、大きな海外市場拡大が見込まれる分野である。

(B 氏) 欧米アジア、イスラエルのファウンドリ等による日本半導体産業への包囲網が狭まる前に、極限シリコン微細化技術を駆使した、量産性の高い、極限シリコンパワー半導体（極限 IGBT など）を早急に立ち上げることは、国内半導体産業の再生と、量産性の高い環境産業としてのパワエレ製品のグローバルな競争力強化につながる。

(C 氏) コンシューマ向けのみならずインフラ向けも対象にした技術領域の成長性、我が国の現在における国際競争力から鑑みて、アウトカム実現の効果は極めて大きい。

○問題点・改善すべき点

(A 氏) 社会インフラ分野の整備状況・形態は各国の社会・政治状況によって大きく異なっており、国内のみに通用する蛸壺的な技術にならないように広い視野で見る必

要がある。

- (B 氏) ネガワットコストなど共通のロードマップのもとで選択的にリソースを投入することで、グローバルに普及が可能な技術の確立と国際競争力の強化が可能となる。知的財産の面では、パワーデバイス（ウエハ、デバイス、プロセス）からデジタルインタフェース、サイバーフィジカルシステムまでふくめた多層的な特許クラスタを形成することにより、仮に一部の分野での競争力が低下した場合でも、全体として産業競争力を強化できる仕組みが敷かれていることが重要である。
- (C 氏) 技術的な国際戦略の観点から、国際的に適用できる技術の確立を目指し、規格化／標準化も見据えた開発であるべきである。

(1) ④アウトカムに至るまでに達成すべきいくつかの中間段階の目標（技術的成果等）の具体的内容とその時期

パワーデバイス材料の将来シェア動向（Si から SiC、GaN へ緩やかに移行）、パワーエレクトロニクス技術の垂直連携（材料～システム）を考慮し、加えて終了後の実証も含めて計画が設定されており、適切である。

なお、掘り下げた基礎研究が必要な技術分野と、垂直連携によって技術実証が求められる分野とでは、異なるプロジェクトフォーメーションと課題・目標の設定が必要であり、また、材料技術に代表されるような共通基盤技術の部分とアウトカム直結を狙う垂直統合型の部分が共に必要であるが、課題目標設定には異なるスタンスで臨むべきと考える。

○肯定的意見

- (A 氏) パワーデバイス材料の将来シェア動向（Si から SiC, GaN へ緩やかに移行）、パワーエレクトロニクス技術の垂直連携（材料～システム）を考慮した事業内容になっている。
- (B 氏) ウエハ、プロセス、デバイスと要素技術ごとに課題を設定することは妥当である。
- (C 氏) デバイス、モジュール／機器、システムという流れに加えて終了後の実証も含めて計画が設定されており、適切である。

○問題点・改善すべき点

- (A 氏) 掘り下げた基礎研究が必要な技術分野と、垂直連携によって技術実証が求められる分野とでは、異なるプロジェクトフォーメーションと課題・目標の設定が必要となる。
- (B 氏) ウエハ、プロセス、デバイスのほかに、デジタルインタフェースを加えて設定するとよいのではないか。これら成果を組合せ、①超小型大電力絶縁型双方向変換機、②超高パワー密度変換機、③デジタルインタフェースを有した CPS (Cyber Physical System) 対応異種接合集積チップ／モジュールなどがデモンストレーション

ョン（実証）されることを望む。

（C 氏）電圧階級やベースの半導体材料で技術の成熟度が異なるため、一律ではなくそれぞれに応じたきめ細かい目標／時期の設定が必要である。また、材料技術に代表されるような共通基盤技術の部分とアウトカム直結を狙う垂直統合型の部分が共に必要であるが、課題目標設定には異なるスタンスで臨むべきと考える。

（2）アウトカムに至るまでの戦略について

（2）①アウトカムに至るまでの戦略

省エネルギーの促進により、アウトカムを達成するという流れは、企業による事業化計画とリンクさせた研究開発スケジュールの立案を強く意識しており、先述の「効率改善」と「普及」が考慮されており適切である。

なお、知財の取扱いについて、知的財産は多層の特許クラスタを形成することから、ウェハ、プロセス、デバイス、回路といったそれぞれの技術カテゴリ内の特許網ではなく、異なるカテゴリの特許が相互に強化し合う体系化を行い、同時に IP の共有化の仕組みを作ることが要望される。これにより、企業による開発成果のシームレスな産業化が促されるものとする。また、国際標準化活動は真に企業の国際競争力強化に資するものになっておらず、国として継続的に誘導する施策が必要で、オープン／クローズの境界設定が極めて重要であり、国としての制度設計／改善やガイドライン提示も必要なものと思料。特に、社会インフラ系では適切な規制緩和が普及に不可欠と考える。

○肯定的意見

（A 氏）企業による事業化計画とリンクさせた研究開発スケジュールの立案を強く意識しており、知財管理の取扱い等は妥当と考えられる。

（B 氏）先述の「効率改善」と「普及」が考慮されており適切である。

（C 氏）事業化を意識すれば、知財管理については適切である。

○問題点・改善すべき点

（A 氏）国際標準化活動は真に企業の国際競争力強化に資するものになっておらず、国として継続的に誘導する施策が必要。社会インフラ系では適切な規制緩和が普及に不可欠。

（B 氏）知的財産は、多層の特許クラスタを形成する。すなわち、ウェハ、プロセス、デバイス、デジタルインタフェース、回路といったそれぞれの技術カテゴリ内の特許網ではなく、異なるカテゴリの特許が相互に強化し合う体系化を行う。さらに IP の共有化の仕組みを作ることによって、企業による開発成果のシームレスな産業化を促す。

今後のグローバル展開も視野に入れた技術の「普及」の観点から、「ネガワット・コスト」などの指標の基準の策定も、並行して進める方向で検討することが重要

である。

(C氏) 知財戦略においては、オープン／クローズの境界設定が極めて重要であり、分野に応じた十分な議論が望まれる。逆に、国としての制度設計／改善やガイドライン提示も必要ではないか。

(2) ②成果とユーザーの段階的イメージ・仮説

具体的な応用分野が設定されており、それぞれの成果の直接的受け手や社会的インパクト実現までのキープレイヤーが明確である。

大電力分野においては、現在の電力業界が再生可能エネルギー導入に対して必ずしも積極的とは言えず、国として大きな方向性の明確な提示が必要であり、既存システムを基盤とする電力会社と大量の再生可能エネルギーを導入する革新的な次世代電力網の構築との方向性をよく擦り合わせる必要がある。

○肯定的意見

(A氏) 6つの具体的な応用分野が設定されており、それぞれの成果の直接的受け手や社会的インパクト実現までのキープレイヤーが明確である。

(B氏) 半導体技術として、ウェハ：国内のウエハメーカー、プロセス：デバイスメーカーと装置メーカー、デバイス：デバイスメーカー（製品化）、実装素材メーカーを想定していることは妥当である。

(C氏) 具体的に応用分野が明示されており、インパクト実現のためのプレーヤーも明確で妥当である。

○問題点・改善すべき点

(A氏) 電力基幹システムについては、既存システムを基盤とする電力会社と大量の再生可能エネルギーを導入する革新的な次世代電力網の構築との方向性をよく擦り合わせる必要あり。

(B氏) 応用技術として、超小型大電力絶縁型双方向変換機：パワーエレクトロニクスメーカー、自動車メーカー、電源メーカー、電鉄会社及び電力会社、超高パワー密度変換機：パワーエレクトロニクスメーカー、自走車メーカー及び家電メーカー、デジタルインタフェースを有したCPS対応異種接合集積チップ／モジュール：家電メーカー、BEMS、HEMS用機器メーカー、電鉄会社及び電力会社の参画を期待する。

(C氏) 大電力分野においては、現在の電力業界が再生可能エネルギー導入に対して必ずしも積極的とは言えず、国として大きな方向性の明確な提示が必要。

(3) 次年度以降に技術開発を実施する緊急性について

(3) ①次年度以降に技術開発を実施する緊急性

大震災以降の電力ひっ迫の状況において、効率良く電力を利用するパワーエレクトロニクス技術への研究開発支援と早期事業化による社会への普及が急がれている。

一方、欧米アジア、イスラエルのファウンドリ等による包囲網が敷かれる前に、極限シリコン微細化技術を駆使した、量産性の高い、極限シリコンパワー半導体（極限 IGBT など）を早急に立ち上げる必要がある。

なお、国内企業が保有している IGBT の強力な特許網はあと数年で権利期間が切れ、知的財産面での優位は下がりつつあり、中国、韓国、台湾による日本の技術へのキャッチアップは時間の問題と思われ、この点からも本プロジェクト実施の緊急性は高く、危機感を持って臨むべきである。

しかし、緊急性の名目をもって一から出直すのではなく、パワーデバイス材料(Si, SiC, GaN)は、パワーエレクトロニクス技術（材料～システム）によって発展段階が大きく異なっており、従来から行われてきた技術開発の継続性、一貫性を担保した上で、適切な集中と選択の下に拡充を行うべきである。

○肯定的意見

(A 氏) 大震災以降の電力ひっ迫の状況において、効率良く電力を利用するパワーエレクトロニクス技術への研究開発支援と早期事業化による社会への普及は急がれている。

(B 氏) 欧米アジア、イスラエルのファウンドリ等による包囲網が敷かれる前に、極限シリコン微細化技術を駆使した、量産性の高い、極限シリコンパワー半導体（極限 IGBT など）の開発を早急に立ち上げる必要有り。国内企業が保有している IGBT の強力な特許網はあと数年で権利期間が切れ、知的財産面での優位は下がりつつある。

海外の台頭としては、この3年間で中国本土から、パワー半導体の国際学会への投稿数は、特に IGBT の分野で6倍に増加している。さらに台湾ファウンドリや国の研究所がシリコンの IGBT、GaN、SiC を次世代の半導体産業として育成を開始している。韓国では自動車メーカー関連、電機大手関連で、把握しているだけでも7社が IGBT（シリコン）への莫大な投資を開始している。さらに韓国では米国パワーデバイス企業が韓国のクリーンルームを買収して以降、IGBT 技術が米国から流れてきており、日本の現状技術へのキャッチアップは時間の問題と思われる。

以上より、本プロジェクトは緊急性が高いと考えられる。

(C 氏) 従来の省エネ要請に加えて大震災以降の電力状況、更には我が国半導体産業の置かれている状況等を鑑み、我が国の有する技術的優位性を生かして他国に先駆けてパワーエレクトロニクス技術革新を果たす意義は大きく、当該技術開発を実施

する緊急性は合理的である。

○問題点・改善すべき点

(A 氏) パワーデバイス材料 (Si, SiC, GaN)、パワーエレクトロニクス技術 (材料～システム) によって発展段階が大きく異なっており、適切な集中と選択が求められる。

(B 氏) 国内企業が保有している IGBT の強力な特許網はあと数年で権利期間が切れ、知的財産面での優位は下がりつつある。

海外の台頭としては、この 3 年間で中国本土から、パワー半導体の国際学会への投稿数は、特に IGBT の分野で 6 倍に増加している。さらに台湾ファウンドリや国の研究所がシリコンの IGBT、GaN、SiC を次世代の半導体産業として育成を開始している。韓国では自動車メーカー関連、電機大手関連で、把握しているだけでも 7 社が IGBT (シリコン) への莫大な投資を開始している。さらに韓国では米国パワーデバイス企業が韓国のクリーンルームを買収して以降、IGBT 技術が米国から流れてきており、日本の現状技術へのキャッチアップは時間の問題と思われ、危機感を持って臨むべきである。

(C 氏) 緊急性の名目をもって一から出直すのではなく、従来から行われてきた技術開発の継続性、一貫性を担保した上で、より一層の拡充を早急に行うべきである。

(4) 国が実施する必要性について

(4) ①科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性

パワー半導体、特にシリコン IGBT 分野は現在でも高い競争力があるだけでなく、今後複合的な技術として、高温電子回路、高信頼性接合技術、新しいリアルタイム通信プロトコル技術による安心・安全技術のプラットフォーム構築など、他分野への大きな波及効果が期待できる。

なお、パワーデバイスでは新興国 (韓国、中国、台湾) が急速に追い上げており、システムでは欧米メーカーが海外市場の大半を抑えており、国際競争力強化が待ったなしの状況である。

○肯定的意見

(A 氏) パワーデバイス及びパワーエレクトロニクス分野は、日本が強い国際競争力を持つ分野の一つであり、国内だけでなく海外での急速な市場拡大が見込まれる分野である。

(B 氏) パワー半導体、特にシリコン IGBT 分野は現在でも高い競争力があるだけでなく、今後複合的な技術として、高温電子回路、高信頼性接合技術、新しいリアルタイム通信プロトコル技術による安心・安全技術のプラットフォーム構築などへの波及効果が期待できる。

(C 氏) パワー半導体分野は、我が国産業界が強い競争力を現在有しているうえ、将来展

開のベースとなる新規半導体技術（SiC や GaN 等）や周辺実装材料でも先導性と卓越性（強み）を持っており、将来世界に勝てる技術分野に育つ可能性は極めて高い。また、材料からシステムまでの広範な技術階層からなる総合技術であって、他分野への波及効果としても大きなものが期待できる。

○問題点・改善すべき点

- (A 氏) パワーデバイスでは新興国（韓国、中国、台湾）が急速に追いついており、システムでは欧米メーカーが海外市場の大半を抑えており、国際競争力強化が待ったなしの状況。
- (B 氏) 国内企業が保有する IGBT の特許網の権利期間切れによる知的財産面での優位性の下落と中国、台湾、韓国が台頭してきており、日本の現状技術へのキャッチアップは時間の問題と思われ、危機感を持って臨むべきである。
- (C 氏) 現在優位性はあるものの、特にアジア新興国からの追いつきが技術的にもビジネス的にも激しく、可能な限り早急に国として対応すべき案件である。

(5) 当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業について

(5) ①当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業との関係性

現行の FIRST プログラムや CREST、NEDO プロとの関連性、継続性が意識されて適切であり、社会インフラ系の技術革新が見込まれる。

なお、プロジェクト間の情報共有度合いをさらに高めて、実質的に一体化した運用ができるような施策が求められる。自動車については国交省、通信機能などは総務省等との連携も必要である。

○肯定的意見

- (A 氏) 最先端研究開発支援プログラム、NEDO 新材料国プロで進めている SiC 及び実装技術の先端的成果を取り込むことで、社会インフラ系の技術革新が見込まれる。
- (B 氏) 企業による極限 IGBT 等、次世代シリコンパワー半導体の製品化には莫大な投資が必要である。一方でパワーデバイス産業のグローバル競争の激化から、企業が次世代研究にリソースを投入できない状況に追い込まれている。例えば、多くの企業が研究用のラインを保持できなくなってきた。次世代極限 IGBT の研究では、投資判断を可能にする FS レベルの基盤研究は企業サポートの下でアカデミアが中心となっていく仕組みが重要である。
連携したアカデミアの力の投入を促進するためには、経済産業省と文部科学省の連携の枠組みが最良であり、期待する。
- (C 氏) 現行の FIRST プログラムや CREST、NEDO プロとの関連性、継続性が意識されており、適切である。

○問題点・改善すべき点

- (A 氏) プロジェクト間の情報共有度合いをさらに高めて、実施的に一体化した運用ができるような施策が求められる。自動車については国交省の支援も必要ではないか。
- (B 氏) 次世代パワー半導体は、通信機能などの CPS 対応デジタルインタフェースを有する姿になることから、社会インパクトの検証では総務省との連携も視野に検討を進めることが重要である。
- 効率改善と普及による CO₂ 削減への効果を示す基準として「ネガワット・コスト指標」等の検討や新たな制度が必要である。
- (C 氏) 当該技術関連のプロジェクト、或いは本プロジェクト内でのサブテーマ間での意識共有、情報共有を十分に行うべきである。制度やスポンサーが異なる類似テーマを徒に乱立させないこと、開発フェーズ等に基づくスポンサーの役割分担も重要である。一方で、当該事業領域の基礎から応用実証に至る一連のサブテーマ群全体を統一的に見渡した一体的な運用が可能になるよう、適切な省庁連携が望まれる。

第3章 評価小委員会のコメント

本研究開発事業に対する評価小委員会のコメントは、以下のとおり。

「次世代パワーエレクトロニクス技術開発プロジェクト事業」

コメント

○アウトカムに至るまでの戦略について

研究開発機関と事業者との密接な連携を図り、事業化ニーズに合った的確な技術開発を行うこと。

○プロジェクト成果（知財）については、的確に権利化（特許取得等）、事業化を図ること。

未来開拓研究プロジェクトにおける知的財産等の取扱いに関する基本的考え方

- 未来開拓研究プロジェクトにおいては、参加者間のシナジー効果の発揮等によるプロジェクトの目的（研究開発の成功と成果の事業化による国益の実現）達成を確実にするため、知的財産について適切な管理を行う。
- 具体的には、プロジェクトで発生する知的財産が、原則として参加者に帰属することを前提に、以下のような問題を防止する観点から、プロジェクトごとの事情に応じて、適切な措置を講ずる。

1. 参加者の所有する知的財産権（フォアグラウンド、バックグラウンド）がプロジェクトの推進の障害になること
2. 参加者 A と B の協力（A から B への知的財産権の実施許諾や材料提供等）による事業化を想定していたところ、A からプロジェクト外の X（B の競合相手等）に対して、より有利な条件で実施許諾や材料提供がなされてしまい、プロジェクトの目的が達せられなくなること
3. A から B への知的財産権の実施許諾や材料提供等が何らかの事情（例：A の X による買収、A のプロジェクトからの脱退 等）で滞り、プロジェクトの目的が達せられなくなること
4. 大学等と企業の共有特許に係る不実施補償等を巡る協議が難航し、産学連携や事業化に支障が生じること

- 経済産業省は、プロジェクトごとの事情に応じて、これらの問題を防止するために必要な措置を、経済産業省と事業推進体制間の契約や事業推進体制内の規約等の形で具体化し、適切な管理を実現する。
- なお、未来開拓研究プロジェクトにおいては、プロジェクトの発明に基づく知的財産権の出願費用は、原則として参加者の自己負担とするが、必要に応じ、事業推進体制内の審査を経て、予算の範囲内で、プロジェクト予算で負担することができることとする。

次世代パワーエレクトロニクス技術開発プロジェクト 45.0億円(19.8億円)

産業技術環境局 研究開発課
 商務情報政策局 情報通信機器課
 製造産業局 ファインセラミックス・ナノテクノロジー・材料戦略室
 03-3501-9221 / 6994 / 1794

事業の内容

事業の概要・目的

パワーエレクトロニクスは、半導体で電圧や電流、周波数を自在に制御し、直流・交流の変換などで電力損失の低減を図る技術です。鉄道や家電など多くの分野で用いられており、それらは今後も大きな成長が見込まれます。

本事業、高電圧で使用でき、耐熱性の高い新材料SiC(炭化ケイ素)を用いたパワー半導体の基板の高品質化やデバイスの開発などの要素技術開発を行います。

加えて、SiCパワー半導体の製造プロセスの高度化や、自動車、鉄道などの用途展開を踏まえ、パワー半導体を組み込んだパワーエレクトロニクス装置の最適化やその信頼性評価技術等の応用開発を行います。

条件(対象者、対象行為、補助率等)



事業イメージ

パワーエレクトロニクスの活用により多くの分野で省エネが実現

