

環境エネルギー科学技術分野に関する 研究開発課題の中間評価結果②

令和6年3月

科学技術・学術審議会

研究計画・評価分科会

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 委員等名簿

相澤	彰子	国立情報学研究所 副所長・教授
●五十嵐	仁一	ENEOS 総研株式会社顧問
菅野	了次	東京工業大学科学技術創成研究院特命教授、全固体電池研究センター長
栗原	美津枝	株式会社価値総合研究所代表取締役会長
田中	明子	国立研究開発法人産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門 マグマ活動研究グループ長
原田	尚美※	東京大学大気海洋研究所教授、国立研究開発法人海洋研究開発機構地球環境部門招聘上席研究員
◎観山	正見	岐阜聖徳学園大学・同短期大学部・学長
明和	政子	京都大学大学院教育学研究科教授
村岡	裕由	国立大学法人東海国立大学機構 岐阜大学流域圏科学研究センター教授
村山	裕三	同志社大学名誉教授
出光	一哉	東北大学特任教授
上田	良夫	大阪大学大学院工学研究科教授
大森	賢治	大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所教授・研究主幹
上村	靖司	長岡技術科学大学技学研究院教授
佐々木久美子		株式会社グルーヴノーツ代表取締役会長
高梨	弘毅	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構先端基礎研究センター長、東北大学名誉教授
土屋	武司	東京大学大学院工学系研究科教授
長谷山	美紀	北海道大学副学長、大学院情報科学研究院長
原澤	英夫	元国立研究開発法人国立環境研究所理事
宮園	浩平	国立研究開発法人理化学研究所理事／東京大学大学院医学系研究科卓越教授

◎：分科会長、●分科会長代理

※本評価には参加していない

環境エネルギー科学技術委員会委員

	氏名	氏名・職名
主査	原澤 英夫	元国立環境研究所 理事
主査代理	関根 泰	早稲田大学先進理工学研究科 教授
主査代理	本郷 尚	株式会社三井物産戦略研究所国際情報部 シニア研究フェロー
	伊香賀 俊治	慶応義塾大学理工学部システムデザイン工学科開放環境科学専攻 教授
	石川 洋一	海洋研究開発機構付加価値情報創生部門 地球情報科学技術センター長(上席研究員)
	大久保 規子	大阪大学大学院法学研究科 教授
	堅達 京子	株式会社 NHK エンタープライズ第1制作センター社会情報部 エグゼクティブ・プロデューサー
	佐々木 一成	九州大学 副学長・主幹教授 水素エネルギー国際研究センター長 次世代燃料電池産学連携研究センター長
	佐藤 縁	産業技術総合研究所エネルギー・環境領域省エネルギー研究部門 総括研究主幹
	竹ヶ原 啓介	株式会社日本政策投資銀行設備投資研究所 エグゼクティブフェロー
	田中 謙司	東京大学大学院工学系研究科技術経営戦略学専攻 准教授
	中北 英一	京都大学防災研究所 所長・教授
	藤森 俊郎	株式会社 IHI 技術開発本部 技監
	本藤 祐樹	横浜国立大学大学院環境情報研究院 教授

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の概要

1. 課題実施期間及び評価時期

令和2年度～ 令和7年度

中間評価 令和5年度、事後評価 令和8年度を予定

2. 研究開発目的・概要

あらゆる電気機器の省エネ・高性能化につながる革新的パワーエレクトロニクス技術を創出するため、パワエレ回路システムを中心とする、パワーデバイス、次世代半導体に対応した受動素子等の一体的な基礎基盤研究開発を推進する。

3. 研究開発の必要性等

本研究開発課題は我が国の強みを生かし、地球温暖化対策、エネルギーの安定確保という喫緊の課題解決に資するものであり、必要性、有効性及び効率性の観点から、推進すべき事業であると評価された。実施に当たっては、出口を見据えて産業界や関係府省との緊密な連携体制の構築を進めることが重要である。

4. 予算（執行額）の変遷

年度	R2(初年度)	R3	R4	R5	翌年度以降	総額
予算額	670百万 (R2補正)	1,353百万	1,353百万	1,353百万	1,353百万 (見込額)	7,435百万 (見込額)
執行額	670百万	1,351百万	1,352百万	—	—	—

5. 課題実施機関・体制

<パワーデバイス領域>

研究代表者 東海国立大学機構名古屋大学未来材料・システム研究所附属未来エレクトロニクス集積研究センター センター長・教授 天野 浩

代表機関 東海国立大学機構名古屋大学

連携機関 株式会社豊田中央研究所、富士電機株式会社、物質・材料研究機構、北海道大学、東北大学、筑波大学、名城大学、大阪大学

<受動素子領域>

研究代表者 北海道大学大学院工学研究院 研究院長 幅崎 浩樹
代表機関 北海道大学
連携機関 山梨大学、九州工業大学、日本ケミコン株式会社

研究代表者 物質・材料研究機構磁性・スピントロニクス材料研究センター 招聘研究員 岡本 聡
代表機関 物質・材料研究機構
連携機関 東北大学、東京都立大学、産業技術総合研究所、東京理科大学、京都大学、株式会社トーキン、株式会社東北マグネットインスティテュート、名古屋工業大学

研究代表者 信州大学学術研究院（工学系） 教授 水野 勉
代表機関 信州大学
連携機関 大阪大学

<パワエレ回路システム領域>

研究代表者 東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター 研究開発部門長 教授 高橋 良和
代表機関 東北大学
連携機関 茨城大学、早稲田大学

研究代表者 東京都立大学大学院システムデザイン研究科 教授 和田 圭二
代表機関 東京都立大学
連携機関 横浜国立大学、筑波大学

<次々世代・周辺技術領域>

研究代表者 大阪大学大学院工学研究科 教授 渡部 平司
代表機関 大阪大学
連携機関 産業技術総合研究所、関西学院大学

研究代表者 産業技術総合研究所エネルギー・環境領域先進パワーエレクトロニクス研究センター 副研究センター長 竹内 大輔
代表機関 産業技術総合研究所
連携機関 金沢大学、筑波大学

研究代表者 産業技術総合研究所エネルギー・環境領域先進パワーエレクトロニクス研究センター 副研究センター長 原田 信介
代表機関 産業技術総合研究所
連携機関 なし

研究代表者 千葉大学大学院工学研究院 教授 佐藤 之彦
代表機関 千葉大学

連携機関	なし
研究代表者	東北大学大学院工学研究科 教授 齊藤 伸
代表機関	東北大学
連携機関	なし
研究代表者	東海国立大学機構名古屋大学大学院理学研究科 准教授 谷口 博基
代表機関	東海国立大学機構名古屋大学
連携機関	慶應義塾大学、株式会社村田製作所
研究代表者	東北大学未来科学技術共同研究センター 教授 長 康雄
代表機関	東北大学
連携機関	なし
研究代表者	東北大学金属材料研究所 教授 吉川 彰
代表機関	東北大学
連携機関	株式会社 C&A、鳥取大学

<研究支援>

研究代表者	株式会社三菱総合研究所社会インフラ事業本部イノベーション戦略グループ 主任研究員 山野 宏太郎
-------	---

6. その他

半導体産業政策や研究開発戦略の策定・実行を担う経済産業省と、担当レベルの日常的な情報交換に加え、令和3年3月に開始した「半導体・デジタル産業戦略検討会議」（事務局：経済産業省商務情報政策局）、令和5年12月に開始した「次世代半導体のアカデミアにおける研究開発等に関する検討会」（事務局：文部科学省研究開発局）に相互に参画するなど、密に連携して両省の取組を進めている。

また、本事業で得られた成果を幅広く活用するため、公開シンポジウムを令和4年度に実施、令和5年度にも実施予定。

中間評価票

(令和6年1月現在)

1. 課題名 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

2. 関係する分野別研究開発プラン名と上位施策との関係

プラン名	環境エネルギー科学技術分野研究開発プラン
プランを推進するにあたっての大目標	環境・エネルギーに関する課題への対応（施策目標9-2） 概要：気候変動への対応やカーボンニュートラルの実現、それに伴う社会変革（GX）の推進等の地球規模課題は、人類の生存や社会生活と密接に関係している。これらの諸問題に科学的知見をもって対応するため、環境エネルギー分野の研究開発成果を生み出す必要がある。
プログラム名	環境エネルギー科学技術分野研究開発プログラム（GX技術） 概要：カーボンニュートラルの実現に向けて、徹底的な省エネルギーや温室効果ガスの抜本的な排出削減を実現するため、従来の延長線上ではない新発想に基づく脱炭素化技術や地域のカーボンニュートラルに必要な分野横断的な知見を創出するための基礎基盤研究を推進する。
上位施策	第6期科学技術・イノベーション基本計画（令和3年3月26日閣議決定） 統合イノベーション戦略2022（令和4年6月3日閣議決定） パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略（令和3年10月22日閣議決定） 革新的環境イノベーション戦略（令和2年1月21日統合イノベーション戦略推進会議決定）

プログラム全体に関連する アウトプット指標	過去3年程度の状況		
	令和2年	令和3年	令和4年
パワエレ回路システム、パワーデバイス、受動素子等に関する研究開発テーマ数	1	15	15

プログラム全体に関連する アウトカム指標	過去3年程度の状況		
	令和2年	令和3年	令和4年
論文累積件数	-	18	30
特許出願累積件数	-	2	13
分野横断の共同研究件数	-	2	5

3. 評価結果

(1) 課題の進捗状況

本事業は、GaN等の次世代半導体の優れた材料特性を活かした高性能パワーデバイスや、その特性を最大限に引き出すことのできるパワーエレクトロニクス(パワエレ)回路システム、およびその回路動作に対応できる受動素子を実現し、超省エネ・高性能なパワエレ技術を創出することを目的としている。

この目標達成に向けて、パワエレ回路システム、パワーデバイス、受動素子のそれぞれの技術を高める研究開発に加えて、パワエレ機器として組み上げた際の課題を解決する統合的な研究開発を実施している。具体的には、パワエレ回路システム領域、パワーデバイス領域、受動素子領域、次々世代・周辺技術領域の4領域を設け、事業の進捗に応じて相互の連携を進めながら研究開発を推進している。また、パワエレ関連分野の連携促進、研究開発動向調査、事業の進捗管理や評価等の事務支援を行うチームを置き、文部科学省と連携して事業を推進している。

各領域において、以下のとおり研究開発を着実に実施して世界をリードする成果を創出し、目標を達成してきた。

<パワエレ回路システム領域>

本領域では、従来よりも超省エネ・高性能なパワー制御を実現する、次世代半導体パワーデバイスを組み込んだ回路技術に関する研究開発を行っている。これまでに、小型化と高効率化を両立する回路制御手法の開発やEV用パワーモジュールの小型化などの成果を創出しており、国際学会での基調講演、特許出願なども着実に進めている。今後、パワーデバイス領域で実現される、高耐電圧・低損失な縦型GaNデバイスの適用等、他領域との連携の加速や、その成果のフィードバックによる好循環が期待される。

<パワーデバイス領域>

本領域では、GaNの優れた材料特性を最大限に引き出す次世代半導体パワーデバイスの研究開発を実施している。縦型GaNパワーデバイスの実用化に向けて課題となっていた、耐電圧、省エネ、信頼性等の性能向上や作製コストの低減に資する成果を創出しており、米国電気電子学会(IEEE) International Electron Devices Meeting (IEDM)¹で採択されるなど国際的にも評価されている。今後、パワエレ回路システム領域との連携による、実際の回路における試作デバイスの動作検証、検証結果に基づくパワーデバイスの更なる性能向上が期待される。

<受動素子領域>

本領域では、次世代半導体パワーデバイスとともに回路に組み込まれる、発熱(ロス)が少なく小さなコイルやコンデンサを実現する材料及び設計技術の研究開発を実施している。これまでに、高電圧、高周波、高温等の次世代半導体パワーデバイスに特有の動作

¹ 半導体分野で世界的に権威ある学会の1つ。特に、デバイス分野に特化。

条件に適応可能な材料を開発し、それらを用いて試作したコイルやコンデンサの性能が既存製品を上回る水準に達していることを確認した。企業との連携も進んでおり、共同での特許出願など実用化に向けて着実に成果を創出している。パワーデバイス領域と同様、今後、パワエレ回路システム領域と連携して回路内での性能検証を進めることにより、実用化を見据えた性能向上が期待される。

<次々世代・周辺技術領域>

本領域は、将来的にパワエレ機器への応用を目指す次々世代技術として有望と考えられる8テーマの研究開発を実施してきた。本領域の実施期間は3年間程度としているため、3年目にあたる令和5年度の事業推進委員会において進捗評価を行ったところ、いずれの課題においても当初の目標に対して十分な成果が得られていると評価されるとともに、ダイヤモンド半導体トランジスタや積層セラミックコンデンサ等に関する5テーマについては、今後の研究開発継続により革新的な成果創出、実用化が期待できるとの高い評価を受けたことから、令和6年度以降も継続することを決定した。

(2) 各観点の再評価

<必要性>

評価項目	評価基準		評価項目・評価基準の適用時期
科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、国費を用いた研究開発としての意義	定性的	国費を投入する必要があるか。	前・中

「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」(令和元年6月閣議決定)において、パワエレ技術は、電気機器の更なる省エネルギー化に繋がる横断的な技術と位置付けられており、電化による省エネルギー効果を最大限発揮させる上で、電力供給の上流から電力需要の末端までを支えるパワエレ機器を導入することが有効とされている。

また、同戦略を踏まえて策定された「革新的環境イノベーション戦略」(令和2年1月統合イノベーション戦略推進会議決定)において、パワエレ技術は、世界全体での温室効果ガスの排出削減に貢献する革新技術の一つとして、関係省庁が連携して一体的に取り組むべき施策に位置付けられており、国が中心となって早急に取り組むことが求められている。

また、「半導体・デジタル産業戦略」(令和5年6月改定)においては、2030年以降の将来技術の研究開発として取り組むべき課題として、「GaN・Ga₂O₃パワー半導体の実用化に向けた開発」が位置付けられており、激化する国際競争を勝ち抜くため、日本全体としてパワー半導体の競争力向上が求められている。

本事業の目的や実施内容はこうした国家戦略に即したものであり、国として戦略的に推進すべきものであることから、本事業の「必要性」は高いと評価できる。

<有効性>

評価項目	評価基準		評価項目・評価基準の適用時期
実用化・事業化や社会実装に至る全段階を通じた取組	定性的	実用化に向けた必要な取組が設定されているか。	前・中

○研究開発体制

パワエレ技術は、パワーデバイス、コイルやコンデンサなどの受動素子、それらを搭載・制御する回路システムを組み合わせた複合技術であることから、単体のパワーデバイスや受動素子等が特定の条件において優れた特性を示しても、パワエレ機器というシステム全体として組み上げた際に、その特性を最大限に発揮するための研究開発課題が多く存在する場合が多い。このため、本事業では、構成要素それぞれの技術レベルを高める研究開発に加えて、パワエレ機器として組み上げた際の課題を解決する統合的な研究開発を実施している。

○マネジメント体制

革新的なパワエレ技術の創出に向けて研究開発をリードできる優れた知見とマネジメント力を兼ね備えた人材をプログラム・ディレクター (PD) 及びプログラム・オフィサー (PO) として配置し、パワエレ回路システム、パワーデバイス、受動素子の一体的かつ出口を見据えた研究開発マネジメントを実施している。具体的には、サイトビジットやヒアリング等 (年 30 回程度) を実施することに加え、PD、PO、産業界・学術界を代表する有識者等により構成される事業推進委員会 (年 1 回) において、研究の進捗管理や新たな研究アプローチの導入等に関する助言・評価を行い、必要に応じ研究計画・体制の見直しも行いながら、出口戦略の実現を図っている。また、事業推進委員会の下に知財委員会を設置し、研究開発成果に関する論文発表、特許等の出願・維持、ノウハウの扱い・秘匿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っている。

○関係府省との連携体制

半導体産業政策や研究開発戦略の策定・実行を担う経済産業省とは、担当レベルの日常的な情報交換に加え、令和 3 年 3 月に開始した「半導体・デジタル産業戦略検討会議」(事務局: 経済産業省商務情報政策局)、令和 5 年 12 月に開始した「次世代半導体のアカデミアにおける研究開発等に関する検討会」(事務局: 文部科学省研究開発局) に相互に参画するなど、密に連携して両省の取組を進めている。

以上のように、実用化に向けて必要な取組が確実に実施されていることから、本事業の「有効性」は高いと評価できる。

<効率性>

評価項目	評価基準	評価項目・評価基準の適用時期
------	------	----------------

計画・実施体制の妥当性、目標・達成管理の向上方策の妥当性	定性的	目標達成に向けて適切な実施体制や運営体制が組まれているか。	前・中
------------------------------	-----	-------------------------------	-----

○事業の実施体制や運営体制

世界に先駆けた超省エネ・高性能なパワエレ機器の早期創出に向けて、事業の実施に当たっては、＜有効性＞において記載した研究開発体制、マネジメント体制、関係府省との連携体制を構築している。

これに加えて、PD 及び PO の指導の下、パワエレ技術関連分野の連携促進や、研究開発動向調査及び調査結果に基づいた本事業の研究開発方針の検討、各領域の研究開発に対する助言、事業の進捗管理や評価の支援等の事務を行うため、研究支援チームを設置している。具体的には、PD 及び PO と連携しながら、国際学会への参加等による情報収集や、実施した調査結果に基づく本事業の出口戦略の検討、実用化に向けた企業との連携のための調整、幅広い研究者同士の連携に向けた研究課題横断型のワークショップといった交流の場の形成等、各研究課題の進捗管理や連携支援のほか、事業推進委員会及び知財委員会の運営や技術ロードマップ策定の支援、PD 及び PO の事務補助等を行っている。また、本事業の成果報告や広報の一環として、公開シンポジウムを開催している。令和 4 年度には、International Power Electronics Conference (IPEC)²において本事業のセッションを設けるなど、国際会議において参画研究者が成果発信するとともに、国内外の研究者と情報交換を行った。

以上のように、目標達成に向けた適切な実施体制や運営体制が構築されていることから、本事業の「効率性」は高いと評価できる。

(3) 科学技術・イノベーション基本計画等の上位施策への貢献状況

「第 6 期科学技術・イノベーション基本計画」において、「国土全体に網の目のように張り巡らされた、省電力、高信頼、低遅延などの面でデータや AI の活用に適した次世代社会インフラを実現する。(中略) さらに、宇宙システム(測位・通信・観測等)、地理空間(G 空間)情報、SINET、HPC(High-Performance Computing)を含む次世代コンピューティング技術のソフト・ハード面での開発・整備、量子技術、半導体、ポスト 5G や Beyond 5G の研究開発に取り組む。」と示されている。本事業では、GaN 等の次世代パワー半導体の特性を最大限活用したパワエレ機器等の実現に向け、回路システムや受動素子も含めたトータルシステムとしての統合的な研究開発に取り組んでおり、当該取組の実現に貢献していると判断できる。

(4) 事前評価結果時の指摘事項とその対応状況

² パワーエレクトロニクス研究者が集う国際会議で、米国電気電子学会とも連携している重要な会議。

<指摘事項>

なし。

<対応状況>

なし。

(5) 今後の研究開発の方向性

本課題は「継続」、「中止」、「方向転換」する（いずれかに丸をつける）。

理由：

本事業は、GaN 等の次世代パワー半導体の特性を最大限活用したパワエレ機器等の実現に向け、回路システムや受動素子も含めたトータルシステムとしての統合的な研究開発に取り組んでおり、これまでに縦型 GaN パワーデバイスの実用化に向けた性能向上や作製コストの低減に資する成果の創出、既存製品の性能を大きく上回る受動素子やモジュールに関する技術の開発など、着実な進捗を見せている。また、上記のとおり、本事業の必要性、有効性、効率性は高いと評価できることから、引き続き推進すべき事業であると評価できる。

<本課題の改善に向けた指摘事項>

事業後半年度の実施に当たっては、回路システム領域を軸とした領域間の連携をより一層強化し、各デバイスの性能向上と機器トータルとしての性能向上を両輪で進め、産業界や関係府省とも協力しながら、出口を見据えた研究開発が推進されることが重要である。また、研究開発を通じた人材育成や出口に向けた企業連携も重要であるため、その実態の把握に努めながら事業を推進することが必要である。

(6) その他

特になし。