

量子科学技術に関する 研究課発課題の事後評価結果

令和2年7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
量子科学技術委員会 委員名簿

(臨時委員)

◎雨宮 慶幸 公益財団法人高輝度光科学研究センター 理事長

(専門委員)

飯田 琢也 大阪府立大学大学院 理学系研究科 准教授

岩井 伸一郎 東北大学大学院 理学研究科 教授

岩本 敏 東京大学 生産技術研究所 教授

上田 正仁 東京大学大学院 理学系研究科 教授

○大森 賢治 自然科学研究機構 分子科学研究所 教授

小杉 信博 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 所長

城石 芳博 株式会社日立製作所 研究開発グループ 技術顧問

根本 香絵 国立情報学研究所 情報学プリンシプル研究系 教授

早瀬 潤子 慶應義塾大学 理工学部 准教授

平野 俊夫 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 理事長

美濃島 薫 電気通信大学 情報理工学研究科 教授

湯本 潤司 東京大学大学院 理学系研究科 教授

(敬称略、五十音順、◎：主査、○：主査代理)

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会
量子科学技術委員会 量子ビーム利用推進小委員会
委員名簿

(臨時委員)

- 雨宮 慶幸 公益財団法人高輝度光科学研究センター 理事長
伊地知 寛博 成城大学社会イノベーション学部 教授

(専門委員)

- 石坂 香子 東京大学大学院工学系研究科 教授
内海 涉 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構量子ビーム科学部門 次世代放射光施設整備開発センター長
岸本 浩通 住友ゴム工業株式会社研究開発本部 分析センター長
鬼柳 善明 名古屋大学大学院工学研究科 特任教授
◎ 小杉 信博 高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所 所長
近藤 寛 慶應義塾大学理工学部 教授
阪部 周二 京都大学化学研究所 教授
佐野 雄二 自然科学研究機構分子科学研究所社会連携研究部門 プログラム・マネージャー
高橋 瑞稀 第一三共 RD ノバーレ株式会社合成化学研究部 主任研究員
高原 淳 九州大学先導物質化学研究所 主幹教授
田中 均 国立研究開発法人理化学研究所放射光科学研究センター 副センター長
宮内 忍 宮内公認会計士事務所 所長
山重 寿夫 トヨタ自動車株式会社第2材料技術部材料創生・解析室先端解析グループ 主幹
山田 和芳 高エネルギー加速器研究機構 名誉教授

(◎：主査、○：主査代理、敬称略、五十音順)

※ 本プログラムの参画研究者である委員は評価に加わっていない。

次世代加速器要素技術開発プログラムの概要

1. 課題実施期間及び評価実施時期

平成 28 年度～平成 30 年度
事後評価 令和元年度

2. 研究開発概要・目的

我が国の科学技術全体を支える基盤技術である「光・量子ビーム技術」においては、先導的な技術開発や利用研究を推進するとともに、分野融合を含めた様々な可能性へのチャレンジにより、境界領域を開拓していくことが期待されている。そのような技術のうち、次世代加速器は高エネルギー物理学のフロンティア開拓、放射光光源、医療応用等の広範な分野に亘って、学術研究から産業応用、社会生活を支える重要な基盤技術である。

そのため本研究開発課題では、高性能・省コストの次世代加速器の中でも、特に汎用性が高く、また緊急性の高い次世代の放射光をターゲットとし、高性能化のボトルネックとなっているビーム入射スキームに関する実装可能な基盤技術（永久磁石型高機能磁石、高精度電源制御技術、真空封止電磁石技術等）を開発し、世界を先導する次世代加速器を実現する礎となることを目指す。

3. 研究開発の必要性等

【必要性】

平成 28 年度より実施した本研究開発課題の検討に際し、第 4 期科学技術基本計画（平成 23 年度～平成 27 年度）においては、それまで分野別に重点化された科学技術の振興に代わって、問題解決型あるいは課題対応型で科学技術を進め、更にイノベーションを推進することが示され、また分野融合やイノベーションの促進に向け、飛躍的な技術革新をもたらし、幅広い研究開発課題に共通して用いられる基盤技術の高度化や施設及び設備のネットワーク化、研究開発の促進、相互補完性の向上等が示されている。

特に、光・量子科学技術については、第 4 期科学技術基本計画においては「領域横断的な科学技術の強化」として、「複数領域に横断的に活用することが可能な科学技術や融合領域の科学技術に関する研究開発を推進する」ことが明記されており、現行の第 5 期科学技術基本計画（平成 29 年度～令和 2 年度）においても当該技術は「新たな価値創出のコアとなる強みを有する基盤技術」と位置付けられ、「複数の技術が有機的に結び付くことで、相互の技術の進展を促すことも予想されるため、技術間の連携と統合にも十分留意する。」とされている。

光・量子ビーム科学技術は、基礎科学から産業応用に至るまで共通基盤としてのキーテクノロジーであり、イノベーションを支える基盤技術としてその果たす役割と重要性は益々高まっており、先導的な技術開発や利用研究を推進するとともに、分野融合や境界領域の開拓及び高度な研究人材の育成を促進し、我が国の優位性を更に確固としていくことが必要であ

る。

本研究開発課題は、先導性や発展性等の観点から科学的・技術的意義が高いことに加え、産業応用や国際競争力の向上等の観点から社会的・経済的意義、また国や社会の課題解決への貢献等の観点から国費を用いた研究開発の意義についても高いものである。

【有効性】

本研究開発課題は、平成20年度より実施している「光・量子科学研究拠点形成に向けた基盤技術開発」で得られた課題や状況の変化を踏まえ、光・量子ビーム科学技術の更なる発展を目指すための重点的課題として検討されてきたものである。

具体的には、次世代放射光加速器において高いエネルギー効率を維持しながら、より微細な現象の探索を可能とする極低エミッタンスを実現するため、加速器の基本性能に影響を与えることなく必要な蓄積電流まで安定にビーム入射を可能とする新たな技術を開発するものである。また、本研究開発課題では、実装を前提に研究を進めたものであり、こうした技術開発の成果は今後、現在建設中の次世代放射光施設に設置する加速器や、SPring-8の加速器の高度化にも活用され、貢献するものであり、有効性は極めて高い。

【効率性】

本研究開発課題では、平成20年度から実施している「光・量子科学研究拠点形成に向けた基盤技術開発」のうち主に「量子ビーム基盤技術開発プログラム」の成果や課題等を踏まえ更なる発展を目指すものであり、先導的な取組を推進するものである。

そのため、特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律（平成6年法律第78号）第2条第3項に規定する特定放射光施設であるSPring-8及びSACLAを設置・運営する理化学研究所が中心となり、事業全体の運営を管理するとともに、POによるプロジェクトマネジメントによる連携・協力を強化することとしており、効率的な成果の確実な創出に向け、強力な推進体制を構築する。

また、事業の推進に際しては、毎年度進捗確認を実施して、内外の研究動向や諸状況も踏まえつつ、計画の見直しや必要に応じた改廃を行うこととしており、成果の着実な創出が図られるように実施された。

4. 予算（執行額）の変遷

年度	H28(初年度)	H29	H30	総額
予算額	49百万円	49百万円	50百万円	148百万円
執行額	49百万円	49百万円	50百万円	148百万円

5. 課題実施機関・体制

プログラムオフィサー (PO) 大垣 英明 京都大学エネルギー理工学研究所 教授
採択課題「革新的次世代リング加速器ビーム入射部の開発」

代表機関 国立研究開発法人理化学研究所

参画機関 公益財団法人高輝度光科学研究センター、株式会社トーキン、日本高周波株式会社

事後評価票

(令和2年3月現在)

1. 課題名 次世代加速器要素技術開発プログラム

2. 研究開発計画との関係

施策目標：未来社会を見据えた先端基盤技術の強化

大目標（概要）：

人々に豊かさをもたらす「超スマート社会」の実現に向けた取組を強力に推進し、世界に先駆けて実現するため、新たな価値創出のコアとなる基盤技術について強化を図る。

中目標（概要）：

内外の動向や我が国の強みを踏まえつつ、中長期的視野から、21世紀のあらゆる分野の科学技術の進展と我が国の競争力強化の根源となり得る量子科学技術の研究開発及び成果創出を推進する。

重点的に推進すべき研究開発の取組（概要）：

Society 5.0 関連技術を横断的に強化していくために、量子科学技術を支える共通的な基盤技術の研究開発を長期的視点に立ち推進する。

本研究開発課題が関係するアウトプット指標：

論文数、若手の関連事業参画数

本研究開発課題が関係するアウトカム指標：

優れた研究成果の創出状況

3. 評価結果

(1) 課題の達成状況

<必要性>

評価項目

科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性、発展性等）、国費を用いた研究開発としての意義（国の関与の必要性、妥当性等）

評価基準

- ・光・量子ビーム技術の連携による先導的な技術開発や利用研究が行われたか
- ・将来を俯瞰した基盤技術の開発・発展による波及効果があったか

本プログラムにより、先端的な加速器ビーム入射部の開発及び実用化を展望した性能実証が行われ、次世代加速器の基礎となる技術の開発に大きな貢献を果たし、その

成果は論文1報、会議録6報として発表された。また、本プログラムは国立研究開発法人だけでなく、民間企業2社を含む参画機関間の研究者の緊密な連携協力により遂行された。本プログラムにより開発された技術は、建設が進む次世代放射光施設に実装される予定である。また、今後の加速器の更なる高度化への貢献など、基盤技術の開発・発展に係る波及効果が認められた。

本プログラムは、科学的・技術的意義が大きく、我が国の研究力向上とイノベーション創出への高い貢献が期待されるなど、国費投入の意義のあるものと評価できる。

(参考) 本プログラムにより得られた開発成果

高性能かつ省コストのビーム入射スキームを実現する主要技術を世界に先駆けて開発した結果、次世代放射光加速器に設置可能かつ製品として国際的に競争力のある以下の機器を実際に製作した。

1) 永久磁石型高機能磁石

大型の電源を必要とする従来の電磁石型 DC セプトラム磁石と比較して、消費電力及び発熱がゼロで、省スペース化を実現する永久磁石型の DC セプトラム磁石。

2) 高精度電源制御技術

ビーム入射の際の蓄積ビーム振動を従来より1桁以上小さく抑える高精度固体パルス電源及びパルス電源により並列駆動するツインキッカーシステム。

3) 真空封止電磁石技術

蓄積リング側の超高真空チェンバーと一体化することにより、従来よりも1桁小さい入射振幅を実現する真空封止パルスセプトラム。

<有効性>

評価項目

研究開発の質の向上への貢献、実用化・事業化や社会実装に至る全段階を通じた取組

評価基準

- ・光・量子ビーム科学技術による分野融合や境界領域を開拓し、施設・装置等の基盤施設の高度化による研究開発の質向上に貢献したか
- ・学術、産業の多分野の研究交流が図られ、実用化に向けた課題解決に貢献したか

本プログラムにより開発された先進的な装置・手法は、まずは建設が進む次世代放射光施設に実装され有効活用される。さらに、それらの成果は、今後の SPring-8 の加速器の更なる高度化を始めとする最先端の共用施設等の高度化や光・量子ビームの利用拡大に貢献するものと期待される。

本プログラムは、民間企業2社を含む参画機関間の研究者の緊密な連携協力により、実用化に向けた課題解決に成果があったものであり、光・量子ビームの基盤技術の高度化による研究開発の質向上に貢献し、今後研究機関間や学術と産業界との連携が一層深化することで、実用化等に向けた産業界の課題解決に寄与するものと評価できる。

<効率性>

評価項目

計画・実施体制の妥当性

評価基準

- ・POによるプログラムマネジメントは妥当であったか
- ・参画する研究機関が密に連携する体制を構築できたか

本プログラムのPOは、プログラム運営に留意し、プロジェクトについて現地訪問や進捗評価等のコミュニケーションを密に行う体制を構築するとともに、プロジェクトの適切な評価及び評価結果を資金配分に反映すること等により、効率的な成果創出に貢献した。

特に、実質2年余りの課題実施期間において一定の成果を得ており、効率性に関してプロジェクトチーム内のマネジメント力と特出した研究開発力が発揮されたものと考えられる。

(2) 総合評価

①総合評価

本プログラムは、研究開発計画に掲げる施策目標「未来社会を見据えた先端基盤技術の強化」に則り遂行された。また、本プログラムの目的である高性能ビーム入射スキームを実現する主要構成機器を開発し、プロトタイプを製作した上でその性能を実証したことについては、国費投入に見合う成果が創出されたと評価する。

特に、本プログラムの成果としての基盤技術については、現在建設中の次世代放射光施設の蓄積リングのビーム入射部に応用される予定であり、文部科学省「今後の光・量子ビーム研究開発の推進方策について」（平成25年1月31日 科学技術・学術審議会先端研究基盤部会）における提言にも応えるものであり、本プログラムの目標は十分に達成されたと考えられる。

②評価概要

本プログラムにより創出された成果は、現在建設中の次世代放射光施設を始めとする我が国の共用施設・設備など、光・量子ビームの利用環境の高度化に貢献することが期待される。

(3) 今後の展望

放射光や中性子、レーザーといった光・量子ビームの利用環境は、今やなくてはならない研究開発基盤として、産学の幅広い研究分野に活用されている。本プログラムを通じて、これらの研究開発基盤の高度化や、産学連携研究が進むことで、我が国の研究力、産業競争力強化等、研究開発計画に掲げる施策目標に則り、Society5.0実現への貢献が見込まれる。

我が国においては、新たな軟X線向け高輝度放射光源である次世代放射光施設の建設など、光・量子ビームの利用環境の整備が引き続き進められている。本プログラム

の成果をこうした施設・設備の高度化に適切に反映し、施設・設備を利用する幅広い分野の研究者の研究開発に貢献していくことが求められる。

本プログラムで開発された次世代の放射光加速器のための要素機器システムは、電子ビームエネルギーを 3GeV に想定したパラメータで製作されており、現在建設が進む次世代放射光施設に設置され、実際の運転に利用予定である。技術開発機器が実運用に供され、実運用を通して得られる情報から、さらなる高度化に向けた問題点が洗い出され、次の要素技術・システム開発へと繋がるポジティブなスパイラルの形成が期待される。