

令和5年2月7日

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
理事長 平野 俊夫 殿

量子生命科学研究開発評価委員会
委員長 濱地 格

研究開発課題の事前評価について（答申）

令和4年7月4日付け文書にて当委員会に諮問のあった下記の研究開発課題の事前評価について、その評価結果を別紙のとおり答申します。

記

- ・研究開発課題「量子生命科学研究」に関する事前評価

以上

研究開発課題「量子生命科学研究」における事前評価に関する答申

1. はじめに

量子生命科学研究開発評価委員会（以下、「本委員会」という。）は、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（以下、「量研」という。）からの諮問に基づき、量子生命科学研究所（以下、「量生研」という。）が作成した研究開発計画および運営に関する説明資料並びに量子生命科学研究所長による口頭説明および同職との質疑応答による事前評価を実施した。その結果をここに取りまとめる。

2. 事前評価の概要

○ 評価の方法

8名からなる「量子生命科学研究開発評価委員会」を設置し、オンライン形式による評価を実施した。各委員は総評および次の各観点からの評価意見を述べ、委員長が各委員の意見を基に評価結果を取りまとめ、総合所見を記載した。

- ① 量子科学に関する基礎的研究開発及び経済・社会的インパクトの高い革新に至る可能性のある先進的な研究開発を実施し、優れた成果を生み出す計画となっているか。
- ② 研究開発成果を最大化するための研究開発マネジメントが適切に計画されているか。
- ③ 産学官の連携や共創を誘発する場の形成により、研究成果の社会実装への橋渡しとなる研究開発に取り組む計画となっているか。またそれにより研究成果の社会実装への橋渡しが見込めるか。
- ④ 量子生命分野の研究開発等を担う人材の育成・確保が実施される計画となっているか。

○ 量子生命研究開発評価委員の構成

	青木 茂樹	順天堂大学大学院医学研究科	主任教授
	飯田 琢也	大阪公立大学 LAC-SYS 研究所	所長
	岡部 弘基	東京大学大学院薬学系研究科	助教
	酒井 一夫	東京医療保健大学看護学研究科	客員教授
	田中 成典	神戸大学大学院システム情報研究課	教授
委員長	濱地 格	京都大学大学院工学研究科	教授
	原田 慶恵	大阪大学蛋白質研究所	教授
	村田 武士	千葉大学大学院理学研究院	教授

○ 評価の対象：研究開発課題「量子生命科学研究開発」

○ 評価の期間：令和5年度から令和11年度（第2期中長期計画期間）

3. 評価結果

本委員会は、所定の評価方法に基づき、量研における「量子生命科学研究開発」に関する事前評価を行い、その結果を以下の通り取りまとめた。

【総評】

第2期中長期目標期間の7年間は、第1期中長期目標期間で始まった研究を、研究所に所属するおよそ100名の研究者が国内外の大学や研究機関の共同研究者、計測・イメージング装置のメーカー企業、医学・創薬ユーザーコンソーシアム、企業コンソーシアムと協力して、医学・生命科学分野における量子計測技術および量子論的観点からの生命現象解明の研究開発を進め、新たな量子計測技術による計測データと従来技術による計測データを相補的・相乗的に活用することにより、人類究極の問い「生命とは何か」の解明につながる新しい学術分野の開拓を目指すという目標を達成するための計画が立てられている。具体的には、臨床応用から環境エネルギーまで広い範囲での研究開発を行うという気概が感じられる研究計画となっている。特に、これまでの医療・健康分野での成果を活用して進める疾患の病態解明と早期発見技術の研究開発、疾患バイオマーカーの計測、医薬品や再生医療用細胞等の評価に係る研究開発に加えて、生体分子の機能を応用した創薬・バイオ生産への貢献などの経済・社会的インパクトが期待できるバイオミメティクスに向けた研究開発や、将来的な環境エネルギー分野等への貢献も探索するなど、基礎・応用・社会実装の全ての面で世界をリードする成果が期待できる研究構想・計画である。これらの実現に向けて、より詳細なレベルの情報と、組織・個体レベルの情報との橋渡しがこれまで以上に重要となる。

第1期中長期目標期間で創出された世界最先端の量子技術と構築された組織体制を土台として、第2期中長期目標期間では、「量子計測技術による生命科学の革新」、「生命現象の量子論的解明・模倣」、「量子生命科学分野の研究開発を担う人材の育成・確保」を3つの柱とした計画が練られている。多角的かつ綿密な産学官連携による革新的量子技術の社会実装への道のり、若手から国際までを網羅した優れた人材育成計画が立案されており、量子科学に関する基礎的研究開発及び経済・社会的インパクトの高い研究開発、研究開発マネジメント、産学官連携、人材育成の全ての観点でバランスの良い計画となっている。優れた成果が得られ、量子生命科学の発展が期待される。

以上より、医療診断や創薬への出口を見据えた計画とともに、基礎生命科学における量子現象への挑戦も柱として設定されており、挑戦性をも十分に持ったものと評価したい。特に直近で進歩の著しい他の分野の量子技術を積極的に取り込んで連携するには、量研量生研は絶好の立ち位置と思われ、第2期中長期目標期間ではそのような取り組みが含まれていることが素晴らしい。したがって、第1期中長期目標期間の成果を踏まえた、合理的な研究開発計画になっていると判断できる。

【各観点について】

- ① 量子科学に関する基礎的研究開発及び経済・社会的インパクトの高い革新に至る可能性のある先進的な研究開発を実施し、優れた成果を生み出す計画となっているか。

第1期中長期目標期間で創出された世界最先端の量子技術と多数の重要な学術的成果をベースに、第2期中長期目標期間の7年間で行う2大研究テーマ「量子計測技術による生命科学の革新」「生命現象の量子論的解明・模倣」を定め、それぞれ、何を目指し、どのような研究開発を行うか、使命が明確に示されている。具体的には、医学・生命科学と医療・健康分野に革新をもたらす量子計測技術の開発とこれを用いた診断技術開発、医薬品や再生医療用細胞の評価技術、生命現象の量子論的解明と模倣技術開発などが計画され、社会経済へのインパクトをもたらすことが期待される計画と、学術的な貢献をなすであろう計画がバランスよく組み込まれており、量子生命科学に関する基礎的研究開発及び経済・社会的インパクトの高い先進的な研究開発を実施し、世界的にインパクトの高い革新的な成果を生み出すことが期待できる。

例えば、生体ナノ量子センサの開発においては、ナノ量子センサの持つマルチモーダル性を活かして開発の目標を診断に定め、センサの高機能化（計測項目、送達、感度、応用性）について緻密かつバランスの良い計画が練られており、ナノ量子センサの長時間観察能や生体低干渉性といった類を見ない特長を活かした画期的なセンシング技術には大きな発展が期待される。また、幹細胞のみならずオルガノイド等への応用により、生命現象の量子論的解明やこれを用いた創薬、医療、バイオ生産などで多くの成果が得られることはまず間違いない。一方で、臨床面に重点を移すとなると、病院の役割も重要になると思われ、QST病院の新たな機能の付加や整備を合わせて検討されたい。

また、昨今のカーボンニュートラルなど持続可能な社会への貢献の観点から、生命現象の量子論的解明・模倣のテーマにおいては、創薬・バイオ生産に資するバイオミメテイクスおよびバイオマスと関連した研究開発にも舵を切り、環境エネルギー分野等への貢献も期待したい。

以上のことから、第2期中長期目標期間における研究計画は、第1期中長期目標期間に得られた成果を基盤として、量子生命科学に関する基礎的研究開発及び経済・社会的インパクトの高い先進的な研究開発を実施する計画となっており、優れた成果を生み出すことが期待できる。

- ② 研究開発成果を最大化するための研究開発マネジメントが適切に計画されているか。

量子生命技術の国際競争力の強化、産学官連携の加速を目指し、国内外からの研究者・技術者が基礎研究から技術実証を推進するためのオープンプラットフォームの構築が計画されている。また、知財管理に基づくベンチャー化支援や協調／競争領域の設定などの出口戦略も意識されており、研究開発段階から産業応用までをつなぐための研究開発マネジメントが計画されており、研究開発から産業応用までをつなぐハブとしての役割を果たすことが期待される。

有機的なチーム間の連携が計画されており、第1期中長期目標期間での開発成果の発展が大きく見込めるとともに、生命原理に迫る新しい発見が生まれることが期待される。それらを最大化するためには、異分野融合研究の促進をこれまで以上に活性化するマネジメントが重要であろう。第2期中長期目標期間における研究計画として、第1期中長期目標期間で得られた研究開発成果を最大化するためのロードマップが、量子技術イノベーション戦略における融合領域ロードマップ（生体ナノ量子センサ、量子技術を用いた超高感度MRI/NMR、量子論的生命現象の解明・模倣）に沿って、チームごとに的確に示されている。通常のトップダウン的な研究開発マネジメントに加え、定期的に行われるセミナー等を通して若手の意見や提案をボトムアップで汲み上げる仕組みも構築されており、ロードマップに沿った研究だけでなく、優れた内容であれば新たに提案された研究を加えるという柔軟性も併せ持つことから、量生研全体の研究開発成果が最大化されるようにマネジメントがなされている。

さらに、研究開発促進のための大型予算の構築や量子技術の利活用を推進する整備の拡充計画も予定されており、第1期中長期目標期間で構築された量研内及び関連大学や研究機関とのネットワークとオンサイト研究とをうまく連携できるようなマネジメントが設定されており、研究開発成果を最大化するための研究開発マネジメントは適切に計画されている。

- ③ 産学官の連携や共創を誘発する場の形成により、研究成果の社会実装への橋渡しとなる研究開発に取り組む計画となっているか。またそれにより研究成果の社会実装への橋渡しが見込めるか。

第1期中長期目標期間で進展した量子センサに関する基幹技術を基盤として、産学官の連携や共同研究を加速し、社会実装へと繋がる計画が、一つの大きな柱となっている。量子技術イノベーション戦略における融合領域ロードマップに掲げられる各研究開発要素の全て（生体ナノ量子センサ、量子技術を用いた超高感度MRI/NMR、量子論的生命現象の解明・模倣）において、量子技術の利活用促進テストベッドの整備が進められ、更なる拡張に向けた体制も整ってきており、国内外の大学や研究機関だけでなく企業にも利用してもらうことで産学官の連携や共創を誘発する場の形成とすることが計画されている。企業に量子技術の優位性を理解してもらうことで、研究成果の社会実装への橋渡しが期待できる。

一方で、量生研で開発された技術を元に行われた研究が社会実装されることは多いと思われるが、本研究自体は波及効果の高い基礎的研究であるから、直接の社会実装への橋渡しを本研究の研究開発に多く含めるより、量子生命技術がより広く波及して研究に用いられることが肝要と考える。「産」にとって魅力のあるシーズを提示し、効率的な産学官の連携につなげることが重要であり、そのための枠組みが提案されている。また、共創の場の形成が自然に量子生命科学分野の研究開発を担う人材の育成・確保に繋がる計画となっている。

上記に加え、開発した量子技術に基づいたスタートアップ創業計画や複数の研究開発企業コンソーシアム、医学・創薬ユーザーコンソーシアムと協力する体制構築が計画されていることから、産学官の共創を誘発する場の形成と研究成果の社会実装への橋渡しは十分に見込まれる。

④ 量子生命分野の研究開発等を担う人材の育成・確保が実施される計画となっているか。

「優れた人材の育成と確保」、「頭脳循環の推進」、「量子ネイティブの育成」の3つの人材戦略が計画されている。連携大学院における大学院生、若手の会における若手研究者、さきがけ研究者、海外研究機関交流まで、多層にわたる人材育成・確保が計画されており、優れた人材を育成することで、量子生命研究の発展を支える仕組みに繋がることが期待される。特に、優秀な若手研究者と将来有望な学生に対して積極的にポストを与えることにより、国際感覚豊かな若手リーダーや量子ネイティブの育成なども意識しつつ、国内外の大学・企業・研究機関との人材流動性を高めるための量研内外との連携体制の構築を計画しており、今後の発展が期待される。上記に加え、大学生、留学生、ダイバーシティ（人のみならず施設）についても検討いただくとともに、大阪万博などの機会も活用して大学生以下の若い世代を量子生命分野に引き込んでいただきたい。また、量子生命拠点／量子生命科学研究所が人材育成事業の全体像を把握しマネジメントする体制を構築しようとする点は高く評価する。その上で、量研全体として人材育成事業の全体像を把握し、マネジメントする仕組みの中で役割を果たして頂きたい。

クロスアポイントメント・兼務・客員等での連携、連携講座やコースの設置、連携協定締結により、教育に参加する機会を得るとともに、Q-LEAPなどの競争的資金での共同研究により、学生や若手研究者とともに研究を行うことで、若手育成にかかわる機会を積極的に設ける計画となっており、更には、日米欧の拠点間連携の構築を計画している。また、量子生命科学分野の教科書作成や、オンラインを活用した高校生以下の若い世代へのアウトリーチ活動などは大変優れた取り組みと評価する。加えて、研究棟が立ち上がったことにより、オンサイトでの産学の垣根をこえた高度人材育成にも大いに期待したい。

以上のことから、「優れた人材の育成と確保」、「頭脳循環の推進」、「量子ネイティブの育成」の3つの人材戦略が適切に計画されており、量子生命分野の将来を担う人材の育成と確保が期待できる。

4. 総合所見

第2期中長期目標期間は、第1期中長期目標期間で量研量生研としての立ち上げ、基盤整備が大きく進んだ状況での研究開発・展開の時期にあたり、極めて重要な7年間と位置付けられる。その中で、医療診断や創薬への量子生命科学技術の出口を見据えた合理的で有望な計画が盛り込まれていると同時に、基礎生命科学における量子現象への挑戦が、もう一つの

研究の柱として設定されており、社会へのインパクト・貢献とともに、学術的な挑戦性をも十分に含有したものとなっていると評価できる。特に直近で進歩の著しい他の分野の量子技術を積極的に取り込んで連携するには、量研量生研は絶好の立ち位置と思われ、第2期中長期目標期間ではそのような取り組みが含まれていることが素晴らしい。また、研究開発だけでなく、研究開発マネジメント、産学官連携、量子生命科学研究の次世代を担う人材育成においても、量研量生研は我が国のハブとしての機能が期待されるが、この観点でも、とてもバランスとれた良い計画となっており、優れた成果の創出とともに、量子生命科学の将来に向けた発展が期待される。全体として、第1期中長期目標期間の成果をきっちりと踏まえた、合理的な研究開発計画になっていると判断できる。

以上