

# 量子光センシングによる超低侵襲量子生命技術 (対象施策名) 研究開発とSociety 5.0との橋渡しプログラム (BRIDGE)

## 研究開発等計画書 (令和5年度様式)

令和6年4月  
文部科学省

○実施する重点課題に○を記載（複数選択可）

業務プロセス転換・政策転換に向けた取組	次期SIP/FSより抽出された取組	SIP成果の社会実装に向けた取組	スタートアップの事業創出に向けた取組	若手人材の育成に向けた取組	研究者や研究活動が不足解消の取組	国際標準戦略の促進に向けた取組
	○					—

○関連するSIP課題に○を記載（主となるもの）

持続可能なフードチェーン	ヘルスケア	包括的コミュニティ	学び方・働き方	海洋安全保障	スマートエネルギー	サーキュラーエコノミー	防災ネットワーク	インフラマネジメント	モビリティプラットフォーム	人協調型ロボティクス	バーチャルエコノミー	先進的量子技術基盤	マテリアルの事業化・育成エコ
												○	

## 量子光センシングによる超低侵襲量子生命技術

### BRIDGEの重点課題の設定・次期SIPとの関係

「量子未来社会ビジョン」・「量子未来産業創出戦略」において、政府戦略間の横断的取り組みの加速が求められている。これを受けて本施策を「バイオ x 量子」の重要な取り組みと位置づけて実施し、バイオ分野での新事業創出を目指す。

本技術に関しては、これまでに計測装置の基本構成が完成している。これを活用してBRIDGEでは、筑波大学が中心となるコンソーシアムを形成した上で、ここでのバイオ計測による性能検証を可能とし、期間内の定常運用を目指す。その後、文科省・経産省が支援をして大学・国研ディープテック・スタートアップの創出を目指す。

なお、本技術はSIP(5年)よりも短期間での実用フェーズ移行が可能と見込まれるため、BRIDGEを活用した早期の社会実装を目指す。加えて、施策終了(3年)後にはSIP後半のバイオ分野での利用促進を図るべく、評価リソースの提供を通じたSIP推進にも貢献する。

#### 「量子未来産業創出戦略」

##### (1) 量子コンピュータ（ソフトウェア、利用環境整備等）

- ① ユーザ産業の創出と振興
- ユースケースづくり支援等

- ✓ また、バイオやマテリアルなど有望領域において量子コンピュータを活用していくためにも、「バイオ戦略2020」（令和2年6月26日（基盤的施策））、令和3年1月19日（市場領域施策確定版）統合イノベーション戦略推進会議）や「マテリアル革新力強靱化戦略」（令和3年4月27日 統合イノベーション戦略推進会議）等と連携した、バイオx量子、マテリアルx量子といった産業領域間の融合を促進していく。

### SIP第3期における本施策の関係



#### SIP/ PDの提案・意見

SIP第3期「先進的量子技術基盤の社会課題への応用促進」で推進するサブ課題「量子センシング」では、高精度・高感度なセンシング技術を用いた新産業の創出を狙っており、本施策ではすでに量子技術として社会実装に近いTESの開発と実用化を加速し、SIPに先んじてイノベーションに貢献するものと認識している。バイオ・医療分野は市場規模が大きい反面、法規制対応など事業化までに多額のコストがかかることから、本施策での研究開発の加速が必要であると考えている。

## 【背景・現状・課題】

超伝導転移端センサ（以下TES）は光の最小単位である光量子（以下光子）のエネルギーを一つずつ測定することができる**究極に高感度な分光センサ**である。これまでに産総研ではTESのバイオ応用を目的として、試作段階のTESを使用した顕微鏡を作製し、**細胞の超高感度な観察の実証に成功**している（右図、発表論文）。現在の課題は、TES技術をバイオ研究者による実用研究に投入し、**優位性・有用性を示すデータ収集が困難**なことにある。その理由は大きく分けて2つあり、1つは**設置環境**であり、もう1つは**マシンタイム**など試作装置の最適化である。設置環境とはすなわち、極めて高価な実証機（数千万円）が超伝導を専門とする研究室に設置されているが、培養細胞などバイオサンプルは培養施設に隣接した観察環境が必要となり、データ収集を困難にしている物理的距離のことである。マシンタイムについては、TESと顕微鏡光学系が試作段階であり、連続稼働時間が短いことや、TESがまだ最適化されていないこと、個々の計測機器を個別に制御してデータ収録を行うために解析に時間がかかること、などである。

また、超高感度な光検出器として、量子暗号通信機器や光量子コンピュータへの応用の取組も進めているが、全体のシステムとして実現するにはTES以外の技術開発動向と歩調を合わせて推進する必要があり、TES単独で実用化できる顕微鏡の実用化を先行して実施する。

## 【施策内容】

上記の課題を解決するために、バイオサンプル等の低侵襲性評価が可能な**光量子顕微鏡によるテストベッドを構築**する。TESを可動させるための極低温希釈冷凍機と顕微鏡光学系を中心として、バイオサンプルをTESで観察・測定するために必要な関連機器を整備するとともに、それを維持管理し利用者への提供運用を担当する専門人員を配置する。このテストベッドをもとに、量子センサの評価を通じて、**低侵襲評価技術としての社会実証**の橋渡しを目指す。

## 【研究開発等の目標】

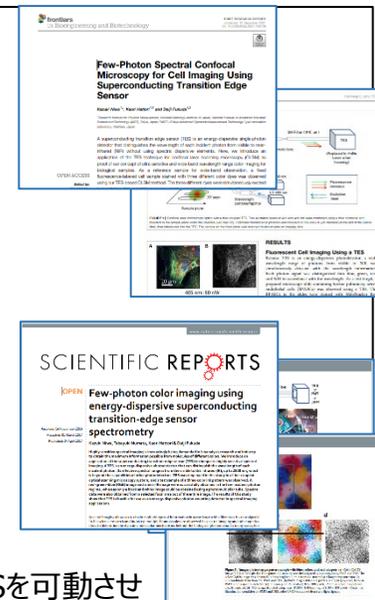
超高感度な分光センサの活用を最も期待できるバイオ研究分野のひとつが、**再生医療**である。本研究開発では、光量子顕微鏡によるテストベッドを構築し、量子センサを活用したバイオ研究者による利用を通じて、各種様々な細胞や酵母等の低侵襲性評価の実施例を構築することを目標とする。将来的には、共同利用の運用ノウハウを基盤とし、企業等外部から利用する体制の構築を検討する。またTESの技術改良を続け、**バイオ分野のニーズに即した測定システムを構築**する。

## 【社会実装の目標】

BRIDGEにおいて再生医療分野でのTESの有用性を実証し、外部企業等による**有償利用評価サービス**あるいは、最適化した**TES装置の製造・販売**を行う**スタートアップ創出**を目指す。

## 【対象施策の出口戦略】（BRIDGE終了後に各省庁で実施する施策）

再生医療の現場である再生組織・臓器の作製などにおいて、超高感度なTESを用いた低(光)侵襲技術が実装されることで、BRIDGEにおいて開発したTES装置あるいは収集した基礎データが活用した、研究DXを推進するとともに、**文科省や経産省が推進する大学・国研ディープテック・スタートアップ創出**を目指す



# 資料3 「超低侵襲量子生命技術」のBRIDGEの評価基準への適合性

## ○統合イノベーション戦略や各種戦略等との整合性

「量子未来産業創出戦略」(令和5年4月14日決定)において、政府戦略間の横断的取り組みの加速が求められており、「バイオ×量子」の重要な取り組みとして実施し、バイオ分野での新事業創出につなげる。

## ○重点課題要件との整合性

再生医療では患者の体内に移植する再生組織・臓器の安全性が重要であり、光照射によるリスクの正確な評価と回避技術が欠かせない技術であり、そのため異分野で量子技術(TES技術)の「バイオ×量子」の枠組みで社会実装を推進。これまでの研究開発で計測装置の基本構成が完了しており、BRIDGEではベンチャー創出までの取組を実施する。具体的には、筑波大学が中心となってコンソーシアムを形成してバイオ計測を実施して性能検証を通じて、期間内の定常運用を目指す。その後、文科省や経産省が推進する大学・国研究ディープテック・スタートアップ創出の施策につなげていく。

## ○BRIDGEでの提案について

超伝導現象を用いた量子光計測技術は産業技術総合研究所で開発され、一方、iPS細胞や受精卵等の細胞評価技術は筑波大で開発を行ってきた。これらの異なる研究機関・研究分野間の技術を橋渡し・融合することによって始めて可能となる革新技术の実現を本提案では目指しており、これはBRIDGEの政策目的と整合している。折しも、低侵襲細胞評価技術への期待が高まっているところであり、コンソーシアム構築を前提に様々な企業ニーズに応える形でユースケースが広がれば、量子技術の社会実証を加速する一つの成果として期待できる。また、研究開発にとどまらず、BRIDGE期間中を事業準備期間と定め、終了後の事業化を見据えた取り組みであることから、SIPでの実施よりもBRIDGEでの推進が適当である。

## ○SIP型マネジメント体制の構築

SIPと同様のマネジメントの下で実施を予定しており、SIPで実施するテーマ（評価機能の提供）と相互補完の関係で開発を進め、SIPに先んじて現場実証等の社会実装に向けた取り組みを進める。

## ○民間研究開発投資誘発効果、財政支出の効率化

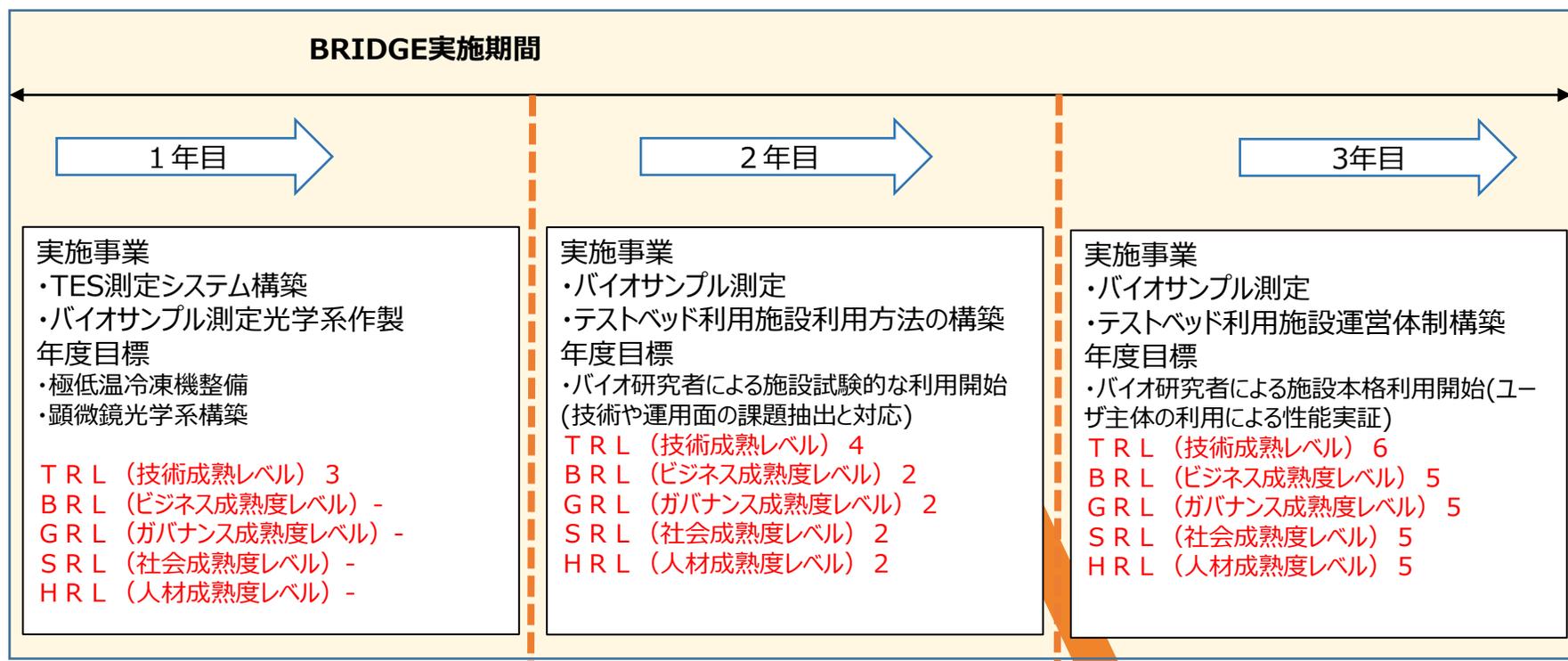
再生医療（2050年に国内2.5兆円、世界38兆円）においてTES技術が欠かせないものとなれば、関連技術産業が成立する。（通常、医療市場の10%が医薬品、1%が検査評価とされるので、年間で国内で250億円、世界で3800億円。）

## ○民間からの貢献額（マッチングファンド）

BRIDGE期間中、4～5社との連携で企業側人件費等 3,000万円を想定。BRIDGE終了後、SIP等によりオープンファシリティ施設の本格運用を開始する。その際、民間企業を含むコンソーシアムにおいて、利用促進を行い、将来的には有償での外部ユーザー利用を開始し、自己運営化を目指す。

## ○想定するユーザー

再生医療のための再生組織・臓器を製造する企業が第一に想定されるユーザーである。再生すべき組織・臓器は多岐にわたるので、それぞれの再生技術を新たに研究開発する研究現場もユーザーとして見込まれる。技術的要求によっては患者に再生組織・臓器を移植する病院等での使用の可能性も考えている。



出口戦略



## 実施体制

各省PD：  
寒川哲臣  
SIP/PD

量子科学技術  
研究開発機構  
(QST)

産総研



戦略的イノベーション創造プログラム  
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

調和ある多様性の創造 国立研究開発法人



量子科学技術研究開発機構  
National Institutes for Quantum Science and Technology

SIP第3期「先進的量子技術基盤の社会課題への応用促進」と連携する。SIP型のマネジメント体制とし、研究推進法人であるQSTが施策の円滑な推進や進捗管理を担当し、各省PDによるマネジメントが適切に行われるように整備する。SIP推進のために、得られた知見・成果の円滑な展開を行う。

## ◆ 対象施策実施体制

① 超低侵襲量子生命技術  
産総研・福田大治

テーマ1  
産総研・NMIJ・丹羽一樹・筑波大学・生存ダイナミクス研究センター・岡林浩嗣  
テストベッド施設構築

テーマ2  
筑波大学・生命環境系・野村暢彦・バイオ研究推進

テーマ3  
産総研・NMIJ・福田大治・TESのバイオ最適化

細胞等の非侵襲観測装置を実用化するに当たり必要となるTESを基本とした装置化技術・解析技術の他に、基幹デバイスとなるTESの設計・製造技術を保有する産総研及び筑波大学で推進する。

## 資料6-1 「超低侵襲量子生命技術」の目標及び達成状況(1年目)

### 超低侵襲量子生命技術

#### ○施策全体の目標

TES技術を活用した超低侵襲量子生命技術をバイオ分野で応用するため、共同利用可能なオープンファシリティ施設を設置する。これにより特に再生医療分野での有用性を実証し、外部企業等による有償利用体制整備を目指す。またTES装置の製造販売を行うスタートアップを検討する。以上により、再生組織・臓器の作製などにおいて超高感度なTESを用いた低(光)侵襲技術を実装する。

テーマ等 (※個別に目標を設定している場合)	当年度目標	目標の達成状況 (年度末報告)
<ul style="list-style-type: none"> <li>超低侵襲量子生命技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>極低温冷凍機およびTES計測機器整備</li> <li>顕微鏡光学系構築、観察用プログラム作製</li> <li>細胞・酵母の光リスク評価実験体制構築</li> <li>バイオ用TESデバイス作製</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>本テストベッドで核となる共焦点顕微鏡、無冷媒極低温冷凍機、観察用プログラム等の仕様を策定し、無冷媒極低温冷凍機の調達手続きを開始した。また、筑波大構内に設置するテストベッド施設の運営環境を整備した。</li> <li>細胞、酵母の光リスク評価実験体制の構築に向け、比較検証用細胞を選定し自家蛍光観察による低侵襲観察の条件探査に向けた実験を行った。</li> <li>バイオ用TESデバイス作成については、集積化した単一光子検出素子40素子のアレイ化とその多重化読み出し素子を作成し、動作の実証を行った。</li> </ul>

## 資料6-2 「超低侵襲量子生命技術」の目標及び達成状況(2年目)

### 超低侵襲量子生命技術

#### ○施策全体の目標

TES技術を活用した超低侵襲量子生命技術をバイオ分野で応用するため、共同利用可能なオープンファシリティ施設を設置する。これにより特に再生医療分野での有用性を実証し、外部企業等による有償利用体制整備を目指す。またTES装置の製造販売を行うスタートアップを検討する。以上により、再生組織・臓器の作製などにおいて超高感度なTESを用いた低(光)侵襲技術を実装する。

テーマ等 (※個別に目標を設定している場合)	当年度目標	目標の達成状況 (年度末報告)
・ 超低侵襲量子生命技術	・ 納入予定の極低温冷凍機、TES計測機器の整備 ・ 上記の光量子顕微鏡基本システムの動作確認を行う。 ・ 細胞生物学実験を実施可能な光量子顕微鏡設置環境の整備 ・ 動物細胞計測の実施と既存技術との比較検証 ・ 共同利用体制の構築とコンソーシアム構築 ・ バイオ用TESデバイスの高効率化に向けた改良点検討	-

## 資料6-3 「超低侵襲量子生命技術」の目標及び達成状況(3年目)

### 超低侵襲量子生命技術

#### ○施策全体の目標

TES技術を活用した超低侵襲量子生命技術をバイオ分野で応用するため、共同利用可能なオープンファシリティ施設を設置する。これにより特に再生医療分野での有用性を実証し、外部企業等による有償利用体制整備を目指す。またTES装置の製造販売を行うスタートアップを検討する。以上により、再生組織・臓器の作製などにおいて超高感度なTESを用いた低(光)侵襲技術を実装する。

テーマ等 (※個別に目標を設定している場合)	当年度目標	目標の達成状況 (年度末報告)
・ 超低侵襲量子生命技術	・ 顕微鏡光学系とTES計測機器との統合計測システム確立と、生細胞を用いた動作検証。 ・ 光量子顕微鏡のテストベッドの試験運用（デモ測定など）開始 ・ 動物細胞計測の実施と既存技術との比較検証 ・ コンソーシアム企業への技術情報共有、有用情報抽出のための生物サンプル画像データ収集に向けた共同研究体制の構築。 ・ バイオ用TESデバイスの改良版の作成	-