

令和7年度の実績

1. 社会実装に向けた施策・取組等の全体俯瞰の中での成果（進捗の説明）

① 全体概要

【解決すべき社会課題】

私たちの社会は急速に高齢化が進んでおり、**健康長寿社会の実現が重要な課題**となっている。さらに、認知症患者数の増加やコロナなど新興感染症の増加懸念に伴い、健康で自立した生活を送るためには、**早期診断・早期介入やヘルスケア・ストレスケアの充実等が社会的ニーズ**として必要である。これらの社会的課題に応える簡便で安価かつ身体への負担が少ない高感度診断技術として、第3期SIP量子において**ナノ量子センサを用いた量子リキッドバイオプシー技術**を開発し、2030年の事業化を目指している。また、ナノ量子センサは**ナノダイヤモンドの表面に異なる化学修飾を行うことで、非侵襲的かつ微量検出に対応するセンサとして応用**できるため、医療分野のみならず、ヘルスケア、ストレスケア等に資する**食品、化粧品、化学分野など幅広く応用可能**である。具体的には、**1人の検査にナノ量子センサ約10 mg**を用いる必要があるが、現時点での年間生産量は約10 g（約1,000人分の検査量）にとどまっており、幅広い応用の実装試験において**月間に数千人以上（年間数百g以上）の検査を可能とするナノ量子センサの供給**が必要であると試算している。これらの分野における社会実装に対して必要なニーズを満たす**大量調製技術は確立されておらず、供給体制が脆弱であることが課題**である。

【提案施策】

本BRIDGEでは、ナノ量子センサの社会実装を加速することで生じる急速なニーズの拡大に対応するため、ナノ量子センサ調製の各工程（結晶形成、ナノ粒子化、サイズ分級、電子線照射、焼成処理、表面化学修飾、精製など）を改良する。必要な関連メーカーの参画をもって、**SIPで有する高感度ナノ量子センサ技術の医療診断・ヘルスケア分野向けを中心とした高品質で歩留まりが高いナノ量子センサの大量調製技術の開発および品質評価技術開発による安定供給体制を構築し、製薬メーカー、消費財メーカーでの検証を実施するとともに、サプライチェーンのモデル化を行う。**

【成果の社会実装】

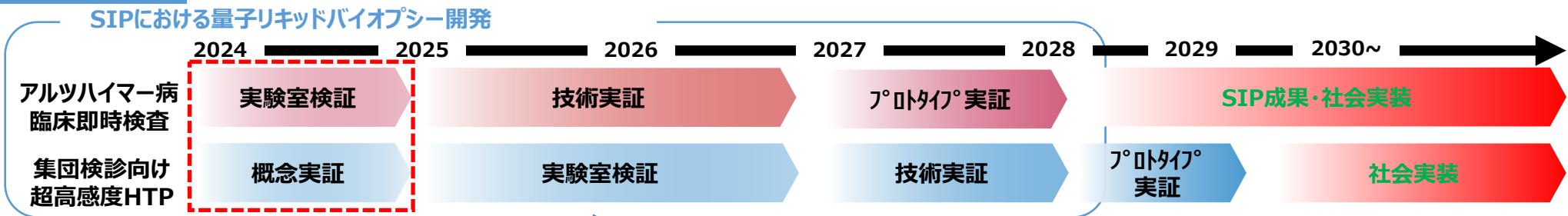
本取組において、**研究開発段階からの企業参画を促進し、ナノ量子センサの製造プロセスの改良と今後のナノ量子センサ技術の社会実装におけるサプライチェーンを見据えた安定供給体制を構築する。**2030年までに、大量調製技術のパッケージ化による技術移転およびサプライチェーンの整備、マネジメントを行う。具体的には、Type-I Technologies社より、エンドユーザーとなる企業に対して品質管理とセットで技術移転を行う。当該社会実装を踏まえ、SIP第3期量子課題やQSTでの研究開発等と連携することで、量子技術を用いた医療、食品、化粧品、化学分野など幅広い領域でのイノベーション創出と、量子技術の社会実装に寄与する。

【想定される社会実装の例】

- 医療、食品、化粧品、化学分野：がんやアルツハイマー病などの大規模集団検診等での活用、**非侵襲的な健康モニタリング**によるセルフメディケーション、ヘルスチェックサービス
- 新市場の創出：食品安全や環境計測など幅広い分野を対象としたナノ量子センサ市場の形成を通じた産業全体の発展の促進

1. 社会実装に向けた施策・取組等の全体俯瞰の中での成果（進捗の説明）

② 全体俯瞰図



SIP成果をBRIDGEへ
SIP技術のパッケージ化や
SIP開発機器の民間への提供と活用

相乗効果

SIPへのフィードバック
製薬メーカーでの検証結果
や新規ニーズ

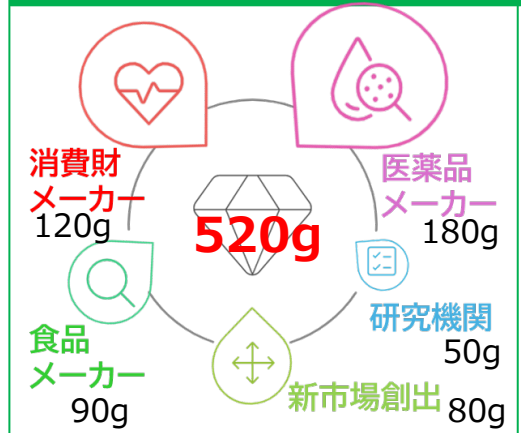
BRIDGEで実施

量子センサの供給可能量
BRIDGE開始前 10 g

R7 75 gの生産量を達成

R8 170 gの生産量(目標)

社会実装想定(BRIDGE終了時)



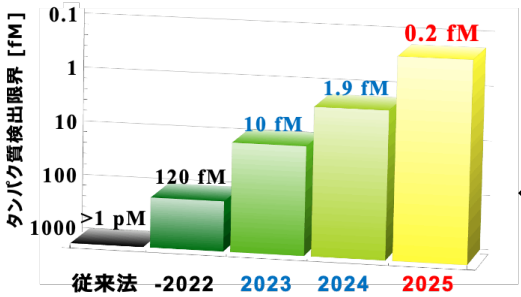
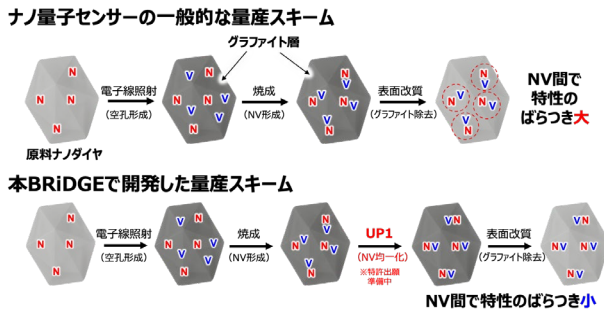
SIP第3期での実績

高感度診断技術として、ナノ量子センサを用いた量子リキッドバイオプシー技術を開発

- 超高感度化（3桁向上）により、体液等による非侵襲的検査で超早期の診断が可能。ナノ量子センサの開発に成功（R5年度）
- アルツハイマー病など認知症診断以外にも企業等から非侵襲的検査等に関するナノ量子センサーの利用ニーズが拡大：消費財メーカー・食品メーカー等の共同研究開発

SIPで有する高感度ナノ量子センサ技術の医療診断・ヘルスケア分野向けを中心としたナノ量子センサの大量調製技術の開発および品質評価技術開発による安定供給体制を構築し、製薬メーカー、消費財メーカーでの検証を実施する。BRIDGEで参画機関・企業等によるサプライチェーンモデルを構築し、マーケットの早急な開拓を目指す。

R8 高感度ナノ量子センサの大量調製プロセス



SIPを加速

R8 量子リキッドバイオプシーの感度を増強

2. 研究成果及び出口戦略、達成状況（1年目）

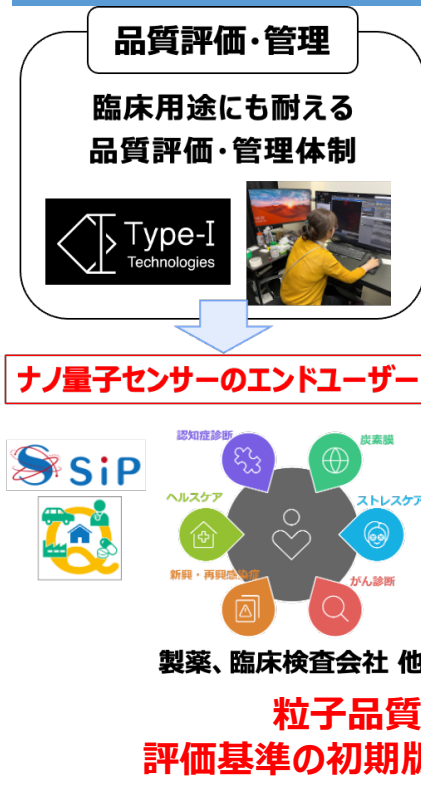
テーマ ① 高感度ナノ量子センサの大量調製法の開発

① 研究成果及び達成状況

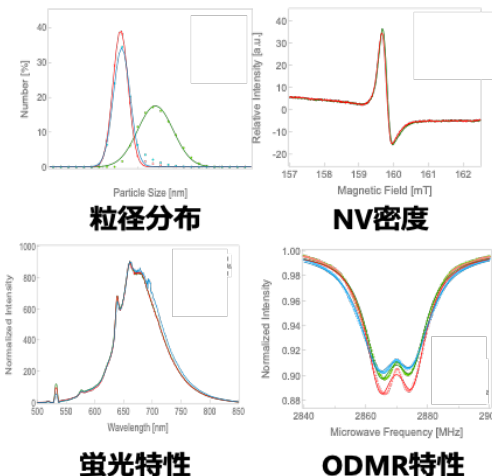


テーマ ② ナノ量子センサの品質評価法の開発

① 研究成果及び達成状況



粒径分布、結晶性、NV密度、蛍光特性、ODMR特性、緩和時間等を統合評価する品質評価プロトコルを構築



アンサンプル評価手法を確立、ロット間変動を数値化、ナノ量子センサの品質の可視化と標準化に向けた基盤を整備

粒子品質評価装置の実験機を構築、
評価基準の初期版を確立見込み。（TRL5、BRL4）

② 出口戦略・研究成果の波及

- ・確立したスケールアッププロセスと品質評価手法は、R8以降に実施するSIPをはじめとする各施策、エンドユーザー企業における試験、大学病院と共同で行う開発などで直接活用される。また、Type-I Technologiesの独自製造品として民間企業・大学へ有償提供され、民間投資誘発による財政支出効率化にも寄与する。
- ・2028年の量産化に向けて、Type-I Technologiesの市販化プロセスに直接導入、エンドユーザー企業との共同研究における品質保証の根拠、2030年に向けたサプライチェーン確立として活用される。評価指標の定量化により医療・ヘルスケアにおいて安心して技術導入可能となり、民間研究開発投資の誘発に繋がる。

③ 目標達成状況等の特記事項

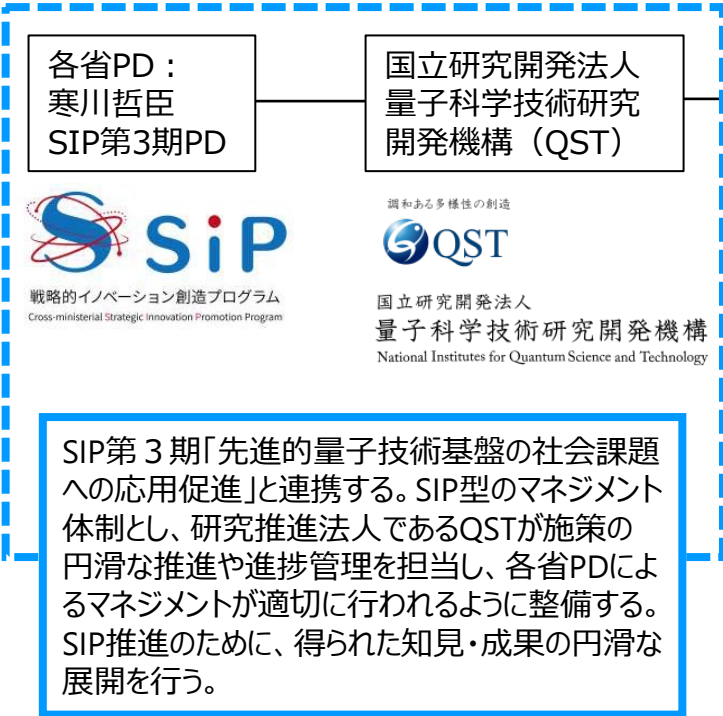
- ・爆轟法ナノダイヤモンドの活用の拡大により、長期的な低コスト化に向けた材料代替戦略の基盤を整える必要がある。ただし、NV生成効率や輝度に課題があるため、R8以降に検討する予定である。
- ・これまでナノ量子センサーの感度・精度の指標としてNV密度（輝度）、ODMRコントラスト、緩和時間T2のみが重視されてきたが、これまであまり目を向けられてこなかった、NVセンターの特性のバラツキ＝ゼロ磁場分裂幅Dの不均一性の改善がナノ量子センサーの感度・精度の大幅な向上をもたらすことが本テーマを進める中で明らかとなった。

3. 実施内容・到達目標に対する実績

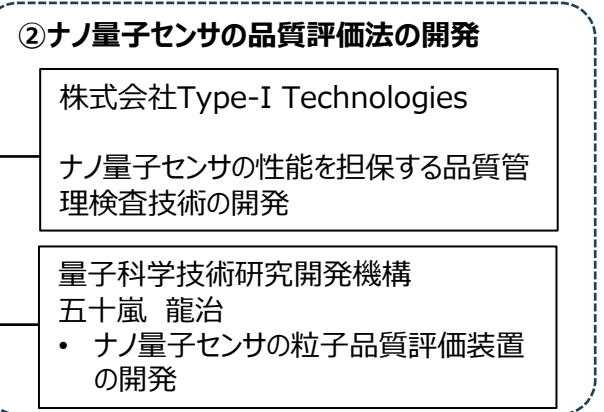
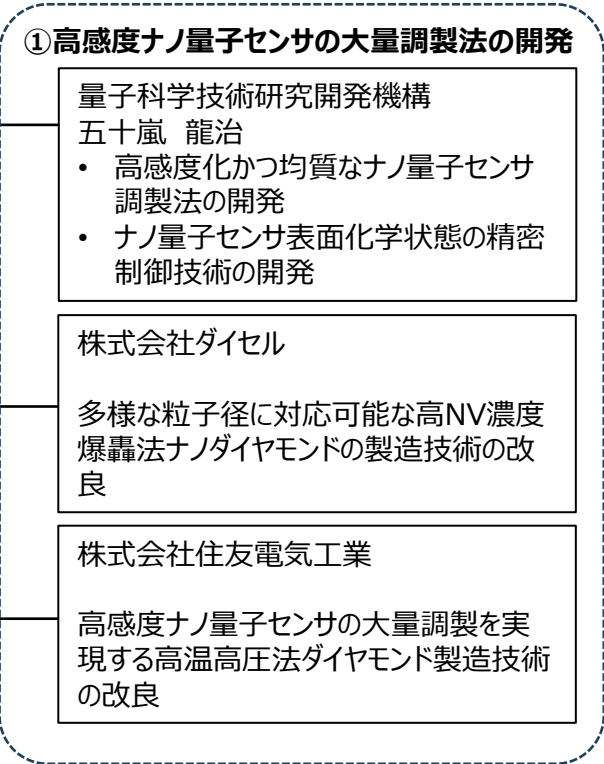
テーマ名	実施内容の概要 到達目標 (KPI)	R7年度実施内容 到達目標 (KPI)	R7年度実施内容 到達実績
① 高感度ナノ量子センサの大量調製法の開発	<p>概要： ナノ量子センサを大量生産するための製造技術を確立し、ヘルスケア・医療・産業への応用を可能にする。機能性ナノ量子センサを520 g/年の生産規模で製造できる生産体制を構築し、ヘルスケア・医療分野などでの実証を開始する。</p>	<p>概要： 高温高圧法および爆轟法による製造技術のプロトタイプ完成。電子線照射・イオン注入によるNV形成技術のスケールアップを実施。反応性および保存性などの観点から活性汎用中間体として適した表面官能基を絞り込む。(TRL5、BRL4)</p>	<p>概要： 高温高圧法および爆轟法による原料ダイヤモンドを用いた高感度ナノ量子センサ大量調製のプロトタイププロセスを完成。NV均一化法の開発により高感度・高均一の大量調製を実現。電子線照射によるNV形成において1バッチあたりのスケール最大化。反応性および保存性などの観点から活性汎用中間体として適した表面官能基を複数特定。</p>
② ナノ量子センサの品質評価法の開発	<p>概要： 性能を保証する評価基準と効率的な検査技術を開発し、品質管理体制を構築する。520 g/年以上の安定供給に対応可能な品質管理体制を構築。</p>	<p>概要： 品質基準の策定と評価技術の試作粒子径やNV濃度を中心とした性能評価基準を策定。粒子品質評価装置の実験機開発。(TRL5、BRL4)</p>	<p>概要： 粒子径、結晶性、NV濃度、蛍光特性、ODMRコントラスト、スピン緩和時間、ゼロ磁場分裂幅などを統合的に検証することで、アンサンブルでの品質評価が可能であることの検証を完了し、ナノ量子センサの供給時に必要とされる品質基準を策定。粒子品質評価装置の実験機開発。</p>

4. 実施体制及び実施者の役割分担 (令和7年度)

実施体制



高感度ナノ量子センサの
大量調製技術開発
量子科学技術研究開発機構
五十嵐 龍治
研究開発責任者



体制について：公募を実施しない理由

本施策のナノ量子センサ技術の開発において、QSTはナノ量子センサに関する高い技術を有し本施策の中心的な役割を担うことが必須である。参画企業3社については、それぞれ国内で唯一の高温・高压ダイヤモンド、爆轟法ナノダイヤモンド、生体ナノ量子センサの開発を手掛ける企業であり、これまで本施策に繋がる共同研究を実施してきた経緯などから、社会実装に向けた製品化については他の企業での実現は困難である。したがって、右記体制での実施が必須であり公募は実施しない。

5. 民間研究開発投資誘発効果及びマッチングファンド（令和7年度）

① 民間研究開発投資誘発効果（財政支出の効率化）

- ナノ量子センサの応用先としては、量子生命科学の世界市場は2050年に3兆円規模になると推計されている。中でもリキッドバイオプシーは国内が約3,000億円、世界的には数兆規模と有望な市場であり、今後も市場規模の拡大が予測される。さらに、ライフサイエンス、工業化学分野におけるセンサとしての活用も期待され、特に工業化学分野は国内のみでも数十兆円規模となり、製造ライン・製品管理に用いられるセンサもその数%（数千億円）の市場を有している。
- 文科省 Q-LEAP「量子生命技術の創製と医学・生命科学の革新」およびSIP第3期「量子センシング等を利用したユースケース開拓・実証」の加速により、ナノ量子センサを用いたイノベーションと新産業の創出が見込まれる。A-STEP 産学共同 ステージⅡ（本格フェーズ）「自家蛍光から解放された高感度蛍光イメージング装置の開発」の開始により、高感度量子センシング装置の製品化に向けたプロジェクトが始動した。既存の顕微鏡への外付けと、直感的に操作できるソフトウェアにより、研究現場での普及を図る。これにより、創薬や材料分野における微量計測需要を強く喚起し、医療・ヘルスケア・材料分野における高性能なナノ量子センサの利用が底上げされる見込みである。これらの施策による底上げも含めて、R7年度は年間合計70gの需要が見込まれる。
- 本課題終了（R9年度）段階、医療分野では、医薬品メーカーと月1500人規模の診断を試験的に実施するために、年間合計180 gのナノ量子センサの利用を想定している。ヘルスケア分野においては、消費財メーカーと共同で10種類の検査を月200人程度、食品メーカーと共同で1種類の検査を月1500人程度の規模で実施するために、年間合計210 g（消費財120 g + 食品 90 g）の生産が必要と想定している。
- 炭素材料（2030年の市場規模8,000億円）やCO₂・水素分離膜（2030年の市場規模1,000億円）の開発への波及効果も期待される。これらの分析機器メーカーや材料メーカーとの共同で産業用センサ材料や炭素材料のなどの開発も進めており、それら新市場創出に向けて少なくとも年間合計80 g（R9年度）の生産が必要と想定している

② 民間からの貢献度（マッチングファンド）

- R7年度は、テーマ1を共同開発する住友電気工業およびダイセル、ならびにテーマ2を共同開発する Type-I Technologies から、計3名の参画、保有計測設備（爆轟設備等）の利用、原料ダイヤの無償提供、制御ソフトウェア・解析モジュールの製作など、in-kind・実費換算を含めて合計2,350万円相当の貢献（マッチングファンド/推進費 = マッチング率44.8%）。
- BRIDGE 期間で整備した体制・品質保証プロトコルを基盤として、Type-I Technologies が独自に製造したナノ量子センサの有償提供を開始した。これにより、民間企業を含む市場への供給を早期に開始でき、BRIDGE 終了時には持続的な収益構造の確立が可能な体制が構築された。

令和8年度 研究開発等計画

6. 研究開発等の具体的な内容・社会実装の目標（令和8年度）

① 研究開発・社会実装の目標

本BRIDGEでは、ナノ量子センサを年間520 g以上供給可能な産業的スケールへ拡張する。R7で確立した調製技術（年産75 g）と品質評価技術を高度化し、R8に170 g/年、R9に520 g/年の供給体制を整備する。終了後は開発技術を参画企業へ移転し、臨床・新薬開発・ヘルスケア・計測・材料分野の需要に応えるサプライチェーンを構築する。これにより、がん・認知症の発症前診断や新興感染症評価、創薬開発等を支える超高感度計測を実現し、革新的計測に基づく新市場を創出する。また、数万人規模の検査を可能とする大量供給体制を整えることで、健康長寿社会を支える計測インフラを構築する。

② 研究開発等の具体的な内容

① 高感度ナノ量子センサの大量調製法の開発

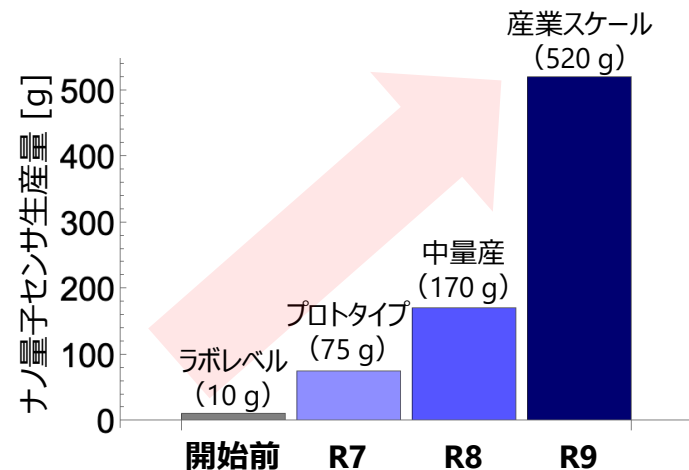
170 g/年の機能性ナノ量子センサ生産能力を実現。（TRL6、BRL5）

R7で確立した大量調製プロトタイプ（年産75 g）を発展させ、170 g/年規模の中量産体制への移行を実現する。検出感度を最大化するため、性能に直結する窒素含有量を精密に制御した原料ダイヤモンドの開発、NV生成効率・発光特性・均一性の向上を図る。また、焼成工程について、温度・ガス制御の自動化を導入した半オートメーション化を実施し、処理量の拡大と品質の再現性の確保を図る。加えて、医療診断や材料分析など目的別に最終工程を切り替えられる「汎用中間体」の大量調製技術を開発する。

② ナノ量子センサの品質評価法の開発

520 g/年以上の生産体制に対応可能な評価法の開発およびプロトタイプ評価装置の構築。（TRL6、BRL5）

R7で構築した粒子品質評価装置の実験機を発展させ、520 g/年以上の大量供給に対応可能なプロトタイプ評価装置の設計・構築を行う。このために、品質保証に不可欠な基準をR7で得られたデータをもとに精緻化し、評価基準の確定版を策定する。また、医療応用を念頭に本プロトタイプの運用試験を開始し、エンドユーザーが要求する品質保証およびトレーサビリティを実現し、R9に予定する本格的な品質管理・供給体制に連続的につなぐための評価基盤を整備する。



R7 実験機を用いた品質評価

汎用物性: 粒径 NV量 電位 結晶性 表面状態

量子特性: ODMR T1/T2 NV均一性

R8 プロトタイプ機を用いた品質評価

汎用物性: 粒径 NV量 電位 結晶性 表面状態

量子特性: ODMR T1/T2 NV均一性

7. 年度別の実施内容・到達目標（KPI）（次年度以降）

テーマ名	実施内容の概要 到達目標（KPI）	R8年度実施内容 到達目標（KPI）	R9年度実施内容 到達目標（KPI）
① 高感度ナノ量子センサの大量調製法の開発	<p>概要：ナノ量子センサを大量生産するための製造技術を確立し、ヘルスケア・医療・産業への応用を可能にする。</p> <p>機能性ナノ量子センサを520 g/年の生産規模で製造できる生産体制を構築し、ヘルスケア・医療分野などでの実証を開始する。</p>	<p>概要：素窒素含有量のコントロールによりナノ量子センサの効率的な調製に最適化した原料ダイヤを開発。アニーリング・焼成処理の半オートメーション化により中規模生産体制を構築。オンデマンド調製を行うための汎用中間体の大量調製技術を実現する。（TRL6、BRL5）</p>	<p>概要：民間企業による事業化が可能なレベルの大量生産基盤を整備。ヘルスケア分野、材料分野での市場投入準備。セルフケア製品の開発および実証試験を開始。（TRL7、BRL6）</p>
② ナノ量子センサの品質評価法の開発	<p>概要：性能を保証する評価基準と効率的な検査技術を開発し、品質管理体制を構築する。</p> <p>520 g/年以上の安定供給に対応可能な品質管理体制を構築。</p>	<p>概要：評価技術の改良により評価精度を向上。プロトタイプ評価装置装置の構築。</p> <p>医療応用を見据えた運用試験を開始。（TRL6、BRL5）</p>	<p>概要：品質管理と検査体制の構築。粒子品質評価のプロトタイプ装置を用いた検査体制を本格運用し、520 g/年以上の安定供給体制を確立。（TRL7、BRL6）</p>

8. 工程表（次年度以降）

テーマ名	R8年度	R9年度
<p>① 高感度ナノ量子センサの大量調製法の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 高感度ナノ量子センサの大量調製を実現する高温高压法ダイヤモンド製造技術の開発（住電） 多様な粒子径に対応可能な高NV濃度爆轟法ナノダイヤモンドの大量調製技術の開発（ダイセル） 機能性ナノ量子センサのオンデマンド大量調製技術の開発（QST） 	<ul style="list-style-type: none"> 分子検出感を最大化するための窒素含有量の最適化 爆轟法ナノダイヤモンドのNVセンター含有量の最適化 アニーリング処理および焼成処理の半オートメーションの確立 目的に応じたナノ量子センサのオンデマンド調製を可能にする汎用中間体開発 	<ul style="list-style-type: none"> 最適化された高温高压法ダイヤモンドの大量調製 最適化された爆轟法ナノダイヤモンドの大量調製 高感度ナノ量子センサの大量調製体制の構築
<p>② ナノ量子センサの品質評価法の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ナノ量子センサの性能を担保する品質管理検査技術の開発（Type-I） ナノ量子センサの粒子品質評価装置の開発（QST、Type-I） 	<ul style="list-style-type: none"> ナノ量子センサの評価基準の策定および品質管理検査技術の開発 ナノ量子センサの感度に影響するNVセンター特性（発光輝度、ODMRのコントラストなど）の粒子品質評価装置の開発 	<ul style="list-style-type: none"> ナノ量子センサの品質管理検査体制および供給体制の構築およびナノ量子センサのヘルスケア・医療分野での実証

8. 工程表（令和8年度の詳細）

内容	R8年度											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
<p>① 高感度ナノ量子センサの大量調製法の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高感度ナノ量子センサの大量調製を実現する高温高压法ダイヤモンド製造技術の開発（住電） ・多様な粒子径に対応可能な高NV濃度爆轟法ナノダイヤモンドの大量調製技術の開発（ダイセル） ・機能性ナノ量子センサのオンデマンド大量調製技術の開発（QST） 												
	低窒素含有原料ダイヤモンドの調製						高窒素含有原料ダイヤモンドの調製					
	爆轟法ナノダイヤモンドのNVエンリッチ法の開発											
	アニーリング処理および焼成処理の半オートメーション化開発						高感度ナノ量子センサの大量調製準備					
	生体適合性ポリマーコートしたナノ量子センサ汎用中間体によるバイオコンジュゲーション実証											
<p>② ナノ量子センサの品質評価法の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ナノ量子センサの性能を担保する品質管理検査技術の開発（Type-I） ・ナノ量子センサの粒子品質評価装置の開発（QST、Type-I） 												
	開発法によって調製された高感度ナノ量子センサの物性情報の収集						評価スループットの検証					
	NVセンター特性評価のためのプロトタイプ装置開発											

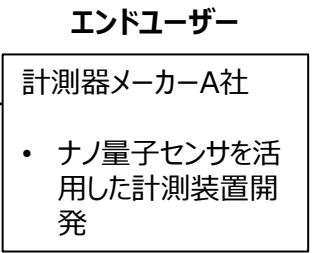
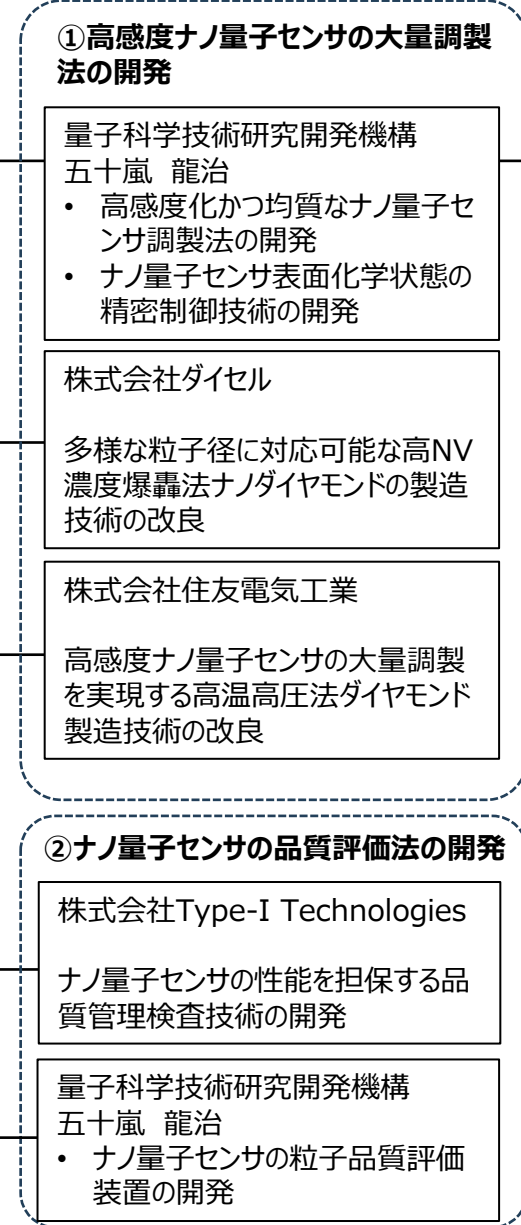
9. 実施体制及び実施者の役割分担（令和8年度）

実施体制



体制について：公募を実施しない理由

本施策のナノ量子センサ技術の開発において、QSTはナノ量子センサに関する高い技術を有し本施策の中心的な役割を担うことが必須である。参画企業3社については、それぞれ国内で唯一の高温・高圧ダイヤモンド、爆轟法ナノダイヤモンド、生体ナノ量子センサの開発を手掛ける企業であり、これまで本施策に繋がる共同研究を実施してきた経緯などから、社会実装に向けた製品化については他の企業での実現は困難である。したがって、右記体制での実施が必須であり公募は実施しない。



10. 民間研究開発投資誘発効果及びマッチングファンドの見込み（令和8年度）

① 民間研究開発投資誘発効果（財政支出の効率化）の見込み

- 量子センサ市場のターゲットの中でも、リキッドバイオプシーは2032年には世界で9兆円規模、国内では約3,000億円の規模が見込まれる有望な成長市場である。さらに、バイオ、工業化学分野で製造ライン・製品管理に用いられるセンサの市場（数千億円規模）においても活用が見込まれる。
- 文科省 Q-LEAP「量子生命技術の創製と医学・生命科学の革新」およびSIP第3期「量子センシング等を利用したユースケース開拓・実証」の加速により、ナノ量子センサを用いたイノベーションと新産業の創出が見込まれる。更に、A-STEP 産学共同 ステージⅡ（本格フェーズ）「自家蛍光から解放された高感度蛍光イメージング装置の開発」の開始により、QST・東京科学大・ニコン・Type-I の産学連携体制のもと、高感度量子センシング装置の製品化に向けた開発の進捗が見込まれる。既存の顕微鏡への外付けと、直感的に操作できるソフトウェアのテスト利用が広がり、高性能なナノ量子センサの需要が底上げされる見込みである。また、AMED 医学系研究支援プログラム「最先端科学技術を活用した医学系研究力強化計画」をはじめと、東京科学大学医学部・病院における疾患バイオマーカー探索および新技術開発に対してナノ量子センサ供給が開始する。これらの需要の底上げに伴い、R8年度は年間合計170gの生産が必要になる見込みである。
- 本計画終了（R9年度）段階で、医療分野では、医薬品メーカーと月1500人程度の規模で試験を実施するため年間合計180 g、ヘルスケア分野においては、消費財メーカーや食品メーカー、計測器メーカー等と共同で延べ3,500人/月程度の規模で試験を実施するため年間合計210 gの生産が必要と想定している。更にSIPやA-STEPにおいて開発する計測装置が実用化されることで、2030年にはkgオーダーの生産能力が必要となる見込みである。
- 炭素材料やCO₂・水素分離膜の開発への波及効果として、産業用センサ材料や炭素材料のなど民間との共同開発により、新市場創出に向けて少なくとも本計画終了段階で年間合計80 g の生産が必要と想定している

② 民間からの貢献度（マッチングファンド）の見込み

- R8年度は、住友電気工業・ダイセル・Type-I Technologies から、計3名の研究者参画、保有計測設備・材料加工設備の利用、原料ダイヤ・試作材料の無償提供、解析ソフトウェアや制御モジュールの追加開発など、計2,100万円の貢献を見込んでいる。
- エンドユーザーとして計測器メーカー A 社が共同研究契約を締結する。A 社からは、開発者3名の参画、実験機材等の提供、共同研究費としての現金提供など、総額1,300万円程度の貢献が予定されている。これにより、ユースケースの拡大と産業応用の実証が加速する見込みである。
- 以上の in-kind および実費換算、共同研究費を合わせ、R8年度のマッチングファンドは合計 3,400 万円相当（マッチング率:マッチングファンド/推進費 =43.9 %）となる見込みであり、R7年度から大幅に拡大した産学連携体制が構築される。