

内閣府・量子技術の実用化推進ワーキンググループ（第7回）量子センシング・量子マテリアル
量子拠点・国プロの現状や産学官連携強化の在り方について
量子機能創製拠点の活動から

大島 武

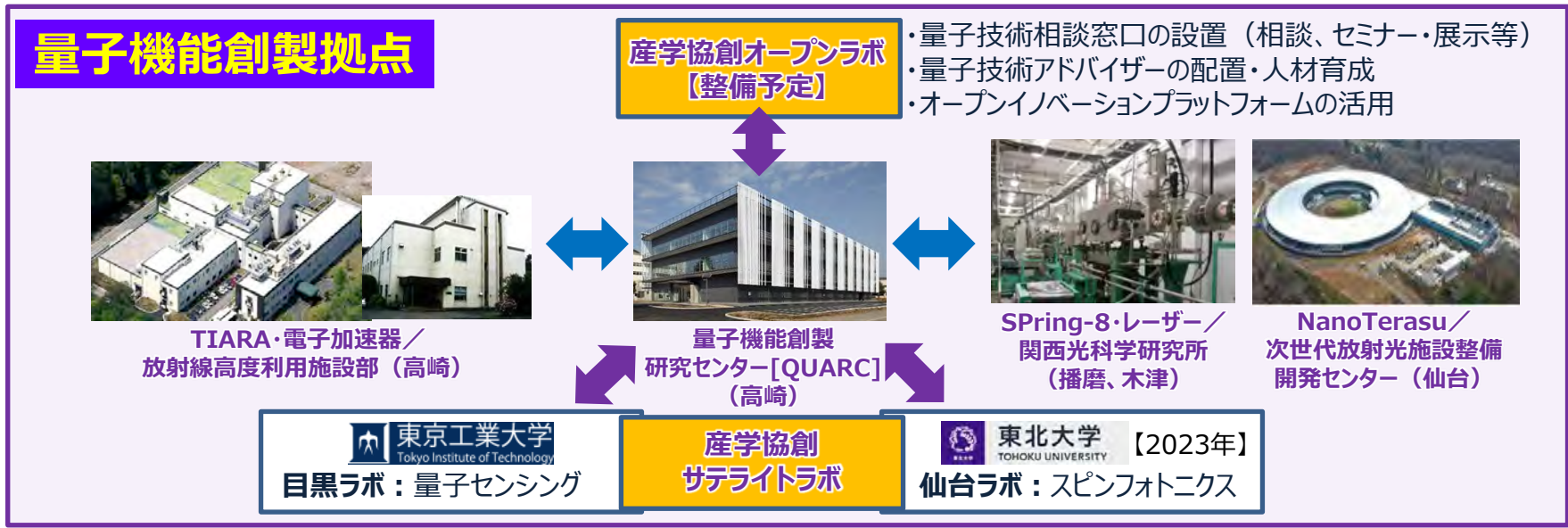
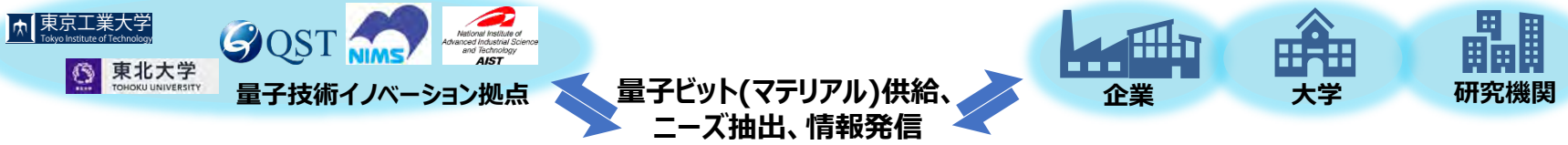


量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学部門
高崎量子応用研究所 量子機能創製研究センター



量子機能創製拠点

高精度な量子ビーム技術を駆使して最先端の量子ビット・センサ材料とその応用技術の研究開発を行い、産学官協創を通して世界最高品質の量子機能材料を供給



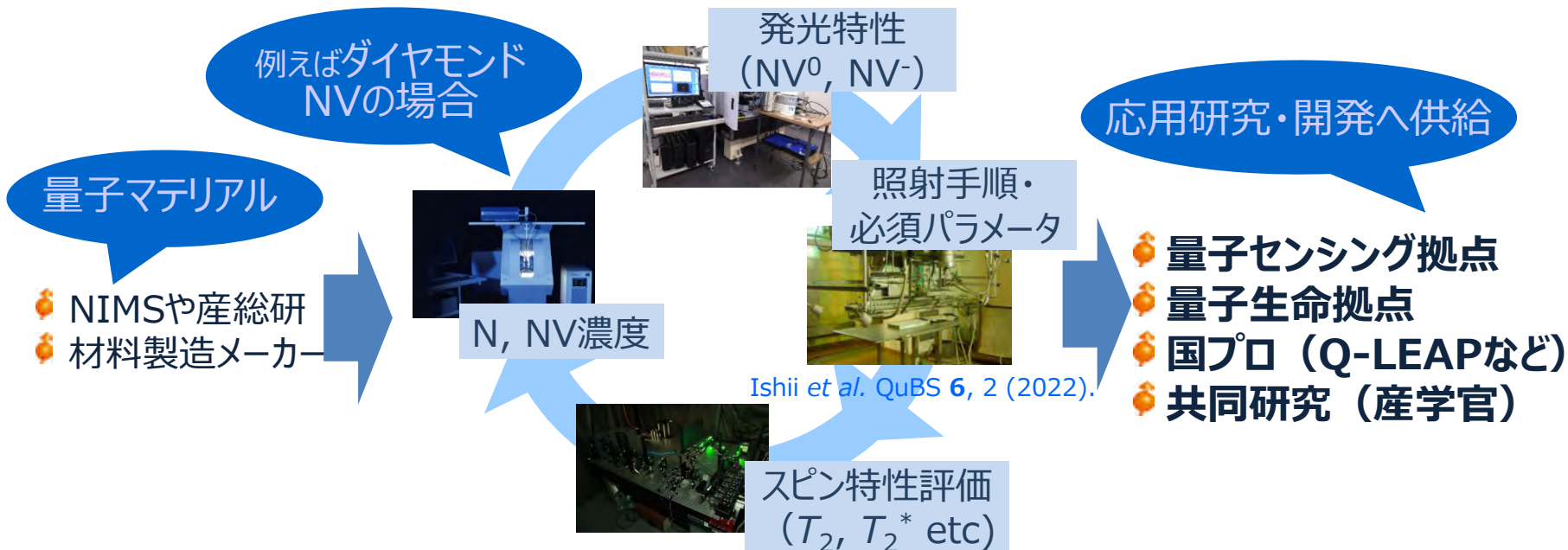
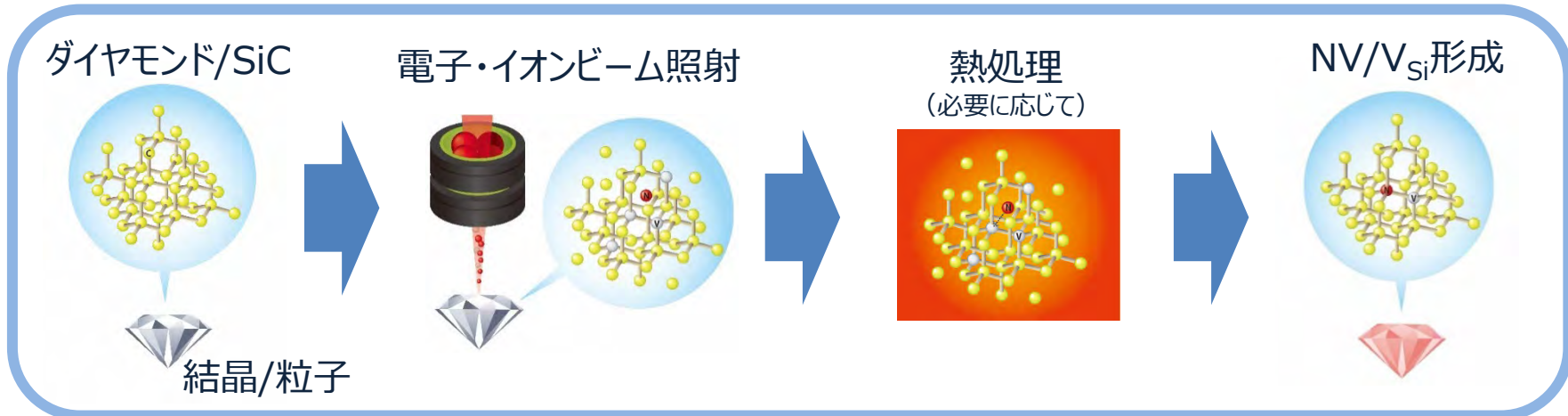
- ❖ 最先端の量子技術の利活用促進
- ❖ 量子技術を活用した新産業 / スタートアップ企業の創出・活性化

量子技術による経済・環境・社会が調和した未来社会の実現



量子マテリアル機能化と供給

ダイヤモンド窒素-空孔 (NV) や炭化ケイ素 (SiC) シリコン空孔 (V_{Si}) などの形成

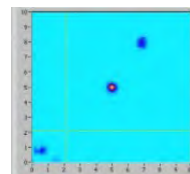


ナノダイヤモンドNVのバイオ・医療応用の研究に貢献

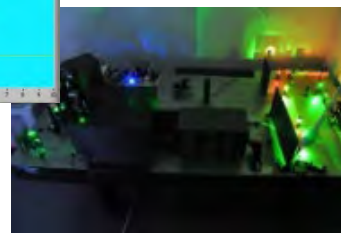
量子生命拠点との連携



電子線照射によるナノダイヤモンド中へのNV形成



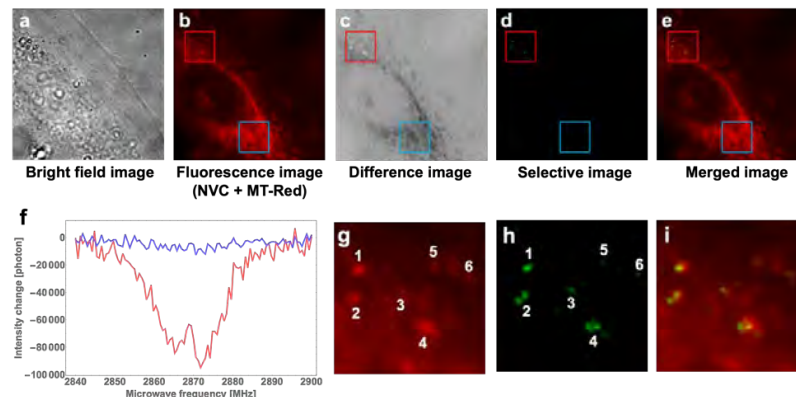
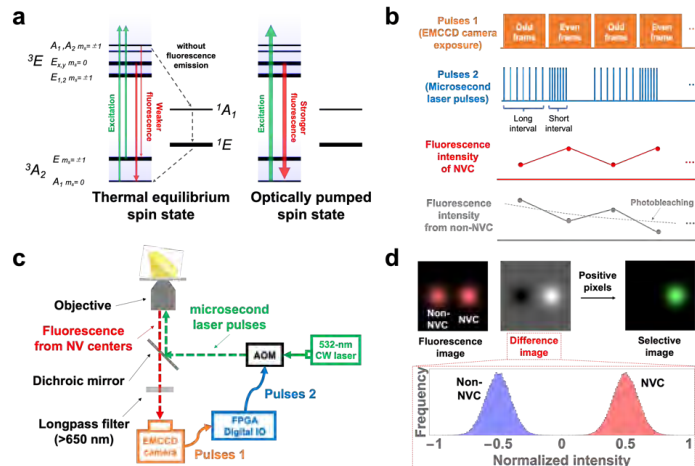
高輝度ナノダイヤモンドNV形成



量子生命拠点



Yanagi et al. ACS Nano 15, 12869 (2021).



バイオ計測技術の開発
バイオ・医療応用の実証



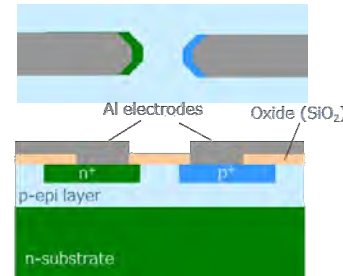
実用化が進むSiCパワーデバイスの健全性の診断技術開発に向け

粒子ビーム描画 (PBW)

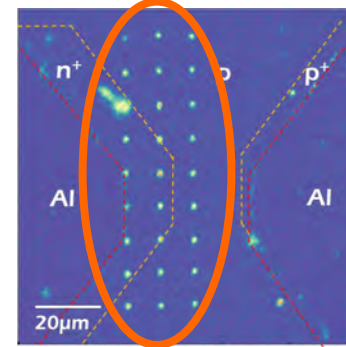


Yamazaki et al. J. Mater. Res **33**, 355 (2018).

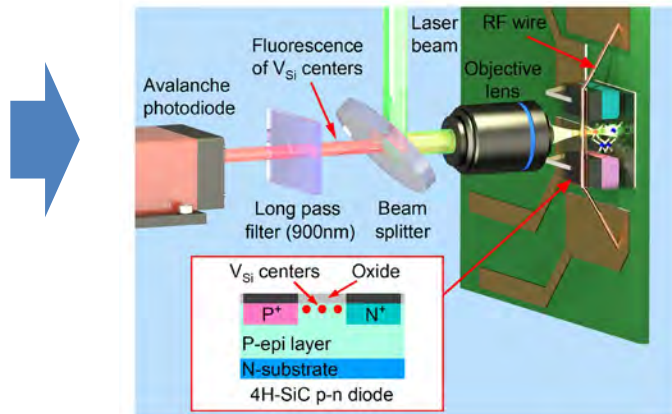
局所 V_{Si} 形成



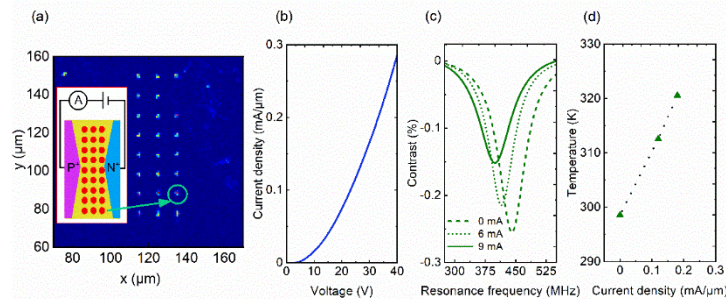
3D- V_{Si} 形成条件



局所温度、電流、電圧計測



Hoang et al., Appl. Phys. Lett. **118**, 044001 (2021).



デバイス局所センシング実証

量子センシングをSiCデバイス信頼性
評価技術に展開

Q-LEAPの成果 (国プロの推進と貢献)



実用化推進に向けた取り組み

実用化のボトルネック

- 🍌 シーズとニーズのマッチングが不十分（潜在的ニーズが発掘しきれていない）
 - 🍌 従来のセンシング技術とは材料、計測方法が異なる（企業が容易に参加できない）
 - 🍌 実（極限）環境での実力が未実証（技術の蓄積が不十分）
- の課題解決に向けて

量子機能創製拠点を整備・活用し実用化を推進



- 🍌 **電子加速器及びプロセス処理・評価装置等整備**
ハイスループットの専用ビームラインを備え、高品質量子ビット・センサマテリアルの高効率形成・評価と外部ニーズに応じた提供
- 🍌 **共通及び特化テストベッド整備【計画中】**
新規参画者の技術習得・教育や共同研究による量子ビット応用・実用化の推進に利活用
- 🍌 **産学協創オープンラボ設置【計画中】**
量子ビット・センサマテリアル提供、テストベッド利用等に対応。技術情報の広範な発信・普及とコミュニティ形成・拡幅
- 🍌 **基盤技術を活かした拠点機能の拡充**
QSTの持つ光（レーザー）技術を融合することで実用化に向けた課題解決や新たなシーズ創出によるニーズ開拓を推進



電子加速器



プロセス装置



テストベッド整備・提供

量子センサの品質確保や標準化に向けた基礎データ取得

量子センサ
形成・評価

ダイヤモンド、SiC基板の品質、電子線照射条件、センサ加工プロセス最適化により、性能が高く品質の揃った量子センサ／量子ビット形成プロトコルを確立

技術習得・教育用の共通テストベッド及び使用目的に応じた特化テストベッドを整備・構築

共通テストベッド

標準的な測定系（光検出磁気共鳴）を用いた実習等

特化テストベッド

実使用環境でセンサ動作の検証、実用化に向けた技術的指針の取得等



ラボレベル試験

特別仕様
(高温、高圧etc.)

実地試験

現地試験仕様（屋外
対応、モジュール化etc.）

センシング実証

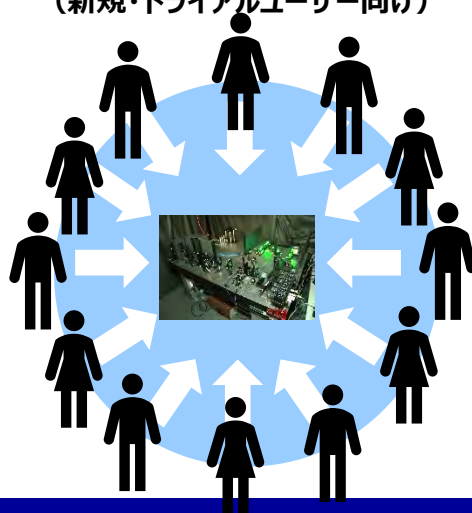
地下探査、地熱発電、
パワーデバイス局所計測etc.

共通テストベッド

(新規・トライアルユーザー向け)



量子センサ形成・評価サイクル



特化テストベッド

(実用化希望ユーザー向け)



産学協創オープンラボ

ワンストップ機能



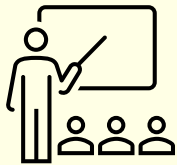
① 量子技術相談窓口

- ・質問窓口・相談室、量子技術アドバイザー（案内人）による対応
- ・セミナー、企画展示・広報を通じたコミュニティ形成・拡幅



② テストベッド利用促進（量子計測・センシングを体験）

- ・外部利用がしやすい制度・仕組み作りと運用
- ・性能評価サービスの提供とデータベースの構築



③ 人材育成プログラムの作成・実施

- ・企業の研究者・技術者向け教育実習
- ・量子生命拠点や他拠点・機関との連携協力による持続可能なプログラムの提供



④ 産業界のニーズを踏まえた連携構築

- ・産学連携の強化・知財確保（知財戦略）
- ・協調領域、競争領域におけるテーマ設定・遂行
- ・産業界連携による大型外部資金プロジェクトへの戦略的展開

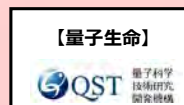


量子マテリアル拠点、量子センシング拠点や量子生命拠点（QST内）との共創により形成する、
産学官が連携できる『量子センサコンソーシアム』の中核機関を担う



実用化推進に向けて基盤技術を活かし進化する拠点

QSTの基盤技術（強み）を活かし、光（レーザー）科学を融合することで、量子技術の実用化の課題解決と、新たな量子機能創製によるシーズの創出とニーズ開拓



量子材料の供給・評価・機能化

高機能量子材料（量子センサ）供給・評価

超高速スピンスイッチデバイス

既存の枠組み

材料科学・量子ビーム科学を基盤とした量子材料機能化

拠点機能の強化

光（レーザー）技術の融合による
量子技術の実用加速
新技术創出とニーズ開拓



量子機能創製拠点

フォトン・スピン・フォノン相互作用

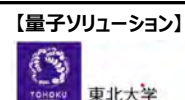
固体量子ビット・センサ形成

機能評価・材料創製



量子センサ・レーザー融合

極短パルスレーザー
量子状態計測・制御



スピノフォニクスデバイス



産学協創
オープンラボ

産学協創
サテライトラボ

光駆動マイクロ波

オール光・光駆動量子ビット・量子センサ



生命の量子状態理解に基づく
究極のエネルギー創出・輸送



量子センサとの融合による医療技術高度化

参考資料p15



まとめ（提言と課題）

量子マテリアルの技術開発と安定的供給

- ❖ 量子マテリアル拠点－量子機能創製拠点の連携による高品質な量子マテリアル形成プロトコル開発が必要
- ❖ 量子マテリアルの品質確保、標準化、安定供給に向け、マテリアル企業を取り込んだ評価体制と情報共有が必要
 - 材料開発はノウハウが重要となることから、協調と競争領域の切り分けのルール
- ❖ ダイヤモンドだけでなくSiCについても、日本の材料開発の優位性を確保
 - 他材料（hBN、GaN、Ga₂O₃など）についてどこまで検討・開発するか

事業化に向けた環境整備・体制づくり

- ❖ 量子マテリアル拠点－量子機能創製拠点－量子センシング拠点、量子生命拠点の連携・協力による産学官の体制づくり（量子センサコンソーシアム形成）が大切
 - 既存コンソーシアムやQ-STARとの関係・連携は？（日本全体での大きな枠組みが大切）
- ❖ 量子センシングが体験できる共通テストベッドの整備によるユーザー企業・産業の拡大
 - 教育を含め指導する人材やテストベッドの場所確保、長期的な維持管理の仕組み
- ❖ 目的が定まった企業と特化テストベッドを構築して量子センシングの実用化を促進
 - 同業他社参入の場合の協調と競争の切り分けのルール
- ❖ 光（レーザー）技術の融合による新たなシーズ創出とニーズ開拓や実用化に向けた課題解決により、幅広い量子技術の事業化を促進

