

(PQC)の軽量実装技術や認証基盤構築技術、サーバ、PC、ICカード、リーダなど多様な端末で利用するためのインターフェース技術を開発し、量子・古典ハイブリッドの総合的なセキュリティアーキテクチャを構築する。さらに、多様な量子・古典計算資源を高秘匿回線でネットワーク化・水平統合し、安全かつ高効率な情報処理を可能とする量子・古典ハイブリッド計算技術を開発する。これらの技術を統合し、多様なユーザが量子技術にアクセス可能な「高度情報処理基盤」を構築するとともに、幅広いユーザがアプリケーション開発等に利用可能な形でテストベッドを整備・提供することにより、量子セキュアクラウドを用いた高度情報処理基盤の社会実装を促進する。

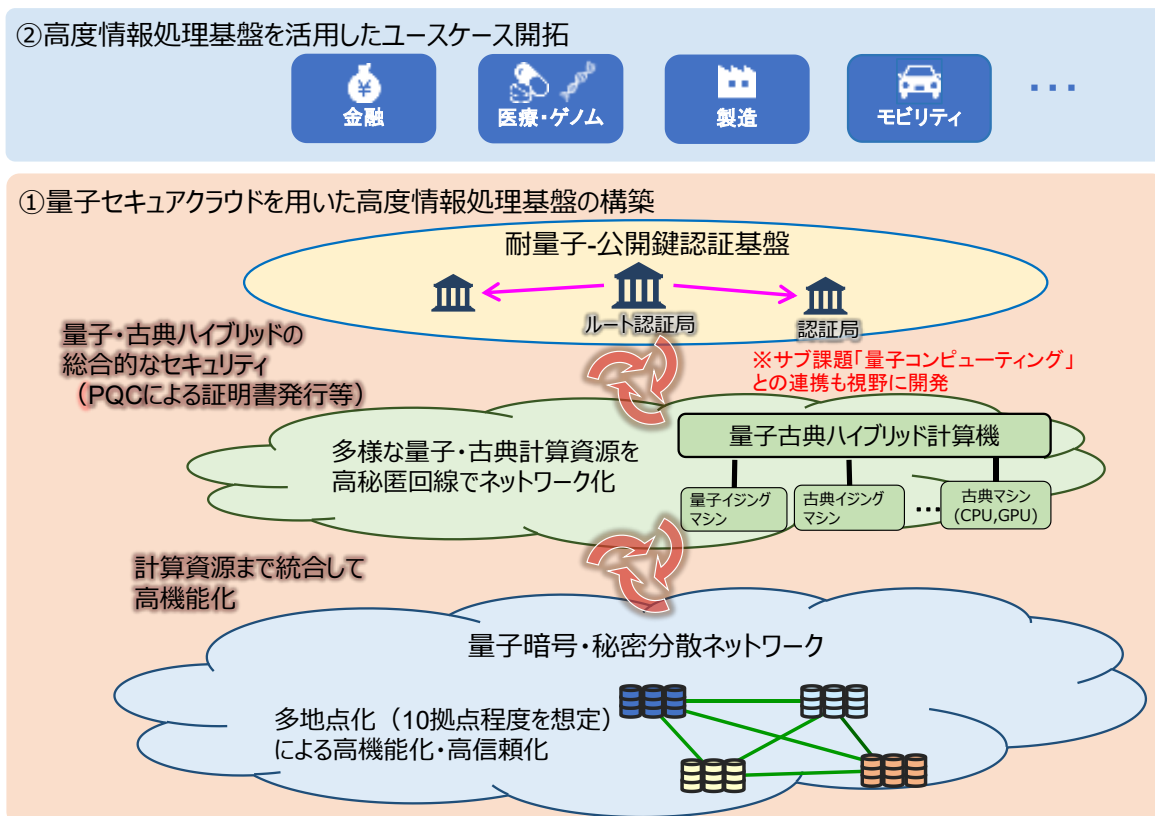


図 III-3 【量子セキュリティ・ネットワーク】高度情報処理基盤

## (6) 【量子セキュリティ・ネットワーク】高度情報処理基盤を活用したユースケース開拓・実証

量子セキュアクラウドを用いた高度情報処理基盤は、機微な情報を取り扱う分野で蓄積された機密性の高いデータの安心・安全な利活用を促進できる技術であり、金融・医療分野等をはじめとして様々な分野への展開が期待されている。そこで、量子セキュアクラウドを用いた高度情報処理基盤の活用が期待される分野のユーザと連携し、高度情報処理基盤を用いたユースケースを開拓・実証する。

### ① 研究開発目標

サブ課題「量子セキュリティ・ネットワーク」の研究開発テーマ(5)にて整備するテストベッドを活用し、

高度情報処理基盤を用いた新たなユースケース創出や社会実装を促進するために下記を目標とする。

1. 2027年度までに、量子セキュアクラウドを用いた高度情報処理基盤技術を活用した新たなユースケースを開拓・実証し、1例以上の事業創出・社会実装を実現する。《達成目標②2》

## ② 実施内容

金融、医療・ゲノム、製造、モビリティといった機微な情報を取り扱う様々なユーザと連携し、量子セキュアクラウドを用いた高度情報処理基盤の社会実装に向けて、量子技術融合による基幹 ICT インフラの高度化実証を行う。さらに、ユースケースの事業化の見通しを立てるとともに、可能なものについては社会実装を実現する。

## (7) 【量子セキュリティ・ネットワーク】プライバシーなどを保護しつつデータ解析ができる秘密計算などの活用

我が国ではプライバシー・機密情報の漏えいや濫用への懸念から自由に様々なデータにアクセスすることは困難な状況にある。また、各組織が保有する情報を共有することの有用性はデータ共有を試してみなければ分からない面がある一方、有用性が明確でない状態でプライバシー・機密情報の共有を試すことは困難であるというジレンマもある。暗号化したまま演算ができる秘密計算技術を用いることで、このような問題を解消し、「安全・安心に基づく自由なデータ共有ができる AI 社会」を実現する。

## ① 研究開発目標

「安全・安心に基づく自由なデータ共有ができる AI 社会」の実現に向け、下記を目標とする。

### 1. データ共有の促進

- データのプライバシー・機密部分を開示することなく、データ共有の有用性が確認できるようにする。

### 2. 秘密計算技術の高性能化

- 2025年度までに、秘密計算システムの汎用的な基盤の開発、複数のデータを統合して操作し、集計等の基本的な統計量が算出できる統計処理のアルゴリズム開発を行う。実システムにおける統計処理を最遅 10 秒程度の実時間で実行可能にし、深層学習や決定木など複雑な演算を伴う AI 処理を暗号化していない平文と比べ 2 桁倍程度の差まで高速化する。
- 2027年度までに、開発した秘密計算技術の適用領域(対応する統計処理や AI アルゴリズムの追加など)の拡大、運用課題の解決を行う。

### 3. 秘密計算技術の省リソース化

- 2025年度までに、秘密分散や準同型暗号など日本が世界を牽引する技術を用いて、秘密計算システムの汎用的な基盤開発と複数のデータを統合して操作し、集計等の基本的な統計量が算出できる統計処理のアルゴリズムを開発する。実システムにおけるパーティ数(サーバなどがセットになった環境数)など、実装に必要なリソース(サーバなど)を 30%以上削減する。
- 2027年度までに、開発した秘密計算技術の適用領域(対応する統計処理や AI アルゴリズムの

追加など)の拡大、運用課題の解決を行う。

#### 4. 秘密計算技術の社会実装事例の構築

- 2025 年度までに、秘密計算を用いた特定の産業・技術に特化したユースケースの課題解決に向けたシステム開発または個別テーマでの PoC を実施する。
- 2027 年度までに、PoC を繰り返し行い、運用課題の解決と更なる PoC 事例の構築を実現する。

#### 5. 異なる秘密計算システム間のインターオペラビリティ機能の実現

- 2024 年度半ばまでに、実現に向けた要件を定義する。
- 2027 年度までに、本テーマの実施者に対して、インターオペラビリティ機能の要件を発信し、インターオペラビリティ機能の実現に向けた開発を促す。また、プライバシー・機密情報を含むデータ利活用をしたい事業者などに、秘密計算システムを発信することで、社会普及を行う。

#### 6. プライバシー・機密情報の関係・取り扱い方法の体系化とルール・ガイドラインの制定、発信

- 2025 年度までに、本 SIP の取り組みを含む、事業者データに対応するプライバシー・機密情報の関係・取り扱い方法を体系化し、そのルール・ガイドラインを定め、国際シンポジウムで発表する。
- 2027 年度までに、各産業へ 2025 年度までの成果物を繰り返し発信する。

#### 7. 人材の育成に向けたベストプラクティスの共有や発信

秘密計算技術等の専門知識と高度なプログラミングスキルを持つ人材、データサイエンスのスキルを持つ人材、プライバシー・機密情報の保護関連の法制度の知見を有し、技術者や技術を利用するユーザーニーズの整理ができる人材の育成に向けたベストプラクティスの共有や発信を行う。

## ② 実施内容

本テーマでは下記の事項を実施する。

- (1) データ共有の促進
- (2) 秘密計算技術の高性能化
- (3) 秘密計算技術の省リソース化
- (4) 特定課題を効果的に解決する秘密計算システムの開発と社会実装事例の構築
- (5) 異なる秘密計算システム間のインタオペラビリティの確保
- (6) プライバシー・機密情報の関係・取り扱い方法の体系化とルール・ガイドラインの制定、発信
- (7) 人材の育成に向けたベストプラクティスの共有や発信

なお、「(4)特定課題を効果的に解決する秘密計算システムの開発と社会実装事例の構築」にあたっては、SIP の他の課題と連携し、当該課題のユースケースから秘密計算が寄与するものを選定する。それに加え、本テーマの実施者が提案するユースケースにも取り組む。

また、本テーマは目標達成に向けて国際的な協力も視野に入れて進める。具体的には 2024 年度以降に日米協力しての取組を行うことを想定し、2023 年度は米国と定期的な情報交換を行いつつ具体策を検討し、2024 年度以降の研究開発計画に反映する。

## (8) 【量子センシング】量子センシング等の利用・試験・評価環境の構築

多様な分野の企業・大学等が、量子センシング・量子マテリアル等を容易に利用・試験・評価できる環境(ユーザビリティ向上のための支援体制やユーザ同士の協調等を促進する産学官の体制も含む)を構築する。

### ① 研究開発目標

量子センシング・マテリアルの開発・利活用に関しては、潜在的企業ニーズが高いものの、多くの企業にとっては、専用の設備がない、技術・ノウハウ・経験がない、あるいは専門人材がいない等の課題(参入障壁)がある。こうした課題を克服し、量子センシング・量子マテリアルの普及とユーザ拡大を図るため、多様な分野の企業・大学等が、量子センシング・量子マテリアル等を容易に利用・試験・評価できる環境を構築する。この際には、ユーザビリティ向上のための支援体制や、産学官連携による研究開発やユーザ同士の協調等を支援するための産学官の連携体制も構築する。

1. 2024年度までに、量子センシング・量子マテリアルを利用・試験・評価できる試行的な環境を構築し、その後もユーザの利用等の結果をフィードバックして当該環境の高度化を進める。《達成目標③1、達成目標③2》
2. 2026年度までに、量子センシング・量子マテリアルを利用・試験・評価できる本格的な環境を構築するとともに、ユーザへの支援体制等を構築し、多くのユーザの利用促進をはかる。《達成目標③1、達成目標③3》

### ② 実施内容

従来よりも格段に高精度・高感度なセンシングを可能とする量子センシングやこの基盤となる量子マテリアル等の開発・利活用については、潜在的な企業ニーズがあるものの、多くの企業にとっては、専用の設備がない、技術・ノウハウ・経験がない、あるいは専門人材がいない等の課題(参入障壁)があり、新規参入は容易ではない。

こうした課題を克服し、量子技術の普及とユーザ拡大を図るため、先行している公的研究機関・大学等の技術・ノウハウ・経験等を活用し、自社で量子技術を持ち合わせていない多様な企業・大学等が、量子センシング・量子マテリアル等を容易に利用・試験・評価できる環境(例:量子センシングの材料・素子・デバイス・システム、試験・評価装置等が整備され、多様な企業等が利用できる環境)を構築する。この際には、ユーザビリティ向上のために技術的な支援・指導を行うなど支援体制を構築するとともに、産学官連携による研究開発やユーザ同士の協調・情報共有・交換等(ユーザコミュニティ)を支援する産学官の連携体制も構築する。また、ユーザにとっては、既存センシング等との比較も含む性能指標も重要になることから、量子センシング・量子マテリアルの性能の評価・比較等に関するベンチマーク指標も策定・提示する。

さらに、実機開発では実環境下の環境影響特性を考慮して性能を試験・評価することが重要であることから、環境を構築する際には、温度や電場等の実環境を模擬した試験が可能である環境とする。さら

に、量子センシング・量子材料の規格化・標準化も見据えた環境(仕様・システム)とし、我が国が本分野を国際的にリードする基盤となる環境を構築する。

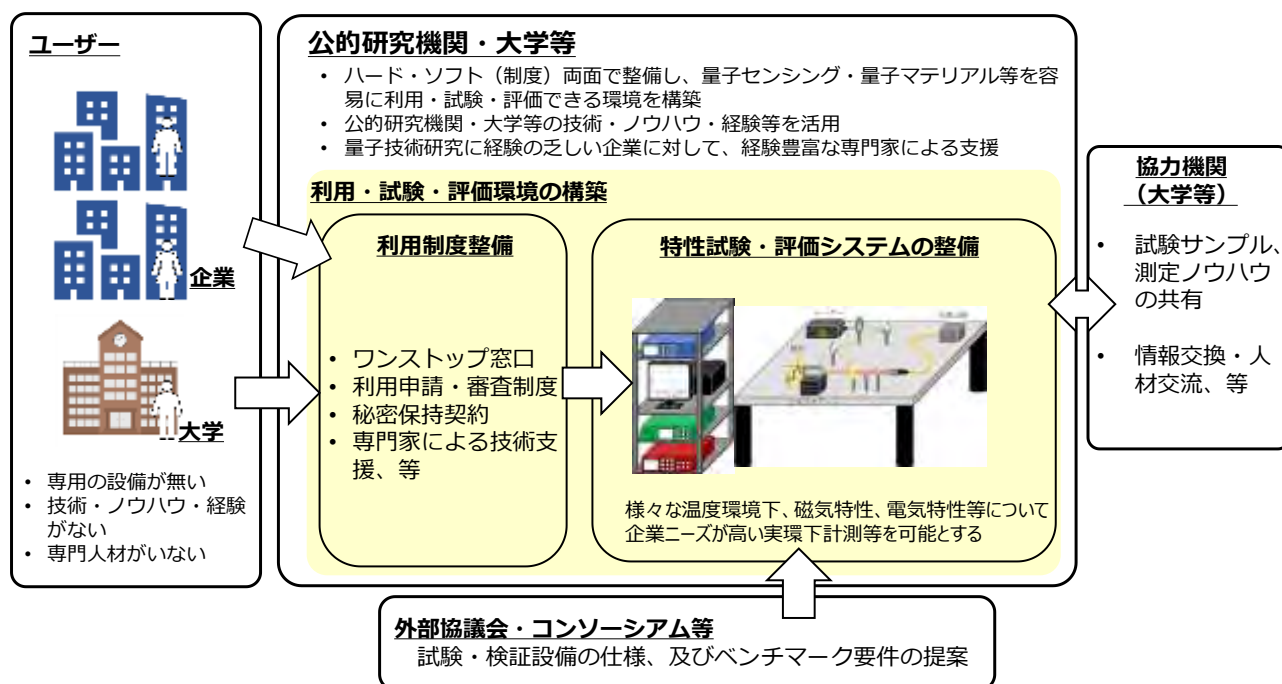


図 III-4. 【量子センシング】量子センシング等の利用・試験・評価環境

### (9) 【量子センシング】量子センシング等を利用したユースケース開拓・実証

従来よりも格段に高精度・高感度なセンシングを可能とする量子センシングやこの基盤となる量子材料の利活用が期待される様々な領域(健康・医療、エネルギー、自動運転、防災、資源探査等)において、新産業創出や生産性向上等の新たな価値を創出するユースケースの開拓・実証を行う。

#### ① 研究開発目標

量子センシング・量子材料を利活用(必要に応じて量子センシングのサブ課題(7)も活用)することによって、新産業創出・生産性向上等の新たな価値を創出するユースケースの創出や、これらの事業化・社会実装に向けて、下記を目標とする。

1. 2027年度までに、新産業創出・生産性向上等の新たな価値を創出する新たなユースケースを開拓・実証し、これらの事業化の見通しを立てるとともに、可能なものについては社会実装を実現する。《達成目標③1、2》

#### ② 実施内容

従来よりも格段に高精度・高感度なセンシングを可能とする量子センシングやこの基盤となる量子材料の利活用が期待される様々な領域(健康・医療、エネルギー、自動運転、防災、資源探査等)にお

いて、新産業創出や生産性向上等の新たな価値を創出するユースケースの開拓・実証を行う。さらに、ユースケースの事業化の見通しを立てるとともに、可能なものについては社会実装を実現する。

具体的には、特定のユースケースを想定し、量子センシング・量子マテリアル(ダイヤモンド NV 中心、スピン超偏極技術、超伝導光子検出器、量子もつれ光、光格子時計技術、量子スピントロニクス等)を活用した装置・システムを研究開発し、ユースケースを模擬した環境や実環境において装置・システムの利用実証を行うなどして、ユースケースの開拓・実証を行う。さらに、これらの結果を踏まえて、ユースケースの事業化の見通しを立てるとともに、可能なものについては製品・サービス化等を通じて社会実装を実現する。

ユースケースの開拓・実証の際には、量子センシング等が有効なユースケースの創出や、大きな経済・社会インパクトや産業利用拡大が期待できるキラーアプリケーションの創出を目指すものとする。さらには、各ユースケースの実証を通じて事業化・社会実装を進める上での課題を抽出し、産学官の連携等によって課題解決に取り組む。さらにユースケースを踏まえて、量子センシングの規格化・標準化や量子センシングを活用した計測標準等に向けても取り組む。

## (10) 【量子センシング】超高速通信・モビリティ等を支える時空間ビジネス基盤の構築

将来の超高速通信やモビリティ(超高精度な位置決め)等を支える超高精度な時間・周波数信号(光格子時計を活用)を配信する「時空間ビジネス基盤」を構築する。

### ① 研究開発目標

光格子時計を活用した超高精度な時間・周波数信号をネットワークを介して産業や社会に広く配信する装置・ネットワークシステムを開発・実証し、関連するベンダー企業、通信企業も巻き込み、将来の超高速通信やモビリティ(超高精度な位置決め)等を支える超高精度な時間・周波数信号を配信する「時空間ビジネス基盤」を構築する。

1. 2025年度までに、光格子時計を活用した超高精度な時間・周波数信号を配信する装置・ネットワークの開発・実証を行う《達成目標③④》
2. 2027年度までに、超高精度な時間・周波数信号を配信する時空間ビジネス基盤を構築する《達成目標③④》

### ② 実施内容

将来の超高速通信、モビリティ(自律走行車等の超高精度な位置決め)、高精度な測地等を実現するためには、高精度な時間・周波数が不可欠であり、従来よりも格段に精度の高い時間を提供できる光格子時計が有望な技術として期待されている。なお、光格子時計については、文部科学省「未来社会創造事業」において開発を進めており、我が国が世界をリードする技術力を有している。

このため、光格子時計を活用した超高精度な時間・周波数信号をネットワークを介して産業や社会に広く配信するための装置・ネットワークシステムを開発し、様々なユースケースでの実証を通じてシステム全体の高度化・堅牢化を図る。また、関連するベンダー企業、通信企業も巻き込み、将来の超高速通信やモビリティ(超高精度な位置決め)等を支える超高精度な時間・周波数信号をサービスとして配信す

る「時空間ビジネス基盤」を構築する。この際には、ベンチャー企業の巻き込みも視野に入れて取り組む。なお、本テーマの推進に当たっては、「未来社会創造事業」の研究成果を利活用を含む連携体制を構築しながら研究開発を行う。

## (11) 【イノベーション創出基盤】新事業・スタートアップ企業の創出・支援

量子分野のような新興市場では、これまでにない新しい事業・サービスの創出が期待されるとともに、スタートアップ企業が有望なプレイヤーとして期待される。このため、各分野での研究成果やテストベッド等を活用した新事業(既存企業における新たな事業の立上げも含む)やスタートアップ企業の創出・支援を実施する。

### ① 研究開発目標

インキュベーション拠点、VC等の支援機関とも連携して、ビジネスモデルの構築支援、連携先の提案等を通じて、量子分野の新事業・スタートアップの創出やインキュベーション機能を備えた先進的な支援環境モデルを構築する。具体的には、下記を目標とする。

1. 2024年度までにインキュベーション拠点、VC等の支援機関と連携して先進的な支援環境モデルを構築する《達成目標④4》
2. 2027年度までに5件以上の新事業・スタートアップの創出を行う《達成目標④4》

### ② 実施内容

各分野での研究成果やテストベッド等を活用して、新事業(既存企業における新たな事業の立上げも含む)やスタートアップ企業を創出・支援していくための先進的な支援環境モデルを構築する。具体的には、官民のインキュベーション施設や量子技術に注目するVC等と連携し、ビジネスモデルの構築や連携先(ユーザ、ベンダー等のパートナー企業等)、金融機関とのマッチング、人材マッチング等をはじめとして、人材・技術・資金・戦略等の面で総合的に伴走支援する。これらを通じて、量子分野の新事業・スタートアップの創出やインキュベーション機能を備えた先進的な支援環境モデルを構築する。

## (12) 【イノベーション創出基盤】教育プログラムの開発と実践

量子技術の研究開発や実用化・事業化を進める上で、産学の人材不足は深刻な課題である。また、ユーザ分野も含めて幅広い分野から人材を取り込んでいくことも重要である。このため、産学の幅広い分野の若手人材(学生、研究者・技術者、経営者(アントレプレナー人材を含む)等)を対象とした教育プログラムの開発・提供等を通じて、産学の裾野広い人材の育成・確保を図る。

### ① 研究開発目標

産学の幅広い分野の若手人材(学生、研究者・技術者、経営者(アントレプレナー人材を含む)等)を対象とした教育プログラムの開発・提供等を通じて、量子技術の研究開発や実用化・事業化を担う人材を多数輩出する。具体的には、下記を目標とする。

1. 2024年度までに、産学の幅広い分野の若手人材を対象とした教育プログラムを開発し、試行的に提供して、プログラム内容の高度化を進める《達成目標④1》
2. 2027年度までに、産学の幅広い分野の若手人材を対象とした教育プログラムを本格的に提供する《達成目標④2》

## ② 実施内容

産学の幅広い分野の若手人材(学生、研究者・技術者、経営者(アントレプレナー人材を含む)等)を対象に、量子技術の利活用や新事業開発等を行う能力を育成するための教育プログラムを開発・提供する。このため、量子技術の利活用や新事業開発、実用化・事業化、起業等に必要な知識等を整理し、テストベッド等や研究成果等も活用しつつ、産学の幅広い分野の人材のユーザニーズにきめ細かに対応した教育プログラムを開発・提供する。

また、教育プログラムを受講した人材をはじめとして、量子技術に関する能力を有する人材(シーズ)と産業界(ニーズ)とのマッチングの仕組みを構築するなどして、人材の流動性が高まるような仕組みも構築する。

## (13) 【イノベーション創出基盤】アイデア発掘

量子技術を活用した事業・サービスやビジネスアイデアを競うコンテスト(ピッチコンテスト、アイデアソン/ハッカソン等)の企画・開催等を通じて、量子技術を活用した新たな事業・サービス・アイデアを発掘・創出する仕組みや体制を構築する。

### ① 研究開発目標

コンテスト(ピッチコンテスト、アイデアソン/ハッカソン等)など新たな事業・サービス・アイデアを発掘・創出できる仕組みや体制を構築するとともに、それを通じて量子技術を活用した多数のビジネスアイデアを発掘・創出する。具体的には、下記を目標とする。

1. 2024年度までに、新たな事業・サービス・アイデアを発掘・創出するための仕組みや体制を構築し、小規模な試行を通じて改善を図る《達成目標④3、達成目標④4》
2. 2027年度までに、新たな事業・サービス・アイデアを発掘・創出するための仕組みや体制を本格的に実施し、ビジネスアイデア1件以上について実用化・事業化の見通しを立てる《達成目標④4》

### ② 実施内容

量子技術を活用した事業・サービスやビジネスアイデアを競うコンテスト(ピッチコンテスト、アイデアソン/ハッカソン等)の内容(提案テーマ、募集資格、評価基準、審査体制、実施時期・頻度等)を企画するなどして、新たな事業・サービス・アイデアを発掘・創出するための仕組みや体制を構築し、当初は小規模な試行を通じて運営の改善を図る。その後、本格的に実施し、量子技術を活用した多数のビジネスアイデアを発掘・創出する。この際には、地方や都市が抱える経済・社会課題も踏まえながら、経済・社会に大きく貢献する量子技術の活用をテーマとして設定するなどして、経済・社会にハイインパクトなキラー



アプリケーションの発掘を行う工夫を行う。

なお、本格実施段階では、VC 等を含めた審査を行い、例えば、最優秀提案等には賞金(もしくは VC からの投資やスポンサー企業からの収入)や起業支援等を提供するなど参加者のインセンティブ向上のための仕組みも検討する。また、事業終了後の自立化を見据えて、スポンサー料、広告収入等の確保など自立性・継続性の確保に向けた検討も行う。

## (14) 【イノベーション創出基盤】エコシステム構築

量子技術の様々な分野での利用拡大や、多くの企業の参画の下での安定的かつ強靱なサプライチェーンの構築のためには、ユーザ企業・ベンダー企業を含む多様な分野の企業の参画を促進する仕組みが重要である。このため、積極的な情報発信やマッチング等を図るためのエコシステムの構築を行う。

### ① 研究開発目標

ユーザ企業・ベンダー企業を含む多様な分野の企業の新規参画を促進するため、量子技術や実用化・事業化等に関する積極的な情報発信や、シーズ企業とニーズ企業とのマッチング等を図るためのエコシステムの仕組みや体制等を構築する。具体的には、下記を目標とする。

1. 2024 年までに、多様な企業の新規参画等につながる情報発信やマッチングを図るためのエコシステムの仕組みや体制等を試行的に構築・実施し、その結果を踏まえて改善を図る。《達成目標④⑤》
2. 2027 年までに、情報発信やマッチングを図るためのエコシステムの仕組みや体制等を本格的に構築・実施する。《達成目標④⑤》

### ② 実施内容

ユーザ企業・ベンダー企業を含む多様な分野の企業の新規参画(研究活動や研究成果活用等を含む)を促進するため、各分野での研究開発成果や「(13)【イノベーション創出基盤】アイデア発掘」から創出されたアイデア等を基にしつつ、量子技術の研究成果や実用化・事業化等に関する積極的な情報発信や、シーズ企業(研究開発成果)とニーズ企業とのマッチングを図るためのエコシステムの仕組みや体制等を構築する。この際には、エコシステムをより実効性のあるものとするため、VC・金融機関及び商社と連携しながら取組を進める。