

# 商用光量子コンピュータの構築

## 研究開発とSociety 5.0との橋渡しプログラム (BRIDGE)

令和6年度研究開発計画

【応募様式】

令和6年3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	SIP/FS等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）

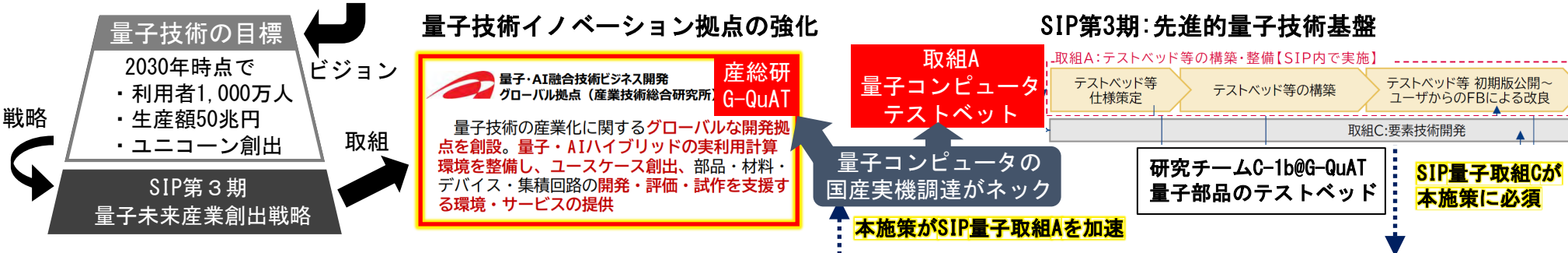
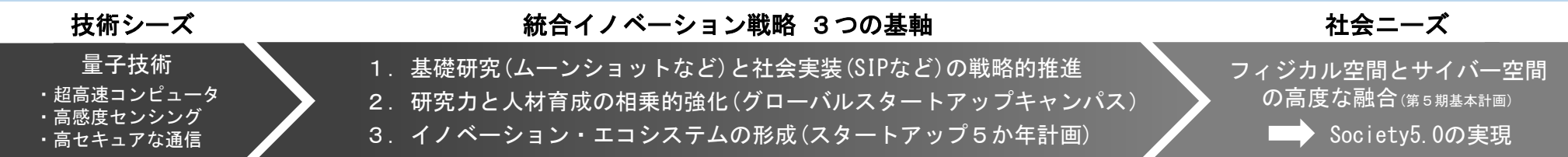
持続可能なフードチェーン	統合型ヘルスケア	包摂的コミュニティ	学び方・働き方	海洋安全保障	スマートエネルギー	サーキュラーエコノミー	防災ネットワーク	インフラマネジメント	モビリティプラットフォーム	人協調型ロボティクス	バーチャルエコノミー	先進的量子技術基盤	マテリアルの事業化・育成エコ
												○	

# 1. 「商用光量子コンピュータの構築」の位置付け（関係施策等を踏まえた俯瞰図・位置付け）

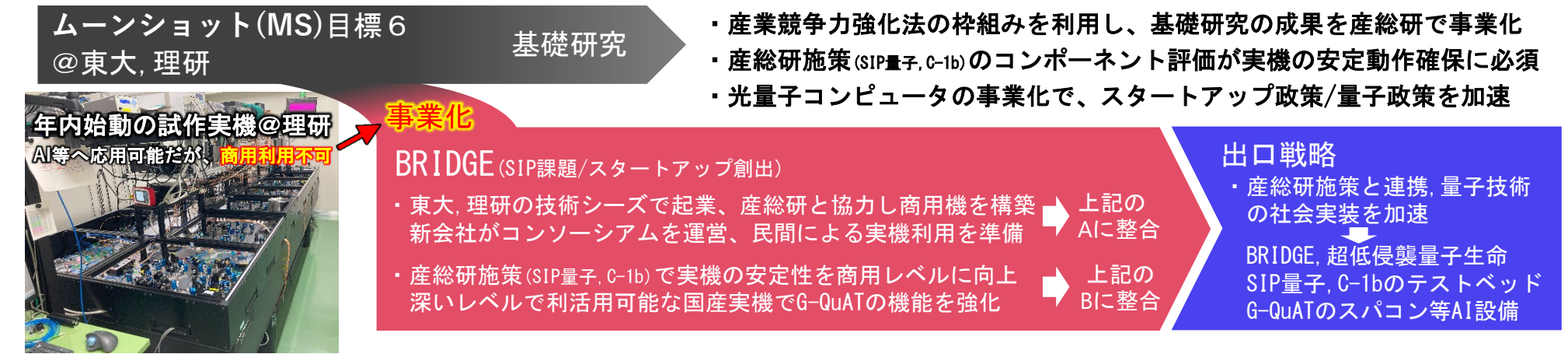
**A：政府における骨太の方針：「スタートアップへの投資」を重点投資分野の柱の1つに指定**

起業数を増加させるため、人材・ネットワークの構築の取組において「**大学等の技術シーズの事業化支援等**」が示されている。

**B：統合イノベーション戦略2023：量子コンピュータの戦略的な社会実装を推進**



**A×B → 本施策：光量子コンピュータを事業化、国産商用実機で量子技術イノベーション拠点を強化**



## 2. 解決する社会課題・背景／現状

### <社会課題>

Soicety5.0の技術的基盤は、フィジカル空間とサイバー空間を高度に融合する新しい情報処理システムである。しかし、このような高度な情報処理を従来技術で実現するのは困難である。Society5.0では現在よりも遥かに大量でリアルタイム性の高いデータを扱う必要があるのに対し、コンピュータの性能向上は頭打ちになりつつある。コンピュータの処理能力不足は遠い将来の課題ではなく、AI開発において既に問題となっている。昨今のAI開発はあまりに電力消費が激しいため、性能の継続的な向上が危ぶまれる状況である。Society5.0の実現には従来の情報処理の枠を超えた新技術を戦略的に開発していく必要があり、その有力候補が量子コンピュータである。

### <背景／現状>

#### 【G-QuATの背景/現状】

量子コンピュータの重要性は統合イノベーション戦略でも述べられており、SIP第3期では量子コンピュータの社会実装を戦略的に推進している。これに関連し、経産省は量子・AI融合技術ビジネス開発グローバル研究センター（G-QuAT）を産総研に設置した。G-QuATは複数の量子コンピュータの設置を目指しており、特に国産量子コンピュータはハードウェアの深いレベルまで利活用が可能のため、いち早い導入が求められる。しかしハード提供者の不足から、**国産実機の調達是非常に困難である**。国内大手企業は疑似量子的なコンピュータや量子アニーラを主に開発しており、スタートアップはハードよりソフトウェア開発に偏重している。これは現在主流である方式では実用的な規模の量子コンピュータの実装難易度が非常に高いためである。

#### 【光方式の背景/現状】

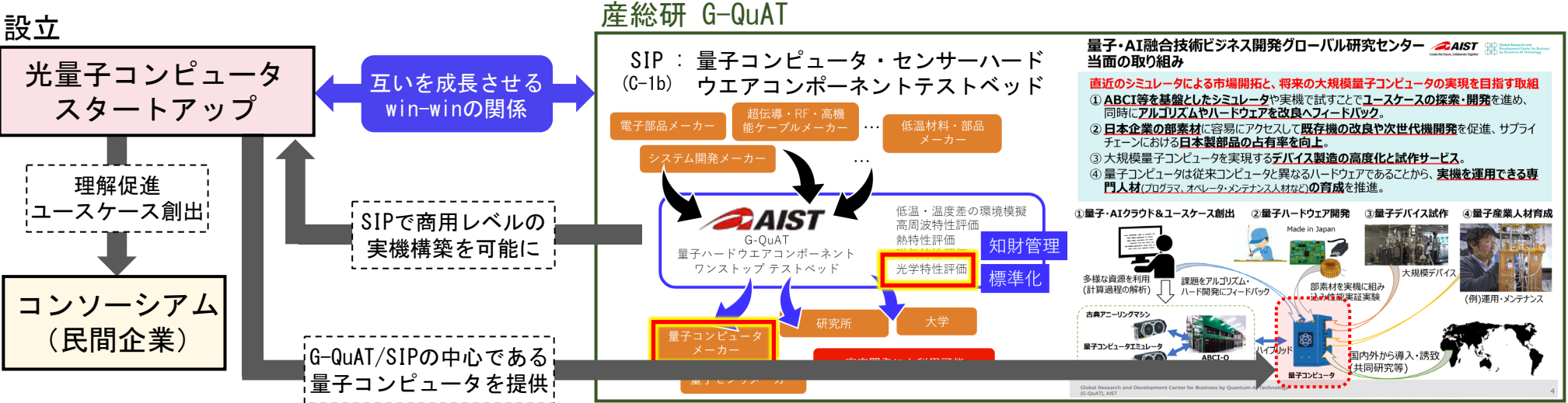
MS目標6では、**光方式の量子コンピュータが基礎研究から実機開発の段階へ移行しつつある**。光方式は、計算規模の拡大が容易でプロセッサが常温・常圧で動作するなど従来方式の課題を解決していることから、量子誤り訂正が可能な実用的量子コンピュータを早期実現する可能性がある。世界的には光方式の実機はまだ存在していない中で、MSでは光方式の試作実機を年内に完成させる見込みだ。この流れを加速すれば、光方式で量子コンピュータ市場（流通、化学、製薬、金融等における最適化や機械学習の利用）の高いシェア獲得を狙える状況にある。さらにこの方式はアイデアからシステム化まで全階層が国産であるため、ハードウェア・ソフトウェア技術・情報管理において堅牢な安全保障体制を築くことができる。

光量子コンピュータの実用化に向けて、技術面ではコンポーネントの安定性やデバイス間のばらつきを評価し、実機の安定運用を実現する必要がある。この技術的課題に加え、量子コンピュータの本格始動と合わせて即座にユースケースや効果創出に繋がるように、ユーザ側の理解度向上や利用準備を進めていかなければならない。**量子コンポーネントの精密評価が可能な研究拠点で実機を構築しつつ、コンソーシアム等を組織することで開発段階からユーザとなりうる民間も巻き込み、ユースケース創出の機運を高めていくことが求められている**。

# 3. 研究開発等の内容・社会実装の目標

## ●提案内容

- 光量子コンピュータの開発と販売を行うスタートアップを起業する。設立した会社は後述の実機構築に加え、実機始動と合わせて即座にユースケースや効果創出に繋がるよう、コンソーシアムを立ち上げ民間ユーザの理解度向上や利用の準備を進めていく。(BRIDGE重点課題、スタートアップ創出に整合)
- 設立した会社が産業競争力強化法の枠組みを活用して光量子コンピュータの商用機をG-QuATで構築し、G-QuATの量子技術イノベーション拠点としての機能を強化する。MSでの試作実機開発の知見を用いつつ、G-QuATで進行中のSIP量子(研究チームC-1b)を活用し、コンポーネントの安定性やデバイス間のばらつきを評価することで実機の安定運用を可能にする(BRIDGE重点課題、SIPで抽出された取組に整合)。また、光量子コンピュータのコア技術であるスケーラビリティの高い光子数識別技術の創出を目指す。
- 本施策はG-QuATとスタートアップがwin-winの関係を築くことで最大の効果を生むことを目指す。図に示すように、量子コンピュータはG-QuATの取組の中心に位置する。G-QuATに国産実機をいち早く導入することで、本施策後は基礎研究レベル～事業レベルの幅広いシーンでの量子技術開発と人材育成が促進される。スタートアップ側も、本施策中から将来にわたりG-QuAT/産総研の研究リソース(高純度量子光の生成や評価(SIP量子,C-1b)、高速な光子数測定器(BRIDGE, 超低侵襲量子生命)など)で実機を高度化でき、シーズ技術を速やかに民間に還元することが可能になる。



### 3. 研究開発等の内容・社会実装の目標

#### ●目標

##### 【研究開発等の目標】

- 光量子コンピュータ事業を行うスタートアップを起業し、本施策で構築する実機的设计をまとめる。(TRL3相当)
- SIP量子(研究チームC-1b)も活用しながら光量子コンポーネントの評価と高性能化を行い、実機を構築する。実機の性能を評価し、事前に定めたノイズレベルの実現を目指し調整を繰り返す。また、改善点を洗い出すことでより実装しやすく高い性能を実現できる設計案をまとめる。(TRL4相当)
- BRIDGE終了までに、G-QuATに設置した光量子コンピュータを外部の研究機関や事業会社が利用できる環境を整える。(TRL5相当)

##### 【社会実装の目標】

- 設立した会社が光量子コンピュータの利活用を目的としたコンソーシアムを立ち上げ、主に民間企業の参加を集めることで顧客の獲得、ニーズの調査、ユーザーの理解度向上を行う。(BRL3相当)
- シミュレータなどを利用して、顧客に本施策の実機を疑似的に体験してもらう。そのうえで要望や提案を実機構築に反映させる。(BRL4相当)
- 本施策で構築した実機を顧客が利用し、サービス全体に対するフィードバックを得る。(BRL5相当)

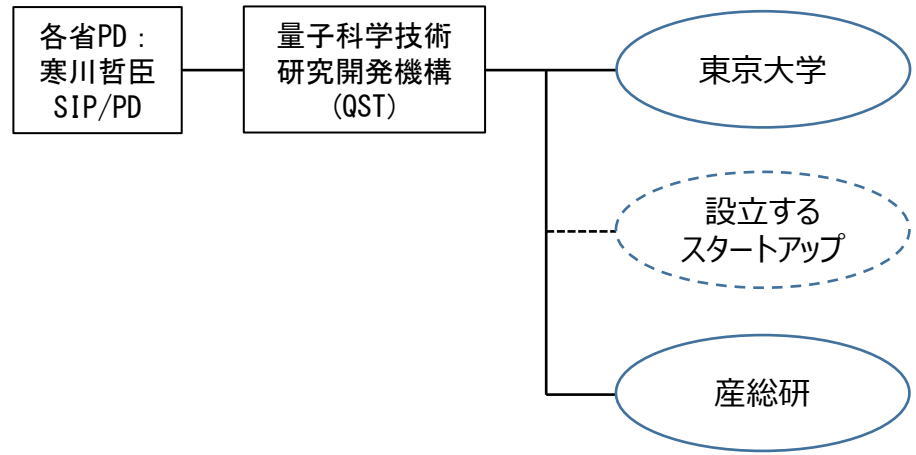


### 3. 研究開発等の内容・社会実装の目標

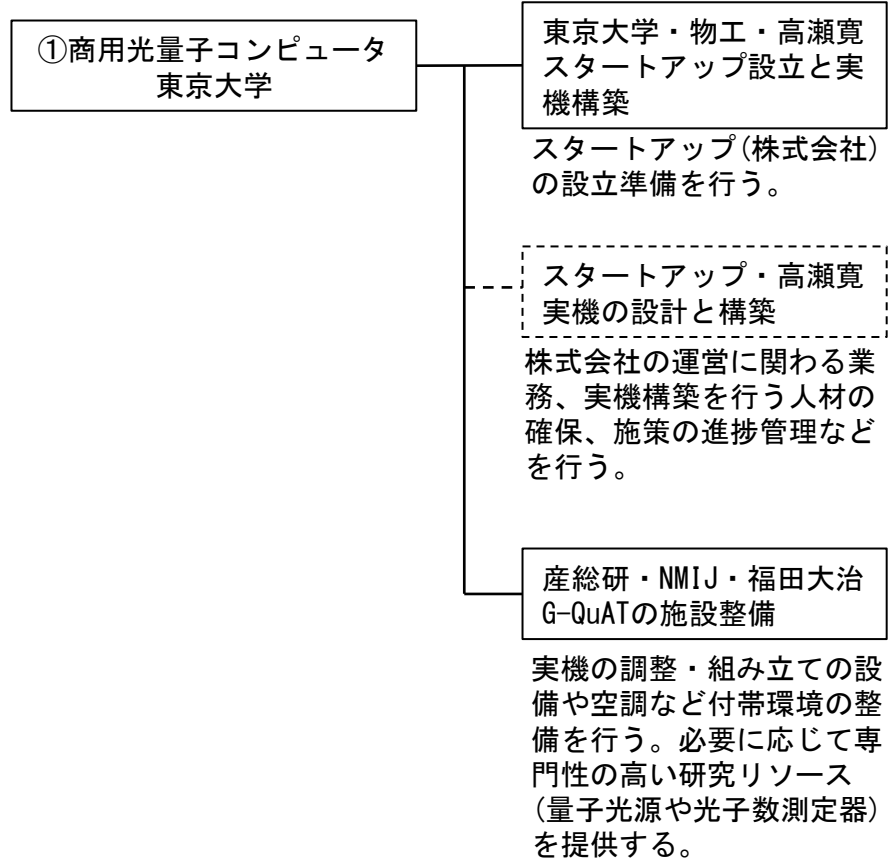
テーマ名	実施内容概要 到達目標 (KPI)	R6年度実施内容 到達目標 (KPI)	R7年度実施内容 到達目標 (KPI)	R8年度実施内容 到達目標 (KPI)
<p>① 商用光量子コンピュータ</p>	<p><b>実施事業</b> 光量子コンピュータのスタートアップを設立し、G-QuATで量子コンピュータの実機を利用できる環境を整える。実機作製で得られた知見とコンソーシアムの雲煙で得たフィードバックを活用し、事業拡大の目途を立てる。</p> <p><b>KPI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>技術開発をTRL5へ進める。</li> <li>ビジネス成熟度をBRL5へ進める。</li> </ul>	<p><b>実施事業</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>スタートアップを設立する。開発面ではG-QuATの実験室整備を進め、実機の仕様決定と必要部材の調達を行う。事業面ではコンソーシアムを立ち上げ、初期メンバーから吸い上げたニーズを仕様策定に還元する。</li> </ul> <p><b>年度目標</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>技術開発をTRL3へ進める。</li> <li>ビジネス成熟度をBRL3へ進める。</li> </ul>	<p><b>実施事業</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コンポーネントの評価をしたのち実機を作製し、コンピュータとしての物理層（低レイヤ部分）の検証と改善を行う。試作実機のソフトウェアを参考にし、低レイヤのソフトウェアから順次仕仕様を策定し購入する。コンソーシアムでは勉強会やシミュレータの活用により、具体的な課題への応用の準備を行う。</li> </ul> <p><b>年度目標</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>技術開発をTRL4へ進める。</li> <li>ビジネス成熟度をBRL4へ進める。</li> </ul>	<p><b>実施事業</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>量子計算のデモンストレーションを行い実運用環境下での実機の性能を評価する。コンソーシアムに所属するユーザーからサービス全体に関してフィードバックを受ける。</li> </ul> <p><b>年度目標</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>技術開発をTRL5へ進める。</li> <li>ビジネス成熟度をBRL5へ進める。</li> </ul>

# 4. 想定する実施体制及び実施者の役割分担

## ● 想定する体制



## ◆ 対象施策実施体制



# 5. BRIDGE終了後の出口戦略

## ●BRIDGE終了後の出口戦略

### 【BRIDGE終了時の成果と終了後の社会実装】

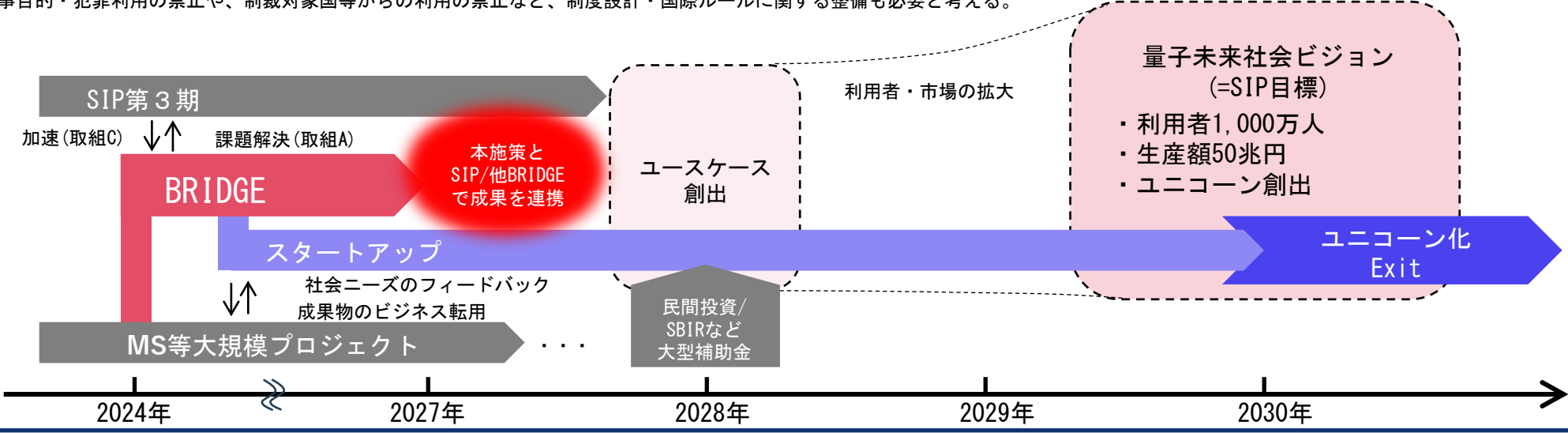
本施策は「量子・古典ハイブリッドテストベッドの利用環境整備 (SIP先進的量子技術基盤)」と「戦略的な研究開発プログラムの成果を活用したスタートアップによる新市場の創出 (BRIDGEスタートアップ創出)」を実現する。本施策後 (2028年～) は構築した実機の改良を加速するため、産総研のSIP量子 (C-1b) と引き続き連携し量子部品の精密評価・高性能化を行うほか、同じく産総研のBRIDGE (超低侵襲量子生命) で開発する光子数識別器を量子誤り訂正の文脈で利用する。これによりSIPの目標である2027年度末までの量子コンピュータのユースケース創出を目指す。また本施策で設立する新会社は、先述の産総研の研究リソース、民間投資およびSBIR制度 (各省庁) やDTSU (経産省/NEDO) 等の制度を活用して事業規模を拡大し、Exitを目指す。

### 【設立会社のビジネスモデル (※詳細は参考資料参照)】

G-QuATでは産業競争力強化法を根拠として作製した実機を商用利用する。設立会社は、光量子コンピュータの商用的利活用を促進するコンソーシアムを立ち上げて自ら市場を開拓する。コンソーシアムの構成員がG-QuATの実機をクラウド経由で利用することを最初期の活動とする。光量子コンピュータ上で最適化ソルバーやニューラルネットワークを実装可能であるという学術的提案が存在しており、理研の試作実機ではこうした応用のソフト開発を進めている。本施策の商用機でも同様のアプリケーションに基づいたユースケースの探索を目指す。最初期の光量子コンピュータ製作費は約10億円を想定している。産総研の用意した物品・装置 (=約8.5億円に相当) を「産業競争力強化法」に基づき利用することで、設立会社が負担する費用は約1.5億円となる。光量子コンピュータ製作と並行して、光量子コンピュータに関する勉強会・普及活動、ユースケース探索や利用企業からの要件吸い上げなどを目的としたコンソーシアムを設立し、光量子コンピュータの商用的利活用を促進する。最初期は、光量子コンピュータをトライアル利用可能なシルバー会員のみを募集しコンソーシアムの裾野を上げた上で、ハイスペックな第二世代の光量子コンピュータを占有・優先利用可能な高次の会員ランクに随時アップグレード頂く。第二世代の光量子コンピュータの開発においては、トライアル利用企業からの要望や要件などのフィードバックを取り入れることで、ニーズドリブンを重視したアプローチとする。量子コンピュータ業界はハードウェア不足で、光方式の実機はまだ存在しない。計算規模の拡張性に優れた光方式の実機を市場に投入することは、世界に数多くある量子ソフトウェアスタートアップや関連分野の研究者、実機の自社開発に高いリスクを感じる多くの事業会社の要望に沿うものである。特に早期への市場投入およびコンソーシアムによる民間企業の巻き込みは、よりニーズに沿った実機の開発につながり、開発と利活用の好循環を産むことが可能になる。結果として、「使える (=ただ動くだけの)」量子コンピュータを超えて、「稼げる (=世の中に経済的インパクトをもたらす)」量子コンピュータを生み出す。短期的には量子コンピュータとG-QuATのスーパーコンピュータの融合による高性能AIの開発も検討する。長期的には最も市場へのインパクトが大きい誤り耐性型量子コンピュータの社会実装を目指す。

### 【量子コンピュータの社会実装に向けた課題】

本施策ではスタートアップの設立を行うが、ハードウェアを提供するスタートアップの不足は今後も継続するだろう。量子ハード系スタートアップは、①継続的な基礎研究とその成果の商用化、②研究を実施するための専用設備、の2つが必要になる点がソフトウェア系スタートアップなどと異なる点である。①については、ムーンショットなどの大型プロジェクトの成果を速やかにスタートアップに提供するなどのオープンイノベーション化が有効だ。②については、グローバルスタートアップキャンパス構想のような形で、設立済みのスタートアップの集積拠点があれば効率的な支援が可能になる。また、量子コンピュータは、従来のコンピュータでは解決不能であった課題を解決できる非常に大きな可能性を秘めているものである。そのため、サイバー攻撃、ハッキングなどの軍事的目的・犯罪利用の禁止や、制裁対象国等からの利用の禁止など、制度設計・国際ルールに関する整備も必要と考える。





## 6. 民間研究開発投資誘発効果及びマッチングファンド

### 【民間研究開発投資誘発効果、財政支出の効率化】

光方式でのユースケースを創出していくことで、量子コンピュータ産業(2050年に6800億円～1兆3000億円)で大きなシェアを獲得できる可能性がある。G-QuATは量子コンピュータとAI等の古典コンピュータによる技術の融合を図っているため、AI関連の投資も誘発可能であると考えられる。

### 【民間からの貢献額（マッチングファンド）】

ハードウェアの部材作製会社に加え、量子コンピュータ関連のシステム・ソフトウェア会社、経営コンサルタントからの人的貢献により年間6000万円程度の貢献を見込んでいる。