

未来社会創造事業（大規模プロジェクト型）



文部科学省

事業の目的	戦略的創造研究推進事業や科学研究費助成事業等の基礎研究や基盤的研究開発から創出された有望な研究成果の活用を通じて、新技術の企業への橋渡し等を推進し、我が国の科学技術の振興を図ることを目的とする。
事業の概要	社会・産業ニーズ（潜在的なニーズを含む）を踏まえ、経済・社会的にインパクトのあるターゲット（出口）を明確に見据えた技術的にチャレンジングな目標を設定し、戦略的創造研究推進事業や科学研究費助成事業等の有望な成果の活用を通じて、実用化が可能かどうか見極められる段階（概念実証：POC）を目指した研究開発を実施する。 また、成果最大化に向け、産学官の有識者の協力を得て、斬新なアイデアの取り込み、事業化へのジャンプアップ等を柔軟かつ迅速に実施可能とするような研究開発運営を採用する。
現状・課題	本事業は、最大10年間の研究開発期間としており、事業開始（平成29年度）当初に採択した研究課題は令和7年度に9年目を迎えるが、その他の研究課題については、社会実装の具体化やPOC基準の明確化とその達成に向けた技術開発など、企業への橋渡しを実現する取組を加速していく必要がある。この状況において、これまで行われてきた事業マネジメントの検証を行うとともに、その検証の結果を今後のマネジメントに活かしていくことで、最終的な成果の企業への橋渡しをより確固たるものにすることが求められる。

背景・課題

- 知識や価値の創出プロセスが大きく変貌し、経済や社会の在り方、産業構造が急速に変化する大変革時代が到来。次々に生み出される新しい知識やアイデアが、組織や国の競争力を大きく左右し、いわゆるゲームチェンジが頻繁に起こることが想定。
- 過去の延長線上からは想定できないような価値やサービスを創出し、経済や社会に変革を起こすため、新しい試みに果敢に挑戦し、非連続なイノベーションを積極的に生み出すハイリスク・ハインパクトな研究開発が急務。

(政府文書等における記載)
統合イノベーション戦略 2024 (令和6年6月4日閣議決定)
・未来社会創造事業において、テーマに応じて人文・社会系の研究者を巻き込みつつ「総合知」を効果的に活用した研究プログラムを推進。
・未来社会創造事業において、ステージゲート評価等を実施し、効果的に挑戦的な取組を推進。

事業概要

事業の
目的・目標

- 社会・産業ニーズを踏まえ、**経済・社会的にインパクトのあるターゲットを明確に見据えた技術的にチャレンジングな目標を設定。**
- 民間投資を誘発しつつ、戦略的創造研究推進事業や科学研究費助成事業等から創出された多様な研究成果を活用し、**実用化が可能かどうかを見極められる段階 (POC) を目指した研究開発**を実施。

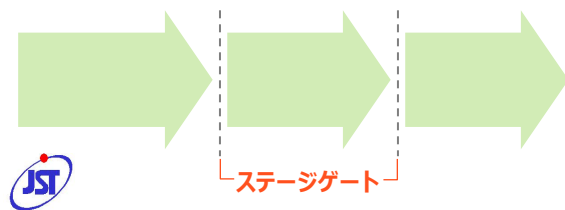
 M E X T (技術テーマ)

科学技術イノベーションに関する情報を収集・分析し、現在の技術体系を変え、**将来の基盤技術となる技術テーマを国が決定。**
当該技術に係る研究開発に集中的に投資。

- ・レーザープラズマ加速
- ・超伝導接合
- ・超高精度時間計測
- ・革新的接着技術
- ・革新的水素液化技術
- ・革新的熱電変換技術
- ・革新的デバイス技術
- ・革新的マイクロ波計測技術

技術実証研究 (10年)

4億円程度/年

柔軟かつ迅速な
研究開発マネジメント

これまでの成果事例

香取 秀俊 東京大学大学院教授:クラウド光格子時計による時空間情報基盤の構築



- 18桁の精度（百億年に一秒のずれに相当）をもつ可搬型光格子時計の開発に世界で初めて成功。
- 東京スカイツリーの地上階と展望台に設置した2台の可搬型光格子時計により重力赤方偏移を高精度に観測し、一般相対性理論を検証。

- ・ **ステージゲート**による集中投資で、成功へのインセンティブを高める。
- ・ テーマの選定段階から**産業界が参画**。研究途上の段階でも**積極的な橋渡し**を図る。
- ・ **研究途上から企業の費用負担、民間投資の誘発**を図る。

事業スキーム

国

運営費交付金

JST

委託

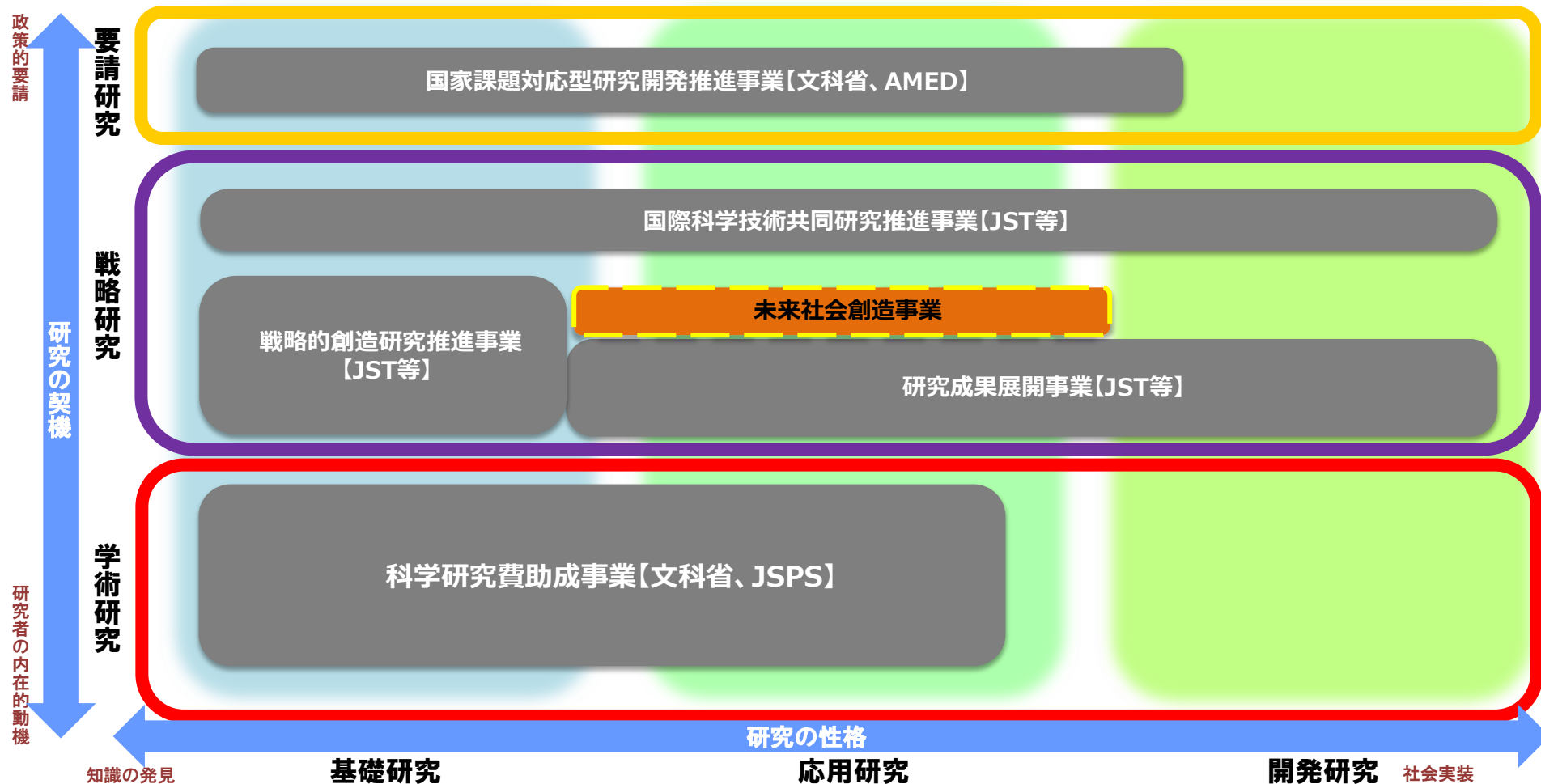
大学・国立研究開発法人・民間企業等

令和7年度予算案内訳

● 継続課題 8件分

研究費における未来社会創造事業の位置づけ（※一部抜粋）

○研究の契機（縦軸：研究者の自由な発想によるもの／政策的要請によるもの）や研究の性格（横軸：基礎～応用～開発）等に応じたファンディングにより研究を支援。



※各資金がカバーする主要な研究領域の範囲を概念的に示したもの。

出典：「研究成果の持続的創出に向けた競争的研究費改革について（中間取りまとめ）
平成27年6月24日 競争的研究費改革に関する検討会」等を基に文科省作成

科学技術・イノベーションの総合的な推進機関として、基礎研究から実用化まで一貫した研究開発の支援とともに、我が国の強みを支える科学技術基盤の強化を目指す。令和7年度においては、「第6期科学技術・イノベーション基本計画」、「統合イノベーション戦略2024」等を踏まえ、変容する社会に対応し、イノベーションにつながる新たな潮流を生み出す独創的なネットワーク型研究所として、知の創造と経済・社会的価値への展開等の推進に積極的に取り組む。

設立年月日：平成15年10月1日

理事長：橋本 和仁

役員数：理事長1名、運用業務担当理事1名、理事4名、監事2名

常勤職員数：1,546名（令和6年10月1日時点）

令和7年度予算額（令和6年度予算額）

運営費交付金 1,008億円（1,010億円）、施設整備費補助金 4億円（1億円）

※基金事業（ムーンショット型研究開発事業、創発的研究支援事業、博士後期課程学生の処遇向上と研究環境確保、国家戦略分野の若手研究者及び博士後期課程学生の育成、日ASEAN科学技術・イノベーション協働連携）に係る予算は含まない

■ 社会変革に資する研究開発戦略の立案と社会との共創 6,165百万円(6,275百万円)

- 研究開発戦略センター(CRDS)事業 787百万円(737百万円)
(R7年度より研究開発戦略立案のための情報基盤システム整備事業と統合)
- アジア・太平洋総合研究センター(APRC)事業 399百万円(399百万円)
- 低炭素社会実現のための社会シナリオ研究事業 130百万円(250百万円)
- 未来共創推進事業 3,163百万円(3,163百万円)
- 社会技術研究開発事業 1,686百万円(1,676百万円)



■ 社会変革に資する研究開発による新たな価値創造の推進 21,936百万円(22,053百万円)

- 共創の場形成支援 13,414百万円(13,401百万円)
- 大学発新産業創出プログラム(START) 1,940百万円(1,965百万円)
- 研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP) 4,628百万円(4,733百万円)
- 知財活用支援事業 1,954百万円(1,954百万円)

以下は文部科学省からの補助金により基金を造成して実施

- ムーンショット型研究開発事業 2,063百万円(2,470百万円)

※80,000百万円(H30補正)、68,000百万円(R3補正)、152,200百万円(R5補正)

■ 新たな価値創造の源泉となる研究開発の推進 セグメントシート 55,030百万円(54,790百万円)

- 戦略的創造研究推進事業(新技術シーズ創出) 43,814百万円(43,684百万円)
- 戦略的創造研究推進事業(先端的カーボンニュートラル技術開発)(ALCA-Next) 2,204百万円(1,640百万円)
- 戦略的創造研究推進事業(情報通信科学・イノベーション基盤創出)(CRONOS) 1,301百万円(901百万円)
- 未来社会創造事業 7,711百万円(8,565百万円)

■ 多様な人材の支援・育成 4,234百万円(4,170百万円)

- スーパーサイエンスハイスクール支援 2,286百万円(2,286百万円)
- 科学技術コンテストの推進 695百万円(639百万円)
- 大学等と連携した科学技術人材育成活動の実践・環境整備支援 1,016百万円(1,008百万円)
- 研究開発マネジメント人材の育成 162百万円(162百万円)
- 研究公正推進事業 74百万円(74百万円)

以下は文部科学省からの補助金により基金を造成して実施

- 創発的研究支援事業
- ※50,000百万円(R元補正)、13,354百万円(R2補正)、5,280百万円(R3補正)、55,344百万円(R4補正)、574百万円(R5補正)
- 博士後期課程学生の処遇向上と研究環境確保
- ※17,360百万円(R2補正)、34,720百万円(R3補正)、49,901百万円(R5補正)
- 国家戦略分野の若手研究者及び博士後期課程学生の育成 ※21,310百万円(R5補正)

■ 科学技術・イノベーション基盤の強化 9,500百万円(9,403百万円)

- 科学技術情報連携・流通促進事業 3,085百万円(3,085百万円)
- ライフサイエンスデータベース統合推進事業 1,092百万円(1,311百万円)
- 研究人材キャリア情報活用支援事業 134百万円(129百万円)
- 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS) 1,950百万円(1,950百万円)

- 戦略的国際共同研究プログラム(SICORP) 1,061百万円(1,058百万円)
- 国際科学技術協力基盤整備事業 370百万円(370百万円)
- 国際青少年サイエンス交流事業 1,808百万円(1,502百万円)

以下は文部科学省からの補助金により基金を造成して実施

- 日ASEAN科学技術・イノベーション協働連携(NEXUS) ※14,590百万円(R5補正)



セグメントシート「新たな価値創造の源泉となる研究開発の推進」における各事業の位置付け

基礎研究

政策達成に向けた基礎研究
革新的技術シーズの創生

応用研究

イノベーションに向けた研究の加速・深化
革新的技術シーズの育成、分野融合

開発研究

新事業の創生・新技術の実用化に
向けた開発・実証試験

ALCA-Next（先端のカーボンニュートラル技術開発）

CRONOS（情報通信科学・イノベーション基盤創出）

戦略的創造研究推進事業

CREST、さきがけ、ACT-X、ERATO



未来社会創造事業

・大規模プロジェクト型

将来の基盤技術となるよう文部科学省が特定した「技術テーマ」に係る研究開発課題を公募し、集中的に投資する。

・探索加速型

提案課題を比較的少額で多数採択し（スモールスタート）、それらの課題を絞り込み、集中投資する本格研究へと段階的に研究開発を進める。

公開プロセス対象

社会・産業ニーズを踏まえた
バックキャスト型のハイインパクトな研究開発。

- ・ 目指すべき未来のビジョンを描き、その実現に必要なアプローチを設計。
- ・ 今までに無い革新的な技術で社会、経済に変革を起こす。

有望な基礎研究の成果を活用し、
未来ビジョンの実現に向けて、
基礎から開発まで一気通貫で実施

レーザー駆動による量子ビーム加速器の開発と実証

バックキャストにより、必要な研究開発や社会実装の進め方を検討

基礎研究

SG 1 (4年度目 : R2) KPI 4

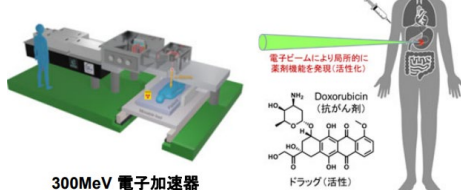
体制構築、加速システム検討、要素技術（電子加速・イオン加速）の発掘・育成、研究インフラの整備

橋渡しの具体像

- ・加速器メーカー
- ・放射光設備運用機関
- ・製薬メーカー
- ・医療機器メーカー
- ・高出力レーザー開発メーカー

電子加速

電子ビームの創薬・医療応用



応用研究

SG 2 (7年度目 : R5) KPI 6

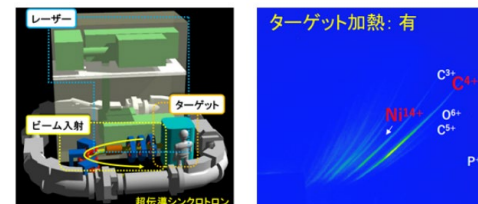
【電子加速】電子ビームの創薬・医療応用に着手
【イオン加速】入射器に必要な一連の動作確認（イオン発生・輸送・検出）

有力な橋渡しとして医療・創薬分野等への展開に注力！

医薬品医療機器総合機構（PMDA）の審査・認可プロセスに向けた技術開発を進める

イオン加速

レーザー加速によるイオン入射器



事後評価時 (10年度目) KPI 8

※現時点で目指すゴール

【電子加速】加速エネルギー数GeVの電子加速器の卓上型加速器（数mサイズ）と利用実証

【イオン加速】加速エネルギー4MeV/uのC6+イオン加速器の卓上型化と入射器設計の実証

PMDAの審査に必要な技術の実証等を進める

開発研究

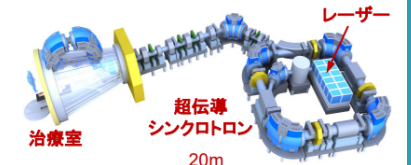
(社会・産業ニーズ)

- ・粒子加速器は学術、産業医療など幅広い分野で利用されているが、装置の巨大さと高額な建設費が普及を妨げている。

(未来ビジョン)

- ・粒子加速器の大幅な小型・低価格化を実現し、粒子線がん治療器等の幅広い病院への導入や新材料や新薬の開発等における加速器利用を拡大する。

治療機会の提供・拡大(医療費の抑制)



次世代重粒子線がん治療装置(量子メス)

「未来社会創造事業大規模プロジェクト型」ロジックモデル (R7年度予算額:3,450百万円)

現状

- ・事業開始から9年目となり、優れた成果を多数創出している。
- ・企業の参画においてはサプライサイドのみではなくユーザーサイドも加え、バリューチェーンを意識した体制にすることが重要。社会実装を見据えた体制を構築するよう指導を行っている。

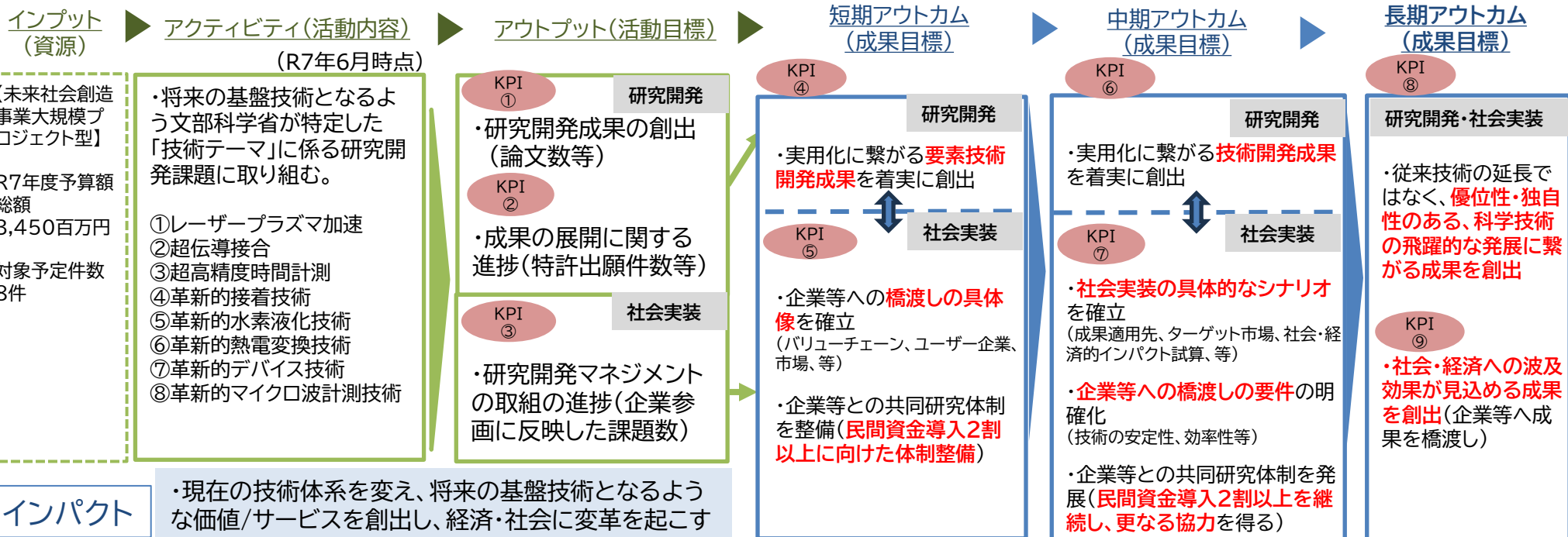
課題

- ・今後は各課題において成果の具体的な適用先の設定等を明確化し、実用化のための概念実証(POC※)達成に向けた取組を加速していく必要がある。

※POCは技術成熟度(Technology Readiness Level:TRL)が3の段階

本事業の目的

- ・民間投資を誘発しつつ、戦略的創造研究推進事業等から創出された多様な研究成果を活用し、実用化のための概念実証(POC)を目指した研究開発を実施。



測定指標と目標値

*実用化を目指した企業との共同研究や実証実験を開始(実施)した課題

アウトカム

KPI④⑥⑧:各フェーズの審査において**評価A以上**が80%

※A以上は優れた成果であり、B以下は大幅な改善が必須

- KPI ④ 第1次ステージゲート(約67%※R6までの累計)
- KPI ⑥ 第2次ステージゲート(約83%※R6までの累計)
- KPI ⑧ 事後評価

- KPI ⑤ 企業参画数の増加(R5年73件⇒R6年80件)
 - KPI ⑦ 民間資金導入2割以上の課題の件数が100%(R5年3件/3件⇒R6年6件/6件)
 - KPI ⑨ 成果を企業等に橋渡しした課題の件数が8件
- 企業が参画する
↓
企業が研究開発に本格的に関わる
↓
研究成果が橋渡し

高温超電導線材接合技術の超高磁場NMRと鉄道き電線への社会実装

バックキャストにより、必要な研究開発や社会実装の進め方を検討

基礎研究

応用研究

開発研究

SG 1 (4年度 : R2) KPI 4

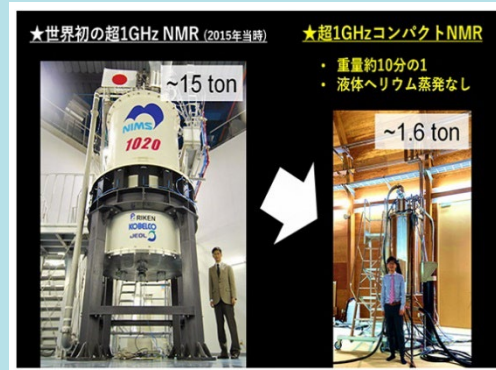
- ①高温超電導線材の超電導接合技術
- ②30T 級の磁場発生技術
- ③鉄道き電ケーブルの低抵抗接合技術等において、基礎的な技術確立

橋渡しの具体像

- ①線材メーカー
- ②NMRメーカー
- ③鉄道事業者

SG 2 (7年度目 : R5) KPI 6

- ①REBCO系線材超電導接合技術の確立
- ②世界一コンパクトな超1GHz NMRマグネットの開発等



- ③超電導き電システム送電による世界初の営業線運用検証の開始等



事後評価時 (10年度目) KPI 8 ※現時点で目指すゴール

- ①超電導接合、超伝導マグネット製造技術における量産可能な基盤技術の確立
- ②1.3GHz NMR開発機の実証
- ③直流送電用超伝導線材のケーブル化技術・運用技術の鉄道現場での実証試験、社会実証への移行

- ✓ ユーザー (NMR : 研究機関等、鉄道き電 : 鉄道事業者) への展開加速
- ✓ 基盤技術 (接合、マグネット製造) のNMR、鉄道き電システム以外の分野への展開加速

研究開始当初に予見不可能な事態への対処

- ビスマス線材メーカーの事業撤退により、REBCO線材のみで基盤接合技術を構築する方針へ転換
- NMR:REBCOのみで1.3 GHz達成を目指す
- 鉄道き電:REBCO接合に研究内容絞込み等
- 共通基盤技術早期確立のため上記両分野の連携を強化

(社会・産業ニーズ)

- 高温超電導を社会に普及していくためには接合技術が、不可欠であるが、技術として未成熟である。

(未来ビジョン)

- 高温超伝導の普及により、超高磁場NMR等による創薬・医療の高精度・高度化や、送電ロスゼロ等による社会インフラの省エネ・高効率化に貢献する。

クラウド光格子時計による時空間情報基盤の構築

バックキャストにより、必要な研究開発や社会実装の進め方を検討

基礎研究

応用研究

開発研究



SG 1 (4年度目 : R3) KPI 4

○光格子時計の小型化
○第1世代機の高車載化によるセンチメートル精度の高速測位を実現・光ファイバ・リンクの構築
○16桁精度の遠隔比較の実現、相対論的測地への応用

SG 2 (7年度目 : R6) KPI 6

○これまでの研究成果をもとに島津製作所、JEOLが中心となって光格子時計の製品化を見据えた商用プロトタイプ機が完成

事後評価時 (10年度目) KPI 8 ※現時点で目指すゴール

○2030年の国際度量衡総会における「秒の再定義」に向けて商用プロトタイプ機で稼働実績を積み上げる。
○超高精度で小型の縦励起分光方式光格子時計での実用性検証。

(社会・産業ニーズ)

- ・ 災害が頻発する我が国では、地震の早期検知を行うために地形・地殻の変化を高精度に測定できるシステムや、国土監視に活用するために安定した高速データ通信システムの構築が求められる。

(未来ビジョン)

- ・ 300 億年に1 秒しか狂わない光格子時計の小型・堅牢・高信頼化により、超高精度クラウド・クロック環境を実現し、安全・安心社会を支える基盤構築が進む。

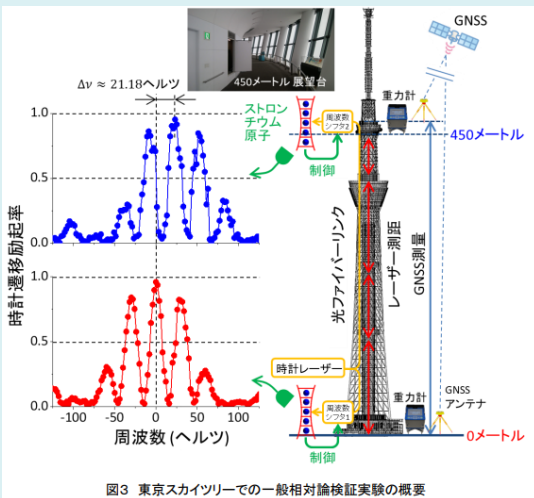


図3 東京スカイツリーでの一般相対論検証実験の概要

東京スカイツリーで検証実験を実施し、物理学者アインシュタインが唱えた一般相対性理論の予測通りの結果を確認。

橋渡しの具体像

- ・光格子時計の製品化企業
- ・通信事業者
- ・測地・地殻変動研究に関する機関
- ・時間標準・周波数標準に関する研究機関



本事業の支援により
研究が進み、3年前
倒して完成！

開発研究が加速し、幅広く社会に展開中

磁気冷凍技術による革新的水素液化システムの開発

バックキャストにより、必要な研究開発や社会実装の進め方を検討

基礎研究

応用研究

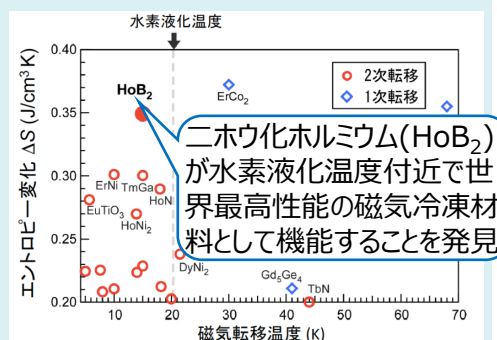
開発研究



SG 1 (4年度目 : R3)

KPI 4

○有望な磁気冷凍材料を多数発見



○磁気冷凍サイクルの概念実証に成功

○サプライヤー企業からユーザー企業・商社等、広範囲の業種の企業から協力を得る体制整備にメド

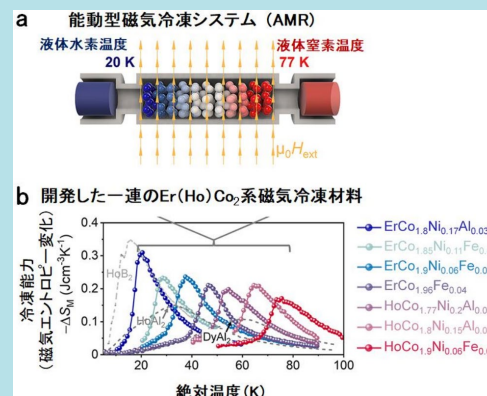
橋渡しの具体像

- ・磁気冷凍材料製造メーカー
- ・水素液化機開発メーカー
- ・液化水素ユーザー企業

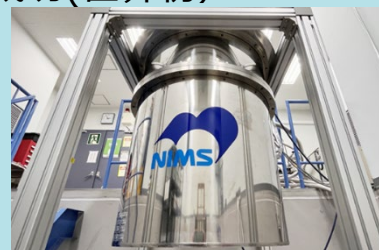
引用
<https://www.jst.go.jp/pr/announce/20200512/pdf/20200512.pdf>

SG 2 (7年度目 : R6) KPI 6

○水素液化に必要な全温度範囲(77~20K)で、開発目標を満たす冷却効果を有する磁気冷凍材料を開発



○パイロットプラントを製作、実用的なプロセスによる水素液化、世界最大級の磁気冷凍機の運転に成功(世界初)



引用
<https://www.jst.go.jp/pr/announce/20220401/pdf/2020401.pdf>
<https://www.nims.go.jp/nims/publicity/mailmag/mgex202412250.html>

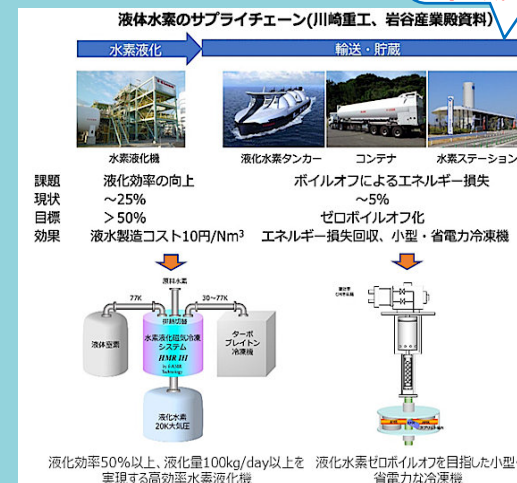
事後評価時(10年度目) KPI 8

※現時点で目指すゴール

①液化効率50%以上、液化100kg/day以上の高効率水素液化機の実証

②液化水素ゼロボイルオフを目指した小型・省電力な冷凍機の実証

水素供給コストの約1/3を占める水素液化コストの削減



引用
<https://www.jst.go.jp/mirai/jp/program/large-scale-type/theme06.html>

○ただしステージ2目標は未達であり、エンジニアリング力の強化のため、製品化を担うシステム・プラントメーカーが主体となる開発体制を早急に構築すべき

○サプライチェーンでの位置付けやユースケース具体化のため、経産省・NEDOとの連携や、水素サプライヤー、エネルギー事業者等のユーザー、インテグレータとの連携加速が必要

(社会・産業ニーズ)
・脱炭素の動きにおいて、水素の利用は安全かつ合理的であるが、経済的に成立するためには、コストの中でもウエイトの大きい液化コストの削減が必要。

(未来ビジョン)
・「磁気冷凍技術」によって液化効率を飛躍的に向上させて、水素液化システム・装置化へ向けた高効率化・大規模化を図ることにより、水素社会構築が進む。

界面マルチスケール4次元解析による革新的接着技術の構築

バックキャストにより、必要な研究開発や社会実装の進め方を検討

基礎研究

応用研究

開発研究

SG 1 (4年度目 : R3) KPI 4

- 汎用的な基盤技術となる顕著な成果が得られ、当初目標を全て達成。
(接着界面における分子鎖の直接観察や接着剤のタフネス化、自己修復性、易解体性等)

橋渡しの具体像

- モビリティへの応用を念頭に化学素材メーカー等14社の参画を予定。
- 学理で究明された基盤技術の共創領域と、基盤技術を使い用途開発・実用化を行う競争領域の明確な線引きとマネジメントが必要。

SG 2 (7年度目 : R6) KPI 6

- プロジェクトマネージャーの高いマネジメント力によって特筆すべき産産学学連携体制・知財戦略拠点を構築。
- 参画企業個別にPOCを設定し、各機関単独では成し得ない成果を創出。
- 多数の論文掲載・報道発表、特許出願を行い、学術的にも高く評価。情報発信活動も積極的に展開。

事後評価時 (10年度目) KPI 8

※現時点で目指すゴール

- 接着剤、タイヤ、バッテリー筐体、電極、モーター向けの接着技術の実用化。
- 持続的な産産学学連携・人材育成プラットフォームの構築。
- 自動車業界・サプライチェーン全体へ成果を展開し、産産学学連携のベストプラクティスを確立すべき。
- プロジェクト終了後の研究体制の維持・拡大、産学一体となった人材育成策の具体化を期待

軽量化、電動化、資源循環のための易解体など、**サステナブル社会に貢献する次世代モビリティの創出**を目指す

(社会・産業ニーズ)

- Society5.0における製造イノベーションの実現には、接着技術の革新が必須だが、接着界面の評価・解析手法が確立されていないことが、次世代接着技術創出のボトルネックとなっている。

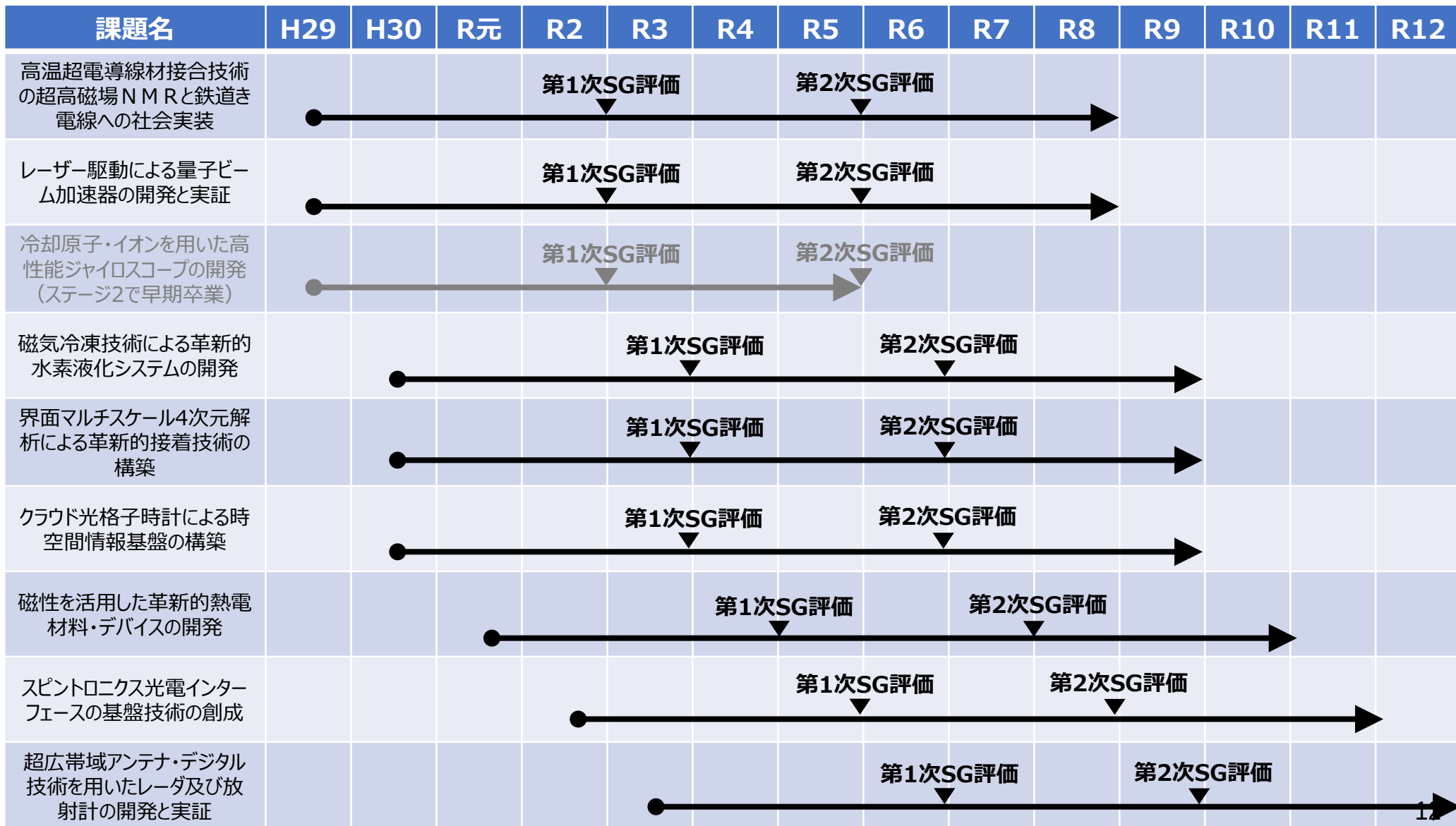
(未来ビジョン)

- 接着界面の評価・解析技術を深め、接着強度・耐久性の飛躍的な向上や新しい機能をもつ接着技術を創出し、モビリティの環境負荷低減等を実現する。



各課題の研究開発期間

- 10年の研究開発期間のうち、4年度末と7年度末にステージゲート（SG）評価を実施。
- 令和4年度以降は新規採択を行ってない。



研究開発マネジメントの取組状況

➤ 応募件数・採択件数

	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度
応募件数（件）	5	6	8	2	3	－	－	－
採択件数（件）	3	3	1	1	1	－	－	－
採択率（％）	60.0	50.0	12.5	50.0	33.3	－	－	－
ステージゲート 通過件数（件） 1次/2次	－	－	－	3 / 0	3 / 0	1 / 0	1 / 2	1 / 3

➤ 社会還元や実用化に向けたマネジメント

- ・ ステージ2以降、資金導入対象機関から[所定の規模の資金導入を必須](#)としており、民間投資の誘発を図るため早期からの企業の参入を推奨している。特に企業の参画においてはサプライサイドのみではなくユーザーサイドも加え、バリューチェーンを意識した体制にすることが重要であり、[社会実装を見据えた産学連携体制を構築するよう指導](#)を行っている。
- ・ 研究開発運営会議の委員によるサイトビジット等による研究進捗確認の場を概ね年2回設け、課題の進捗を常に把握するとともに、国内外の研究開発動向や社会環境の変化等に鑑み、[必要に応じて研究開発計画を見直すなど、柔軟かつ機動的な運営](#)を実施している。
- ・ マネジメントや企業との連携などにおいて[プロジェクト全体に共通する課題の討議や取り組みの好事例を共有する](#)ことで大規模プロジェクト型全体の研究開発マネジメント力の向上を図ることを目的に全PM及びPM補佐が参加するPM会議も実施している。

➤ 企業参画数

	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度
参画件数（件）	7	11	13	14	30	53	73	80

研究開発成果の創出

➤ 論文数（国際共著論文の割合含む）／論文被引用数

	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度
論文数（件）	3	42	113	168	178	176	144
国際共著論文数（件）	0	2	14	17	42	61	40
国際共著論文割合（%）	0	4.8	12.4	10.1	23.6	34.7	27.8
論文被引用数（件）	—	3.3	1.6	3.9	5.3	8.5	9.6

※各年度の前年度実績を記載。

※論文被引用件数は1論文あたりの平均被引用数。

➤ 特許出願・登録件数

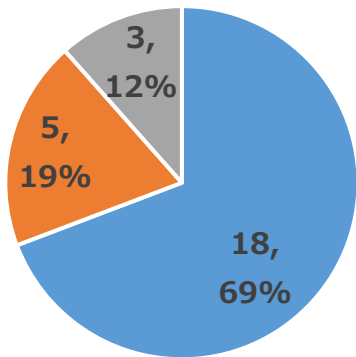
	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度
特許出願件数（件）	7	12	40	43	61	61	92
特許登録件数（件）	0	0	2	0	2	14	25

※各年度の前年度実績を記載。

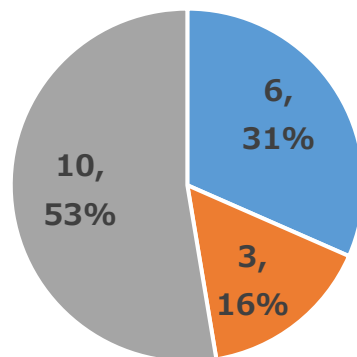
大規模PJ型参画機関における企業、国研、大学の割合

上段：機関数
下段：割合[%]

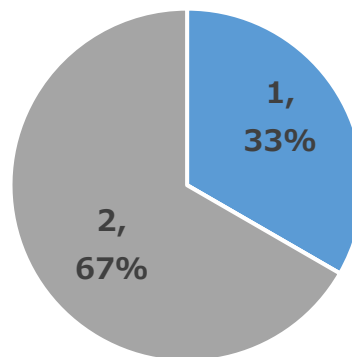
■企業等
■国研
■大学



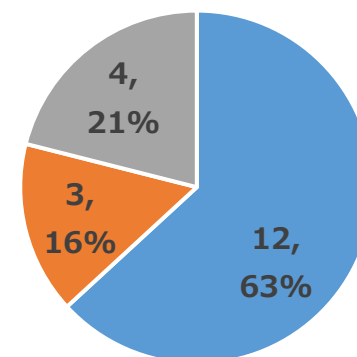
【H29レーザー加速】
佐野PM(分子研)



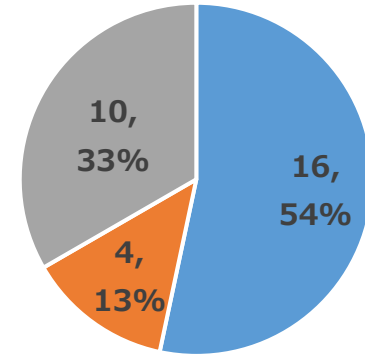
【H29超電導接合】
小野PM(理研)



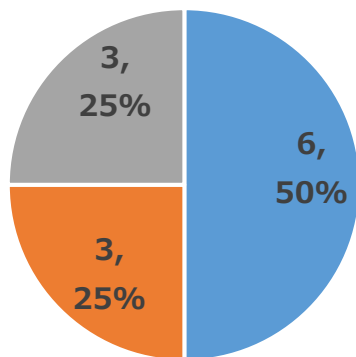
【H29量子】
上妻PM(東工大)



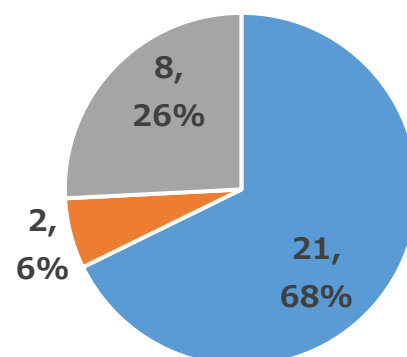
【H30液水】
西宮PM(NIMS)



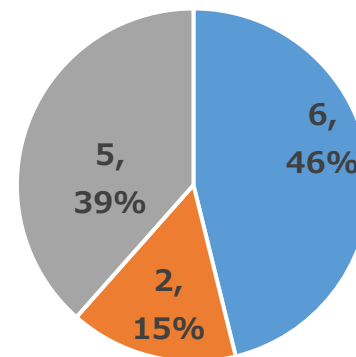
【H30接着】
田中PM(九大)



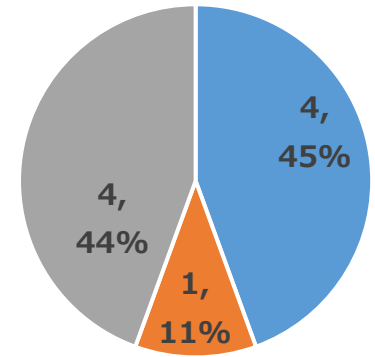
【H30時間計測】
香取PM(東大)



【R1熱電変換】
森PM(NIMS)



【R2革新的デバイス】
中辻PM(東大)



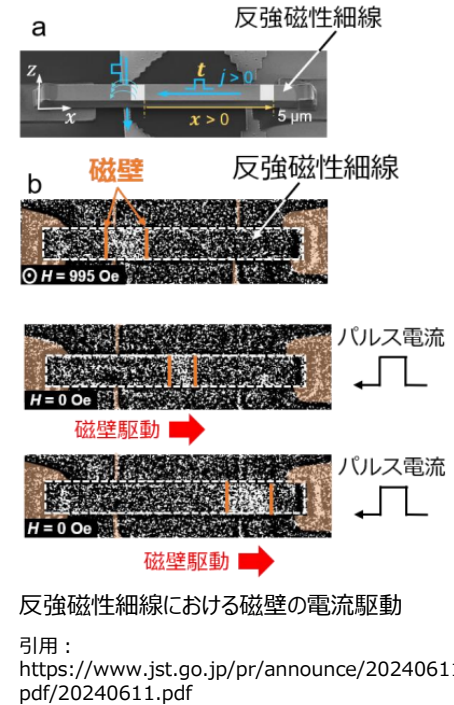
【R3マイクロ波】
富井PM(JAXA)

研究開発成果の創出～顕著な成果例～

➤ 室温で反強磁性磁壁の高速電流駆動を実証

中辻 知 氏（東京大学 教授）「スピントロニクス光電インターフェースの基盤技術の創成」（令和2～11年度）

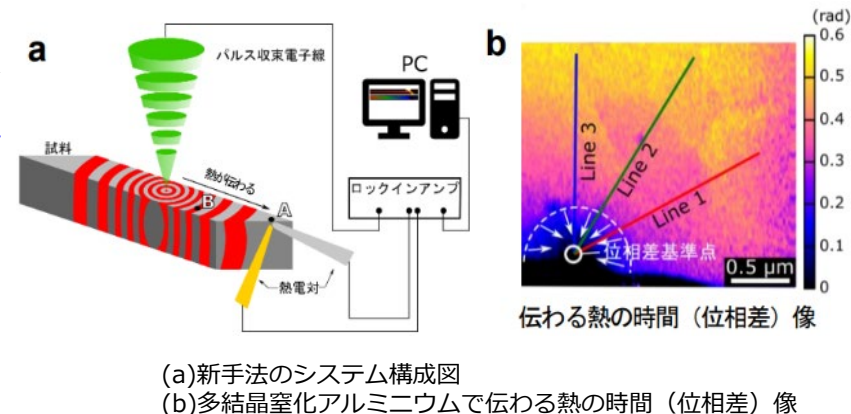
- 反強磁性体にもかかわらず、強磁性体のように磁化状態を電氣的・光学的に検出できる**カイラル反強磁性体を用いて、磁壁をナノ秒のパルス電流によって高速駆動できる**ことを実験的に示した。
- カイラル反強磁性体では、**約2桁高い移動度（単位電流密度当たりの移動速度）を有することを確認**したほか、磁壁の高速駆動に適した磁壁構造を明らかにした。
- カイラル反強磁性体を、より薄膜化・微細化することで、より実デバイスに近い構造における高速磁壁駆動が実現すれば、超高速・低消費電力を両立した短距離配線の光化への貢献が期待できる。
- CREST（平成30～令和5年度）等とも連携し、学理と実証の両面から、超高度情報処理を実現する革新的デバイス技術の実現を目指す。



➤ 熱拡散を定量計測できる新しい電子顕微鏡法を開発

森 孝雄 氏（物質・材料研究機構 主席研究員）「磁性を活用した革新的熱電材料・デバイスの開発」（令和元～10年度）

- 透過電子顕微鏡でナノサイズに絞った電子線をパルス状にして試料に照射し、断続的に変化する温度を極小サイズの熱電対で測定する独自の精密温度測定技術により、**熱の伝搬経路や動きを観察できる新たなナノスケール熱輸送観察法を開発**した。
- 次世代の熱輸送材料や熱電変換デバイスなどの高性能化に貢献が期待されており、**オールジャパンの熱電研究チーム**で無数のIoTセンサー・デバイスのための自立電源（熱電池）など、新規産業の創出と市場の開拓を目指している。
- CREST（平成27～令和元年度）にて進展したナノスケールの熱計測技術を基盤に、実用化に向け着実に進展している。



引用：
<https://www.jst.go.jp/pr/announce/20240116-2/pdf/20240116-2.pdf>

成果の展開や社会還元に関する進捗

➤ 光格子時計の高精度化に必須な連続原子源を開発、光格子時計の商用機を販売開始

香取 秀俊 氏（東京大学 教授）「クラウド光格子時計による時空間情報基盤の構築」
（平成30～令和9年度）

- 現在の「秒」の定義の基準となっているセシウム原子時計に対して**100倍以上の精度を誇るストロンチウム光格子時計の商用機を世界で初めて開発し、受注販売を開始した。**
- 当プロジェクトは、基礎から社会実装を見据えた研究開発であり、その目的達成に向け、PM補佐等の支援者の充実を図る等、PMには研究開発に注力いただけるような体制を構築して研究開発を推進している。



引用：
<https://www.jst.go.jp/pr/announce/20241121/pdf/20241121.pdf>

➤ 共同連携企業とアカデミアの産学連携プラットフォームの構築

田中 敬二 氏（九州大学 教授）
「界面マルチスケール4次元解析による革新的接着技術の構築」
（平成30～令和9年度）

- Society5.0において重要な役割を果たすモビリティの軽量化・電動化・知能化に向けて、接着技術を重要な基盤技術の一つとして位置付け、接着現象に関連する界面の学理からものづくりまで一貫して研究開発・社会実装を行う、**企業とアカデミアによる産産学学連携体制および知財戦略拠点を構築。**
- PMの高いマネジメント力により、共同連携機関である企業の適用先ごとにPOCを設定し、バックキャストにドライブされる研究開発を、卓越したサイエンスを武器とするアカデミアが一体となって柔軟に支援することで、各機関単独では成し得ない成果を創出・確立した。



共同連携機関14社

引用
<https://crea.kyushu-u.ac.jp/organization/>

マネジメントのスケジュール①（令和6年度上期）

	①レーザープラズマ加速	②超伝導接合	③超高精度時間計測	④革新的接着技術	⑤革新的水素液化技術	⑥革新的熱電変換技術	⑦革新的デバイス技術	⑧革新的マイクロ波計測技術
4月								
5月								
6月	第29回事業統括会議@JST東京本部別館（6/6）							
7月						サイトビジット @NIMS (7/30)		
	第12回PM会議@JST東京本部別館（7/9）							
8月	研究開発運営会議 (8/5)	サイトビジット @JASTEC (8/22)		サイトビジット @九州大学 (8/26)				サイトビジット @ウェザー ニュース (8/2)
9月			サイトビジット @島津製作所 (9/9)		研究開発運営会議 (9/5)			

マネジメントのスケジュール②（令和6年度下期）

	①レーザープラズマ加速	②超伝導接合	③超高精度時間計測	④革新的接着技術	⑤革新的水素液化技術	⑥革新的熱電変換技術	⑦革新的デバイス技術	⑧革新的マイクロ波計測技術
10月		サイトビジット @理研 (10/9)			サイトビジット @NIMS (10/3)		サイトビジット @東京大学 (10/16)	
11月			第2次ステージ ゲート評価 会 (11/25)	第2次ステージ ゲート評価 会 (11/18)	第2次ステージ ゲート評価 会 (11/28)			第1次ステージ ゲート評価 会 (11/22)
12月		研究運営会 議 (12/16)						
1月	サイトビジット @QST関西 研、奈良女子 大学 (1/15)							
	第30回事業統括会議@JST東京本部別館（1/10）							
2月				研究開発運 営会議 (2/6)				
	第13回PM会議@JST東京本部別館（2/7）							
3月		研究開発運 営会議 (3/10)	研究開発運 営会議 (3/18)		研究開発運 営会議 (3/13)	研究開発運 営会議 (3/7)	研究開発運 営会議 (3/12)	研究開発運 営会議 (3/25)

各課題の研究開発運営会議委員（ステージゲート評価実施時）①

（運営統括／研究開発運営会議議長 大石 善啓 株式会社三菱総合研究所 顧問）

課題名	研究開発運営会議委員	
高温超電導線材接合技術の超高磁場NMRと鉄道き電線への社会実装	秋田 調 大嶋 重利 竹腰 清乃理 田島 節子 長谷川 隆代 濱島 高太郎 松下 照男	一般財団法人 電力中央研究所 名誉特別顧問 ※第2次SGから 山形大学 名誉教授 京都大学 産官学連携本部 特任教授 大阪大学 名誉教授 昭和電線ホールディングス株式会社 取締役社長 ※第1次SGのみ 東北大学 名誉教授 九州工業大学 名誉教授
レーザー駆動による量子ビーム加速器の開発と実証	太田 俊明 岡崎 之則 加藤 義章 野田 章 濱 広幸 平野 嘉仁 山田 聰 （外部専門家） 佐野 雄二	立命館大学 上席研究員 元 パナソニックヘルスケア株式会社 取締役 CTO ※第2次SGから 大阪大学 名誉教授 量子科学技術研究開発機構 量子医科学研究所 客員研究員 ※第2次SGから 東北大学電子光理学研究センター 教授 三菱電機株式会社 半導体・デバイス事業本部 技術顧問 ※第2次SGから ビー-dotメディカル株式会社 監査役 ※第1次SGのみ 自然科学研究機構分子科学研究所 プログラム・マネージャー ※第1次SGのみ
冷却原子・イオンを用いた高性能ジャイロスコープの開発 （ステージ2で早期卒業）	杉山 和彦 早坂 和弘 藤原 聡 盛永 篤郎 吉田 弘 萬 伸一 田中 雅明	京都大学 大学院工学研究科 准教授 情報通信研究機構 未来ICT研究所 副室長 ※第2次SGから 日本電信電話株式会社 物性科学基礎研究所 上席特別研究員 ※第1次SGのみ 東京理科大学 名誉教授 海洋研究開発機構地球環境部門 北極環境変動総合研究センター グループリーダー／上席研究員 理化学研究所量子コンピュータ研究センター 副センター長 東京大学 大学院工学系研究科 教授 ※第2次SGから
磁気冷凍技術による革新的水素液化システムの開発	猪股 昭彦 名久井 恒司 日比 政昭 古屋 孝明 堀 秀輔 矢加部 久孝 山根 公高	川崎重工業株式会社 技術企画推進センター 課長 一般財団法人カーボンフロンティア機構 技術企画部 上席調査役 物質・材料研究機構 技術開発・共用部門 NIMS特別研究員 株式会社三菱総合研究所 常勤顧問 ※第2次SGから 宇宙航空研究開発機構 宇宙輸送技術部門 技術領域主幹 東京ガス株式会社 水素・カーボンマネジメント技術戦略部 執行役員／部長 山根水素エネルギー研究所 代表

各課題の研究開発運営会議委員（ステージゲート評価実施時）②

（運営統括／研究開発運営会議議長 大石 善啓 株式会社三菱総合研究所 顧問）

課題名	研究開発運営会議委員	
界面マルチスケール4次元解析による革新的接着技術の構築	東 雄一 伊藤 聡 扇澤 敏明 大森 達夫 竹村 彰夫 中條 善樹	自動車技術会 フェロー ※第2次SGから 計算科学振興財団 チーフコーディネーター 東京工業大学 物質理工学院 教授 ※第1次SGのみ 三菱電機株式会社 開発本部 主席技監 東京大学 名誉教授 京都大学 名誉教授
クラウド光格子時計による時空間情報基盤の構築	占部 伸二 笹瀬 巖 廣川 類 盛永 篤郎	大阪大学 名誉教授 慶應義塾大学 名誉教授 三菱電機株式会社 鎌倉製作所 Chief Expert 東京理科大学 名誉教授
磁性を活用した革新的熱電材料・デバイスの開発	小野 輝男 小原 春彦 佐藤 勝昭 谷口 研二 千葉 大地 山田 由佳	京都大学 化学研究所 教授 産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域 理事・領域長 東京農工大学 名誉教授 大阪大学 名誉教授 大阪大学 産業科学研究所 教授 産業技術総合研究所 情報・人間工学領域 領域長補佐
スピントロニクス光電インターフェースの基盤技術の創成	栗野 博之 岩本 敏 木村 紳一郎 黒部 篤 鈴木 義茂 田中 雅明	豊田工業大学 大学院工学研究科 教授 東京大学 先端科学技術研究センター 教授 株式会社日立製作所 研究開発グループ 技術顧問 東京都立産業技術研究センター 理事長 大阪大学 大学院基礎工学研究科 教授 東京大学 大学院工学系研究科 教授
超広帯域アンテナ・デジタル技術を用いたレーダ及び放射計の開発と実証	奥村 直樹 木嶋 豊 小久保 優 高橋 暢宏 出口 博之	日本製鉄株式会社 元代表取締役副社長 株式会社アイピーアライアンス 代表取締役 株式会社日立製作所 計測イノベーションセンタ シニア所員 名古屋大学 宇宙地球環境研究所 教授 同志社大学 理工学部 教授

第1次ステージゲート(研究開発開始後4年度目)

第 1 次ステージゲート（研究開発開始後 4 年度目）

1. 研究開発の進捗状況について

- ・研究開発成果が着実に出ているか。
- ・社会実装を目指したときの課題がどのように解決に向けて計画されているか。
- ・民間企業等への橋渡しのイメージができているか。

2. 社会・経済的なインパクトについて

- ・社会全体に裨益する研究開発成果の創出を目指すようなプロジェクトになっているか。
- ・具体的な社会全体に与えるインパクトが試算されているか。

3. 研究開発体制について

- ・民間企業等の協力を得ながら、研究開発を推進できる体制になっているか。（民間資金導入 2 割以上）
- ・研究開発代表者がチーム全体の課題を把握し、目標達成に向けた研究開発を推進できる体制が構築されているか。（知財管理、情報発信を含む）

4. 国内外の動向について

- ・国内外の研究開発や経済動向等を分析し、本プロジェクトの優位性、独自性を示しているか。

(件)

アウトカム	S	A	B	C
2020年度		1	2	
2021年度	1	2		
2022年度		1		
2023年度		1		
2024年度			1	

※A以上は優れた成果であり、B以下は大幅な改善が必須

第2次ステージゲート(研究開発開始後7年度目)

第2次ステージゲート(第1次ステージゲートから3年度目)

1. 研究開発の進捗状況について

- ・研究開発成果が着実に出ているか。
- ・民間企業等が引き取るための要件が整理されているか。
- ・目標達成に向けた課題が期間内に解決される目途が立っているか。

2. 社会・経済的なインパクトについて

- ・社会実装の具体的なイメージが構想されており、それによる具体的なインパクトが試算されているか。

3. 研究開発体制について

- ・民間企業等の協力を得ながら、研究開発を推進できる体制になっているか。(民間資金導入2割以上を継続。加えて、更なる協力を得る[研究員や技術者の参画に加え、装置や実施場所の提供、実証協力等])
- ・研究開発代表者がチーム全体の課題を把握し、目標達成に向けた研究開発を推進できる体制が構築されているか。(知財管理、情報発信を含む)

4. 国内外の動向について

- ・国内外の研究開発や経済動向等を分析し、本プロジェクトの優位性、独自性を示した上で、社会実装のイメージができていないか。

(件)

アウトカム	S	A	B	C
2023年度		3		
2024年度	2		1	

※A以上は優れた成果であり、B以下は大幅な改善が必須

事後評価（最終年度）

事後評価（最終年度）

1. 計画（目標）に対する達成度について

- ・当初設定した研究開発目標が達成されたか。

2. 学術的および社会・経済的なインパクトについて

- ・従来技術の延長ではなく、科学技術の飛躍的な発展に繋がる成果が創出されたか。
- ・国内外の研究開発と比べても優位性・独自性のある研究であるか。
- ・社会・経済への波及効果が見込める成果が創出されたか。

3. 研究開発促進において特質すべき事項について

- ・研究開発体制およびその役割分担が、目標達成に向けて妥当であったか。
- ・提案者（研究開発代表者）が目的達成に向け、リーダーシップを発揮したか。
- ・知的財産権などの研究開発成果の活用にかかるマネジメントが適切に行われたか。
- ・研究開発構想について、対外的に分かりやすく情報発信を行ったか。

（件）

アウトカム	S	A	B	C
2023年度		1		

※A以上は優れた成果であり、B以下は大幅な改善が必須

各課題の評価まとめ

課題名	第 1 次ステージゲート (研究開発開始後 4 年度目)	第 2 次ステージゲート (第 1 次ステージゲートから 3 年度目)	事後評価 (最終年度)
高温超電導線材接合技術の超高磁場 NMR と鉄道き電線への社会実装	A SG通過 【2020年度】 評価基準をほぼ満たしており、ステージ 2 実施にあたり大きな懸念はない	A SG通過 【2023年度】 ステージ3以降の計画について方向性は示したが、多数の課題について検討する必要があり、3月の研究開発運営会議で確認することを条件とする	
レーザー駆動による量子ビーム加速器の開発と実証	B SG通過 【2020年度】 評価基準を一部満たしておらず、ステージ 2 実施にあたり改善・見直しを要する	A SG通過 【2023年度】 評価基準を満たしており、ステージ3実施にあたり大きな懸念はない	
冷却原子・イオンを用いた高性能ジャイロスコープの開発 (ステージ2で早期卒業)	B SG通過 【2020年度】 評価基準を一部満たしておらず、ステージ 2 実施にあたり改善・見直しを要する	A 早期卒業 【2023年度】 評価基準を満たしている	A 【2023年度】 優れている
磁気冷凍技術による革新的水素液化システムの開発	A SG通過 【2021年度】 評価基準を満たしており、ステージ2実施にあたり大きな懸念はない	B SG通過 【2024年度】 評価基準を一部満たしておらず、今後の研究開発に改善・見直しを要する	
界面マルチスケール4次元解析による革新的接着技術の構築	A SG通過 【2021年度】 評価基準を満たしており、ステージ2実施にあたり大きな懸念はない	S SG通過 【2024年度】 評価基準を満たしており、特に優れたところが認められる	
クラウド光格子時計による時空間情報基盤の構築	S SG通過 【2021年度】 評価基準を満たしており、特に優れたところが認められる	S SG通過 【2024年度】 評価基準を満たしており、特に優れたところが認められる	
磁性を活用した革新的熱電材料・デバイスの開発	A SG通過 【2022年度】 評価基準を満たしており、ステージ2実施にあたり大きな懸念はない		
スピントロニクス光電インターフェースの基盤技術の創成	A SG通過 【2023年度】 評価基準を満たしており、ステージ2実施にあたり大きな懸念はない		
超広帯域アンテナ・デジタル技術を用いたレーダ及び放射計の開発と実証	B SG通過 【2024年度】 評価基準を一部満たしておらず、今後の研究開発に改善・見直しを要する		

高温超電導線材接合技術の超高磁場NMRと鉄道き電線への社会実装

第1次ステージゲート：評価A

ステージ1では、高温超電導線材の超電導接合技術、30T級の磁場発生技術、多次元NMR計測の高速化技術、鉄道き電ケーブルの低抵抗接合技術などで基礎的な技術を確認するなどの進展が見られ、プロジェクト全体として概ね目標を達成した。また、民間資金導入もステージ2以降の総研究費の2割を達成できる計画となっている。ステージ2以降は、接合技術等のこれまでに確立した基礎的、基盤的な技術を実機開発、応用技術開発に実際に適用し、社会実装に向けた研究開発に重点化を図っていく



社会実装に向けた研究開発の重点化

第2次ステージゲート：評価A

ステージ2において、世界に先駆けて、レアアース系（REBCO）線材同士の超電導接合を実証したことは評価できる。しかしながら、2023年10月に高温超電導線材として最も実績があるビスマス系（BSCCO）線材の供給企業が事業撤退、生産中止を表明し、当初計画の全面見直し、実施内容の大幅変更が必要となった。そのため、短期間で方針、実施内容の変更を検討し、REBCO線材のみで超電導・低抵抗接合技術に係る基盤技術の構築に取り組むこととした。具体的には、NMRでは高温超電導コイルにおいてREBCO線材のみを用いて当初目標の1.3GHzの達成を目指すこと、鉄道き電線ではステージ3の研究期間を2年に短縮し、予算も圧縮して、REBCO線材に関わる接合技術等に内容を絞り込むこととした。POC目標達成のためには、これまで以上に両者の連携を密にして接合基盤技術の確立を目指す必要がある。ステージ3以降の計画について見直し、方向性は示したが、多数の課題について検討する必要がある。3月の研究開発運営会議で確認することとする。万一、技術的にPOC達成が困難と判断された場合や、社会実装に向けた確証が得られない場合には、ステージ3の途中でもプロジェクトを中止することとする。その場合、将来の核融合・MRIなどに適用できるように、高温超電導接合の基盤技術として研究成果を取りまとめることとする。

レーザー駆動による量子ビーム加速器の開発と実証

第1次ステージゲート：評価B

ステージ1では、電子加速・イオン加速の要素技術開発、励起レーザーの開発を着実に進め、プロジェクト全体として一部を除き概ね目標を達成した。一部の目標未達事項については、年度内に到達できる見込みである。また、民間資金導入もステージ2以降の総研究費の2割を達成できる計画となっている。ステージ2以降は、要素技術のシステム統合へ向けた研究開発計画の見直しを実施するとともに、バリューチェーン全体でどのような企業、ユーザーの参加が必要かを再検討し、社会実装に向けたストーリーを具体化することが求められる。



社会実装に向けたストーリーを具体化

第2次ステージゲート：評価A

ステージ2において、レーザープラズマ加速で安定な高エネルギー電子ビームを小型装置で発振できる見通しが立ち、世界最小のレーザーパワーで安定な電子ビームの発生とXUV放射光の増幅を達成した。また、電子ビームを使用した医療・創薬分野への展開を医薬工連携で推進することで、プロジェクトの方向性、成果の適用先が具体化され、POCまでの道筋が明確化された。さらに、イオン加速では国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（QST）量子メス研究プロジェクトと連携して、炭素イオンビームの発生・輸送・検出・診断の一連の動作を確認し、重粒子線がん治療向け超小型シンクロトロンへの炭素イオンビーム入射に目処を立てており、目標を達成したことは評価できる。

一方、量子メス研究プロジェクトのように、社会実装に向けプロジェクト全体を推進する主体、インテグレーターを明確にする必要がある。また、コストを負担するエンドユーザーや社会実装の中心となる企業を含むバリューチェーンの具体化に向け、更なる体制構築・強化が求められる。なお、電子ビームによるプロドラッグ化の取り組みは、医薬品医療機器総合機構（PMDA）の審査・認可プロセスなどを踏まえて社会実装に向けた道筋を具体化する必要がある。

冷却原子・イオンを用いた高性能ジャイロ스코プの開発

第1次ステージゲート：評価B

一部の遅延している研究開発項目については年度内及びステージ2の早期段階でリカバリーしつつ、ステージ2以降はスケジュールを見直し、人員を補強するなど改善、強化しながら進める必要がある。

本研究開発課題で取り組む自己位置推定の精度向上は、様々なモビリティの自動化のための重要な課題となっているほか、海洋資源探査にも必要な技術であり、大きな社会経済的な貢献が期待できる。ステージ2以降は、早期のジャイロ動作の確認とさらなる精度向上及び小型化を目指し、ユーザー企業のニーズを取り込みながら、ビークル耐性を有するジャイロの実証および社会実装に向けて着実に進めることを期待する。



社会実装を見据えた見直し

第2次ステージゲート：評価A ※早期卒業

海面下など GNSS 信号が届かない状況において、正確な自己位置推定を行うためには、極めて高性能な慣性航法技術が必要である。本研究開発課題では、海洋無人探査機（AUV）等の様々なビークルにおける慣性航行技術の構築を目指し、自己位置推定精度を律則しているジャイロ스코プの高精度化かつ小型化に向けて、量子技術を駆使した研究開発に取り組んだ。原子ビームジャイロについては、アジャイルかつ柔軟な取り組みにより、実用化に繋がる小型化を実現した。

事後評価：評価A

本研究開発課題は、第2次ステージゲート評価において、本事業の研究開発成果を「共創の場形成支援プログラム（COI-NEXT）」および「経済安全保障重要技術育成プログラム（KProgram）」に移管することを決定した。COI-NEXTでは、実験的アプローチとシミュレーションを組み合わせる研究開発を統合的、横断的に推進すると共に、KProgramでは、これまで以上に出口目標、実現時期、ユーザーを具体化することで、出口までの道筋が明確化され、社会実装の加速に繋がることが期待される。

磁気冷凍技術による革新的水素液化システムの開発

第1次ステージゲート：評価A

ステージ1では、機械学習を用いた物質探索により、磁気エントロピー変化が大きい HoB_2 を中心に有望な磁気冷凍材料を多数発見したこと、水素液化システム開発において磁気冷凍サイクルの概念実証を得たことなどが、定量的な根拠をもって示されたことから、進捗状況として妥当である。なお、水素液化システムの液化効率など目標未達事項については、年度内に到達できる見込みである。

ステージ2以降については、サプライヤー企業からユーザー企業・商社等、広範囲の業種の企業から協力を得る体制整備が予定されている。また、民間資金導入はステージ2以降の総研究費の2割を達成できる計画となっている。一方で、複数の開発者が関係することから、知的財産・権利確保については取り決めにその都度確認、徹底する等、慎重に進めていただきたい。



社会実装に向けた取り組み強化

第2次ステージゲート：評価B

ステージ2では、磁気冷凍材料開発において優れた研究成果を上げたが、水素液化システムとしての POC 目標はいずれも、第3ステージの早い時期に目標を達成する必要がある。また、POC 達成、社会実装に向けたエンジニアリング力の強化のため、製品化を担うシステム・プラントメーカーが主体となる開発体制を早急に構築する必要がある。さらに、本課題の POC で掲げている 100 kg/日の水素液化システムやゼロボイルオフ技術が、液化水素のサプライチェーン、ユースケースのどこで、いつ、どの規模で適用、導入される見通しかを具体化する必要がある。そのためには、METI/NEDO と戦略を共有、連携すると共に、水素のサプライヤー、エネルギー事業会社などのユーザー、水素社会のインテグレータとの連携、共創を加速する必要がある。

界面マルチスケール4次元解析による革新的接着技術の構築

第1次ステージゲート：評価A

ステージ1での要素研究、学理解明において、接着界面における分子鎖の直接観察や接着剤のタフネス化、自己修復性、易解体性など、汎用的な基盤技術となる顕著な成果が得られ、当初目標を全て達成した。

ステージ2以降については、モビリティへの応用を念頭に化学素材メーカー等14社の参画を予定し、社会実装に向けた体制構築も充実しつつある。また、民間資金導入もステージ2以降の総研究費の2割を大幅に上回る計画となっている。一方で、学理で究明された基盤技術の共創領域と、基盤技術を使い用途開発・実用化を行う競争領域の明確な線引きとマネジメントが求められる。



研究開発マネジメントの強化

第2次ステージゲート：評価S

ステージ2では、PMの高いマネジメント力によって特筆すべき産産学学連携体制および知財戦略拠点を構築・運営し、POC後の社会実装までを見据えた研究・技術開発を戦略的に推進した。具体的には、共同連携機関である企業の適用先ごとにPOCを設定し、バックキャストにドライブされる研究開発を、卓越したサイエンスを武器とするアカデミアが一体となって柔軟に支援することで、各機関単独では成し得ない成果を創出・確立した。また、アカデミアの研究実績として多くの論文掲載・報道発表、特許出願を行い、学術的にも高く評価された。さらに、PMを中心に、公開シンポジウム開催、サイエンスアゴラ2024出展、テレビ出演など、アウトリーチ活動を積極的に行い、研究開発成果の情報発信に努めた。

クラウド光格子時計による時空間情報基盤の構築

第1次ステージゲート：評価S

ステージ1では、当初の目標を上回る光格子時計の小型化、第1世代機の車載化によるセンチメートル精度の高速な測位を実現した。また、光ファイバ・リンクの構築、16桁精度の遠隔比較の実現、相対論的測地への応用など、基礎研究だけでなく実用化技術においても優れた成果を創出した。研究開発代表者が世界的権威のあるブレイクスルー賞を受賞するなど、客観的な評価も得ている。ステージ2以降については、優れた技術力をもつ企業との密接な連携や技術移転による開発など、社会実装に向けて商用プロトタイプ機の開発計画が明確に示されている。また、民間資金導入も総研究費の2割を達成できる計画となっている。一方で、相対論的測地への応用で求められる性能やスペック、許容コスト等をユーザ機関と共に具体化して開発へ反映するとともに、高精度な時計を活用できる新たな適用先の検討、国際標準化に向けた戦略の具現化が求められる。



社会実装に向けた動きの具体化

第2次ステージゲート：評価S

ステージ2では、これまでの研究成果をもとに島津製作所、JEOLが中心となって光格子時計の製品化を見据えた商用プロトタイプ機を3年前倒しで完成させた。また可搬型車載機を用いて、東京と水沢天文台を繋ぐ長距離光ファイバーリンクを実現、相対論的測地のデモンストレーションを実施した。さらに「秒の再定義」（セシウム原子時計に代わる標準時計）を視野に入れ、欧州グループ（英国 NPL、ドイツ PTB）との光時計の国際比較実験に成功した。さらに、時計の連続動作の実現に向けた第3世代光格子時計（3G、縦励起分光方式）の研究開発に着手し、移動光格子への原子の連続ローディングを実現した。光格子時計の開発において引き続き世界を先導していくことが期待される。今後は、2030年の国際度量衡総会での「秒の再定義」に向けて商用プロトタイプ機で稼働実績を積み上げると共に、超高精度で小型の縦励起分光方式光格子時計を完成させ、実用性検証を加速いただきたい。なお、ステージ3では、本技術を活用したより社会インパクトの大きい適用先、用途先の具体化が求められる。

磁性を活用した革新的熱電材料・デバイスの開発

第1次ステージゲート：評価A

ステージ1では、半世紀ぶりに既存の BiTe系材料の性能を凌駕する安価な高性能熱電材料の開発に成功するなど、第1次ステージゲートの目標をすべて達成すると共に、世界トップレベルの研究成果を継続して創出したことが高く評価される。さらに、熱電変換材料の開発をリードするオールジャパンの研究チームを構築するとともに、企業との連携体制も立ち上がりつつある点も評価される。

ステージ2では、社会実装に向けて解決すべき課題(コスト、性能劣化、量産性など)に対する解決策の更なる具体化が必要である。併せて、最終的な適用先に関して社会インパクトの観点での詳細検討を行うと共に、使用条件（温度、環境など）、性能、許容コスト、耐久性などの評価軸について、適用先ごとに数値化し、目標設定して研究開発を進めることが求められる。

スピントロニクス光電インターフェースの基盤技術の創成

第1次ステージゲート：評価A

ステージ1では、研究グループ間での適切な連携が図られ、PSR を構成する要素技術の開発とその原理／動作を実証し、当初目標の達成はもとより、一部計画を前倒しで進め、当初目標を超える優れた成果を創出した。具体的には、PSR に適した Mn_3Sn 単結晶薄膜を作製し、当初目標を上回る短パルス電流での書込みを実現した。読取りでは、反強磁性体におけるトンネル磁気抵抗効果の観測に成功し、強磁性体素子と同レベルまで増強可能であることを理論的に実証した。更にフェリ磁性体を用いてピコ秒(ps)時間領域での記録動作の可視化に世界で初めて成功した。これらの成果を論文としてまとめ、Nature等世界的にもインパクトの高いジャーナルに多数採択されるなど、世界最高レベルの成果を創出したことを高く評価する。

一方、今後の課題としては、将来の光通信システム全体における本プロジェクトの成果の適用先、位置づけをより明確にし、また同時に、国内外で推進中のプロジェクトとの連携、エンドユーザー及びインテグレーターとの連携を含むバリューチェーンにおける本プロジェクトの役割と貢献内容、パートナー戦略などをさらに具体化し、今後の計画およびPOCへ反映することを求める。

超広帯域アンテナ・デジタル技術を用いたレーダ及び放射計の開発と実証

第1次ステージゲート：評価B

ステージ1において、最も社会インパクトが大きい適用先として、近年多発する線状降水帯の予測など気象防災に絞り込むと共に、技術・市場動向のベンチマーク結果に基づき、本技術の優位性を明確化した。研究開発においては、遠距離レーダーは、一体型の多周波レーダー放射計の仕様を具体化し、原理実証機を完成させた。近距離レーダーは、地雷探査に応用し、独立行政法人国際協力機構（JICA）がカンボジアで実証、実運用を開始するなど、社会実装に向けた道筋を明確化した。放射計は、干渉型デジタルマイクロ波放射計（SAMRAI）の試作機を航空機に搭載し、海洋データの収集実験を行うなどの成果を得た。また、共通基盤技術として、超広帯域アンテナ、高速A/D変換技術の開発を推進し、技術目標を達成した。

一方、以下の課題については、ステージ1では検討が不十分であり、気象庁や防災科研などの関係機関と連携してアクションプランを具体化すると共に必要に応じてPOCを見直す必要がある。

- ① 遠距離レーダーと放射計の特徴を活かし相乗効果を発揮する全体構想の更なる具体化
- ② 社会実装に向けた計画、体制、コスト負担者などの明確化、防災行政・施策への働きかけ
- ③ マイクロ波計測技術とAI、シミュレーション技術を高度に融合した新たな気象防災技術の創出

なお、近距離レーダーについては、所期の技術成果を得ると共に社会実装に向けた道筋を具体化できたことから、未来社会創造事業をステージ1 完了時点で早期卒業とする。

参考

参考①：国立研究開発法人科学技術振興機構の運営費交付金で事業を実施する理由

未来社会創造事業大規模プロジェクト型は、国立研究開発法人であるJSTにおける法人の目的と合致しており、また、文部科学大臣が定める中期目標にも位置づけられていることを理由に、運営費交付金で実施している。

根拠法：独立行政法人通則法

条文：第2条第3項

この法律において「国立研究開発法人」とは、公共上の事務等のうち、その特性に照らし、一定の自主性及び自律性を発揮しつつ、**中長期的な視点に立って執行することが求められる科学技術に関する試験、研究又は開発（以下「研究開発」という。）に係るものを主要な業務として国が中長期的な期間について定める業務運営に関する目標を達成するための計画に基づき行うことにより、我が国における科学技術の水準の向上を通じた国民経済の健全な発展その他の公益に資するため研究開発の最大限の成果を確保することを目的とする独立行政法人として、個別法で定めるものをいう。**



技術的にチャレンジングな目標を設定し、基礎研究から開発研究まで10年間で一貫通貫な支援をする未来社会創造事業大規模プロジェクト型については、**国立研究開発法人の目的と合致。**

根拠法：国立研究開発法人科学技術振興機構法

条文：第4条

国立研究開発法人科学技術振興機構（以下「機構」という。）は、**新技術の創出に資することとなる科学技術に関する基礎研究、基盤的研究開発、新技術の企業化開発等の業務**、国立大学法人（国立大学法人法（平成十五年法律第百十二号）第二条第一項に規定する国立大学法人をいう。第二十三条第一項第五号において同じ。）から寄託された資金の運用の業務、大学に対する研究環境の整備充実等に関する助成の業務及び我が国における科学技術情報に関する中枢的機関としての科学技術情報の流通に関する業務その他の科学技術の振興のための基盤の整備に関する業務を総合的に行うことにより、科学技術の振興を図ることを目的とする。



未来社会創造事業の実施内容としても**JST運営費交付金で実施することはJSTの目的と合致。**
JSTが達成すべき業務運営に関する目標として、**第4期中期目標、第5期中期目標において引き続き位置づけられている。**

JST中期目標

第4期中期目標（平成29年2月28日）

（未来社会に向けたハイインパクトな研究開発の推進）未来社会での大きな社会変革に対応するため、文部科学省が示す方針の下、社会・産業ニーズを踏まえ、経済・社会的にインパクトのあるターゲット（出口）を明確に見据えた技術的にチャレンジングな目標を設定し、機構が持つ研究開発マネジメントのノウハウや、他の研究開発事業等の有望な成果の活用を通じて、実用化が可能かどうかを見極められる段階を目指した研究開発を推進する。研究開発の推進においては、その途中段階において目標達成の見通しを客観的かつ厳格に評価し、研究開発の継続・拡充・中止などを決定する。

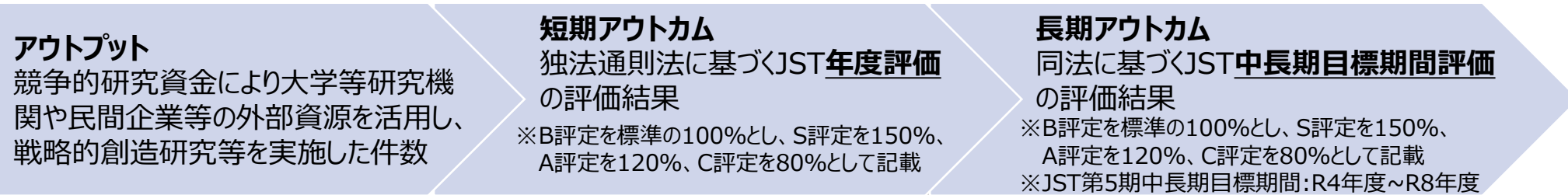
第5期中期目標（令和4年2月28日）

3. 新たな価値創造の源泉となる研究開発の推進

（略）また、未来社会での大きな社会変革やカーボンニュートラルに対応するため、社会・産業ニーズを踏まえ、社会的・経済的にインパクトのあるターゲット（出口）を明確に見据えた技術的にチャレンジングな目標を設定し、実用化が可能かどうかを見極められる段階を目指した研究開発を推進する。特に、カーボンニュートラルの実現に向けては、現在取り組むべき領域、課題を見極め、その特性等を踏まえ、ゲームチェンジングテクノロジーの創出に向けた研究開発を効果的に推進する。なお、研究開発の途中段階においては、目標達成の見通しを客観的かつ厳格に評価し、研究開発の継続・拡充・中止などを決定する。

参考②：本事業の成果指標に採用しているJST中長期目標における評価軸

➤ 行政事業レビューシート上の成果指標



➤ 中長期目標における評価軸

下記評価軸等に基づく年度評価及び中長期目標期間評価結果を反映。

中長期目標	評価軸	評価指標（※1）	モニタリング指標（※2）
新たな価値創造の源泉となる研究開発の推進 未来社会での大きな社会変革やカーボンニュートラルに対応するため、社会・産業ニーズを踏まえ、社会的・経済的にインパクトのあるターゲット（出口）を明確に見据えた技術的にチャレンジングな目標を設定し、実用化が可能かどうかを見極められる段階を目指した研究開発を推進する。	- 適切な研究開発マネジメントを行っているか。 - 新たな価値創造の源泉となる研究成果が創出されているか。 - カーボンニュートラルの実現など経済・社会課題への対応に資する成果が生み出されているか。	- 研究開発マネジメントの取組の進捗 - 研究開発成果の創出 - 成果の展開や社会還元に関する進捗	- 公募テーマ設定に関して意見を聴取した専門家の人数 - ステージゲート評価に向けて運営統括等が実施した意見交換等回数 - 社会還元や実用化に向けた研究の発展につながった課題の件数 - 論文数（国際共著論文の割合含む） - 特許出願・登録件数 - 論文被引用数

※1:評価・評定の基準として取り扱う指標。

※2:正確な事実を把握し適正・厳正な評価に資するために必要な指標。

第1次ステージゲート評価結果

1. 技術テーマ

粒子加速器の革新的な小型化及び高エネルギー化につながるレーザープラズマ加速技術

2. 研究開発課題名

レーザー駆動による量子ビーム加速器の開発と実証

3. 研究開発代表者名（機関名・職名は評価時点）

研究開発代表者

熊谷 教孝（科学技術振興機構 プログラムマネージャー

／公益財団法人高輝度光科学研究センター 名誉フェロー）

4. 第1次ステージゲート評価結果

○評点

B 評価基準を一部満たしておらず、ステージ2実施にあたり改善・見直しを要する

○総合評価コメント

粒子加速器は、新材料や新薬の開発、粒子線がん治療など、学術、産業、医療等幅広い分野で利用されているが、装置の巨大さと高額な建設費が利用普及を妨げる大きな一因となっている。本研究開発課題では、従来の加速技術と比べて加速勾配が数桁高いレーザープラズマ加速技術の開発・実用化により、粒子加速器の大幅な小型化と低コスト化を達成し、科学技術創造立国の基盤技術として社会実装を目指している。

ステージ1では、電子加速・イオン加速の要素技術開発、励起レーザーの開発を着実に進め、プロジェクト全体として一部を除き概ね目標を達成した。一部の目標未達事項については、年度内に到達できる見込みである。また、民間資金導入もステージ2以降の総研究費の2割を達成できる計画となっている。ステージ2以降は、要素技術のシステム統合へ向けた研究開発計画の見直しを実施するとともに、バリューチェーン全体でどのような企業、ユーザーの参加が必要かを再検討し、社会実装に向けたストーリーを具体化することが求められる。

本研究開発課題で取り組む、多段階式加速によるレーザープラズマ電子加速器の小型化、小型の粒子線がん治療装置の開発はいずれも独創的なものであり、実現すれば大きな社会・経済インパクトが期待できる。今後、民間企業を巻き込みながら、加速器の小型化の実証および社会実装に向けた道筋を着実に進むことを期待する。

第1次ステージゲート評価結果

1. 技術テーマ

エネルギー損失の革新的な低減化につながる高温超電導線材接合技術

2. 研究開発課題名

高温超電導線材接合技術の超高磁場 NMR と鉄道き電線への社会実装

3. 研究開発代表者名(機関名・職名は評価時点)

研究開発代表者

前田 秀明(科学技術振興機構 プログラムマネージャー

／理化学研究所放射光科学総合研究センター 客員主管研究員)

4. 第1次ステージゲート評価結果

○評点

A 評価基準をほぼ満たしており、ステージ2実施にあたり大きな懸念はない

○総合評価コメント

高温超電導線材の接合技術が、超電導の本格的な社会導入のボトルネックになっている。本研究開発課題では高温超電導線材の接合技術を確立し、超高磁場 NMR と鉄道用超電導き電ケーブルの実現、将来の社会実装を目指している。

ステージ1では、高温超電導線材の超電導接合技術、30T 級の磁場発生技術、鉄道き電ケーブルの低抵抗接合技術などで基礎的な技術を確立するなどの進展が見られ、プロジェクト全体として概ね目標を達成し、民間資金導入もステージ2以降の総研究費の2割を達成できる計画となっている。ステージ2以降は、接合技術等のこれまでに確立した基礎的、基盤的な技術を実機開発、応用技術開発に実際に適用し、社会実装に向けた研究開発に重点化を図っていく。

本研究開発課題で取り組む、超高磁場 NMR の開発、鉄道用超電導き電ケーブルはいずれも大きな社会・経済インパクトが期待できる。研究開発だけでなく知財マネジメントや広報活動にも引き続き力を入れ、社会実装に必要な企業との連携を強化し、超高磁場 NMR や鉄道用超電導き電ケーブルの実証に向けて着実に進めていくことを期待する。

第1次ステージゲート評価結果

1. 技術テーマ

自己位置推定機器の革新的な高精度化及び小型化につながる量子慣性センサー技術

2. 研究開発課題名

冷却原子・イオンを用いた高性能ジャイロ스코プの開発

3. 研究開発代表者名（機関名・職名は評価時点）

研究開発代表者

上妻 幹旺（東京工業大学理学院物理学系 教授

／科学技術振興機構 プログラムマネージャー）

4. 第1次ステージゲート評価結果

○評点

B 評価基準を一部満たしておらず、ステージ2実施にあたり改善・見直しを要する

○総合評価コメント

自己位置推定は、自動運転船など輸送機器の自動化や、電波が届かない場所や遮蔽空間の測位に必須の技術であり、その精度向上のためには既存のジャイロの精度を桁レベルで上げる必要がある。本研究開発課題では世界に先駆けて冷却原子干渉法及びイオントラップ法を用いた量子ジャイロを開発し、慣性航法装置の精度向上及び小型化による社会実装を目指している。

ステージ1では、冷却原子ビーム、イオントラップともジャイロ動作に繋がる性能スペックを達成し、原子波干渉を確認することができた。また、参画企業の民間資金導入についてもステージ2以降の総研究費の2割を達成できる計画となっている。他方で、一部の遅延している研究開発項目については年度内及びステージ2の早期段階でリカバリーしつつ、ステージ2以降はスケジュールを見直し、人員を補強するなど改善、強化しながら進める必要がある。

本研究開発課題で取り組む自己位置推定の精度向上は、様々なモビリティの自動化のための重要な課題となっているほか、海洋資源探査にも必要な技術であり、大きな社会経済的な貢献が期待できる。ステージ2以降は、早期のジャイロ動作の確認とさらなる精度向上及び小型化を目指し、ユーザー企業のニーズを取り込みながら、ビークル耐性を有するジャイロの実証および社会実装に向けて着実に進めることを期待する。

大規模プロジェクト型 第1次ステージゲート評価結果について

技術テーマ : 通信・タイムビジネスの市場獲得等につながる超高精度時間計測

研究開発課題名 : クラウド光格子時計による時空間情報基盤の構築

研究開発代表者名 : 香取 秀俊(東京大学 大学院工学系研究科 教授)

【結果】

第1次ステージゲート通過とする。

【総評】

評点 S: 評価基準を満たしており、特に優れたところが認められる

総合評価コメント

災害が頻発する我が国では、地震の早期検知を行うために地形・地殻の変化を高精度に測定できるシステムや、国土監視に活用するために安定した高速データ通信システムの構築が求められている。本研究開発課題では、300億年に1秒しか狂わない光格子時計の小型・堅牢・高信頼化により、GNSS(全球測位衛星システム)の原子時計精度を千倍以上改善した超高精度クラウド・クロック環境を実現し、安全・安心社会を支える基盤構築を目指している。

ステージ1では、当初の目標を上回る光格子時計の小型化、第1世代機の車載化によるセンチメートル精度の高速な測位を実現した。また、光ファイバ・リンクの構築、16桁精度の遠隔比較の実現、相対論的測地への応用など、基礎研究だけでなく実用化技術においても優れた成果を創出した。研究開発代表者が世界的権威のあるブレイクスルー賞を受賞するなど、客観的な評価も得ている。

ステージ2以降については、優れた技術力をもつ企業との密接な連携や技術移転による開発など、社会実装に向けて商用プロトタイプ機の開発計画が明確に示されている。また、民間資金導入も総研究費の2割を達成できる計画となっている。一方で、相対論的測地への応用で求められる性能やスペック、許容コスト等をユーザ機関と共に具体化して開発へ反映するとともに、高精度な時計を活用できる新たな適用先の検討、国際標準化に向けた戦略の具現化が求められる。

今後、バリューチェーン創出の戦略を検討し、超高精度な時空間インフラの潜在的アプリケーションの探索と権利化に取り組むことにより、より大きな社会・経済インパクトにつながることを期待する。

以上

大規模プロジェクト型 第1次ステージゲート評価結果について

技術テーマ : 未来社会に必要な革新的水素液化技術
研究開発課題名 : 磁気冷凍技術による革新的水素液化システムの開発
研究開発代表者名 : 西宮 伸幸(物質・材料研究機構 招聘研究員)

【結果】

第1次ステージゲート通過とする。

【総評】

評点 A: 評価基準を満たしており、ステージ2実施にあたり大きな懸念はない

総合評価コメント

世界的な脱炭素の動きにおいて、水素の利用は安全かつ合理的である。水素の実際の活用において液体水素は有望なキャリアの一つであるが、液体水素サプライチェーンが経済的に成立するためには、コストの中でもウエイトの大きい液化コストの削減が必要であり、特に液化のエネルギーを抜本的に低減する必要がある。本研究開発課題では、「磁気冷凍技術」による液化効率の飛躍的向上を目標とし、磁気冷凍材料の創出および磁気冷凍サイクルの概念実証から、水素液化システム・装置化へ向けた高効率化・大規模化を図り、社会実装を目指している。水素社会構築において大きな社会・経済インパクトが期待でき、現在の日本社会・産業のニーズに適合している。

ステージ1では、機械学習を用いた物質探索により、磁気エントロピー変化が大きい HoB_2 を中心に有望な磁気冷凍材料を多数発見したこと、水素液化システム開発において磁気冷凍サイクルの概念実証を得たことなどが、定量的な根拠をもって示されたことから、進捗状況として妥当である。なお、水素液化システムの液化効率など目標未達事項については、年度内に到達できる見込みである。

ステージ2以降については、サプライヤー企業からユーザー企業・商社等、広範囲の業種の企業から協力を得る体制整備が予定されている。また、民間資金導入はステージ2以降の総研究費の2割を達成できる計画となっている。一方で、複数の開発者が関係することから、知的財産・権利確保については取り決めをその都度確認、徹底する等、慎重に進めていきたい。

本研究開発課題は、脱炭素社会への転換など世界動向の加速化に伴い、市場の動きや社会的なニーズが急激に変化していることから、ステージ2においては急激な変化に即し、目標や成果達成時期を柔軟かつ適切に見直し、研究開発が展開されることを期待する。

以上

大規模プロジェクト型 第1次ステージゲート評価結果について

技術テーマ : Society5.0 の実現をもたらす革新的接着技術の開発
研究開発課題名 : 界面マルチスケール4次元解析による革新的接着技術の構築
研究開発代表者名 : 田中 敬二(九州大学 大学院工学研究院 主幹教授)

【結果】

第1次ステージゲート通過とする。

【総評】

評点 A: 評価基準を満たしており、ステージ2実施にあたり大きな懸念はない

総合評価コメント

Society5.0の実現には、あらゆるものの小型化・多機能化が求められており、モビリティ等の軽量化やセンサ・デバイスの高集積化など、製造イノベーションのためのキーテクノロジーとして接着技術の確立が必須となっている。しかし、現状の接着技術は、接着界面の評価・解析手法が確立されていないことが、次世代接着技術創出のボトルネックとなっている。本研究開発課題では、科学的知見に基づき接着界面の評価・解析技術を深め、接着強度・耐久性の飛躍的な向上や新しい機能をもつ接着技術を創出し、モビリティの環境負荷低減(軽量化、低燃費化、製造負荷減)を実現することを目指している。本研究開発課題で取り組む接着技術が実用化されれば、軽量化による燃費の向上や生産過程の環境負荷軽減など、社会・経済的インパクトが期待できる。

ステージ1での要素研究、学理解明において、接着界面における分子鎖の直接観察や接着剤のタフネス化、自己修復性、易解体性など、汎用的な基盤技術となる顕著な成果が得られ、当初目標を全て達成した。

ステージ2以降については、モビリティへの応用を念頭に化学素材メーカー等14社の参画を予定し、社会実装に向けた体制構築も充実しつつある。また、民間資金導入もステージ2以降の総研究費の2割を大幅に上回る計画となっている。一方で、学理で究明された基盤技術の共創領域と、基盤技術を使い用途開発・実用化を行う競争領域の明確な線引きとマネジメントが求められる。

接着技術は汎用性・用途が広いいため、モビリティ以外への活用や用途開拓を視野に幅広い社会ニーズに応えることができるよう、企業との連携を強固にし、本プロジェクトが産産学連携による研究開発の成功モデルとなることを期待する。

以上

大規模プロジェクト型 第1次ステージゲート評価結果について

技術テーマ：センサ用独立電源として活用可能な革新的熱電変換技術

研究開発課題名：磁性を活用した革新的熱電材料・デバイスの開発

研究開発代表者：森 孝雄(物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクニクス研究拠点 グループリーダー)

【結果】

第1次ステージゲート通過とする。

【総評】

評点

A: 評価基準を満たしており、ステージ2実施にあたり大きな懸念はない

総合評価コメント

熱電発電において、高性能かつ低コストで資源豊富な熱電材料開発と量産可能なモジュール化技術の開発が積年の課題となっている。本研究開発課題は、磁性を活用した新原理等を応用し、従来の限界を打破する超高性能熱電デバイスの開発と低コスト大量生産に適したモジュール化技術の開発を目指している。

ステージ1では、半世紀ぶりに既存の BiTe 系材料の性能を凌駕する安価な高性能熱電材料の開発に成功するなど、第1次ステージゲートの目標をすべて達成すると共に、世界トップレベルの研究成果を継続して創出したことが高く評価される。さらに、熱電変換材料の開発をリードするオールジャパンの研究チームを構築するとともに、企業との連携体制も立ち上がりつつある点も評価される。ステージ2では、社会実装に向けて解決すべき課題(コスト、性能劣化、量産性など)に対する解決策の更なる具体化が必要である。併せて、最終的な適用先に関して社会インパクトの観点での詳細検討を行うと共に、使用条件(温度、環境など)、性能、許容コスト、耐久性などの評価軸について、適用先ごとに数値化し、目標設定して研究開発を進めることが求められる。

以上

未来社会創造事業 大規模プロジェクト型**第1次ステージゲート評価結果**

1. 技術テーマ

トリリオンセンサ時代の超高度情報処理を実現する革新的デバイス技術

2. 研究開発課題名

スピントロニクス光電インターフェースの基盤技術の創成

3. 研究開発代表者名

中辻 知(東京大学大学院理学系研究科 教授)

4. 評価結果

第1次ステージゲート通過とする。

評点:

A 評価基準を満たしており、ステージ2実施にあたり大きな懸念はない

評価コメント:

Society5.0に向け、データセンターやネットワークなどの次世代情報インフラを支える超高速処理かつ超低消費電力を実現する革新的な光電インターフェース技術が不可欠である。本研究開発課題では、従来の回路集積技術に、電子の持つ電荷と磁気の特性を応用する最先端のスピントロニクスと基板上に光素子を集積するシリコンフォトリソニクスを融合し、光電インターフェース「フォトリソニクスピンレジスタ(以下 PSR)」を世界にさきがけて開発し、超高速処理かつ超低消費電力の実現を目指している。

ステージ1では、研究グループ間での適切な連携が図られ、PSRを構成する要素技術の開発とその原理／動作を実証し、当初目標の達成はもとより、一部計画を前倒しで進め、当初目標を超える優れた成果を創出した。具体的には、PSRに適したMn₃Sn単結晶薄膜を作製し、当初目標を上回る短パルス電流での書き込みを実現した。読取りでは、反強磁性体におけるトンネル磁気抵抗効果の観測に成功し、強磁性体素子と同レベルまで増強可能であることを理論的に実証した。更にフェリ磁性体を用いてピコ秒(ps)時間領域での記録動作の可視化に世界で初めて成功した。これらの成果を論文としてまとめ、Nature等世界的にもインパクトの高いジャーナルに多数採択されるなど、世界最高レベルの成果を創出したことを高く評価する。

一方、今後の課題としては、将来の光通信システム全体における本プロジェクトの成果の適用先、位置づけをより明確にし、また同時に、国内外で推進中のプロジェクトとの連携、エンドユーザー及びインテグレーターとの連携を含むバリューチェーンにおける本プロジェクトの役割と貢献内容、パートナー戦略などをさらに具体化し、今後の計画およびPOCへ反映することを求める。

以上の評価結果、コメントを踏まえて、ステージ2で本研究開発を継続し、POC達成、社会実装を目指していただきたい。

以上

未来社会創造事業 大規模プロジェクト型

第1次ステージゲート評価結果

1. 技術テーマ

安全・安心かつスマートな社会の実現につながる革新的マイクロ波計測技術

2. 研究開発課題名

超広帯域アンテナ・デジタル技術を用いたレーダー及び放射計の開発と実証

3. 研究開発代表者名

富井 直弥(宇宙航空研究開発機構 SAMRAI 部門内プロジェクトチーム チーム長)

4. 評価結果

第1次ステージゲート通過とする。

評点:

B 評価基準を一部満たしておらず、今後の研究開発に改善・見直しを要する

評価コメント:

本課題は、遠距離レーダー、近距離レーダー、放射計の3つの技術テーマを設定し、環境変化の影響を受けにくく地上／宇宙のセンシングが可能なマイクロ波計測技術の開発を目指している。

ステージ1において、最も社会インパクトが大きい適用先として、近年多発する線状降水帯の予測など気象防災に絞り込むと共に、技術・市場動向のベンチマーク結果に基づき、本技術の優位性を明確化した。研究開発においては、遠距離レーダーは、一体型の多周波レーダー放射計の仕様を具体化し、原理実証機を完成させた。近距離レーダーは、地雷探査に応用し、独立行政法人国際協力機構(JICA)がカンボジアで実証、実運用を開始するなど、社会実装に向けた道筋を明確化した。放射計は、干渉型デジタルマイクロ波放射計(SAMRAI)の試作機を航空機に搭載し、海洋データの収集実験を行うなどの成果を得た。また、共通基盤技術として、超広帯域アンテナ、高速A/D変換技術の開発を推進し、技術目標を達成した。

一方、以下の課題については、ステージ1では検討が不十分であり、気象庁や防災科研などの関係機関と連携してアクションプランを具体化すると共に必要に応じてPOCを見直す必要がある。

- ① 遠距離レーダーと放射計の特徴を活かし相乗効果を発揮する全体構想の更なる具体化
- ② 社会実装に向けた計画、体制、コスト負担者などの明確化、防災行政・施策への働きかけ
- ③ マイクロ波計測技術とAI、シミュレーション技術を高度に融合した新たな気象防災技術の創出

なお、近距離レーダーについては、所期の技術成果を得ると共に社会実装に向けた道筋を具体化できたことから、未来社会創造事業をステージ1完了時点で早期卒業とする。

以上から総合評価はB(評価基準を一部満たしておらず、今後の研究開発に改善・見直しを要する)とし、本研究開発を条件付きで継続することとする。指摘事項に迅速に対応し、POC達成、社会実装を目指していただきたい。

以上

未来社会創造事業 大規模プロジェクト型

第2次ステージゲート評価結果

1. 技術テーマ

粒子加速器の革新的な小型化及び高エネルギー化につながるレーザープラズマ加速技術

2. 研究開発課題名

レーザー駆動による量子ビーム加速器の開発と実証

3. 研究開発代表者名

佐野 雄二(自然科学研究機構分子科学研究所 特命専門員)

4. 評価結果

第2次ステージゲート通過とする。

評点:

A 評価基準を満たしており、ステージ3実施にあたり大きな懸念はない

評価コメント:

量子ビーム加速器は、新材料開発、がん治療など学術・産業・医療等の幅広い分野で利用されているが、巨大な装置と高額な建設費が普及を妨げる大きな課題となっている。本研究開発課題では、量子ビーム加速器の革新的な小型化、高エネルギー化、低コスト化を実現し、幅広い分野への応用展開を目指している。

ステージ2において、レーザープラズマ加速で安定な高エネルギー電子ビームを小型装置で発振できる見通しが立ち、世界最小のレーザーパワーで安定な電子ビームの発生とXUV放射光の増幅を達成した。また、電子ビームを使用した医療・創薬分野への展開を医薬工連携で推進することで、プロジェクトの方向性、成果の適用先が具体化され、POCまでの道筋が明確化された。さらに、イオン加速では国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構(QST)量子メス研究プロジェクトと連携して、炭素イオンビームの発生・輸送・検出・診断の一連の動作を確認し、重粒子線がん治療向け超小型シンクロトロンへの炭素イオンビーム入射に目処を立てており、目標を達成したことは評価できる。

一方、量子メス研究プロジェクトのように、社会実装に向けプロジェクト全体を推進する主体、インテグレーターを明確にする必要がある。また、コストを負担するエンドユーザーや社会実装の中心となる企業を含むバリューチェーンの具体化に向け、更なる体制構築・強化が求められる。なお、電子ビームによるプロドラッグ化の取り組みは、医薬品医療機器総合機構(PMDA)の審査・認可プロセスなどを踏まえて社会実装に向けた道筋を具体化する必要がある。

以上の評価結果、コメントを踏まえて、ステージ3で本研究開発を継続し、POC達成、社会実装を目指していただきたい。

以上

未来社会創造事業 大規模プロジェクト型**第2次ステージゲート評価結果**

1. 技術テーマ

エネルギー損失の革新的な低減化につながる高温超電導線材接合技術

2. 研究開発課題名

高温超電導線材接合技術の超高磁場NMRと鉄道き電線への社会実装

3. 研究開発代表者名

小野 通隆(理化学研究所生命機能科学研究センター 高度研究支援専門職)

4. 評価結果

第2次ステージゲート通過とする。

評点:

A ステージ3以降の計画について方向性は示したが、多数の課題について検討する必要がある、3月の研究開発運営会議で確認することを条件とする

評価コメント:

高温超電導技術を社会実装するためには、超電導接合や低抵抗接合技術を確立し、高温超電導線材の長尺化による用途拡大が不可欠である。本研究開発課題では、上記の接合技術を確立し、超電導接合を用いた超高磁場NMRと、極低抵抗接合を用いた鉄道用超電導き電ケーブルの短尺サンプルを製作・評価する。

ステージ2において、世界に先駆けて、レアアース系(REBCO)線材同士の超電導接合を実証したことは評価できる。しかしながら、2023年10月に高温超電導線材として最も実績があるビスマス系(BSCCO)線材の供給企業が事業撤退、生産中止を表明し、当初計画の全面見直し、実施内容の大幅変更が必要となった。そのため、短期間で方針、実施内容の変更を検討し、REBCO線材のみで超電導・低抵抗接合技術に係る基盤技術の構築に取り組むこととした。具体的には、NMRでは高温超電導コイルにおいてREBCO線材のみを用いて当初目標の1.3GHzの達成を目指すこと、鉄道き電線ではステージ3の研究期間を2年に短縮し、予算も圧縮して、REBCO線材に関わる接合技術等に内容を絞り込むこととした。POC目標達成のためには、これまで以上に両者の連携を密にして接合基盤技術の確立を目指す必要がある。ステージ3以降の計画について見直し、方向性は示したが、多数の課題について検討する必要がある、3月の研究開発運営会議で確認することとする。万一、技術的にPOC達成が困難と判断された場合や、社会実装に向けた確証が得られない場合には、ステージ3の途中でもプロジェクトを中止することとする。その場合、将来の核融合・MRIなどに適用できるように、高温超電導接合の基盤技術として研究成果を取りまとめることとする。

以上の通り、条件付きでステージ3へ移行することとし、2024年3月の運営会議で計画内容の詳細を確認する。

以上

未来社会創造事業 大規模プロジェクト型

第2次ステージゲート評価結果

1. 技術テーマ

自己位置推定機器の革新的な高精度化及び小型化につながる量子慣性センサー技術

2. 研究開発課題名

冷却原子・イオンを用いた高性能ジャイロスコープの開発

3. 研究開発代表者名

上妻 幹旺(東京工業大学科学技術創成研究院 教授)

4. 評価結果

ステージ2にて早期卒業とする。

評点:

A 評価基準を満たしている

評価コメント:

海面下など GNSS 信号が届かない状況において、正確な自己位置推定を行うためには、極めて高性能な慣性航法技術が必要である。本研究開発課題では、海洋無人探査機(AUV)等の様々なビークルにおける慣性航行技術の構築を目指し、自己位置推定精度を律則しているジャイロスコープの高精度化かつ小型化に向けて、量子技術を駆使した研究開発に取り組んだ。

原子ビームジャイロについては、アジャイルかつ柔軟な取り組みにより、実用化に繋がる小型化を実現した。また、量子ジャイロ、重力勾配計についても世界トップレベルの技術成果が得られた。

なお、本事業と並行して「共創の場形成支援プログラム(COI-NEXT)」では、光ファイバージャイロなどを用いて慣性航法装置の高度化に取り組み中である。また、2023年にスタートした「経済安全保障重要技術育成プログラム(K Program)」では、「量子技術等の最先端技術を用いた海中(非GPS環境)における高精度航法技術」の開発を目指すこととなった。そこで、本事業、COI-NEXT、K Programについて、各テーマの位置づけや連携について検討した結果、本事業の研究開発成果をそれぞれのプログラムに移管することを決定した。COI-NEXTでは、研究開発を統合的、横断的に推進することで、研究開発の加速に繋がるものと判断される。あわせて、K Programでは、これまで以上に出口目標、実現時期、ユーザーを具体化することで、出口までの道筋が明確化され、社会実装の加速に繋がることが期待される。上記より、未来社会創造事業としては、2023年度にて早期卒業(中止)とする。今後の展開に大きく期待したい。

以上

未来社会創造事業 大規模プロジェクト型

第2次ステージゲート評価結果

1. 技術テーマ

通信・タイムビジネスの市場獲得等につながる超高精度時間計測

2. 研究開発課題名

クラウド光格子時計による時空間情報基盤の構築

3. 研究開発代表者名

香取 秀俊(東京大学大学院工学系研究科 教授)

4. 評価結果

第2次ステージゲート通過とする。

評点:

S 評価基準を満たしており、特に優れたところが認められる

評価コメント:

本研究開発課題では、300億年に1秒しか狂わない「光格子時計」をネットワーク展開・社会実装することで、次世代の超高精度・時空間情報の共通プラットフォームを構築し、GNSS(Global Navigation Satellite System: 全球測位衛星システム)の原子時計精度を1000倍以上改善する超高精度クラウド・クロック環境を実現して、タイムビジネスの市場獲得を目指している。

ステージ2では、これまでの研究成果をもとに島津製作所、JEOLが中心となって光格子時計の製品化を見据えた商用プロトタイプ機を3年前倒しで完成させた。また可搬型車載機を用いて、東京と水沢天文台を繋ぐ長距離光ファイバーリンクを実現、相対論的測地のデモンストレーションを実施した。さらに「秒の再定義」(セシウム原子時計に代わる標準時計)を視野に入れ、欧州グループ(英国NPL、ドイツPTB)との光時計の国際比較実験に成功した。

さらに、時計の連続動作の実現に向けた第3世代光格子時計(3G、縦励起分光方式)の研究開発に着手し、移動光格子への原子の連続ローディングを実現した。光格子時計の開発において引き続き世界を先導していくことが期待される。

今後は、2030年の国際度量衡総会での「秒の再定義」に向けて商用プロトタイプ機で稼働実績を積み上げると共に、超高精度で小型の縦励起分光方式光格子時計を完成させ、実用性検証を加速いただきたい。なお、ステージ3では、本技術を活用したより社会インパクトの大きい適用先、用途先の具体化が求められる。

以上から総合評価をSとして、ステージ3へ移行すべきと判断する。

以上

未来社会創造事業 大規模プロジェクト型

第2次ステージゲート評価結果

1. 技術テーマ

未来社会に必要な革新的水素液化技術

2. 研究開発課題名

磁気冷凍技術による革新的水素液化システムの開発

3. 研究開発代表者名

西宮 伸幸(国立研究開発法人物質・材料研究機構 NIMS 外来研究員)

4. 評価結果

第2次ステージゲート通過とする。

評点:

B 評価基準を一部満たしておらず、今後の研究開発に改善・見直しを要する

評価コメント:

我が国は、2030年に300万トン／年の水素を利用する水素社会を想定しており、本課題では、水素供給コストの約1/3を占める水素液化コストの削減を目指す。具体的には、従来の気体冷凍技術よりも液化効率が高い磁気冷凍技術を用いることで、高効率化を目指す水素液化システムおよびゼロボイルオフを実現する小型省電力冷凍機の技術開発を行う。

ステージ2では、磁気冷凍材料開発において優れた研究成果を上げたが、水素液化システムとしてのPOC目標はいずれも未達であり、第3ステージの早い時期に目標を達成する必要がある。また、POC達成、社会実装に向けたエンジニアリング力の強化のため、製品化を担うシステム・プラントメーカーが主体となる開発体制を早急に構築する必要がある。さらに、本課題のPOCで掲げている100kg/日の水素液化システムやゼロボイルオフ技術が、液化水素のサプライチェーン、ユースケースのどこで、いつ、どの規模で適用、導入される見通しかを具体化する必要がある。そのためには、METI/NEDOと戦略を共有、連携すると共に、水素のサプライヤー、エネルギー事業会社などのユーザー、水素社会のインテグレータとの連携、共創を加速する必要がある。

以上から総合評価はBとし、ステージ3で本研究開発を条件付きで継続することとする。指摘事項に迅速に対応すると共にステージ3の研究開発計画に具体的に反映し、POC達成、社会実装を目指していただきたい。

以上

未来社会創造事業 大規模プロジェクト型

第2次ステージゲート評価結果

1. 技術テーマ

Society5.0の実現をもたらす革新的接着技術の開発

2. 研究開発課題名

界面マルチスケール4次元解析による革新的接着技術の構築

3. 研究開発代表者名

田中 敬二(九州大学大学院工学研究院応用化学部門 主幹教授)

4. 評価結果

第2次ステージゲート通過とする。

評点:

S 評価基準を満たしており、特に優れたところが認められる

評価コメント:

Society5.0の実現には、あらゆるものの小型化・多機能化が求められており、革新的なデバイスなどの実現に向けたキーテクノロジーとして接着技術の確立が必須となっている。本研究開発課題は、革新的接着材料および接着技術を開発することで、軽量化、電動化、資源循環のための易解体など、サステナブル社会に貢献する次世代モビリティの創出を目指している。

ステージ2では、PMの高いマネジメント力によって特筆すべき産産学学連携体制および知財戦略拠点を構築・運営し、POC後の社会実装までを見据えた研究・技術開発を戦略的に推進した。具体的には、共同連携機関である企業の適用先ごとにPOCを設定し、バックキャストにドライブされる研究開発を、卓越したサイエンスを武器とするアカデミアが一体となって柔軟に支援することで、各機関単独では成し得ない成果を創出・確立した。また、アカデミアの研究実績として多くの論文掲載・報道発表、特許出願を行い、学術的にも高く評価された。さらに、PMを中心に、公開シンポジウム開催、サイエンスアゴラ2024出展、テレビ出演など、アウトリーチ活動を積極的に行い、研究開発成果の情報発信に努めた。

一方、今後の課題としては、エンドユーザーとなる各自動車会社との個社対応ではなく、自動車業界・サプライチェーン全体へ成果を展開し、産産学学連携による研究開発のベストプラクティスを目指すとともに、プロジェクト終了後の研究体制の維持・拡大、産学一体となった人材育成策を具体化することが期待される。

以上の評価結果、コメントを踏まえて、ステージ3で本研究開発を継続し、POC達成、社会実装を目指していただきたい。

以上