

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構の 業務実績に関する評価の基準について

令和3年6月29日
文部科学省
量子研究推進室
研究振興戦略官付
研究開発戦略官付
(核融合・原子力国際協力担当)

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構(以下、QSTという。)の業務実績を評価する国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構部会(以下、部会という。)では、「独立行政法人の評価に関する指針」(平成26年9月2日総務大臣決定)に基づき、QSTより説明を聴取したのちに委員間で議論し、その後大臣評価案を作成している。QSTの自己評価やその考え方について、委員の意見及び文部科学省の受け止め方について一部乖離が生じた。そこで、令和3年3月22日に開催した第20回部会において、令和4年度までの現中期目標・中期計画の期間を対象に、「核融合に関する研究開発」、「人材育成業務」、「官民地域パートナーシップによる次世代放射光施設の整備等」の3つの評価項目について、先行的に、今後の部会でよりスムーズかつ有意義な業務実績の評価が行えるよう評価の基準を議論し、当該3項目について評価の基準を別添1～3のとおりそれぞれ設けた。今後はこれらの基準に基づいて評価を行うこととしたい。

- 評価単位6「核融合に関する研究開発」 (別添1)
 - 評価単位7「人材育成業務」 (別添2)
 - 評価単位7「官民地域パートナーシップによる次世代放射光施設の整備等」 (別添3)
- なお、この評価の基準は、政策の変化等に伴って見直すことができるものとする。

先進プラズマ研究開発(BA活動【JT-60SA】含む)		
<p>2) 幅広いアプローチ活動を活用して進める先進プラズマ研究開発 BA協定の下、国際的に合意した事業計画に基づき、サテライトトカマク計画事業を実施機関として着実に実施するとともに、国際約束履行に不可欠なトカマク国内重点化装置計画を推進し、両計画の合同計画であるJT-60SA計画を進め運転を開始する。ITER計画を支援・補完し原型炉建設判断に必要な技術基盤を構築するため、JT-60SAを活用した先進プラズマ研究開発へ展開する。さらに、国際的に研究開発を主導できる人材育成に取り組む。</p>		
<p>2) 幅広いアプローチ活動を活用して進める先進プラズマ研究開発 BA協定の下、国際的に合意した事業計画に基づき、BA活動におけるサテライトトカマク計画事業を実施機関として着実に実施するとともに、国際約束履行に不可欠なトカマク国内重点化装置計画(国内計画)を推進し、両計画の合同計画であるJT-60SA計画を進め運転を開始する。ITER計画を支援・補完し原型炉建設判断に必要な技術基盤を構築するため、炉心プラズマ研究開発を進め、JT-60SAを活用した先進プラズマ研究開発へ展開する。さらに、国際的に研究開発を主導できる人材の育成に取り組む。</p> <p>a. JT-60SA計画 BA活動で進めるサテライトトカマク事業計画及び国内計画の合同計画であるJT-60SA計画を着実に推進し、JT-60SAの運転を開始する。 ① JT-60SAの機器製作及び組立 JT-60SA 超伝導コイル等の我が国が製造責任を有する機器の製作を進めるとともに、日欧が製作する機器の組立を行う。 ② JT-60SA運転のための保守・整備及び調整 JT-60SAで再使用するJT-60既存設備の点検・保守・改修を実施する。統合試験運転を実施するために必要な、再利用機器の保守・整備を実施する。また、加熱及び計測機器等をJT-60SAに適合させるための開発・整備を行う。 ③ JT-60SAの運転 ①及び②の必要な実施を踏まえ、JT-60SAの運転を開始する。</p>	<p>b. 炉心プラズマ研究開発 ITER計画に必要な燃焼プラズマ制御研究やJT-60SAの中心的課題の解決に必要な定常高ベータ化研究を進めるとともに、統合予測コードの改良を進め、精度の高い高装置の総合性能の予測を行う。また、運転を開始するJT-60SAにおいて、ITERをはじめとする超伝導トカマク装置において初期に取り組むべきプラズマ着火等の炉心プラズマ研究開発を進める。</p>	<p>c. 国際的に研究開発を主導できる人材の育成 国際協力や大学等との共同研究等を推進し、ITER計画やJT-60SA計画を主導できる人材の育成に貢献する。</p>
<p>2) 幅広いアプローチ活動を活用して進める先進プラズマ研究開発 サテライトトカマク計画事業の作業計画に基づき、実施機関としての活動を行うとともに、国際約束履行に不可欠なトカマク国内重点化装置計画(国内計画)を推進し、両計画の合同計画であるJT-60SA計画を進める。</p> <p>a. JT-60SA計画 ① JT-60SAの機器製作及び組立 欧州との協働や製作現場での調整の下、JT-60SA本体付帯設備の整備を完了するとともに、実験運転に向けた装置増強のための調達機器の設計・協議を進め、整備に着手する。 ② JT-60SA運転のための保守・整備及び調整 JT-60SAで再使用するJT-60既存設備の点検・保守・改修を実施する。統合試験運転を実施するために必要な、再利用機器の保守・整備を実施する。また、加熱及び計測機器等をJT-60SAに適合させるための開発・整備を行う。 ③ JT-60SAの運転 JT-60SAの、初プラズマ生成を含む統合試験運転を実施する。日欧研究者による研究協力を進めるとともに、日欧研究者で構成される実験チームの発足準備を進める。</p>	<p>b. 炉心プラズマ研究開発 JT-60の実験データ解析やDIII-D(米)、JET(英)等への実験参加・データ解析を行う。JT-60等の実験データを用いた検証や物理モデルの精緻化及びコードの改良を進めるとともに、プラズマ内部からダイバータ領域までを含んだ統合コードの予測精度を向上させる。また、プラズマの安定性や輸送を制御する手法、JT-60SAにおけるプラズマ着火や制御等の研究開発を進める。これらにより、ITERの燃焼プラズマ実現やJT-60SAの定常高ベータ化に必要な輸送特性や安定性、原型炉に向けたプラズマ最適化の研究を実施する。</p>	<p>c. 人材育成 大学等との連携・協力を継続して推進し、国際協力等を活用して国際的に研究開発を主導できる人材の育成に貢献する。</p>
<p>世界最大の超伝導トカマク装置であるJT-60SAにおいて初プラズマを達成し、13年に渡る装置建設を完了。</p>		<p>共同研究、オンサイトラボ、国際協力等を活用し人材育成を進める。</p>
<p>JT-60SAにおいてプラズマ制御性を確認し、統合試験運転を完了。 加熱実験運転に向けた装置増強に着手。</p>		<p>共同研究、オンサイトラボ、国際協力等を活用し人材育成を進める。 JT-60SA国際核融合スクールを実施する。</p>
<p>加熱実験運転に向けた装置増強を実施。</p>		<p>共同研究、オンサイトラボ、国際協力、JT-60SA国際核融合スクール等を活用し人材育成を進める。</p>
<p>加熱実験運転に向けて装置増強を継続しつつ、加熱実験運転を開始する。</p>		<p>人材育成を進め、ITER等に人材を供給する。</p>
困難度(研究開発)	困難度	困難度
<p>・JT-60SAは、ITERや原型炉に外挿しうるプラズマ維持時間を達成するため超伝導コイルを使用するが、既存の超伝導トカマク装置に比べて規模、性能、精度が数倍から1桁上で装置全体としてFOAK機器の集合体といえる。それぞれのFOAK機器を完全に動作させ、システムとして調和動作させることにより初めて得られる初プラズマの生成自体が極めて困難な目標である。特に超伝導コイルは常伝導コイルに比べてゆっくりとして電流値を変化させられないため、プラズマ着火時などプラズマ電流が急激に変化する際に、磁場を早く制御することが難しく、制御能力の範囲で初プラズマの生成に必要な精密な境界の制御や電界の発生を実現するためには装置の特性を的確に把握し制御パラメータを設定する必要があり難易度が高い。</p>		
<p>・超伝導コイルは常伝導コイルに比べてゆっくりとして電流値を変化させられないため、大型超伝導トカマク装置におけるプラズマの安定生成・維持に必要な制御は極めて困難であり、試行錯誤を行って制御の最適化を図っていくことが必要である。</p>		
<p>・JT-60SAに設置する加熱装置である、電子サイクロトロン加熱装置は1系統当たりメガワットの100キガヘルツ帯ミリ波を長時間安定して出力する性能が求められるが、同様の装置は世界に存在しない。500kV、10MWの負イオン中性粒子入射加熱装置も同様である。ITER向け機器開発では要素機器ごとに、これらシステム性能を満たすために必要な性能を確認しているが、システムとして要求性能を満たすべく設置されるJT-60SAの加熱装置はまさにFOAK機器であり、要求される性能を満たすこと自体が困難である。</p>		
困難度(マネジメント)	困難度	困難度
<p>・JT-60SAは欧州の複数の国、研究所、メーカーが製作した機器と日本製機器から構成されており、運転を実施するに当たり、利害が相反する各者間の交渉・調整を不断に行う必要があり、マネジメント上、多大な困難さを内在している。更に、コロナ禍により、対面での交渉・調整が出来なかったことや欧州側人員の来日制限から、より一層の交渉・調整能力が必要な状況が発生した。</p> <p>・コロナ禍により、欧州側人員の来日が制限され、技術者、研究者併せて当初予定の90人員が8人員月に激減した中、欧州が設計製作し調達された大規模な機器である「冷凍システムJ」と「電源システムJ」について、製作業者から技術者の派遣がほとんどなされない状況となり、機器の調整に具体的支援が生じた。例えば欧州製作の「電源システムJ」の調整においてはメーカー技術者の派遣が当初予定の5名に對し、入国で対した技術者が1名であり、技術支援が途切れる危機に瀕し、これに對するマネジメントが必要となった。加えて、複雑な機構を持つ高電圧大電力送電機の機械的調整はヒヤン会議システム等による遠隔支援が極めて困難。</p>		<p>・コロナ禍により、欧州側人員の来日が制限され、技術者、研究者併せて当初予定の90人員が8人員月に激減した。欧州から多数の技術者、研究者が参加するJT-60SAの統合試験運転の取組にオンサイトラボを活用して学生が参加することにも大きな意義がある国内共同研究の観点からも大きな影響がある。</p>
<p>同上</p>		<p>同上</p>
<p>同上(コロナ禍を除く)</p>		
成果となる事象(研究開発)	成果となる事象	成果となる事象
<p>・コロナによる周辺機器組立における狭錠部での同時作業人数制限や、欧州側人員の長期にわたる来日制限による欧州調達機器の現地調整の難航による遅延により、当初より大幅に短縮されたプラズマを用いた試験期間の中で、世界最大の超伝導トカマク装置JT-60SAにおいて初プラズマ生成を達成し、多くの課題を新機種の組み立てと解決してきた試験期間における建設活動の集大成であるとともに、ITERに直接貢献できる唯一の装置であるJT-60SAの初トカマクプラズマ生成は、大型超伝導トカマク装置の組立、試験運転、初プラズマ生成に必要な種々の機器調整などに重要な知見を与えITER計画の成功をより確実にする極めて大きなマイルストーンである。</p>		
<p>・当初より大幅に試験期間が短縮された欧州からの現地での直接的な支援がうけられない中で、JT-60SAにおいてプラズマ電流0.5MA以上のダイバータ配位を形成(プラズマ電流値の意義を別紙の③に示す)</p>		
<p>・JT-60SAで要求される加熱装置等の世界最高レベルの性能について、測定精度を勘案して有意な超越といえる、「年度目標を5%上回る性能」を達成する。加熱装置等の性能を有意に向上するためには要素技術や設置・調整技術を有意に改善する必要があり、性能向上をもたらす要素が同定されることは、設計の合理化の指針となり、将来のコスト低減等に繋がる。</p>		
成果となる事象(マネジメント)	成果となる事象	成果となる事象
<p>・コロナ禍において対面での交渉・調整が出来なかった中で、計画を着実に進行するための工夫を実施。具体的には、欧州調達機器の製作業者から技術者の派遣がほとんどなされない状況となり、機器の調整に具体的支援が生じた場合、これを解決するマネジメントとして、データ共有システムの構築を推進すべく調整を行う必要があるが、情報セキュリティの不備がなく且つ効果的な遠隔技術サポートを可能にする詳細データの共有手段構築は簡単でない。プロジェクトの垣根を越えてデータ共有方法のノウハウを共有、評価するタスクフォースを短期間で立ち上げ、構築するシステムの指針を明らかにする。</p> <p>・安全管理を徹底し、13年間、無事故・無災害を達成。</p>		
<p>・国内外の幅広い調整を行い、第一回JT-60SA国際核融合スクールを実施。日欧計20名の学生を募集予定。日欧の大学の教授等にアンケートを行ったところ、回答が得られた計46名のうち85%がJIFSIに参加する可能性がある学生・若手研究者を指導していると言ふ事で興味を示している。</p>		
<p>・加熱装置性能の目標超越を可能にするうえで重要となる、欧州調達電源の性能発揮に必要な、欧州からの効果的技術支援を可能にするマネジメントを行う。</p>		
成果となる事象(研究開発)	成果となる事象	成果となる事象
<p>・JT-60SAで要求される加熱装置や計測装置等の世界最高レベルの性能について、測定精度を勘案して顕著な超越といえる、「年度目標を10%上回る性能」を達成する。加熱性能や運転効率(電子ビーム電流、発熱出力、伝送効率、絶縁耐性、安定性や、計測性能に係る個別の技術者等が、世界に近い性能領域において、10%以上向上することは、得られた余裕を活用して他の部分の設計や仕様を合理化、簡略化するなど具体的なコスト削減に繋がるのみならず、実験運転における運用範囲の拡大と計画以上の領域での研究の可能性を広げる。</p> <p>具体的には、高周波加熱装置においては、ジャイロトロンが発熱出力及び伝送効率の改善により、プラズマの加熱パワーが10%増えた場合、計画中の9系統のシステムに1系統(16電力)ジャイロトロンと関連機器に加えプラズマへの入射に必要な伝送系等を含むを追加することに相当する。</p> <p>その結果、プラズマ圧力の5%程度の増と駆動電流の10%程度の増が期待でき、より高い圧力のプラズマの生成や制御を目指した実験が可能となり、将来の発電能力等において発電能力等の効率向上に繋がる。</p> <p>しかしながら、ジャイロトロンについては、現設計は平成26年度に確立し、既に限界まで運転条件を最適化しているため、更なる出力増加には、設計変更を行う技術改良が必要である。また、伝送効率については、敷設精度向上により設計理論に近い効率を令和2年度に獲得しているため、更なる効率向上には伝送系を構成する機器自体の技術革新が必要である。</p>		
成果となる事象(マネジメント)	成果となる事象	成果となる事象

核融合理工学研究開発 (BA活動 (IFERC, IFMIF-EVEDA, 実施機関活動)、ITERテストブランケット含む)

3) 幅広いアプローチ活動等による核融合理工学研究開発
 BA協定の下、国際的に合意した事業計画に基づき、BA活動として進める国際核融合エネルギー研究センター事業等を実施機関として着実に推進するとともに、原型炉建設判断に必要な技術基盤構築に向けて、推進体制の構築及び人材の育成を進めつつ、BA活動で整備した施設を活用・拡充し、技術の蓄積を行う。

3) 幅広いアプローチ活動等による核融合理工学研究開発
 BA協定の下、国際的に合意した事業計画に基づき、BA活動における国際核融合エネルギー研究センター事業等を実施機関として着実に推進する。また、原型炉建設判断に必要な技術基盤構築に向けて、国際協力及び国内協力の下、推進体制の構築及び人材の育成を進めつつ、BA活動で整備した施設を活用・拡充し、技術の蓄積を行う。

a. 国際核融合エネルギー研究センター (IFERC) 事業並びに国際核融合材料照射施設 (IFMIF) に関する工学実証及び工学設計活動 (EVEDA) 事業

① IFERC事業
 予備的な原型炉設計活動と研究開発活動を完了するとともに、計算機シミュレーションセンターの運用及びITER遠隔実験センターの構築を完了する。

② IFMIF-EVEDA事業
 IFMIF原型加速器の実証試験を完了する。

③ 実施機関活動
 理解増進、六ヶ所サイト管理等をBA活動のホスト国として実施する。

b. BA活動で整備した施設を活用・拡充した研究開発

① 原型炉設計研究開発活動
 原型炉建設判断に必要な技術基盤構築のため、概念設計活動、低放射化フェライト類等の構造材料重量照射データベース整備活動、増殖ブランケット機能材料の製造技術や先進機能材料の開発、トリウム回収技術開発を拡充して推進する。

② テストブランケット計画
 ITERでの増殖ブランケット試験に向けて、試験モジュールの経路試験・設計・製作を進める。

③ 理論・シミュレーション研究及び情報集約拠点活動
 計算機シミュレーションセンターを活用し、核融合プラズマの動特性を中心としたプラズマ予測精度の向上のためのシミュレーション研究を進める。また、ITER遠隔実験センターを国際的情報集約拠点として活用する。

④ 核融合中性子源開発
 六ヶ所中性子源の開発として、IFMIF原型加速器の安定な運転・性能向上を行うとともに、リチウムループの建設、照射後試験設備及びトリウム除去システムの整備、ビームターゲット試験の準備を開始する。

3) 幅広いアプローチ活動等による核融合理工学研究開発
 BA協定の下、国際的に合意した事業計画に基づき、BA活動における実施機関として着実に事業を推進する。また、原型炉建設判断に必要な技術基盤構築に向けて、技術の蓄積を行う。

a. 国際核融合エネルギー研究センター (IFERC) 事業並びに国際核融合材料照射施設 (IFMIF) に関する工学実証及び工学設計活動 (EVEDA) 事業

① IFERC事業
 IFERC事業では、原型炉設計対応の材料データベース、材料特性ハンドブックの整備 (照射、腐食データを含む)、核融合中性子照射効果予測技術の基盤構築を進める。原型炉設計活動としては、安全性解析、炉内機器や加熱・電流駆動システムの検討等を実施する。ITER遠隔実験センターでは、他のBA事業やITER機構との協力を進める。また、欧米実施機関と大型計算機に係る技術情報や関連する研究活動等に関する情報交換、日欧共同研究プロジェクト等への計算資源の提供を行うとともに、シミュレーション研究を推進する。

② IFMIF-EVEDA事業
 IFMIF-EVEDA事業では、高電圧四重極加速器 (RFQ) と大電力ビームダンプを組み合わせた、長パルス重陽子ビーム試験を実施する。また小型リチウムループの設計を行い、純化系・純度監視系のR&Dを開始する。

③ 実施機関活動
 BA活動及び核融合活動についての理解促進を図るため、引き続き、一般見学者等の受け入れや各種イベントへの参加、施設公開等を行う。また、六ヶ所核融合研究所の維持・管理業務を継続する。

b. BA活動で整備した施設を活用・拡充した研究開発

① 原型炉設計研究開発活動
 原型炉概念の基本設計を継続し第一回中間OARに向けて、これまでの設計検討を報告書案にまとめ、低放射化フェライト類等の炉内構造物材料の中性子照射後の材料試験及び評価を継続する。これらの活動を強化するため、核融合科学研究所と連携して大学等との共同研究を継続する。さらに、アライアンス事業等を含めリチウム回収技術開発を継続する。

② テストブランケット計画
 ITERに設置した試験を行うテストブランケットシステムの詳細設計 (予備設計) を進める。また、詳細設計レビュー (PDR) に向けた準備を継続する。さらに、最終設計承認に必要と考える安全実証試験データの取得のための装置の製作設計を完了し、製作を開始するとともに、同装置を設置するブランケット工学試験機の構築を進める。

③ 理論・シミュレーション研究及び情報集約拠点活動
 核融合プラズマ予測精度の向上のためのモデルの高度化を継続するとともに、開発したコードによる実験予測を実施する。核融合研究専用スパコンJFRS-1の運用を継続し、原型炉を見据えつつITER計画等への貢献を踏まえた計算資源の配分を行う。

④ 核融合中性子源開発
 概念設計書に基づき、核融合中性子源A-FNSの工学設計活動計画の検討を行う。また、欧州における核融合中性子源開発の動向について情報収集・情報交換を行う。

・大電力ビームダンプとRFQを組み合わせたIFMIF原型加速器の長パルス重陽子ビーム試験を開始

・試験モジュールの評価試験・設計・製作を進める。

・大電力ビームダンプとRFQを組み合わせたIFMIF原型加速器の長パルス重陽子ビーム試験を継続する
 ・超伝導リニアックの調整・運転に必要な高圧ガス許認可の調整と冷凍機の整備を実施

・TBSの詳細設計レビューに向けITER機構から提出要請のある図書の作成準備を完了するとともに、安全実証試験開始にむけた4つの試験装置の製作を進めて、新たに竣工したブランケット工学試験機への搬入付け作業を開始する。

・事業計画に従い、大電力ビームダンプとRFQを組み合わせたIFMIF原型加速器の長パルス重陽子ビーム試験を完了する。
 ・超伝導リニアックをIFMIF原型加速器に搬入付け、試験を開始する。

・TBSの詳細設計を完了し、最終設計承認にむけた安全実証試験を開始する。

・3MeV大電流の長パルス重陽子ビーム加速を達成する。

・当初予定されているTBSの安全性実証試験を完了する。

困難度

・IFMIF/EVEDA事業で目標としている大電流の重陽子ビームの連続加速はこれまでに例がない (重陽子加速器のこれまでの世界記録はLIPAcの125mA/5MeV/1ミリの秒、加速器のビーム電流とビームエネルギーの領域を別紙の④に示す)。大電流では、ビーム中の重陽子の密度が高く、重陽子間の反発力によりビームが広がりがり易いためビーム伝送損失が起りやす。連続運転では中性子発生による放射化、過大熱負荷による表面溶融などが生じる可能性が高い。これを抑えるため、ビーム入射前から大電力ビームダンプまで全てのビームラインにおいて、非常に高い精度の振え付けが要求されるとともに、ビーム損失を最小限に抑える極めて精度の高い計測制御、運転手法の確立が要求される。

・テストブランケットシステム (TBS) は、核融合反応で生じた高電中性子のエネルギーから発電に使う熱を取り出すとともに、燃料のリチウムを生産するという、従来の発電所で最悪の機器であり、ITER参加国間で得た子ファクトスタンダードに向けた技術開発競争の対立である。技術的には、極めて高い放射線性、トリウム閉じ込めと回収機能、高温高圧水等を用いた効率の良い熱利用等の困難な課題を解決する必要がある。加えて、ITERでの実機試験に向けては、厳しいフランス原子力規制当局の認可を獲得するための膨大な作業と対応が必要である。

・重陽子超伝導リニアックは世界で初めての機器であり、大電流であるがゆえにわずかな損失による発熱が超伝導状態の破壊を引き起こす。また、放射化を低減する観点からも原因となるビーム伝送損失を低減する必要がある。そのため100kV級の従来の加速器と比べて1/10の10⁻⁶mと極めて低いビーム伝送損失条件が課されている。

同上

・同上

同上

困難度

・多数の国や機関が個別に機器を製作し、その設計者・製作者が参加し、現場レベルでの計画調整を行うため、修理やメンテナンスについて困難さを伴う。

・IFMIF原型加速器の運転、機器調整は欧州から機器製作を担当した技術者が来日し、共同で運用することを前提に体制を構築しているため、今年度当初よりコロナ禍による影響で欧州側の専門家が来日できなかったことは、現地の専門スタッフの半減となり、これをカバーするために日本人スタッフへの負荷の増大、加速器試験計画運行や欧州側担当機器の調整作業に大きな支障が発生。

・脱炭素社会、EV化等の国を挙げた加速によりリチウム資源の需給バランス崩壊が刻々と迫る中、100%海外輸入から都市鉱山としての廃リチウム電池リサイクル資源の開発、最終的には海水からの回収により我が国における資源確保の解決に大きく貢献するなど、短財難題及びベンチャー創設に関わる多岐にわたる利害関係者 (関連企業、投資ファンド、研究機関、関係各等) の利害等が錯綜し、ブランケットの機能材であるリチウム回収技術 (高純度のリチウムのみをイオン伝導膜で直接回収) の社会実装に向けた戦略的提携・協力関係の構築と醸成には、度重なる多くの困難を伴った。さらに核融合燃料として重要なリチウム6 (天然同位体比7.8%、他はリチウム7) は、稀地球物質で輸入も困難であり、燃料の安定確保に向け、六ヶ所所研では新たな対応体制を立ち上げなど、全所レベルで対応が必要である。また、ベリリウム資源の100%輸入 (米国企業ほぼ独占) により資源の安定安価確保が困難な中、国内で多くの企業や大学との共同研究や連携を構築し、得た安定資源確保 (海外臨床と安全な精製技術提携) に向け、困難な産学連携推進体制を構築することが必要である。

・多数の国や機関が個別に機器を製作し、その設計者・製作者が参加し、現場レベルでの計画調整を行うため、修理やメンテナンスについて困難さを伴う。また成果の共有、成果の詳細について、日欧双方の慣習や意見の相違、調達分担のアンバランスのため合意形成までに非常に多くの調整と議論が繰り返され、スムーズな意思決定に困難さを伴う。

・TBSの設計に係る交渉・調整上の困難度は前年度と同様であるが、特に、ポート統合との関係で、特別な配慮を要する中国 (非ホワイト国) との調整が本構化するため、より一層困難となる。

成果となる事象

・六ヶ所所研で開発したマイクロ波加熱によるベリリウム精製技術は、従来技術に比べて、安全な低温湿式密封処理で、工程数は約半分、使用エネルギーは1/10以下、プラズマ埋蔵量数100分の1である。核融合発熱の技術の産業展開に向けて、本技術に応用した重要臨種 (27種) リサイクル検出優先臨種 (22種) の有価副産物の安定確保に向けて大型の外郭資金を獲得し産業化の可能性を拓く。

・TBSの詳細設計に関わる、ITER18番水水平ポートの設計統合を前倒して達成し、製作性の検討に注力し、設計合理化とコスト低減に繋げる。

・TBS構成機器の実規模試作試験による設計妥当性を前倒して実証することで、合理化とコスト低減を推進する。

成果となる事象

・想定外のコロナ禍により欧州スタッフが来日できない中、IFERC事業と協力しIFERCの技術を利用した大容量高速データ通信とオンラインでの欧州からの遠隔実験参加を実現、BA活動のシナジー効果を示す。

・TBS試験用前倒ポート削減により当初の6つのTBM計画のうち2つが落選する事となったが、ITER機構や地種との調整・協議の結果、日本が採用した冷却・増殖方式の有用性が認められ初期4計画の1つとして選択される。

・IOおよび18番ポート共有相手種である中国との設計協議を、ポートマスターに指名されることにより主導的に進め、知財流出のリスクを低減するとともに、客員研究員のITER派遣の継続を含めてITER機構と協議して主導し、調整を滞りなくする。

・引き続きIOおよび18番ポート共有相手種である中国との設計協議を主導し、18番ポート内に配置する日中TBSsの共通機器の設計に関する調整を先達する。

成果となる事象

・ブランケットの機能材であるリチウムを分離膜を利用して回収する技術は、従来技術に比べて小規模の設備で短時間で薬剤等の利用量を低減してワンステップで直接高純度のリチウムを分離できる特徴を有しており、従来100%海外輸入であったものを、我が国の都市鉱山としての使用済リチウムイオン電池リサイクル資源を発掘し、最終的には海水からの回収により我が国における資源確保の問題解消に大きく貢献する。まず、この技術を用いた産業展開として、QSTアライアンス事業の下、外郭資金を活用した使用済リチウムイオン電池リサイクルのためのリチウム回収・分離技術の開発を進め、新規に分離膜表面へのリチウム吸着性を改善することにより、回収速度を食塩製造技術等の実用域近く向上させた上で、リチウム回収の量産コストを評価するため、分離膜を従来の単膜から20膜にマルチ化したスタック (集約) 化装置を新たに開発し、実際の使用済リチウムイオン電池の焙焼灰を入手し試験する。R2年度の実験結果に基づき、海外輸入価格の半額以下という低価格で使用済リチウムイオン電池からリチウム回収 (リサイクル) が可能とのコスト評価を実証する。

成果となる事象

成果となる事象

成果となる事象

成果となる事象

成果となる事象

評価単位6「核融合に関する研究開発」における評価の基準に関する補足

① 各 FOAK 機器の特徴：

- ✓ TF コイルは、強大な電磁力に耐えるため溶接が難しい特殊なステンレス製構造物の溶接と加工が必要であり、世界最大（高さ 16m、重さ約 300 トン）、最高性能（12 テスラ）に加えて、トカマクのプラズマ閉じ込め用コイルとして、18 個のコイルを高精度で組み立て、約 2mm の精度で円形磁場を発生する点で高エネルギー加速器などのコイルより格段に大型でありながら高い位置精度、組立精度が求められており、その実現のために TF コイルの形状加工、内蔵する超伝導巻線の据付位置も mm オーダー（1/10000 の精度：通常の加工品は 1/1000 程度）での制御が必要となっている。
- ✓ 中性粒子入射加熱装置実機試験施設（NBTF）の高圧電源は百万ボルト（1MV）の直流高電圧を発生する電源であり、同時に百万ボルトの絶縁が必要となる。中国等では直流高電圧送電が広がりつつあり、0.8MV までは日本と欧州の各一社のみが対応可能な技術力を有するものの、1MV となると日本の一社のみが実績を有する。この一社が有するのはガス、油、気中絶縁であり、1MV 真空絶縁については世界で QST のみが ITER に向けた技術開発に成功している。このため、NBTF 電源の現地組立においては、QST とメーカーの日本人技術者の立会いが不可欠であったところ、コロナ禍で入国が制限されることとなり、リモートで万一の間違えも無い様に試験を実施するため、新たな技術開発とマネジメントの工夫が必要となった。

NBTF 及び ITER の実機 NB の電源技術の特殊性と運転領域を図 1 に示す。

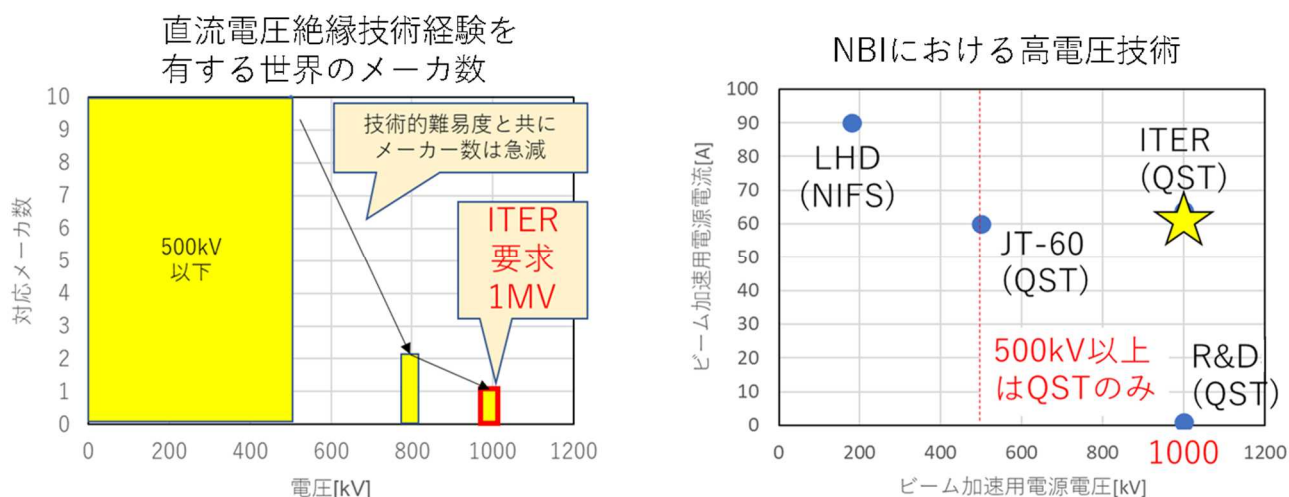


図1 超高压直流絶縁技術の特殊性と中性粒子入射加熱装置(NBI)運転領域

- ✓ ITERダイバータの温度計測器は常温～3000℃にわたる他に類を見ない広範なレンジ(通常数 100℃)での温度測定が求められていること、3000°といった高温では放射温度計が用いられるが、その温度測定に欠かせない放射率が温度の関数であり、広範なレンジの温度変化では高い精度を満たせないこと、その中でその場放射率校正を行って 10%といった高い測定精度を実現することが要求されており、そのためには新たな温度測定手法が必要であった。

- ✓ ジャイロトロンは、電子ビームと磁場の相互作用により一定の周波数の電磁波を発生し、これをプラズマ中に入射して、電磁波の周波数とプラズマ中の磁場が「電子サイクロトロン共鳴」する条件において、電磁波のエネルギーをプラズマ中の電子に伝搬してプラズマを加熱するものである。これまでに日本、ロシアで MW 級のジャイロトロン開発に成功している。通常、一つのジャイロトロンで形状と磁場を決めてしまうと特定の周波数の電磁波しか出すことができない。このため、電子サイクロトロン加熱法ではプラズマ中のある磁場の局所しか加熱できず、QST ではジャイロトロンの形状はそのまま、磁場を変えて異なる周波数の電磁波を発生する研究を続けてきた。2つの異なる周波数の電磁波を一つのジャイロトロンで発生することはロシア他でも成功しておらず、日本だけが可能な技術である。

② ITER に特有の調整の困難さ：

国際プロジェクトでは多国間の調整が必須となります。しかし他のプロジェクトと比較して、ITER 計画における調整のむつかしさとして、以下を挙げるができるかと思えます。

- ✓ 7 極が構成機器を物納して一体の装置に組み上げるが、それぞれの構成機器が FOAK 機器であること。物納機器自身が相当に大きく複雑、複数の機能を担うこととなっており、ジェット機の主翼、導体、といった単能機器の組合せではないことが難しさの一つ。
- ✓ ITER 自身の詳細仕様、細部取合い設計が確定する前に機器設計・製作進んでおり、機器完成後に取合いの微調整が不可避となっていること。機器一つ一つの独立性が高い加速器などであれば上記の進め方が機能するが、トカマクは多くの機器・プラントが一体として核融合反応という一つの機能を達成するため、設計統合への依存度が高く、取合い調整は複雑かつ困難。
- ✓ ITER 機構自身、計画とともに設立されていることから、調整機能を実現する仕組み作り（マネジメント）をイチから議論して作り上げてきていること。
- ✓ 国際宇宙ステーション(ISS)は米、露、加、日、欧州 11 ヶ国（ベルギー、デンマーク、フランス、ドイツ、イタリア、オランダ、ノルウェー、スペイン、スウェーデン、スイス、イギリス）の 15 ヶ国が参加しておりますが、設計・統合・調整は米国が一元的に管理しております。ITER は、中国、インドの様な知財等の扱いが難しい国が参加していることと、重要事項は理事会での全会一致が原則であることと、前述の様に、ITER 機構による統合・調整が機能するまでに長い時間が掛かったため機器間の調整には多大な時間と労力が必要です。

③ プラズマ電流値の意味

核融合プラズマではダイバータ配位（図 2）は必須です。ダイバータ配位を形成するためには、高精度の形状制御が不可欠です。大型超伝導トカマクでは、プラズマ生成時に金属性の真空容器に流れる渦電流（図 3：JT-60SA では 1MA 程度に達します）、時間応答の遅い超伝導コイル等の制約があります。また最大定格に比べて低いプラズマ電流領域での精密な電磁気計測等が必要です。さらに、ダイバータ配位に移行するまでは内側第一壁と接触を続けるので、プラズマが接触した壁から過剰なガスが発生してプラ

ズマの維持を阻害しないように、壁調整（壁面の吸蔵ガスを減らす清掃）が必要です。さらに、ダイバータ配位に移行したときにはダイバータ板と接触するため、内側第一壁に加えてダイバータ板の調整も必要となります。これらを満たしながらダイバータ配位の形成までプラズマを育てていくのは多くの困難が予想されます。JT-60SA では、最初電圧制御でプラズマを生成したのち、電流中心制御を経てプラズマ形状制御に移行します。プラズマ生成時には 1MA 程度ある渦電流の影響やプラズマ形状の同定精度等を考慮すると、0.4-0.5MA 程度から形状制御に移行できると想定しています。形状制御に移行できたのちにダイバータ形成を行います。そのため、0.5MA ダイバータ配位の形成がマイルストーンと考えております。

これまで、超伝導トカマクで得られているダイバータプラズマのプラズマ電流の最大値は韓国 KSTAR 装置の 1.2MA ですが、1MA を超えるのに数年を要しております。この他の超伝導トカマクで 1MA を超えた装置はありません。統合試験運転の短期間で 1MA のダイバータ配位まで到達できれば、他にはないユニークな成果と考えます。

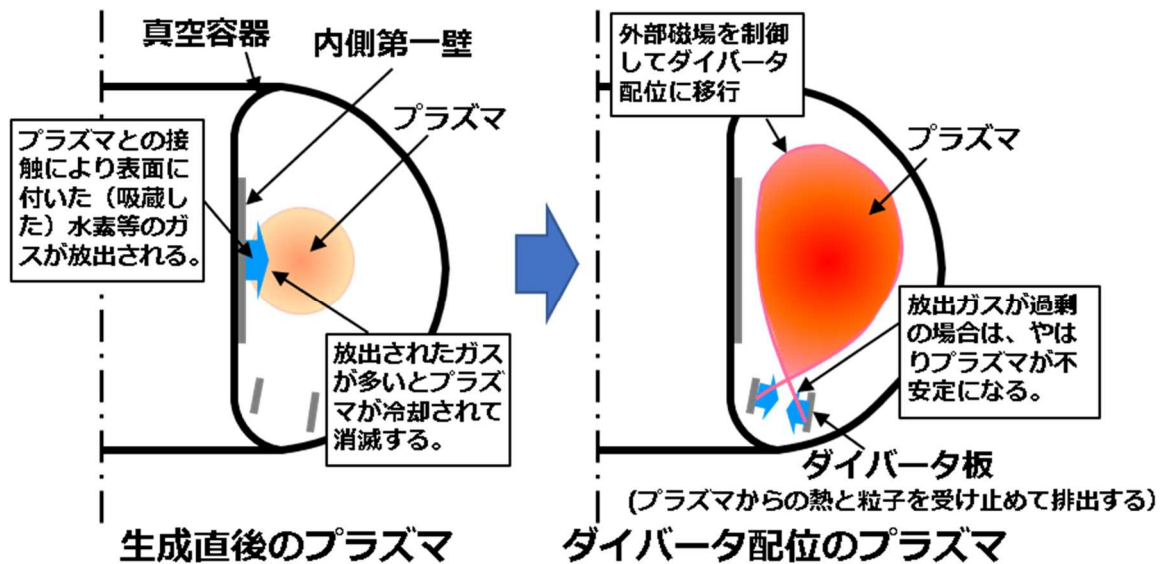


図2 ダイバータ配位、内側第一壁とダイバータ板の説明

プラズマを生成し電流を流すために
トランスの原理で周方向に電圧を掛ける

真空容器に流れる渦電流
加熱や計測用の枝管（ポート）の開口部を回り込む様に複雑な経路で流れる。
JT-60SAでは~1MAに達し、生成直後のプラズマ電流（数10~数100kA）よりも大きく、プラズマ領域の磁場を乱すため真空容器内部のプラズマの制御が難しい。

JT-60SAの真空容器
通常のトカマク装置の真空容器は渦電流を減らすために、薄肉構造または高抵抗部を設けるが、ITERやJT-60SAの真空容器は、遮蔽性能等を確保するため、厚肉（20~80mm×2の二重壁）になっており、プラズマ生成時に真空容器に流れる渦電流が極めて大きい。

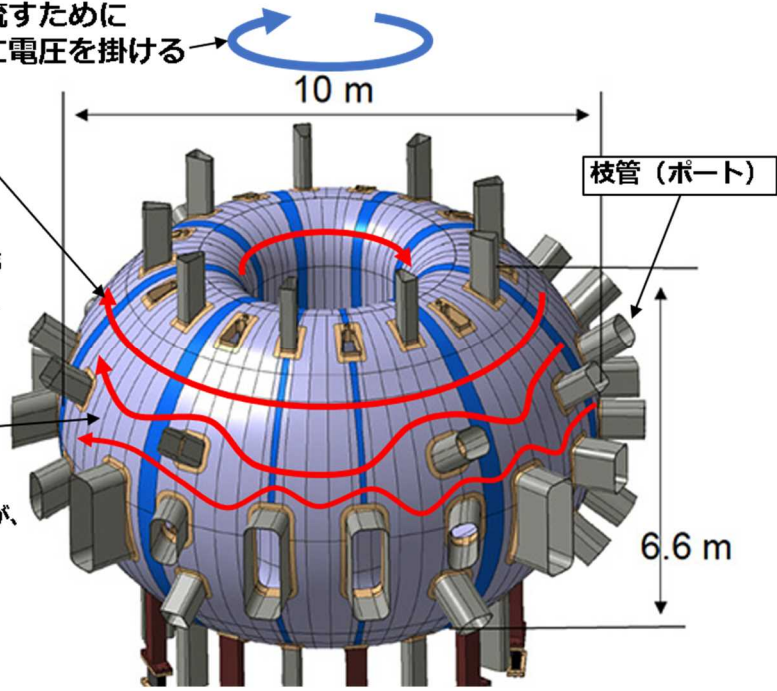


図3 真空容器と渦電流

④ IFMIF/EVEDA 用原型加速器（LIPAc）の運転領域

LIPAc は、世界最大の重陽子加速器です。その運転領域を図4、5に示します。

重陽子ビーム(2019年7月)(最大電流値。
平均電流値ではないため参考データ)

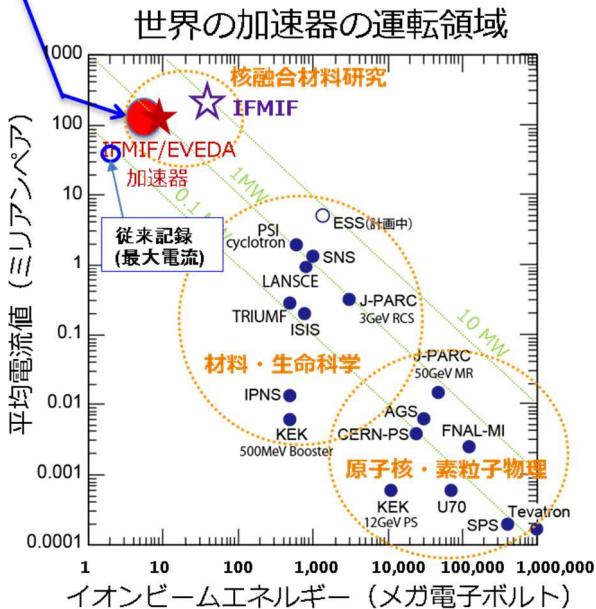


図4 現存する世界の加速器の運転領域

最終的な目標である核融合中性子源 IFMIF は星（白ヌキ）、IFMIF/EVEDA 用原型加速器(LIPAc)の最終目標は星（赤）、2019/7 のRFQ（高周波4重極加速器）による重陽子ビーム加速を赤丸で示しています。

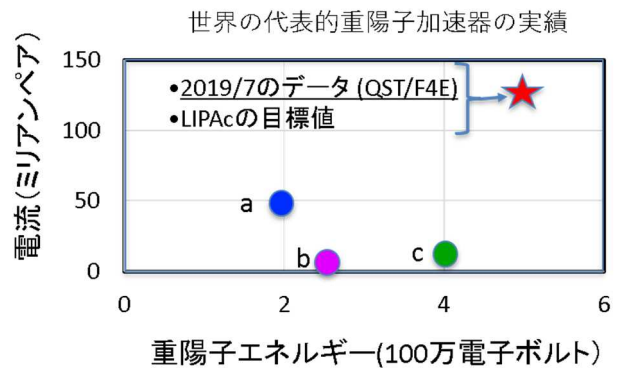


図5 世界の代表的な重陽子加速器の実績

赤星：LIPAc のRFQの目標値および今回得られた結果（125 ミリアンペア、500 万電子ボルト）
a: PKUNIFTY（北京大学）（45 ミリアンペア、200 万電子ボルト）
b: SARAF(イスラエル）（5.6 ミリアンペア、225 万電子ボルト）
c: LLNL(米国)（10 ミリアンペア、400 万電子ボルト）

評価単位7「人材育成業務」における評価の基準について

中長期目標の記載		Ⅲ.4.(3) 人材育成業務 量子科学技術の推進を担う機関として、国内外の当該分野の次世代を担う人材の育成に取り組む。また、東京電力福島第一原子力発電所事故後の放射線に関する社会の関心の高まりを踏まえ、放射線に係る専門機関として、放射線防護や放射線の安全取扱い等に関係する人材や幅広く放射線の知識を国民に伝えるための人材の育成に取り組む。				
中長期計画の記載		・「第5期科学技術基本計画」に示されているように、イノベーションの芽を生み出すために、産学官の協力を得て、量子科学技術等の次世代を担う研究・技術人材の育成を実施する。	・放射線に係る専門機関として、放射線影響研究、被ばく医療研究及び線量評価研究等に関わる国内外専門人材の連携を強化し、知見や技術の継承と向上に務める。	・研修事業を通して、放射線防護や放射線の安全取扱い及び放射線事故対応や放射線利用等に関係する国内外の人材や、幅広く放射線の知識を国民に伝えるための人材の育成に取り組む。	・国際機関や大学・研究機関との協力を深めて、連携大学院制度の活用を推進する等、研究者・技術者や医療人材等も積極的に受け入れ、産学のみならずOJT等実践的な人材育成により資質の向上を図る。	・研究成果普及活動や理科教育支援等を通じて量子科学技術等に対する理解促進を図り、将来における当該分野の人材確保にも貢献する。
年度計画の記載		・量子科学技術や放射線に係る医学分野における次世代を担う人材を育成するため、連携協定締結大学等に対する客員教員等の派遣を行うとともに、連携大学院生や実習生等の若手研究者及び技術者等を受け入れる。また、機構各部門において大学のニーズに合った人材育成を行うために、機構における受け入れ等を重層的、多角的に展開する。	・引き続き放射線防護や放射線の安全な取扱い等に関係する人材及び幅広く放射線の知識を国民に伝える人材等を育成するための研修を実施するとともに、社会的ニーズに応え、放射線事故等に対応する医療関係者や初動対応者に対して被ばく医療に関連する研修を実施する。	・国内外の研究機関等との協力により、研究者、技術者、医学物理士を目指す理工学系出身者を含む医療関係者等を受け入れ、実務訓練(OJT)等を通して人材の資質向上を図る。	・将来における当該分野の人材確保にも貢献するために、引き続き量子科学技術の理解促進に係る取組みを行う。	
所掌省庁		文科省		文科省		
中長期的な計画	R2年度	○若手研究者や技術者等をジェンダーバランスにも配慮してリサーチアシスタントや連携大学院生、実習生等で受け入れ、QSTが有する千葉地区の重粒子線がん治療装置(HIMAC)や高崎地区のイオンビーム、電子線、ガンマ線施設、木津地区の高強度レーザー(J-KAREN)など様々な最先端大型施設を活用した研究や技術習得を指導・支援することで、量子科学技術や放射線に係る医学分野における次世代を担う人材を重層的・多角的に育成 ○第1期中長期計画期間ではQSTの認知度向上のため受け入れ人数の増加を図るとともに、受け入れの質の向上を目指してQSTリサーチアシスタント等の満足度調査を開始	○放射線防護や放射線の安全な取扱い等に関する中核機関としての知識・経験を活かし、専門人材や被ばく事故対応人材並びに国民に放射線に関する正しい知識を伝えるための人材を育成することを目的とした研修事業の継続 ○第1期中長期計画期間ではQSTの認知度向上及び幅広い人材の放射線知識の習得を目指して、受講者数の増加を図るとともに、研修の質向上に向けた社会的ニーズに関する分析や受講者の満足度調査を継続 ○ニーズに合った質の向上を目指して受講者の所属元の満足度調査を開始	○医療関係者等の実践的な資質を向上するため、QSTが有する千葉地区の重粒子線がん治療装置(HIMAC)を活用した実務訓練等を実施 ○国内外での重粒子線がん治療の普及促進を目指して受け入れ人数の増加を図る	○第1期中長期計画期間ではQSTの認知度向上のためジェンダーバランスにも配慮してサマースクール生の受け入れ人数の増加を図るとともに、理解促進活動の質の向上を目指しQSTサマースクール生の満足度調査を開始	
	R3年度	○令和2年度を取組を継続するとともに、新たにリサーチアシスタントを対象とした人材育成を目的とし、海外での口頭発表や論文投稿等の費用を支援するための制度である「黎明的研究制度 [※] 」を開始 ※戦略的理事長ファンドとして、リサーチアシスタントの既存のアイデアに採れない斬新な発想に基づく研究成果の発表等を支援することで、将来の量子科学技術を担う有望な人材の育成を図る目的とした新たな制度 ○満足度調査結果を踏まえ、受け入れ態勢の強化を実施	○研修事業の継続 ○受講者数の増加を図るとともに、社会のニーズに関する分析や受講者及び受講者の所属元の満足度調査を継続 ○満足度調査結果を踏まえ、研修内容の強化・充実	○令和2年度を取組を継続するとともに、受け入れの質の向上を目指して受け入れ者の満足度調査を開始	○令和2年度を取組を継続するとともに、SSHの受け入れや出前授業の充実を図る ○満足度調査結果を踏まえ、受け入れ態勢の強化を実施	
	R4年度	○令和3年度を取組を継続するとともに、より社会のニーズに合った質の向上を目指してQSTリサーチアシスタント等の大学での指導教官の満足度調査を開始	○研修事業の継続 ○受講者数の増加を図るとともに、社会のニーズに関する分析や受講者及び受講者の所属元の満足度調査を継続 ○満足度調査結果を踏まえ、研修内容の強化・充実	○令和3年度を取組を継続するとともに、より社会のニーズに合った質の向上を目指して受け入れ者の所属元の満足度調査を開始	○令和3年度を取組を継続するとともに、理解促進活動の質の向上を目指しSSHの受け入れや出前授業に対して満足度調査を開始	
困難度	R2年度					
	R3年度					
	R4年度					
顕著な成果となる事象	R2年度	QSTが有する様々な最先端大型施設を活用し、リサーチアシスタントや連携大学院生等、より多くの学生に専門知識や研究能力の向上等に効果があると高く評価される研究や技術習得の指導・支援を実施する。評価に当たっては、以下、指標の達成状況を参考として総合的に判断。 〈定量的参考指標〉 ○連携大学院協定に基づくQSTの研究者が客員教員等の委嘱を受けた大学数の過去3年の平均値からの20%の増加(17→20校)(設定数値根拠:評価指針における研究開発に係る事務及び事業以外のA評定基準) ○QSTリサーチアシスタントや実習生、連携大学院生の受け入れ数の過去3年の平均値からの20%の増加(275→330名)(第1期中長期計画最終年度でQST全体で1グループあたりの受け入れ数が3人を超える増加率) ○受け入れた若手研究者、技術者等の女性割合25%(設定数値根拠:科学技術基本計画における女性研究者新規採用割合に関する目標中間値20%(自然科学系、理学系、工学系))(過去3年平均値23.7%) ○QSTリサーチアシスタント等の満足度80%(設定数値根拠:一般的に大学で採用される「秀、優、良、可、不可」での成績評価の「優」相当)満足度の定義:アンケートで「満足した」と回答した人の割合	放射線防護や放射線の安全な取扱い等の中核機関として、社会のニーズに関する分析結果を基に研修事業の新たな取組を実施するとともに、受講者や所属元へ高く評価される実務訓練等を実施する。評価に当たっては、以下、指標の達成状況を参考として総合的に判断。 〈定量的参考指標〉 ○研修回数の過去3年の平均値からの20%の増加(53→64回) ○受講者数の過去3年の平均値からの20%の増加(3,439→4,127名) ○受講者の満足度80% ○受講者の所属元の満足度80%	QSTが有する重粒子線がん治療装置を活用し、より多くの国内外の医療関係者等へ高く評価される実務訓練等を実施する。評価に当たっては、以下、指標の達成状況を参考として総合的に判断。 〈定量的参考指標〉 ○QSTサマースクール生の受け入れ数の過去3年の平均値からの20%の増加(68→82名) ○QSTサマースクール生の女性受け入れ数の過去3年の平均値から20%の増加(9名→11名) ○QSTサマースクール生の満足度80%		
	R3年度	QSTが有する様々な最先端大型施設を活用し、リサーチアシスタントや連携大学院生等、より多くの学生に専門知識や研究能力の向上等に効果があると高く評価される研究や技術習得の指導・支援を実施する。加えて、黎明的研究制度によりリサーチアシスタントの外部研究者との議論・交流を促進するとともに、満足度調査を踏まえた新たな受け入れ支援を行う。評価に当たっては、以下の項目の達成状況を参考指標として総合的に判断。 〈定量的参考指標〉 ○連携大学院協定に基づくQSTの研究者が客員教員等の委嘱を受けた大学数の過去3年の平均値からの20%の増加 ○QSTリサーチアシスタントや実習生、連携大学院生の受け入れ数の過去3年の平均値からの20%の増加 ○受け入れた若手研究者、技術者等の女性割合25% ○QSTリサーチアシスタント等の満足度80% ○QSTリサーチアシスタント等の大学での指導教員の満足度80%	放射線防護や放射線の安全な取扱い等の中核機関として、社会のニーズに関する分析結果を基に研修事業の新たな取組を実施するとともに、受講者や所属元へ高く評価される研修を実施する。評価に当たっては、以下、指標の達成状況を参考として総合的に判断。 〈定量的参考指標〉 ○研修回数の過去3年の平均値からの20%の増加 ○受講者数の過去3年の平均値からの20%の増加 ○受講者の満足度80% ○受講者の所属元の満足度80%	QSTが有する重粒子線がん治療装置を活用し、より多くの国内外の医療関係者等へ高く評価される実務訓練等を実施する。評価に当たっては、以下、指標の達成状況を参考として総合的に判断。 〈定量的参考指標〉 ○QSTサマースクール生の受け入れ数の過去3年の平均値からの20%の増加 ○QSTサマースクール生の女性受け入れ数の過去3年の平均値から20%の増加 ○QSTサマースクール生の満足度80% ○SSHの受け入れや出前授業の対象者数の過去3年の平均値からの20%の増加		
	R4年度	QSTが有する様々な最先端大型施設を活用し、リサーチアシスタントや連携大学院生等、より多くの学生に専門知識や研究能力の向上等に効果があると高く評価される研究や技術習得の指導・支援を実施する。加えて、黎明的研究制度によりリサーチアシスタントの外部研究者との議論・交流を促進するとともに、満足度調査を踏まえた新たな受け入れ支援を行う。評価に当たっては、以下の項目の達成状況を参考指標として総合的に判断。 〈定量的参考指標〉 ○連携大学院協定に基づくQSTの研究者が客員教員等の委嘱を受けた大学数の過去3年の平均値からの20%の増加 ○QSTリサーチアシスタントや実習生、連携大学院生の受け入れ数の過去3年の平均値からの20%の増加 ○受け入れた若手研究者、技術者等の女性割合25% ○QSTリサーチアシスタント等の満足度80% ○QSTリサーチアシスタント等の大学での指導教員の満足度80%	放射線防護や放射線の安全な取扱い等の中核機関として、社会のニーズに関する分析結果を基に研修事業の新たな取組を実施するとともに、受講者や所属元へ高く評価される研修を実施する。評価に当たっては、以下、指標の達成状況を参考として総合的に判断。 〈定量的参考指標〉 ○研修回数の過去3年の平均値からの20%の増加 ○受講者数の過去3年の平均値からの20%の増加 ○受講者の満足度80% ○受講者の所属元の満足度80%	QSTが有する重粒子線がん治療装置を活用し、より多くの国内外の医療関係者等へ高く評価される実務訓練等を実施する。評価に当たっては、以下、指標の達成状況を参考として総合的に判断。 〈定量的参考指標〉 ○QSTサマースクール生の受け入れ数の過去3年の平均値からの20%の増加 ○QSTサマースクール生の女性受け入れ数の過去3年の平均値から20%の増加 ○QSTサマースクール生の満足度80% ○SSHの受け入れや出前授業の対象者数の過去3年の平均値からの20%の増加		
特に顕著な成果となる事象	R2年度	QSTが有する様々な最先端大型施設を活用し、リサーチアシスタントや連携大学院生等、より多くの学生に専門知識や研究能力の向上等に効果があると非常に高く評価される研究や技術習得を指導・支援を実施する。評価に当たっては、以下の項目の達成状況を参考指標として総合的に判断。 〈定量的参考指標〉 ○連携大学院協定に基づくQSTの研究者が客員教員等の委嘱を受けた大学数の過去3年の平均値からの40%の増加(17→24校) ○QSTリサーチアシスタントや実習生、連携大学院生の受け入れ数の前年度からの40%の増加(275→385名) ○受け入れた若手研究者、技術者等の女性割合30%(設定数値根拠:科学技術基本計画における女性研究者新規採用割合に関する目標中間値20%(自然科学系、理学系、工学系))(過去3年平均値23.7%) ○QSTリサーチアシスタント等の満足度90%(設定数値根拠:一般的に大学で採用される「秀、優、良、可、不可」での成績評価の「秀」相当)満足度の定義:アンケートで「満足した」と回答した人の割合	放射線防護や放射線の安全な取扱い等の中核機関として、社会のニーズに関する分析結果を基に研修事業の画期的な取組を実施するとともに、受講者や所属元へ非常に高く評価される研修を実施する。評価に当たっては、以下、指標の達成状況を参考として総合的に判断。 〈定量的参考指標〉 ○研修回数の過去3年の平均値からの40%の増加(53→74回) ○受講者数の過去3年の平均値からの40%の増加(3,439→4,815名) ○受講者の満足度90% ○受講者の所属元の満足度90%	QSTが有する重粒子線がん治療装置を活用し、より多くの国内外の医療関係者等へ非常に高く評価される実務訓練等を実施する。評価に当たっては、以下、指標の達成状況を参考として総合的に判断。 〈定量的参考指標〉 ○QSTサマースクール生の受け入れ数の過去3年の平均値からの40%の増加(68→95名) ○QSTサマースクール生の女性受け入れ数の過去3年の平均値から40%の増加(9→13名) ○QSTサマースクール生の満足度90%		
	R3年度	QSTが有する様々な最先端大型施設を活用し、リサーチアシスタントや連携大学院生等、より多くの学生に専門知識や研究能力の向上等に効果があると非常に高く評価される研究や技術習得を指導・支援を実施する。加えて、黎明的研究制度によりリサーチアシスタントと外部研究者との連携を促進するとともに、満足度調査を踏まえた画期的な受け入れ支援を行う。評価に当たっては、以下の項目の達成状況を参考指標として総合的に判断。 〈定量的参考指標〉 ○連携大学院協定に基づくQSTの研究者が客員教員等の委嘱を受けた大学数の過去3年の平均値からの40%の増加 ○QSTリサーチアシスタントや実習生、連携大学院生の受け入れ数の過去3年の平均値からの40%の増加 ○受け入れた若手研究者、技術者等の女性割合30% ○QSTリサーチアシスタント等の満足度90%	放射線防護や放射線の安全な取扱い等の中核機関として、社会のニーズに関する分析結果を基に研修事業の画期的な取組を実施するとともに、受講者や所属元へ非常に高く評価される研修を実施する。評価に当たっては、以下、指標の達成状況を参考として総合的に判断。 〈定量的参考指標〉 ○研修回数の過去3年の平均値からの40%の増加 ○受講者数の過去3年の平均値からの40%の増加 ○受講者の満足度90% ○受講者の所属元の満足度90%	QSTが有する重粒子線がん治療装置を活用し、より多くの国内外の医療関係者等へ非常に高く評価される実務訓練等を実施する。評価に当たっては、以下、指標の達成状況を参考として総合的に判断。 〈定量的参考指標〉 ○QSTサマースクール生の受け入れ数の過去3年の平均値から40%の増加 ○QSTサマースクール生の女性受け入れ数の過去3年の平均値から40%の増加(9→13名) ○QSTサマースクール生の満足度90% ○SSHの受け入れや出前授業の対象者数の過去3年の平均値からの40%の増加		
	R4年度	QSTが有する様々な最先端大型施設を活用し、リサーチアシスタントや連携大学院生等、より多くの学生に専門知識や研究能力の向上等に効果があると非常に高く評価される研究や技術習得を指導・支援を実施する。加えて、黎明的研究制度によりリサーチアシスタントと外部研究者との連携を促進するとともに、満足度調査を踏まえた画期的な受け入れ支援を行う。評価に当たっては、以下の項目の達成状況を参考指標として総合的に判断。 〈定量的参考指標〉 ○連携大学院協定に基づくQSTの研究者が客員教員等の委嘱を受けた大学数の過去3年の平均値からの40%の増加 ○QSTリサーチアシスタントや実習生、連携大学院生の受け入れ数の過去3年の平均値からの40%の増加 ○受け入れた若手研究者、技術者等の女性割合30% ○QSTリサーチアシスタント等の満足度90% ○QSTサマースクール生やQSTリサーチアシスタント等の大学での指導教員の満足度90%	放射線防護や放射線の安全な取扱い等の中核機関として、社会のニーズに関する分析結果を基に研修事業の画期的な取組を実施するとともに、受講者や所属元へ非常に高く評価される研修を実施する。評価に当たっては、以下、指標の達成状況を参考として総合的に判断。 〈定量的参考指標〉 ○研修回数の過去3年の平均値からの40%の増加 ○受講者数の過去3年の平均値からの40%の増加 ○受講者の満足度90% ○受講者の所属元の満足度90%	QSTが有する重粒子線がん治療装置を活用し、より多くの国内外の医療関係者等へ非常に高く評価される実務訓練等を実施する。評価に当たっては、以下、指標の達成状況を参考として総合的に判断。 〈定量的参考指標〉 ○QSTサマースクール生の受け入れ数の過去3年の平均値からの40%の増加 ○QSTサマースクール生の女性受け入れ数の過去3年の平均値から40%の増加(9→13名) ○QSTサマースクール生の満足度90% ○SSHの受け入れや出前授業の対象者数の過去3年の平均値からの40%の増加 ○SSHの受け入れや出前授業の対象者の満足度90%		

評価単位7「官民地域パートナーシップによる次世代放射光施設の整備等」における評価の基準について

中長期目標の記載		Ⅲ.4.(5) 官民地域パートナーシップによる次世代放射光施設の整備等 官民地域パートナーシップにより、新たなサイエンスの創出や材料科学、触媒化学、生命科学等の幅広い分野の産業利用等につながる次世代放射光施設の整備等に取り組む。※ ※加入金全額の確実なコミットメントが得られた上で、整備に着手するものとする。	
中長期計画の記載		(5) 官民地域パートナーシップによる次世代放射光施設の整備等 ・パートナー機関と連携協力しながら、官民地域パートナーシップにより、新たなサイエンスの創出や材料科学、触媒化学、生命科学等の幅広い分野の産業利用等につながる次世代放射光施設の整備等に取り組む。※ ※加入金全額の確実なコミットメントが得られた上で、整備に着手するものとする。	
年度計画の記載		I.4.(5) 官民地域パートナーシップによる次世代放射光施設の整備等 ・パートナー機関と連携協力しながら、官民地域パートナーシップによる次世代放射光施設の整備等における加速器の機器製作等を着実に進めるとともに、運転開始当初に整備するビームラインの設計検討等を開始する。また、施設の整備等に係る人員体制の強化を図るとともに、パートナー機関等との連携・調整やウェブサイト等を通じた施設整備に係る情報発信等を推進する。	
中長期的なプロジェクト計画	R2年度	2つの大型加速器(ライナックと蓄積リング)の構成機器の製作を進める。施設全体を統括する制御システムやインターロック等の詳細仕様を策定し、順次契約を進める。また、運転開始当初から稼働させる3本のビームラインの詳細仕様の策定を進め、令和2年度は加速器のビーム周回軌道内に組み込まれる挿入光源とフロントエンドの製作を開始する。	
	R3年度	2つの大型加速器(ライナックと蓄積リング)の構成機器の製作を進める。製作されたクライストロンや電磁石、真空機器等を、部分竣工した基本建屋に順次搬入し、高精度据付・調整作業の準備を開始する。制御システムやインターロック等の製作を開始する。また、運転開始当初から稼働させる3本のビームラインの光学系の詳細設計を完了させ、製作を開始する。	
	R4年度	2つの大型加速器(ライナックと蓄積リング)の構成機器の製作を進める。開発したアライメント手法を用いて、架台毎に電磁石等構成機器を精密設置したうえで、順次その架台を基本建屋の加速器トンネル内に搬入し、蓄積リング全体の高精度据付・調整作業を開始する。制御システムやインターロック等を構成機器群と接続し、順次部分稼働試験を開始する。また、運転開始当初から稼働させる3本のビームラインの最下流部におかれる実験装置群の詳細設計を完了させ、製作を開始する。	
	(ご参考)R5年度	2つの大型加速器、ライナックと蓄積リングの構成機器毎の稼働試験を進め、装置全体の稼働試験に着手する。ライナックから蓄積リングへのビーム輸送試験、蓄積リングでのビーム周回試験を経て、加速器全体の安定稼働を確保するための運転パラメータ探索を行う。また、運転開始当初から稼働させる3本のビームラインの据付・調整を完了させ、準備挿入光源からのX線ビームの受入を開始する。	
		<研究開発(プロジェクト)観点の成果(進捗)>	<マネジメント等運営観点の成果(進捗)>
困難度	R2年度	次世代放射光施設は、国内初の軟X線領域に強みを持つ高輝度でコンパクトな放射光施設として、国際的にも最高輝度を達成させるとともに、高い安定度を実現するバランスのとれた設計となっている。高性能が求められる分野ではあるが、仕様値が高すぎて初期コミッションに手間取っている海外事例もあり、単なる高性能だけではなく、短期間のコミッションと高い安定度も実現する総合的完成度の高い施設とするため、光学設計や高周波、磁場のオペレーションパラメータ最適化や様々な外乱に対する堅牢性も考慮し、困難ではあるが総合的で高度な設計となっている。 ビームラインについては、世界最高性能を目指すだけでなく、これまで世界の同類施設で実現されていない、世界初の試みも多く採用している。例えば、XMCDビームラインでは、数10Hz以上の高速偏光スイッチを実現するとともに、2-3keVの光子エネルギー領域で高い円偏光度を得られる世界に例が無い光源を目指しており、4分割APPLE型の挿入光源を世界に先駆けて導入する。その実現には、各挿入光源から発生する放射光の位相の調整という新しい自由度が加わることから、制御が複雑になるとともに、特性評価にも新しい項目が必要となるなど、設計段階で解決すべき課題が多く、4分割APPLE型の挿入光源の詳細設計の困難度は高い。	次世代放射光施設整備は、官民地域パートナーシップによって民間資本とノウハウを取り込んで整備を進める初めての試みである。国の実施機関であるQSTが担当するのは加速器の製作や据付・調整等と3本のビームライン建設で、民間実施機関が担当するのは基本建屋の整備と7本のビームライン整備である。加速器の整備と、それを収納する建屋の仕様は密接に関連している。 また、QSTが整備する3本のビームラインと、パートナー側が整備する7本のビームラインは、人的安全とインターロックにおいて共通思想で整備されなくてはならず、共通仕様部分で密接に関連している。仕様の検討や変更、工程の遅延が生じた場合は、相互に影響を及ぼすこととなる。このように、指揮系統を別に持つ2つの組織がひとつのプロジェクトを進めるためには、極めて高度な情報共有と明確な合意形成手順を持つことが不可欠であり、高度な意思決定を行うための役員レベルから具体的な作業を行う現場レベルに至る各階層ごとに複数の会議体を創設するとともに、各会議体間をシームレスに連携するなど、プロジェクトの円滑な進捗と緊密な情報共有による連携の強化に工夫を要し、計画どおり遂行することの困難度は非常に高い。
	R3年度	次世代放射光施設は、海外の同類施設と比べて非常にコンパクトな設計の中で、同等の輝度とビームラインの本数を達成するため、世界に例の無いコンパクトな構造の電磁石で大きな磁場強度を発生させる必要があり、蓄積リングを構成する電磁石や加速管等の高性能な構成機器を制限された領域にコンパクトに配置するための困難さを伴う。特に、高精度高安定な磁場を生成する電磁石とその電源の整合性や、外乱に強い安定した電場を生成する加速空洞とクライストロンの整合性を設計レベルだけで無く工学的に検証して製作する必要があるとともに、構成機器のアライメントもコンパクトであるが故に個々の機器の設置精度を極めて高いレベルで確保する必要があるなど、海外の同類施設では経験しない困難を伴う。 RIXSビームラインでは、世界最高のエネルギー分解能(1000 eV以下で全エネルギー分解能10 meV以下)を実現するため、新しい思想による光学設計を行う必要があるとともに、光学素子に桁違いの安定性と加工精度が要求され、技術的解決も必要となるなど、光学系の詳細設計の困難度は高い。	施設整備が進捗するに従い、国と民間の所掌分担詳細の不明確であった部分や、施設全体の横断的要素の分担をどのようにするかを、時間的余裕の無い中で決定することが求められる。ビームラインの仕様も、安全確保の観点や、コスト抑制の観点から、共通化を図るべき部分が多く、別々の発注手続きで業務を行う双方の組織で、仕様確定の時期などに遅延が生じると、他方にも多大の影響を及ぼす。 このように、QST側の努力だけでは完結せず、パートナー側の進捗状況等の影響を含む様々な課題を解決しながら計画どおり遂行することは困難度が高い。また、すべてのビームラインを設置する実験ホールを非管理区域化することを勘案し、国内の既存放射光施設とは異なる思想の人的安全とインターロックを含めた全体設計が必要となるだけでなく、国内で初めての取組になるため様々な調整も必要となる。
	R4年度	国際的に後発である次世代放射光施設は、他を凌駕するビーム仕様の達成だけでなく、完成後に短期間で稼働させるという困難な使命を負っている。初期の設計段階からこの難題解決を意識して進めているが、このコミッションの成功にはSPRing-8での知見と実績の応用が不可欠である。 ビームラインについても、学術利用主眼の軟X線領域の装置になるが、その選定においては広く意見募集を行うとともに、目指すべき利用研究やそれに必要となるビームライン光源及びエンドステーションの仕様検討のための委員会やワーキンググループを活用するなど、コミュニティーとの連携を図りながら進めているところ、引き続き利用者分野拡大を目的に使いやすい装置とするため、前述の連携で得られた知見も十分に反映した上で、データの収集系から処理系までを構築しなければならない。 また、ARPESビームラインにおいては、世界初となるナノ集光スピン分解角度分解光電子分光装置を実現するため、日本で開発された超精密加工技術による新しい集光光学素子の製作に挑む。また、高効率のスピン分解電子アナライザとして二次元マルチチャンネル検出器を新規開発する必要がある。これら革新的な技術を新たに導入する必要があるなど、実験装置群の詳細設計の困難度は高い。	施設完成に近付くと、据付・調整に関連する作業や個々の機器の試験からシステムの部分試験なども行われ、それに係る費用負担や、不整合解決のための対応計画が必要となり、それらの分担をどのようにするか、一貫した考え方に基づく判断を下しながら、極端に偏った負担にならないように調整することが求められる。 さらに、利用者支援の形態については、共用促進法と民間のコアリション利用、大学共同利用などとの仕分けの明確化と、規程の再構築が不可欠であり、利用しやすさの確保と、成果最大化も勘案した仕組みの構築は、困難度が高い。
顕著な成果となる事象	R2年度	今ではコンパクトで高輝度の軟X線領域の放射光施設の標準になりつつある、マルチバンドアクロマット(MBA)によるシンクロトロン設計を再評価し、工学的にも成熟した設計に仕上げる。 ビームライン設計においても、世界で類を見ない高速での偏光の切り替えを可能とするために、外部有識者の協力を積極的に活用することで世界初の試みとなる4分割APPLE型の挿入光源の詳細設計を完了するとともに、世界最高のエネルギー分解能の実現を目指してビームラインの光軸を高精度で安定させるための技術開発を実施し、数10ナノラジアンオーダーという世界最高水準の安定度を達成するなど、軟X線分光器の機械的安定性の向上に貢献するビームライン光学系要素技術の開発を追加で実施。これにより年度計画である設計検討等の開始にとどまらず、ビームラインの光学系の詳細設計までを完了させる。	パートナー側の基幹ネットワークや入退管理システムなどの仕様、天井の高さや冷却水性能などが加速器の仕様策定に影響を与えることから、Q S T側からも建屋総合定例会議に参加するとともに、関係省庁との調整等についてもQ S Tが積極的に関与を行う。その結果、新型コロナウイルスの影響により、パートナーが担当する基本建屋の建設工程や建屋のユーティリティ設備等の仕様決定に想定外の遅延が発生する中、全体工程の見直しやユーティリティ設備の仕様決定を迅速化することで、年度計画である加速器の機器製作等を着実に進めることにとどまらず、機器製作を加速することで令和3年度中の機器の据付・調整開始に目途をつける。
	R3年度	運転開始当初から稼働させる3本のビームラインの光学系の製作の開始にとどまらず、高精度な遮蔽計算を基に従来の既存施設とは異なる思想の人的安全とインターロックを含めた全体設計を行うことで、実験ホールの非管理区域化に目途。	パートナー側の担当する基本建屋建設やインフラ・ユーティリティ工事の工程の遅れが加速器の基本建屋内への搬入・据付工程に影響を与え、令和5年度中の施設の完成のリスク要因となることから、Q S T側からも建屋総合定例会議に参加するとともに、QSTが主導する形で様々な会議体を運営、情報共有を図る。パートナー側の課題解決にQ S Tも積極的に関与することで、全体工程を加速し、加速器の構成機器の据付・調整の準備を完了することに加え、据付作業に一定の進捗を達成。
	R4年度	運転開始当初から稼働させる3本のビームラインの最下流部におかれる実験装置群の製作の開始にとどまらず、使いやすい装置となるデータの収集系から処理系の構築を開始。	パートナー側の担当する基本建屋建設やインフラ・ユーティリティ工事の工程の遅れが基本建屋内での加速器の設置や調整運転開始に影響を与え、令和5年度中の施設の完成のリスク要因となることから、Q S T側からも建屋総合定例会議に参加するとともに、QSTが主導する形で様々な会議体を運営、情報共有を図る。パートナー側の課題解決にQ S Tも積極的に関与することで、全体工程を加速し、据付・調整作業を完了することにとどまらず、加速器の稼働試験を完了。
特に顕著な成果となる事象	R2年度	—	—
	R3年度	—	—
	R4年度	—	—