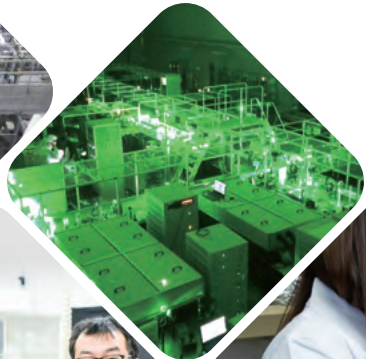
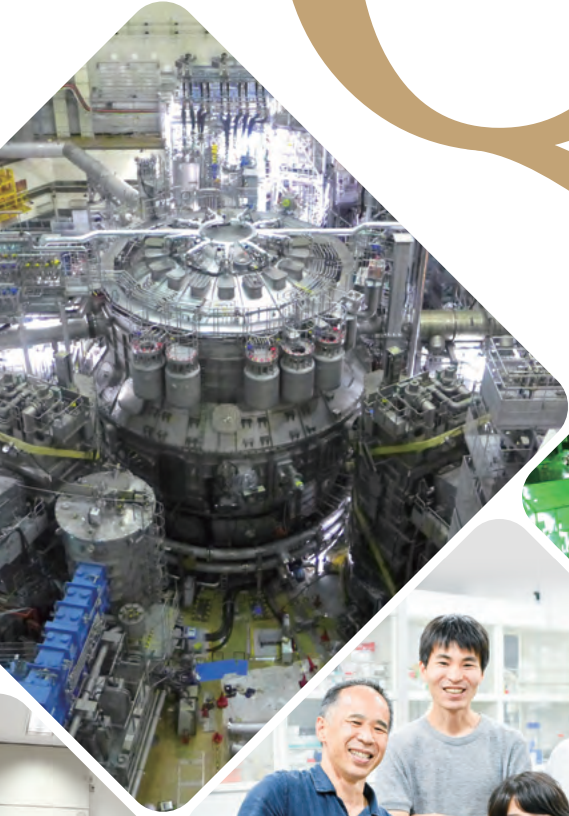


設立
5周年

QST

NATIONAL INSTITUTES FOR
QUANTUM AND RADIOLOGICAL
SCIENCE AND TECHNOLOGY

調
和
あ
る
多
様
性
の
創
造



2016

2021



基本理念

basic philosophy

量子科学技術による

「調和ある多様性の創造」

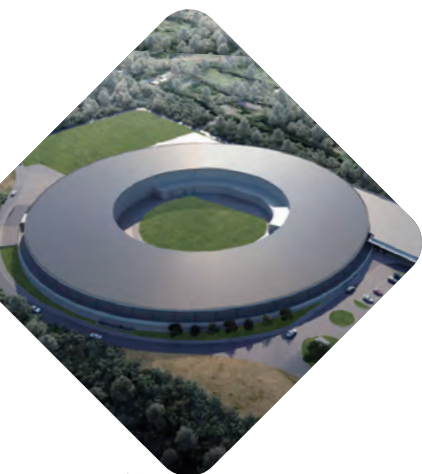
により、平和で心豊かな

人類社会の発展に貢献します

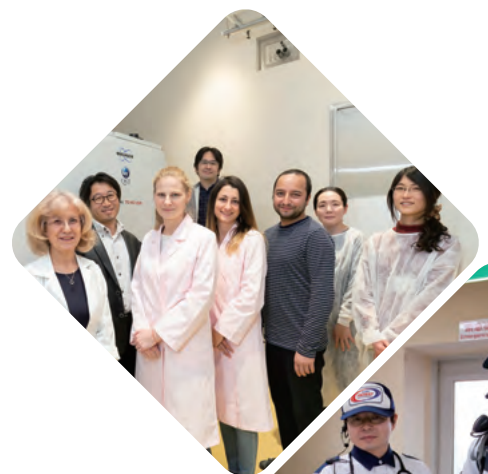


C O N T E N T S

- 02 **理事長からのごあいさつ**
「融合」から「飛躍」のステージへ
- 04 **数字と言葉で知るQST**
- 08 **QST5年間の軌跡**
- 10 **QST5年間の成果**
- 12 01 新たな研究分野の開拓
- 14 02 最先端技術の融合
- 16 03 融合と産学官連携を促進するための仕組み
- 18 04 QSTが担う新たな役割
 - 1. 次世代放射光施設整備・運用の推進
 - 2. 被ばく医療の体制強化と充実
- 20 05 QSTの強みで拓く量子科学技術のフロンティア
 - 1. 地上に太陽を
 - 2. 革新材料の開発
 - 3. 量子で拓く新技術
 - 4. 科学で守るいのちとくらし
 - 5. 健康長寿社会の実現
- 32 06 多様な連携・協働の推進
- 36 **QSTの5年間 私たちの5年間**
- 42 **NEW FUTURE**
未来戦略が描く QSTの新たな未来像
- 46 **QST基本情報**



提供：
一般財団法人光科学
イノベーションセンター



2016



「融合」から「飛躍」のステージへ

QSTは2021年4月1日に5周年を迎えました。この間、QSTの研究開発や事業に多大なご理解とご支援を賜り、全職員を代表して感謝申し上げます。

2016年4月1日のQST発足とともに初代理事長に就任し、まずQSTの基本理念を「量子科学技術による『調和ある多様性の創造』により、平和で心豊かな人類社会の発展に貢献します」と定めました。新法人のQSTは、成り立ちが異なる二つの法人から、水素融合(核融合)研究開発、量子ビームや物質材料研究開発、重粒子線や標的アイソトープ療法などによるがんの治療、認知症の診断・創薬研究開発、さらには放射線安全のような社会的使命を帯びた役割などを引き継ぎました。これらは量子科学技術を基盤にしているものの、まったく異なる分野の集合体であり、多様性の壁がありました。QSTの理念には、壁を乗り越えて「調和ある多様性の創造」を実現し、従来の研究分野に新しい血を注ぐのみならず、新しい研究分野を開拓していくという意志が込められています。さらに、多様な言語や文化を有する世界中の研究者と協働することで、科学技術の発展はもちろん、異文化の理解と尊重を促進し、「調和ある多様性の創造」によって人類社会の発展に貢献するという決意を表しています。

この理念の下、QSTが進むべき道筋である戦略を中長期的な視点から考えて「QST未来戦略2016」としてまとめ、文部科学省や関係する方々のご協力を得て、いろいろな取り組みを行ってきました。ここでは、「融合」が一つのキーワードでした。その象徴が、水素融合の超伝導技術、レーザー科学、そして、重粒子線がん治療の知見を融合して小型高性能化した次世代重粒子線がん治療装置「量子メス」の研究開発と、量子理工学と生命・医学分野を融合した「量子生命科学」の創成です。また、水素融合エネルギー実現のために世界7極が国際共同研究開発として取り組んでいるイーター計画はQSTの理念である「調和ある多様性の創造」を具現化するものです。

2019年4月には大規模な組織改革「QST ver.2」を実施し、優秀で意欲的な人材を内部登用するとともに外部からも招聘しました。QSTが先導的に切り拓いた量子生命科学をオールジャパンで推進するために、一般社団法人量子生命科学会の創設にも力を注ぎました。このように、QSTは理念実現のために全職員が一丸となり、日々新たな気持ちで、前進してきました。

約200年前に産業革命とともに始まった「第4の波」が20世紀末の冷戦終結とともに終了し、今、人類は「第5の波」とも言える大きな変革の波の中にいます。新型コロナウイルス感染症は現代社会の脆弱性を露わにしました。科学技術はさまざまな恩恵を人類にもたらし、

ワクチンが従来に比べて極めて早く開発されて収束の道筋が見えつつあることは、まさに最たる例です。一方で、負の側面もあります。感染症問題にもつながる環境やエネルギーの問題は、科学技術により引き起こされたものです。第5の波は、第4の波で急速に進んだ技術革新がもたらした正と負の遺産を抱き合わせています。

科学者はこの現実をしっかりと受け止めて研究開発を進め、これらの負の遺産を、科学技術で解決する必要があります。さらに、それだけに留まらず、「持続可能な社会」を実現していかなければなりません。つまり、国連が達成を目指すSDGs(持続可能な開発目標)に取り組んでいくことが求められます。これは、QSTが従来から取り組んできた研究開発をSDGsの枠組みで捉え直して、これまでよりも社会貢献の意識を一層強く持って研究開発を進めていくということであり

中長期目標期間(7年間)も残り2年を切りました。現在、次期中長期計画において、どういった課題に立ち向かい、組織をどういう形にして、研究開発をどの方向に進めていくのかを検討しています。国立研究開発法人として、研究開発の成果を社会のために生かしていくことが大きな使命です。社会の出口を見ているSDGsを強く意識して、それぞれの研究が持続可能な社会の実現にどう役に立つかを考えていきたいと思います。私たちには、変革の大波を乗り切って大きな「飛躍」を成し遂げ、明るい未来を切り拓いていく義務があります。発足からの5年間は「融合」のステージでした。ここから、QSTは「飛躍」のステージへと進みます。

「夢は叶えるためにある」

この言葉を職員一人ひとりが心に刻み、常に前を向いて、現実を直視し、現実立ち向かい、現実を乗り越えて、明るい未来を拓いていきたいと思っています。

今後とも、ご理解、ご支援、ご鞭撻のほど、よろしく願います。

2021年4月1日

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

理事長 平野 俊夫

超**高**強度場科学

1空PIXE重PET
ミ間PIGE水

非侵襲型血糖値センサ

ク分超高感度MRI
ロ解MABB素 10^{-4} 地

ン能NVセンター

超高真空放射光メスバウアー装置

STAR-64クゴ

変異誘発 標的アイソトープ治療

高周波ライビ

四重極器 オス

1.5A 科学の極限の

制御技術 トカマク方式

地上に太陽を

10⁻⁴センター

水素

PIXE
PIGE
MABB
NV
STAR-64
高周波
四重極器
1.5A

ク分
ロ解
ン能
変異誘発
1.5A

重粒子線治療

JT-60SA

GATER

ゲノム
デザイン
トロン
イダル
磁場
コイル

¹⁸F-PM-PBB3

量子
メス

DREADD

IFMIF

4.208ペタフロップス

REMAT

13437

RI

技術
橋かけ
イオン
人工
受容体

Theranostics
30フェムト秒

3GeV級
放射光源

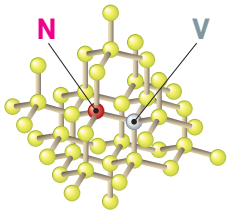
²¹¹At-AITMによるがんの増殖抑制

極限状態

量子
センサ
「守る」

nm

超高強度場科学



量子ビーム技術を駆使してダイヤモンドの炭素原子構造中に窒素原子(N)と原子空孔(V)を並べたもの。温度などの影響を受けにくく、室温動作が可能な量子ビット・量子センサーとして、量子コンピューターや超高感度センサーなど幅広い分野への応用が期待されている。

→24ページへ



高強度レーザーを用いることで初めてつくり出すことができる超高強度な電場・磁場・輻射場などで起こる相対論的現象などの解明に挑む研究。世界最高性能の高強度レーザー「J-KAREN (ジェイ カレン)」を開発し、超高強度場科学を推進。 →26ページへ

MABB

認知症の体液バイオマーカーを開発するための多施設連携体制。

→31ページへ

NVセンター

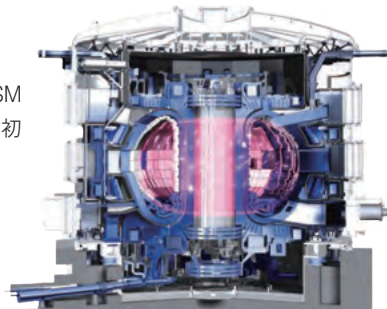
STAR-64



STAR-64

日本発の放射性治療薬⁶⁴Cu-ATSMの製剤化プロジェクト。日本で初めて治験用に製造・供給。

→30ページへ



©ITER Organization

1.5Å (オングストローム) = 0.00000015mm。高精度中性子結晶構造解析により銅含有亜硝酸還元酵素 (CuNIR) の立体構造を決定した際の分解能。

1.5Å

人工の太陽を地上に作る壮大なプロジェクトを示す言葉。そのプロジェクトが実現を目指すものは、私たちが抱えるエネルギー問題、環境問題のソリューションとして期待される核融合発電だ。国際協力によるイーター(ITER)計画やBA活動などが進んでおり、日本をはじめ世界各国が連携して進める巨大プロジェクト。

→20ページへ

地上に太陽を



言葉や数字について
より詳しく知りたい方は
[QST公式サイトへ▶](#)

じわじわ JT-60SA



● 欧州との共同プロジェクト「BA活動」の一環として2007年6月に計画が開始された核融合実験装置。2008年10月に最初の機器製作に着手、2013年1月から装置の組立てを開始し2020年3月に完成。前身の装置JT-60が運転を完遂した2008年以来、12年ぶりに日本国内唯一のトカマク装置が始動。SAはSuper Advancedの略。→21ページへ

レーザー打音

● QSTで開発したレーザーを用いたコンクリート内部の欠陥の自動・遠隔・高速診断技術。民間企業による点検業務において国内で初めて診断支援に活用され、社会実装へ。→26ページへ

低線量率被ばくをわかりやすい言葉で表現したもの。2011年の東京電力福島第一原発事故を機に高まった健康影響への懸念に応えるため、低線量率被ばく（じわじわ被ばく）の発がんリスクをマウスやラットのさまざまな発がんモデルで科学的に評価。→28ページへ

4.208ペタフロップス



● 核融合研究開発用のスーパーコンピューター（JFRS-1）の演算速度。→21ページへ

● 前身の放射線医学総合研究所が1994年に開始して以来の重粒子線がん治療の累積登録患者数。

→30ページへ

13437

● ーター計画を支援・補完し、核融合エネルギーの早期実現に向けた研究開発を進める日欧共同プロジェクトである幅広いアプローチ（Broader Approach）活動を意味する。2007年6月に始動し、サテライト・トカマク（JT-60SA）計画事業、国際核融合エネルギー研究センター（IFERC）事業および国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動（IFMIF/EVEDA）事業を実施。

→20ページへ

BA

● 5nm（ナノメートル）=0.000005mmは、世界最小のナノダイヤモンド量子センサのサイズ。5ナノサイズの量子センサの開発により、細胞小器官よりも小さいタンパク質分子周辺のさまざまな情報（磁場、電場、温度、pHなど）を計測することを可能とした。

nm

QST5年間の軌跡

量子科学技術研究開発機構(QST)は、放射線医学総合研究所と日本原子力研究開発機構の量子ビーム部門と核融合部門が再編統合され、2016年4月1日に発足しました。

理念と目標「QST未来戦略2016」から

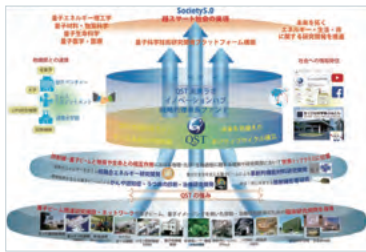
理念

今、人類は情報伝達手段や移動手段の飛躍的な進歩による相対的な地球の狭小化がもたらす多様性爆発の大波の中にいます。人類の未来を切り拓くためには、多様性の壁を乗り越えて異文化への理解や尊重を深める必要があり、芸術やスポーツなどとともに人類の共通言語である学問や科学技術が果たすべき役割は、さらに大きくなります。QSTの基本理念には、量子科学技術による『調和ある多様性の創造』により、多様性の壁を乗り越え、多様な人々が平和で心豊かに暮らす人類社会の発展に貢献するという強い想いが込められています。

目標

新生QSTの強みは、統合前の法人それぞれが、関連分野で世界に誇れる研究開発を推進していたことです。まず、放射線・量子ビームと物質や生命との相互作用における物理・化学・生物過程の理解や研究開発で世界トップクラスに位置していたこと。さらに、量子ビーム関連研究施設・ネットワークや、量子ビーム・量子イメージングを用いた診断・治療研究開発のための臨床研究病院を保有していたことです。QSTはこれらの強みを生かし、新たな融合研究の開拓とともに、基礎・応用・開発研究および社会への還元を含む未来を見据えたポジティブサイクルの確立により、Society 5.0が掲げる超スマート社会の実現に向けて量子科学技術研究開発プラットフォームを構築することを目標に掲げました。

2016



「QST未来戦略2016」を策定。QSTが目指すべき将来ビジョンとそれに至る戦略を提示

2016.10



QST発足。馳浩文部科学大臣、伴信彦原子力規制委員会委員をはじめ多くの関係者にご出席いただいて発足記念式典を開催

2016.4

QST未来ラボ設置
2016.8



重粒子線がん治療の着実な普及などによる「がん死ゼロ社会」の実現を目指して、住友重機械、東芝、日立製作所、三菱電機の4社と、量子メス(第5世代)の開発協力に関する包括的協定を締結

2016.12

国際原子力機関の緊急時対応能力研修センター(IAEA-CBC)に指定

2017.9

QSTベンチャー第1、第2号誕生
2017.7

企業とのアライアンス事業開始
2017.11

2017

生命の本質に迫る新たな学問「量子生命科学-Quantum Life Science-」をテーマに第1回QST国際シンポジウム開催

2017.7



2018

光科学イノベーションセンター、宮城県、仙台市、東北大学、東北経済連合会と次世代放射光施設に関する連携協力協定を締結

2018.9



次世代放射光施設整備開発センターを設置

2018.12

量子生命科学の推進に関する提言書を公開
2019.3

2019

SIP「光・量子を活用したSociety 5.0実現化技術」の管理法人に選定
2018.3



QSTを巡る状況の急激な変化に対応するため、組織改革を行い「QST ver.2」へ進化。量子生命科学領域および高度被ばく医療センターの新設とQST病院への改組などを実施

2019.4

2021

QSTベンチャー
第4号誕生
2020.11

量子生命科学
研究拠点センター設置
2021.2

仙台地区開設
2021.7



基幹高度被ばく医療支援センターに指定。他の高度被ばく医療支援センターを先導して日本の被ばく医療体制を強化

2019.4

2020.4

2021



高度被ばく医療線量評価棟完成(千葉地区) 2021.3



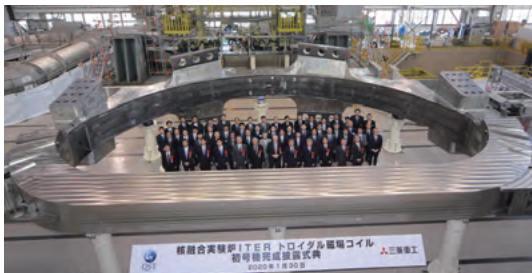
千葉地区を改編し、量子生命・医学部門に量子医科学研究所、放射線医学研究所、QST病院、量子生命科学研究所を設置。量子生命科学科学研究センター棟(仮称)着工 2021.4



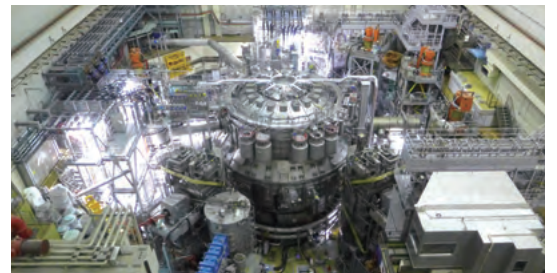
ブランケット工学試験棟完成(六ヶ所地区) 2021.6

QSTベンチャー
第3号誕生
2019.6

QST革新プロジェクト開始
2019.7



イータートロイダル磁場コイル初号機完成 2020.1



JT-60SA完成(那珂地区) 2020.3

2020

QST ver.2への進化と現在地

QST ver.2

発足から3年、「QST未来戦略2016」に沿って進めてきた量子生命科学が新しい研究分野として大きく発展するとともに、次世代放射光施設の整備・運用を進める国の主体や基幹高度被ばく医療支援センターへの指定、重粒子線がん治療の保険適用拡大などQSTを巡る状況が急激に変化してきました。この変化に対応するため、2019年4月に大規模な組織改革を行いました。量子医学・医療部門、量子ビーム科学部門、核融合エネルギー部門の3部門体制とし、量子生命科学領域、次世代放射光施設整備開発センター、高度被ばく医療センターの新設、QST病院への改組、事務体制の効率化を実施しました。

現在地

物理・工学系と生物・医学系を融合した「量子生命科学」は、国の「量子技術イノベーション戦略」に採り入れられ、QSTは国際的な研究開発拠点になりました。中心となる量子生命科学科学研究センター棟(仮称)も建設が進んでいます。量子生命科学は、QSTの研究開発の柱の一つに発展し、2021年4月には量子生命・医学部門に量子生命科学研究所を設置しました。

重粒子線がん治療の一層の普及を目指して、核融合、量子ビーム、放射線医学の技術を融合して開発を進める「量子メス」は、企業との共同研究などにより要素技術開発が大きく進展し、実証機製作に向けて検討が進んでいます。

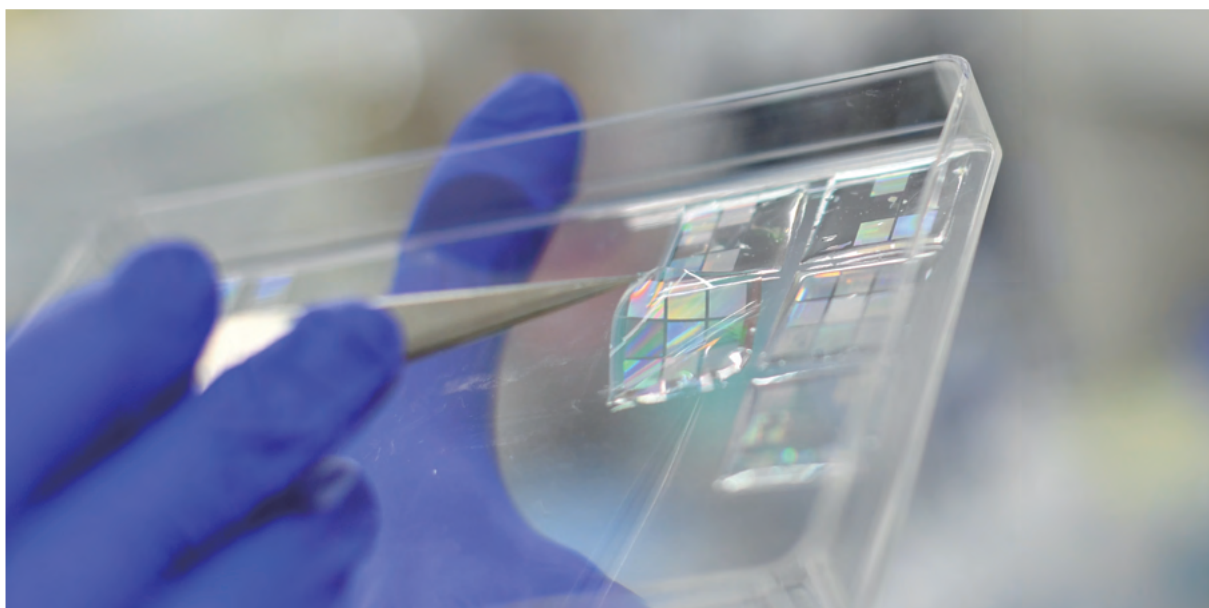
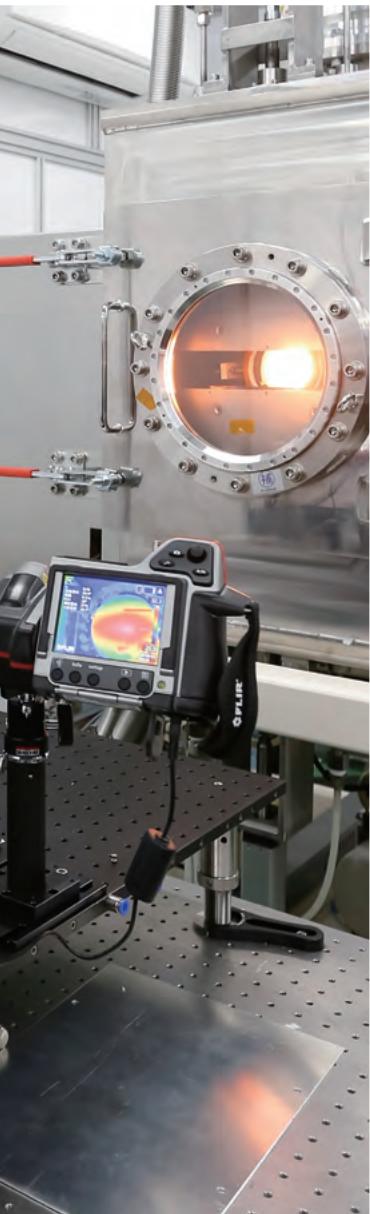
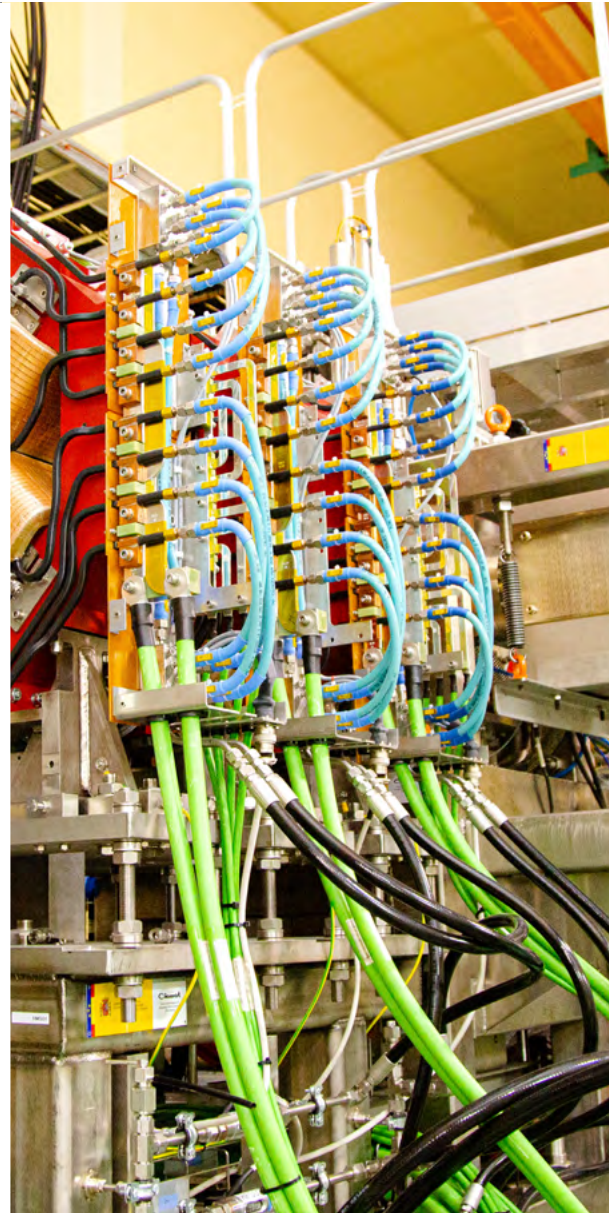
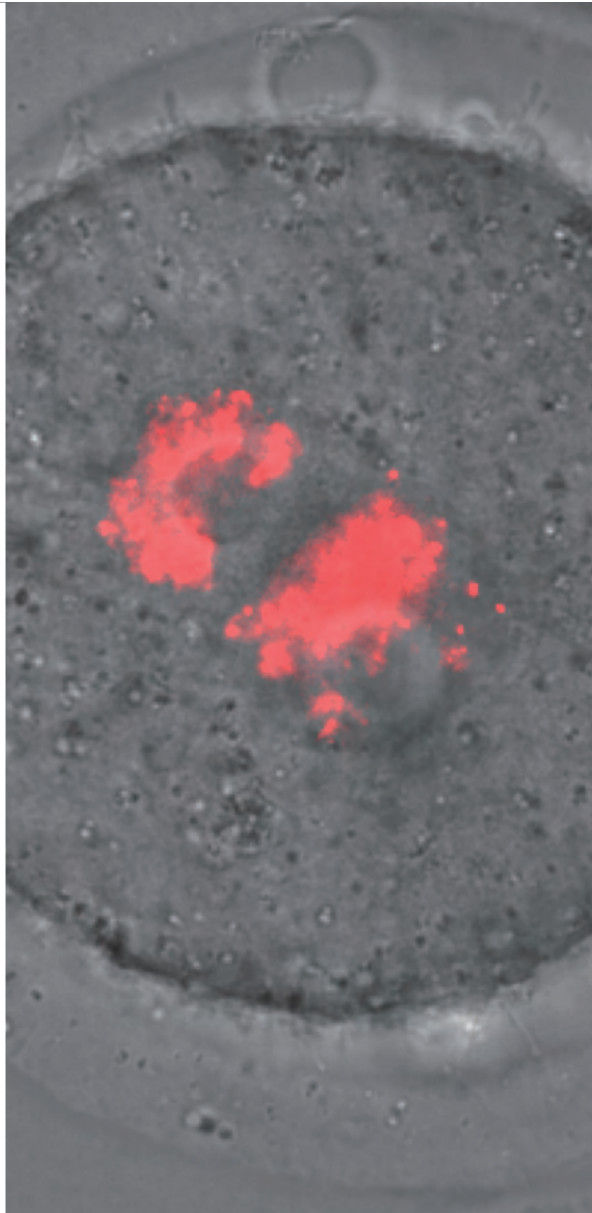
私たちQSTは、5年間で「QST未来戦略2016」に掲げた多くの戦略を実行し、融合・連携によりさらなる飛躍を目指しています。

QST 5年間の 成果

5年間の 取り組みと 実績

量子科学技術研究開発機構(QST)は、放射線医学総合研究所(放医研)と日本原子力研究開発機構(JAEA)の量子ビーム部門、核融合部門が再編統合され、2016年4月1日に新たに発足しました。同年10月、QSTが目指すべき方向性とそのための戦略を「QST未来戦略2016」としてまとめました。ここでは、「QST未来戦略2016」に沿ったQSTの5年間の成果を、成り立ちが異なる二つの法人の強みを融合した取り組みや発足後にQSTが新たに担うことになった役割、QSTの強みを生かした最先端研究開発などのテーマに分けてご紹介します。





新たな研究分野の開拓

量子の目と手で生命の謎に挑む量子生命科学の創出

コンセプトは「量子技術と生命科学の融合」。

多様な専門分野を持つ研究者が集結するQSTにおいて、ごく自然な発想から生まれました。

量子生命科学領域の誕生

100年ほど前に量子論と量子力学が誕生し、人類は電子や光を操ることができるようになりました。21世紀に入り、量子コンピューターなど理工系の分野を中心に、量子現象を積極的に利用することで、人類社会に変革をもたらす技術の創出に期待が集まっています。

一方、生命科学の分野では、1980年代から90年代にかけて分子生物学が生命現象の解明方法として隆盛を極めました。2000年代にポストゲノム時代が到来し、主要な生物種のゲノムが次々に解読されるようになりましたが、いまだ、生命の根本的理解には至っていません。

「生命科学」に「量子技術」を融合することで、これまで解明できなかった生命現象の根本原理を明らかにできるのではないかと。こう考えたQSTは「QST未来戦略2016」において、「国内外の研究者コミュニティを樹立し、日本や世界における『量子生命科学』の先導役を果たしていく」ことを掲げました。その第一歩として、2016年8月に拠点横断的なバーチャル組織であるQST未来ラボに「量子細胞システム研究グループ」を設置。2017年7月には、国際的な研究者コミュニティの樹立を目指して第1回QST国際シンポジウム「量子生命科学

-Quantum Life Science-」を開催しました。

機構外においても、2017年4月に全国の研究者に呼びかけて「量子生命科学研究会」を立ち上げました。2017、2018年に研究集会を開催し、2019年3月には提言「量子でヒトを理解する、しあわせにする。～生命科学を場とした第二量子革命～」をまとめ公開しています。同年4月、研究会を発展的に法人化し、「一般社団法人量子生命科学会」を立ち上げました。

このような活動が結実し、2019年4月に「量子の目と手で生命の謎に挑む」を掲げて、量子生命科学領域が誕生しました。



量子生命科学領域発足式



第1回(左)、第3回(右)QST国際シンポジウムの様子。国内外から幅広い分野の研究者を招待し、講演や活発なディスカッションなどを実施した。



各グループの日々の研究活動の様子。右上はラットの乳腺にナノ量子センサ(赤い点)を導入した画像

量子生命科学研究の発展に向けて

13研究グループでスタートした量子生命科学領域は、「ナノ量子センサによる生命科学の革新」「量子技術を用いた超高感度MRI／NMRの実現」「量子論的生命現象の解明・模倣」「量子から個体に至る放射線生物応答の解明」の四つの主要テーマで研究開発を進めています。

学術領域としての量子生命科学の確立と量子生命科学研究のさらなる発展のため、学会も活用して、オールジャパン体制の構築および国内外の研究者との連携にも積極的に取り組んできました。2019年12月には、第3回QST国際シンポジウム「Quantum Life Science」を再び開催。専門分野の垣根を越えた活発な議論の場を提供し、量子生命科学研究への注目度と高い期待に応えました。

量子生命科学研究拠点の形成と国際的なハブを目指して

2020年には国の研究開発プログラム「光・量子飛躍フラッグシッププログラム(Q-LEAP)」にQSTが提案した「量子生命技術の創製と医学・生命科学の革新」が採択され、さらに、国が掲げる「量子技術イノベーション戦略」を担う8拠点の一つ、「量子生命」拠点に指定されました。拠点形成推進のために2021年2月に設置した量子生命科学研究拠点センターは、量子技術と生命科学の融合によるイノベーションの生まれる場を目指して、国内外から研究者・技術者を結集。成果の産業化・事業化を推進し、次世代の診断・治療技術の開発、新

規薬剤の効率的開発、再生医療の向上、生物機能を模倣した高機能材料の創出など、医療や環境分野での技術革新につなげ、さまざまな課題の解決と健康長寿社会の実現に貢献していきます。

2021年4月、量子生命科学領域はさらなる発展を遂げるために、量子医学・医療部門と統合・再編し、量子生命・医学部門が発足。同部門に量子生命科学研究所を設置しました。2022年6月には、研究開発の中心となる「量子生命科学研究センター棟(仮称)」が完成予定です。QSTは量子技術と生命科学の融合により新たな価値を創造する「量子生命科学研究」の発展と国際的なハブ形成に向け、これからも取り組んでいきます。



量子生命科学研究センター棟(仮称)の完成予想図
(©2020, Takenaka Corporation)

最先端技術の融合

小型・高性能次世代重粒子線がん治療装置「量子メス」の開発

目指すはがん死ゼロ健康長寿社会の実現。部門を横断し、民間企業や他機関とも連携して、重粒子線がん治療のさらなる普及に挑みます。

量子メスプロジェクトの進展

QSTの前身である放射線医学総合研究所(放医研)は、重粒子線(炭素イオン線)をがん病巣にピンポイントに照射する放射線がん治療で世界をリードしていました。この方法は、他の方法では治療が困難な難治がんにも有効で、一般的ながんに対しても短い期間で効果がある治療法です。さらに、副作用が少なく、新たながん発生リスクも増加しないなどの利点があります。しかし、装置が巨大で建設費用も高額であるため、世界にもまだ十数施設しかなく、治療を受けられる患者が極めて限られていることが課題でした。

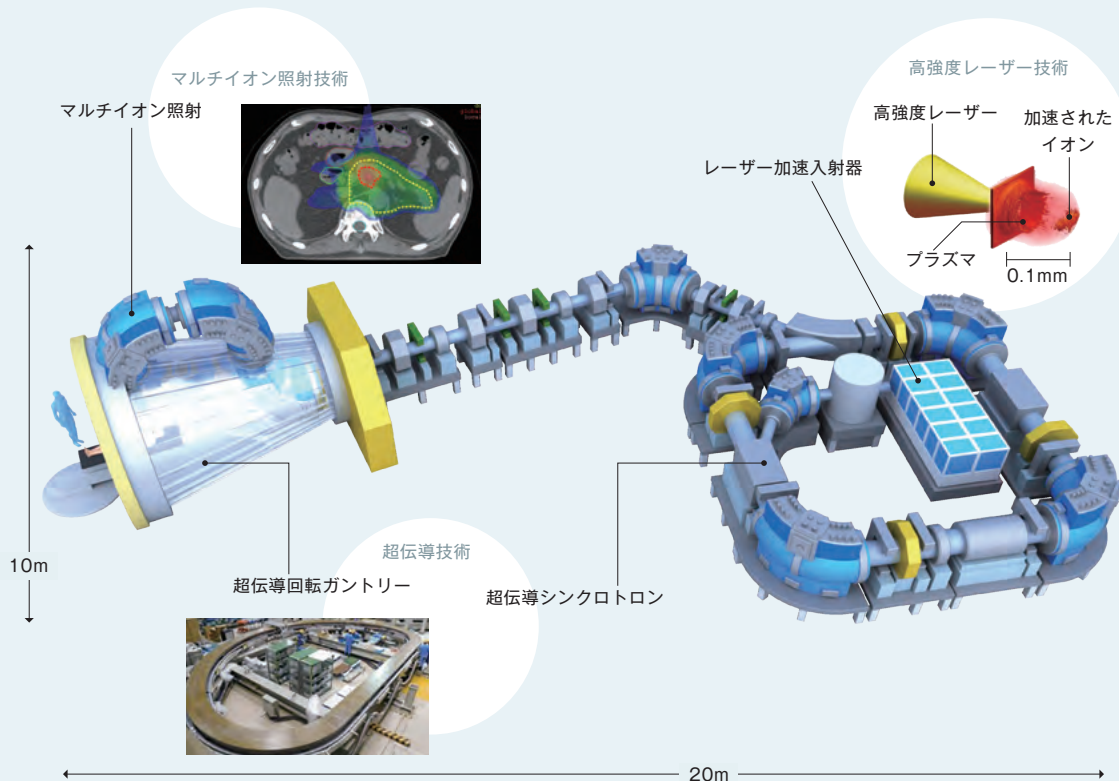
そこで、「QST未来戦略2016」では「がん死ゼロ健康長寿社会」の実現を掲げ、超伝導技術やレーザー加速技術を取り入れて既存の病院

施設にも導入できる小型化を図るとともに、さらに短期間で治療ができるように複数の異なるイオンを照射できる高性能化を進めることにしました。

この小型で高性能な次世代の重粒子線がん治療装置を「量子メス」と名付け、第2期中長期計画期間内(2020年代後半)の完成を目標に産学連携で研究開発に乗り出しました。

量子メスの研究開発に当たっては、研究分野が異なる二つの法人が統合された利点を十分に生かし、QSTの各部門が持つ技術を集結することにしました。放医研が培ってきたマルチイオン照射技術により高性能化を図るだけでなく、核融合部門の超伝導電磁石技術と量子ビーム部門のレーザー駆動イオン加速技術を用いて装置の小型化を進め、重粒子線がん治療を世界に広く普及できる装置を開発するこ

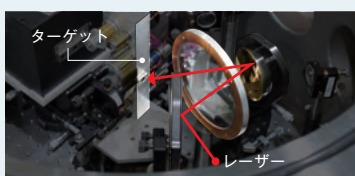
量子メス(第5世代)の模式図



レーザー加速入射器



① 繰り返し10Hz 10TW級高強度レーザー



② レーザーとターゲットの相互作用



③ 炭素イオンが発生

とを目指しました。そのための中核組織として、2016年8月にQST発足後の放医研、量子ビーム科学部門の関西光科学研究所(関西研)などから約50人の研究者が集まり、部門を横断したバーチャルな組織であるQST未来ラボを立ち上げました。

さらに、QST内の技術を集結するだけでなく、民間企業や他機関とも連携する必要がありました。

2016年12月に住友重機械工業株式会社、株式会社東芝、株式会社日立製作所、三菱電機株式会社と「第5世代量子線がん治療装置の開発協力に関する包括的協定」を締結しました。また、未来社会創造事業「粒子加速器の革新的な小型化およ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」にも参画しました。量子メスの開発は、研究だけでなく、社会実装を見据えた共同開発の枠組みを構築することに最初から重点を置いてきました。未来ラボ発足から3年間が経過した2019年7月には、より実用化に向けたプロジェクトとするべく、量子メス革新プロジェクトを発足させました。

シンクロトロン(がん細胞に照射する炭素イオンの主加速器)を既存の病院施設内に設置できる大きさにするには、炭素イオンを光の速さ近くまで加速するための電磁石の大幅な小型化が必須となります。QSTは産学連携の共同研究開発体制の下、冷媒に液体ヘリウムを使用することなく高速励磁が可能な超伝導電磁石の開発に、世界で初めて成功しました。これにより、電磁石の小型化が可能になるとともに、冷媒に液体ヘリウムを使わないことから運転やメンテナンスが容易になり、既存病院への普及が大いに期待できます。

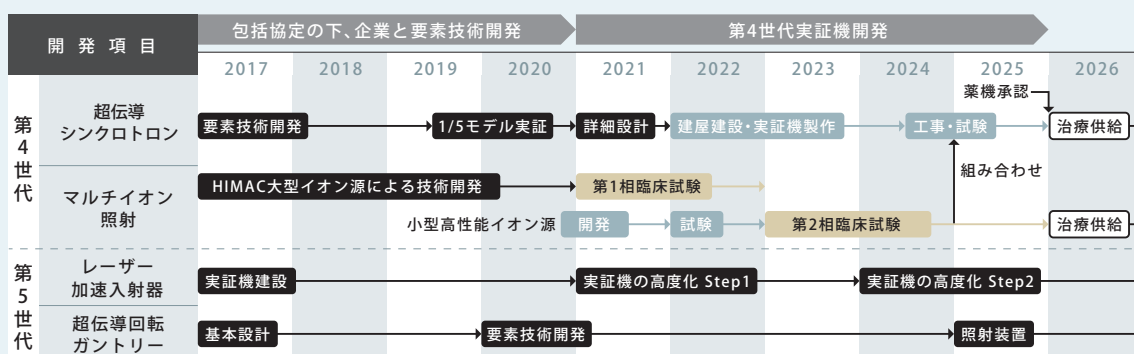
また、関西研の高強度レーザー施設「J-KAREN」を使い、粒子を加速してシンクロトロンに送り込む入射器に必要とされるエネルギーまで、レーザー駆動イオン加速技術で炭素イオンを加速できることを確認しました。この技術を使えば、加速には装置の長さを要しません。現在、小型で強度や安定度が高い実証機とともに、高純度炭素イオン発生技術の開発に取り組んでいます。さらに、前身の放医研時代に開発した世界初の医療用重粒子加速器「HIMAC」をマルチイオン照射に向けて改修し、臨床試験の準備を進めています。

量子メスの開発は、これまでの要素技術開発のフェーズから、それを実証するフェーズに移行していきます。2023年度から始まる7年間の次期中長期計画期間中には、さらに社会実装フェーズに進めるように、研究開発を加速していきます。



量子メス(第5世代)の開発協力に関する包括的協定を締結

量子メス(第5世代)開発のロードマップ



融合と産学官連携を 促進するための仕組み

拠点・分野を横断した融合研究や産学官連携活動を積極的に推進

QST発足のキーワードである「融合」や「連携」を促進するため、さまざまな仕組みの構築で共創を誘発する場を形成しています。

「QST未来戦略2016」では、拠点や分野を横断した融合領域を切り拓き、新たな研究分野で「世界に冠たるQST」として先導的な役割を果たしていくと宣言しています。その具体的な仕組みが融合研究であり、QST未来ラボです。また、得られた成果を広く社会に還元するために、産学官連携活動を積極的に推進し、連携の枠組み（イノベーション・ハブ）において中心的な役割を担い、共創を誘発する場を形成することも掲げました。

さらに、社会への貢献と、基礎研究から社会実装、そして基礎研究への再投資という好循環を確立するための人材の育成や確保、財源確保という観点から、QST発のベンチャーへの支援を戦略的に推進することにしました。

融合研究

物理学や化学、工学から、生物学、農学、医学、薬学に至る多様な研究分野をリードする研究者による分野横断型の融合研究を推進しています。その一つが、体内のがん細胞に集まって効果を発揮する放射性薬剤を使った標的アイソトープ治療の研究です。放射線医学総合研究所（放医研、当時）の持つ α 線を放出する放射性同位体（核種）を製造する技術と、高崎量子応用研究所のハロゲン元素核種を化合物に導入する技術を融合して、高い治療効果が期待される α 線による次世代のがん治療薬剤「アスタチン-211 (^{211}At) MABG」を開発しました。

また、量子イメージング技術により脳の仕組みを可視化する脳機能イメージング研究では、PET（陽電子放出断層撮影）やMRI（磁気共鳴画像診断）を用いた研究の進展に加え、放医研の生体脳イメージング技術と関西光科学研究所のレーザー開発技術を融合することで、多光子レーザー顕微鏡によるモデル動物の生体脳内のより深く深い観察を可能にしました。これにより、脳萎縮のメカニズムの発見や、膨大な数の神経細胞間のネットワークをAIで同時解析する技術開発を実現しました。脳疾患の治療薬開発への応用も進行中です。

QST未来ラボ

QST未来ラボは、新しい学術領域を開拓し、イノベーションを創出するために、組織や拠点を横断した研究開発を推進するバーチャルな研究組織です。QST発足を象徴する仕組みとして開始し、量子メス

プロジェクトや量子生命科学研究を生み出しました。2020年からは拠点横断的研究に加え、産学官連携による大規模プロジェクト化を目指した研究開発に取り組んでいます。

2021年4月時点で、「脳量子バイオマーカー」「イオントラップ量子ビット探索」「次世代放射光利用」「量子医療AI」「量子核医学イメージング」の5研究を進めています。

アライアンスの事業（イノベーション・ハブ）

産業界の技術的課題を解決し、ブレークスルーによってイノベーションを創出するため、QSTが培ってきた研究の成果を核に、特定分野の複数企業と共同で研究開発を行うアライアンス事業を実施しています。アライアンスは三つの段階からなります。QSTと全会員企業間で当該分野における課題抽出を進める「第1段階（協調領域）」、第1段階で定めた開発目標に興味をもつ会員とQSTで研究開発を実施する「第2段階（協調領域）」、第2段階で得られた成果を基に個別に製品や技術の開発を行い、イノベーション創出を目指す「第3段階（競争領域）」です。現在、「先端高分子機能性材料」「量子イメージング創薬『脳とところ』」「超高純度リチウム資源循環」の3分野でアライアンス事業を進めています。複数企業と特許出願に至るなど、企業単独では開発が困難だった技術の早期創出が見込まれています。

QSTベンチャー支援

開発した研究成果を最大活用するため、QSTに代わって普及や実用化による社会還元を担うベンチャー企業を認定し、支援しています。創出した知的財産などを迅速な製品化やサービス提供につなげて、社会への還元を目指します。現在認定しているのは、非侵襲血糖値測定器の商品化を実施する「ライトタッチテクノロジー社」、粒子線がん治療に関わる技術サポートを実施する「ビードットメディカル社」、インフラコンクリート構造物の内部欠陥検査を社会実装する「フォトンラボ社」、放射線診断や放射線治療における医療画像処理と解析を行う「Perfect Imaging Laboratory社」の4社です。

ACHIEVEMENTS
of 5 years

課題解決に向けたイノベーション創出

背景

- ・産業界には解決すべきさまざまな技術的課題が存在
- ・1社だけでは解決できない

理由

- ・自社技術だけでなく幅広い分野の結集が必要
- ・高度な研究施設・設備や専門人材が必要
- ・多額の研究資金が必要だが、失敗した場合のリスクに対する懸念がある
- ・異分野間ではマッチングできる機会が少ない
- ・同じ分野の企業はライバル関係にあり、お互いに様子見

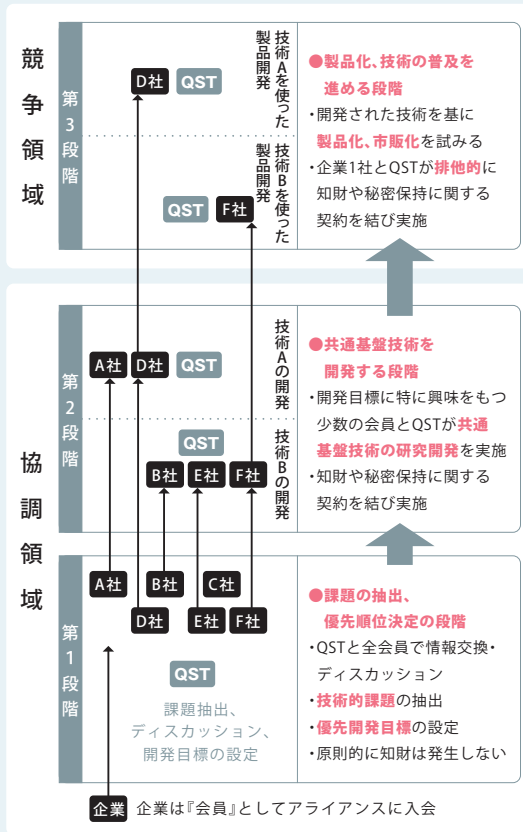
解決

- ・QSTが特定の分野に対して、コア技術と施設設備を解放
- ・複数企業と共同で研究開発を行う仕組みを構築

QSTアライアンス

- ・最先端の研究成果
- ・長年培った研究ノウハウ
- ・専門人材
- ・国研ならではの大型施設
- ・最先端機器
- ・研究機関同士の連携

QSTアライアンスの仕組み



QSTベンチャー支援



最先端レーザー技術



光パラメトリック発振器
一従来より効率を10倍向上



指先ほどの大きさの
イッテルビウム
添加ヤグレーザー



非侵襲血糖値測定機器の開発



粒子線がん治療に係る技術

ビードットメディカル社

QST発の技術・経験
これらに基づく委託事業
・技術&経験
・知的財産
・人材育成
知識・経験を持つ技術集団

ニーズ
提供
ニーズ

お客様(装置メーカー様)

システム設計 → 製造
→ 調整・試験

お客様(エンドユーザー様)

・プロジェクト計画
・予算計画・仕様策定
・運用検討



医療画像処理と解析技術

臨床
画像診断
放射線治療
医療画像



テクノロジー
画像解析/画像処理
画像認識(CV)/人工知能(AI)
拡張現実/音声認識

PILの強み
患者へのメリット
医療スタッフの
負担軽減



レーザー打音技術

レーザー打音検査装置によるトンネル
コンクリート内部の欠陥検査風景



QSTが担う新たな役割

新たな役割にも積極的に取り組み社会に貢献

QSTは、次世代放射光施設の整備・運用を進める国の主体に指名されるとともに、原子力災害など万が一に備える基幹高度被ばく医療支援センターに指定されました。

1. 次世代放射光施設整備・運用の推進

新しい光で未来を切り拓くイノベーションを創出

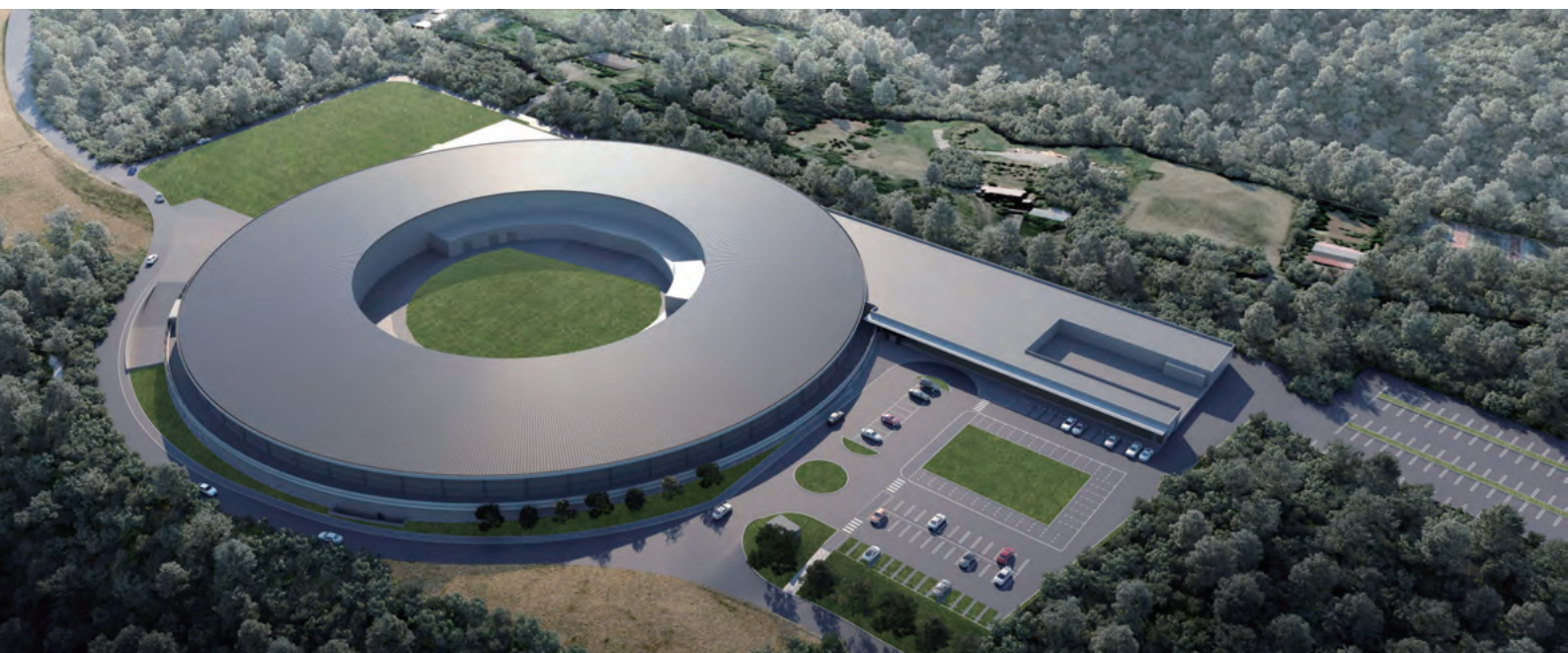
QSTは2018年1月に文部科学省から「次世代放射光施設の整備・運用の検討を進める国の主体」に指名されました。次世代放射光施設とは、従来施設よりも高い光源性能を持つコンパクトな加速器が作り出す強力な光を使った、世界最高水準の分析機能を持つ巨大な顕微鏡のようなものです。QSTは一般財団法人光科学イノベーションセンター（代表機関）、宮城県、仙台市、東北大学、一般社団法人東北経済連合会という地域や産業界のパートナーと連携して施設の整備・開発を進めることになりました。2018年9月、「次世代放射光施設（軟X線向け高輝度3GeV級放射光源）の整備・運用に係る詳細の具体化に関する連携協力協定」を締結。官民地域パートナーシップという新しい枠組みに対応するため、2018年12月に量子ビーム科学部門に次世代放射光施設整備開発センターを設置しました。2019年3月には次世代放射光施設の整備・運用を進める国の主体に指名されました。

次世代放射光施設の特徴は、軽元素を感度良く観察できる高輝度な軟X線領域の放射光を使用する点です。物質の構造解析だけではな

く、物質の機能に影響を与える電子状態の可視化が可能で、触媒化学や生命科学などの学術研究から、磁性・スピントロニクス材料、高分子材料の開発といった産業利用まで、広範な分野での利用が期待されています。

施設は電子を3GeV（ギガ電子ボルト）まで加速する長さ110mの線型加速器、電子を蓄積して放射光を発生する周長349mの蓄積リングおよび放射光を取り出して利用実験に供するビームラインで構成されています。特に蓄積リングは、ユニットセル（磁石列の基本単位）の中の電子ビームを曲げる偏向電磁石の数をこれまでより多くしたマルチバンドアクロマート（MBA）ラティスを採用することで、電子ビームの広がりを小さく抑え、高い輝度とコンパクト性を兼ね備えた設計となっています。

次世代放射光施設は東北大学青葉山新キャンパス（仙台市青葉区）に整備が進められ、2020年4月にパートナー側による基本建屋の建設が始まりました。QSTは2023年度の完成を目指して、加速器やビームラインなどの製作を進めています。2021年12月からは機器の設置を開始する予定です。



2. 被ばく医療の体制強化と充実



「万が一の事故」に備える使命を背負って

QSTの前身である放射線医学総合研究所は、放射線影響、障害予防、診断治療、医学利用といった放射線に関する幅広い分野の総合研究機関として、1957年に設立されました。設立の契機となった第五福竜丸船員の健康調査から始まり、チェルノブイリ原発事故やJCO臨界事故、東京電力福島第一原発事故などへの対応を経て専門能力を向上させるとともに、外部への研修訓練などを通じて、日本の被ばく医療体制の整備や福島復興の支援に、現在に至るまで取り組んでいます。

同研究所は、原子力災害医療の高度専門機関として、かねてより国から指定を受けていましたが、QST設立後の2019年4月、原子力規制委員会より国内五つの高度被ばく医療専門機関の中心的・先導的役割を担う「基幹高度被ばく医療支援センター」に指定されました。これ

を受けQSTは、組織改革「QST ver.2」の柱の一つとして、「高度被ばく医療センター」を新設し、平常時の備えや人材育成、事故・災害時に現地に派遣される緊急被ばく医療支援チームREMATや患者受け入れ体制など、被ばく医療に係る機能と人員を集約しました。2020年度には、基幹支援センターとして内部被ばく線量評価分野をさらに強化するべく、世界最高水準の機器を備える高度被ばく医療線量評価棟を建設しました。

2021年度には、「量子生命・医学部門 放射線医学研究所」へと組織を再編拡張し、放射線安全・防護と放射線影響研究もその研究開発領域としています。さらに、多職種の若手人材を新規に採用し、実地での業務を通じて、原子力災害医療の将来を担う専門家を育成しています。今後、長期的視点に立ち、外部機関とも連携してオールジャパンで、「放射線事故」や「原子力災害」などに備えていきます。

QSTの強みで拓く 量子科学技術のフロンティア

世界をリードするQSTの最先端研究開発の推進

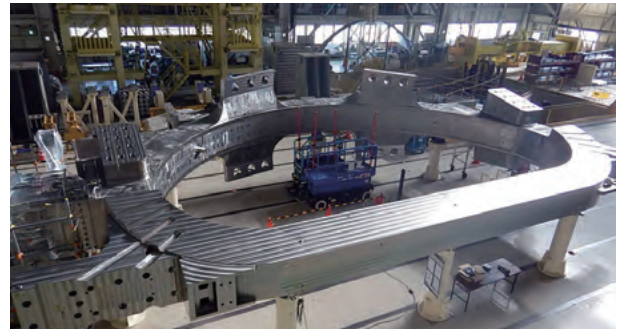
QSTの強みは、放射線・量子ビームと物質や生命との相互作用における物理・化学・生物過程に関する理解や研究開発において世界のトップクラスに位置していることです。この強みを生かして最先端の研究開発を進めています。

1. 地上に太陽を

核融合エネルギーは、燃料が無尽蔵にあり、高レベル放射性廃棄物が発生せず、安全性が高いことから、人類にとって究極のエネルギー源です。「QST未来戦略2016」に掲げたとおり、QSTは世界的なプロジェクトである「イーター (ITER) 計画」や欧州との「幅広いアプローチ (BA) 活動」を推進し、核融合実験炉イーターの主要機器の製作から、イーター完成までは世界最大の超伝導トカマク装置であるJT-60SAの建設・運転、原型炉設計の検討、材料開発のための中性子源開発まで総合的に取り組んでいます。

イーターの主要機器の開発と製作

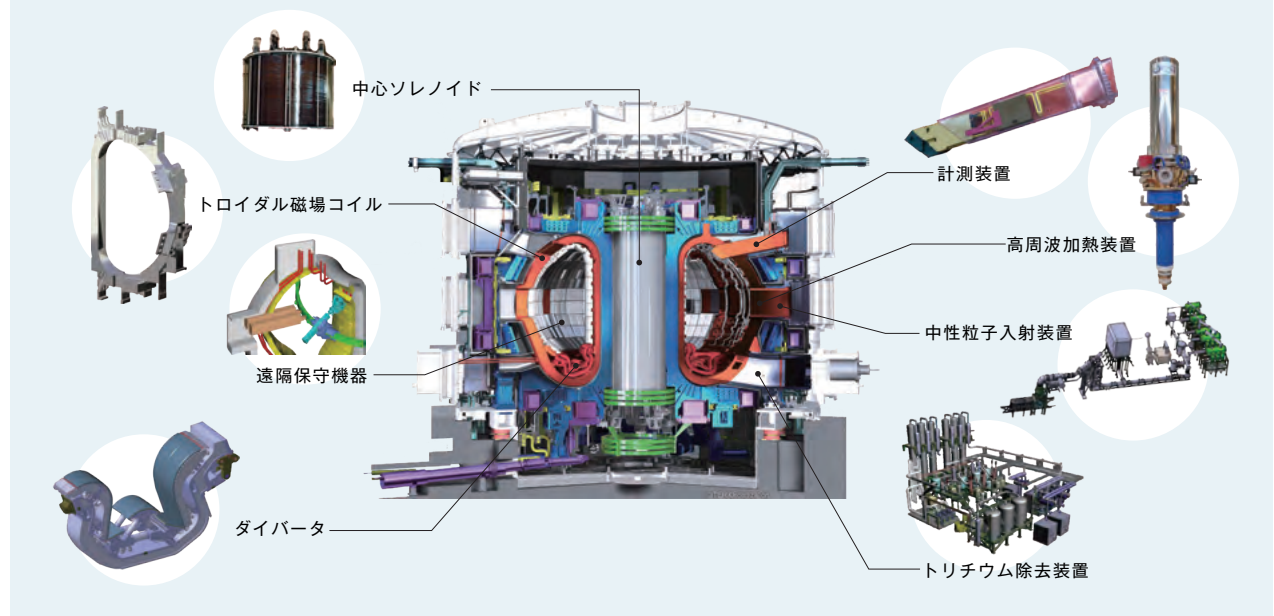
核融合エネルギーを実証するイーター計画は、日本、欧州、米国、ロシア、韓国、中国、インドの7極が参加する超巨大国際プロジェクト



完成したトロイダル磁場コイル ©ITER Organization

トです。各極が製作した機器を建設地の南フランスに輸送して、計画の実施主体であるイーター機構が組み立てます。QSTはこの計

日本が分担する調達機器



ACHIEVEMENTS of 5 years

画の国内機関として、イーター機構と連携し、日本が担当する機器の開発や製作を進めてきました。日本が担当するのは、プラズマを閉じ込める磁場を作る中心ソレノイドやトロイダル磁場(TF)コイル、加熱装置、遠隔保守機器などの中枢機器です。QSTは2017年に中心ソレノイド用超伝導体の製作を完了し、その後の組み立てを担当する米国に引き渡しました。TFコイルは2020年1月の初号機完成を皮切りに、2021年6月までに計5機を製作。極低温用特殊ステンレス製の大型で、かつ約15cmと肉厚な構造物の溶接技術を確立し、高さ16.5m、幅9m、総重量310tの巨大機器に対して誤差1万分の1(10⁻⁴)以下の高精度を実現するなど、日本の技術力の高さを世界に示しました。また、マイクロ波を用いる高周波加熱装置、ジャイロトロン実機の製作を2017年に開始し、2021年4月に全8機の製作を完了しました。ジャイロトロンはTFコイルなどとともに、イーターの運転開始に必須の機器です。2025年に運転開始を予定しているイーター計画において、QSTは大きな役割を担っています。

JT-60SAの完成

BA活動の一環として、欧州と共同で那珂核融合研究所(那珂研)のJT-60をJT-60SAへと改造してきました。プロジェクトは日本原子力研究開発機構(JAEA)時代の2007年6月に始まり、2020年3月に完成。JT-60が運転を停止した2008年以来12年ぶりに、日本国内で唯一のトカマク装置が始動しました。

JT-60SAの建設では日欧が機器製作を分担し、欧州が製作した高さ7.5m、幅4.6m、総重量20tのTFコイルなどを那珂研に輸送しまし

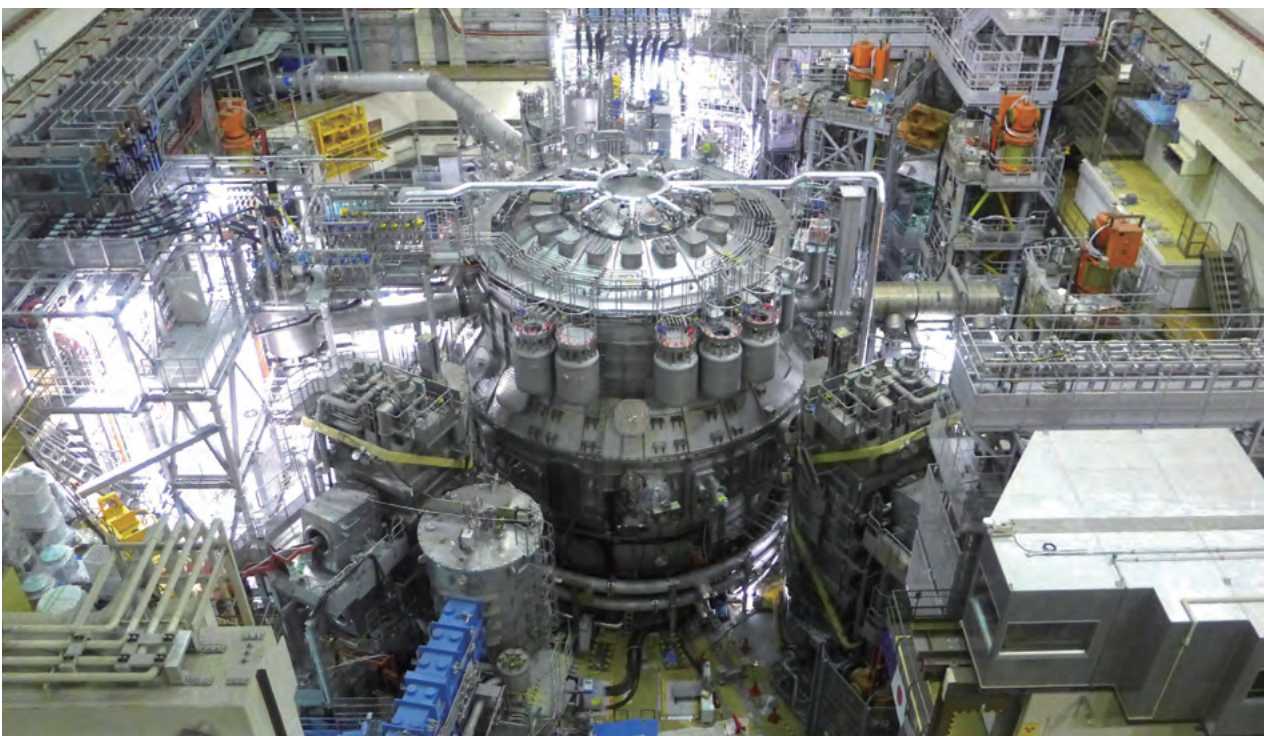
た。JT-60SAは高さ16m、幅20m、総重量約2600tという大型の装置であるとともに、精密な装置でもあります。組み立て作業にはミリ単位の精度が求められました。レーザー三次元測定機による位置合わせや、溶接時の金属粉飛散や酸化を防止するガス流の活用など、新たな技術的な工夫を考案して課題を克服しました。

ここで得られた組み立ての技術やノウハウは、イーターにも活用される重要な知見です。JT-60SAでは、核融合発電の実現に向けて、イーターやその後に建設予定の原型炉につながるプラズマ制御技術などの研究を行うとともに、将来の核融合研究を担う人材の育成も進めています。

核融合発電の実現に向けた 原型炉の基本概念の決定

イーターの次のステップとして、今世紀中ごろの発電実証を目指して原型炉の設計に取り組んでいます。日本はBA活動の一環として欧州と共同で共通設計課題を検討するとともに、原型炉研究開発の司令塔として六ヶ所核融合研究所(六ヶ所研)に設置された産学連携の「原型炉設計合同特別チーム」が、産業界の発電プラント技術や運転経験なども活用してオールジャパンで原型炉の概念設計を行っています。原型炉で高い電気出力を達成するためには、イーター以上の技術的性能が求められます。

QSTを中心とする特別チームは、4.208ペタフロップスの演算速度を有するスーパーコンピューターを駆使した炉内の除熱性能のシミュレーションや作業動線を考慮した設備配置による遠隔保守の効率化など、産学の専門知識やノウハウを生かしてさまざまな



運転を開始したJT-60SA



原型炉プラントの概念図

技術的な工夫を行い、2019年に原型炉の基本概念を明確にしました。この基本概念は、今世紀中ごろに約64万kWの電気を出力する日本独自の原型炉の建設が可能であることを示し、核融合発電実現への道筋を確かなものとしています。

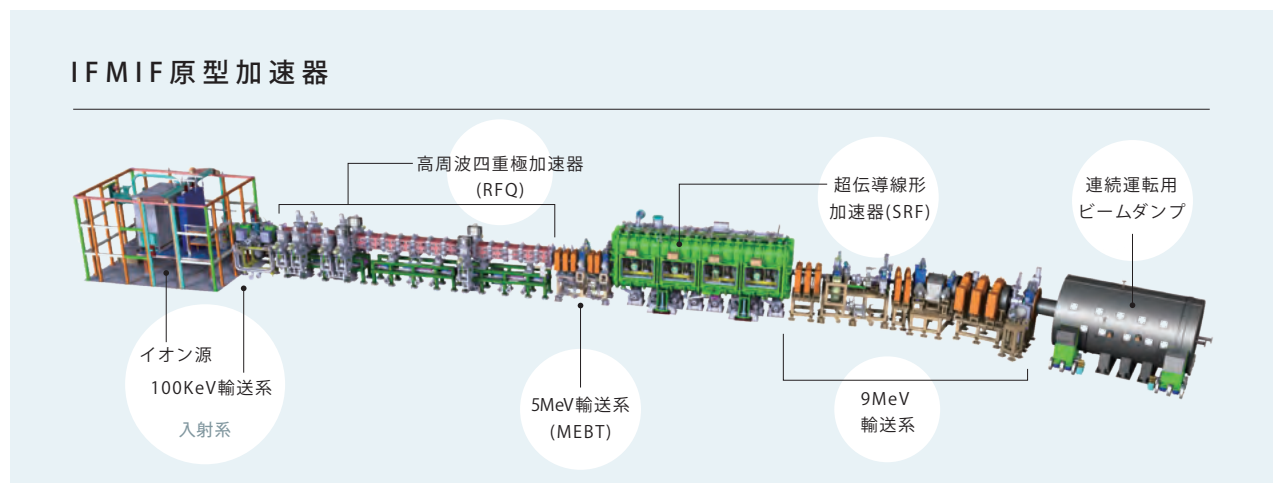
QSTは2025年ごろまでの日本の原型炉概念設計の完了を目指すとともに、経済性を向上した運転計画の策定や中性子源を用いた核融合材料の開発など、核融合発電の実現に向けた原型炉の技術基盤の構築を進めていきます。

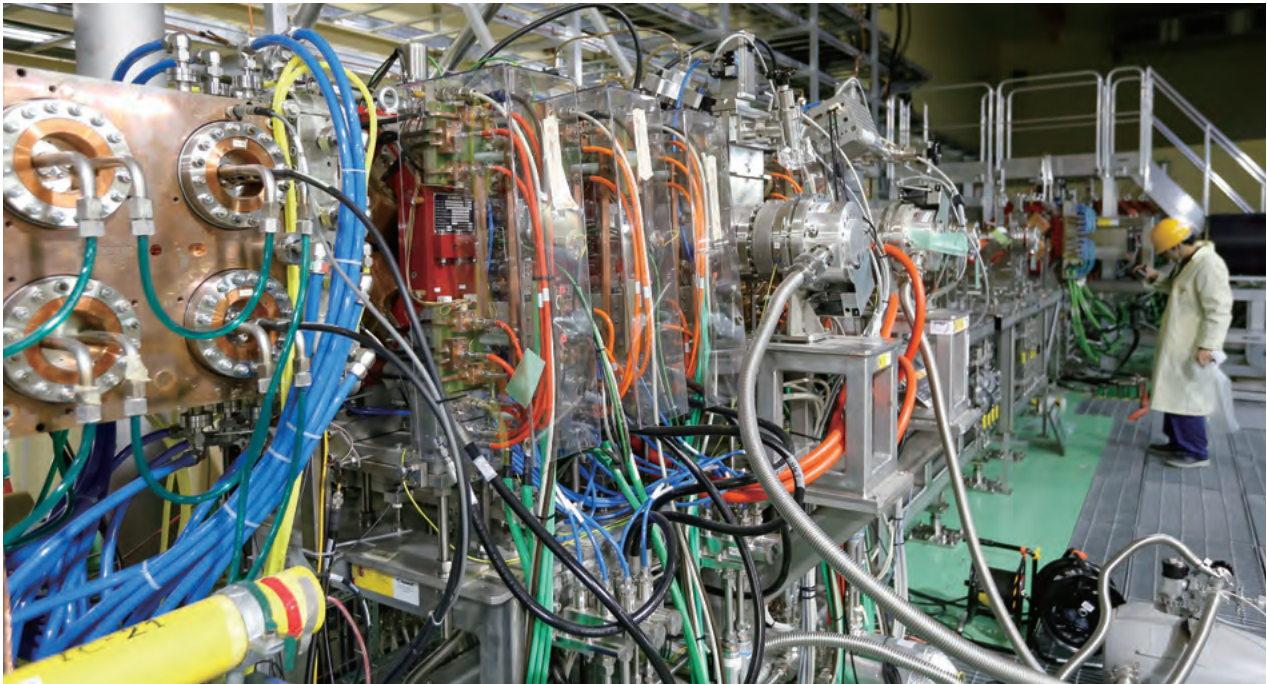
IFMIF原型加速器の開発

核融合発電炉の炉内機器は、核融合反応によって発生する高エネルギーの中性子にさらされます。核融合発電の実用化には、この環境に耐えられる材料の研究開発が不可欠です。そのために考えられたのが、加速器を使った中性子源の開発です。BA活動の一環

で日欧が協力して国際核融合材料照射施設(IFMIF)の工学実証のための技術開発を進めており、六ヶ所研ではこのための原型加速器を開発しています。IFMIF原型加速器の大パワー重陽子ビーム加速を実現するため、世界初の8系統の四重極線形加速器(RFQ)の開発を進め、2018年に8系統のRFQによる世界初で世界最長(9.8m)となるビーム加速に成功しました。

また、世界最大電流の重水素イオンを生成する入射器や、RFQに世界最大のパワーを注入する高周波加速器システムを新たに開発しました。そして2019年に世界最高強度の重陽子ビーム加速(125mA、エネルギー500万eV)に成功し、日欧で取り組むIFMIF開発の重要なマイルストーンを達成しました。QSTはIFMIF原型加速器の開発を着実に進めることで、核融合発電の実用化に必要な核融合材料の開発に貢献していきます。





IFMIF原型加速器の四重極線形加速器 (RFQ)

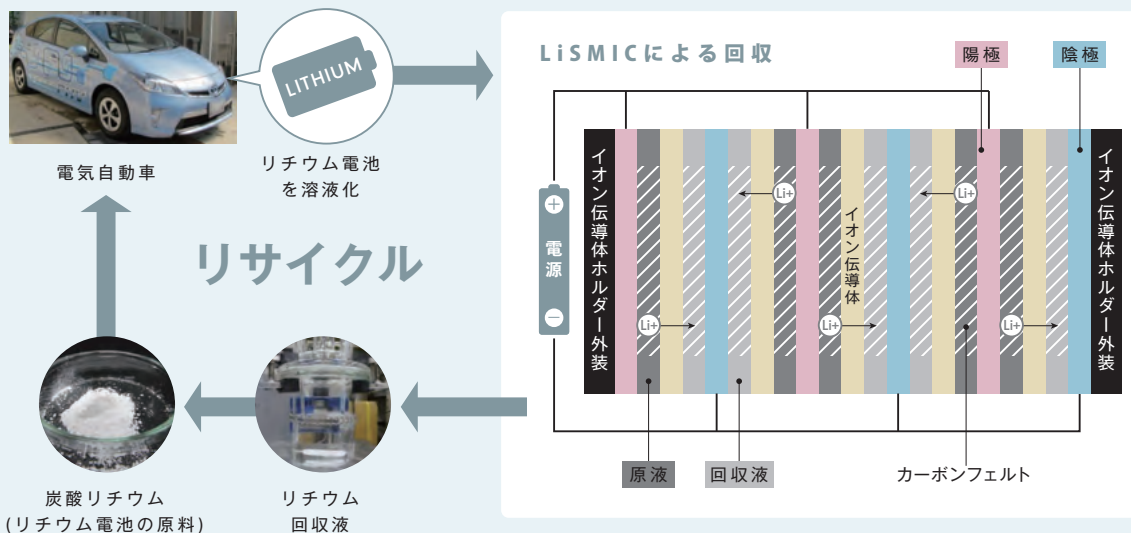
核融合研究開発からのスピノフ

核融合炉の燃料製造に必要なリチウムの安定確保のため、イオン伝導体をリチウム分離膜として利用するイオン伝導体リチウム分離法 (LiSMIC) を開発し、海水からリチウムを回収する革新的な基盤技術を確立しました。この技術は需要がさらに増加すると考えられるリチウムイオン電池のリサイクルにも適用できるため、環境に優しいリチウム循環型社会の実現につながります。

また、核融合炉の燃料の一つであるトリチウムの効率的な生産に必要なベリリウムの精製技術も開発しています。世界で初めて確立した革新的な精製技術はマイクロ波加熱と化学処理を複合した低温処理と湿式工程を主とし、経済性と安全性を飛躍的に向上する一方で、二酸化炭素の排出を抑制できます。

この技術は他の鉱石や多金属団塊などの精製技術にも適用可能で、省エネ化を実現する技術として、金属製造産業での幅広い活用を進めていきます。

イオン伝導体リチウム分離法 (LiSMIC)

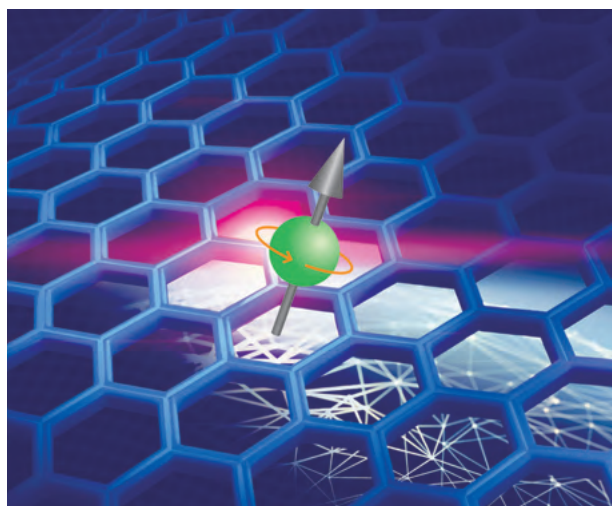


2. 革新材料の開発

量子ビームの利用により初めて解決できる本質的課題に集中的に取り組み、量子ビームナノ加工・解析技術や計算科学的手法等を活用した「量子材料・物質科学」を推進する――。「QST未来戦略2016」で定めた道筋に従い、量子ビームを利用した革新的材料開発を進めることで、社会的・学術的課題解決を推進しています。代表的な取り組みとして、超スマート社会の実現に不可欠な電力消費が極めて少ないデバイス材料開発のために、従来の電流による制御ではなく、電子のスピンという磁気的性質および光とスピンの相互作用を利用する「スピンフォトンクス」という新技術の確立に取り組んでいます。また、量子ビームを用いたグラフト重合、橋かけ技術などの高度化により、生体適合性材料の形状加工に留まらず、硬さや機能までも自在に制御することで、革新的なバイオデバイスの創製にも取り組んでいます。

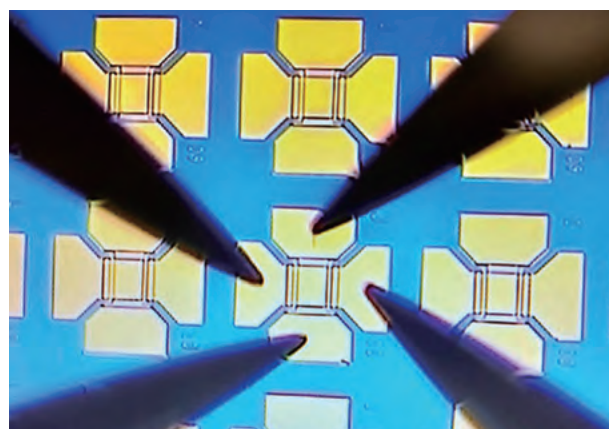
情報処理の高速化・省エネ化の切り札となる スピンフォトンクス材料開発

量子ビームナノ加工技術の代表的な研究開発がスピンフォトンクスであり、その中核が、スピントロニクスデバイス材料の開発です。従来のエレクトロニクスでは電子の「ある」「なし」を情報処理に用いますが、スピントロニクスは電子のスピン「上向き」「下向き」もデジタル情報として扱えるようにすることで、飛躍的に高い処理速度を持ち、かつ、エネルギー消費が少ないデバイスを実現できます。



グラフェン中を伝搬するスピン流のイメージ

QSTはスピントロニクスデバイス用の新しい積層材料として、磁性体の中でスピンの向きをそろえる性質に最も優れたホイスラー合金と、非磁性体の中でスピンの向きを保つ性質に最も優れたグラフェンからなる材料の開発に、世界で初めて成功しました。この新しい積層材料を使って電子スピンを自在に操作できるようになれば、身の回りの膨大な情報をデータとして瞬時に記録、処理して活用することが可能になり、私たちがこれまでに経験したことがない超高速情報通信の世界の扉を開くことができます。



四つ葉のクローバ(約500 μm四方)のような模様がグラフェンで成膜した試験素子であり、その電気的特性を4本のプローブにより計測します。

量子コンピューター・量子通信のための 多量子ビット形成技術

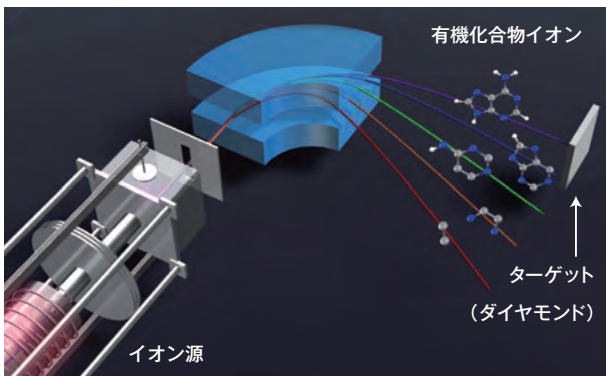
スピンフォトンクスのもう一つの柱が、光とスピンの情報交換を実現する技術です。その技術を応用して進めているのが量子ビットの研究開発です。量子ビットは量子コンピューターや量子通信などにも用いられ、多量子ビット化技術が重要となります。

代表的な量子ビットが、ダイヤモンド中の窒素不純物とその隣にできた空孔で形成されるNVセンターです。QSTは窒素イオンビーム注入による作製技術の研究開発を行ってきました。二つのNVセンターによる2量子ビット形成から10年弱の間、NVセンターのみによる3量子ビット化への進展はありませんでした。このため、新しい多量子ビットの形成技術が求められていました。

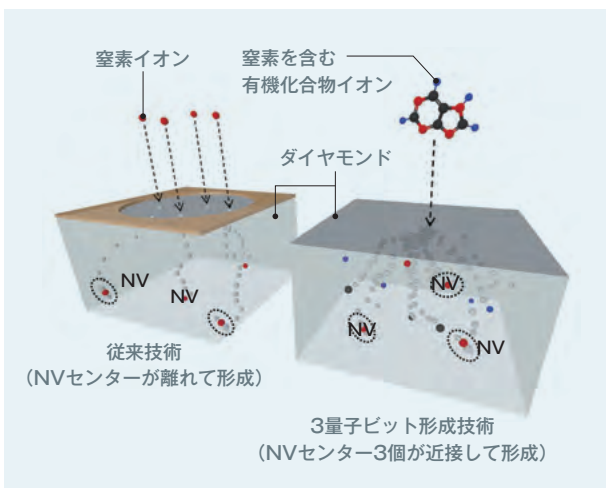
これまでのNVセンター作製では窒素原子や窒素分子をイオン注入していましたが、窒素だけにこだわらず、窒素を含む有機化合物イオンに着目し、これをダイヤモンドに打ち込むことで3量子

ACHIEVEMENTS
of 5 years

ビット形成を実現しました。この技術はさらなる多量子ビット化の可能性を秘めています。今後、室温で使える超並列計算が可能な量子コンピューターや量子通信の実現に貢献していきます。



有機化合物イオンをダイヤモンドに打ち込む模式図



多量子ビット形成の模式図

創薬や医療診断の高度化に向けた バイオデバイス創製

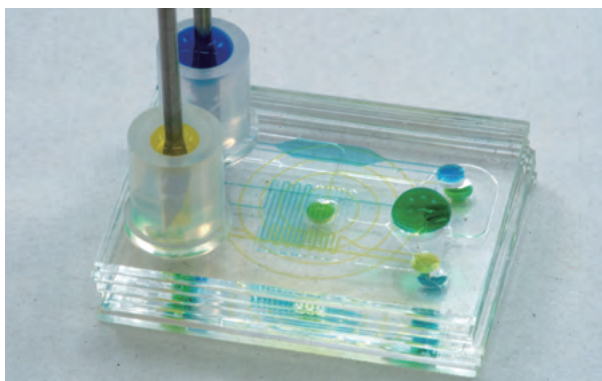
量子ビームによる材料の微細加工や橋かけ技術の高度化により、先端医療やバイオ研究に欠かせないバイオデバイスを創出するため、体内環境を模した細胞培養基材の開発や、従来は一枚型だったマイクロ流路チップを多層化する技術の開発研究に取り組んでいます。

QSTは量子ビームを駆使して、体内環境を模したり、医療材料と

して人の体の中に入れてたりすることを念頭に置き、有害物が発生する薬品などの使用を避け、安全・安心を確保した上で素材に新しい機能を付加する技術を開発しています。

その一つが、体内における細胞の周囲環境を模したタンパク質ハイドロゲル培養基材の開発です。通常、生体から取り出した細胞はプラスチックなど硬い材料の上で育てますが、細胞本来の姿や能力を維持したまま細胞を育てるためには、体の中の柔らかい環境を再現できるような材料が必要です。量子ビーム橋かけでタンパク質から作ったハイドロゲルは、その成分・柔らかさともに体内環境に非常に近いものです。今後も、ハイドロゲル培養基材の優位性の実証を進め、再生医療や創薬など幅広い分野で役立つよう、研究に励んでいきます。

また、マイクロ流路チップは、髪の毛よりも細い幅の流路や容器を手のひらサイズのシリコン基板の中に組み込んだデバイスで、血液検査や細胞の分離などに使われ始めています。しかし、チップ1枚に搭載できる分析機能や投入できる液量が限られているため、チップを複数貼り合わせて積層することで性能を向上させる技術の開発が切望されています。ところが、シリコンは化学的に安定で、従来の方法ではチップ同士を接着させることが困難です。また、接着時に重ね合わせる位置がずれると、流路が繋がらずチップとして機能なくなってしまいます。そこで、QSTではこの課題解決に取り組み、チップ同士の位置を正確に合わせて積み上げた後に量子ビーム照射の1工程で複数のマイクロ流路チップや関連パーツをすべて同時に貼り合わせる一括積層技術を新たに開発し、多層マイクロ流路チップの実現にめどをつけることができました。引き続き、実用化に向け、生産レベルに適用できるよう、技術を確実なものに発展させていきます。



複数枚同時に積層化されたシリコン製流路チップ

3. 量子で拓く新技術

「QST未来戦略2016」は、量子ビームの「創る」「観る」「治す」機能を総合的に活用して、材料・物質科学、生命科学、医学等の幅広い分野における革新的成果の創出・普及を推進するという方針を示しています。この方針に沿い多種多様な量子ビームを活用することで、豊かで安全な未来社会の創造を推進しています。代表的な成果として、高強度レーザーの開発やその周辺技術の産業応用、放射性同位元素 (RI) を利用した革新的な計測技術の開発などで世界を先導する成果を創出してきました。

科学の最前線を拓く高強度レーザーとその産業応用

世界最高性能の高強度レーザーを開発し、それを用いることで初めて可能となる超高強度場科学の研究に取り組んでいます。超高強度場科学とは、高強度レーザーでしかつくり出すことのできない超高強度場における相対論的現象の解明や、極短パルスのレーザーを使った超高速現象の観察、物質の制御などの極限状態における最先端科学です。この極限の科学から生まれた高強度レーザー技術を医療や産業に役立てます。その具体例が、量子メスの主要技術であるレーザー駆動イオン加速技術やレーザー打音によるコンクリート検査技術です。

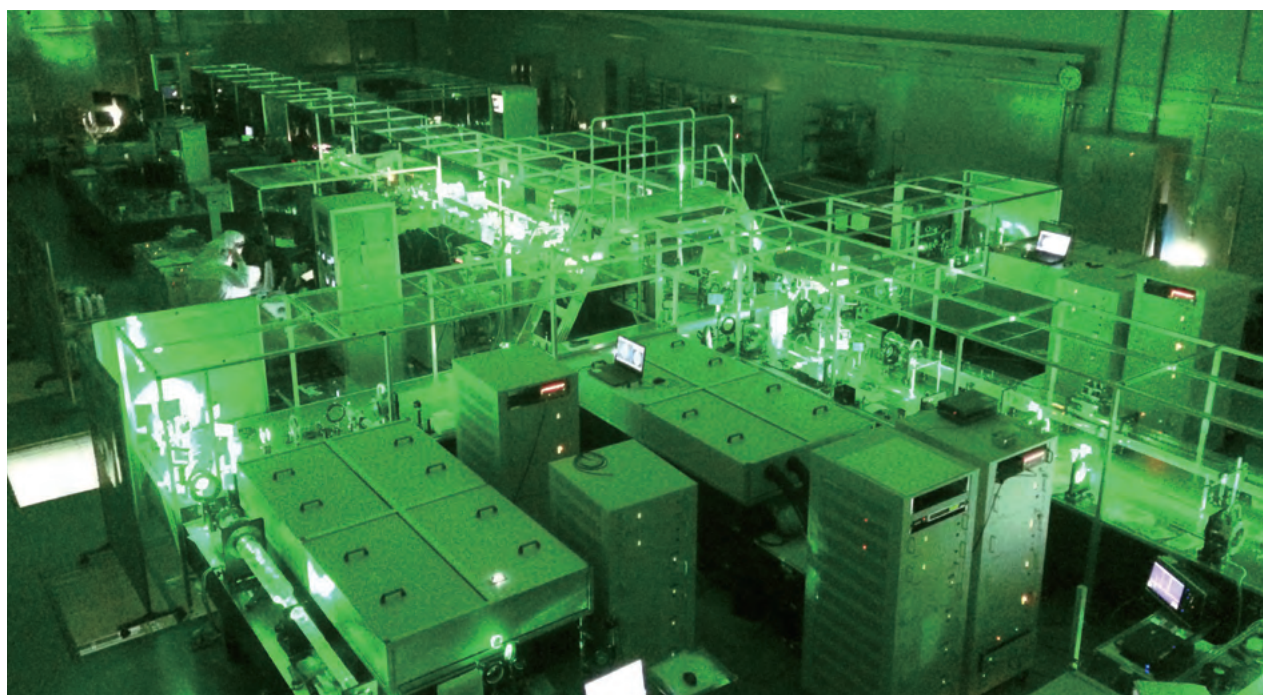
レーザー駆動イオン加速技術は、関西光科学研究所の超高強度レーザー装置、J-KARENの世界最高品質の集光性能を生かして開発を進めています。J-KARENは、30J(ジュール)のレーザーエネルギーを30f(フェムト)秒(1秒は1秒の1000兆分の1)の時間に閉じ

込めることにより1000兆Wの超高強度を実現できます。実験条件の最適化により、高強度レーザー光による世界最高値の雷雲の10億倍となる強烈な電場の発生や、45価の銀イオン生成、そして、これまでで最大となる光速の20%までの加速を実証しました。量子メスの実現に向けて、このような技術を積み重ねていきます。

また、レーザー打音検査技術は、国土交通省がインフラの定期点検の支援技術をもとめた「点検支援技術性能カタログ」に非破壊検査技術(トンネル)として掲載されたもので、レーザーをトンネル壁に照射したときに生じる振動を、別のレーザーにより計測する、均一性の高い我が国独自の技術です。民間企業による実際の道路トンネルの定期点検業務で、国内で初めて診断支援に活用されました。産業界への技術移転により、社会実装を進めています。



コンクリートの壁面をレーザーで叩き、その振動をレーザーで検出することで検査を行います。道路トンネルで行うためにトラックの荷台に積載しても安定に動作するレーザーシステムを開発しました。



レーザー発振している高強度レーザーJ-KAREN。発生する光自体は赤外光ですが、励起するための緑色の光が漏れ出て全体が緑色に光っています。

放射光でみる原子一層の磁気構造

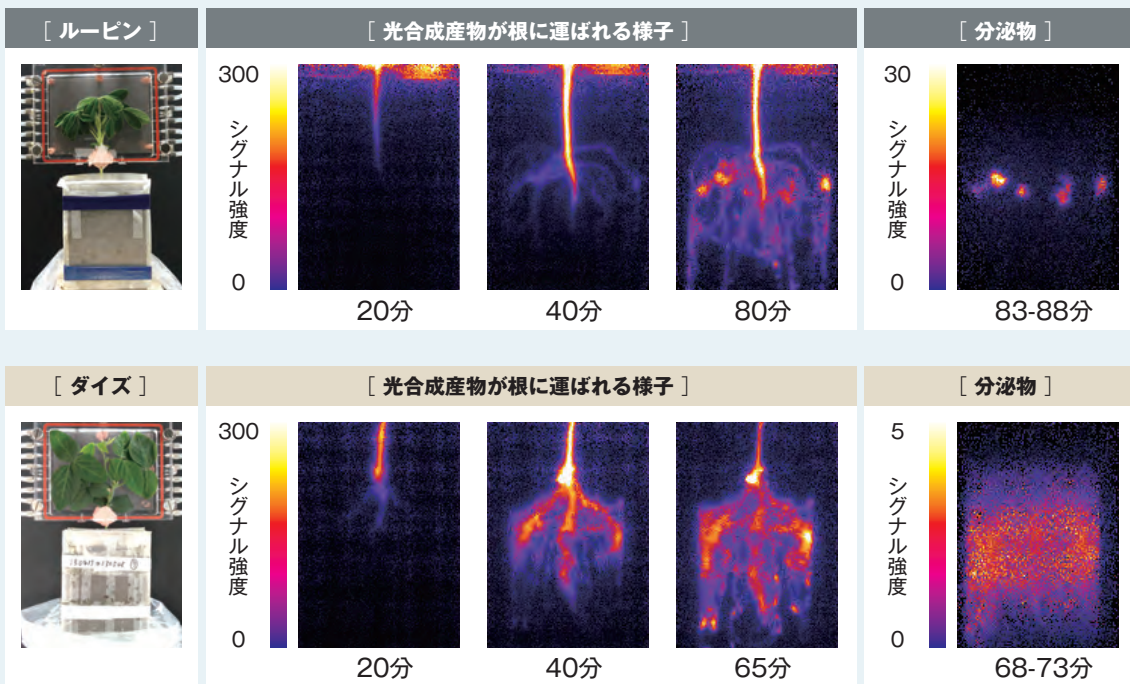
放射光を利用した精密計測技術として新たに開発したのが、従来のメスbauer分光では困難だった、材料の表面付近の磁性を一原子層単位という、まさに原子のレベルの精度で調べることができる、放射光メスbauer効果を利用した計測技術です。この計測技術を活用した超高真空放射光メスbauer装置で、磁石の代表とも言える鉄について、これまで謎だった表面付近の磁性を詳しく調べた結果、表面から奥に向かって一原子層ごとに磁力が増減している複雑な現象を世界で初めて計測することに成功し、この現象が約40年前に理論的に提案されていた「磁気フリーデル振動」であることを突き止めました。

土の中のミラクルワールド「根圏」を観る

生体内でのものの動きから生命現象の理解を試みるため、放射性同位元素 (RI) を用いたRIイメージング技術の研究開発を進めています。たとえば、植物は地中で土や微生物に対して能動的に働き

掛けることで、根の周辺の生育環境を最適化し、養分の獲得・吸収をしやすくしようとします。その様子を知ることは、学術的には植物の生理や栄養獲得の仕組みを理解することにつながり、その知見を基として実学的には農作物の生産性や品質の向上につながります。しかし、植物が生育する上で重要な役割を果たす根という組織の活動の様子を、これまで目で見ることはできませんでした。そこで、土や植物の中にあっても、その存在を検知できるRIを使ったさまざまな化合物を植物に取り込ませてその動きを調べるRIイメージング技術を発展させて、根が周りの土に放出した分泌物を観察する「根圏イメージング」という手法を開発しました。これにより、地中の根が土と微生物に分泌物を介して働き掛けている様子を世界で初めて撮影しました。図をご覧になると分かるようにルーピンとダイズでは光合成生産物の根への運ばれ方、根周辺への分泌物の違いから適応する土壌環境の違いが説明できます。この革新的な観察手法で、根圏を形成する根、土、微生物の栄養分を巡る相互作用と植物の生存戦略を明らかにし食料問題の解決に貢献していきます。

根圏イメージング画像



根圏イメージング技術により画像化したルーピン(上)とダイズ(下)の光合成生産物の根への運ばれ方と根周辺の分泌物の様子

4. 科学で守るいのちとくらし

放射線科学でくらしの安全・安心を支える

QSTは被ばくの影響やリスクを科学的に評価するとともに、その基盤となる放射線影響・防護研究を推進し、人々の安全・安心な生活を支えています。

例えば、2011年の東京電力福島第一原発事故を機に高まった放射線に対するさまざまな不安や懸念に、科学的知見で応えるべく取り組んでいます。マウスを用いた実験では、放射線に起因する低線量被ばく、いわゆる「じわじわ」被ばくの発がんリスクを初めて直接的に評価しました。また、事故によって放出された放射性物質の環境中での動きを、国際原子力機関(IAEA)と協力して明らかにしました。原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR)の事故の線量評価を記したレポートにも貢献しています。

万が一の放射線事故により被ばくした場合の治療法についても、研究を進展させています。幹細胞の治療応用に向けて、ヒト臍帯血由来赤芽球を用いたiPS細胞樹立法を発見し、従来と比べてゲノム変異を劇的に減らすことに世界で初めて成功しました。

さらに、放射線の革新的な医学利用や宇宙への進出が現実となる近未来に向けて、線量評価や防護研究に取り組んでいます。放射線防護のための安全基準の策定は、国際的な機関や組織による世界的なネットワークで進められ、QSTは日本におけるハブとして、国内の放射線医学分野の研究成果や被ばくに関するデータを収集し、国際機関などに提供しています。

さまざまな形で役立つ研究成果

[解剖記録] 生体試料

J-SHARE

[緊急時対応] 甲状腺モニター

[安全確保] CT被ばくの線量評価

[研究推進] 動物病理アーカイブ

[安全基準の策定] IAEA報告書

[研究成果] 原著論文

[科学力強化] 子供向けセミナー

Ryoko Araki et al., *Nat Commun* 11, 197 (2020), <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

QSTの研究成果は、さまざまな形で、研究推進や安全確保のために役立てられています。

5. 健康長寿社会の実現

「QST未来戦略2016」は、「がん死ゼロ」と認知症やうつ病などの精神・神経疾患の早期発見と予防・治療を究極の目標と位置付けています。QSTは「がん死ゼロ」に向けて、腫瘍塊を死滅させる重粒子線がん治療、治療し切れなかった少数のがん細胞や転移がん細胞に対する標的アイソトープ療法と、がん免疫の増強療法などを研究開発しています。

精神・神経疾患については、量子イメージング技術による診断・治療の研究開発を進めています。今後は、標的アイソトープ療法と量子イメージングを統合して治療と診断を同時に行うセラノスティクス(TherapyとDiagnosticsを組み合わせた造語: Theranostics)を構築し、健康長寿社会の実現を目指します。

重粒子線治療の国民医療への定着とさらなる高度化を目指して

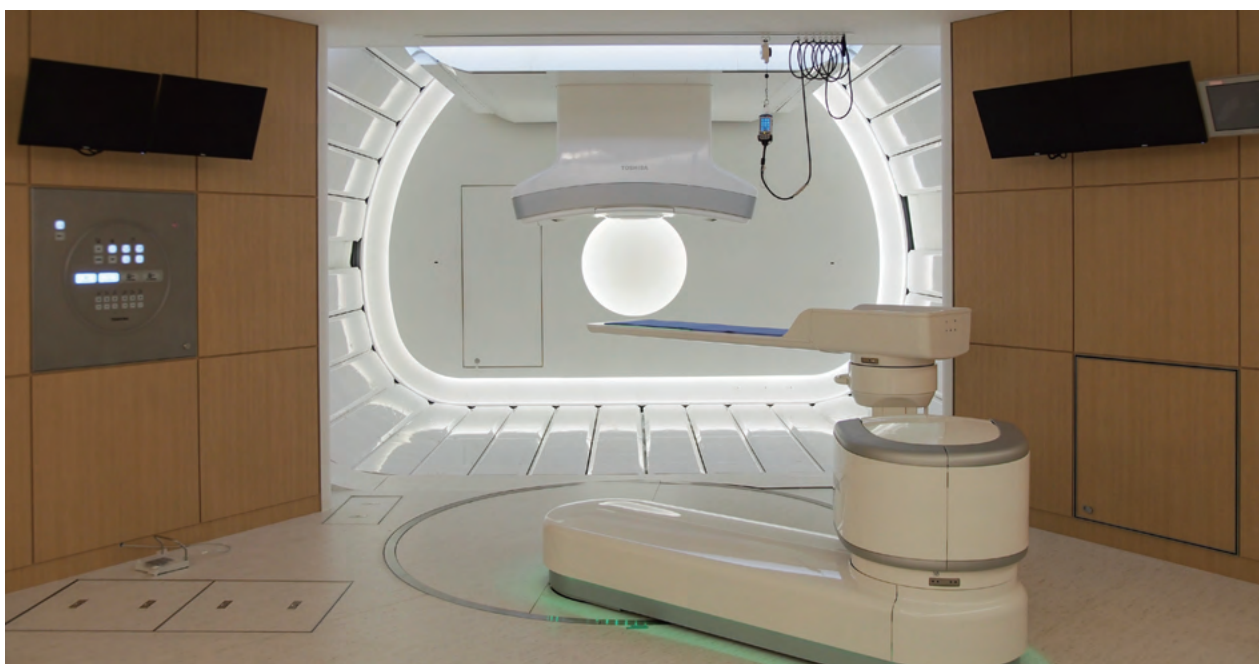
QSTの発足時点で、重粒子線がん治療はすでに20年を超える経験と実績を持っていました。がん医療における位置付けをより確固としたものにするため、保険適用の実現に重点的に取り組むとともに、より高度な治療の実現を目指して研究開発を進めてきました。国内の重粒子線多施設共同臨床研究グループ(J-CROS)を主導し、臨床的エビデンスの創出と発信に努めた結果、2016年に骨軟部腫瘍が初めて保険適用となり、2018年に頭頸部腫瘍と前立腺がんも加わりました。これまでの治療患者数は、これら3疾患が全体の半数近くを占めています。



QST病院

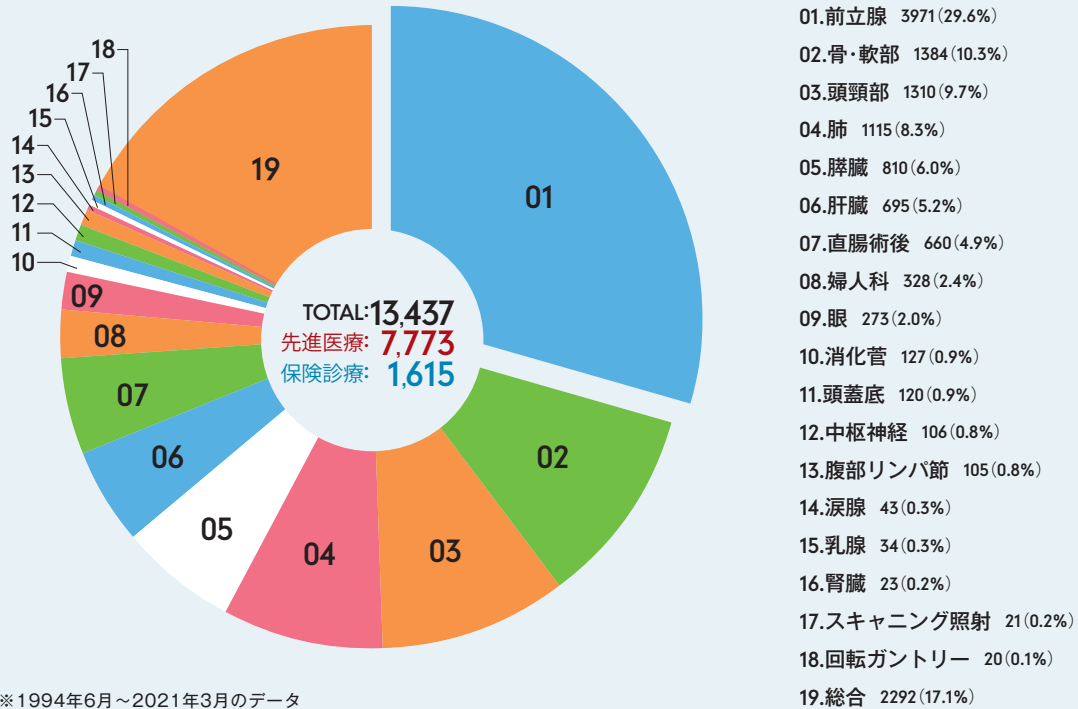
2019年4月には、組織改革「QST ver.2」の柱の一つとして、放射線医学総合研究所に設置されていた病院を量子医学・医療部門(当時)の直轄組織として病院経営を強化し、「QST 病院」と改称しました。罹患率の高いがんの多くはまだ保険ではなく先進医療の対象です。3疾患以外も早期に保険適用となるよう日本放射線腫瘍学会との協力活動をさらに活性化し、成果の発信に努めています。

一方、治療の高度化に向け、2017年から回転ガントリーによる治療を開始し、これにより強度変調重粒子線照射をはじめとするより優れた線量分布での治療が可能になりました。今後は、マルチイオン照射の実現や免疫療法など異なる治療法と組み合わせる集学的治療戦略により、「がん死ゼロ健康長寿社会」の実現を目指します。



重粒子線回転ガントリー治療室

QST病院における重粒子線治療の登録患者数



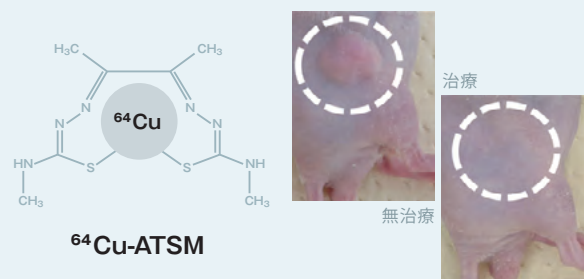
標的アイソトープ治療の国産化、さらなる普及を目指して

戦後すぐからの長い歴史を持つ日本の標的アイソトープ治療 (TRT) は、これまですべて輸入に頼るβ線核種製剤によるもので、放射線管理区域となるRI治療病室の不足に悩まされてきました。世界初のα線TRT製剤、塩化ラジウム²²³Raが国内導入された2016年に発足したQSTは、TRTのさらなる普及、TRT製剤の国産化、RI治療病室が不要なα線TRT製剤の開発を目指して研究を進めてきました。

国内初の国産TRT製剤として⁶⁴Cu-ATSMの開発を進め、2018年には治療用製剤を製造・供給し、国立がん研究センターでの臨床試験を開始しました。治療薬として⁶⁴Cu-ATSMの品質を保証するため、化学や生物学などの専門家、薬剤の品質保証を担当する部署が製剤化プロジェクト「STAR-64」を立ち上げてONE TEAMとして活動しています。現在、脳腫瘍に対する試験を進めています。注目の新規α線核種²²⁵Acの製造競争が世界的に加速する中、2018年に²²⁵Acの加速器製造に国内で初めて成功し、²²⁵Ac標識TRT製剤の国内初の臨床利用も準備中です。さらに、α線TRT製剤「アスタチン

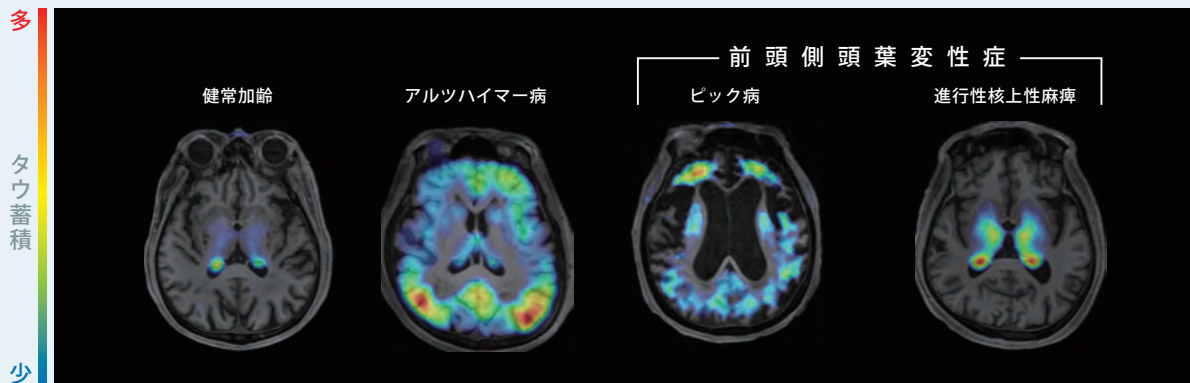
-211(²¹¹At)AITM」による悪性黒色腫の顕著な抑制に成功するとともに、「²¹¹At-MABG」のヒト初回投与試験 (FIH試験) も間近となりました。今後もTRTの普及を進め、重粒子線治療との併用で「切らずに治すがん治療」「がん死ゼロ健康長寿社会」を実現できるように、研究開発を推進します。

担がんマウスでの治療研究



⁶⁴Cu-ATSMは低酸素環境にあるがん細胞に集積し、がん細胞株移植モデルマウスで腫瘍増殖抑制効果を示しました。

^{18}F -PM-PBB3を用いた臨床PETによる認知症の診断・鑑別



アルツハイマー病以外のさまざまな認知症もタウ蓄積の分布に基づいて診断が可能に。

健康長寿の実現に向け、 認知症等の精神・神経疾患の克服に挑む

QSTでは、PET（陽電子放出断層撮影）やMRI（磁気共鳴画像診断）をはじめとする量子イメージング技術を用いて、認知症などの精神・神経疾患の脳病態を明らかにし、診断・治療法の開発につなげる研究に取り組んでいます。

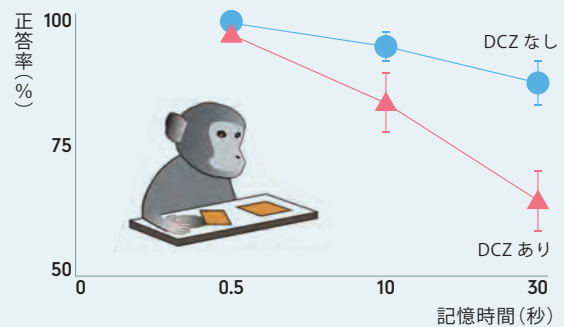
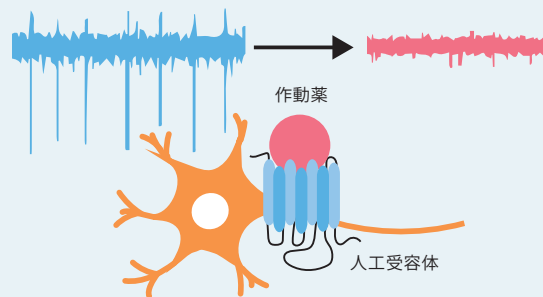
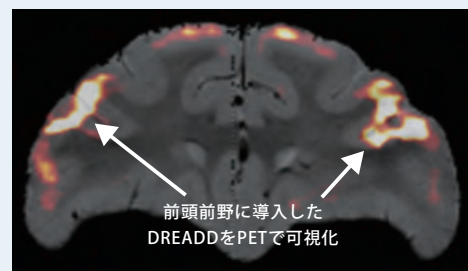
認知症では、異常なタウタンパク質が脳内に蓄積します。このタウを高精度に可視化するPET検査薬（ ^{18}F -PM-PBB3）を開発し、アルツハイマー病や前頭側頭葉変性症など様々な認知症を症例ごとに鑑別することを初めて可能にしました。

また、認知症の早期発見を目指して、血液と画像の相互参照によるバイオマーカー開発の拠点を立ち上げました。この拠点が国内に多数存在する臨床施設や、PET施設と緊密に連携することにより、血液検体や画像データをいち早く収集していきます。多施設連携体制をMulticenter Alliance for Brain Biomarkers (MABB: マブ)と名付け、今後の認知症超早期診断法の確立や治療薬の臨床試験で日本の基幹ネットワークになることを目指しています。

一方、疾患で障害を受けた脳の神経回路を正常化するための「DREADD（ドレッド）」技術の開発も行っており、サルの作業記憶回路を任意のタイミングで操作することに成功しました。この技術を用いて、症状の出現に関わる多様な神経経路の役割を解明し修復する研究を進めています。

タウPET検査は認知症の診断薬として臨床試験を進めるとともに、タウ病態を標的とする抗認知症薬剤・補助食品の開発にも活用され、一部は製品化に至りました。DREADDも、モデル動物における多様な神経回路の役割解明のみならず、脳疾患の治療を見据えた回路修復へと活用を広げています。脳の可視化と操作による研究開発を、健康長寿社会の実現へ向けて大きく前進させます。

DREADDを用いた特定脳部位と神経回路の操作



前頭前野に導入した人工受容体 (DREADD) に作動する薬剤 (DCZ) により神経活動を「オフ」にして、作業記憶を低下させることに成功。

多様な連携・協働の推進

世界中の多様な人々との連携・協働を積極的に推進

連携・協働の活動を介して、異文化理解、尊重を育み、QSTの理念である「平和で心豊かな人類社会の発展」に貢献していきます。

国際協力

QSTはイーター機構や原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (UNSCEAR)、国際原子力機関 (IAEA)、世界保健機関 (WHO) などの国際機関との連携を推進しています。イーター計画の国内機関をはじめ、IAEAの協働センター、WHOの協力センターに続いて、2017年9月にIAEAのアジア地区での被ばく医療対応と線量評価分野の緊急時対応能力研修センター (CBC) の活動を開始しました。

2019年5月、経済協力開発機構／原子力機関 (OECD/NEA) のマグウッド事務局長が理事長を訪問し、放射線防護や低線量放射線影響研究に関する協力について話し合いました。同年9月に理事長らがIAEAやUNSCEARを訪れ、幹部と一層の協力強化に向けて会談。同年12月にはUNSCEARのバタンジェーバ事務局長が来訪し、理事長と福島報告書等に関して意見を交わしました。2020年2月の内閣府原子力委員会定例会議において、IAEAのグロッシー事務局長と委員の意見交換が行われた際に、理事長が重粒子線がん治療技術の世界展開について説明しました。

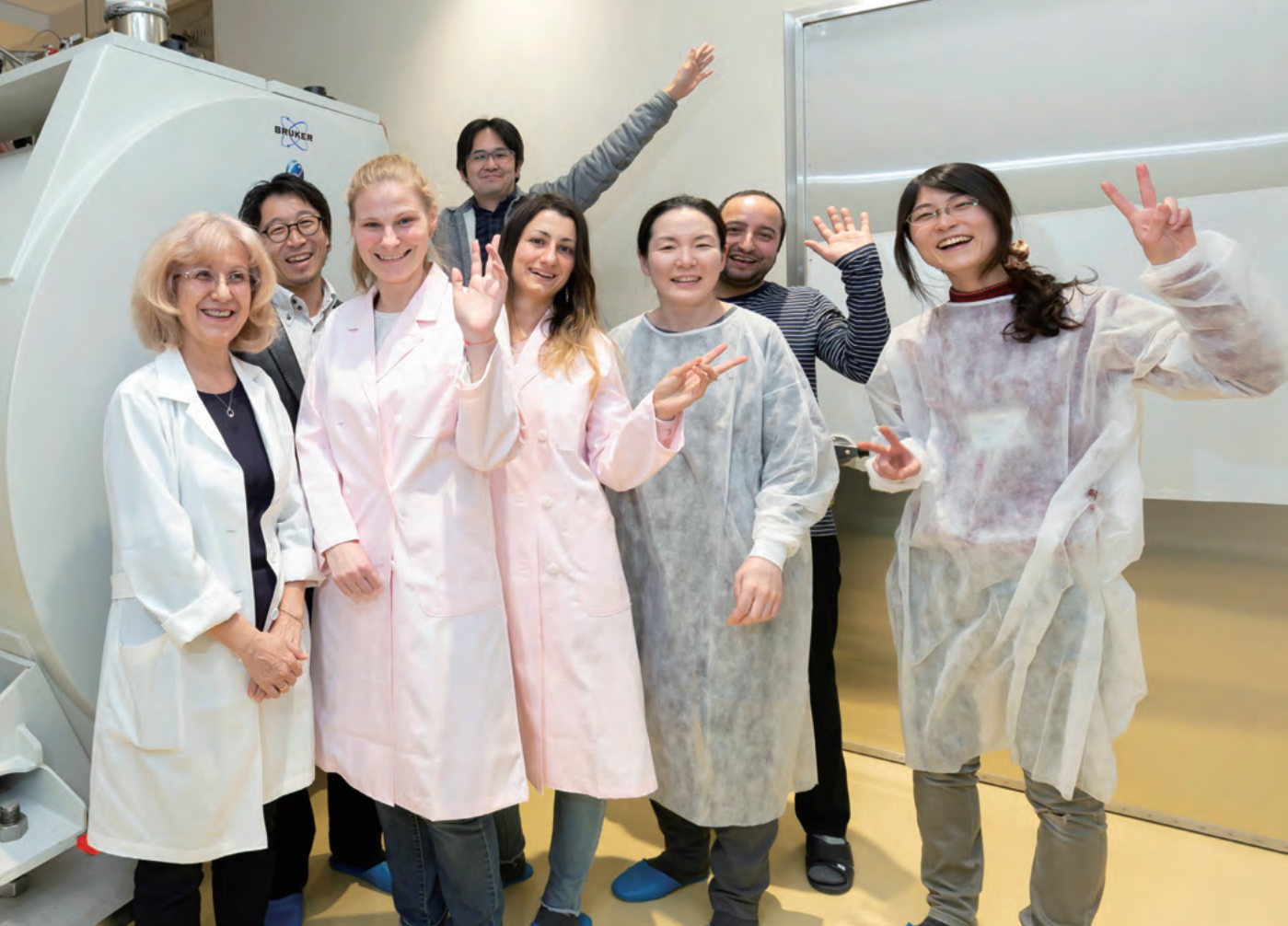
QSTは外国の大学や研究機関などと2021年3月末時点で60件の協定を締結しています。国際交流を促進するため、内部公募で主題を決めるQST国際シンポジウムを2017年から毎年開催しており、3件のQST国際リサーチイニシアティブも実施しています。2020年9月には、IAEA総会のサイドイベントとして、ウェブセミナー「放射線がん治療の加速的な進歩」を内閣府と共催し、海外の152人を含む285人が参加しました。



理事長とIAEA事務次長 (原子力科学・応用局担当) の会談



IAEA総会での展示



人材の多様性を推進

SIP事業管理法人業務

内閣府が科学技術イノベーション実現のために創設した国家プロジェクトである戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の第2期課題において、QSTは2018年度から「光・量子を活用したSociety 5.0実現化技術」の管理法人を務めています。光・量子技術は世界的にも極めて注目度が高い技術で、本課題は、日本が強みを持つ光・量子技術のうち「レーザー加工」、「光・量子通信」、「光電子情報処理」の3領域で世界的にトップクラスの研究成果を社会実装し、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合したサイバーフィジカルシステム(CPS)型のスマート製造の実現に貢献することで、Society 5.0の実現を加速します。本課題は2019、2020年度と2年連続で内閣府から全課題中最も高い評価を受けました。QSTは管理業務に加え、インターネットやビジネス誌およびシンポジウム開催による情報発信や国際ベンチマークの実施などでも本課題の周知と進展に寄与しています。

ダイバーシティ推進

QSTのダイバーシティへの取り組みは、前身の放射線医学総合研究所時代の2015年、JSTのダイバーシティ研究環境実現イニシアティブ(連携型)事業に、千葉大学、東邦大学と共に参画したことに端を発します。2016年のQST発足後も、ダイバーシティ推進室を中心に大学や研究機関と情報交換を続け、人事部をはじめとする各部との連携、協力により、以下に代表される活動を展開してきました。

- ・他機関と連携したダイバーシティ推進
- ・研究支援要員配置等のライフイベント支援
- ・連携研究助成や英文校閲支援等の研究力向上支援
- ・次世代育成支援や女活法行動計画の策定・周知
- ・理事長のイクボス宣言
- ・企業主導型保育施設との協定締結

こうした取り組みが認められ、2020年度の千葉県男女共同参画推進事業所表彰で千葉県知事賞を受賞。子育てサポート企業に対する厚生労働省の「くるみん認定」にも至りました。これからも職員に寄り添い、「働きやすい環境」作りのためにニーズに沿った支援制度を構築していきます。

ACHIEVEMENTS
of 5 years



きつづ光科学館ふおとん

広報・アウトリーチ

QSTは情報公開の義務を果たすとともに、積極的な公開に努めています。研究開発の成果をプレスリリースとして適時に公表しているのはじめ、年4回発行の広報誌『QST NEWS LETTER』では、最新の成果や取り組みについて解説しています。研究開発の実際を広く市民の方々に現地で知っていただく機会として、各地区で施設の一般公開を開催。常設の広報・アウトリーチ施設として「きつづ光科学館ふおとん」を関西光科学研究所（京都府木津川市）に併設しています。公式サイトではこれらの情報を含めて幅広く発信し、日々アップデートしています。

情報を幅広く届けるため、ソーシャルメディアでの発信にも力を入れています。FacebookとTwitterでは研究開発の成果や事業活動、Instagramは拠点の季節のうつろい、YouTubeでは研究内容の解説と、各チャンネルの特性を生かして異なる角度からQSTの情報を伝えています。コロナ禍に対応してオンライン企画も実施し、地理的制約を超えた交流と対話に取り組んでいます。

ユニークな取り組みとして、QSTの研究開発の成果が社会実装された未来像を描いたイラスト「量子科学技術でつくる私たちの未来」（42～43ページ）を制作、QSTが目指す社会を示しています。



展示会や実験教室でのアウトリーチ活動

人材育成

放射線防護や放射線の安全な取り扱いなどに関係する人材を育成するための研修を実施するとともに、連携大学院制度の活用、実習生の受け入れ、リサーチアシスタント制度やサマースクールなどによる学生への支援を積極的に行っています。

量子生命・医学部門の人材育成センターは、放射線防護や放射線の安全な取り扱い、放射線事故対応や放射線利用などに関係する国内外の人材、および、放射線の知識を幅広く国民に伝えるための人材を育成する研修事業に取り組んでいます。研修の中心は、医療関係者や消防士、警察官などプロフェッショナル向けですが、大学生を対象とした放射線防護とリスクコミュニケーションの研修を原子力規制庁の補助事業としてQST発足と同時に開始しました。医療分野をはじめ、ますます拡大する放射線利用の現状を踏まえ、今後も幅広く学生を対象とした放射線教育を実施し、将来的な放射線利用と規制に関わる人材育成に貢献します。

学生の支援では、研究開発の推進と人材育成を組み合わせ、大学院生を「リサーチアシスタント(RA)」として採用する制度をQST発足時に創設しました。RAの経験者からは「責任を伴い、研究への意識が向上した」「経済的な余裕をもって研究活動に集中できた」といった声が寄せられています。

研究拠点に実際に足を運んでもらい、体験型イベントを通じてQSTを学生目線で知ってもらう「QSTサマースクール」も、発足当初より実施しています。非日常である研究現場の体験は、毎年参加学生に高評価を得ています(2020、2021年は新型コロナウイルス感染症拡大のため中止)。

QST未来基金

QSTの基本理念に沿って人類の未来を拓く活動にご理解とご賛同をいただいた皆様からのご支援を、QSTのさまざまな事業に活用させていただいています。2017年度は、未来基金を活用して「福島と千葉の小学生親子サイエンスキャンプ」を開催しました。親子で一緒に放射線に関する基礎的な知識を学ぶとともに、福島県と千葉県の親子が地域を越えて交流を深める活動を行いました。2020年度には、量子メス研究プロジェクトにおいて、超伝導電磁石の開発に必要な磁場測定装置の購入に未来基金を活用し、実用化に向けた研究を前進させることができました。また、2021年度にはレーザーで空気中のウイルスを検出するという革新的な研究を進めるため、初のクラウドファンディングに挑戦。目標金額を大きく超えるご賛同をいただきました。これまでの皆様からの温かいご支援にあらためて御礼申し上げます。引き続き、ご支援をよろしくお願いいたします。



小学生親子サイエンスキャンプ



人材育成センターの研修



QSTの5年間 私たちの5年間



2016
2021

QSTは多彩な職員が集う人間集団です。
全国各地の拠点の多様な職場で、いろいろな職種の職員が働いています。
1000人を超える職員の一人ひとりが積み重ねた歩みが、
QST発足から5年間の躍進の原動力となりました。
さまざまな立場の職員が、QSTと自分の5年を振り返ります。

※プロフィールは2021年4月1日現在。その他の情報の組織名称は当時

QSTにも通じる六ヶ所研のフロンティアスピリット

近藤 恵太郎 KONDO Keitaro

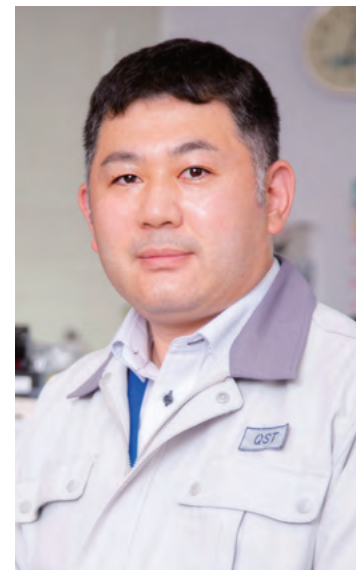
〔六ヶ所地区〕 核融合エネルギー部門
六ヶ所核融合研究所 核融合炉材料研究開発部
IFMIF加速器施設開発グループ



私的一大イベント

RFQ加速器を据え付け、
ビーム試験開始や世界最大
電流の加速にこぎつけるこ
とができました。

六ヶ所研はQSTの中では新しい研
究開発拠点です。ここで取り組んで
いるのも、前例のないような、常識外
れの強度パワーをもった加速器と、
いろいろな意味でフロンティアで
す。これは、異なる研究分野を連携さ
せて新しい分野を切り拓いている
QSTにも通じるスピリットだと思います。



私 の 5 年 間

2020年7月

グループリーダーを拝命。人数が多く、
不安やプレッシャーも。責任に応えられているか自問自答

2021年1月

コロナ禍の中で第2子となる長女が誕生

2016

2017

2018

2019

2020

2021

4 APR 放射線医学総合研究所(放医研)と日本原子力研究開発機構(JAEA)の量子ビーム部門、核融合部門が再編統合されQSTが発足

9 SEP QSTに入構し、研究成果を知財という形にするスタッフに [鶴澤聡子]

放射性核種を使う側から作る側に、加速器の整備も担う

峯岸 克行 MINEGISHI Katsuyuki

[千葉地区] 量子生命・医学部門
量子医学研究所
先進核医学基盤研究部放射性核種製造グループ



私の一大イベント

放医研の業務を請け負う会社の社員という立場から2017年4月にQST職員になったことです。

専門学校時代のインターンからアルバイトを経て、ずっと放医研(現量医研)で働いています。PET実験の補助にはじまり、今は放射性核種の製造に取り組んでいます。放射性核種を使う側から作る側へと、仕事はつながっています。小さな装置からサイクロトロンのような大きな設備まで関わるようになりました。



私の5年間

2016 2017 2018 2019 2020 2021

2019年9月 結婚。仕事の面でも気持ちが一層引き締まった

2020年3月 ^{211}At -MABG合成装置を福島県立医大へ提供。同大学での α 線治療実現に向けて貢献

研究開発を支える意義ある仕事、自身の成長も感じる

今井 彩乃 IMAI Ayano

[高崎地区] 量子ビーム科学部門
高崎量子応用研究所 管理部経理・契約課



私の一大イベント

高崎勤務になって長時間の電車通勤から解放され、自分の時間がより多く持てるようになりました。

最新の科学技術の研究開発を支える、意義のある仕事です。微力ながら役に立っている実感があります。QSTになって5年が経ち、経理分野では各部門や拠点の様子の良いところを採り入れて、一つになってきたと感じます。私自身は全体像を把握して仕事を進められるようになり、成長できたかなと思っています。



私の5年間

2016 2017 2018 2019 2020 2021

2016年4月 旧放医研で1年半働いた後、改めてQSTに採用されて放医研管理部経理・契約課に配属

2020年7月 高崎研へ異動。初めて自分の自動車を購入した

4 インターン時代から放医研で働き、QST職員に採用 [峯岸克行]
APR

研究経験を生かして研究企画業務へ、新しい波を経験

川野 光子 KAWANO Mitsuko

[千葉地区] 量子生命・医学部門
研究企画部量子生命運営推進グループ



私の一大イベント

2019年に量子生命科学領域の発足とともに、研究企画業務が自分の主務となったことです。

学位取得後は研究職でしたが、今は量子生命科学の発展に向けた研究戦略を練り、その実現を目指す毎日です。研究経験があつてこそできる仕事であり、その意義を感じています。学際領域である量子生命は二つの法人の統合で誕生したQSTの小型版です。波が起きて大きくなっていく過程に刺激を受けています。



私の5年間

2016年4月

放医研組織再生治療研究チームに。専門は分子細胞生物学、皮膚科学、免疫学

2016年10月

内閣官房副長官補室に行政実務研修員として半年間派遣された

2016

2017

2018

2019

2020

2021

統合時の業務調整を担当、QSTのさらなる発展を感じる

飯田 達也 IIDA Tatsuya

[東海地区] 量子ビーム科学部門
高崎量子応用研究所 管理部



私の一大イベント

基幹高度被ばく医療支援センターの指定を受け、事務局長として設立や組織充実に取り組みました。

QST発足時に両法人間の業務調整を担当しました。土壌が違うので大変でしたが、旧放医研とJAEAの2部門には三者三様の特徴があり、それが面白いところ、大切なところだと思います。5年が過ぎ、結びつきが強くなってきました。QSTはこれからの伸び代がある法人です。一緒になって良かったと思います。



私の5年間

2016年4月

那珂研庶務課長としてQST発足を迎える

2019年4月

基幹高度被ばく医療支援センター事務局長に。とても大きなミッションを任せられた

2016

2017

2018

2019

2020

2021

1 イーター機構に出走。国際プロジェクトの職場は多国籍 [上野健一]
JAN

横のつながり強化で、今までになかった研究の展開を

佐々木 拓生 SASAKI Takuo

[播磨地区] 量子ビーム科学部門
関西光科学研究所 放射光科学研究センター
コヒーレントX線利用研究グループ



私の一大イベント

ラグビーW杯の日本-アイルランド戦を生観戦。勝利の瞬間の感動は、今でも忘れられません。

大型放射光施設のSpring-8で半導体結晶の構造解析に取り組んでいます。世界でここでしかできない研究を自分を中心となることができる環境は研究者冥利に尽きます。今の環境に満足することなく、これからの5年間は他拠点・他機関との横のつながりを一層強くし、新しい研究を進めていきたいと思っています。



私の5年間

2016	2017	2018	2019	2020	2021
			2020年4月 兵庫県立大学客員准教授を兼務。 「共学合い長ず」。活気あふれる学生と楽しく勉強する毎日		2021年6月 第2子誕生。 責任も2倍に

統合の荒波を乗り越え、職員の生活を支える役割担う

北村 朋子 KITAMURA Tomoko

[那珂地区] 核融合エネルギー部門
那珂核融合研究所 管理部庶務課



私の一大イベント

結婚し、出産、育休を経て復職したことです。就職時から、ずっと働き続けたいと考えていました。

QST発足からの2年間は、人事制度の変更など数年に一度しかないような事柄が多く、慌ただしい毎日でした。事務職は研究開発を支える立場ですが、私は職員の皆さんが生活する上で大切な給与や社会保険に携わり、研究というよりも職員一人ひとりの暮らしを支える役割を担わせてもらっていると感じています。



私の5年間

2016	2017	2018	2019	2020	2021
				2016年4月 那珂研でQST発足を迎える。統合前後で仕事のやり方が変わる激動の時期を他拠点の担当者と協力して何とか乗り切った	2020年5月 復職

2019

量子生命科学領域発足とともに
研究企画が主務に [川野光子]

4 APR

基幹高度被ばく医療支援センター事務局長に就任 [飯田達也]

RFQ加速器で世界最大電流の
加速に成功 [近藤恵太郎]

8 AUG

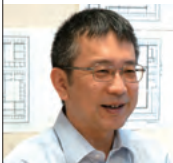
ラグビーW杯
日本-アイルランド戦
生観戦 [佐々木拓生]

9 SEP

国際プロジェクトで働く、多国籍でも設計哲学は一つ

上野 健一 UENO Kenichi

[那珂地区] 核融合エネルギー部門
那珂核融合研究所(イーター機構プラント
エンジニアリング部門 ホットセルセクション出向)



私の一大イベント

イーター機構に採用された
ことです。現地支援チーム
時代に、現在の上司から
誘っていただきました。

イーターの現地で働くQST職員を
支援する立場でしたが、いまは支援
される側になりました。イーターの
炉内機器や遠隔保守機器をサポート
するホットセルの設計をしています。
世界的なプロジェクトの職場は
多国籍で、仲間たちの文化的背景も
多様ですが、同じ専門分野の者同士
なので設計哲学は共有しています。



私の5年間

2016年4月

JAEA時代から引き続き、
イーターが建設されている南仏で支援業務に従事

2018年1月

イーター機構に出向

2016

2017

2018

2019

2020

2021

武器は特許や知財、QSTの研究成果を社会に橋渡し

鵜澤 聡子 UZAWA Satoko

[千葉地区] 本部
イノベーションセンター知的財産活用課



私の一大イベント

QSTに採用され、最先端の
研究成果を知財という形に
する仕事に携われるよう
なったことです。

ももとは研究開発職でしたが、
特許や知財という武器を使って成果
を社会に橋渡しすることに魅力を感じ、
特許事務所を経て入構しました。
当初は研究推進課の一つの担当だった
知的財産活用が独立した部署になり、
QST内でも知財に対する意識の
変化を感じます。活発な議論が
できる職場で、毎日が刺激的です。



私の5年間

2016年9月

任期付きの知財スタッフとして入構
(2019年7月、定年制職員に採用)

2020年10月

知的財産活用課が新設

2016

2017

2018

2019

2020

2021

2020

2021

4 APR
5 MAY
コロナ禍で
国際共同実験の
実施が困難に
〔西内満美子〕

結婚、出産と
育休を経て復職
〔北村朋子〕

7 JUL
高崎に異動し、初めての
マイカー通勤に 〔今井彩乃〕

3 MAR
量子メスプロジェクトで
完成までの道筋つける 〔山田滋〕

いつか量子ビームを思い通りに操って社会に還元を

西内 満美子 NISHIUCHI Mamiko

〔木津地区〕 量子ビーム科学部門
関西光科学研究所 光量子科学研究部
高強度レーザー科学研究グループ



私の一大イベント

これまで、これからも、量子ビームを思い通りに操るという目標に向けて一歩一歩進むだけです。

関西研にあるJ-KARENを使えば、自分で量子ビームを操り、ブラックボックスをこじ開けて一つひとつ理解していくような、世界でも他ではなかなかできない研究ができます。過程を理解して制御につなげるのが面白い。極限的な状態でプラズマを制御できるようになれば、量子ビーム社会に還元できます。



私の5年間

2019年4月

QST国際リサーチイニシアティブが開始

2020年4月

現在に至るまでコロナ禍で国際共同実験の実施が困難を極める

2016

2017

2018

2019

2020

2021

重粒子線治療で膵臓がんの克服を目指す

山田 滋 YAMADA Shigeru

〔千葉地区〕 量子生命・医学部門 QST病院



私の一大イベント

量子メスプロジェクトで、2021年9月の臨床試験開始から完成までの道筋をつけることができました。

消化器がんの重粒子線治療に20年以上従事してきました。日本の重粒子線がん治療を切り拓いてきたQSTはさらに普及に努めるとともに、世界でもトップリーダーの立場を維持していかなければなりません。ライフワークは、膵臓がんに対する重粒子線治療の治療成績を向上させ、この難治がんを克服することです。



私の5年間

2017年4月

放医研重粒子線治療研究部
部長に就任

2020年4月

QST病院副院長。研究と臨床に
またがる立場から、経営にも携わるように

2016

2017

2018

2019

2020

2021

N E W F



U T U R E



私たちQSTが実現を目指している、「調和ある多様性の創造」による平和で心豊かな人類社会の未来は、どのような世界になっているのでしょうか。

QSTの研究開発の成果が実用化された未来像を描いたのが、このイラスト「量子科学技術でつくる私たちの未来」です。私たちの取り組みが皆さんの暮らしにどのように役立つのか、詳しくはQST公式サイトをご覧ください。

これからの10年、QSTは研究開発を一層進め、社会の発展にさらに貢献していきます。次ページから、私たちQSTが目指す10年後の姿をご紹介します。



QST公式サイト
<https://www.qst.go.jp/site/aboutqst/>

2025

未来戦略が描く QSTの新たな未来像

QSTは、理念である量子科学技術による「調和ある多様性の創造」により、平和で心豊かな人類社会の発展に貢献するため、地球規模の課題解決に向けてより一層社会貢献の意識を強く持ち、2050年の社会像を展望しながら、これまで取り組んできた研究開発をSDGs(持続可能な開発目標)の枠組みで捉え直して強力に推進していきます。以下では、QSTが目指す今から10年後の2030年の姿について、想い描きます。

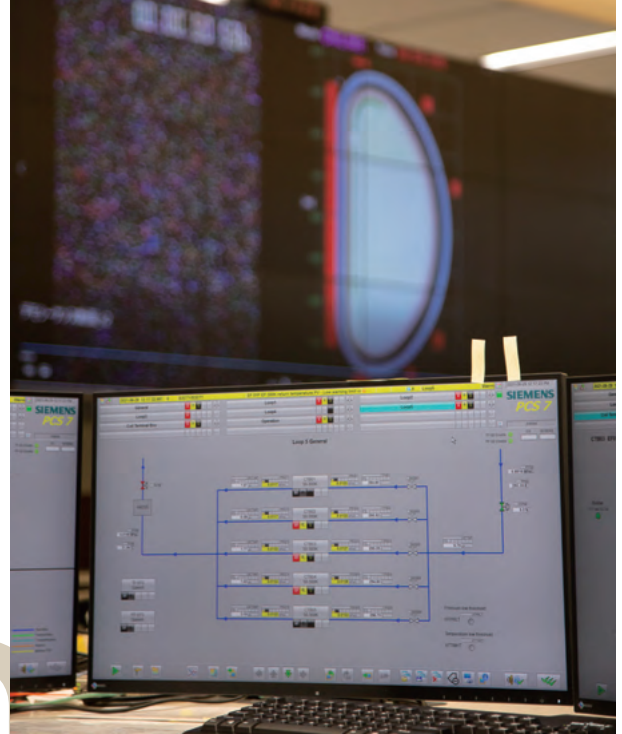
10年後、活力に満ちた職員だけでなく世界中のさまざまな立場の人々がフィジカル空間とサイバー空間に集う、堅固なセキュリティーに守られたオープンな研究開発法人として躍動するQSTがあります。QSTが中心となって全てのステークホルダーが調和したコミュニティを形成し、それぞれの研究開発分野で、多種多様な人々が平和で心豊かに暮らす社会の発展に貢献しています。

核融合エネルギー研究開発

イーター計画では、日本など参加する世界7極が協力して2025年にファーストプラズマを達成。2035年の核融合運転に向けて順調に進んでいる試験運転と機器整備には、QSTからも多くの研究者や技術者がイーターのある南フランスの現地や六ヶ所核融合研究所(六ヶ所研)のイーター遠隔実験センターなどで参加しています。2020年に完成した那珂核融合研究所のJT-60SAでは、日欧をはじめとする世界中の研究者が実験・解析を行い、先進的なプラズマ制御技術の研究開発が進行中。六ヶ所研では、プラズマ性能を高精度で予測できるシミュレーションの開発と原型炉に向けた大規模R&D(研究・開発)が実施されています。これらの成果を基に、2040年代後半の発電実証を目指して、原型炉建設に向けた議論が産業界を含めて活発に行われています。

太陽エネルギーに依存せず、燃料が無限にあるために持続可能で、しかも、安全な核融合発電が現実のものになるとしています。この人類究極の一次エネルギーの開発を進めることは、SDGsの目標7「エネルギー」に掲げられた「すべての人々の、安価かつ信頼できる持

2035

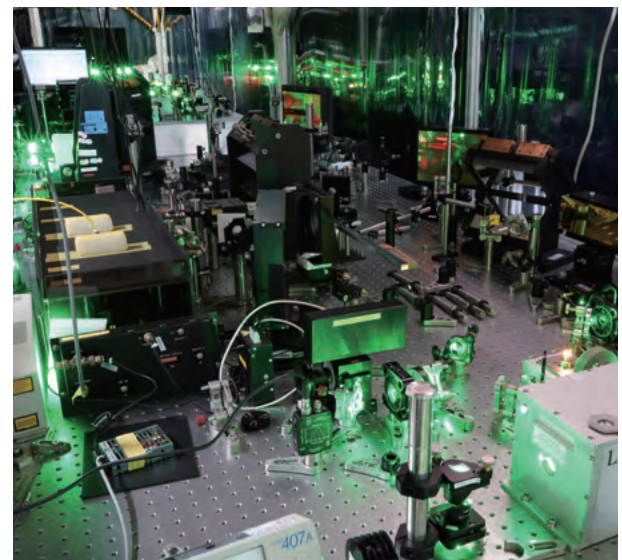


続可能な近代的なエネルギーへのアクセスを確保」への貢献に他なりません。カーボンニュートラルの切り札の一つでもあり、SDGsの目標13「気候変動」への対策にもなります。さらに、核融合技術からスピントロニクス材料などの開発研究や量子生命科学などの基礎研究で大きな果実をもたらしています。高崎量子応用研究所では、スピントロニクスとフォトニクスを融合したスピンフォトニクス材料研究が進展。多くの革新的材料を創出し、真に実用的な量子コンピューターの開発にも応用を進めています。関西光科学研究所(関西研)は量子メスの加速器をすべてレーザー加速に置き換えるべく研究開発を着々と進め、関西研開発のレーザー加速技術が取り入れられた第5世代の量子メスが実現しています。レーザー加速技術は産業界にも劇的な変革をもたらそうとしています。また、高強度極短パルスレーザー開発で、新しい研究分野が開拓されつつあります。

量子ビーム科学研究開発

官民地域パートナーシップで東北大学青葉山新キャンパスに整備した次世代放射光施設は完成から6年で、早くも創薬や磁性・スピントロニクス材料などの開発研究や量子生命科学などの基礎研究で大きな果実をもたらしています。高崎量子応用研究所では、スピントロニクスとフォトニクスを融合したスピンフォトニクス材料研究が進展。多くの革新的材料を創出し、真に実用的な量子コンピューターの開発にも応用を進めています。関西光科学研究所(関西研)は量子メスの加速器をすべてレーザー加速に置き換えるべく研究開発を着々と進め、関西研開発のレーザー加速技術が取り入れられた第5世代の量子メスが実現しています。レーザー加速技術は産業界にも劇的な変革をもたらそうとしています。また、高強度極短パルスレーザー開発で、新しい研究分野が開拓されつつあります。

トンネルのコンクリートをレーザーで打音して跳ね返ってきた光を



2040

2045

検出することで欠陥部分を自動的に探り出すトンネル検査や、レーザーを用いた非侵襲な血糖値測定は、QST認定ベンチャーによって社会実装され、社会に幅広く役立っています。発見したQSTの研究者の名前から「イナミ効果」と呼ばれるX線の新しい磁気光学効果のメカニズムの解明が進み、物質内部の磁化した小領域である磁区を観察する顕微鏡などへの応用が始まっています。これらの成果はSDGsの目標9「インフラ、産業化、イノベーション」や目標11「持続可能な都市」などが目指した社会の変革を後押しするものです。

量子生命・医学研究開発

量子医科学研究所で開発した量子メス（第5世代）の実証機は、QST病院での治療に用いられ始めました。α粒子放出核種を用いた標的アイソトープ療法も一般の病院に普及。量子メスや免疫治療、炎症制御治療などと併用することによりQOL（生活の質）を維持したがんの治療方法が確立されています。また、認知症の早期診断方法も確立され、その予防方法や治療方法も確立されつつあります。QST病院では「がん死ゼロ健康長寿社会」の実現に向け、分子イメージングや標的アイソトープ療法を利用して診断と治療を同時に行う「セラノスティクス」の構築を進めています。これは、「あらゆる年齢のすべての人々の健康的な生活を確保し、福祉を促進する」としたSDGsの目標3「保健」を大きく推し進めます。放射線医学研究所は名実ともに日本の基幹高度被ばく医療支援センターとしての使命を果たし、安全・安心社会を支えています。放射線障害に対する革新的な治療方法も開発し、応用段階まであと一歩に迫っています。これらの成果は、SDGsの目標3「保健」や目標11「持続可能な都市」の達成に向けた取り組みの一端を担うものです。

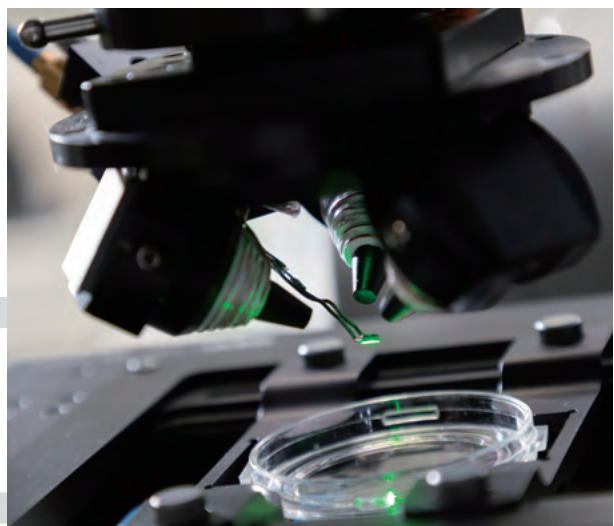
量子生命科学研究所を中心とする量子生命拠点では、国内外の優秀な研究者、研究成果を積極的に実用化する企業などが集結し、世界レベルの研究成果やイノベーションを数多く創出しています。生体ナノ量子センサや超高感度MRIによるがんや認知症などの超早期診断が可能となり、健康長寿社会の実現に貢献。また、生命の営みにお



ける磁気受容や光合成などの量子現象、酵素や受容体などのタンパク質やDNAの機能発現の解明といった生命の根源に迫る研究が、次々に成果を創出。量子生命科学は医学・生物学の中心的存在になっています。成果の一つである超高感度においセンサ技術は、リニア新幹線のセキュリティシステムへの導入など社会システムへの応用を目指す研究開発が進んでいます。これらの研究成果や取り組みは、SDGsが目指した持続可能な社会の実現に多くの目標分野で貢献します。

QSTは国立研究開発法人として、「調和ある多様性の創造」により、平和で心豊かな人類社会の発展に貢献する、という基本理念を研究開発の成果で実現していきます。そのために、量子科学技術に関する研究開発の日本の、ひいては世界の拠点として、目覚ましい発展を遂げていく必要があります。

2050年の日本、そして、世界を展望しながら、人類社会の発展に貢献できるように、これからの10年間、QSTは挑み続けます。



Q S T 基本情報

沿革

-
- 2016**
- 4月 ● 国立研究開発法人放射線医学総合研究所と国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の量子ビーム応用研究および核融合研究開発が再編統合され、放射線医学総合研究所(放射線医学研究開発部門、量子ビーム科学研究部門、核融合エネルギー研究開発部門)の3部門体制で国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構が発足
 - 8月 ● QST未来ラボを設置
-
- 2017**
- 4月 ● 放射線緊急時支援センター(REMAT)を設置
 - 11月 ● 高輝度放射光源推進準備室を設置
-
- 2018**
- 4月 ● ダイバーシティ推進室、QST国際リサーチイニシアティブを設置
 - 8月 ● 国家プロジェクト「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」の第2期課題「光・量子を活用したSociety 5.0実現化技術」の管理法人業務を担当するSIP推進室を設置
 - 12月 ● 高輝度放射光源推進準備室を再編し、量子ビーム科学研究部門内に次世代放射光施設整備開発センターを設置
-
- 2019**
- 4月 ● 国が策定する原子力災害対策指針において、5つの高度被ばく医療センターの中心的・先導的な役割を担うため、原子力規制委員会から基幹高度被ばく医療支援センターに指定される
 - 量子生命科学領域を設置
 - 放射線医学総合研究所(放射線医学研究開発部門)を改編し、量子医学・医療部門を設置
同部門内に放射線医学総合研究所、高度被ばく医療センター、QST病院(放射線医学総合研究所病院を改編・改称)を設置
 - 高度被ばく医療センター内に放射線緊急時支援センター(REMAT)を改編した放射線緊急事態対応部(REMAT)を設置
 - 量子ビーム科学研究部門を量子ビーム科学部門に改称
 - 核融合エネルギー研究開発部門を核融合エネルギー部門に改称
 - 財務部を設置
 - 7月 ● QST革新プロジェクトを設置
-
- 2020**
- 4月 ● 放射線緊急事態対応部(REMAT)を放射線緊急事態対応部に改称
-
- 2021**
- 2月 ● 国が策定した「量子技術イノベーション戦略」における量子技術イノベーション拠点の形成のため、量子生命科学研究拠点センターを設置
 - 4月 ● 量子生命科学領域と量子医学・医療部門を再編し、量子生命・医学部門を設置
同部門内に量子医科学研究所、放射線医学研究所、QST病院、量子生命科学研究所を設置
 - 7月 ● 仙台地区を開設し、次世代放射光施設整備開発センターを移転
-

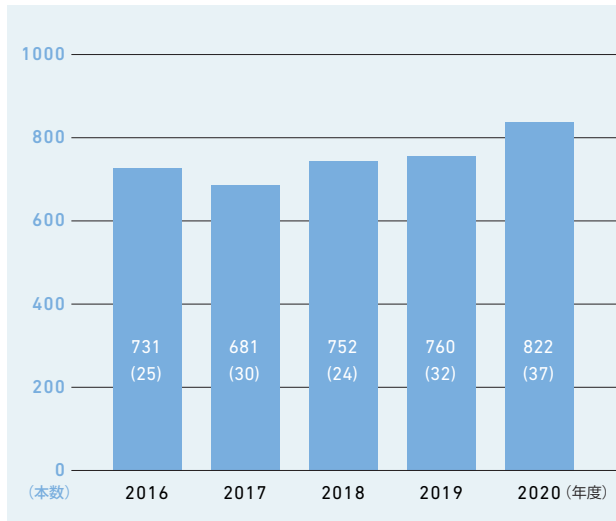
主要データ

人員・予算

年 度	2016	2017	2018	2019	2020	2021
人 員（常勤職員・人）	1218	1200	1223	1267	1297	1318
予 算（億 円）	539	442	454	457	461	453

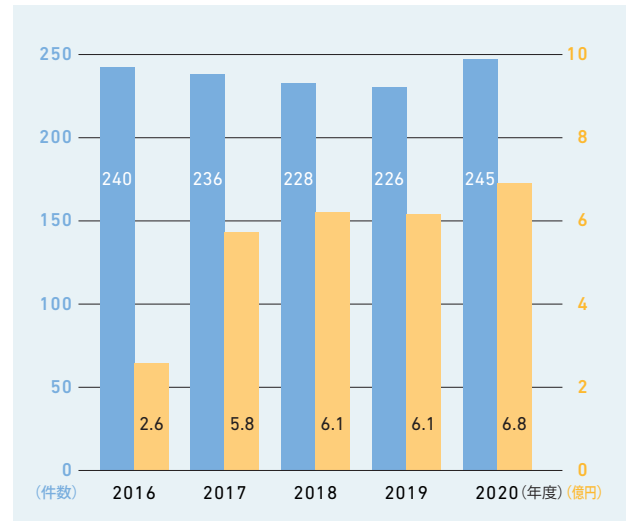
発表論文

■論文数(カッコ内はトップ10%論文数)



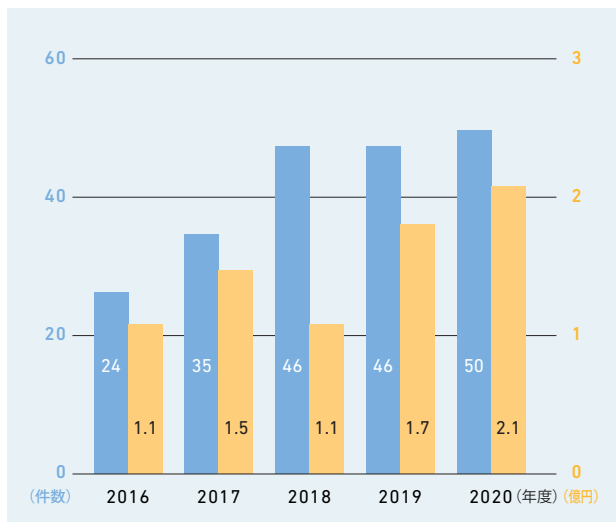
科研費の獲得

■採択件数 ■配分額



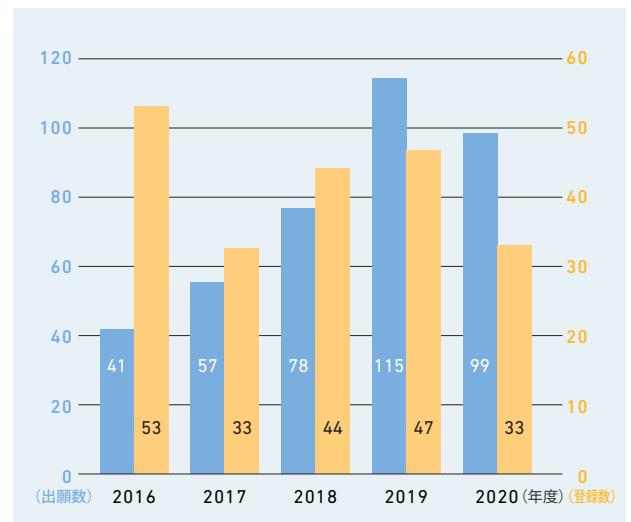
有償型共同研究

■件数 ■収入



特許の出願・登録

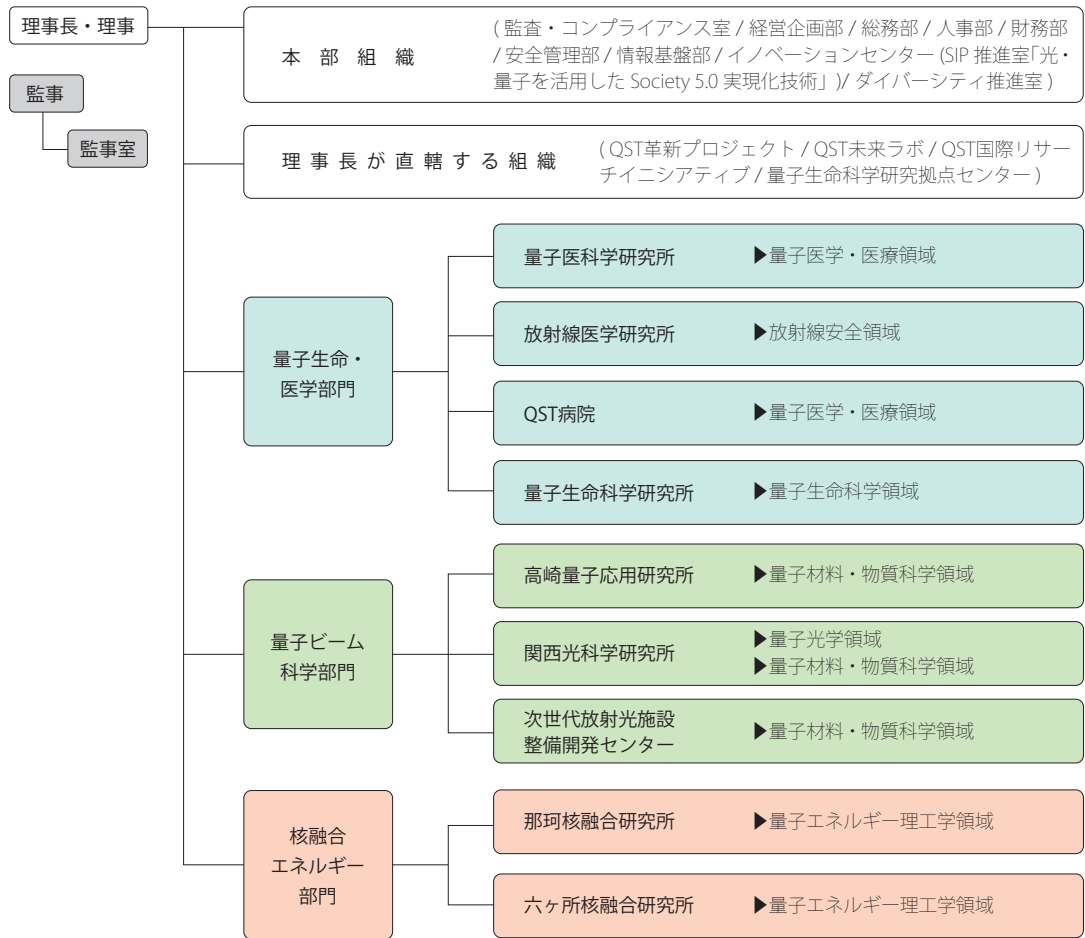
■出願件数 ■登録件数



所在地

- 本部** 〒263-8555 千葉県千葉市稲毛区穴川4-9-1 TEL043-382-8001(代表)
 [東京事務所] 〒100-0011 東京都千代田区内幸町2丁目2番2号 富国生命ビル22階・17階 TEL070-3943-3364(代表)
- 千葉地区** 〒263-8555 千葉県千葉市稲毛区穴川4-9-1 TEL043-251-2111(代表)
 ・量子医科学研究所 ・放射線医学研究所 ・QST病院 ・量子生命科学研究所
 [福島研究分室] 〒960-1295 福島県福島市光が丘1番地(福島県立医科大学環境動態解析センター棟内)
 TEL024-581-5150(代表)
- 高崎地区** 〒370-1292 群馬県高崎市綿貫町1233番地 TEL027-346-9232(代表)
 ・高崎量子応用研究所 ・量子生命科学研究所
 [QST量子機能材料産学協創目黒ラボ] 〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1(東京工業大学大岡山キャンパス内)
 TEL070-3943-3397(代表)
- 木津地区** 〒619-0215 京都府木津川市梅美台8-1-7 TEL0774-71-3000(代表)
 ・関西光科学研究所 ・量子生命科学研究所 ・きつづ光科学館ふおとん
- 那珂地区** 〒311-0193 茨城県那珂市向山801-1 TEL029-270-7213(代表)
 ・那珂核融合研究所
 [ITER現地オフィス] ITER Japan Domestic Agency, Route de Vinon-sur-Verdon, CS 90 046,
 13067 St Paul Lez Durance Cedex, France
- 六ヶ所地区** 〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駱字表館2-166 TEL0175-71-6500(代表)
 ・六ヶ所核融合研究所
- 仙台地区** 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-11-901 TEL022-785-9480(代表)
 ・次世代放射光施設整備開発センター
- 東海地区** 〒319-1106 茨城県那珂郡東海村大字白方2-4 TEL070-3943-3400(代表)
 ・高崎量子応用研究所 ・量子生命科学研究所 ・六ヶ所核融合研究所
- 播磨地区** 〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1 TEL0791-58-0922(代表)
 ・関西光科学研究所

組織図



※2021年7月1日現在

量子科学技術研究開発機構 設立5周年誌

2021年9月30日 発行

発行 国立研究開発法人
量子科学技術研究開発機構
経営企画部

〒263-8555
千葉県千葉市稲毛区穴川14-9-1
☎ 043-206-3026
🌐 <https://www.qst.go.jp/>

編集 QST「設立5周年誌」制作チーム

デザイン AFTERGLOW

印刷・製本 ヤマノ印刷株式会社

調和ある多様性の創造



国立研究開発法人
量子科学技術研究開発機構

<https://www.qst.go.jp>