

# 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

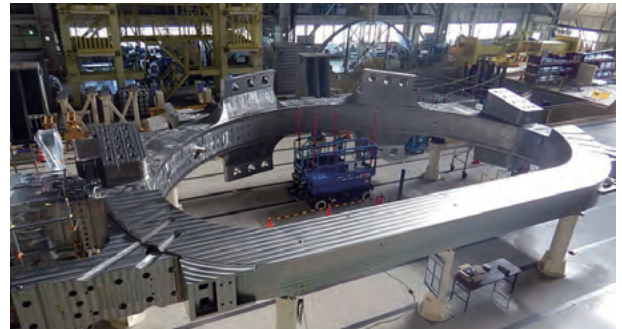
QSTの強みは、放射線・量子ビームと物質や生命との相互作用における物理・化学・生物過程に関する理解や研究開発において世界のトップクラスに位置していることです。この強みを生かして最先端の研究開発を進めています。

## 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

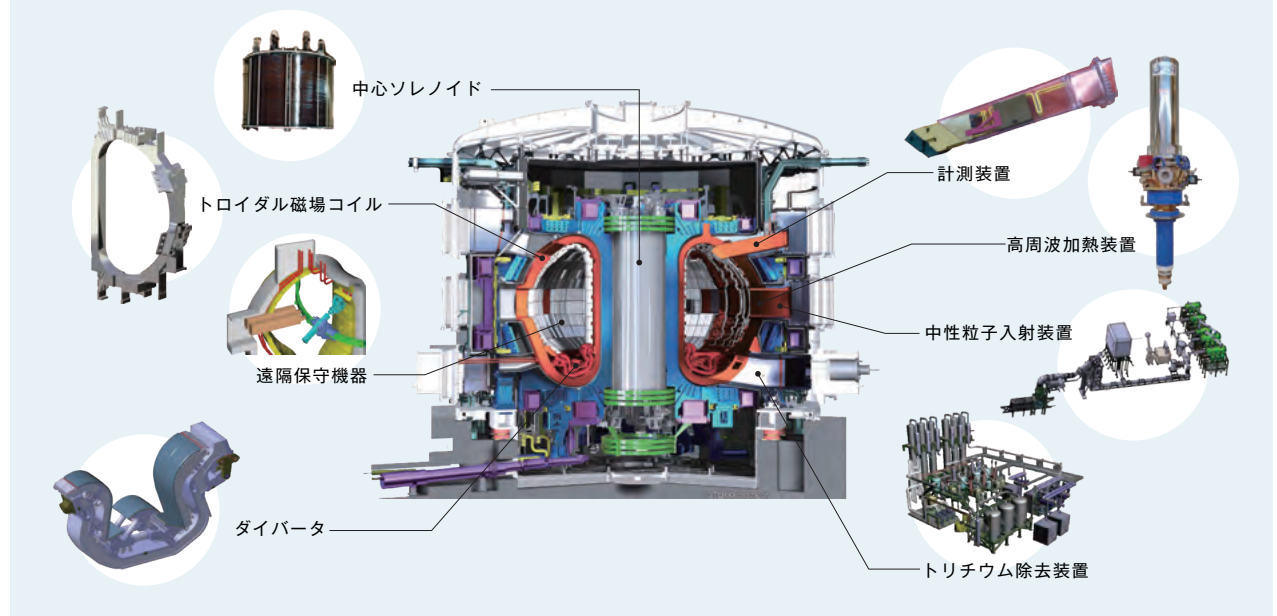
核融合エネルギーを実証するイーター計画は、日本、欧州、米国、ロシア、韓国、中国、インドの7極が参加する超巨大国際プロジェクト



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<sup>-4</sup>)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

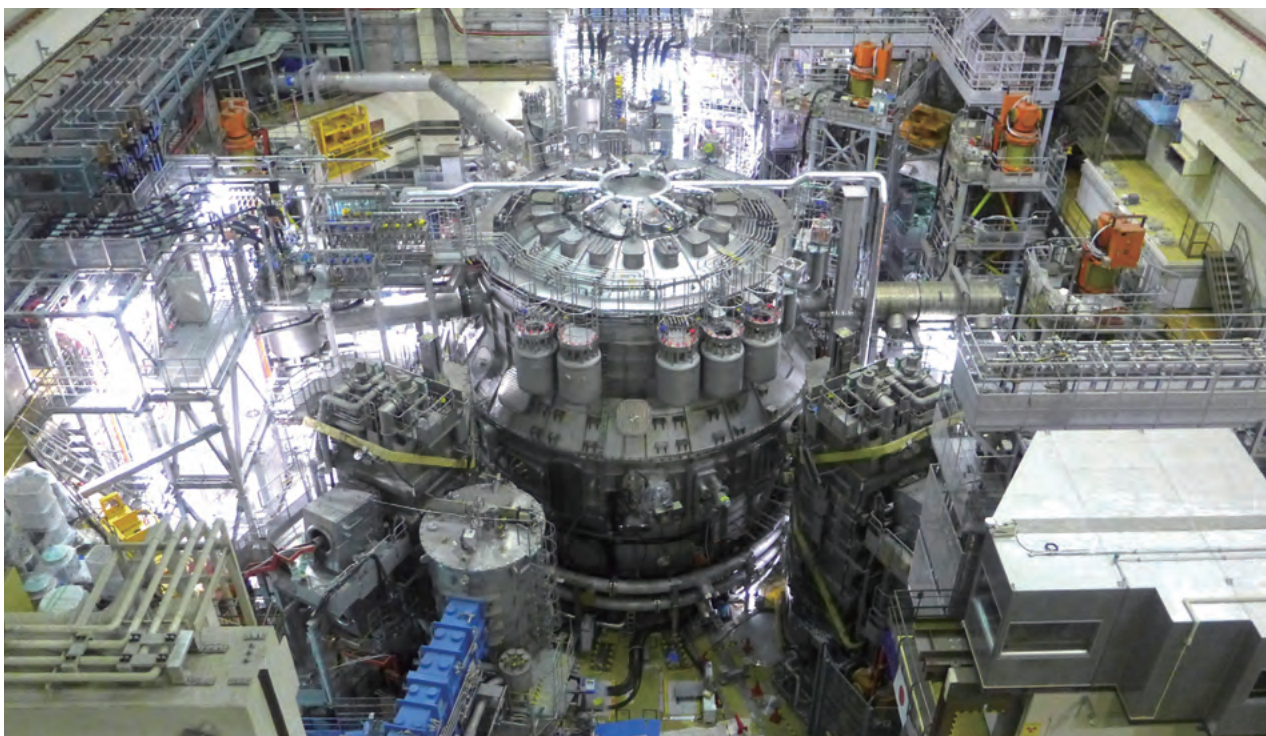
た。JT-60SAは高さ16m、幅20m、総重量約2600tという大型の装置であるとともに、精密な装置でもあります。組み立て作業にはミリ単位の精度が求められました。レーザー三次元測定機による位置合わせや、溶接時の金属粉飛散や酸化を防止するガス流の活用など、新たな技術的な工夫を考案して課題を克服しました。

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。

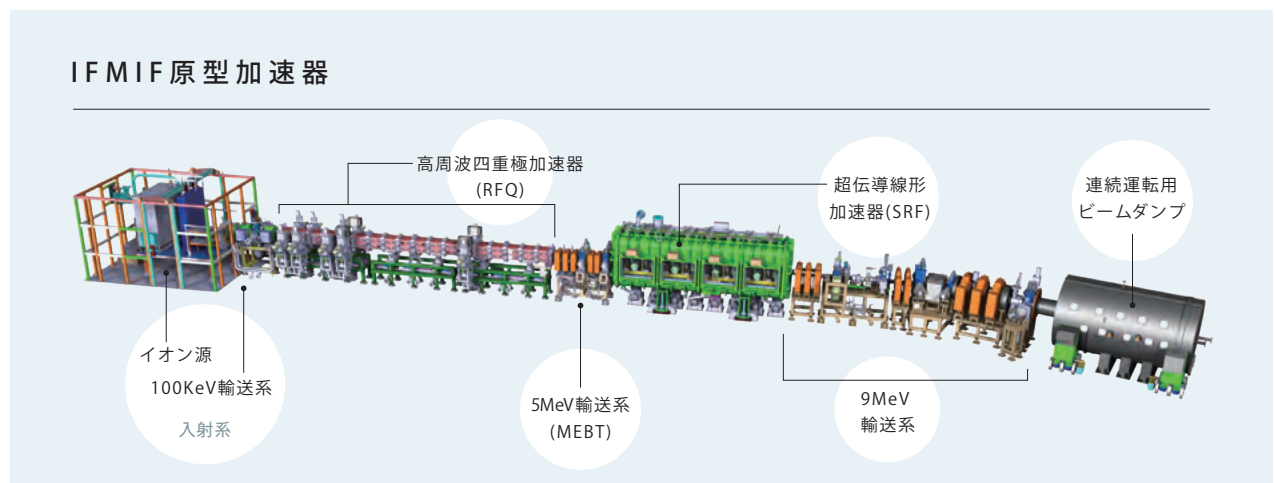
QSTは2025年ごろまでの日本の原型炉概念設計の完了を目指すとともに、経済性を向上した運転計画の策定や中性子源を用いた核融合材料の開発など、核融合発電の実現に向けた原型炉の技術基盤の構築を進めていきます。

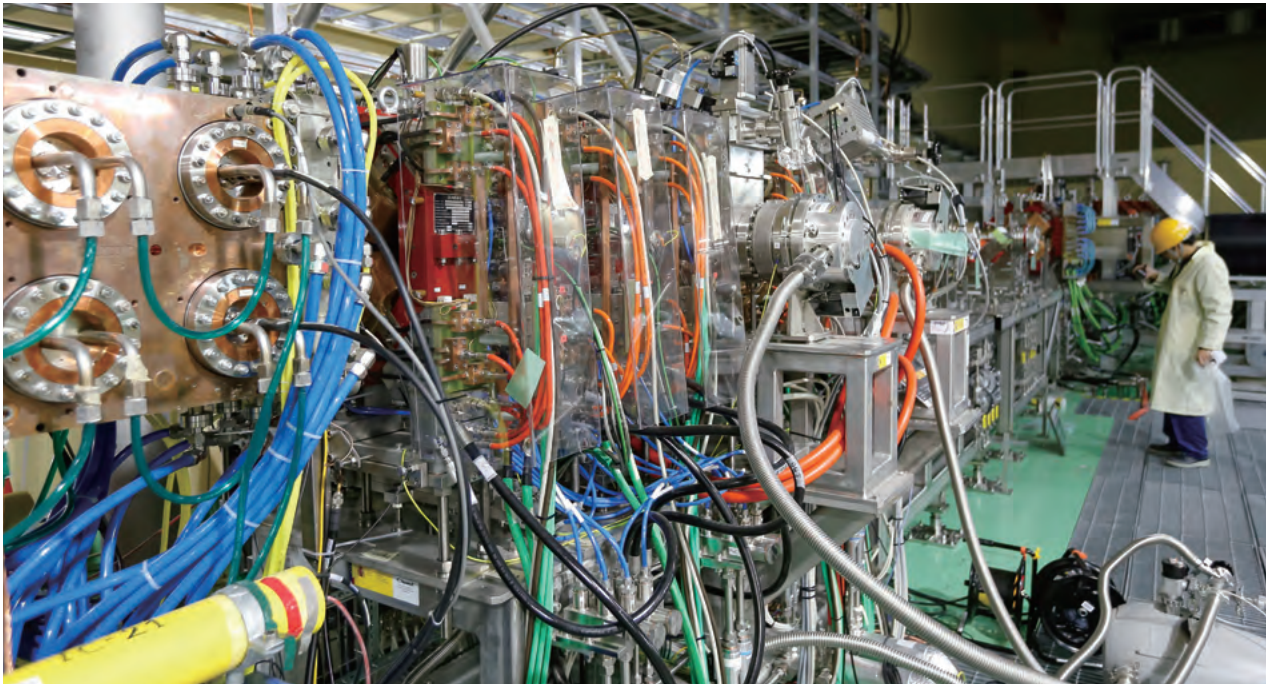
## IFMIF原型加速器の開発

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)

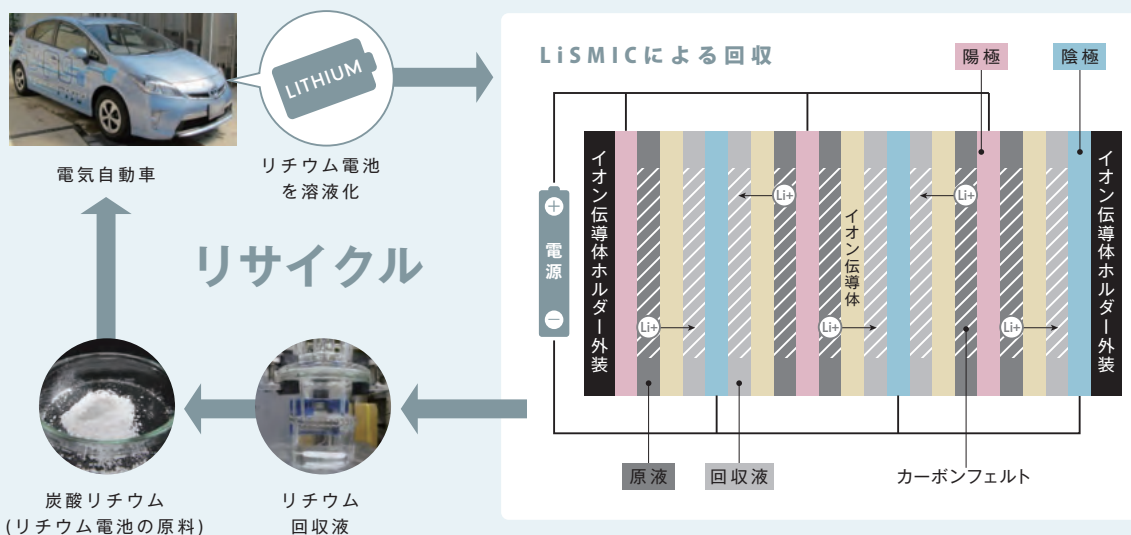
## 核融合研究開発からのスピノフ

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)



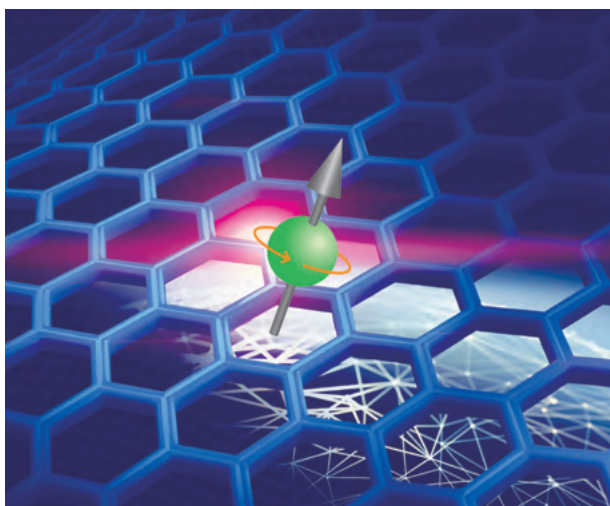


## 2. 革新材料の開発

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「スピンフォトニクス」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。

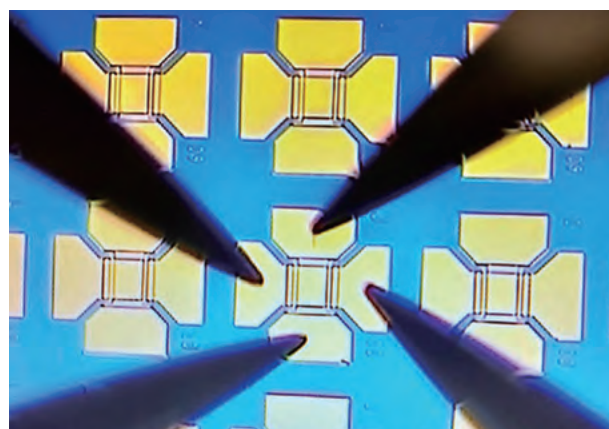
### 情報処理の高速化・省エネ化の切り札となる スピンフォトニクス材料開発

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ニクスであり、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

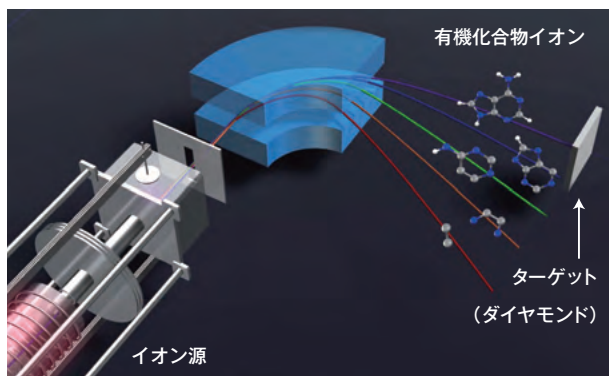
スピンフォトニクスのもう一つの柱が、光とスピンの情報交換を実現する技術です。その技術を応用して進めているのが量子ビットの研究開発です。量子ビットは量子コンピューターや量子通信などにも用いられ、多量子ビット化技術が重要となります。

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。

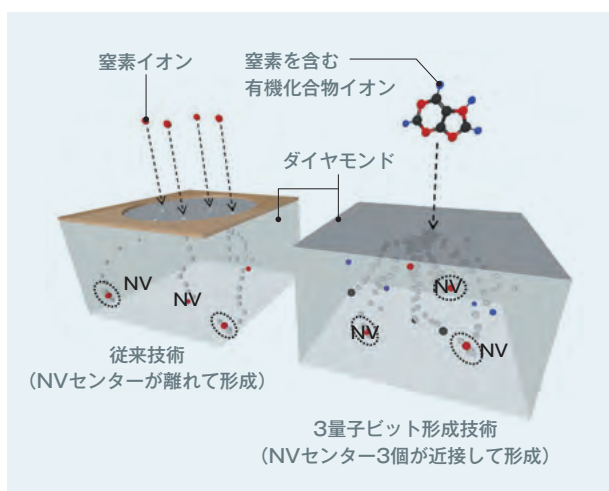
これまでのNVセンター作製では窒素原子や窒素分子をイオン注入していましたが、窒素だけにこだわらず、窒素を含む有機化合物イオンに着目し、これをダイヤモンドに打ち込むことで3量子

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

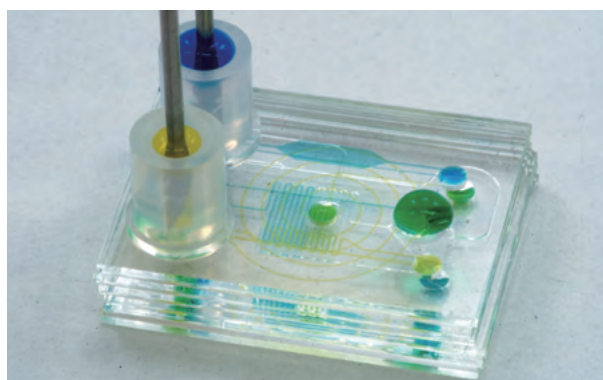
量子ビームによる材料の微細加工や橋かけ技術の高度化により、先端医療やバイオ研究に欠かせないバイオデバイスを創出するため、体内環境を模した細胞培養基材の開発や、従来は一枚型だったマイクロ流路チップを多層化する技術の開発研究に取り組んでいます。

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。

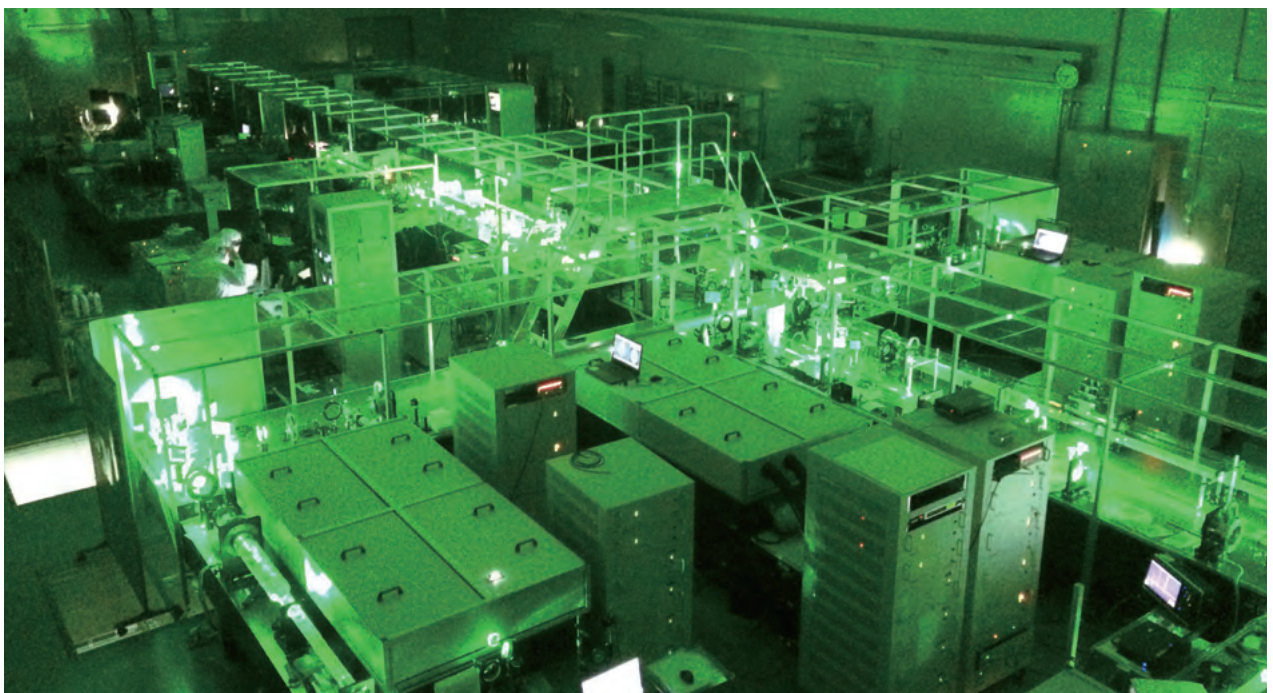
レーザー駆動イオン加速技術は、関西光科学研究所の超高強度レーザー装置、J-KARENの世界最高品質の集光性能を生かして開発を進めています。J-KARENは、30J(ジュール)のレーザーエネルギーを30f(フェムト)秒(1秒は1秒の1000兆分の1)の時間に閉じ

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

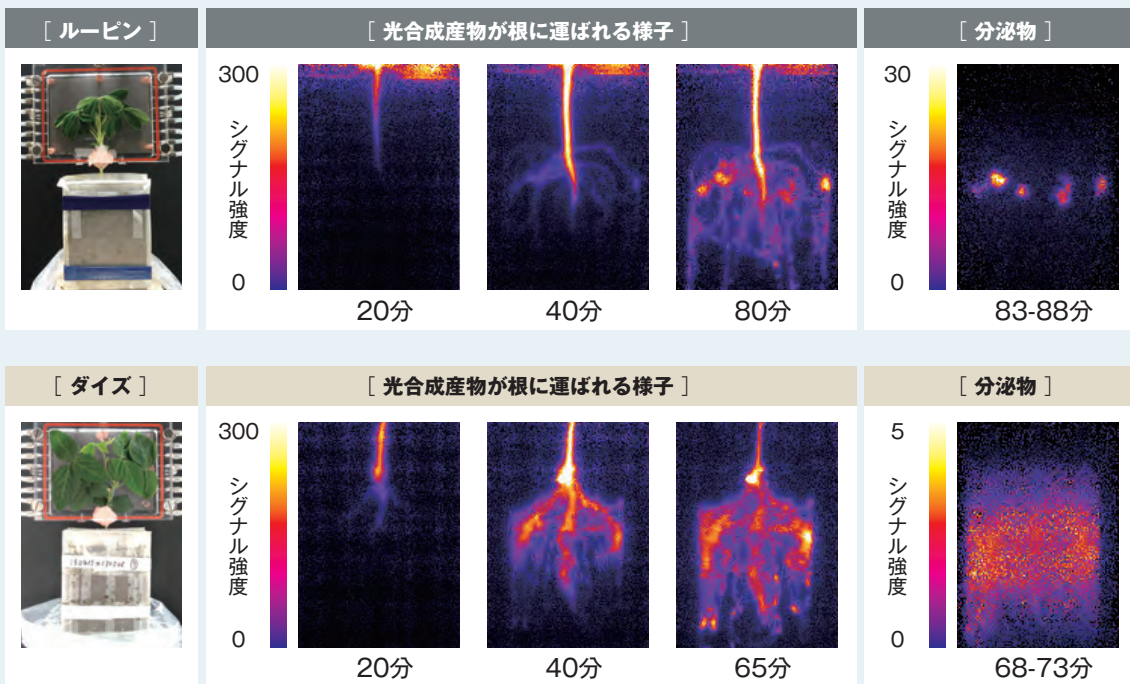
放射光を利用した精密計測技術として新たに開発したのが、従来のメスbauer分光では困難だった、材料の表面付近の磁性を一原子層単位という、まさに原子のレベルの精度で調べることができる、放射光メスbauer効果を利用した計測技術です。この計測技術を活用した超高真空放射光メスbauer装置で、磁石の代表とも言える鉄について、これまで謎だった表面付近の磁性を詳しく調べた結果、表面から奥に向かって一原子層ごとに磁力が増減している複雑な現象を世界で初めて計測することに成功し、この現象が約40年前に理論的に提案されていた「磁気フリーデル振動」であることを突き止めました。

## 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ができませんでした。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

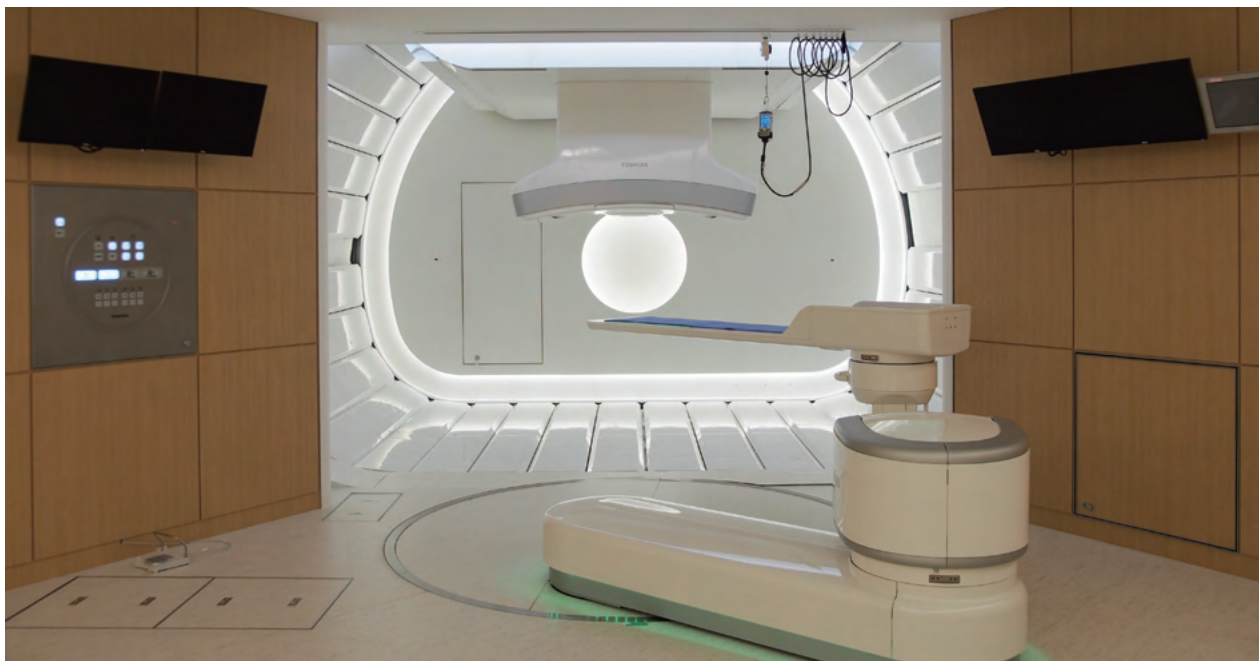
QSTの発足時点で、重粒子線がん治療はすでに20年を超える経験と実績を持っていました。がん医療における位置付けをより確固としたものにするため、保険適用の実現に重点的に取り組むとともに、より高度な治療の実現を目指して研究開発を進めてきました。国内の重粒子線多施設共同臨床研究グループ(J-CROS)を主導し、臨床的エビデンスの創出と発信に努めた結果、2016年に骨軟部腫瘍が初めて保険適用となり、2018年に頭頸部腫瘍と前立腺がんも加わりました。これまでの治療患者数は、これら3疾患が全体の半数近くを占めています。



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。

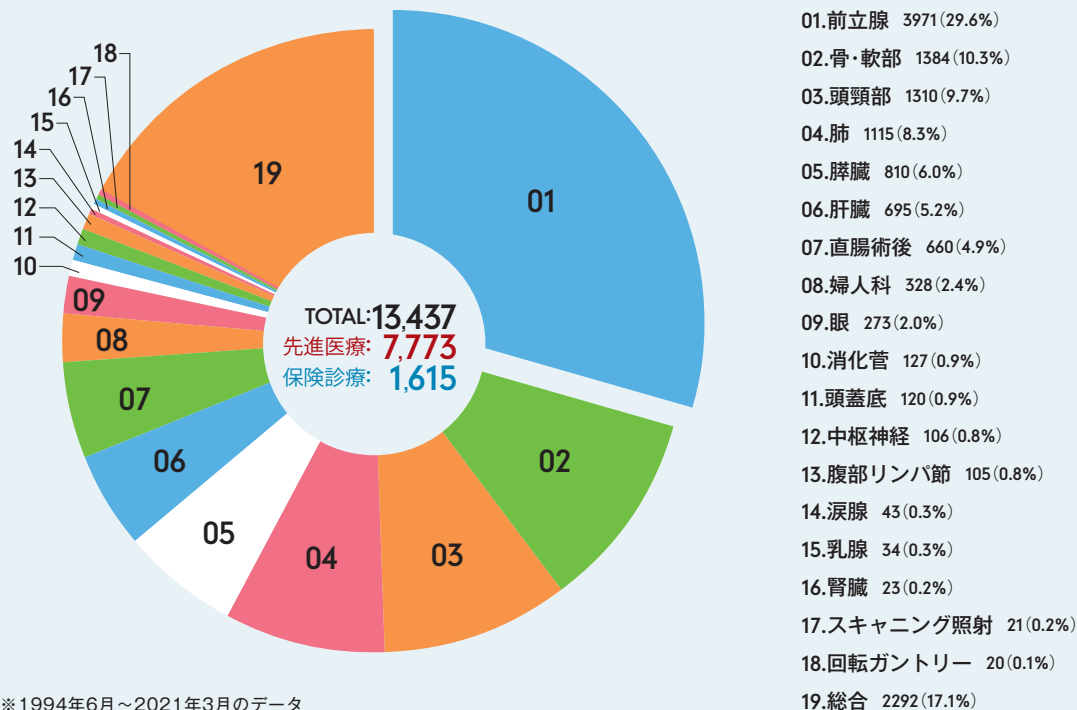
一方、治療の高度化に向け、2017年から回転ガントリーによる治療を開始し、これにより強度変調重粒子線照射をはじめとするより優れた線量分布での治療が可能になりました。今後は、マルチイオン照射の実現や免疫療法など異なる治療法と組み合わせる集学的治療戦略により、「がん死ゼロ健康長寿社会」の実現を目指します。



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



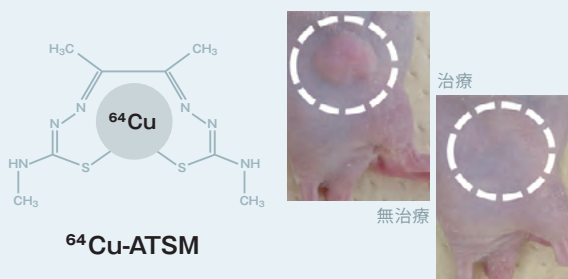
## 標的アイソトープ治療の国産化、さらなる普及を目指して

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<sup>223</sup>Ra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<sup>64</sup>Cu-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<sup>64</sup>Cu-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<sup>225</sup>Acの製造競争が世界的に加速する中、2018年に<sup>225</sup>Acの加速器製造に国内で初めて成功し、<sup>225</sup>Ac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

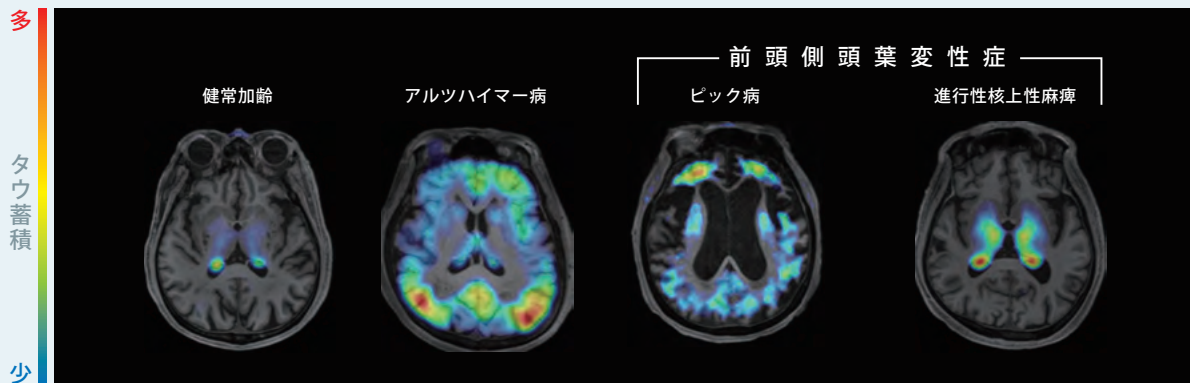
-211(<sup>211</sup>At)AITM」による悪性黒色腫の顕著な抑制に成功するとともに、「<sup>211</sup>At-MABG」のヒト初回投与試験 (FIH試験) も間近となりました。今後もTRTの普及を進め、重粒子線治療との併用で「切らずに治すがん治療」「がん死ゼロ健康長寿社会」を実現できるように、研究開発を推進します。

## 担がんマウスでの治療研究



<sup>64</sup>Cu-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。

## 18F-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。

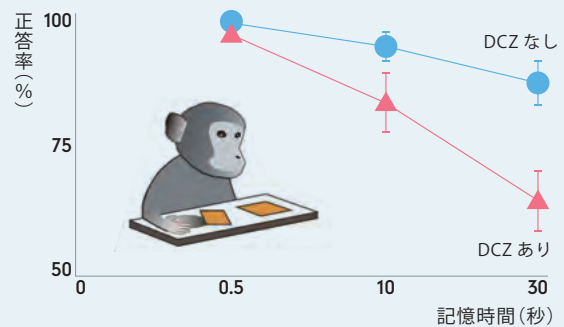
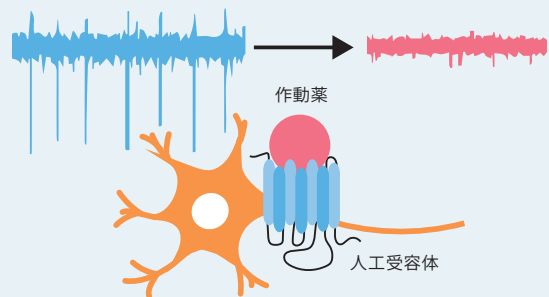
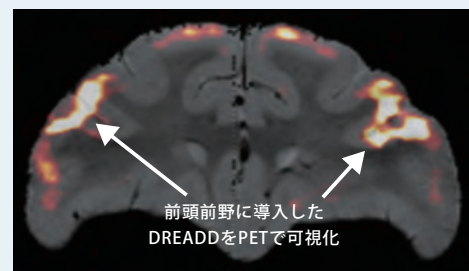
認知症では、異常なタウタンパク質が脳内に蓄積します。このタウを高精度に可視化するPET検査薬（<sup>18</sup>F-PM-PBB3）を開発し、アルツハイマー病や前頭側頭葉変性症など様々な認知症を症例ごとに鑑別することを初めて可能にしました。

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。