



# QST Report FY2021



国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構  
National Institutes for Quantum Science and Technology

QST REPORT FY2021 令和 4年 7月  
企画・発行／国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 経営企画部広報課  
〒263-8555 千葉県千葉市稲毛区穴川4-9-1 (本部)  
TEL 043-206-3026 (広報課直通) Email: info@qst.go.jp  
URL <http://www.qst.go.jp/>  
制作 有限会社オズクリエイティブルーム

# QST Report FY2021

## 目次

はじめに	01
QST TOPICS	02
<b>◆ 量子生命医学部門</b>	04
「何をかうんだっけ?」と「どれにしよう?」を処理する2つの脳回路を明らかに 7種のアミノ酸が脳を守り、認知症の進行を抑えることを発見! 有効な治療法がなく予後が悪い、悪性中皮腫に対する治療薬候補を開発 中性子線の発がん影響の強さを正確に評価する方法を確立 宇宙放射線の被ばく線量を低減する新たな宇宙船素材を発見 被ばく医療の中核人材育成 量子操作で蛍光検出効率100倍に成功 強い細胞毒性を示すアミロイドタンパク質凝集体特有の運動を発見 世界初!放射線によって生じたDNA損傷の直接観察に成功	
<b>◆ 量子ビーム科学部門</b>	10
スピンを操り炭化ケイ素半導体デバイス内部の局所温度を測る 希少な元素を使わずにアルミニウムと鉄で水素を蓄える 平面状の細胞シートが立体的に!細胞が自分の力でシートを3次元化 物質や生命の高度な機能を解明する次世代の放射光施設の整備	
<b>◆ 量子エネルギー部門</b>	14
使用済電池から低コストで超高純度リチウム回収 イーター計画の進捗と超高温プラズマ加熱用高出力マイクロ波源の製作完遂 CO2排出を抑制する革新的な金属精製技術を開発 核融合発電を目指して研究を進める JT-60SA 核融合材料開発のために国際協力を進める IFMIF 原型加速器	
QST PROJECT	18
光・量子飛躍フラッグシッププログラム(Q-LEAP)の取り組み/ダイバーシティ活動 「がん死ゼロ健康長寿社会の実現」を目指して働きながら治療でき、切らずに治す量子メスを開発する QST アライアンス事業の特徴—協調領域と競争領域—	
PRESS RELEASE LIST 2021 (2021年度プレスリリースリスト)	20



## はじめに

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**

量子科学技術研究開発機構(量研/QST)は、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という理念の下、全国7研究所、1センター及びQST病院の組織体制で、「世界トップクラスの量子科学技術研究開発プラットフォーム」の構築を目指して、量子医科学、放射線医学、量子生命、量子ビームや水素融合(核融合)分野の研究開発を推進しています。

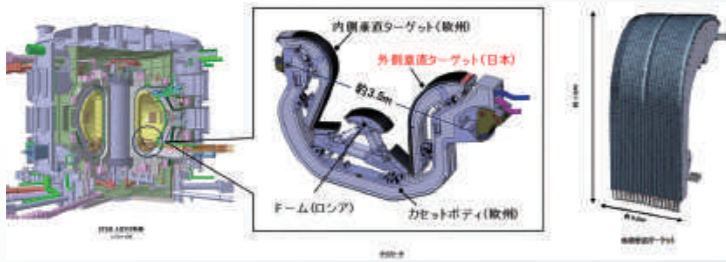
今般、量研は、1年間の主な研究活動・研究成果等を広く一般の皆様方に分かりやすく紹介するため、今年度新たにQSTレポートを発行しました。このQSTレポートには令和3年度における量研の特筆すべき研究活動・顕著な研究成果が取りまとめられています。主なトピックスとしては、重粒子線がん治療の保険収載の拡大やヘルメット型PETの商品化等の研究成果の社会還元・社会実装等の取組みや量子操作で蛍光ナノダイヤモンドの検出効率を100倍に向上したことやレアメタルを使わずに資源量が豊富なアルミニウムと鉄の合金で水素が蓄えられることを発見したこと等、顕著な研究成果が取り上げられています。また、官民地域パートナーシップにより実施している「次世代放射光施設」の整備、超大型国際プロジェクトである「ITER計画」の着実な推進に加え、ダイバーシティ活動等が紹介されています。

量研/QSTでは、行動規範の一つとして「広聴広報:国民の声に耳を傾け、広く情報を発信します」を定めております。量研の理念の下、国民の皆様からの負託に応えるために、社会貢献に向けた研究活動・研究成果の創出に取り組むとともに、行動規範に基づき、皆様のご理解とご支援が得られるよう、今後とも皆様方に分かりやすい情報発信することを心掛けていきたいと思います。

# QST TOPICS

## ITER ダイバータ量産化

QSTは、国際熱核融合装置(ITER:イーター)に必要な重要機器であるダイバータ構成要素の外側垂直ターゲットの設計・製作を担当しています。今回、全54機必要なうちの6機を製作する調達契約を三菱重工株式会社と締結しました。初号機～6号機については2024年度中に順次完成の予定です。QSTは引き続き高熱負荷、高精度が要求されるダイバータ製作に取り組むことで、ITER計画を積極的に推進していきます。



## 高度被ばく医療線量評価棟

QSTが基幹高度被ばく医療支援センターとして国の被ばく医療の中心的・先導的な役割を果たしていくための新しい拠点「高度被ばく医療線量評価棟」がQST千葉地区に完成し、2021年5月25日には落成式典を開催しました。



## 第5回QST国際シンポジウム開催

RADIATION EMERGENCY MONITORING AND MEDICINE IN NUCLEAR DISASTER  
-Current Status of Each Country and Future Prospects-

2021年9月21日～22日にわたって、第5回QST国際シンポジウム「原子力災害における世界の緊急時モニタリング及び被ばく医療の現状と将来展望」をオンライン形式で開催しました。海外講演者については時差を考慮して事前録画された講演を配信しましたが、一部の方にはセッションごとの討論にライブ参加頂きました。海外17カ国・地域からの参加者93名を含む総勢205名の参加を頂き、「原子力/放射線緊急時の環境/個人モニタリングと被ばく医療」に関して講演と討議が行われました。



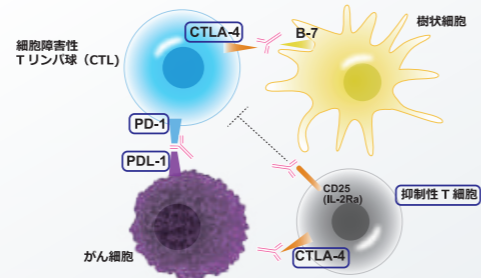
幕張メッセでのライブ配信の様子▶

## 重粒子線治療と免疫療法の併用治療の治験を開始

重粒子線治療は高い治療成績を収めてきましたが、がん死ゼロの実現には、転移や再発を抑えることが重要です。

放射線治療では、照射されていないがんも縮小する反応がごく稀に観察されており、これがリンパ球によって起こることがわかりました。免疫チェックポイント阻害剤を投与して、がん細胞が自らを攻撃することを防ぐために免疫反応にかけたブレーキを解除したところ、この反応が起きたとする論文報告が増加しました。また、この免疫治療と放射線治療の組み合わせは、非常に高い治療効果を生むこともわかってきました。

そこで、肝臓がんを対象に、重粒子線治療に免疫療法を同時併用する治療の安全性と有効性を評価する治験を開始しました。転移再発の無いがん治療を目指した新たな重粒子線治療の開発を進めていきます。



PD-1, PDL-1, CTLA-4, 抑制性T細胞は、がん細胞を攻撃する免疫反応にブレーキをかける  
これらのブレーキに免疫チェックポイント阻害薬が作用  
→免疫応答のブレーキを調節(解除)することで、抗腫瘍効果が高められるのではないかと



## きつづ光科学館ふおとんが20周年を迎え、総来館者75万人を達成

関西光科学研究所(京都府木津川市)に併設しているQSTの常設の広報・アウトリーチ施設「きつづ光科学館ふおとん」は、「光」をテーマにした日本初の科学館として2001年7月11日に開館しました。展示や映像、実験・工作教室への参加を通じて光について学ぶことができるほかプラネタリウムも備えています。

2021年7月で開館20周年を迎え、新型コロナウイルス感染拡大防止のために長期休館していましたがプラネタリウムの上映を事前予約制で再開し、7月25日にご来館されたご一家で開館からの総来館者数が75万人に達しました。

## 施設公開 2021

QST本部のある千葉地区(千葉市稲毛区)では令和3年度施設公開として「ライブ配信と予約制の来場イベント(2021年4月18日(日)、及び動画配信(2021年4月12日(月)～25日(日))」を開催しました。来場イベントでは「霧箱を作って放射線を観測しよう」を開催し、138人の参加者に自分で作った霧箱で放射線の軌跡を観測いただきました。2022年の施設公開は、10月23日(日)に予定しています。

千葉



関西

2021年10月31日(日)にQST関西光科学研究所(木津地区)の施設公開を2年ぶりに開催しました。世界トップクラスの高強度レーザー施設の見学や、光の実験ショー、光に関する工作教室、専門家によるサイエンスセミナーを実施しました。



那珂

QST那珂研究所 施設見学会2021の開催(令和3年10月24日(日曜日))超伝導核融合実験装置「JT-60SA(じえいー)」の見学ツアーや超高電圧設備のバックヤードツアー、科学実験、クイズ企画等、様々なイベントを行いました。



高崎

QST高崎量子応用研究所では、オンライン施設公開2021、を令和3年(2021年)4月4日に開催しました。オンライン公開では、施設、活動、研究成果がまるわりの動画やバーチャル施設見学としてVR TIARAを公開しました。

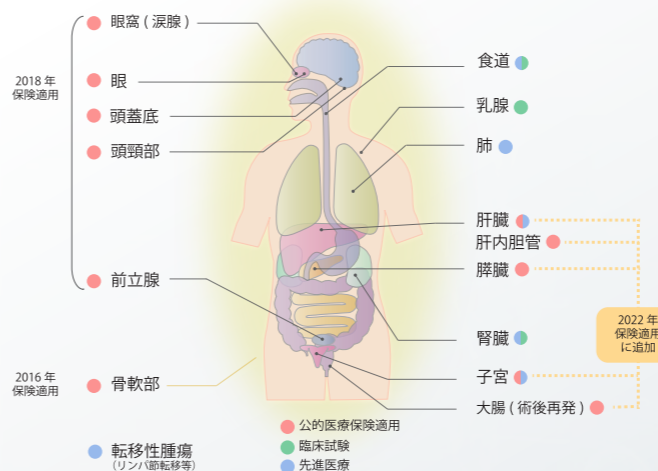


## 重粒子線治療の保険適用対象疾患が拡大

QSTでは、重粒子線治療を国民医療として定着させるため、保険適用の実現に重点的に取り組んでいます。国内の重粒子線施設による共同臨床研究(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、骨軟部腫瘍、頭頸部腫瘍、前立腺がんに加え、2022年度より大型の肝臓がん、肝内胆管がん、膵臓がん、大腸がん(術後局所再発)、子宮頸部腫瘍がんが新たに保険適用となりました。

今後も、すべての対象疾患の重粒子線治療が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発化し、成果の発信に努めていきます。また、治療のさらなる高度化を目指し、効き目が異なる複数のイオンを組み合わせることでより安全で効果的な治療を行うマルチイオン照射や免疫療法の併用治療といった研究開発を推進していきます。

### 重粒子線治療の適応疾患



開発した頭部専用PET装置Vrainで患者さんが検査を受ける様子(イメージ)

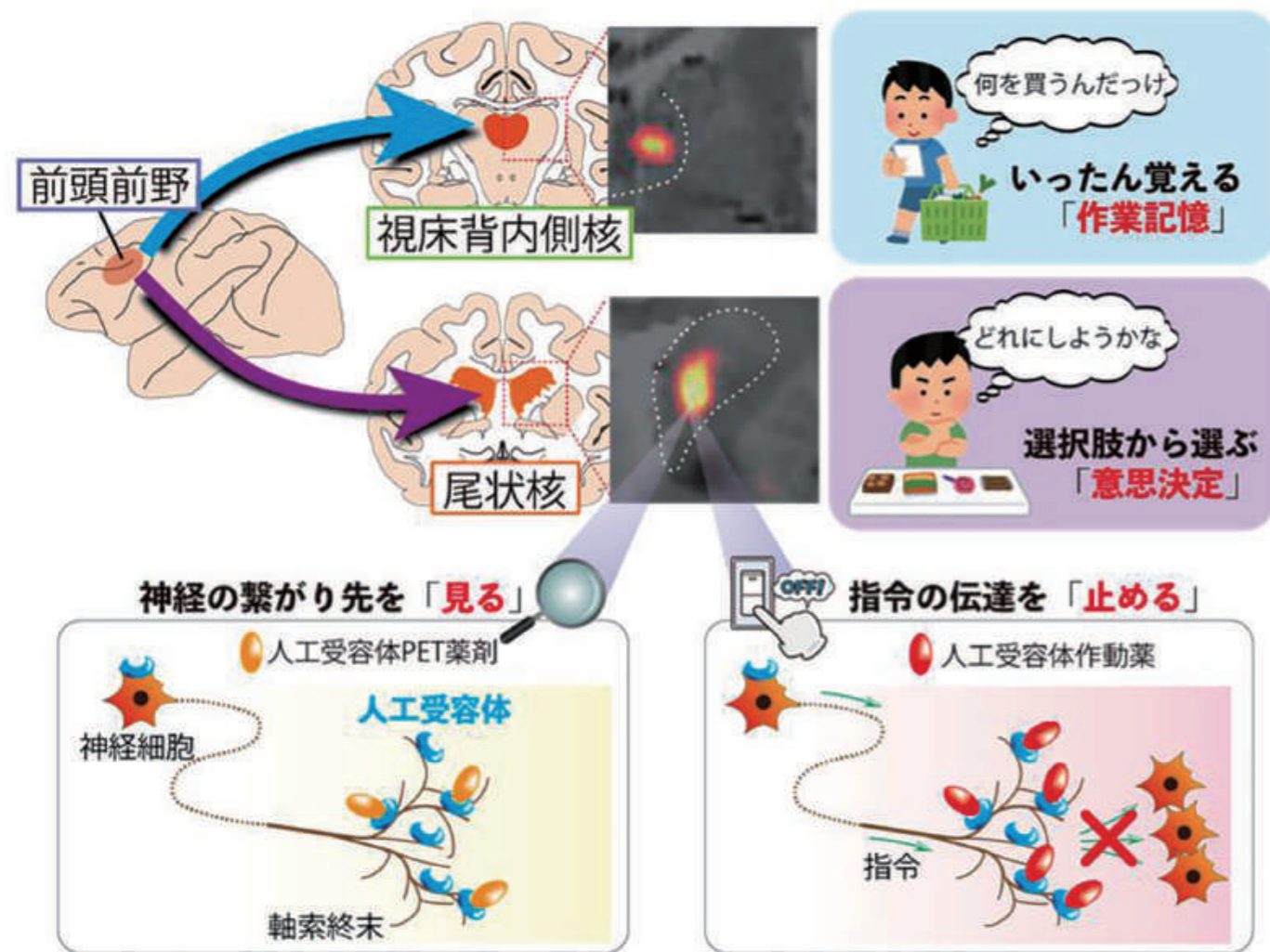
## 「何を買うんだっけ？」と「どれにしよう？」を 処理する2つの脳回路を明らかに



脳の前頭前野という部位は、記憶、意思決定、注意、実行など、さまざまな思考や行動の司令塔として働いていますが、どの指令がどの脳部位に伝わり処理されているかわかっていませんでした。そこで、神経細胞のスイッチのように

働く人工受容体をサルの前頭前野の神経細胞に導入し、脳深部へと繋がる2つの神経経路で運ばれた人工受容体をPETで可視化して、各経路の指令伝達を「オフ」にすることで、作業記憶と意思決定の指令が別の経路で処理されてい

ることを世界で初めて明らかにしました。この技術は、霊長類の高次脳機能の仕組みや、神経経路の不調による精神・神経疾患の発症機序の理解、治療法の開発につながることを期待されます。

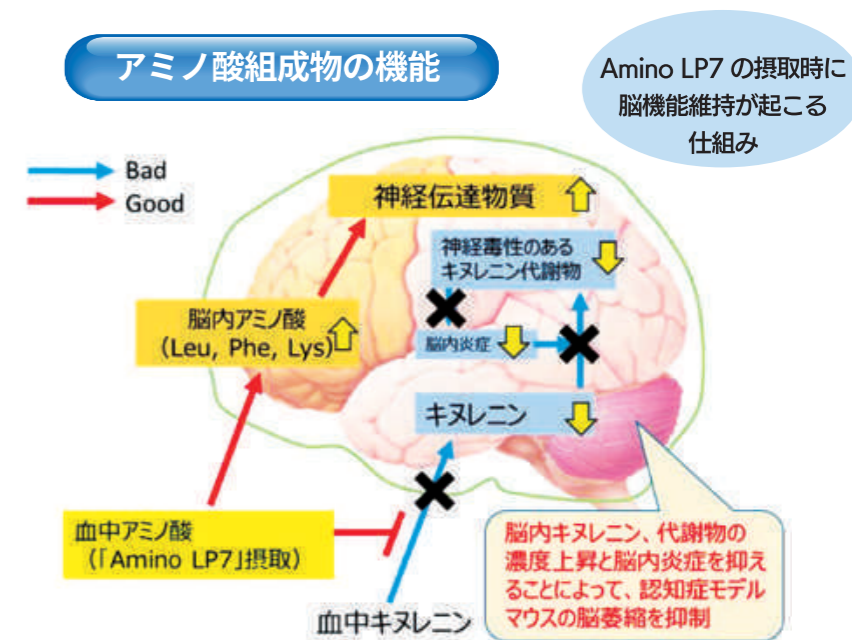


「作業記憶」と「意思決定」の指令が別の神経経路で処理されていることを、PETで神経の繋がりを見て、伝達を止める操作法で解明。

## 7種のアミノ酸が脳を守り、 認知症の進行を抑えることを発見！



脳は神経細胞同士が連絡するシナプスという部分で神経伝達物質をやり取りすることで機能を発揮しています。必須アミノ酸は、脳の神経伝達物質の「素」で、7種の必須アミノ酸を特定の割合で組み合わせたAmino LP7は、高齢マウスの加齢に伴う認知機能の低下を抑制しました。そこで、Amino LP7が脳に及ぼす効果を認知症モデルマウスで調べたところ、脳内炎症を減らして神経細胞死を防ぐことで脳の萎縮を顕著に抑制し、神経同士をつなぐシナプスも保護して脳の機能を保つことが分かりました。これは、特定のアミノ酸の摂取が認知症の病態を抑止することを世界で初めて明らかにした成果です。この成果に基づき、味の素株式会社と共同でAmino LP7の認知症に対する有効性を検証する臨床研究を開始しました。



## 有効な治療法がなく予後が悪い、 悪性中皮腫に対する治療薬候補を開発



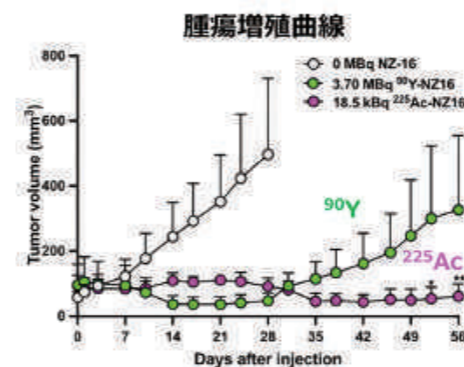
アスベスト暴露が主な原因である悪性中皮腫は、胸膜や腹膜にある中皮から発生します。日本でアスベスト使用が禁止された2004年から発症までの潜伏期

間を考慮すると、患者数は今後増加し2030年頃、年間3000人に及ぶと予想されています。多くの場合、発見時には症状が進行しており、化学療法が行われますが、

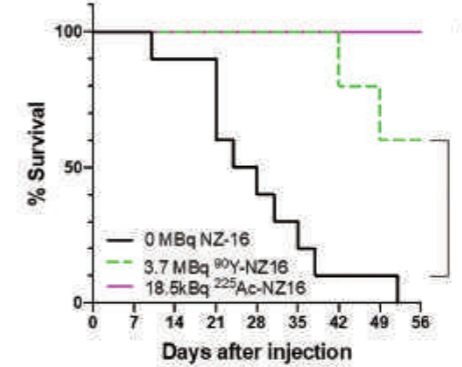
予後が悪く、新たな治療法が望まれています。

そこで、新たな治療法として、α線標的アイソトープ治療薬候補の<sup>225</sup>Ac-NZ-16を開発しました。これを中皮腫のモデルマウスに1回投与したところ、腫瘍をほぼ消失させ、生存期間を延長させることを確認しました。

3年後の臨床試験の実施を目指して、薬剤の安全性試験や治験のためにQSTで独自開発したトレーラーハウス型RI施設の整備を進めています。



<sup>225</sup>Ac 標識 NZ-16 投与後の腫瘍サイズの変化  
(<sup>90</sup>Y 標識 NZ-16、コントロールとの比較)

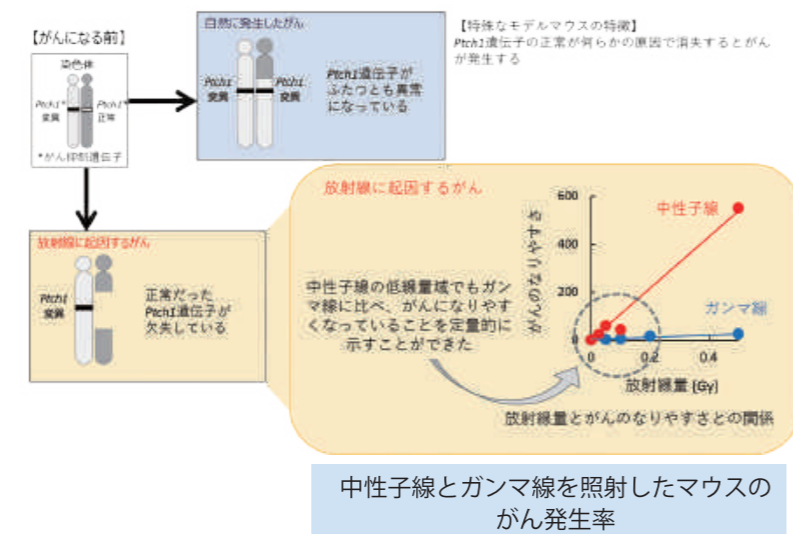


<sup>225</sup>Ac 標識 NZ-16 投与後の生存率  
(<sup>90</sup>Y 標識 NZ-16、コントロールとの比較)

## 中性子線の発がん影響の強さを正確に評価する方法を確立

私たちの生活の中では、様々な要因ががんの発生に影響を与えます。中性子線も要因のひとつですが、これまでこれらの要因の中から中性子線の被ばくが与える影響だけを正しく評価する方法がありませんでした。そこで、量研が作り出した「被ばくに起因するがん」と「自然に発生したがん」を、遺伝子を調べることで区別できる特殊なマウスで「被ばくに起因するがん」の発生率を調べました。その結果、低線量の中性子線は線量に依存してがんの発生率が増加すること、同じ線量のガンマ線よりがんの発生率が高くなることを世界で初めて定量的に示すことに成功しました。客観性のある定量的なデータを着実に蓄積していくことで、世界の放射線防護基準の策定に役立つ基礎的知見となることが期待されます。

### 特殊なモデルマウスに発症したがんの特徴



中核人材研修の患者受入実習

## 被ばく医療の 中核人材 育成

放射線医学研究所

原子力規制庁の原子力災害対策事業費補助金で行われている、被ばく医療の中心となる人材の育成では、2021年度に、以下の3つの取り組みが大きく前進しましたので、ご紹介します。

量研に設置されている被ばく医療研修認定委員会により、高度被ばく医療支援センター間で研修の標準化が図られました。被ばく医療の研修には、基礎、専門、高度専門研修と順に受講していくステップアップ研修体系に位置づけられ、体系化が図られました。また、各研修の教務内容、受講資格、講師資格、修了要件などが定められ、それに基づく研修認定制度の運用が開始されるとともに、これまで整備された標準テキストを認定し、追加テキストがある場合も確認し認定することにより、全国的に均一で、質が担保された研修を開催できるようになりました。また、全国で開催される研修や研修生の受講履歴などの情報は、量研が運用する被ばく医療研修管理システムにより一元管理されるようになりました。

2021年3月に高度被ばく医療線量評価棟（線量評価棟）が完成し、被ばく医療に関する研修が実施されるようになりました。2021年度は、専門研修である中核人材研修のホールボディカウンタ（WBC）実習や高度専門研修であるバイオアッセイ研修と体外計測研修も実施されました。線量評価棟は、特にアクチノイド核種による内部被ばく線量評価に重点を置いた施設ですが、バイオアッセイ研修では、尿

中のアクチノイド核種を放射化学的手法で分析する操作、実際の分析に使われている機材や装置を使ってマンツーマンで実習しました。また、体外計測研修では、線量評価棟に設置されている、肺モニタと精密型WBCを統合した最先端の体外計測装置を見学するなど、線量評価で中核となる人材の育成に大きく貢献しました。

2021年度に、上記補助金で新たに11名分の人件費が認められ、若手を中心に医療職、技術職、研究職で、被ばく医療の各分野を担う職種の方たちが量研に加わりました。これらの新規職員は、量研での研修を受講し、他施設の研修にオブザーバー参加することに加えて、講師としての役割も徐々に担っており、量研の研修を改良していく作業の中心となって活躍しています。今後は、他の支援センターに長期間滞りし研修業務等に協力していくことが計画され、各自の技能の幅を広げるとともに、各支援センターの研修等を充実させることに貢献してもらう予定です。

被ばく医療の人材育成は原子力災害対応で重要な課題であり、基幹高度被ばく医療支援センターとして、今後も積極的に推進していきます。

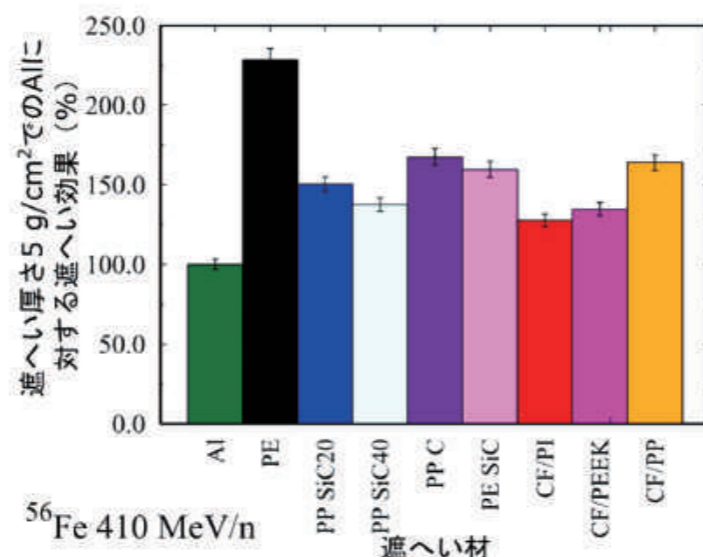


バイオアッセイ研修の実習（尿試料の放射化学分析）

## 宇宙放射線の被ばく線量を低減する 新たな宇宙船素材を発見

将来、宇宙への進出が進むと、宇宙放射線被ばくの増大が懸念されることから、現在のアルミニウムに代わる新しい宇宙船素材の探索を進めています。近年利用が進む炭素繊維強化プラスチック等の複合材料に注目しました。重粒子線がん治療装置HIMACで生成した粒子線を宇宙放射線に模擬して複合材料に照射してその遮蔽効果を調べた結果、人に対する影響が大きい重粒子線の遮蔽効果がアルミニウムより30～60%高いことが分かりました。この結果を基に、補給船「こうのとり」の構造体を複合材料に置き換えた効果を調べたところ、現在より2割程度高い遮蔽効果が得られ、被ばく線量を5割程度低減できることも分かりました。深宇宙有人探査を見据えた宇宙放射線の遮へい機能を有する宇宙船の開発につながる重要な知見です。

### 鉄の粒子線を厚さ 5g/cm<sup>2</sup> の材料試料で遮へいしたときの遮へい効果



## 量子操作で 蛍光検出効率 100 倍に成功



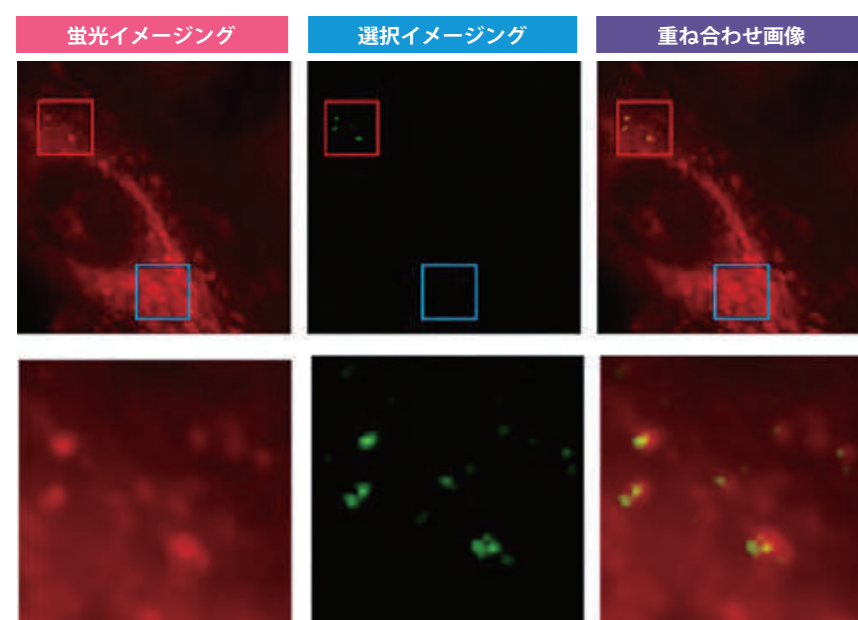
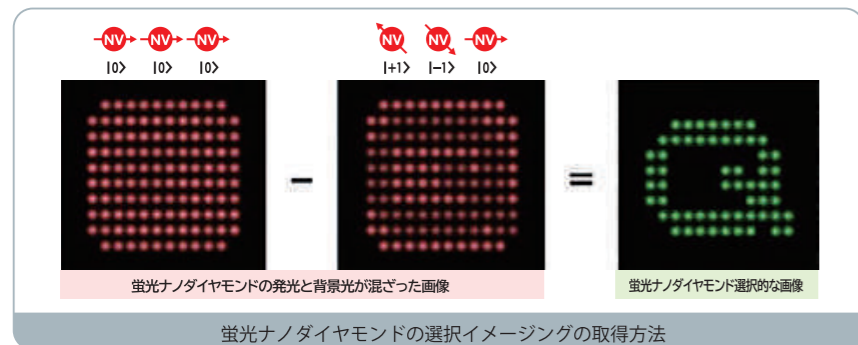
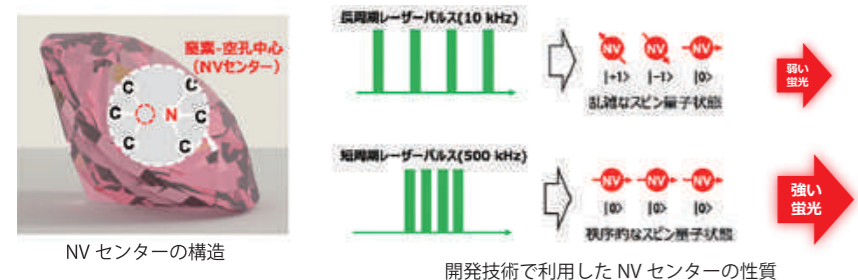
蛍光を用いた生体イメージング技術は生命現象の解明に広く用いられています。また、ウイルス検査などの臨床検査等においても、蛍光検出は重要な基礎技術です。しかし、自家蛍光など望ましくない位置にも発光が観察される「背景光」の存在により、偽陽性などの誤った結果がもたらされる場合があります。

そこで、窒素-空孔中心(NVセンター)と呼ばれる原子配列の乱れを含むナノサイズの蛍光ダイヤモンドを蛍光試薬として使用し、マイクロ波を用いレーザー光の照射間隔の制御のみでNVセンターのスピ量子状態を操作し、背景光を排除して蛍光ナノダイヤモンドを選択的に検出する新たなイ

メージング技術を考案しました。

この手法では、(1)長周期のレーザーパルス中では乱雑なスピ量子状態を、短周期のレーザーパルス中では秩序的なスピ量子状態を取る、(2)この秩序的なスピ量子状態では、乱雑なスピ量子状態と比較して蛍光強度が増強するという、NVセンターの性質を利用しています。背景光ではこの速さのレーザーパルス周期に依存した蛍光強度変化は起こらないため、秩序的なスピ量子状態の画像と乱雑なスピ量子状態の画像とで差分を取ることで、蛍光ナノダイヤモンドから発する蛍光を選択的に取得し、画像化することが可能です。一般的な蛍光イメージングと比較して、信号/背景光比で100倍以上の性能向上に成功しました。

今回開発した手法の活用により、細胞内にわずかしか存在しない分子であっても特異的かつ高感度に検出することが可能です。これまで観察できなかった少数分子の機能の解明や、病態に及ぼす影響の解析に役立つと考えられます。また、ウイルスを超高感度で検出する技術として近年注目される「量子診断プラットフォーム」にも、この技術をそのまま利用でき、ウイルス感染症の早期・迅速診断技術としての社会実装も期待できます。

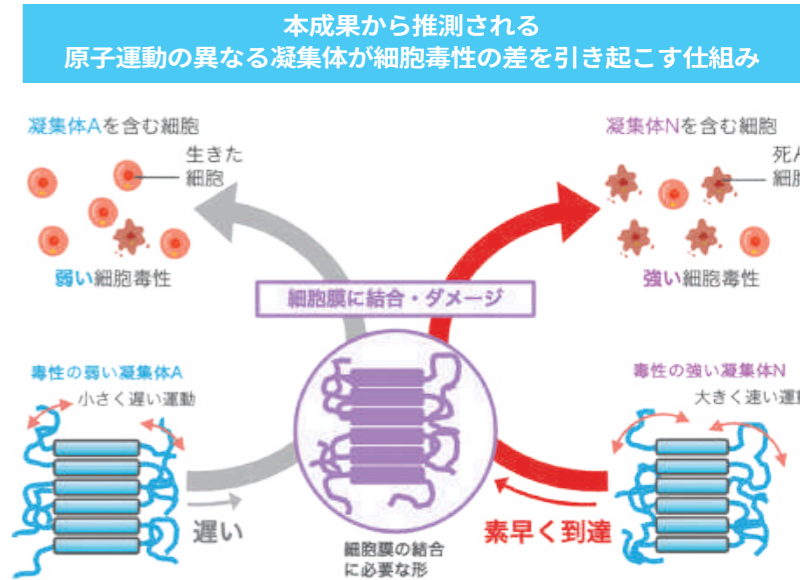


培養細胞内での蛍光ナノダイヤモンドの選択イメージング。  
緑は蛍光ナノダイヤモンド、赤は蛍光染色したミトコンドリア。  
上段の赤枠内は蛍光ナノダイヤモンドが存在する部位、青枠内は蛍光ナノダイヤモンドが存在しない部位。  
下段は上段の赤枠内の拡大図。

## 強い細胞毒性を示す アミロイドタンパク質 凝集体特有の運動を発見



アルツハイマー病では、アミロイド原因タンパク質が集合したアミロイド凝集体が細胞膜に結合して病気を引き起こし、タンパク質の動きが結合に重要な役割をすることが知られています。そこで、最先端の中性子非弾性散乱装置を用いて、細胞毒性の異なるアミロイドタンパク質凝集体の運動の違いを原子レベルで解析しました。その結果、毒性が強い凝集体の中には、毒性が弱い凝集体に比べて、大きく且つ速く運動する原子が多く存在することを発見し、双方の凝集体間で運動の大きさが異なる原子の数が、凝集体を構成する全原子の1割にも満たないことを突き止めました。この成果は、アルツハイマー病の治療薬の設計・開発に、「原子運動」という全く新しい視点から寄与すると期待されます。



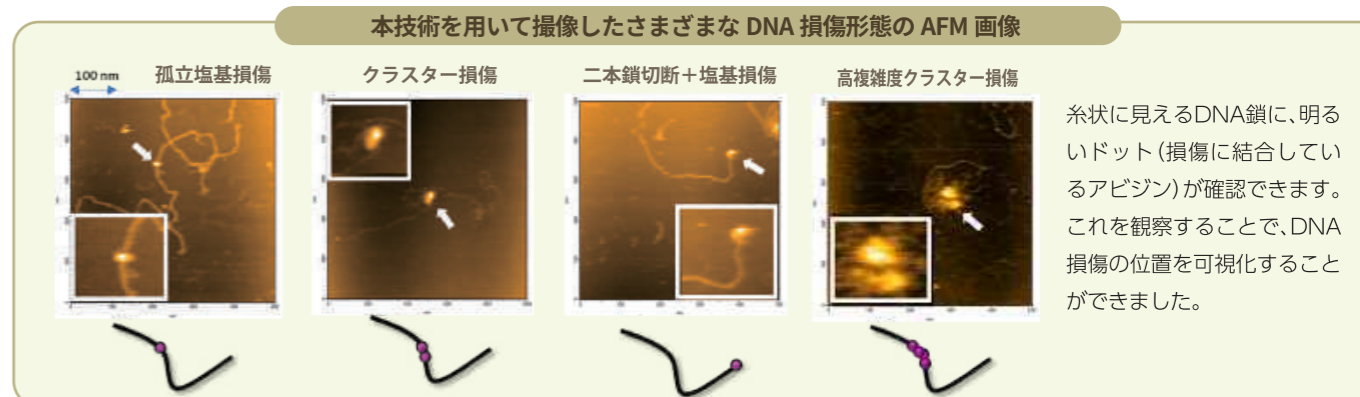
## 世界初！ 放射線によって生じた DNA 損傷の直接観察に成功



老化やがんのメカニズムの解明や、効果的ながんの治療法の開発にとって、細胞内のDNA損傷とその修復は本質的なテーマです。DNAに生じた個々の損傷を極めて長いDNA鎖から見つけ出し、原子間力顕微鏡(AFM)で直接観察する技術

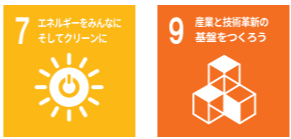
を確立しました。この技術により、これまで不可能だったDNA損傷の種類分けができるようになり、細胞中に生じた多様なDNA損傷がそれぞれどのくらいの速さで修復されていくのかを解析することも可能になりました。DNA損傷の構

造それぞれに対応したDNA修復過程や発がんメカニズムの解明、老化を引き起こす原因の解明、効果的にがん細胞を殺す放射線治療の確立等に役立つと考えられます。



糸状に見えるDNA鎖に、明るいドット(損傷に結合しているアビジン)が確認できます。これを観察することで、DNA損傷の位置を可視化することができました。

## スピンを操り炭化ケイ素半導体 デバイス内部の局所温度を測る



QSTでは、スピンやフォトンといった量子を巧みに操り、それらの相互作用を活用するスピノフォニクスに関する研究開発を進めており、その一環として半導体を用いた量子センシング研究を実施しています。これは、電子スピンの周囲の状態に敏感に反応することを利用したセンシング技術であり、ピコテスラ ( $10^{-12}$ T) 程度の微弱磁場やミリ°C程度のわずかな温度変化が計測可能となります。また、半導体結晶中の原子レベルの不完全部分が量子センサーとなることから、ナノメートル ( $10^{-9}$ m) サイズの超微小領域のセンシングが可能という特徴もあります。このことから、従来のセンサーの性能限界を超える超高感度な多目的センサーへの応用が期待され、Society5.0の実現に不可欠

なキーテクノロジーと考えられています。私たちは、超低損失パワーデバイスへの応用が期待される炭化ケイ素 (SiC) 半導体に着目し、SiC結晶中のSiが欠損した穴であるシリコン空孔 ( $V_{Si}$ ) を用いた量子センシングの研究を進めています。 $V_{Si}$ を量子センサーとして用いてSiCデバイス内部の局所温度や電流 (磁場から導出) が測れば、デバイスの動作状態を正確に把握でき、その負荷や寿命を知ることができます。しかし、これまでSiC中の $V_{Si}$ では温度計測は困難というのが定説でした。量子センシングでは、電子に高周波を加えてスピンを操作し、発光強度の変化から磁場や温度を計測しますが、 $V_{Si}$ の発光強度は温度にあまり影響されず変化が小さいこ

とが、その原因です。そこで私たちは発想を転換し、従来の一つの高周波だけでなく、二つの異なる周波数の高周波を同時に加えてスピンを高精度に制御する技術開発に挑戦しました。その結果、発光強度を温度に敏感に変化させることに成功し、 $V_{Si}$ で温度を高精度かつ高感度に測定でき、測定時間も1/10に短縮できました。さらに、従来は測定できなかった100°C以上の温度計測も実現しました。これにより、SiCデバイス内部の局所的な電流と温度の高速かつ正確な計測が可能となり、デバイス動作状態の把握を通して効率的運転や長寿命化に向けた技術的指針が得られ、SiCパワーデバイスの高性能化・普及拡大につながると期待されます。

## 希少な元素を使わずに アルミニウムと鉄で水素を蓄える



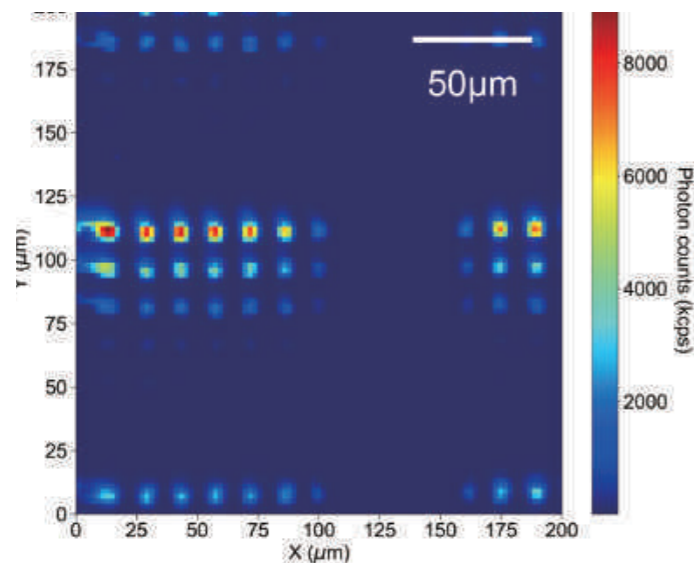
水素は、エネルギーとして利用した後に水が発生するだけで、地球温暖化で問題となる二酸化炭素が発生しないクリーンなエネルギーです。また、様々なエネルギーを使って製造できることから、安定した確保と供給の面でも優れたエネルギーと言えます。一方、実用化を促進するためには、「かさばる」水素をどうやって「かさばらないように蓄える」か？すなわち、水素を気体として運ぶのではなく、体積を減らし、かつ、安全に輸送したり取り扱うことができるようにするという課題を解決しなければなりません。

気体として存在するとき、水素の分子と分子の平均距離は約33 Å (1 Åは  $10^{-10}$  m) で、「かさばる」の原因です。そこで注目されるのが水素吸蔵合金です。水素吸蔵合金中で水素は原子の状

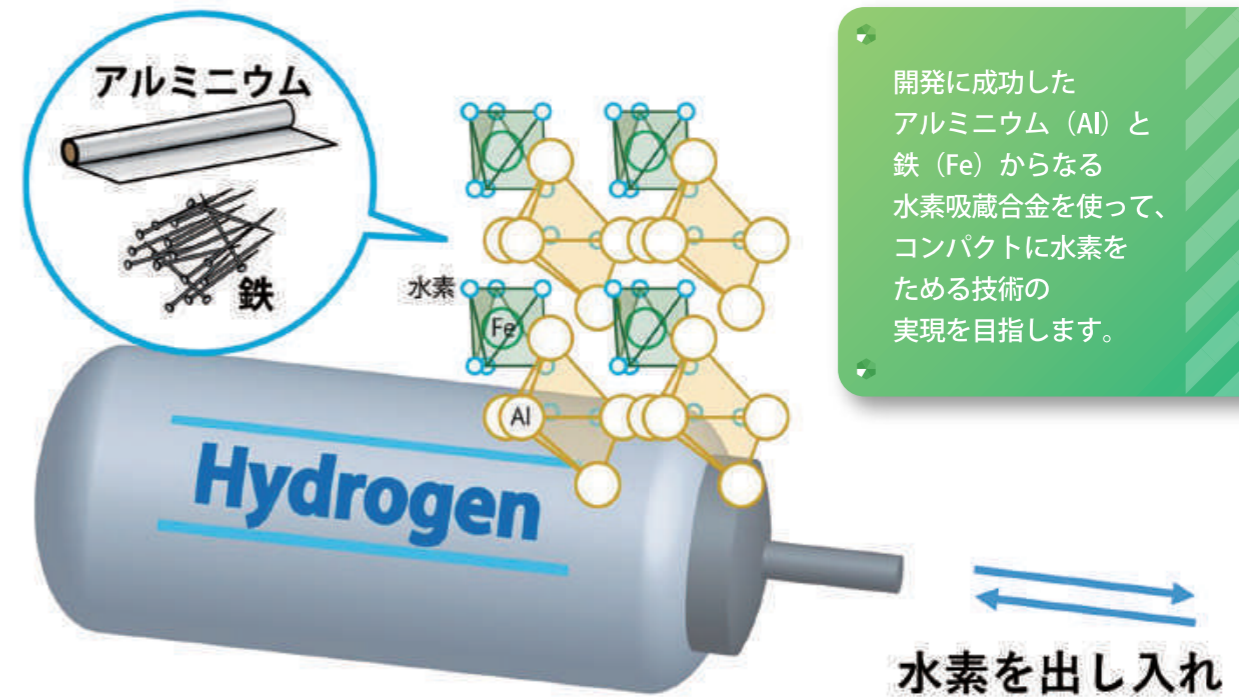
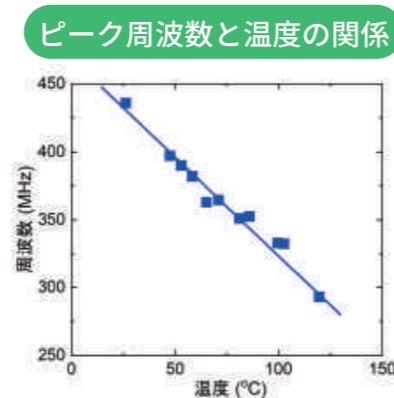
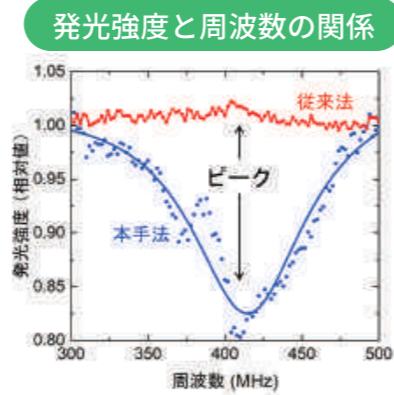
態で金属原子間の隙間に取りこまれ、水素原子間の距離は2 Å程度になるため、気体の水素と比べて体積で1,000分の1程度にコンパクトに水素を蓄えることが可能になります。

水素吸蔵合金の開発では、使用する金属の選択も重要です。一般にレアメタルは水素と反応しやすく、良い性能が得られることが知られていますが、性能が良くても、供給量が少なく高価な金属では、地球規模での利用に適用できません。そこで、これまでに行ったアルミニウムと銅の合金に水素を貯蔵できた研究結果を踏まえ、水素と反応しにくい金属同士でもその組合せ方でさらに水素を多く含む新規材料が得られるのではないかと発想を転換し、資源量が豊富なアルミニウムと鉄の合金に着目しました。この合金に水素を吸

蔵させる条件について試行錯誤し、高温高圧の水素と反応させることで、新しい金属水素化物 (水素を吸蔵した合金) の合成に成功しました。合金が吸蔵した水素の量はアルミニウムと銅の合金に比べ数倍多く、レアメタルを使ったこれまでの水素吸蔵合金と同等のレベルであることが分かりました。さらに、その構造を詳細に調べたところ、従来の水素吸蔵合金における金属原子と水素原子の並び方の分類に当てはまらない、新しい並び方であることが分かりました。また、合金の表面の性質を変えることでより低い圧力でも水素を取り込めることも分かりました。今後の水素吸蔵合金の材料探索の幅を飛躍的に広げ、レアメタルを含まない実用材料の実現に期待が持てる成果です。



SiC デバイス中に局所的に形成されたシリコン空孔 ( $V_{Si}$ ) からの発光 (SiC デバイスの上部から観察)



開発に成功したアルミニウム (Al) と鉄 (Fe) からなる水素吸蔵合金を使って、コンパクトに水素をためる技術の実現を目指します。

## 平面状の細胞シートが立体的に！ 細胞が自分の力でシートを3次元化



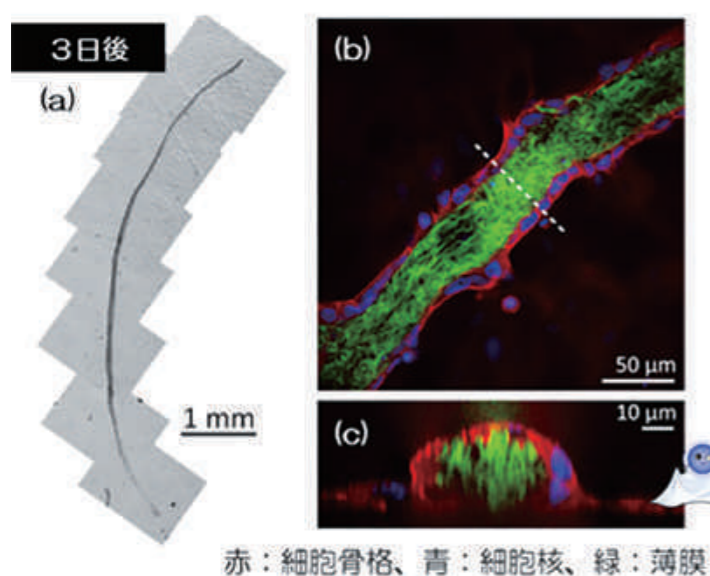
私たちの体の中で見られるヒダや突起などの立体的な構造(3D構造)は、臓器や器官がそれぞれの機能を果たすために最も適したものです。こうした3D構造を細胞がどのように形作るのか調べたいのですが、硬いプラスチック皿上で培養しても、細胞は平面状に広がるだけで、3D構造を作ることはありません。

細胞は、ごく小さな力ですが、活動するときに接着面を引っ張ることが分かっています。私たちはこの牽引力に注目し、柔らかな布を摘まむと皺ができるのと同じことを細胞にやらせてみようと考えました。このアイデアを実現したのが、イオンビームを活用した加工技術です。イオンビームが引き起こす化学反応の種類と場所を精密に制御することで、生体適合性と生分解性

を兼ね備えたポリ乳酸に、細胞培養中にごく小さな力加わるだけで表面が薄膜として剥離する仕掛けを作り出しました。この仕掛けは、細胞がしっかりと牽引力を発揮できるように接着性を高めた表層と、培養中に培養液に溶解する下層、表層と下層の土台となる基板からできています。この表層を細胞のごく小さな力で変形できる厚みに調整すると、1つ1つの細胞が表層を引っ張り、周囲に皺を寄せながら移動する様子が見られました。さらに、細胞の活動で薄膜が剥離しやすくなるよう、表層にパターンニング(切り取り線を作る)を施したところ、細胞集団はパターンの端から薄膜を剥がし始め、立体的に変形していくことが分かりました。この現象を利用して、パターンの形や大きさを調整した結果、わずか2-3

日で、肉眼でも見えるような巨大なヒダや突起を持つ3D細胞シートを作らせることに成功しました。1つの細胞が出せる力はごく小さいものですが、柔らかな体の中では、細胞は互いに協力し合って周囲の環境を整え、自ら立体的な構造を作り上げている可能性があります。

細胞のごく小さな力を活かして3D細胞シートを作り出すことができるフレキシブル細胞培養薄膜は、細胞の本来の姿や機能を解き明かす重要なツールになると考えられます。そして、未だ謎が多い生体の複雑な形成の謎に迫るだけでなく、胃や腸など凹凸のある臓器表面にもフィットする移植治療用細胞シートへの応用など、新たな治療技術の開発に貢献できると期待しています。



肉眼でも見えるような巨大なヒダが  
わずか3日で形成された。

- (a) 全長約7mmの全体像
- (b) (a)の一部を蛍光顕微鏡で観察した画像
- (c) ヒダの断面画像
- ((b)の点線の位置で切断)

赤：細胞骨格、青：細胞核、緑：薄膜

## 物質や生命の高度な機能を解明する 次世代の放射光施設の整備



最先端の科学研究は、これまでの物質構造の解明に加えて、物質や生命の「高度な機能」の解明へと向かっています。物質や生命の機能を調べるためには、機能に影響を与える「電子の状態」を見ることが鍵となります。近年、世界では、電子の状態を見ることが得意な「軟X線」に強みをもつ次世代の放射光施設の建設が進められています。我が国においても、国と民間・地域が協力して2024年度の利用開始を目指して新しい放射光施設(図1)の建設を進めています。

放射光施設は電子を発生し、光速近くまで加速する「線型加速器」と電子を蓄積し、エネルギーを保ちながら周回させる円形の「蓄積リング」、蓄積リングから放射光を取り出し、様々な利用研究に光を提供する「ビームライン」で構成されています。

次世代放射光施設(愛称: NanoTerasu/ナノテラス)の線型加速器では、電子を発生させる電子銃(図2)に市販のグリッド付き熱カソードを採用し、従来に比べて、信頼性が高い、シンプルで頑丈、運転維持が容易、低コストといった優れた特徴を持ちます。さらに、「グリッド透明化」と呼ばれるグリッド通過時に電子ビームが横方向にキックされない条件を世界に先駆け見だし、次世代放射光

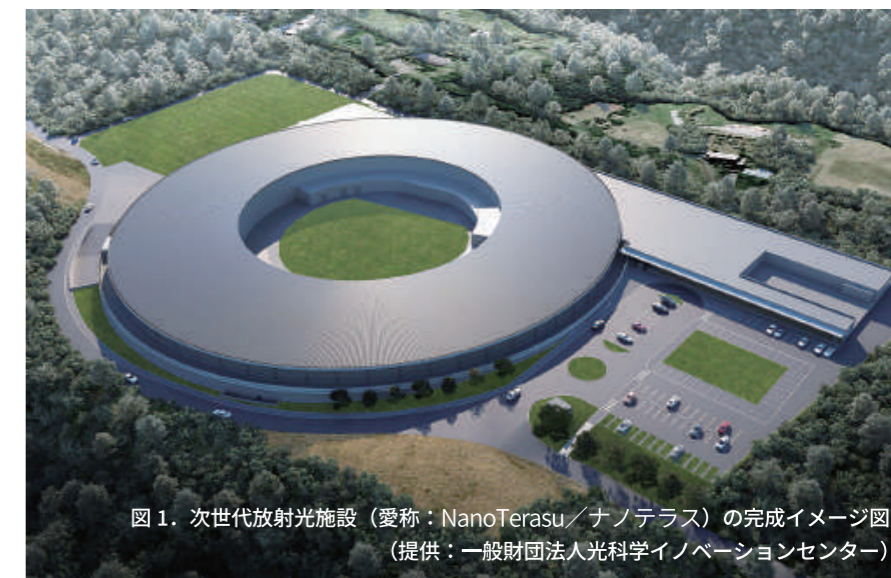


図1. 次世代放射光施設(愛称: NanoTerasu/ナノテラス)の完成イメージ図  
(提供: 一般財団法人光科学イノベーションセンター)

施設に要求される高品質な電子ビームの発生に成功しました。蓄積リングでは、リングに並べる偏向電磁石の数を増やした最新の設計により電子の広がりを小さく抑え(低エミッタンス)、明るく品質の高い放射光が取り出せます。具体的に、NanoTerasuでは、蓄積リング周長約350mに沿って64個の偏向電磁石を配置しますが、これはSPring-8の約3倍の密度であり、さらにこの偏向電磁石の間に電子ビーム収束用の多極電磁石を320個配置することにより、電子ビームのエミッタンスをSPring-8の半分以下に抑制しています。

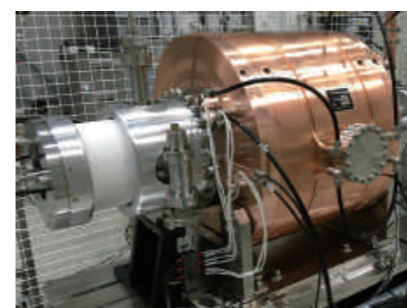
NanoTerasuには、最大で28本のビームラインを設置することが可能ですが、2024年にはそのうちの10本の運用を開始する予定です。10本のうち3本を国の代表機関である量研が整備し、7本を民間・地域のパートナーが整備します。量研が整備する3本のビームラインは、世界最先端の分光・計測技術を取り入れ、物質や生命の機能解明に不可欠な電子状態の精密観測を可能にしています。これにより、物質科学、生命科学などの幅広い科学技

術・学術分野でインパクトある成果の創出が期待されます。

また、これまでの国内の放射光施設では、放射光を利用する実験ホールは放射線の管理区域となっており、事前の放射線従事者登録を必要とするなど、必ずしも誰もが自由に利用できるものではありませんでした。これに対し、NanoTerasuでは、ユーザーの利便性向上のため実験ホールの大部分を放射線非管理区域とする計画であり、産業利用の大幅な拡大が見込まれます。

QSTは、科学技術・学術から産業応用までの広範な分野においてイノベーション創出を促進するため、NanoTerasuの着実な建設整備と早期の供用開始を目指しています。

図2. 新しく開発した電子銃システム  
(50kVグリッド熱電子銃を使用)





## 使用済電池から低コストで 超高純度リチウム回収

2050年カーボンニュートラルに向け日本の戦略として、電気自動車(EV)の早期普及があります。ですが、国際エネルギー機関の報告書等からは、2027~2030年頃までには国内における十分なリチウムの確保が困難になると予測されます。国内で使用済リチウムイオン電池(LIB)のリサイクルが実現できればリチウムの安定確保も見えてきます。このため、LIB原料として必要な超高純度リチウムの回収技術が事業として採算がとれるかの検証が重要で、喫緊の課題です。

これまでQSTでは、イオン伝導体をリチウム分離膜とした画期的なリチウム

回収法(LiSMIC)の研究を進め、高性能リチウム分離膜の開発にも成功しました。これまでの研究では、小型の装置を用いて試験を行い、リチウムの分離や回収の性能について多くのデータが得られていますが、工業規模での製造コストを評価するためには、装置をスケールアップし、リチウム回収プラントの実操業形態に近づけて試験を実施する必要があります。そこで、イオン伝導体を20枚装荷でき、長期間の試験中、高度に印加電圧、温度及び流速等の制御が可能なプラント設計検討用リチウム回収装置を新たに開発し、車載用LIBからの超高純度リチウ

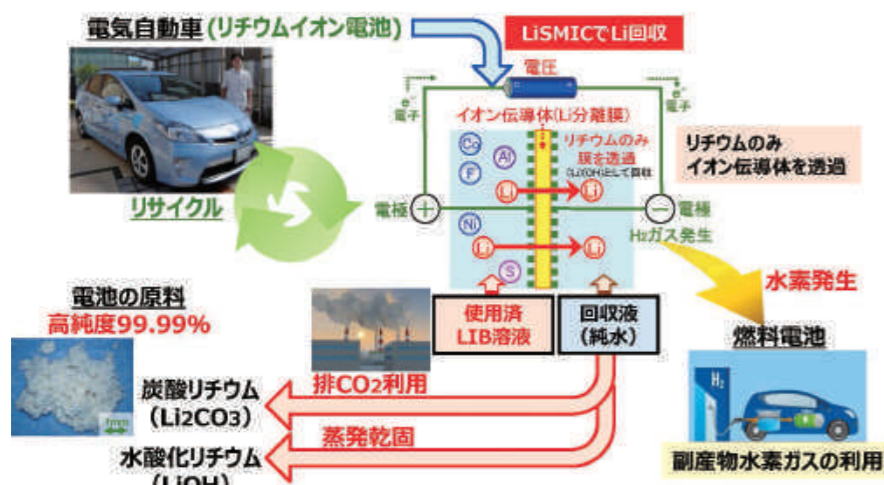
ム回収が低コストで実現可能か、検証試験を行いました。

試験では、使用済LIBを加熱処理して得られた電池灰を水に浸し、その水浸出液50リットルを原液として、当該装置における印加電圧、溶液温度及び流速について最適条件を導出しました。さらに、リチウム回収速度を高める効果を有する表面リチウム吸着処理を施した高性能イオン伝導体を用い、リチウム回収速度が安定する14日間の連続リチウム回収を行った結果、従来のイオン伝導体を大幅に上回るリチウム回収速度を達成できました。

試験結果に基づき製造原価を試算したところ、2025年に廃EV等から回収可能なリチウム量に相当する2,000トン/年の水酸化リチウムを、2020年度の平均輸入価格1,287円/キログラムより安い原価で製造できることが分かりました。さらに、電池灰中のリチウムが溶ける最大濃度まで水浸出液のリチウム濃度を高めてリチウム回収速度を向上させることにより、輸入価格の半分以上の製造原価を実現できる見通しを得ました。

この成果は、国内のリチウム資源循環への展望を拓き、電気自動車社会の推進やLIB製造のみならず、廃LIBリサイクル時のCO2排出低減を推進し、カーボンニュートラルの実現へも貢献するものです。

### LiSMICによるリチウムイオン電池(LIB)リサイクル



新たに開発した  
プラント設計検討用  
Li回収装置

これまで  
Li生産規模：数g/年



### 新たなプラント設計検討用Li回収装置

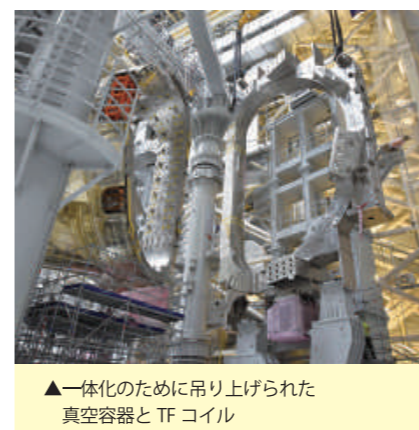


イオン伝導体を20枚装荷  
Li生産規模：1kg/年

## イーター計画の進捗と 超高温プラズマ加熱用 高出力マイクロ波源の製作完遂

イーターとは、制御された核融合プラズマの維持と長時間燃焼によって核融合の科学的及び技術的実現性の確立を目指すトカマク型(超高温プラズマの磁場閉じ込め方式の一つ)の核融合実験炉です。日本、欧州、米国、ロシア、中国、韓国、インドの7極が参加しています。現在は、各極が調達を担当する様々なイーター構成機器の製作が進んでおり、イーターサイトがあるフランスでは建屋の建設や機器の組立が行われています。初プラズマまでのイーター計画全体の進捗率は76%を越え、2025年頃からのプラズマ実験を予定しています。

本体の組立て作業は、炉の中心部分のプラズマを発生させる「真空容器」周辺から始まっています。ドーナツ型の真空容器の外側にはプラズマを閉じ込める磁場を発生させる超伝導トロイダル磁場コイル(TFコイル)が取り付けられます(下写真)。全18基の内、スペアを含む9基は日本が制作を担当しています。完成したコイルは、約30日かけて船でフランスへ渡ります。これまでに6基のTFコイルが無事にフランスに到着しました。QSTは、TFコイルの製作だけでなく、フランスでのITER機構による組み立てにおけるサポートにも、製作を手がけるメーカーと共に取り組んでいきます。

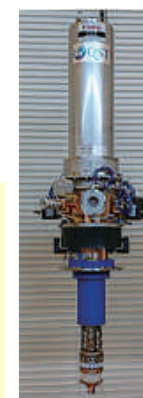


▲一体化のために吊り上げられた真空容器とTFコイル

核融合を起こすためには、プラズマの生成や数億度までの加熱、さらに高温状態の長時間維持が必要です。それら全てを行うことのできる加熱方式として、周波数が100ギガヘルツ(GHz)帯、出力が数十万ワットのマイクロ波をプラズマに入射する方式が考えられています。その高出力マイクロ波を発生させる装置がジャイロトロンです(右写真)。イーターでは、周波数170ギガヘルツ、出力100万ワットジャイロトロンが要求されており、全24機の内、日本分担分の8機すべての製作を、同じく分担して製作しているロシアや欧州に先駆けて完遂させました。初プラズマで使用される4機を含む合計5機の性能確認検査にも合格しましたが、イーターが要求する性能試験は、世界に類を見ない厳しさでした。具体的には出力100万ワット以上、持続時間300秒以上、電力効率50%以上、繰り返し運転(20回)の成功率90%以上、5キロヘルツ以上の高速でのオン/オフ切り替え運転などです。そのため、各国でこの厳しい条件をクリアするための開発が行われてきており、例えば日露は欧州に先駆けて300秒以上の運転に成功し、また、日本は5キロヘル

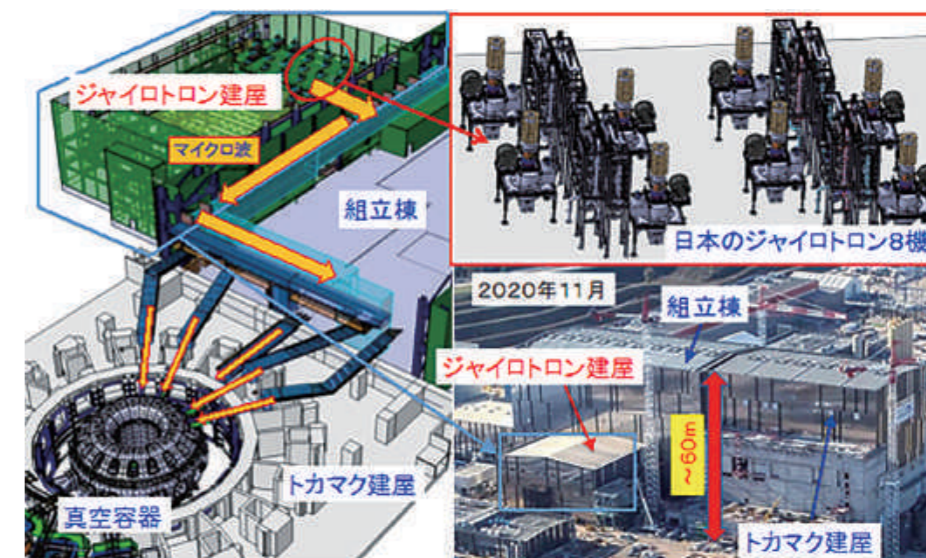
ツのオン/オフ切り替え運転の試験をロシアに先駆けて成功しています。

今後、令和3年度の2機を皮切りに順次イーターサイトへ輸送する計画です。下図の左は、マイクロ波によるプラズマ加熱装置の全体構成を示しており、ジャイロトロンは組立棟に隣接したジャイロトロン建屋に設置されます。右上は、ジャイロトロン建屋内における日本のジャイロトロンの設置概略を示し、右下は2020年11月時点でのジャイロトロン建屋及びイーターサイトの建設状況を示したものです。また、残りの3機についても順次ならし運転と性能試験を行い、2024年までに全てのジャイロトロンをイーターサイトへ輸送する予定です。



ジャイロトロン▶

プラズマ加熱装置の全体構成(左)、日本のジャイロトロン設置(右上)、及びイーターサイトの建設状況(右下)▼



▲一体化のために吊り上げられた真空容器とTFコイル

## CO<sub>2</sub> 排出を抑制する 革新的な金属精製技術を開発

核融合炉に不可欠なベリリウムは、鉱石からベリリウムを取り出して精製する工程が複雑で、かつ鉱石は、2,000°Cまで加熱しないと溶解しないため、製造プロセスで大量のエネルギーを消費するだけでなく、CO<sub>2</sub>も排出されるという課題がありました。

これらの課題の解決に取り組み、先ず令和元年に、粉末状のベリリウム鉱石を塩基溶液に混ぜてマイクロ波で加熱してから、酸溶液中に移してマイクロ波で再加熱すると、250°Cという低い温度でもベリリウム鉱石が溶解できることを見出し、低温湿式精製技術として特許出願しました。

この技術の開発により、加熱温度を従来技術の2,000°Cに比べ、250°Cと極めて低く抑えることを実現できましたが、液体中での加熱となるため、200°Cを超える

温度により生じる圧力に耐え得る設備の整備が必須であることが課題でした。

そこで、令和3年には、さらに、耐圧設備が不要で、常圧での低温溶解を実現する技術の開発に取り組みました。従来の技術では、溶解したい試料と溶解を助ける試薬(融剤)を混合した粉末を入れた容器を、電気炉やガスバーナーなどで外側から加熱して容器内の温度を500°C以上に上げる必要がありました。

解決のポイントはアルカリ溶解技術の導入ですが、より低温での溶解を行うために、ベリリウム鉱石を塩基試薬(融剤)と混ぜ合わせた粉末にマイクロ波を照射して加熱することにより、常圧下でも通常のアルカリ溶解より遙かに低い、220°Cの加熱でベリリウム鉱石を溶解できることを見出しました。さらに、この溶解に続けて酸による溶解を行って、こ



れまで誰も実現できていなかった、常圧下で加熱も必要ない極めて安全な条件下でのベリリウムの全溶解に初めて成功しました。

今回開発した、新しいベリリウムの溶解・溶解法は、作業工程で必要となる加熱エネルギーが従来法に比べ、わずか1/1,000と飛躍的な経済性向上を実現し、さらに精製設備は閉構造で良いことから安全性が高まるとともに溶解処理工程以降で発生するCO<sub>2</sub>を抑制できる革新的なベリリウム精製技術です。そして、この技術は、ベリリウム鉱石だけでなくレアメタルを含む様々な金属鉱石にも適用できることから、省エネとCO<sub>2</sub>排出抑制を同時に実現する金属精製技術として、社会実装につながる技術であり、金属製造産業のみならずリサイクル事業での幅広い活用が期待されます。

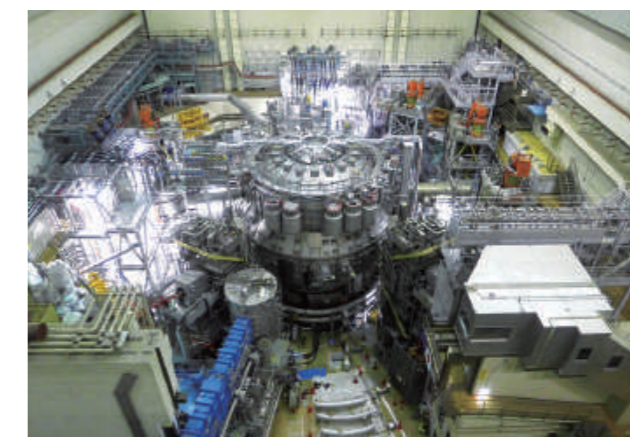
## 核融合発電を目指して研究を進める JT-60SA

核融合エネルギーは、発電の過程で地球温暖化の原因と考えられる二酸化炭素を排出しない、地球環境に優しいエネルギー源です。また、化石燃料を使用せず、燃料が海水の中に豊富にあることから、燃料の確保に地域的な偏りがないことも特徴です。

那珂研究所では、この核融合エネルギーの早期実現を目指して、超伝導核融合実験装置「JT-60SA」(写真)の建設を、日欧共同で進めてきました。前進の装置であるJT-60を改造して、2007年から建設を進め、日本と欧州のチーム約250名が建設に携わり、様々な技術課題を克服して2020年に完成させました。現在は、本格稼働に向けて、装置の基本性能を確認する統合試験運転を進めています。また、本格的な実験運転に向けた装置増強として、

プラズマ加熱実験に必要な機器の設計及び整備にも並行して取り組んでいます。

JT-60SAは高さ16m、幅20m、重量約2600トンの装置で、現在、世界最大の核融合超伝導トカマク装置です。今後、JT-60SAでは核融合プラズマの研究やプ

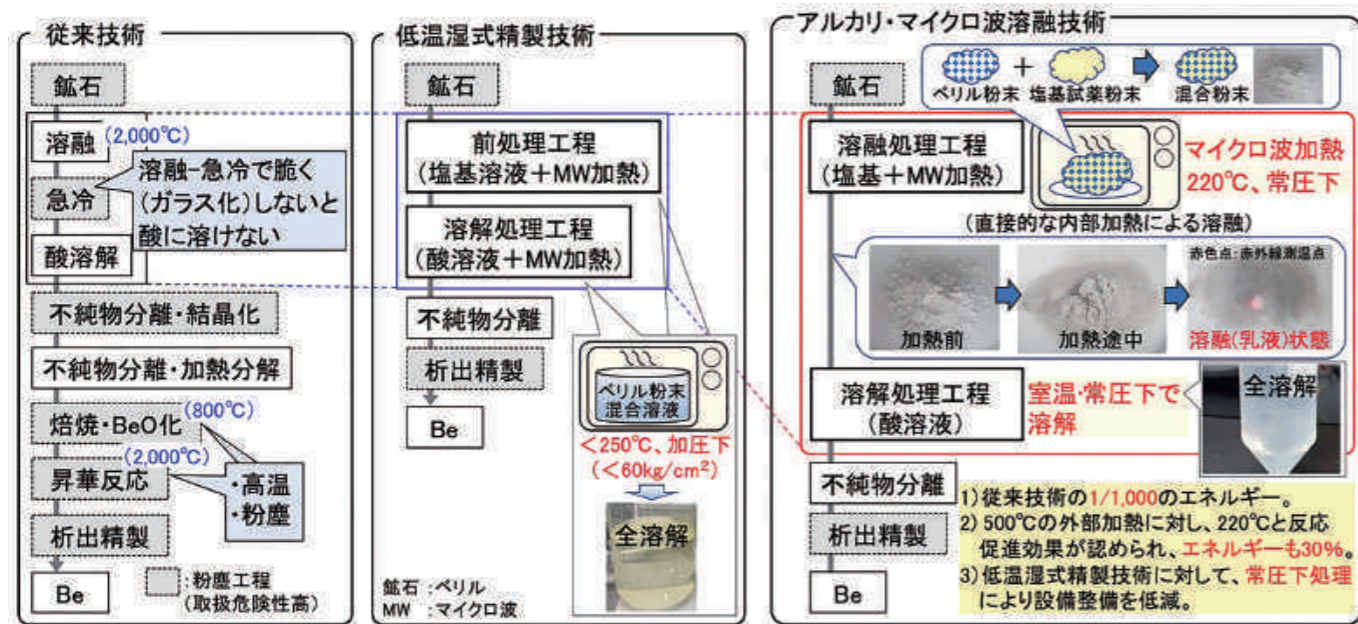


完成した超伝導核融合実験装置「JT-60SA」

ラズマ制御技術の開発を行うとともに、今後の核融合研究開発を担う人材の育成を行っていきます。JT-60SAを用いた研究により、核融合発電の実用化に向けて必要となる核融合炉の設計や運転について多くの知見を生み出していきます。

### ベリリウム精製技術の比較

(従来技術、低温湿式精製技術、アルカリ・マイクロ波溶解技術)



## 核融合材料開発のために国際協力で進める IFMIF 原型加速器

核融合反応で生成される14メガ電子ボルトの高速中性子に晒されるため、核融合炉内材料の脆化等により強度が低下する現象が引き起こされます。したがって、材料の健全性確保と機器の長寿命化のためには、核融合炉内環境と同等の中性子照射下で材料の特性評価を行う必要があります。

そこで、重陽子を加速してリチウムに衝突させ、核融合炉内の中性子環境を模擬する国際核融合材料照射施設(IFMIF)の工学実証・工学設計活動を日欧の国際協力として六ヶ所研で実施しています。特にこの加速器は、世界最高強度の重陽子ビームを取り扱う前人未踏の加速器です。現在、この加速器のプロトタイプとな

る「IFMIF原型加速器」(9メガ電子ボルト、125ミリアンペア、定常)の試験を日欧の合同チームで実施中です。電流が高くなるほど、電氣的に反発する重陽子の反発力を抑え込みながら加速する必要があるため、加速器の内面に衝突させないよう、高い加速電界、高い工作精度、大電力高周波の高速フィードバック制御などの極めて高度な設計製作と制御技術が要求されます。現時点での達成性能は、高周波四重極線形加速器(RFQ)を用いた加速エネルギー5メガ電子ボルト、電流125ミリアンペア(世界最高記録)、パルス長1ミリ秒ですが、さらにパルス長を伸ばし定常加速を実現するための試験を進めています。2021年度は、RFQに定格電流の重陽子を

供給するための入射器とRFQの高周波コンディショニングの定常化を実証しました。定常動作試験の準備が整ったため、今後は大強度重陽子ビーム加速の定常化の実証と、いよいよ最終段階となる超伝導加速器(SRF)を用いた追加速の試験段階に進めていきます。



六ヶ所研究所で試験を実施中のIFMIF 原型加速器

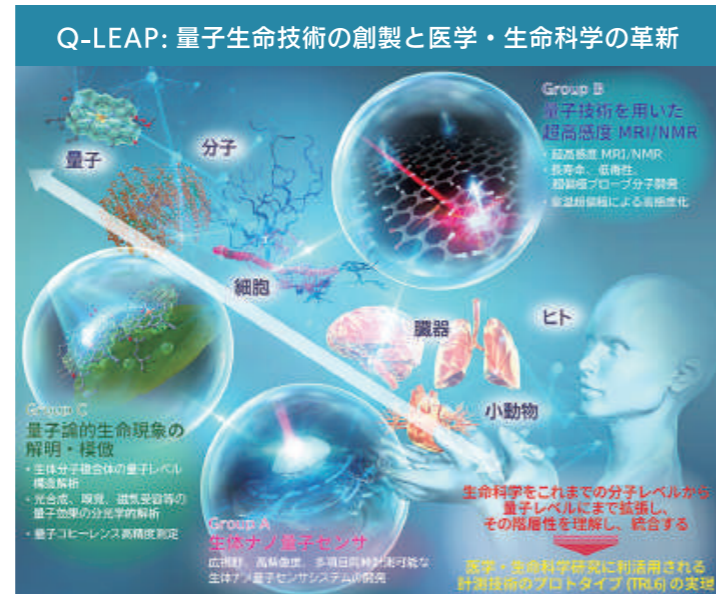
# QST PROJECT

## Q-LEAP

### 文部科学省 光・量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP) の取り組み

#### —量子生命技術を創製し、医学と生命科学に革新を—

Q-LEAPは、経済・社会的な重要課題に対し、量子科学技術(光・量子技術)を駆使して、非連続的な解決(Quantum leap)を目指す研究開発プログラムです。QSTは2020年から「量子生命技術の創製と医学・生命科学の革新」という課題に、20の国内大学・研究機関、12の海外大学、10の企業と共同で取り組み、医学・生命科学の革新と社会イノベーションの創出により世界を先導し、量子生命技術を創製します。具体的には、生体ナノ量子センサ、超高感度MRI/NMRおよび量子論的生命現象の解明・模倣に関する研究開発を実施し、医学・生命科学研究に活用される計測技術のプロトタイプ(TRL6)の実現を目指します。



## ダイバーシティ活動

### 研究活動支援について

ダイバーシティ推進室では、ライフイベントやワーク・ライフ・バランスに配慮した研究環境の整備についての取組を続けています。育児介護による研究活動継続時に利用できる研究支援要員助成制度、企業主導型保育施設との連携、ベビーシッター利用時に使える「育児割引券」、ベビーシッター利用料一部補助制度等の育児支援制度があります。研究支援については、英文校閲経費支援制度で若手、女性、外国人研究者の論文投稿を支援し、ダイバーシティ推進連携研究助成金では、毎年度女性研究者のQST内他研究所、他機関の研究者との研究を支援しています。

### ワークライフバランスセミナーの開催

職員全員が幸せに働くことのできる職場環境の実現のため、毎年度ワークライフバランスに関するセミナーを全職員向けに開催しています。職員自身の知識の向上、ライフイベントに直面している職員の周囲の理解増進に役立ててもらうことを目的としています。また、職員それぞれのスキルアップ

を目的としたスキルアップセミナー等を計画・実施しています。

### くるみん認定の取得

令和3年7月14日にQSTはくるみん認定を取得しました！  
 くるみん認定を受けることで、外部に対して子育てサポートをしている研究機関であることをアピールできるほか、大型の競争的外部資金申請の際に加点が得られる等のメリットがあります。令和3年度からは新たな次世代育成支援行動計画を策定し、プラチナくるみんの認定を目指しています。わかりやすい数値目標を掲げることで、職員への意識を高め、育児のしやすい職場環境の実現を目指して活動していきます。



▲認定証

### 各研究所におけるダイバーシティ環境推進の取組提案の実施、ダイバーシティ推進員の配置

各研究所の実情に合ったダイバーシティ推進の取組を推進するため、各研究所から「ダイバーシティ環境推進のための取組提案」を募集しました。5件の取組が採択され、ダイバーシティ推進室が一部経費を補助、各研究所で実施しました。  
 さらに各研究所に研究所長から指名されたダイバーシティ推進員を配置いたしました。各研究所に必要な取り組みの情報収集、ダイバーシティ推進室活動の各研究所周知等を相互に行っていきます。



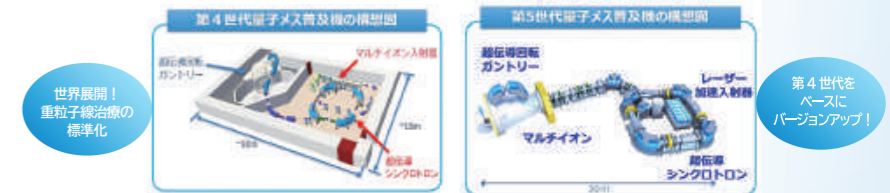
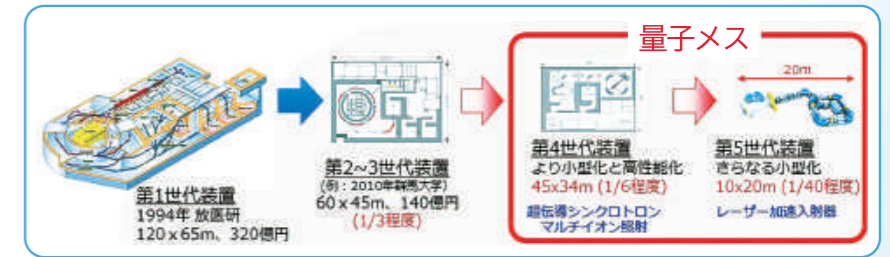
▲関西研イントラ英語版

関西研パンフレット 英訳版

## 量子メスプロジェクト

「がん死ゼロ健康長寿社会の実現」を目指して働きながら治療でき、切らずに治す量子メスを開発する

### 重粒子線がん治療装置



QSTでは、これまで25年以上にわたり重粒子線がん治療の研究と14,000人を超える患者の治療に取り組んできました。その結果、骨軟部や頭頸部腫瘍、前立腺がんが保険適用となり、当初は6週間だった治療照射を肺がんでは1日に短期化して生活の質(QOL)を向上させるなどの成果を上げてきました。治療実績が認められ、重粒子線がん治療施設は国内外に拡がり、日本では6施設で合わせて年間約3,600人の治療が行われていますが、その人数は、1年間に日本で新しくがん患者となる人の0.4%、世界に目を向ければ0.02%に過ぎません。適応となる全てのがんの治療効果を高め、もっと多くの患者を救うためには、高度な治療ができる小型の重粒子線治療装置『量子メス』が必要です。QSTは、量子ビームによる腫瘍除去手術になぞらえて名付けた『量子メス』の開発を通じて、がん死ゼロ健康長寿社会の実現に貢献していきます。

この1年間の研究開発のトピックスを1つ挙げると、第4世代重粒子線がん治療装置を構成する「マルチイオン源開発」があります。悪性度の高いがん領域には、炭素よりも重い酸素やネオンを照射することで、放射線抵抗性の難治がんの治療成績をより向上させるとともに、正常な臓器に近いがん領域には炭素よりも軽いヘリウムを照射することで、副作用を軽減し、照射回数の減少につながります。

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
第4世代 超伝導シンクロトロン		商業技術開発			詳細設計		治療実証施設作・試験			治療実証施設作・試験
第4世代 マルチイオン			マルチイオン源開発		製作	試験	臨床試験			治療実証施設作・試験
第5世代 レーザー加速注入装置				技術実証施設建設		技術実証施設の高効率化 Step1		技術実証施設の高効率化 Step2		

## 社会との連携活動

### QST アライアンス事業の特徴 —協調領域と競争領域—

QSTでは、これまでに蓄積された研究成果や知財を社会で活かすべく、2017年から複数の企業との共同研究を行うアライアンス事業を行ってまいりました。

2021年度は、先端高分子機能性材料アライアンス、量子イメージング創薬アライアンス「脳とこころ」、超高純度リチウム資源循環アライアンスの3つの事業を進めてまいりました。

QSTにおけるアライアンス事業の大きな特徴は、協調領域と競争領域があるということです。協調領域で業界全体の共通の課題解決のために必要なルール作りや基盤技術の確立に取り組む、その上でそれぞれの競争領域に入っていきというプロセスが、これまでの産学連携の研究とは大きく違うところです。

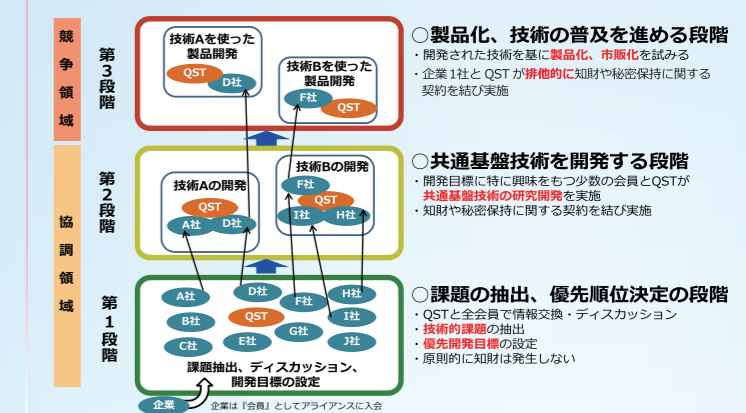
先端高分子機能性材料アライアンスは、高崎量子応用研究所に蓄積された「グラフト重合」研究の知見と、参加企業が持っている物質に関する豊富なデータを重ねて、基盤となるデータベースを作ることが協調領域で行われました。

このデータベースが完成すると、機能性材料を開発する時間とコストを大幅に削減できるだけでなく、これまでにない新しい材料の発見にもつながり、競争領域における研究の充実にもつながります。

量子イメージング創薬アライアンス「脳とこころ」は、量子医科学研究所で進められている社会的にも非常に意義のある事業です。認知症やうつ病など精神疾患治療の創薬の基盤を作るという非常に難しい作業がこのアライアンスの協調領域で行われました。

六ヶ所核融合研究所の超高純度リチウム資源循環アライアンスは、ほかの2つと違って、協調領域と競争領域がなく、お互いの得意な分野を持ち寄って、現在100%輸入に頼っているリチウムを国内で自給自足するためのプラント建設をめざす目的で進められました。

### QSTのアライアンスのしくみ QSTアライアンスは3段階で推進



材料・物質 2022.3.31	燃料電池触媒の酸素還元反応活性を2倍以上向上させることに成功 —触媒性能10倍に向け前進 燃料電池のコスト低減に期待—	
医学・医療 2022.3.28	ポジティブな記憶を思い出しやすい脳のネットワークを発見 —ストレス耐性の向上やうつ病治療への応用に期待—	
医学・医療 2022.3.22	過度に失敗を恐れて行動が消極的になりがちな人の脳で何が起きているか？ —行動の動機づけシステムに基づく不安障害やうつ病の治療の実現に有用な知見—	
医学・医療 2022.3.22	世界初！放射線によって生じたDNA損傷の直接観察に成功 —老化・がん治療研究にブレイクスルー—	
医学・医療 2022.3.16	放射線腸管障害の防護薬として有望 —出血を誘発しない高硫酸化ヒアルロン酸の開発に成功—	
レーザー・放射光 2022.1.25	放射光を使った磁石の奥まで透ける顕微鏡 —X線発光の新原理を用い開発に成功—	
生物・植物 2022.1.21	世界初！変異処理した植物から、直接、DNAに生じた突然変異を全検出 —成熟前でもよい実をつける枝を選抜できる？新しい品種開発技術への展開に期待—	
その他の分野 2022.1.20	マイクロ波加熱を用いたレアメタルの省エネ精製技術の社会実装を加速 —量研とマイクロ波化学が実証試験の共同研究契約を締結—	
医学・医療 2022.1.18	世界初のヘルメット型PET装置を製品化 —小型・高性能を実現、脳の検査がもっと身近に—	
医学・医療 2022.1.17	強い細胞毒性を示すアミロイドタンパク質凝集体特有の運動を発見 —アルツハイマー病の治療薬開発に新たな視点を提示—	
医学・医療 2021.12.22	滑膜肉腫に対する新しいα線標的アイソトープ治療薬候補で腫瘍消失 —若年層に多く、治りにくく予後が悪い、滑膜肉腫の新たな治療法として期待—	
エネルギー 2021.12.7	使用済電池から低コストで超高純度リチウム回収 —レアメタル資源循環を拓く—	
医学・医療 2021.10.23	7種のアミノ酸が脳を守り、認知症の進行を抑えることを発見！ —脳の炎症性変化を防ぎ、神経細胞死による脳萎縮を抑制—	
医学・医療 2021.10.21	手と足の感覚は、実は脳の中でつながっていた —脳障害による活動変化の広がりを見ることで常識を覆す発見、脳機能・疾患機序の理解へ前進—	
医学・医療 2021.10.12	脳病態における回路の活動異常や病因タンパク質の蓄積が始まる過程の画像化に成功 —認知症の理解と創薬への応用に期待—	
材料・物質 2021.9.29	どの原料モノマーを使えば、どんな高分子材料を作れるか分かる！？ 人工知能(AI)で重合反応率を簡単に予測	
レーザー・放射光 2021.9.29	巨大負熱膨張のメカニズムを解明 —さらなる新材料の設計に道を拓く—	

医学・医療 2021.9.24	iPS細胞に多数のマイクロサテライト変異があることを発見 —より変異の少ないiPS細胞を用いた再生医療の実現に貢献—	
医学・医療 2021.9.23	悪性中皮腫に対する新しいα線標的アイソトープ治療薬候補を開発 —既存の治療法では効果がない悪性中皮腫に新たな治療法として期待—	
その他の分野 2021.9.08	宇宙放射線の被ばく線量を低減する新たな宇宙船素材を発見 —深宇宙探査用の宇宙船開発につながる重要な科学的知見—	
医学・医療 2021.8.03	量子操作で蛍光検出効率100倍に成功 —ウイルス感染症の早期・迅速診断への応用に期待—	
その他の分野 2021.7.29	希少な元素を使わずにアルミニウムと鉄で水素を蓄える —水素吸蔵合金開発の新たな展開を先導—	
材料・物質 2021.7.15	素材から「銀」が剥がれない、効果長持ち！抗ウイルスグラフト材料の開発に成功 —マスクに付着したCOVID-19ウイルスの99.9%以上を1時間で不活化—	
照射技術 2021.7.14	平面状の細胞シートが立体的に！細胞が自分の力でシートを3次元化 —臓器表面にフィットする移植治療用細胞シートへの応用に期待—	
医学・医療 2021.7.02	「ご褒美がもらえる」と「大変だけど頑張ろう」の2つの『やる気』システムを解明 —うつ病の仕組みとその改善法を知る上で重要な手がかり—	
医学・医療 2021.6.24	中性子線の発がん影響の強さを正確に評価する方法を確立 —世界の放射線防護基準の基礎となるデータの獲得が可能に—	
医学・医療 2021.6.24	「何をかうんだっけ？」と「どれにしよう？」を処理する2つの脳回路を明らかに —霊長類の生体脳で神経経路を可視化・操作する技術で解明、高次脳機能の理解へ大きく前進—	
医学・医療 2021.6.21	免疫チェックポイント阻害薬の治療効果をPET画像診断で予測する技術を開発 —がん免疫療法の治療効果予測、個別化医療の実現への応用に期待—	
エネルギー 2021.6.16	イオン伝導体を分離膜としたリチウム回収法で回収速度を飛躍的に向上 —従来の200倍の回収速度を実現、実規模リチウム回収プラントの設計検討が可能に—	
医学・医療 2021.6.07	膵臓がんの放射線治療抵抗性メカニズムを解明 —治りにくく予後が悪い膵臓がんの効果的な放射線治療法開発に期待—	
エネルギー 2021.5.28	超高温プラズマ加熱用高出力マイクロ波源の製作完遂 —イーター初プラズマに道筋—	
エネルギー 2021.5.27	CO <sub>2</sub> 排出を抑制する革新的な金属精製技術を開発 —ベリリウム鉱石精製が従来技術の1/1,000のエネルギー、常圧・低温で可能に—	
レーザー・放射光 2021.4.26	反強磁性モット絶縁物質におけるフェムト秒の電子スピン配列振動を発見 —超高速磁性ダイナミクスの探査手法を提案—	