

QST

QST
施設紹介
シリーズ集
Ver.1



量子科学技術研究開発機構





Hello from QST

QSTってどんな研究機関？

QST(量子科学技術研究開発機構)は発足してから10年を迎える国立研究開発法人です。本部と7つの研究拠点(六ヶ所、仙台、那珂、高崎、千葉、木津、播磨)があり、様々な研究開発やプロジェクトに取り組んでいます。

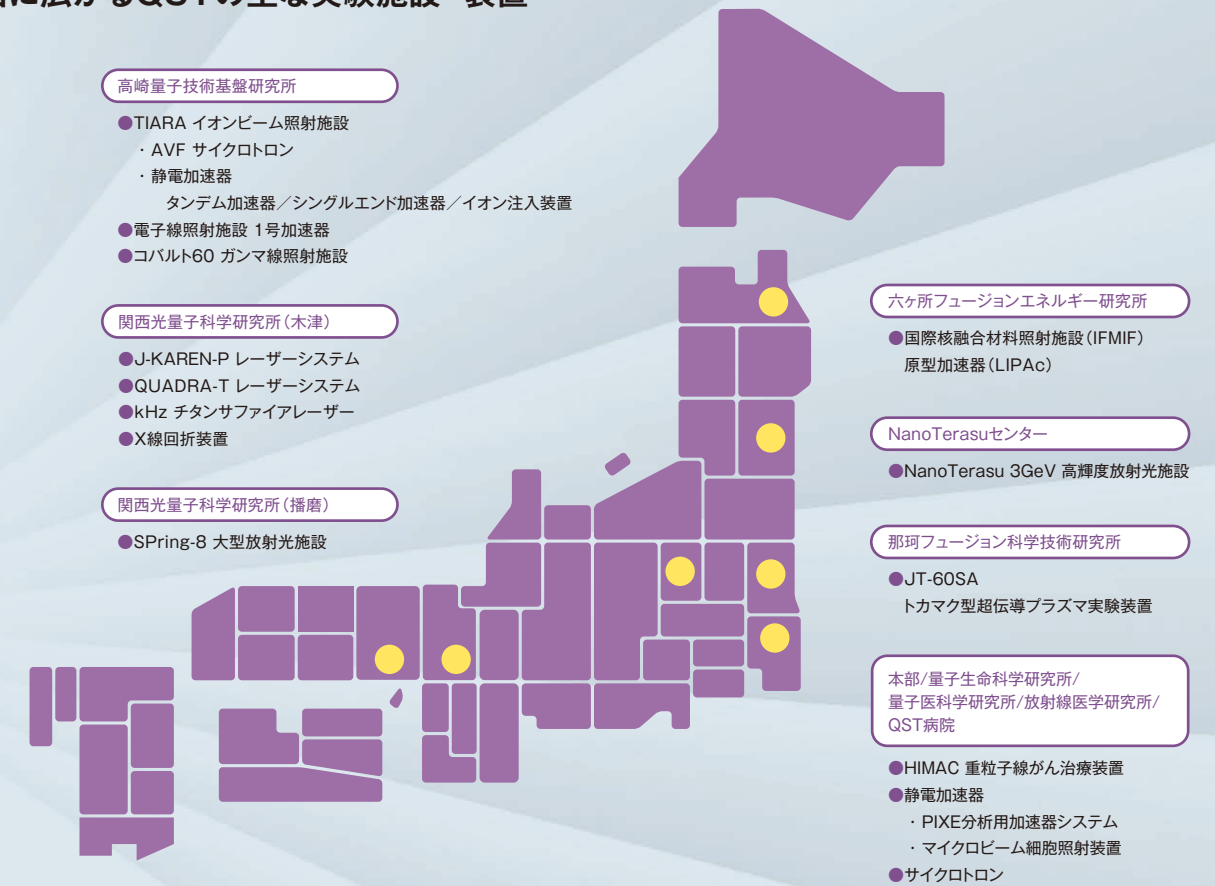
研究領域は幅広く、量子の特性を活かした新たな材料・技術開発、健康長寿社会の実現を目指す創薬、治療法の開発、生命現象の解明、「地上に太陽を」を目指すフュージョンエネルギー開発、被ばく医療にかかわる人材育成に加え次世代放射光施設の整備、運用等も行っています。

QSTはこれらを通じて、新たな価値を創造・提供し、経済・社会・環境が調和した持続可能な未来の実現に貢献します。

QSTの最先端研究をご紹介します

QSTの取得している知的財産のうち、この冊子では最近取得した特許について想定される利用先を含めてご紹介しています。もっと知りたい、うちのこれに使えるか、共同研究できないか、社会実装を一緒に目指したい、などのシーズが見つかりましたら、ぜひお気軽にお問い合わせください。

全国に広がるQSTの主な実験施設・装置



CONTENTS

イントロダクション

- 01 Hello from QST/ごあいさつ
- 03 QSTの研究シーズ・施設供用に
関する総合ご相談窓口
ご利用のご案内
- 07 イノベーション戦略部の取り組み

施設供用

イオンビーム

- 11 TIARA
サイクロトロン/静電加速器
- 13 HIMAC
- 15 PASTA&SPICE
- 16 サイクロトロン

電子ビーム

- 17 1号加速器
- 18 コバルト60

X線ビーム・放射光

- 19 NanoTerasu
- 21 SPRing-8
- 21 ●放射光メスバウアー分光装置
- 21 ●高温高压プレス装置
- 22 ●コヒーレントX線回折装置
- 22 X線回折装置

レーザー光ビーム

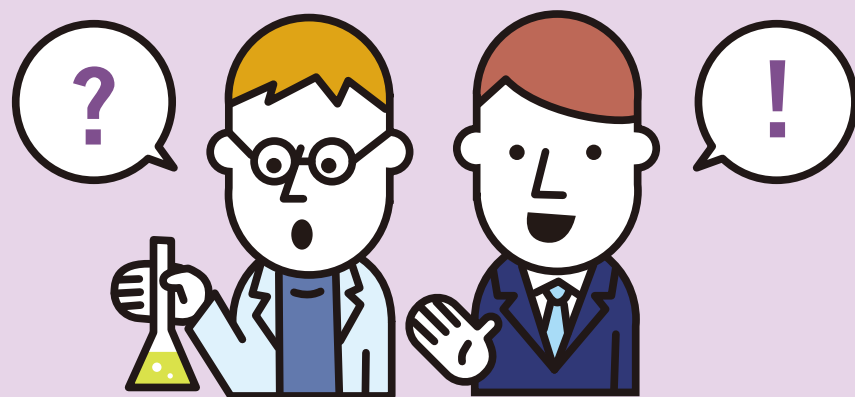
- 23 QUADRA-T
- 23 J-KAREN-P
- 24 kHz チタンサファイアレーザー

シーズ集

- 27 ナノテクノロジー・材料
- 31 医薬・ライフサイエンス
- 37 ものづくり技術
- 41 エネルギー
- 42 その他(環境・資源)
- 43 その他(計測)

施設は今日も 元気に照射中！

多種多様な実験に合わせてスケジュールどおりに照射できる施設の信頼性、ビームなどの品質の安定性が QST の施設群の売りです。一見当たり前と思うかもしれませんが、先端、大型装置ではベストな状態を維持すること自体が難しいこともあります。QST の施設、装置を開発、管理している担当者の長年の経験と技術の蓄積により、不調や故障に迅速に対応することで、利用者がいつ来ても照射できる施設を維持するとともに、新たな照射技術を開発しています。



世界最先端施設の利用や 技術開発のお困りごとなど 何でもご相談ください。

QSTの研究シーズ・施設供用に関する総合ご相談窓口

QSTご相談窓口では、企業等の方の「こんなものを開発したい」「どの施設を使えばよいかわからない」などのご相談を下記のメールアドレスにて受け付けています。QSTのシーズ開発にマッチしているものや施設が有効に利活用できそうなものなどは、課題解決に適した施設や手法についてご提案いたします。ご相談は無料です。



「QSTと一緒に研究をしたい」「シーズを使いたい」など、具体的にやりたいことが決まっている場合は、次ページの手続きをご参照ください。事前のご相談はQSTご相談窓口がワンストップでお受けいたします。



QST ご相談窓口 お気軽にご相談ください。

q-consult@qst.go.jp

量子科学技術研究開発機構イノベーション戦略部

共同研究

外部機関の研究者とQSTの研究者が、共通の課題に対して共同で研究を行います。

共同研究の流れ

- 1 研究者間で研究内容を協議し、共同研究計画書を作成します。
- 2 共同研究計画書確定後に、契約担当者間で契約内容を協議します。
- 3 共同研究契約締結後に、共同研究の開始となります。
- 4 共同研究で得られた成果をとりまとめてお互いに共有します。

企業等に負担いただく経費：直接経費＋間接経費
直接経費：共同研究の実施に直接必要な経費 間接経費：直接経費の10%相当額

受託研究

外部機関からの申込みを受けて、当該課題について研究等を実施します。

受託研究の流れ

- 1 申込内容を実施可能か、QST内で確認します。
- 2 申込内容の実施が可能と判断した場合は、契約担当者が申込機関と調整し、契約を締結します。
- 3 契約締結後に研究等を開始し、契約書に定める期限までに、契約書に定める書類（成果報告書等）を作成し、申込機関に提出します。

外部機関に負担いただく経費：直接経費＋間接経費
直接経費：研究等の実施に直接必要な経費 間接経費：直接経費の30%相当額

実施許諾

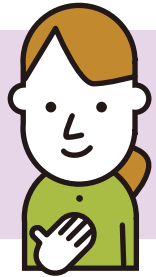
QSTが有する特許などのライセンスについて、実施許諾手続きを行います。

実施許諾の流れ

- 1 実施許諾申請について、QST知的財産活用課宛に連絡、実施申込書・計画書を提出します。
- 2 実施許諾申請内容に基づいて、申請側とQST間で申請内容を協議します。
- 3 申請内容について合意後、契約担当者間で実施許諾内容を協議し、実施許諾契約書を作成します。
- 4 実施許諾契約締結後に、QSTが有する特許やノウハウ等が使用可能となります。
- 5 QSTが有する特許やノウハウ等を使用した際に、実施許諾契約に基づいて、ライセンス使用料をQSTに支払っていただきます。

研究員等 受入制度

国内外の研究者等を受け入れ、
研究開発の効率的な推進と
人材育成を促進します。



客員研究員

高度な専門的知識又は顕著な業績
を有する方を、QST の研究開発等
に関する指導・助言を得るために
受け入れ、研究開発を推進します。



協力研究員

QST との共同研究など、QST の
研究開発等に関し、協力を得るため
受け入れ、研究開発を推進します。



連携大学院生

QST と大学が連携大学院協定を締
結し、QST の研究者が大学の指導
教員となり、QST の研究環境を活
用しながら研究指導等を行い学位
取得の支援を行います。



実習生

QST の施設を活用した研究実習を
行うために受け入れ、人材育成を
促進します。



QST スチューデント リサーチャー

国内の優れた大学院生を受け入れ、
主体的に研究に専念できる機会を
提供し、量子科学技術分野の若手
研究者の人材育成を図ります。研
究や就学を支援するために奨励金
を支給します。



QST リサーチ アシスタント

国内の大学院生を若手研究者とし
て採用し、競争的資金等による研
究開発業務に従事することを通じ
て、QST の研究開発業務に参画、
貢献することを目的としています。

QST アライアンス 事業

企業と QST が共同で研究開発を進める
“アライアンス事業”を展開しています。

企業活動がグローバル化し世界的な競争が激化する中、
産業界には解決すべきさまざまな技術的課題が存在します。
豊富な人材と最新の研究施設・設備を有する QST では、
産業界に存在する技術的課題を解決するため、
特定分野の企業群と QST が共同で研究開発を行う仕組みである
アライアンス事業を進めています。

第 1 段階

オープンな議論

社会課題に関するオープンディスカッションを
実施、開発目標を設定

第 2 段階

共通基盤・要素技術の開発

開発目標に対する共同研究を複数の会員
(企業、大学)と QST で実施(協調的な共同研究)

第 3 段階

クローズな開発

第 2 段階で開発された基盤・要素技術を利用して、
会員企業と QST のみでクローズな共同研究を実施、
製品やサービスの開発を行う

アライアンス事業

産業化・イノベーション
創出に向けた様々な出口戦略

産学連携大型外部資金

新サービス・新産業の創出

スタートアップ



くわしくは Web サイトをご覧ください



くわしくは Web サイトをご覧ください

<https://www.qst.go.jp/site/qst-ukeire/>

量子科学技術研究開発機構 研究員等受入制度



<https://www.qst.go.jp/site/qst-alliance/>

量子科学技術研究開発機構 外部連携



QST から生まれた！ 認定ベンチャー企業 紹介

QST では、研究成果の社会実装を行うために「QST ベンチャー支援制度」を設け、企業の設立を積極的に支援しています。ここでは、支援制度を利用している企業が取り組む製品開発のほんの一部をご紹介します。詳細は二次元コードからご覧ください。

採血せずに血糖値測定を実現

●関西光量子科学研究所発

ライトタッチテクノロジー

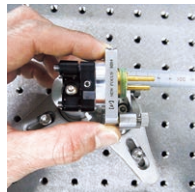
レーザー医療応用研究プロジェクトから生まれた二つのレーザー技術を融合し、世界で初めて「採血不要の血糖値センサー」を開発しました。家庭で使える・身につけられる医療機器として製品化することを目指しています。



指先で5秒！
センサーに触れるだけで
血糖値を計測できます。



非侵襲型血糖値センサー
カーボヘルスセンサー
<https://www.light-tt.co.jp>



超小型マイクロチップ
Yb:YAG レーザー
(先端個体レーザー技術)



画像処理技術と AI の融合

●量子医科学研究所発

Perfect Imaging Laboratory

パーフェクトイメージングラボラトリー

AI と医療画像技術を組み合わせ、企業、医療機関、大学・研究機関それぞれの抱える課題を解決することを目指しています。長年の研究ノウハウを生かし、適切に情報を抽出する画像処理技術が特長です。



画像処理により X 線画像の画質を
向上させている元画像。



構造の視認性が高まりました。

AI+医療画像技術

<https://www.perfect-imaging-laboratory.net>



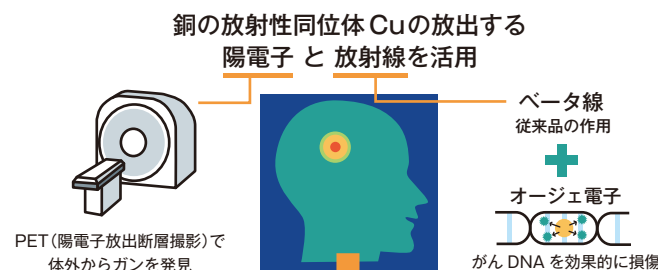
診断もできる放射線治療

●量子医科学研究所発

リンクメッド

従来の放射性治療薬で使用されてきたベータ線に加えて、がん細胞を効果的に傷つけられる「オージェ電子」という特殊な放射線を使い、がん治療を行います。治療と同時に診断もできる、ユニークな方法です。

2024 年大学発ベンチャー表彰特別賞受賞！（主催：NEDO）



無駄な治療を減らし、効果的な医療を実現

銅の放射性同位体 Cu を用いた放射性医薬品
<https://linqmed.co.jp/>



新技術でペットのがんリスク発見

●放射線医学研究所発

アニマルブライト

QST の特許技術である、「新規線虫走化性試験法 (PASS 法)」。優れた嗅覚を持つ生物「線虫」の持つ、がん特有の匂いに反応する性質を応用して、民間企業とともにペットのがん検査サービスなどを展開しています。



※完成予想図

動物 PET 総合診断治療センター（仮）
<https://animalbright.jp/index.html/>



ペットのトータルケアが
できる施設オープンへ！

ベリリウム調達問題の克服へ

●六ヶ所フュージョンエネルギー研究所発

MiRESSO

ミレソ

フュージョンエネルギーに必要な不可欠なベリリウムを、従来の 2,000℃の工程から 300℃の低温処理で精製できる QST 特許技術を用いて製造し、ベリリウムの安定的な供給を担い、フュージョンエネルギー実現に貢献します。



ベリリウム精製の
パイロットプラント
「BETA: Beryllium
Testing plant in
Aomori」
の完成イメージ図

ベリリウムの革新的精製技術
<https://miresso.co.jp/>



電池や核融合炉に必須なリチウムを国産化へ

●六ヶ所フュージョンエネルギー研究所発

LiSTie

リストー

塩湖や使用済みリチウムイオン電池等の様々なリチウムソースに適用可能で EV 社会に貢献。更には、ほぼ無尽蔵のリチウムが含まれる海水から回収し、資源に乏しい日本が海外輸入に頼らず国産資源で発電が可能なフュージョンエネルギー（核融合エネルギー）の実現に貢献します。

コンテナ型回収装置 [LISMIC ユニット]

特殊な分離膜を使い、
リチウムを含む液体（原液）から
超高純度リチウムを
ワンパスで回収！



超高純度リチウム回収装置 LiSMIC ユニット
<https://listie.co.jp/>



次世代の量子技術で社会に貢献

●量子生命科学研究所発

Type-I Technologies

タイプワンテクノロジーズ

ダイヤモンド結晶中の窒素－空孔中心 (Nitrogen-Vacancy Center: NVC) をはじめとした量子センサを活用し、次世代の超高感度センサーを開発しています。ナノ量子センシングシステムの販売やコンサルティングを通じて、医学・生命科学の進展、量子センシングの社会実装・普及に貢献します。



※イメージ画像

ナノ量子センサ・ナノ量子センシング
<https://type-i.co.jp>



社名は
「2100 年以降
(= タイプ I 文明時代)
に広く使われるような
次世代技術の開発」
をイメージ

QST

施設供用

世界最先端の設備と技術をご利用いただけます

世界最先端かつ高性能の大型研究開発施設群とその基盤技術を活用して、QSTと国内外の研究者の協創や施設供用により、量子科学技術のみならず幅広い分野で世界を牽引する、という方向性のもと、QSTの施設を民間企業や大学等に幅広くご利用いただけるよう、各施設の複合利用など、ご相談をワンストップで受け付けています。

これまで QST でできたこと

花の形や色を変える

日本に飛んでくるPM2.5がどこから来たか推定

がんを縮小させる医療用RI(放射性同位元素)を作る

半導体デバイスの宇宙空間での挙動を予測

目標とする特性を材料に持たせる

環境に適した農作物を作る

量子ビームで できること。

加速器などを使って量子の向きをそろえて束のように集め、まっすぐな流れに整えたものを「量子ビーム」と呼びます。

QSTの研究施設では量子ビームを使い、自然が生み出すさまざまな現象を解明し、活用することを目指しています。

観察する

物質に当てて、機能や構造を観察。人体の細胞のタンパク質を調べ、新薬開発につなげます。

知る

粒子同士を衝突させ、宇宙のはじまり「ビッグバン」を再現。新粒子発見も夢じゃない！

生み出す

物質の細胞にアプローチ。品種改良で、華やかな花や丈夫な植物を作ることも可能です。

加工する

物質に当てて、穴を開けたり削ったり。電子機器などナノサイズの部品づくりに。

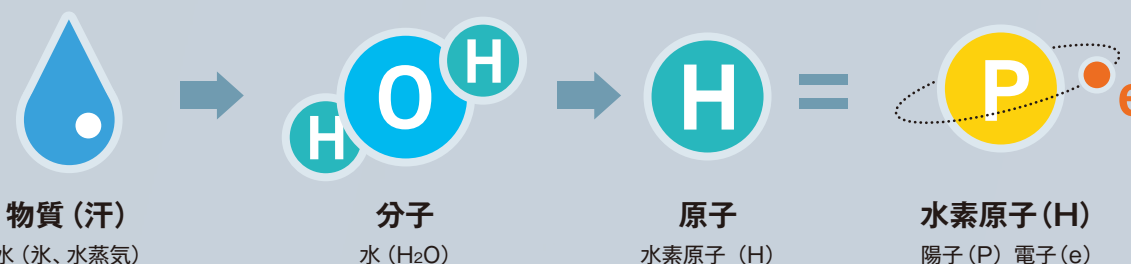
治す

がん細胞を狙い撃ちできるから、メスを使わず患者さんの負担を抑えた治療を実現。

量子は、物質やエネルギーのいちばん小さな単位です。

量子の世界では、波のように広がったり粒のような動きをしたり、二つの性質を同時にあわせ持つ、不思議な現象が起こります。日常の世界では、これらを確認することはできませんが、分子や原子、原子を構成する陽子や中性子、電子（素粒子）の世界ではそれらの性質が現れてきます。

物質を細かい構成要素に分けていくと…



イオンビームとは？

原子から電子を取ったり、またはくっつけたりして電気を帯びた粒子をイオンと呼び、電気力でエネルギーを与えて加速したものがイオンビームです。目的に応じてイオンの種類やエネルギーを選択し、さまざまな研究開発に活用しています。

TIARA | ティアラ |

基礎研究から材料開発まで 多種多様なイオンを自在に活用

イオンビーム照射研究施設TIARA (Takasaki Ion accelerators for Advanced Radiation Application) では、高エネルギー加速器「サイクロトロン」と、中低エネルギーの範囲をカバーする「静電加速器」3台を使い、時には複数のビームを組み合わせながら、ユーザーのニーズに応じたさまざまな実験を行っています。

植物の品種改良や日本酒用の酵母の改良などの身近に感じられるものから、宇宙空間で使用する半導体の信頼性評価や未来の量子デバイスの開発まで、幅広い研究に活用されています。



高いエネルギーを持つTIARAのサイクロトロンは、軽い水素からキセノンなどの重い元素までさまざまなイオンビームを使い分けて、放射性同位元素の製造やパイオ技術への活用、材料開発に役立てられています。たとえば、植物の突然変異は自然界でも起こっていますが、サイクロトロンのイオンビームを当てれば多様な突然変異を起こすことができるので、効率的な育種が可能になります。

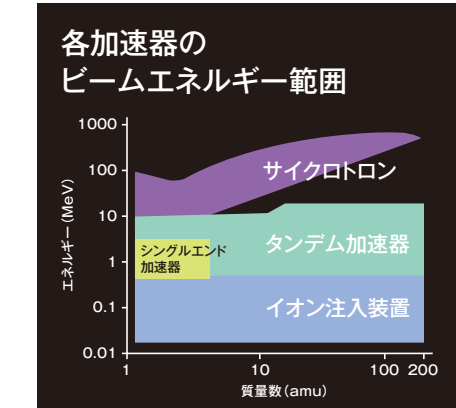
イオンビームは、あなたの身近でも役立っています。



多くのビームラインを備え、マイクロビーム照射や拡大照射など研究目的に合わせたさまざまな選択肢を用意できることが強みです。この施設だけで何種類もイオンビームを当てられるので、さまざまな研究に活用していただきたいと思います。

あまり知られていないかもしれませんが、私たちが毎日使うスマートフォンもイオン注入で作られた半導体デバイスの一つです。イオンビームの可能性を利用した、新しい研究や開発のご相談をお待ちしています。

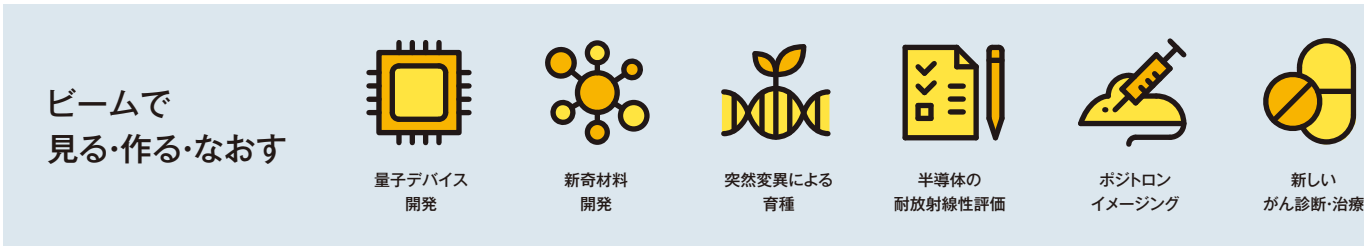
高崎量子技術基盤研究所 先進ビーム利用施設部 イオン加速器管理課
課長 倉島 俊



サイクロトロンってどんな装置？

装置名	AVF サイクロトロン
英語名称	AVF Cyclotron
所在地	群馬県高崎市綿貫町1233
イオンビームエネルギー	水素 10-90 MeV、 重イオン2.5 MeV/u-27 MeV/u
ビームライン数	水平10本、垂直4本

TIARA 紹介ページ ▶



トリプルビーム照射

静電加速器のビームラインは、3つの加速器のビームを同時に照射できる珍しい装置も備えています。

静電加速器 反応・相互作用の 基礎研究

タンデム加速器

二頭立て馬車を意味する「タンデム」の名の通り、二段階でイオンを加速し、量子センシング材料の研究など正確な位置へのイオンの打ち込みが得意です。

イオン注入装置

ビームの種類が特に豊富で様々なイオンの注入が可能です。加圧電圧が低く、タンクに入れて放電を抑える必要がないためコンパクトです。

シングルエンド加速器

非常にエネルギーの安定したビームを出すことができます。マイクロPIXE分析※を用いた、細胞などのミクロな領域の元素分布の画像化が得意です。※P15参照



さまざまな実験の相談に乗ることができます。



シングルエンド加速器とタンデム加速器、イオン注入装置のトリプルビーム照射ができるのが、一番の特徴です。2種類のビームを使った「デュアルビーム」や通常の1種類のビームの照射ももちろん可能で、サイクロトロンと同じように、ユーザーの希望に合わせているような実験の仕方ができます。

宇宙線が飛び交う空間を様々なイオンビームを用いて模した環境で実験したり、ビームを組み合わせ核融合炉などの特殊な放射線環境下で材料が損傷するプロセスを模擬したり、ダイヤモンドから超高感度センサーを作ったりと、多彩に活用できる施設です。

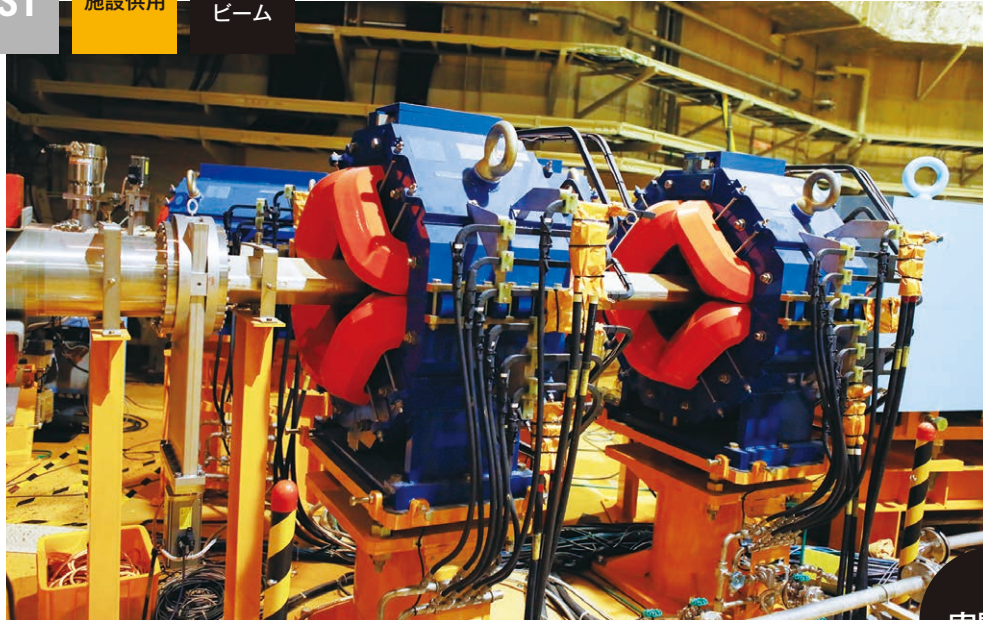
高崎量子技術基盤研究所 先進ビーム利用施設部 イオン加速器管理課
上席技術員 千葉 敦也

静電加速器ってどんな装置？

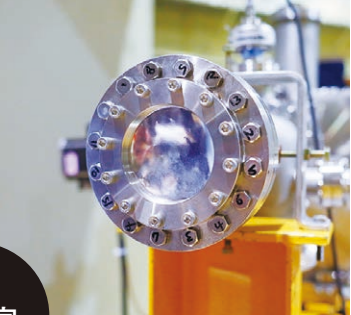
装置名	タンデム加速器／シングルエンド加速器／イオン注入装置
英語名称	Tandem Accelerator／Single-ended Accelerator／Ion Implanter
所在地	群馬県高崎市綿貫町1233
イオンビームエネルギー	タンデム加速器：水素 0.8-3.0 MeV、重イオン0.8-21.0 MeV シングルエンド加速器：水素、ヘリウム、電子 0.4-3.0 MeV イオン注入装置：水素、重イオン0.02-0.38 MeV
ビームライン数	15本

TIARA 紹介ページ ▶





照射口の向こう側は真空です。大気に触れるとビームの勢いが弱まってしまうため、一般的には真空状態のまま実験を行います。重粒子線は大気中でも十分なパワーを保つことができ、大気中照射が可能です。



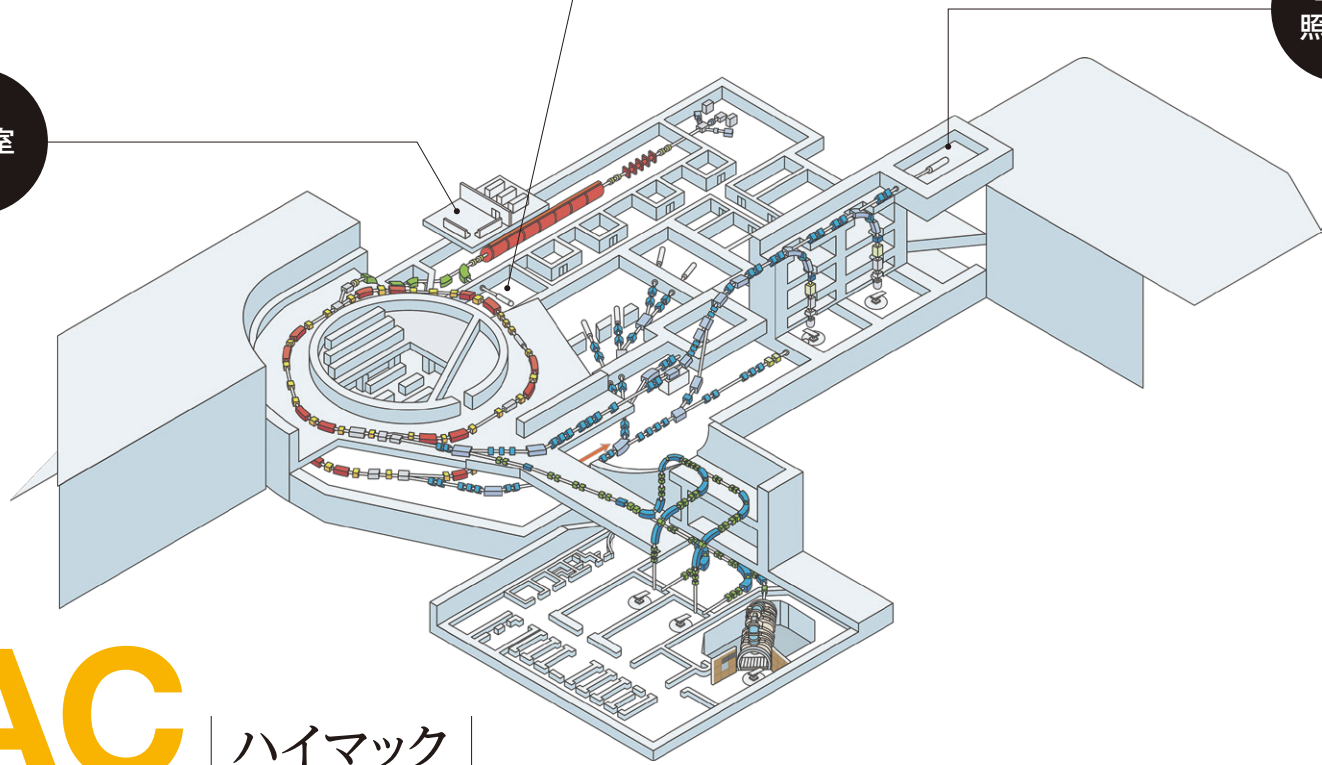
実験室

エネルギーが高く扱うイオンの種類も多いため、ビームの誘導やサイズ・形の調整には巨大な磁石が必要ですが、コンパクト化も研究されています。

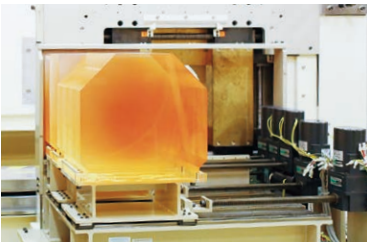
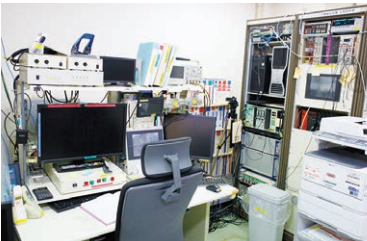


制御室

ビームの調整などはすべてこの部屋でコントロールされています。



生物
照射室



照射室ではビームを拡大する機構を備えており、広い試料に均等に照射することも可能です。加速器から出力される際にはビームのエネルギーは単一ですが、それを複数のエネルギーに分けて出す機構もあり、例えば一度の照射でビーム進行方向に幅があるネズミのがん病巣のみに放射線の影響を集中させるといった試験も可能です。(エネルギーが高いとビームが深いところまで到達でき、低いと浅いところまでしか到達できません)。エネルギーが高いので、パッケージを開かずに半導体の中身を調べることもでき、逆にパワーを弱めたい場合はアクリル板を使って細かく出力を調整できます。重粒子線は強力なため、植物のタネに外側から照射して品種改良する研究も行われています。

HIMAC
GALLERY



HIMAC

ハイマック

多分野への応用可能性を秘めた 重くて強い医療用ビーム

エネルギーの高い「重粒子線」を使い、身体を切らず、痛みもなく、がん治療ができるHIMAC。完成から30年以上が経ち、すでに15,000例を超える良好な治療成績を得ていますが、力を発揮するのはがん治療ではありません。高エネルギーであり、かつ重粒子線ビームを拡大して使うこともできるため、物理系の実験や生物への放射線影響を調べることなどに広く活用されています。海外の研究者や企業からも注目されている装置です。

世界初の重粒子線治療

重粒子線とは炭素イオンを加速して作るビームで、世界で初めて本格的ながん治療に活用したのはQSTです。照射する場所を細かく調整し、正常細胞を傷つけずがん細胞だけに効率良くダメージを与えることができます。

放射線治療の歴史

新 ↑ 重粒子線
陽子線
中性子線
X線
古 ↓ γ線(コバルト60)

まずは相談を。「HIMAC世話人」がお待ちしております。



大気中照射ができることもあり、「ちょっとビームを当てて調べてみたい」など、気軽にご相談いただきやすい施設だと思っています。30年間の運用実績のおかげで多くの知見が溜まっており、さまざまな分野のエキスパートをご紹介できるのが強みです。もっと多くの方に利用していただけるよう、加速器施設運営委員会事務局の「HIMAC世話人」として、安全性の確認や細かい手続きのお手伝いなど、慣れていない方でも安心して使えるようサポートしています。

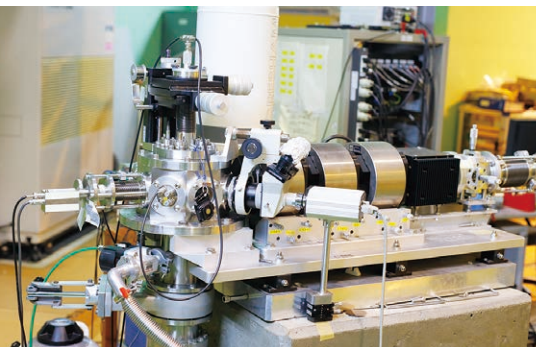
本部安全管理部(量子医学研究所併任)
次長 濱野 毅

HIMACってどんな施設？

施設名	HIMAC 重粒子線がん治療装置
英語名称	Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba
所在地	千葉県千葉市稲毛区穴川4-9-1
イオンビームエネルギー	800 MeV
ビームライン数	2本

HIMAC 紹介ページ



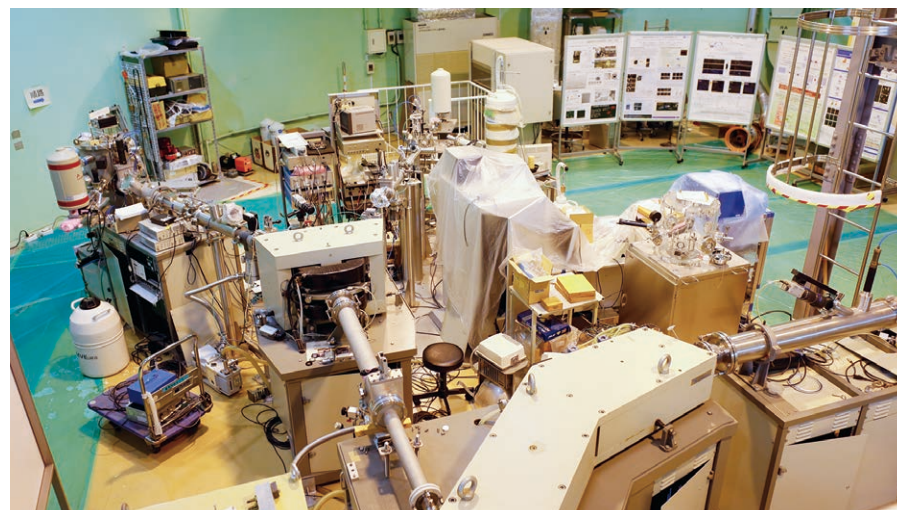


マイクロPIXE分析装置

「静電場」を用いてイオンを加速する装置「静電加速器」を含めた施設全体をPASTAと呼び、千葉地区ではそのビームラインの1つ「マイクロPIXE分析装置」を使いマイクロメートル(μm)レベルでサンプルを調べ、電子顕微鏡のように元素分布を見ることができます。がん治療など医療分野のほか、メーカー系企業が材料の不純物チェックにも活用しています。

PASTAのPは PIXE分析のP!

PIXE分析とは、サンプルにイオンビームを照射して出てきたX線を調べ、サンプルを構成する多種の元素を一度に分析する方法です。イオンビームを特に細く絞った「マイクロPIXE分析」では、元素分布を二次元の画像として得ることができます。



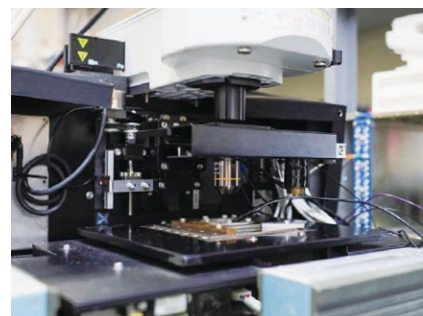
加速器に接続したビームライン(PASTA)

PASTA&SPICE

｜ pasta & スパイス ｜

健康長寿社会への光明
極細ビームで狙い撃ち

SPICEは、 $2\mu\text{m}$ まで絞ったマイクロビームを生きている細胞に照射する装置です。細胞核と細胞質を撃ち分け、それぞれに対する低線量放射線のダメージを調べるなど、精度の高い「狙い撃ち」が得意です。空気中では10数cmしか飛ばないほどにビームのエネルギーが弱いので、細胞を壊さずにその生体反応を調べて分析するのに適しており、宇宙放射線や生命科学の研究に活用されています。



照射装置(SPICE)

マイクロビームを撃ち分けて、
0.8mm×1.2mmの板に浮世絵を再現

分析結果を通じた社会貢献、それが喜びです。



分析の対象は幅広く、「これができる!」と一概に言うことは難しいですが、医療をはじめとした生命科学系の研究に強みを持った施設だということもあって、がんの診断や治療に通じる基礎研究に力を入れています。研究成果が治療薬となって実を結び、誰かを助けられる未来が待ち遠しいです。宇宙分野や考古学分野など大きなビジョンを持った研究も、非常に緻密で細かい分析作業が支えています。民間企業の方のアイデアもお待ちしております。

量子医科学研究所 物理工学部 静電加速器運転室
室長 及川 将一

PASTA&SPICEってどんな施設?

施設名	PIXE分析用加速器システム・ マイクロビーム細胞照射装置
英語名称	PIXE Analysis System and Tandem Accelerator & Single Particle Irradiation system to Cell
所在地	千葉県千葉市稲毛区穴川14-9-1
イオンビーム エネルギー	～3.4 MeVの水素イオン(陽子線)、 ～5.1 MeVのヘリウムイオン(α 線)
ビームライン数	4本

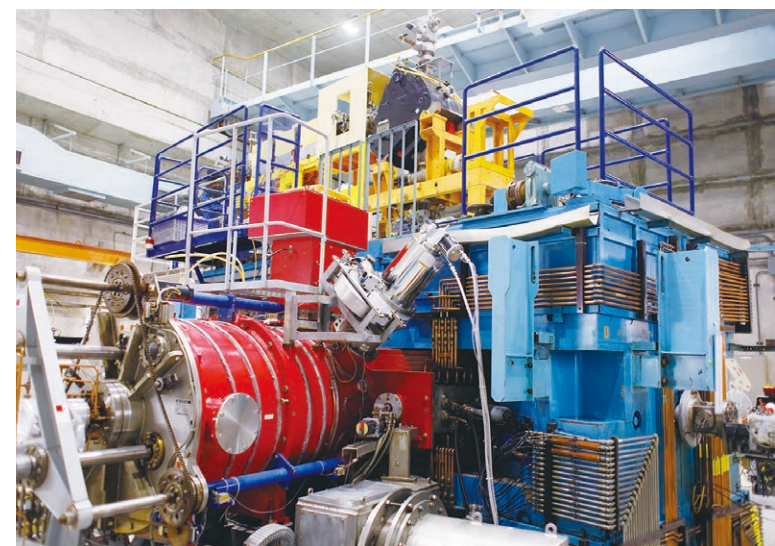
量子医科学研究所 紹介ページ



Cyclotron | サイクロトロン

がん治療も人工衛星も
強力なビームで
拓く未来

千葉地区のサイクロトロンは、パワフルなビームが自慢の施設です。イオンに電圧をかけ、巨大磁石を使って1秒間に地球を数周するスピードまで加速します。作られた放射性物質はがんの診断・治療に役立てられているほか、ここで試験された半導体や材料が観測衛星や通信衛星で使用されるなど、私たちの暮らしを支えています。



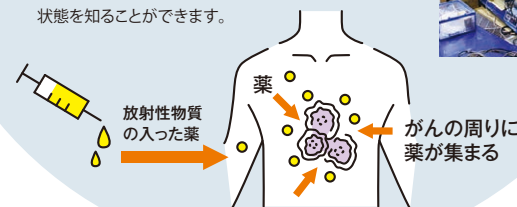
サイクロトロン

医療

サイクロトロンを持つ量子医科学研究所は、放射線医学総合研究所を祖とする機関です。そのため医療関係の研究に強みを持ち、PET検査によるがん診断やビーム照射によるがん治療、放射性薬剤の製造などを行ってきました。近年は診断と治療を同時に行う研究も進められており、早期発見・早期治療によるがんの克服が期待されています。

PET検査のしくみ

がん細胞に取り込まれやすい薬剤に放射性物質をくっつけて体内に投与すると、放射性物質ががん細胞に集まります。放射性物質からの放射線を検出することで、がん細胞の位置や大きさ、活動状態を知ることができます。



実験室

産業

サンプルにイオンビームを照射して宇宙空間に似た環境を作り出し、人工衛星に積む半導体などの研究を行うことができます。ビームが強力なため、半導体をパッケージごと測定できるのも強みです。宇宙からの放射線は日常的に地上に降り注いでいるため、こうした実験は身近な材料の特性変化を研究することにもつながります。

研究成果が宇宙へ!

小惑星探査機「はやぶさ2」の部品もここで実験が行われ、貢献の証として、はやぶさ2プロジェクトからQSTへ感謝状が送られました。



日夜努力を重ね、安定した実験環境を支えています。



いかに強力なビームを提供できるか、というのも私たちの腕の見せ所ですが、いかに安定した実験環境を整えられるか、というのもまた大きなポイントです。お約束した時間に照射を始められる安定した環境を守っていることは、私たちの誇りです。使用時間に応じた価格設定をしており使いやすい施設なので、今後は材料開発などでさまざまな産業の方にもサイクロトロンを活用してもらいたいと思っています。

量子医科学研究所 物理工学部 サイクロトロン運転室
室長 涌井 崇志

サイクロトロンってどんな施設?

施設名	サイクロトロン
英語名称	Cyclotron
所在地	千葉県千葉市稲毛区穴川14-9-1
イオンビームエネルギー	8～80 MeV(陽子)
ビームライン数	8本

サイクロトロン 紹介ページ





電子線とは？

電子線はX線（レントゲン）に比べて透過力は低いですが圧倒的に線量率が高く、さまざまな材料に短時間で効率よく照射することが可能です。また、エネルギーを変えることで照射の深さを調整できることも特徴です。

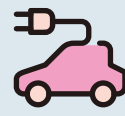
ビームがもたらす未来の材料



量子センシング
材料



宇宙用材料



自動車用
燃料電池触媒



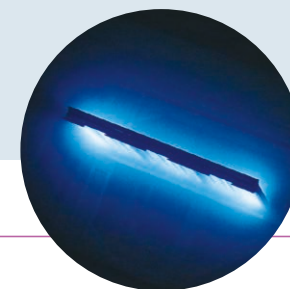
診断用デバイス



エネルギー再生材料



フュージョン
エネルギー用部材



水を青白く光らせる コバルト線源

線源から出るガンマ線が水に当たると「チェレンコフ光」という青白い光が見られます。線源は約5.27年をかけて徐々に半分まで放射能を失っていき、それに伴ってこの光も弱くなっていきます。施設の線量率を保つためには線源の定期的な買い替えが欠かせません。



120cmの幅で均一にビームを当てられる垂直照射ビームライン

ガスや液体を使った実験に便利な水平照射ビームライン



身長約175cmのスタッフと加速器との比較。水平方向（右奥）にも加速管があるのが特徴



施工当時もつとも建屋強度の高い形状を模索した結果、第1照射棟には天井の高いドーム型が採用された。

Cobalt 60 | コバルト60

放射線強度や範囲を自在に調整 多目的対応のガンマ線照射施設

コバルト60ペレットの詰まったチューブ（線源）から放出されるガンマ線を使い、量子マテリアル、機能材料の開発、バイオ研究や耐放射性評価研究が行われています。ガンマ線はレントゲンほどの強い透過力を持つため、その線源は実験時を除きプールの中に沈められ、徹底した安全管理が行われています。線量の強弱も部屋の大小もさまざまな計6つの照射室を備え、多人数・多目的での利用に柔軟に対応することが可能です。

スマートボックスの中には各種配線がすっきりとまとめられ、照射実験の効率化・リモート化を支えている



Electron Accelerator | 1号加速器

タテヨコ自由に照射可能な、量子マテリアルの研究拠点

2メガエレクトロンボルト（MeV）の電圧で電子を加速し、連続的に電子ビームを照射します。水平・垂直どちらの方向にも照射が可能な、世界で唯一の電子加速器です。たとえば、高分子材料に照射すると分子の結合を組み替えて高引張強度や高耐熱性の高いさまざまな材料などを作ることができます。最近ではダイヤモンドに照射して量子センシング材料・量子マテリアルを作る研究に利用されています。

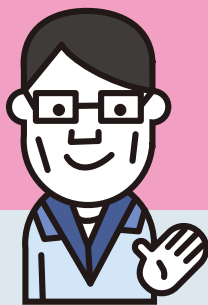
1号加速器ってどんな施設？

施設名	電子線照射施設 1号加速器
英語名称	Electron Accelerator
所在地	群馬県高崎市綿貫町1233
加速エネルギー	0.5～2.0 MeV
ビーム電流	0.1～30 mA
ビームライン数	2本（垂直、水平）

1号加速器 紹介ページ ▶



工業利用しやすい特徴を兼ね備えた施設です。



電源操作のみで簡単に照射することができてエネルギー効率も良く、工業利用を検討しやすい施設です。照射室が広いため大型装置も搬入可能で、二つの照射室の片方で照射しながら片方で次の実験の準備をできるなど、使い勝手の良さは定評があります。量子マテリアル研究に限らずさまざまな材料で実験可能です。利用者のニーズにどれだけ応えていけるかが、これからの私たちの腕の見せどころだと思っています。

高崎量子技術基盤研究所 先進ビーム利用施設部 照射施設管理課
課長 長澤 尚胤

できるだけ長く、多くの方に使っていただくために。

材料に対する照射効果は電子線照射とほぼ同じ結果を得られやすいですが、材料などの実際の利用シーンで重要となる、酸素の影響も加味した実験を行う場合はガンマ線照射が役立ちます。私たちは施設そのものの耐放射線性を調べる実験も行いながら、老朽化対策や安全性の確保などに力を注いでいます。そうした施設を長期的に占有するような実験も、照射場の面積が広いことを生かし、区切られたスケジュールの中から利用時間帯を選んで行う実験も可能です。

高崎量子技術基盤研究所 先進ビーム利用施設部 照射施設管理課
課長 長澤 尚胤



コバルト60ってどんな施設？

施設名	コバルト60 ガンマ線照射施設
英語名称	Cobalt-60 gamma-ray irradiation facilities
所在地	群馬県高崎市綿貫町1233
ガンマ線エネルギー	1.17 MeV & 1.33 MeV
線量率	0.2 Gy/h～7 kGy/h (2025年3月現在)
照射室	6室

コバルト60 紹介ページ ▶





NanoTerasu | ナノテラス |

100倍明るい次世代放射光で 物質の構造から未来を照らす

抜群の安定性を誇り、国内既存施設の100倍の明るさを実現する次世代型の放射光施設です。「次世代」と呼ばれるゆえんは、磁石の並べ方に工夫を凝らして電子ビームの密度を高めることで高輝度化を実現し、同時に施設のコンパクト化と高い安定性を実現したこと。

世界最高クラスの分析能力で物質表面や機能を調べることができ、新しい高温超伝導物質や磁性材料の発見などの最先端の科学技術の発展だけでなく、食品などの身近な研究にも幅広く活用されています。

NanoTerasu GALLERY



コンパクト・高品質・高輝度、3拍子そろいました。



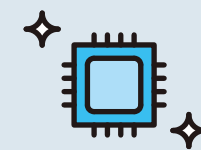
ブラウン管テレビと同じ仕組みを持ち運用しやすい電子銃、従来の半分の距離で加速できる加速管、単位長さあたりの数を倍増させた磁石など、これまでの研究で蓄積された知見と最先端の技術をバランス良く取り入れたのが、NanoTerasuの特徴です。途切れやブレを抑制した高い安定性と世界最高性能を誇る放射光の供給により、施設利用に訪れた方が限られた時間を効率よく使えるようサポートしています。

NanoTerasuセンター 高輝度放射光研究開発部
次長 西森 信行

X線ビーム・放射光とは？

高速で直進する電子が磁力によって進行方向を変えられると、エネルギーの一部が光（電磁波）として放出されます。このとき発生する光が放射光で、X線などエネルギーの高い光を放出します。

照らすことで
見えてくる未来たち



宇宙でも使える半導体



リニアモーターカーなど
に使われる超伝導体



食感の優れた麺類



人と環境に配慮したタイヤ

磁石を従来の3倍の密度で設置して
電子ビームの密度を上げ、
**施設のコンパクト化と
高輝度化を実現**

目標は
国内既存施設の
100倍の明るさ

稼働率100%に
限りなく近い
安定照射

世界に一台の装置で
**世界最高クラスの
分解能を発揮**

NanoTerasuの共用ビームライン

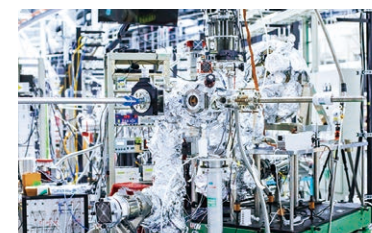
BL02U 軟X線超高分解能共鳴非弾性散乱

物質にX線ビームを当てて、出てきたX線のエネルギーを計測する「共鳴非弾性X線散乱」という実験を行う装置です。当てたX線と出てきたX線のわずかなエネルギー差は、物質中の電子がそのエネルギーを得て別の状態に変化したことを意味します。円周上をアームが大きく動くことで、色々な角度に出てくるX線を計測することもできます。その変化から、物質の性質がどのように生まれているかを調べることができます。たとえば温度を冷やすと電気抵抗がゼロになる「高温超伝導体」、その電子の変化から超伝導になる仕組みが解明できると考えられています。



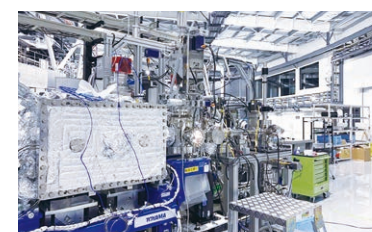
BL06U 軟X線ナノ光電子分光

物質にX線ビームを当てて、出てきた電子の角度とエネルギーを計測する「角度分解光電子分光」という実験を行う装置です。出てきた電子の角度とエネルギーから元の電子のエネルギーと運動量を逆算し、物質の性質やそのメカニズムを調べることができます。物質の表面に近いところや、薄いものを観察することが得意な装置です。たとえば最近では、原子1個分から数個分の厚みまでできている「超伝導体」や「トポロジカル絶縁体」など、まだ一般にはなじみがないかもしれませんが最先端のさまざまな物質の研究に使われています。



BL13U 軟X線ナノ吸収分光

物質にX線ビームを当てて、物質が吸収したX線の量を計測する「X線吸収分光」を行う装置です。どのエネルギーのX線をよく吸収するかは、元素ごとに異なるので、吸収されたX線のエネルギーから、その物質の性質を元素ごとにわけて調べることができます。また、特にX線の波がくるくる回る円偏光というビームを用いることで、物質の磁石になる性質をこれまた元素ごとに調べることができます。電気自動車モーター用の強力磁石や、ハードディスクなどの磁気記録媒体の開発などに使われています。



アイデアの相互作用に期待しています。



自分で取り組める実験というのは、当然ながら「自分が思いつく範囲」のものに限られてしまいます。供用施設で多くの方に開かれた施設だからこそ、皆さんにいろいろなアイデアを持ち寄っていただき、「知の交流」ができることを楽しみにしています。「まだ解明されていない物質を見る」というこの施設の特性に思いもしなかったような研究アイデアが加われば、きっとおもしろい発見が生まれるはずです。

NanoTerasuセンター ビームライングループ
グループリーダー 堀場 弘司

NanoTerasuってどんな施設？

施設名	NanoTerasu 3GeV 高輝度放射光施設
英語名称	NanoTerasu Synchrotron Light Source
所在地	宮城県仙台市青葉区荒巻青葉468-1 ナノテラス
電子エネルギー	3 GeV
ビームライン数	最大28本

NanoTerasu
webサイト



QST
NanoTerasu
紹介ページ



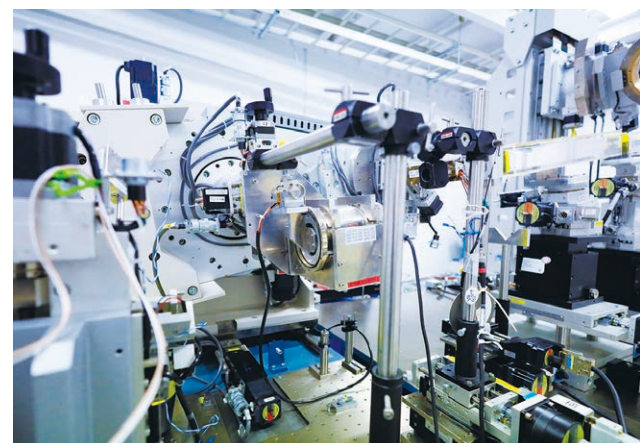
幅広い波長範囲で物質を見通す 世界最大級の放射光施設



世界最高性能の放射光を生み出すことができる大型放射光施設、SPring-8。幅広い波長範囲で世界最高クラスの明るさのビームが利用でき、物質内部の観察を中心にさまざまな研究や分析、産業に活かされています。

2本あるQST専用ビームラインには精度の高い測定が可能な装置や極限環境での物質特性を観察できる設備が整い、半導体や水素貯蔵合金、スマートフォン等に活用されるナノ粒子など、暮らしにも身近な材料が研究されています。

SPring-8 | スプリングエイト



物質の超微細構造を観察・測定

放射光メスbauer分光装置

「メスbauer分光」とは、原子核に放射光を当てて出てきたガンマ線を使って、材料となる物質の超微細構造を測定し、さまざまな情報を得る手法です。放射光を利用したことで、一般的な実験室の約10万倍の明るさを持つ細いガンマ線を作ることに成功し、鉄や金属を中心とする工業材料の分析や研究に活用されています。磁気メモリーなどに適用可能な応用研究も進んでいます。



半導体試料



関西量子科学研究所
放射光科学研究センター
磁性科学研究グループ
上席研究員
三井 隆也

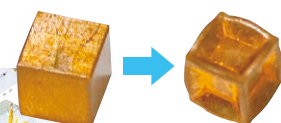
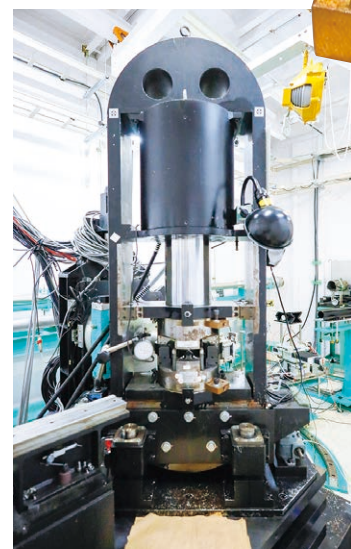
超高温高压の特殊環境を再現

高温高压プレス装置

非常に高い温度・圧力の条件下で材料の性質変化や化学反応を引き起こし、その様子を放射光を使ってリアルタイムに観測できる装置です。水素貯蔵材料など生活に役立つ材料合成に特化して研究しています。試料を持ち込むだけですぐに実験できるよう、自動化など処理能力向上に努め、実験用具も豊富にそろえました。実験効率が良いため多くのデータを得やすいのも強みです。



炭化タングステン製のパーツ
で試料を6方向から加圧



金属の中でも比較的軟らかい
銅の試料は、装置で加圧すると
縁がギュッと伸びる

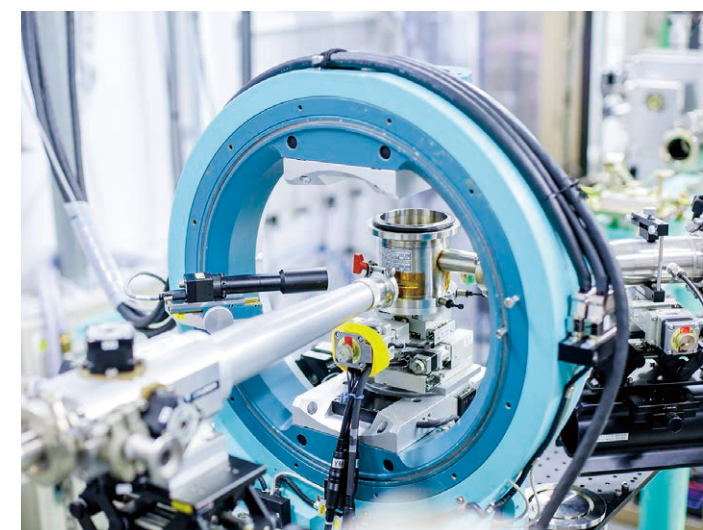
SPring-8ってどんな施設？

施設名	SPring-8 大型放射光施設
英語名称	SPring-8 (Super Photon ring-8 GeV)
所在地	兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1
電子ビームエネルギー	8 GeV
放射光エネルギー	軟X線 (170 eV) から硬X線 (300 keV)
ビームライン数	55本

SPring-8 紹介ページ ▶



関西量子科学研究所
放射光科学研究センター
水素材料科学研究グループ
グループリーダー 齋藤 寛之



非破壊でナノ粒子の動きを観察

コヒーレントX線回折装置

透過能力の高いX線により、物質内部のナノ粒子の材料を実際に動いている状態で観察できます。光源が高性能で正確な情報を得やすく、また電子顕微鏡と異なり試料を加工することなく観察できることがメリットです。原子より大きい目には見えない「メゾスケール」の物質を対象に、量子マテリアルや触媒など、エネルギーや社会インフラに貢献する材料を研究しています。



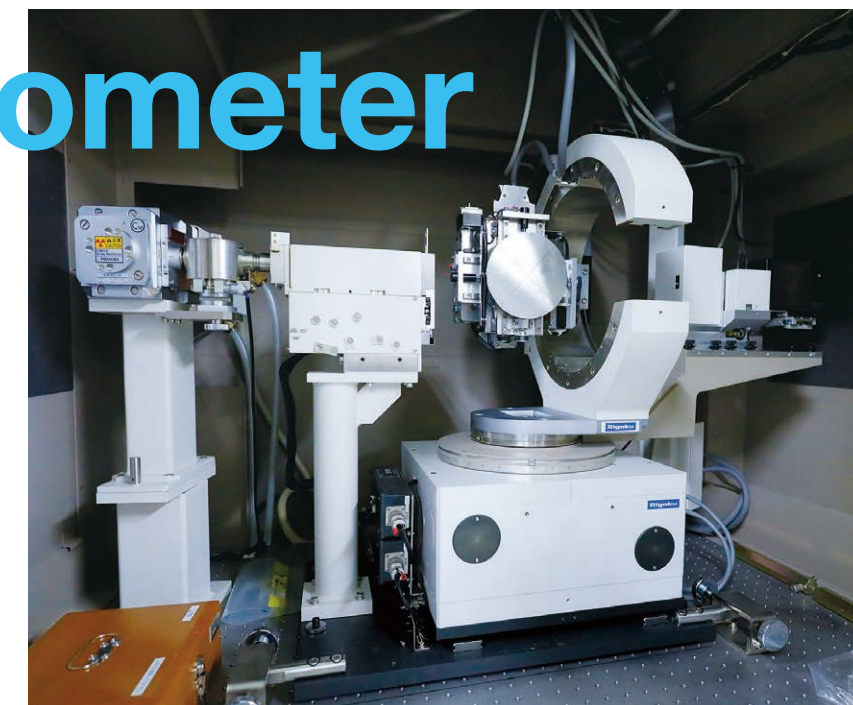
関西量子科学研究所
放射光科学研究センター
コヒーレントX線利用
研究グループ
グループリーダー
大和田 謙二

X-ray diffractometer

X線回折装置

多層膜・薄膜の観察 未知の用途にも期待

サンプルにX線を照射し、跳ね返ってきた信号から多層膜や薄膜の厚さや状態などを観察します。多層膜の検査用として導入され、軟X線反射鏡やX線回折格子のX線光学素子の開発に活躍しています。ナノメートル (nm) 単位の薄い膜を観察することが得意な装置です。



「見る」・「評価する」をメインに、「作る」のご相談も。



これまで私たちが積み上げてきた実績や知見をもとに、薄膜や多層膜に関するさまざまなご相談に乗れることが強みです。興味のある方には、見る・評価するだけでなく薄膜を作ることからお手伝いすることもできます。

関西量子科学研究所
量子応用光学研究部 X線超微細加工技術研究プロジェクト
プロジェクトリーダー 石野 雅彦

X線回折装置ってどんな装置？

装置名	X線回折装置
英語名称	X-ray diffractometer
所在地	京都府木津川市梅美台8-1-7

X線回折装置 紹介ページ ▶



レーザー光ビームとは？

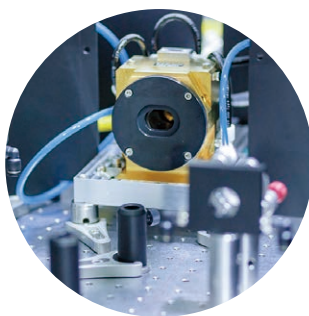
自然界には存在しない特殊な光で、光を束のように1点に集めてエネルギーを集中させます。
特に関西光量子科学研究所では、瞬間的に強い光を放つことのできる「パルスレーザー」を利用しています。

QUADRA-T | クアドラ-ティー |

人類史上最短の光で
物質の構造から未来を照らす

100京(10¹⁸)分の1秒(1アト秒)間だけ非常に強い光を放つレーザーを出せる装置です。非常に短い時間単位で物質を観察することができるため、電子が物質中を動く様子までも観察することができます。

よく使われる金属や一般的な物質を対象にした材料分析が得意で、高い実験効率と安定性も兼ね備えており、物質科学研究への活用が期待されます。



ビームラインの使いやすさも、アップデート中です。



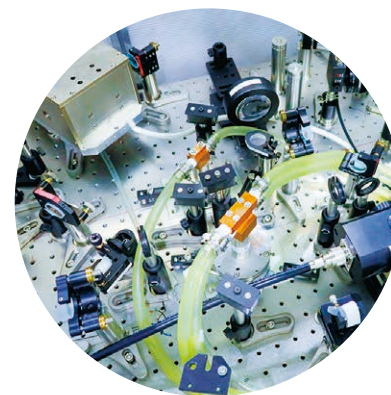
私たち自身の研究としてはレーザー光自体をテーマにしていますが、ビームラインとしての利用もおすすです。NanoTerasuとほとんど同じ周波数で、どちらも軟X線を出すことができ、光る時間幅は異なるため、NanoTerasuで物質の普段の様子を観察し、場合によってQUADRA-Tを併用するという使い方も良いと思います。光触媒など私たちの研究が進むほどに、皆さんに提供するビームラインの性能も高まってきています。

関西光量子科学研究所 量子応用光学研究部 超高速電子ダイナミクス研究
上席研究員 石井 順久

QUADRA-Tってどんな施設？

施設名	QUADRA-T レーザーシステム
レーザー光源名	高平均出力Yb レーザー
所在地	京都府木津川市梅美台8-1-7
レーザー光エネルギー	0.4~620 eV (=波長:2~3,000 nm)
ビームライン数	3本

高強度レーザー 紹介ページ ▶

kHz Ti:sapphire
laser | kHz チタンサファイアレーザー |

安定した利用実績と多様な実験への対応力を兼備

1,000兆(10¹⁵)分の1秒(1フェムト秒)の光が出やすい「チタンサファイア」の結晶を使ったレーザービーム装置です。使用するレーザービームの波長やパルス幅はJ-KARENと似ていますが、そのまま使うというよりはパルスの長さや光の色を変える、パルスペアにして当てるなど、ユーザーの要望・用途に応じてカスタマイズしたうえで使っています。実験用具自体は比較的そろえやすいものが多いため、特殊な実験にも小回りをきかせて対応可能です。

レーザーを使い慣れていない方こそ、ご相談ください。



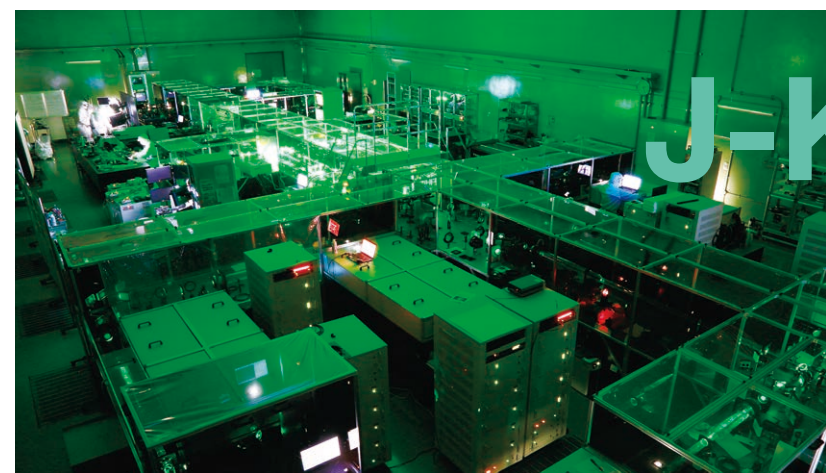
フェムト秒の光が出る、というのが大きな特長ですが、パルスの光っている時間幅を評価するのにも高度な技術が必要です。そのため、大学の実験室に装置はあるのだけれど、ここで共同研究をしたい、などというご相談を受けることもあります。鉱物に照射して元素分析をするなど、現在は学術研究目的の利用が多いですが、産業界の方、特にレーザー使用がはじめての方にも積極的に利用していただければ嬉しいです。

関西光量子研究所 量子応用光学研究部 超高速電子ダイナミクス研究
主任研究員 遠藤 友随

kHz チタンサファイアレーザーってどんな施設？

施設名	kHz チタンサファイアレーザー
英語名称	kHz Ti:sapphire laser
所在地	京都府木津川市梅美台8-1-7
レーザー光エネルギー	1.55 eV
ビームライン数	1本

kHz チタンサファイアレーザー 紹介ページ ▶



J-KAREN-P

| ジェイ-カレン-ピー |

超短時間×超高強度で
医学や産業の未来を変える

世界で最も強力なレーザーの一つ。1,000兆ワット(100万キロワットの発電所換算で100万基分)の光をわずか一瞬の間だけ放つため、超高压・超高温状態や超強力な電場・磁場を形成できます。こうした極限状態でのユニークな物理現象には各界から注目が集まっています。

たとえば、従来のマイクロ波に代わってレーザーで起きるプラズマ波を使って電子やイオンを加速する「レーザー・プラズマ電子加速」「レーザー駆動イオン加速」の技術開発やそれらを使った次世代の小型加速器開発と医療などへの応用、さらに、強力なレーザーで発生するX線や中性子線を活用した物質の非破壊検知技術への応用などの研究開発も行っています。

J-KAREN-Pってどんな施設？

施設名	J-KAREN-P レーザーシステム
英語名称	J-KAREN-P laser system
所在地	京都府木津川市梅美台8-1-7
レーザー光エネルギー	1.55 eV
ビームライン数	1本

高強度レーザー 紹介ページ ▶



QSTシリーズ集 も く じ

研究開発の成果を、あしたの課題解決へとつなげるために



》》 ナノテクノロジー・材料

	ページ
01 磁性材料の中の磁区が見える磁気顕微鏡	27
02 アルミニウムを主原料とした水素貯蔵材料	27
03 吸着材の新たな特性を発見	28
04 金属とFRPの接着における性能向上の技術	28
05 疎水性アルコールの添加による極低濃度エマルシヨングラフト重合法	29
06 光電変換不揮発性メモリー	29
07 電源不要な高感度磁場センサヘッド	30
08 パワーデバイス内部におけるナノメートル領域の温度計測	30
09 ダイヤモンドNVセンターナノピラーを用いた細胞内非標識・リアルタイム計測	31

》》 医療・ライフサイエンス

	ページ
10 がん微小環境や生体ナノ構造を測り、薬を届けるナノものさし高分子	31
11 ナノダイヤモンドの定量的PEG修飾法	32
12 中赤外線レーザーを用いたがん診断技術	32
13 生体内環境を模倣したタンパク質ゲル材料	33
14 放射線による腸管障害のMuse細胞を用いた再生治療	34
15 がんや認知症の早期病変を捉える放射線検出器	34
16 認知症やパーキンソン病の中核病変を画像化する診断薬	35
17 ピンポイントで脳の神経活動を操作する高性能薬剤	35
18 被験者の脳のタウタンパク質の蓄積量を推定する方法及び装置	36
19 脳のTDP-43病理を検出するヒト血液中のTDP-43タンパク質の測定方法	36
20 「波」のデータから潜在情報を読み出すAI	37

》》 ものづくり技術

	ページ
21 ECRイオン源で得られる多価イオン強度を簡易的な外付け装置により容易にブーストする方法	37
22 放射線環境及び磁場環境対応の角度センサ	38
23 高精度な放射温度測定方法	38
24 長尺のケーブル表面に均一な銅めっきを実現する技術	39
25 レンズ装置及びレンズ装置の製造方法	39
26 ノイズに起因する誤検出を低減し、アーキングを高速検出する技術	40
27 イオンビーム育種でバイオ燃料生産に役立つ微細藻類を開発	40

》》 エネルギー

	ページ
28 切り離し可能な把持取り合い装置を用いた把持システム、把持方法	41
29 磁性体による大型電子管の寄生発振の抑制技術	41
30 制振装置及び制振方法	42

》》 その他(環境・資源)

	ページ
31 パルスレーザー照射による廃液からの有用金属回収	42

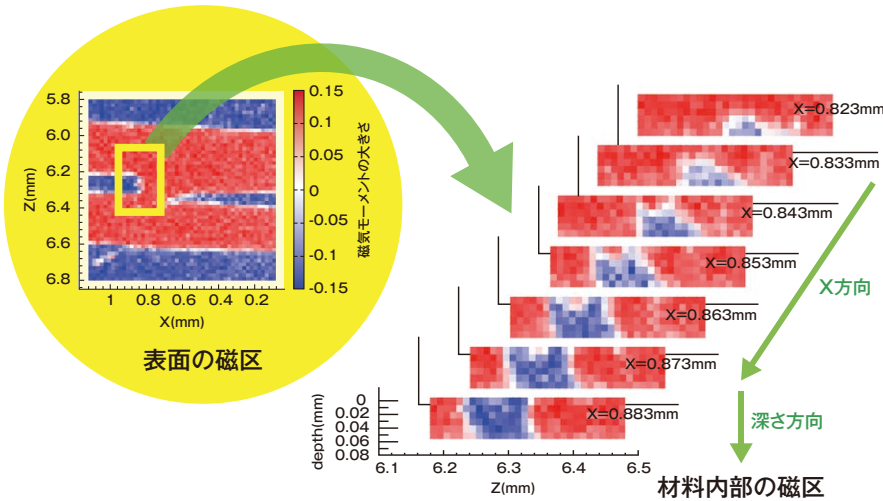
》》 その他(計測)

	ページ
32 細い筒状構造物の非破壊・非浸水の内部超音波検査	43
33 屋外でも使用可能な200W級 Nd:YAGレーザー	43
34 レーザー打音検査法	44
35 非破壊レーザープラズマ打音検査法	44

ナノテクノロジー・材料 キーワード >>> 電磁銅板、磁区、3次元磁区観察、X線磁気顕微鏡

01 磁性材料の中の磁区が見える磁気顕微鏡

機能性磁性材料の磁気特性を理解するには磁区の観察が欠かせません。この技術は、電磁銅板のような厚みのある磁性材料の中の磁区を観察する磁気顕微鏡です。



電磁銅板やインダクタ、永久磁石など、磁性材料の磁気特性を理解するには、磁区の分布と磁場応答の観測が欠かせません。しかし、既存の手法の多くは表面のみを対象とし、内部磁区の観察は困難でした。そこで私たちは、新しいX線磁気光学効果を利用した磁気顕微鏡を開発し、電磁銅板の磁区を3Dで観察可能にしました。この顕微鏡は表面から50マイクロメートル(μm)の深さまで10 μm の分解能で観測でき、今後は交流磁場下での測定も予定しています。高性能電磁銅板やインダクタ材料の改良に役立つと考えています。

段階：応用

(*想定される利用先*)

電磁銅板、インダクタ

関連供用施設

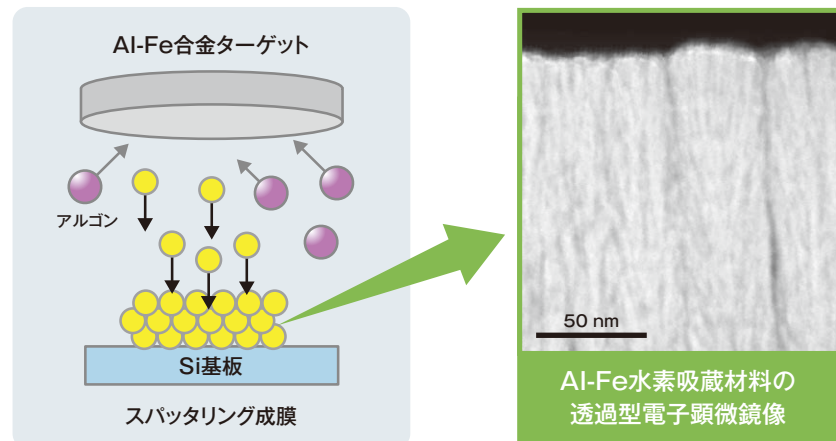
X線ビーム 放射光
(NanoTerasu, SPring-8)

●所属・研究代表者名：関西量子科学研究所 放射光科学研究センター 磁性科学研究グループ 稲見俊哉
●特許番号・論文情報：特許第7129109号、特願2021-002445
T. Inami, Phys. Rev. Lett. 119, 137203 (2017)
K. Sugawara et al., Journal of Applied Physics 130, 113901 (2021)

ナノテクノロジー・材料 キーワード >>> 水素吸蔵材料、アルミ合金、鉄、薄膜、イオンビーム

02 アルミニウムを主原料とした水素貯蔵材料

資源量が豊富で安価、軽量のアルミニウム (Al) を主成分に、鉄 (Fe)、マンガン (Mn) などを加えてナノ構造体を形成することで、水素吸蔵特性を発現します。



アルミニウムは常温、常圧で水素を吸蔵することはありません。しかし鉄やマンガンを添加した合金ターゲット材料をスパッタリング成膜し、ナノレベルの微細な柱状構造を形成することで水素吸蔵特性を発現します。この構造体は常温で水素を吸蔵し、80℃以上に加熱することで水素ガスを放出して利用することができます。アルミニウムが主成分であるため、安価で軽量な水素貯蔵材料を用いた水素貯蔵システムへの展開が期待できます。

段階：応用

(*想定される利用先*)

水素貯蔵技術

関連供用施設

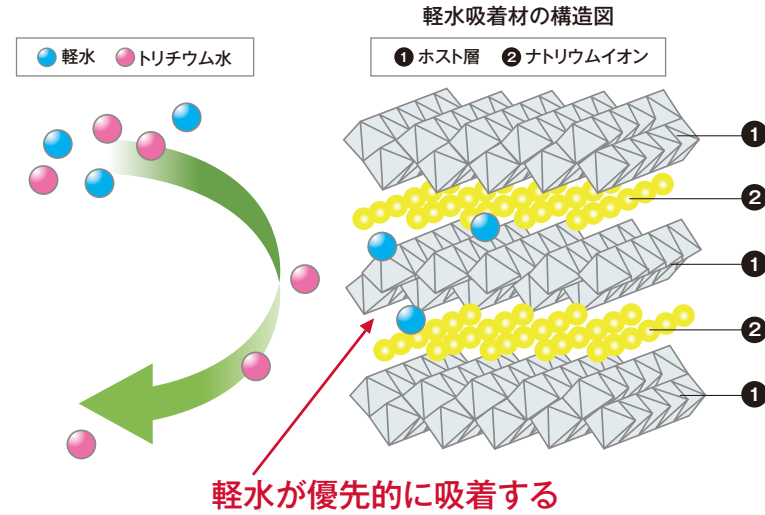
イオンビーム (TIARA, HIMAC, PASTA&SPICE、サイクロトロン)

●所属・研究代表者名：高崎量子技術基盤研究所 先端機能材料研究部 水素エネルギー変換デバイスプロジェクト 山本春也
●特許番号・論文情報：特開2022-073947

ナノテクノロジー・材料 キーワード >>> 層状無機化合物、水素同位体水、分離材、吸着材、トリチウム

03 吸着材の新たな特性を発見

水素同位体水 (例：トリチウム水) から軽水を分離する吸着材を開発しました。トリチウム水を優先的に吸着する従来の吸着材とは逆の吸着特性を持ちます。



本吸着材は、トリチウム含有水に対して軽水を選択的に吸着します。本吸着材は、チタン酸塩からなる八面体が連鎖して形成されたホスト層とホスト層の間にナトリウムイオンが配置される構造をしており、軽水がトリチウム水よりも優先して層間に吸着します。本吸着材により、新たなトリチウム分離材の開発など、トリチウム関連の懸案であったトリチウム汚染防止技術やトリチウム水の水素濃縮技術への応用が期待されます。
※大塚化学株式会社、山梨大学との共同研究により得られた成果です。

段階：応用

(*想定される利用先*)

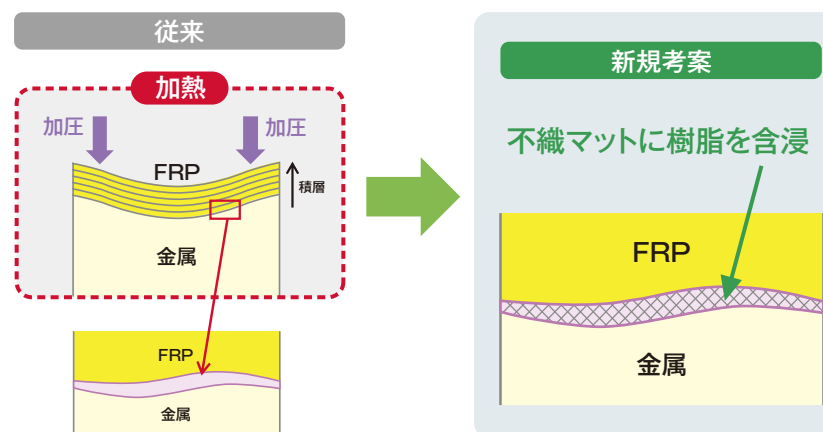
水処理技術、同位体分離技術、化学メーカー

●所属・研究代表者名：六ヶ所フュージョンエネルギー研究所 ブランケット研究開発部 トリチウム工学研究グループ 枝尾祐希
●特許番号・論文情報：特開2024-060858
Fusion Engineering and Design 202 (2024) 114426

ナノテクノロジー・材料 キーワード >>> FRP、金属加工、接着、熱硬化性樹脂

04 金属とFRPの接着における性能向上の技術

金属と繊維強化プラスチック (FRP) の間に熱硬化性樹脂接着剤を含浸させた繊維不織マットを敷き詰め、接着面のうねりに影響されず、金型不要で安価な接着方法を開発しました。



従来の金属とFRPの接着においては、設備の条件により大きさの制限を受けていました。本技術は、熱硬化性樹脂接着剤を染み込ませたシート状の繊維不織マットを敷き詰める方法で、これにより金型が不要となり寸法の制限がなくなるとともに、接着層自体の強度が向上し、接着面の平滑性や表面の粗さ、うねり等の影響を受けず、安価に接着が可能となりました。さらに樹脂を硬化させる際に、中間温度で予備硬化させた後に本硬化させる段階的硬化方法も考案し、接着強度が1.5倍、接着層の耐熱性が20%向上しました。

段階：開発

(*想定される利用先*)

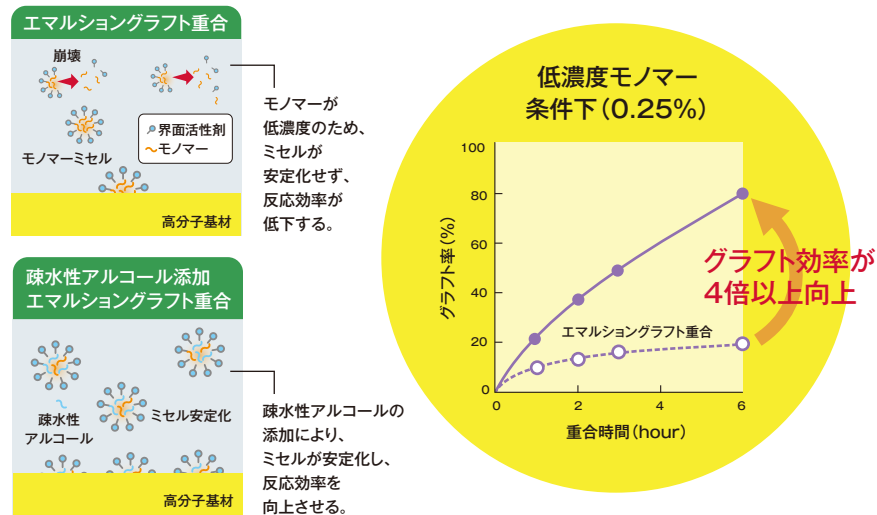
異種材料の接合

●所属・研究代表者名：那珂フュージョン科学技術研究所 ITERプロジェクト部 NB加熱開発グループ 戸張博之
●特許番号・論文情報：特願2023-8220、特願2024-45451

ナノテクノロジー・材料 キーワード >>> グラフト重合、機能性高分子材料、金属吸着材、表面加工技術

05 疎水性アルコールの添加による極低濃度エマルシヨングラフト重合法

エマルシヨンを溶液を安定化させる作用をもつ疎水性アルコールを添加することで、モノマー濃度が1%以下の極低濃度条件下でも安定して高効率にグラフト重合できます。



●所属・研究代表者名：高崎量子技術基盤研究所 先端機能材料研究部 エネルギー再生材料プロジェクト 大道正明
●特許番号・論文情報：特許第7437001号
M. Omichi et al., Radiat. Phys. Chem., 191, 109867 (2022)

量子ビームグラフト重合法は汎用性に優れた機能性材料の開発手法ですが、安定的に行うには数%以上の濃度のモノマー溶液が必要で、コストや環境負荷に懸念がありました。本技術では、界面活性剤を用いてモノマーを水に均一に分散させることでグラフト重合効率が著しく向上する「エマルシヨングラフト重合法」に着目し、さらに疎水性アルコールを添加することにより、モノマー濃度1%以下の安定的かつ高効率なグラフト重合に成功しました。加えたモノマーを無駄なく反応させるため、低コスト、低環境負荷での利用が期待できます。

段階：応用

⌘ 想定される利用先 ⌘

高分子機能性材料の開発、
表面加工技術の開発

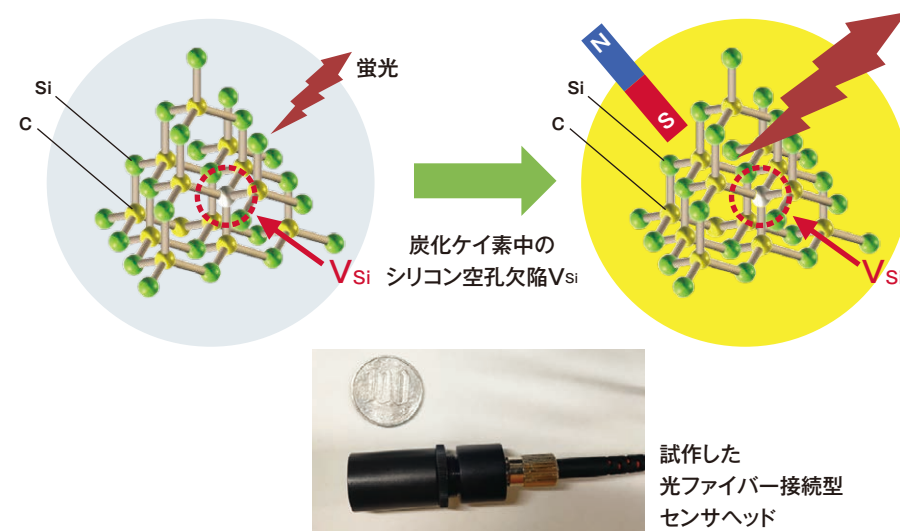
関連供用施設

電子ビーム (1号加速器)
ガンマ線 (コバルト60)

ナノテクノロジー・材料 キーワード >>> 光検出型磁場センサ、ファイバーセンシング、量子センサ、炭化ケイ素

07 電源不要な高感度磁場センサヘッド

磁場で蛍光強度が変化する性質をもつ炭化ケイ素 (SiC) 中の欠陥を活用することで、光ファイバーに接続して使用可能な、電源不要の高感度磁場センサヘッドを開発しました。



量産されているSiC基板への電子線照射だけで作れるシリコン空孔欠陥は、室温でも環境磁場で電子のスピン状態が制御できる「固体量子センサ」です。スピン状態は近赤外光を当てた際に生じる蛍光の強弱で読み出せるので、蛍光強度から磁場の強さがわかります。この原理に基づくセンサヘッドは「欠陥を形成したSiC基板に光を当てる構造」のみで作れるため、電源不要でmmサイズまで小型化可能です。電気回路がなく低コスト、高信頼性という特徴から、環境センシング用センサ、高温・高電圧などの過酷環境下で使えるセンサへの応用が期待できます。

段階：応用

⌘ 想定される利用先 ⌘

環境センシング、高圧線通電検査

関連供用施設

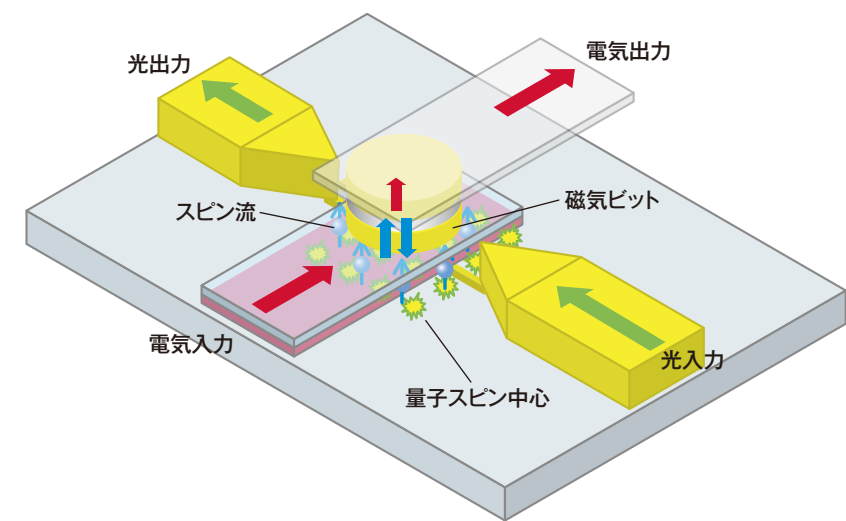
イオンビーム (TIARA)
電子ビーム (1号加速器)

●所属・研究代表者名：高崎量子技術基盤研究所 量子機能創製センター 光スピン量子制御プロジェクト 針井一哉
●特許番号・論文情報：特願2023-143175

ナノテクノロジー・材料 キーワード >>> メモリー、スピントロニクス、量子センサ

06 光電変換不揮発性メモリー

光によるスピン情報の書き込み・読み込みを原理とする新規不揮発メモリーです。



光電変換不揮発性メモリーは、スピン情報の書き込み・保持を担当する磁気ビットおよびスピン情報 (磁気) を読み出す量子センサを組み合わせた、新規不揮発性メモリーです。スピン情報の書き込みは超短パルス光 (または電流・電圧) を磁気ビットに照射 (または印加) することで、読み出しは量子センサを用いて光学的に磁気強度を読み取ることで行います。このメモリーにより情報の保持や光-光 (または光-電気) 信号の変換を高速に行えるようになり、今後さらに巨大化する光ネットワーク-各種データ発生源 (たとえば温度や圧力センサなど) 間の信号のやり取りがスムーズになることが期待されます。

段階：基礎

⌘ 想定される利用先 ⌘

メモリーデバイス

関連供用施設

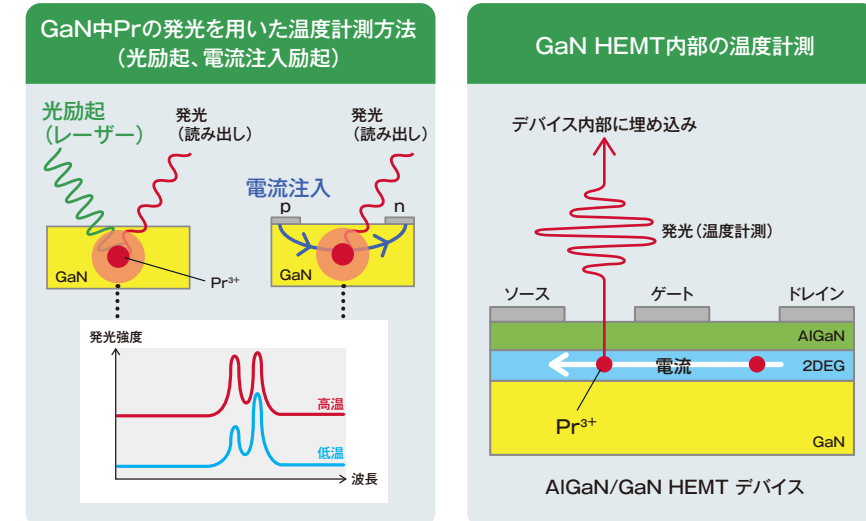
イオンビーム (TIARA)
X線ビーム 放射光 (SPring-8)

●所属・研究代表者名：高崎量子技術基盤研究所 量子機能創製研究センター 光スピン量子制御プロジェクト 山崎雄一
●特許番号・論文情報：特開2022-57335

ナノテクノロジー・材料 キーワード >>> 温度計測、量子センサ、ランタノイド、窒化ガリウム、プラセオジム

08 パワーデバイス内部におけるナノメートル領域の温度計測

窒化ガリウム (GaN) に微量添加した希土類イオンの発光特性からナノスケール領域の温度を計測する手法で、GaNデバイスの内部温度分布計測や動作状況検知に活用できます。



GaNに微量添加したプラセオジム (Pr) などの希土類イオンを発光させ、その発光スペクトルから希土類イオン周辺の温度を測定する技術です。ナノスケールの空間分解能での温度分布を知ることができ、GaNデバイス (パワーデバイス) 内部の温度分布やデバイスの動作状況検知に利用できます。また、GaN基板上に多数の希土類イオンを含むダイオードを配列し、基板上に配置した生体細胞などのナノスケール温度分布を計測するといった応用例も考えられます。さらにPr以外にも、目的に応じて発光波長の異なる希土類イオンでの計測が可能です。

段階：応用

⌘ 想定される利用先 ⌘

ナノサイズ温度センサ、
バイオイメーjing

関連供用施設

イオンビーム (TIARA)

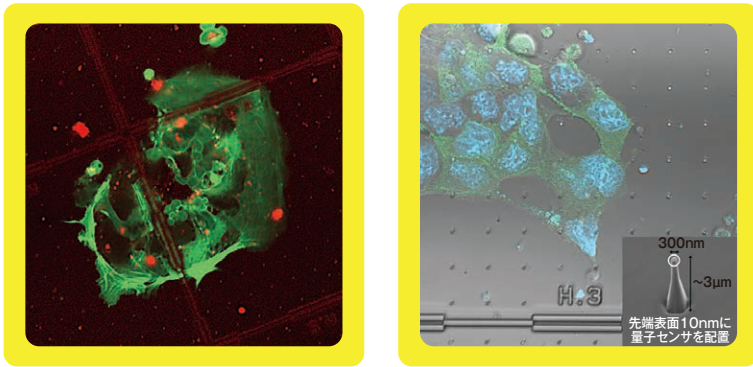
●所属・研究代表者名：高崎量子技術基盤研究所 量子機能創製研究センター 希土類量子デバイスプロジェクト 佐藤真一郎
●特許番号・論文情報：特願2021-032894、特願2021-032895

ナノテクノロジー・材料 キーワード >>> ラベルフリー細胞計測、量子センサ、イオン濃度計測、ナノダイヤモンド

09 ダイヤモンドNVセンターナノピラーを用いた細胞内非標識・リアルタイム計測

本研究では量子センサをナノ構造に導入することで、蛍光ラベルを利用せずに細胞内酸化状態やイオン濃度の変化など細胞内変化の高感度かつ定量的な計測を実現しています。

ナノピラー構造を利用した細胞内の局所的な情報計測の様子



細胞内複数の箇所からダイヤモンドピラー先端からの発光が観測されており、細胞内にナノ構造を利用した量子センサの導入を実現していることがわかる。

●所属・研究代表者名：量子生命科学研究所 量子生命システムグループ 石綿 健
●特許番号・論文情報：特願2022-185254, PCT/JP2015/068277

細胞内量子計測は細胞内を定量的に評価する可能性を秘めています。ナノ粒子の有する特性のために、細胞内外の計測結果の比較はできませんでした。本研究では、ダイヤモンドNVセンターのパターン化されたナノピラー構造を利用することで、まずは細胞内の局所的な情報を計測します。その後再度同じ場所を細胞外で計測することにより、高い定量性による温度・pH・イオン・ラジカル・酸化反応計測が可能です。本研究では一つの量子センサが発する光をナノ構造を用いて高効率に取り出すことで、非標識な高感度計測により高い定量性を実現しました。

段階：開発

⌋ 想定される利用先 ⌋

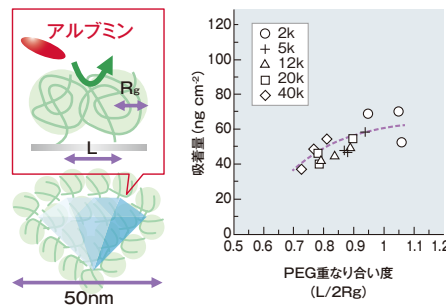
製薬会社、
ラベルフリー細胞内反応解析技術

医薬・ライフサイエンス キーワード >>> 高分子表面修飾、生体ステルス化、蛍光ナノ粒子、ナノダイヤモンド、生体ナノ量子センサ

11 ナノダイヤモンドの定量的PEG修飾法

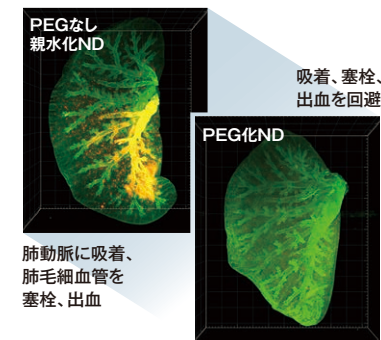
標的へのデリバリーと生体内センシングの実用化に道を拓くナノダイヤモンドの定量的PEG修飾法を開発しました。

PEG付加修飾の最大密度を達成



・PEG分子量
・ND表面における重なり合い度
・アルブミン吸着量
この3つの相互関係の定量化に成功!

血中投与後の肺集積を大幅に減少



血中投与による
ナノダイヤモンドの
デリバリーを可能に

●所属・研究代表者名：量子医科学研究所 分子イメージング診断治療研究部 機能分子計測グループ 長田 健介
●特許番号・論文情報：特願2023-139263
K. Rikiyama, et al., Langmuir 40 18, 9471-9480 (2024)

NVセンター導入NDは、生体内局所の温度やpH、電場、磁場を計測する量子センサとして期待されています。この実用化には、標的とする部位に届き、生体に干渉せずにそこにいるステルス性の確保が不可欠です。本技術は、最も代表的な生体適合性高分子PEGを、最も代表的な修飾法である付加反応で被覆する最適な方法論と、それによるPEGの重なり合い濃度の同定法を示したものです。本技術によってPEG修飾されたNDは肺血管への吸着を大幅に減少させ、血中投与が可能となりました。標的へのデリバリーによる生体内センシングの実用化に道を拓きました。

段階：基礎

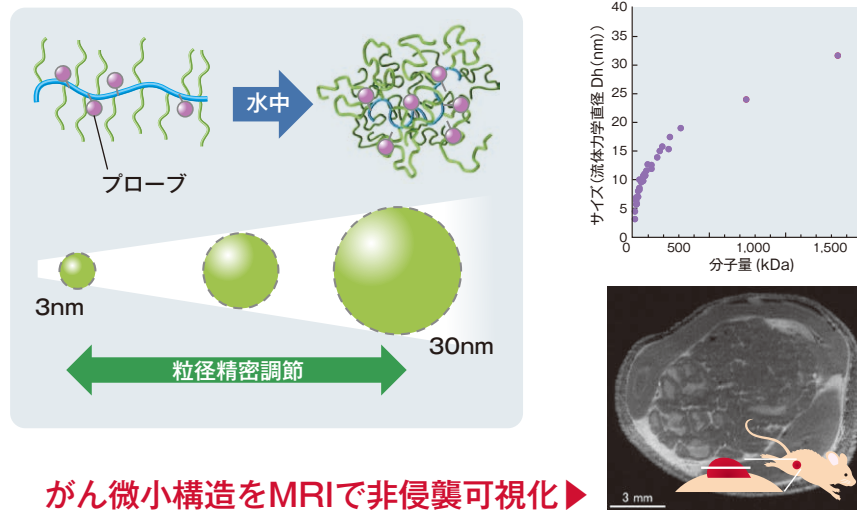
⌋ 想定される利用先 ⌋

生体量子センシング技術、
生体蛍光ナノプローブ材料

医薬・ライフサイエンス キーワード >>> MRIナノ造影剤、高分子ナノローラー、がん診断、DDS

10 がん微小環境や生体ナノ構造を測り、薬を届けるナノものさし高分子

粒径を数nm～数10nmに精密調節した高分子でがん微小環境や生体内のナノ構造をイメージングし、薬を届けるナノ診断治療システムを開発しています。



がん微小構造をMRIで非侵襲可視化▶

3～30nmを1nmピッチで精密に粒径調節できる生体適合性“ナノものさし高分子”を開発しました。ここに造影剤や放射性核種を付ければ、がん微小環境や生体内のナノ構造をMRIやCT、PET/SPECTでイメージングすることができます。薬を付ければがんや炎症部位に薬を選択的に届けるナノDDS (Drug Delivery System) に、抗体サイズに制御すれば抗体医薬の体内分布を予測するコンパニオン診断プローブにもなります。ナノものさし高分子をプラットフォームとした、ナノ診断治療システムを構築していきます。

段階：基礎

⌋ 想定される利用先 ⌋

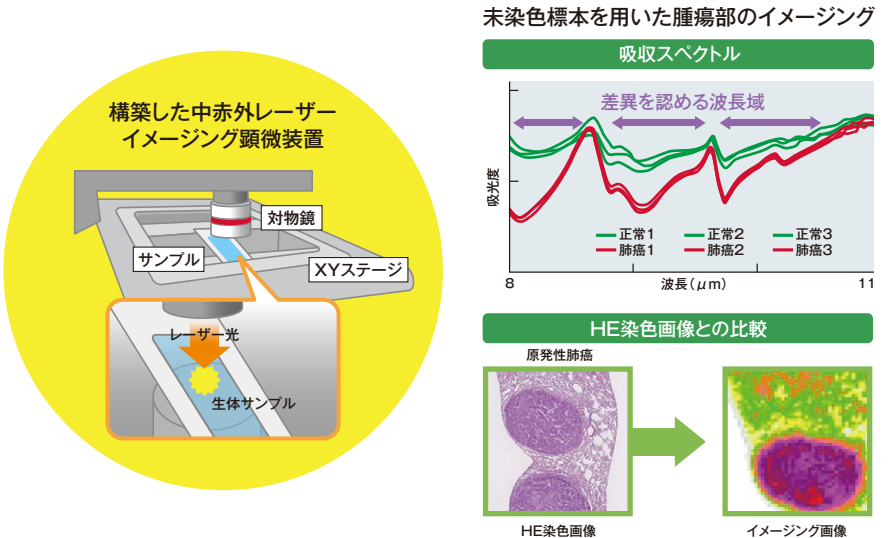
MRI診断、薬剤DDS

●所属・研究代表者名：量子医科学研究所 分子イメージング診断治療研究部 機能分子計測グループ 長田 健介
●特許番号・論文情報：特願2022- 67148, PCT/JP2023/011719
K. Minegishi, et al., Journal of Controlled Release 347 607-614 (2022)

医薬・ライフサイエンス キーワード >>> がん診断、中赤外線レーザー、病理学、無染色

12 中赤外線レーザーを用いたがん診断技術

中赤外線レーザーの特性を活かし、可視顕微鏡では難しかった「がん細胞に特異的に蓄積する物質の同定」ができるがん診断イメージング技術の開発を進めています。



中赤外線「分子内部の振動と共鳴する波長領域で特定の物質のみに吸収される」という特徴を生かした分析装置として、組織内に微視的に分布する物質の違いを可視化する顕微イメージング技術を開発しました。この技術によりがん病変と正常部との組織変化を分子指紋の違いとして捉えることができ、従来の確定診断に必要とされていた組織染色や免疫組織化学染色が不要となって、診断までの時間短縮が実現します。さらに、がん病変の組織内に特異的に存在する分子指紋をデータベース化することで、より高い精度と信頼性でがん病変の検出が期待できます。

段階：基礎

⌋ 想定される利用先 ⌋

がん診断技術

●所属・研究代表者名：関西光量子科学研究所 量子応用光学研究部 レーザー医療応用研究プロジェクト 山川 考一
●特許番号・論文情報：特許第6839400号

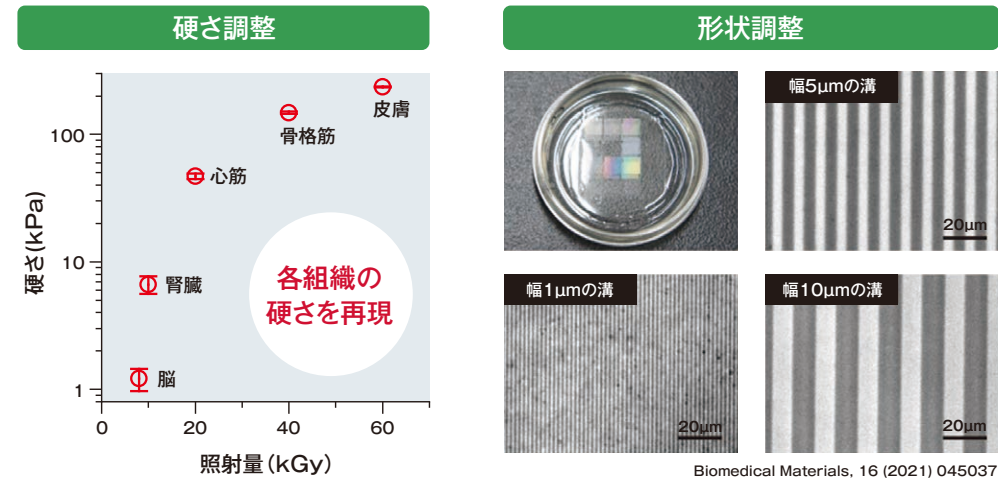
医薬・ライフサイエンス キーワード >>> ハイドロゲル、細胞培養基材、タンパク質ゲル、放射線架橋

13 生体内環境を模倣したタンパク質ゲル材料

放射線架橋技術により、生体内環境と生体外の培養環境の距離を縮める細胞培養タンパク質ゲルを開発しました。細胞外マトリクスの成分や硬さ、形状を模倣することで、生体内と同じような細胞応答が得られます。

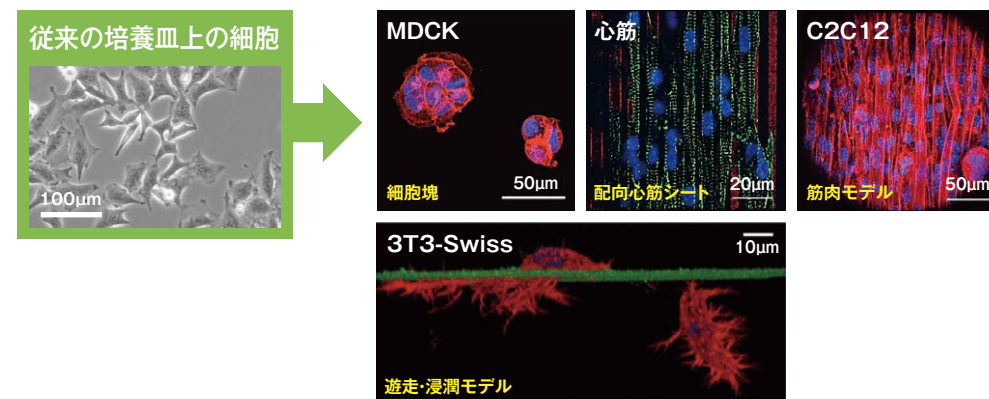
生体内環境を模倣

成分だけでなく、ゲルの硬さや形状も調整可能です。



タンパク質ゲルの成分・硬さ・形状が、従来の培養法では見られない多様な細胞応答を引き出します。

細胞機能を引き出す培養基材



化学薬品を一切使わずにタンパク質をつなげてゲル化する新技術で、生体内環境と生体外の培養環境の距離を大幅に近づける新しい細胞培養材料を開発しました。生体内の細胞周りに存在する細胞外マトリクスの成分や硬さ、形状を模倣することで、従来のプラスチック製の培養皿上では観察できなかった細胞機能を引き出す培養材料として活用できます。また、その生体適合性と生分解性を活かし、培養した細胞を移植するための基材や移植医療器具の表面改質材としても利用することが可能です。

●所属・研究代表者名：高崎量子技術基盤研究所 先端機能材料研究部 田口光正、大山智子
●特許番号・論文情報：特許第7414224号

段階：応用／開発

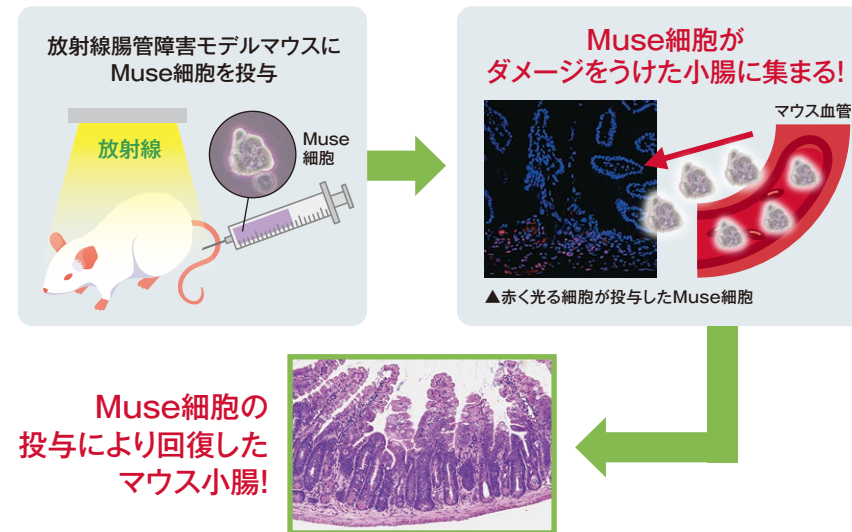
⌋ 想定される利用先 ⌋
細胞培養基材

関連供用施設
電子ビーム（1号加速器）
ガンマ線（コバルト60）

医薬・ライフサイエンス キーワード >>> 骨髄由来組織幹細胞、Muse細胞、放射線障害、再生医療

14 放射線による腸管障害のMuse細胞を用いた再生治療

放射線により腸管で起こる「放射線腸管障害」の治療法は未だにありませんが、私たちは、ヒトの骨髄に含まれるMuse細胞がその治療に有望であることを発見しました。



ヒトの骨髄や脂肪に存在するMuse細胞は、傷ついた部位に集まり組織の再生を促進する能力を持っています。マウス実験から、ヒト骨髄由来のMuse細胞が、放射線腸管障害の治療に対して有望であることが示されました。腸は放射線に非常に弱く、腹部の腫瘍に対する放射線治療にはさまざまな困難がありますが、放射線腸管障害に対する有効な治療法の確立は、放射線治療のリスクを軽減し多くの患者への安心・安全な治療提供を可能にします。また放射線治療のみならず、予期せぬ被ばくによる放射線腸管障害に対する治療への応用も期待できます。

段階：基礎

⌋ 想定される利用先 ⌋

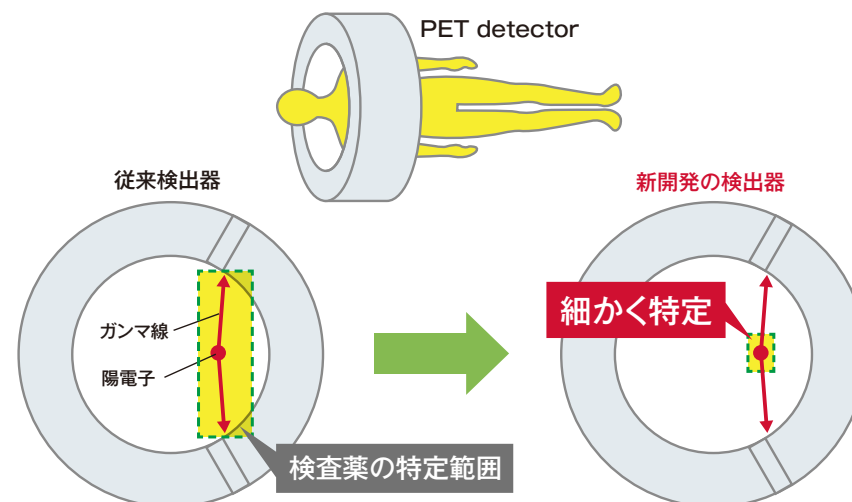
再生医療、
放射線障害治療

●所属・研究代表者名：放射線医学研究所 放射線規制科学研究部 組織再生治療研究グループ 三浦太一
●特許番号・論文情報：Miura T et al., Adv. Radiat Oncol. 2024; 9(9): 101565

医薬・ライフサイエンス キーワード >>> PET（陽電子放出断層撮影）、核医学、放射線検出器、画像診断、がん診断、脳、認知症

15 がんや認知症の早期病変を捉える放射線検出器

全身用から頭部用、実験動物用までさまざまなタイプのPET（陽電子放出断層撮影）装置の実現を可能にする、高精度放射線検出器を開発しました。



がんやアルツハイマー型認知症の早期診断法として有望なのがPET検査です。病気の進行に直結する物質が特定され、それらの物質に結合する化合物も解明されています。PETはそれらの化合物に陽電子で目印をつけて検査薬とし、その体内分布を画像化する方法です。本技術では陽電子から発生する放射線をより正確に検出でき、これまでの約10倍細かいものが見えるようになることが期待されています。がんは転移する前に、認知症は記憶能力を失う前に見つける—症状が現れる前に病変を捉えて治療する未来の実現に貢献します。

段階：開発

⌋ 想定される利用先 ⌋

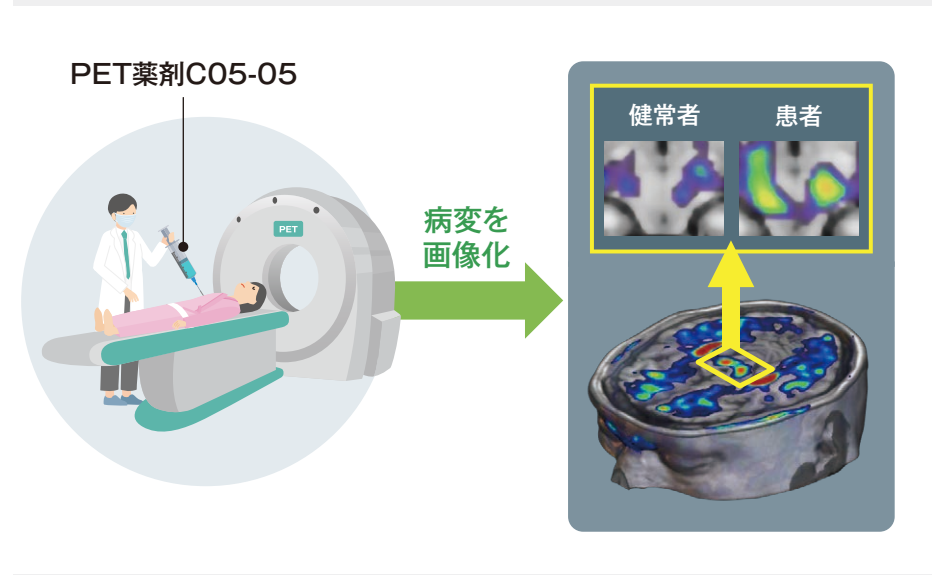
PET（陽電子放出断層撮影）装置

●所属・研究代表者名：量子医科学研究所 先進核医学基盤研究部 イメージング物理研究グループ 山谷泰賢
●特許番号・論文情報：特許第7384454号、US11,982,777B2、特願2022-187745、特願2023-014284、特願2023-35999、特願2023-137967

医薬・ライフサイエンス キーワード >>> 脳、認知症、運動疾患、PET（陽電子放出断層撮影）、診断薬、アルツハイマー病、神経

16 認知症やパーキンソン病の中核病変を画像化する診断薬

主要な認知症の一つであるレビー小体型認知症や、運動機能障害をきたすパーキンソン病の中核病変である α シヌクレインを、生体脳で可視化する診断薬を開発しました。



レビー小体型認知症やパーキンソン病では、 α シヌクレインというタンパク質からなる線維が脳の神経細胞内に沈着し、細胞死や疾患特有の症状を引き起こします。 α シヌクレイン病変に結合する放射性薬剤C05-05を患者に注射し、PET（陽電子放出断層撮影）を行うことで、生体脳における病変の画像化を実現しました。病変の量や分布に基づいて疾患の診断精度を高め、客観的な重症度評価が可能になるだけでなく、 α シヌクレイン沈着を抑制する疾患修飾薬の開発においても、本薬剤を用いたPET評価が有用となります。

段階：開発／臨床

（想定される利用先）

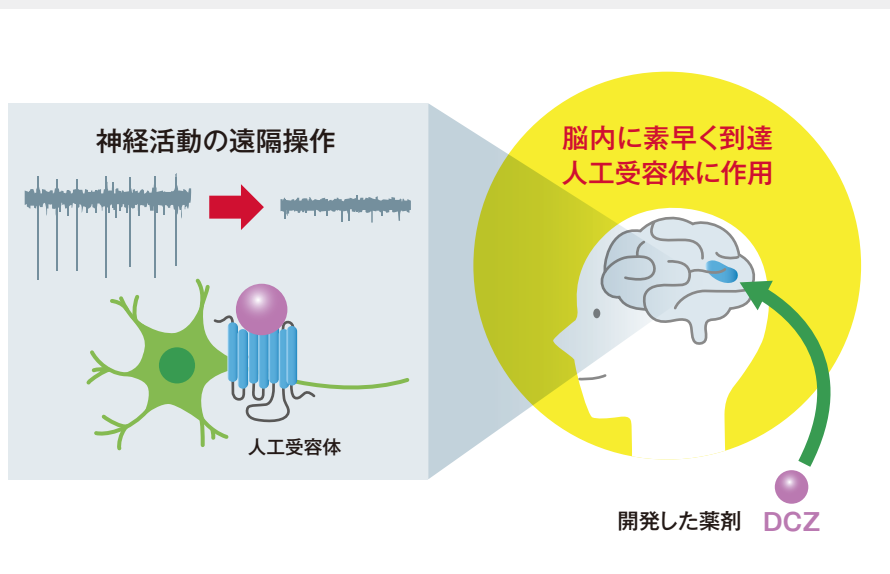
脳神経疾患診断、
治療薬の薬効評価

●所属・研究代表者名：量子医科学研究所 脳機能イメージング研究センター 脳疾患トランスレーショナル研究グループ 樋口真人
●特許番号・論文情報：特許第7460176号
Endo et al., Neuron, 112, 2540-2557.e8 (2024).

医薬・ライフサイエンス キーワード >>> 脳、神経、化学遺伝学、遺伝子導入、PET（陽電子放出断層撮影）

17 ピンポイントで脳の神経活動を操作する高性能薬剤

脳に導入した「スイッチ」の役割をする人工受容体(DREADDs)をリアルタイムで可視化し、ピンポイントでの神経活動を操作可能にしました。



化学遺伝学ツールに使われる人工受容体DREADDsに作用し、脳移行性・代謝安定性・選択的活性を高いレベルで兼ね備えた新しい薬剤DCZを開発。副作用が少なく時間精度の高い神経活動操作と行動操作を実現しました。またPETトレーサーとして使うことで、DREADDs発現部位を高精度で可視化することもでき、てんかんなど脳疾患のオンデマンド治療や、精神・神経疾患のモデル動物の作出とそれを利用した治療法開発やスクリーニングも可能になりました。

段階：応用／臨床

（想定される利用先）

遺伝子治療、創薬、
疾患モデル動物

●所属・研究代表者名：量子医科学研究所 脳機能イメージング研究センター システム神経回路研究グループ 南本敬史
●特許番号・論文情報：特許第6926357号
Nagai et al., Nat Neurosci, 23, 1157-1167 (2020).

医薬・ライフサイエンス キーワード >>> 認知症、アルツハイマー病、バイオマーカー、タウタンパク、タウPET、脳

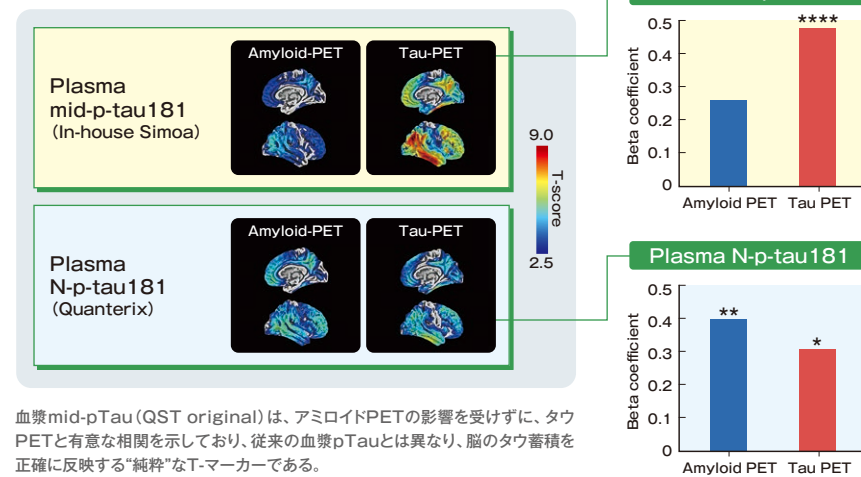
18 被験者の脳のタウタンパク質の蓄積量を推定する方法及び装置

世界で初めて、画像診断での脳のタウ蓄積量と相関し、脳のタウ病理の重症度を正確に反映する血液バイオマーカー「mid-p-tau」の免疫アッセイ系を開発しました。



新技術説明会
動画

血漿pTauとAmyloid- & Tau-PETとの相関を検討



血漿mid-pTau (QST original) は、アミロイドPETの影響を受けずに、タウPETと有意な相関を示しており、従来の血漿pTauとは異なり、脳のタウ蓄積を正確に反映する“純粋”なT-マーカーである。

●所属・研究代表者名：量子医科学研究所 脳機能イメージング研究センター 脳疾患トランスレーショナル研究グループ 徳田隆彦
●特許番号・論文情報：特願2023- 218481、PCT/JP2024/ 13555
Tagai K et al., Transl Neurodegener. 2024 Sep 3; 13(1): 44.

認知症の2/3を占めるアルツハイマー病患者の脳ではアミロイドとリン酸化タウ(p-tau)の2種類の異常タンパク質が蓄積しますが、神経細胞障害と認知機能障害に直結するのはp-tauです。本発明によって世界で初めて、脳のタウ病理の重症度を正確に反映する血液p-tauバイオマーカーを得ることができました。具体的な用途として1) アルツハイマー病に対する薬の効果血液検査で客観的に診断可能。2) 現在のアルツハイマー病治療薬の最適な対象患者の選定が、血液検査で可能になる。3) 臨床試験において適切な患者の選定及び効果判定が画像診断で実現。などが挙げられます。

段階：開発

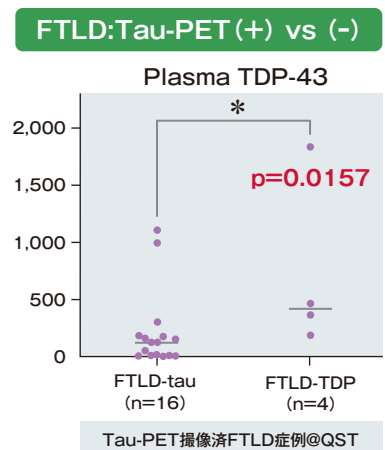
（想定される利用先）

血中mid-p-tau測定キットなどの
製品としての販売、
血中mid-p-tau測定サービスなどの
受託測定事業

医薬・ライフサイエンス キーワード >>> 認知症、バイオマーカー、前頭側頭型認知症、筋萎縮性側索硬化症、診断バイオマーカー、脳、タウPET、タウタンパク

19 脳のTDP-43病理を検出するヒト血液中のTDP-43タンパク質の測定方法

世界で初めて、TDP-43タンパク質の異常蓄積による脳疾患（前頭側頭葉変性症など）を客観的に診断できる血液バイオマーカーとなる、血中TDP-43のアッセイ系を開発しました。



タウPET陽性(FTLD-tau)と陰性(FTLD-TDP)の患者の間で、TDP-43測定系で定量した血液TDP-43は、FTLD-TDP患者で有意に高値を示した。以上から、**この血液TDP-43測定法は、大脳のTDP-43蓄積を反映する世界初の血液バイオマーカーとして使用できる可能性が高い。**

現状では前頭側頭葉変性症などのTDP-43タンパク質が異常に蓄積することによる病理を診断できる体液バイオマーカーは存在しませんが、TDP-43測定法で測定した血液中TDP-43が大脳のTDP-43蓄積を反映する、脳のTDP-43病理の有無を生前の血液検査で診断できる世界で初めての血液バイオマーカーを得ることができました。具体的な用途として1) 筋萎縮性側索硬化症(ALS)、前頭側頭型認知症(FTLD)などの実臨床への応用：血液検査による簡便な診断、2) ALSおよびFTLDの疾患修飾薬の臨床試験への応用：患者の選定や効果判定が安価に実現、3) 健常高齢者の健康診断への応用：ハイリスク群の抽出、などが考えられます。

段階：応用

（想定される利用先）

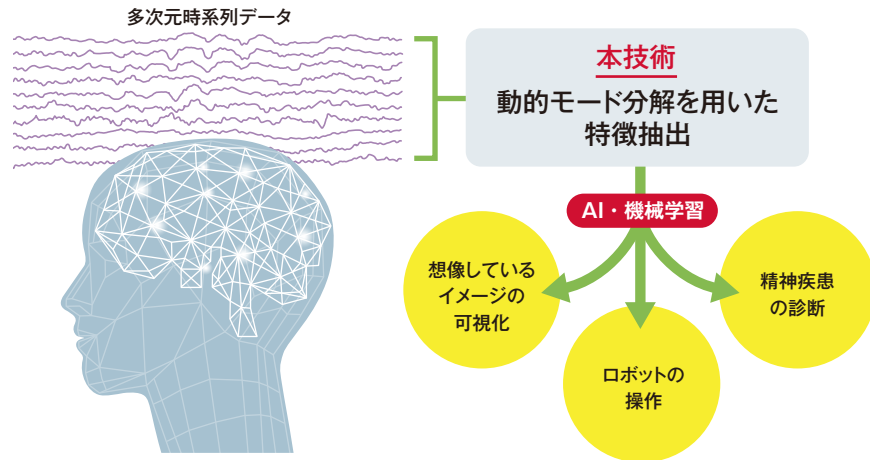
血中TDP-43測定キットなどの
製品としての販売、
血中TDP-43測定サービスなどの
受託測定事業

●所属・研究代表者名：量子医科学研究所 脳機能イメージング研究センター 脳疾患トランスレーショナル研究グループ 徳田隆彦
●特許番号・論文情報：特願2023- 124849、PCT/JP2024/ 25551
Kasai T et al., Ann Clin Transl Neurol. 2019 Dec; 6(12): 2489-2502.
Matsuura S et al., Heliyon. 2024 Jan 13;10(2): e24672.

医療・ライフサイエンス キーワード >>> AI、機械学習、波データ、時系列データ、脳波

20 「波」のデータから潜在情報を読み出すAI

多くのAIでは、波データ（時系列データ）はそのままの形で入力できず、潜在する時空間的特徴の読み出しが困難です。本技術は、AIに時系列データを入力する方法を提供します。



脳波を応用例として、高速・高精度な情報解読を基礎研究で実証

●所属・研究代表者名：量子生命科学研究所 量子生命情報グループ 量子生命情報科学チーム 間島慶、八幡憲明
●特許番号・論文情報：特願2022-105077
Fukuma R, Majima K, Kawahara Y, Yamashita O, Shiraiishi Y, Kishima H, Yanagisawa T. Fast, accurate, and interpretable decoding of electrocorticographic signals using dynamic mode decomposition. Communications Biology. 2024.

近年AIは大きく進歩していますが、多くのAIは脳波のような時系列データを直接受け取ることができず、適切に認識させるためには入力前に人手でデータを加工する必要があります。私たちは時系列データから主要な成分を見つけ出す「動的モード分解」という方法を用い、既存のAIへの時系列データ入力技術を開発しました。応用例として、計測された脳波から従来法よりも高い精度でヒトの運動意図を読み出すことに成功したほか、脳波に限らず、AIを用いてさまざまな時系列データから情報を抽出したい・予測したいという場面での応用が期待されます。

段階：応用

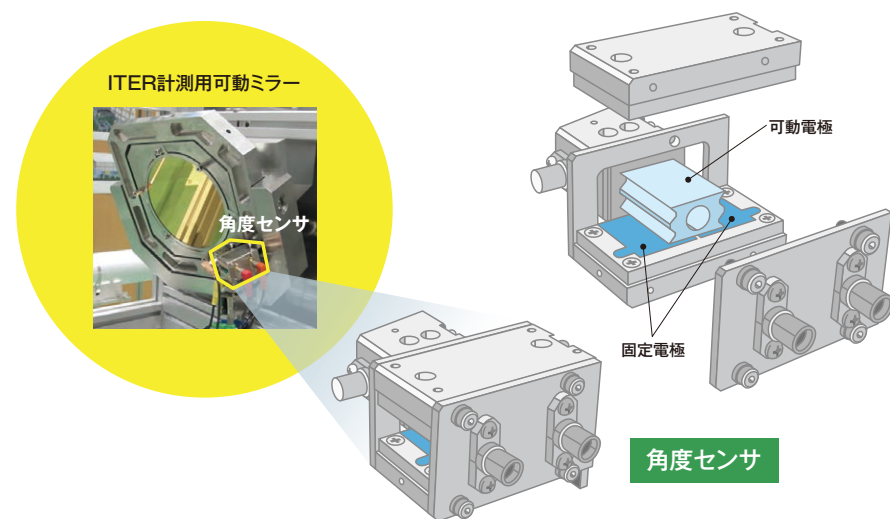
（想定される利用先）

脳波を用いたロボット操作、ブレインマシンインターフェース、高次元時系列データからのAIによる情報抽出

ものづくり技術 キーワード >>> 角度センサ、放射線環境、磁場環境

22 放射線環境及び磁場環境対応の角度センサ

放射線（ガンマ線 $\sim 10^6 \text{ cm}^{-2}$ ）環境及び磁場環境下で使用可能な角度センサを開発しました。



核融合実験炉（ITER）の放射線環境及び磁場環境下で使用可能な角度センサを開発しました。角度センサの角度分解能は $0.4 \mu\text{rad}$ （24ビットエンコーダに相当）を達成しており、ピエゾ素子と角度センサを組み合わせたミラー角度の閉ループ制御を行うことによって、ミラー角度の精度は $10 \mu\text{rad}$ を達成しています。また、角度センサと検出回路の間を150mのケーブルで接続しても、同じ精度で測定することが可能です。耐放射線性に優れているため、加速器や人工衛星など、放射線環境下での角度測定への適用が考えられます。

段階：応用

（想定される利用先）

加速器や人工衛星などの耐放射性が要求される角度測定センサ

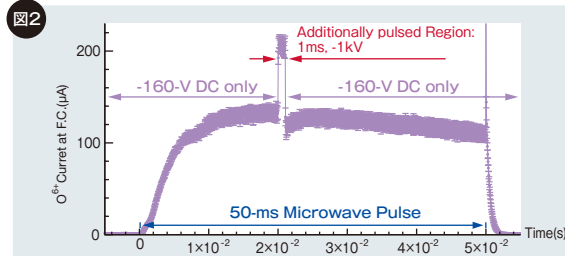
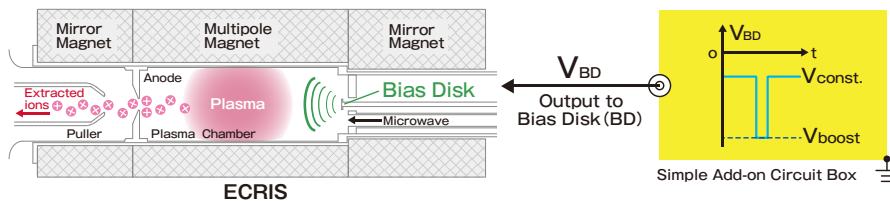
●所属・研究代表者名：那珂フュージョン科学技術研究所 ITERプロジェクト部 計測開発グループ 今澤良太
●特許番号・論文情報：特許第7281124号
Ryota Imazawa, Takehiro Ono, Takaki Hatae, "Design of optical transmission line of ITER poloidal polarimeter", Fusion Engineering and Design, 192 (2023), 113607

ものづくり技術 キーワード >>> 重粒子線がん治療、イオン源、イオン注入、パワー半導体

21 ECRイオン源で得られる多価イオン強度を簡易的な外付け装置により容易にブーストする方法

本方法により、シンプルなお付けの装置を用いるだけで、ECRイオン源から容易に多価イオン強度の増強を実現できるようになります。

図1 シンプルなお付け装置を用いることでECRイオン源（ECRIS）の強度を増強可能



本発明により得られる
ビーム強度（ O^{6+} ）の増強。
1msのパルスを重ねた
タイミングで、強度は
50～60%程増加
している。

本発明では、シンプルなお付け装置（左図1）により従来のECRイオン源でバイアスディスクに印加される定電圧（ $V_{\text{const.}}$ ）にパルス状の電圧（ V_{boost} ）を重ねることで、多価イオンをさらに増強できます。この方法により、たとえば O^{6+} では強度が50～60%もパルス状に増加（左図2）します。重粒子線がん治療施設で既存のECRイオン源を用いてマルチイオン照射を導入する場合に、容易に多価イオン強度を増強できるほか、パワー半導体製造の場合などでアルミニウムの多価イオンをECRイオン源にて供給する際の強度増強への利用も考えられます。

段階：開発

（想定される利用先）

重粒子線がん治療用、半導体製造用イオン源

関連供用施設

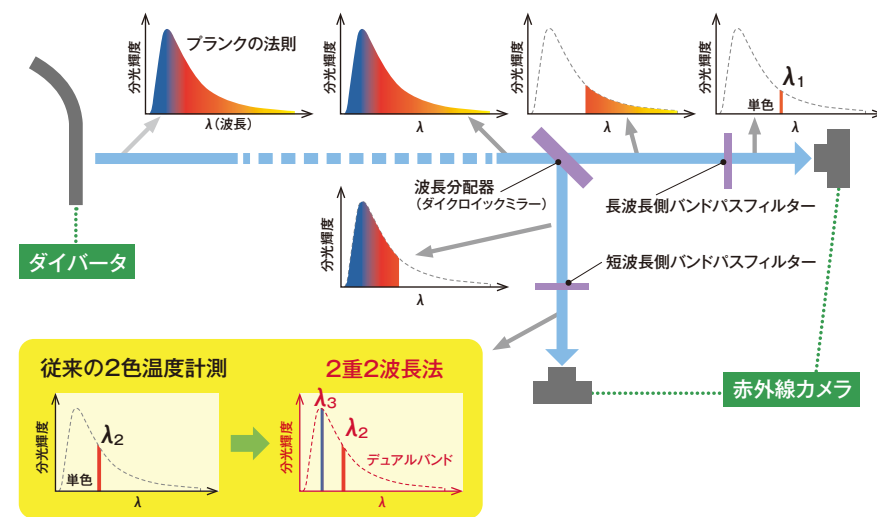
イオンビーム（TIARA、HIMAC、PASTA&SPICE、サイクロトロン）

●所属・研究代表者名：量子医科学研究所 理工工学部重粒子運転室 片桐健
●特許番号・論文情報：PCT/JP2024/01350

ものづくり技術 キーワード >>> 放射温度測定装置、温度計測、2重2波長法、光学フィルター

23 高精度な放射温度測定方法

200℃から3,600℃の広範囲にわたる温度について、高精度で計測する新たな温度計測手法を開発しました。



従来の2色温度計測のバンドパスフィルター1枚を入れ替えるだけのシンプルな改良で、赤外線カメラの台数を追加せず2台の赤外線カメラで3波長の計測と同等の温度計測精度が得られ、従来の2色温度計測から期待される温度計測精度を55%以上から10%以下へと6倍近く向上させることに成功しました。200℃から3,600℃の広範囲にわたる温度について高精度で計測するこの新たな手法（2重2波長法）は、従来の2色温度計測の原理を拡張し、機器構成を変更することなく実質的に3波長を同時に計測できる新たな温度計測手法です。

段階：応用

（想定される利用先）

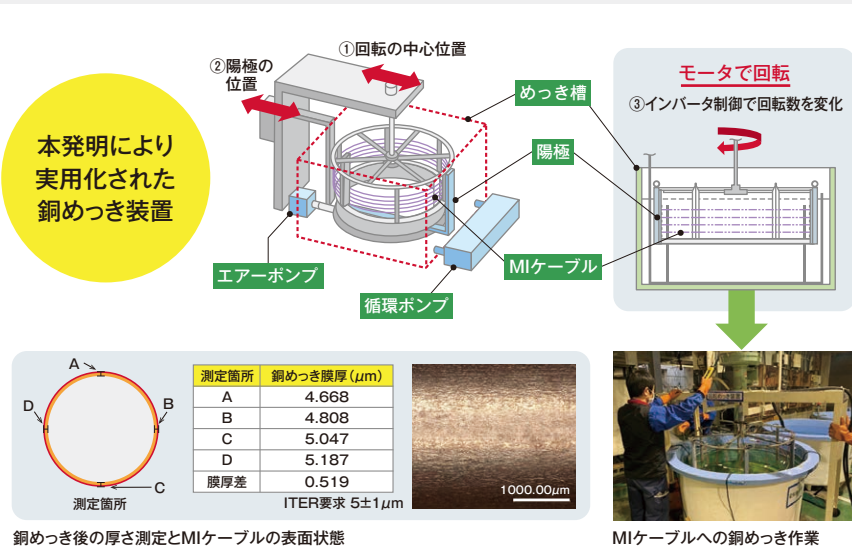
汎用の放射温度計、小型衛星に搭載する観測機

●所属・研究代表者名：那珂フュージョン科学技術研究所 ITERプロジェクト部 計測開発グループ 牛木知彦
●特許番号・論文情報：特開2023-081378
https://www.qst.go.jp/site/press/20230530.html（プレスリリース）
Ushiki Tomohiko, et al., Review of Scientific Instruments, 93(8), 84905, 2022-08

ものづくり技術 キーワード >>> 銅めっき、電着めっき、めっき液循環、MIケーブル

24 長尺のケーブル表面に均一な銅めっきを実現する技術

ケーブルをめっき液槽内で回転させ、均一な電解銅めっきを長尺ケーブル(>10m)で実現する技術を開発しました。



●所属・研究代表者名：那珂フュージョン科学技術研究所 ITERプロジェクト部 計測開発グループ 石川正男
●特許番号・論文情報：特許第6893001号
<https://www.qst.go.jp/site/press/20220527-1.html> (プレス発表)

核融合実験炉 (ITER) の炉内で使用するMIケーブルは、電子サイクロトロン加熱 (ECH) の影響で金属表面が高温になり、損傷する可能性があります。ケーブル表面に銅コーティングを施すことでその影響を低減できる一方、導電体である銅がケーブルに働く電磁力を増大させるため、ITER環境に耐えうるためには、均一な薄膜コーティング (5±1μm) を施す必要がありました。本発明では、ケーブルをめっき液槽内で回転させる電着めっき法を採用することで給電条件が一定となるようにするとともに、槽内でめっき液を循環させることで、均一な銅めっきを実現しました。この技術は長尺な製品へ広く活用できると考えられます。

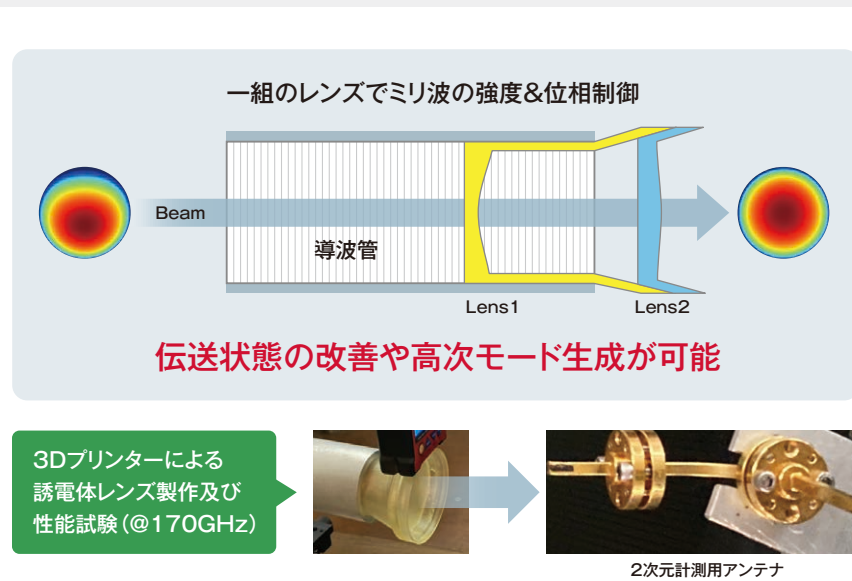
段階：開発

(「想定される利用先」)
電気工業製品一般

ものづくり技術 キーワード >>> ミリ波、導波管、レンズ装置、導波管モード

25 レンズ装置及びレンズ装置の製造方法

100GHz帯のミリ波の導波管モードを、3Dプリンター等により製作できる安価な誘電体レンズによって制御する技術を開発しました。



●所属・研究代表者名：那珂フュージョン科学技術研究所 ITERプロジェクト部 RF加熱開発グループ 矢嶋悟
●特許番号・論文情報：特開2024-064837

ミリ波用マルチモード導波路の伝送状態を自由に調節できるレンズ対を考案し、レンズ素材の誘電率測定から設計・製作・性能確認までの工程を確立しました。すでにBeyond 5G 周波数帯のミリ波に対し、3Dプリントされた安価な誘電体レンズの有効性を確認しており、伝送状態の改善や多様な高次モードの生成、通信機器に対する高次モード耐性試験への応用が期待できます。さらに、導波路に付け外し可能なレンズ支持構造を考えることで、保守しやすい伝送システムの設計へ展開できるほか、多様な工法や材質に対するレンズ設計が可能です。

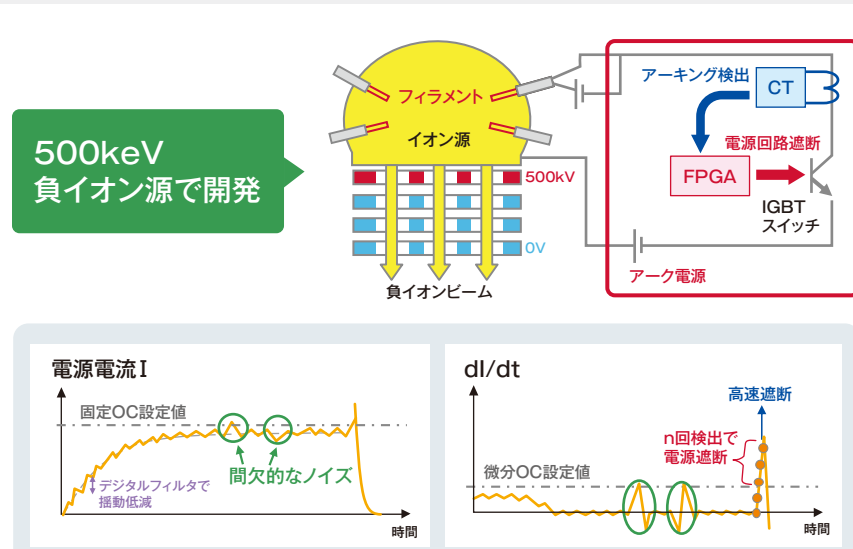
段階：応用

(「想定される利用先」)
通信技術

ものづくり技術 キーワード >>> 放電装置、アーキング検出、誤検出低減、高速検出、高電位

26 ノイズに起因する誤検出を低減し、アーキングを高速検出する技術

放電装置からの計測信号をフィルタ処理し、算出した時間差分が連続して判定基準以上となることを条件として、誤検出を低減し高速にアーキングを検出する方法を開発しました。



●所属・研究代表者名：那珂フュージョン科学技術研究所 先進プラズマ研究部 先進プラズマ計画調整グループ 小島有志
●特許番号・論文情報：特願2022-210752

従来のアーキング検出では、基準値が小さいとノイズを誤検出しやすく、基準値が大きいと電流が基準値に達するまで時間を要していました。本技術は、計測電流信号全体にのる周期的なノイズをデジタルフィルタで除去してから時間差分を算出し、その値が判定基準値を瞬間的に超えるのか、連続して超えるのかで、瞬間的なノイズが徐々に電流が成長するアーキングかの区別を可能にしました。1MHz動作のFPGAを用いてこの技術を実装すれば、ノイズが混在する信号において、誤検出することなく100μs程度の高速でアーキング信号を検出することができます。

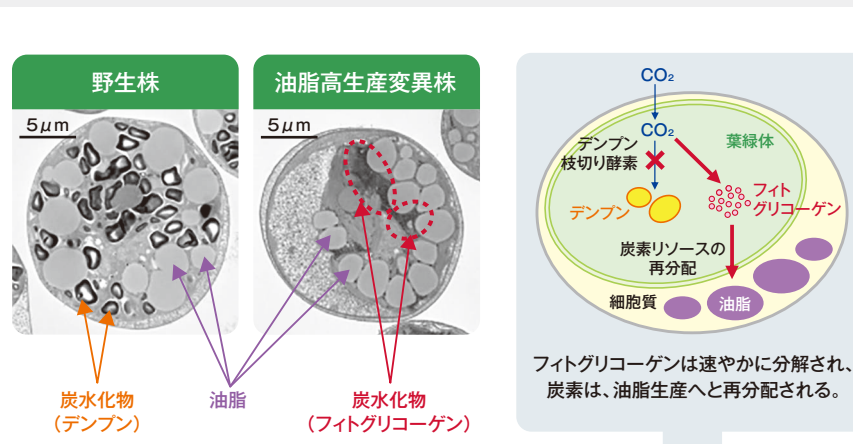
段階：応用

(「想定される利用先」)
多ノイズ環境での信号検出

ものづくり技術 キーワード >>> イオンビーム育種、微細藻類、バイオ燃料、明暗周期克服、デンプン枝切り酵素

27 イオンビーム育種でバイオ燃料生産に役立つ微細藻類を開発

イオンビームを照射することにより突然変異を誘発し、明暗のある条件下でもバイオ燃料の主成分である油脂を多く生産できる、微細藻類クラミドモナスの変異株を作出しました。



微細藻類を用いたバイオ燃料生産の実用化に貢献

●所属・研究代表者名：高崎量子技術基盤研究所 量子バイオ基盤研究部 環境耐性遺伝子プロジェクト 佐藤勝也
●特許番号・論文情報：特許第7486725号
Y. Kato, et al., Communications Biology, 4, 450 (2021)

微細藻類クラミドモナスは光合成による二酸化炭素固定、油脂生産の能力が高く、バイオ燃料生産者として注目されています。しかし屋外など明暗周期のある条件下で培養すると、固定した炭素の多くが、油脂ではなく分解されにくいデンプンとして蓄積することが問題でした。イオンビーム育種技術を用いて作出した変異株は、分解されやすいフィトリンとして炭水化物を生成。炭素リソースが油脂生産に再分配され、明暗のある条件下でも油脂をより多く生産できるため、バイオ燃料生産実用化への貢献が期待されます。(神戸大学との共同研究によって得られた成果です。)

段階：基礎／応用

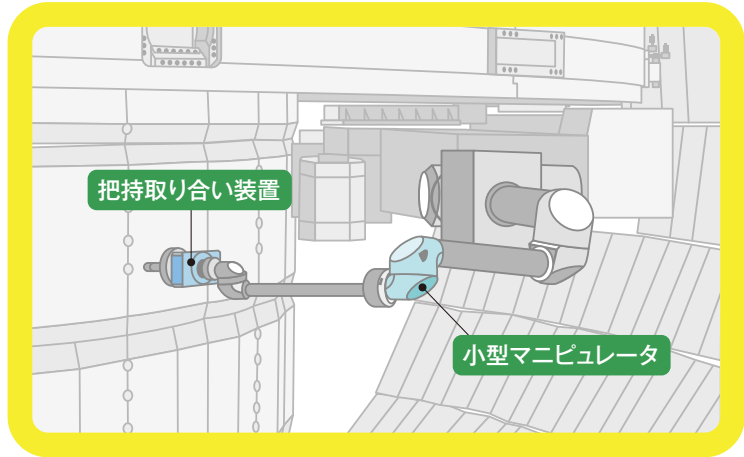
(「想定される利用先」)
バイオ燃料生産技術
関連供用施設
イオンビーム (TIARA、サイクロトロン)

エネルギー

キーワード >>> 把持装置、マニピュレータ、小出力マニピュレータ、高精度

28 切り離し可能な把持取り合い装置を用いた把持システム、把持方法

切り離し可能な把持取り合い装置を使い、小型高精度マニピュレータで把持対象重量物を設置後、大型マニピュレータで把持することにより対象物損傷リスクを低減する技術です。



把持取り合い装置を適用した設計における把持動作

従来の手法では大型マニピュレータで直接重量物を把持していましたが、大型マニピュレータは大出力である一方で位置決め精度が低いため、把持の際に対象物を損傷してしまう可能性がありました。そこで、大型マニピュレータから切り離すことができ、小出力の別のマニピュレータで対象物に設置可能な把持取り合い装置により、対象物と直接接合が必要な把持動作を高精度の小型マニピュレータで実施し、対象物の損傷リスク低減が可能となりました。対象物の重量に比して把持取合いの寸法が小さく、高精度が要求される場合に有効です。

段階：応用

⌋ 想定される利用先 ⌋

損傷を受けやすい大重量物の遠隔操作によるハンドリング

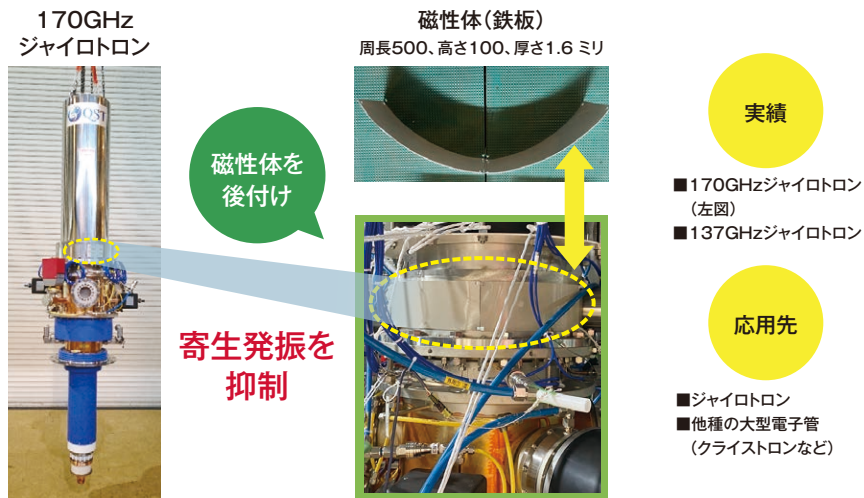
●所属・研究代表者名：那珂フュージョン科学技術研究所 ITERプロジェクト部 遠隔保守機器開発グループ 武田信和
●特許番号・論文情報：特許第7628295号

エネルギー

キーワード >>> 大型電子管、磁性体、ジャイロトロン、クライストロン

29 磁性体による大型電子管の寄生発振の抑制技術

大型電子管の寄生発振を、磁性体を後付けすることによって抑制する技術です。



これまで大型電子管のコレクター部で寄生発振が起こることは考えられていませんでしたが、当該部分において寄生発振すると、大きなノイズを発生し運転ができなくなることが明らかになりました。本技術では、サイズ及び貼り付け位置を調整したうえで、鉄板などの磁性体を大型電子管の外側の一部に後付けしてコレクター部の対称性を破り、大型電子管内部で発生する寄生発振を抑制します。すでに170GHzジャイロトロン、137GHzジャイロトロンで実績を上げており、クライストロンなど他種の大型電子管にも応用が可能です。

段階：応用

⌋ 想定される利用先 ⌋

加速器、工業用加熱装置、監視レーダー

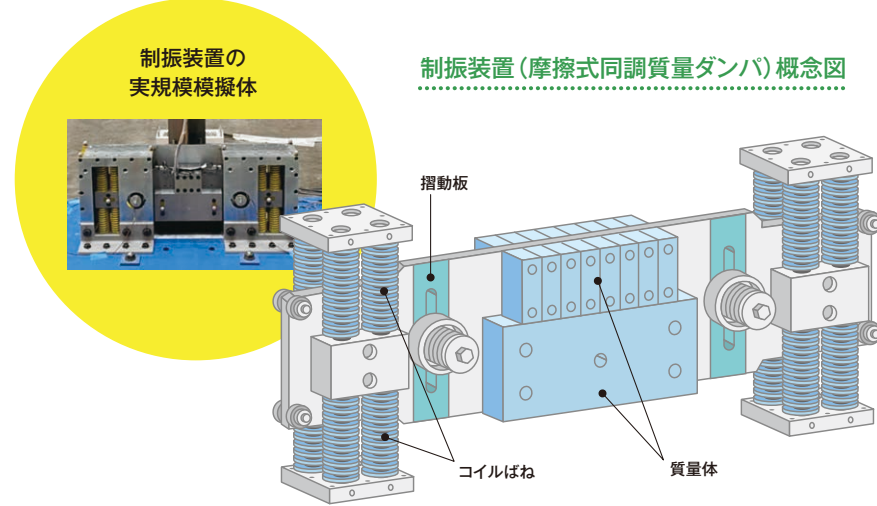
●所属・研究代表者名：那珂フュージョン科学技術研究所 ITERプロジェクト部 RF加熱開発グループ 新屋貴浩
●特許番号・論文情報：申請番号:WO2023090365A1
T. Shinya et al., 2022 47th International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz), Delft, Netherlands, 2022, pp. 1-2

エネルギー

キーワード >>> 制振、乾式摩擦、地震、放射線環境、高温環境

30 制振装置及び制振方法

地震対策における減衰要素として乾式摩擦を採用し、放射線環境や高温環境、清浄性要求が厳しくオイルを使用できない環境での適用が考えられる制振装置を開発しました。



核融合炉の遠隔保守機器における地震対策として、摩擦を減衰要素とする制振装置を開発しました。核融合炉の真空容器内は高放射線環境のため、従来の同調質量ダンパーに使用される粘弾性材料やオイルは、ガンマ線による劣化や漏れのリスクがあります。本装置は粘弾性材料の代わりに乾式摩擦を採用し、これらの問題を解決します。核融合装置に限らず、粘弾性材料の性状が変化し通常のダンパーでは制振性能が影響を受けるリスクのある放射線環境や高温環境、清浄性要求が厳しくオイルを使用できない環境での制振装置として適用が考えられます。

段階：応用

⌋ 想定される利用先 ⌋

放射線環境、高温環境並びに清浄性要求が厳しくオイルを使用できない環境での制振装置

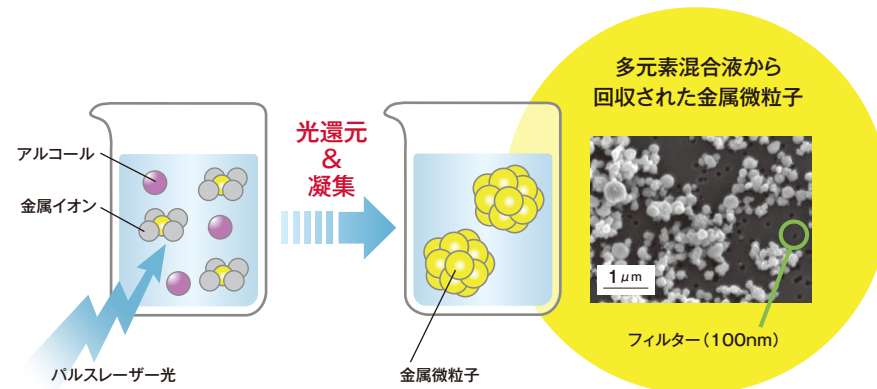
●所属・研究代表者名：那珂フュージョン科学技術研究所 ITERプロジェクト部 遠隔保守機器開発グループ 野口悠人
●特許番号・論文情報：特願2022-182181

その他(環境・資源)

キーワード >>> レーザープロセス、光還元反応、微粒子化、貴金属回収

31 パルスレーザー照射による廃液からの有用金属回収

有用金属が溶け込んだ廃液にパルスレーザー光を照射することで金属の還元微粒子化を引き起こし、回収しやすい大きさの微粒子を生成します。



狙った光反応だけ誘起

ろ過・沈殿・遠心分離で回収

有用な金属を含む溶液に、アルコール等の還元を助ける薬品を加えパルスレーザー光を照射することで、金属イオンが還元されます。還元されて中性になった金属イオンには電気的な反発力がなくなり、イオンが自発的に凝集して直径1ミクロン以下の微粒子を形成します。これまで前処理なしでは金属の回収が難しかった廃液からも、強力な還元剤を使わずに目的の金属を回収することが可能になり、作業工程や薬品の使用量削減だけでなく、安全性の向上や環境負荷の軽減にもつながります。

段階：応用

⌋ 想定される利用先 ⌋

資源回収技術

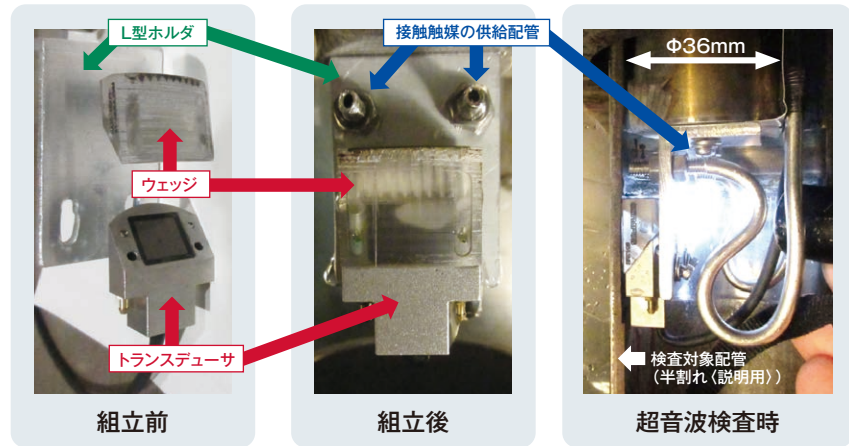
●所属・研究代表者名：高崎量子技術基盤研究所 先端機能材料研究部 水素エネルギー変換デバイスプロジェクト 佐伯盛久
●特許番号・論文情報：特許第7307460号
JAEA Research 2012-30, J. Photochem. Photobiol. A 299 (2015) 189-193

その他(計測) キーワード >>> 溶接後検査、配管内部からの超音波検査、非浸水式、非破壊検査

32 細い筒状構造物の非破壊・非浸水の内部超音波検査

水で満たさなくても超音波検査ができるだけでなく、細い配管でも内部を全周確認できるよう小型化し、駆動機構も備えたシャワー付き超音波検査を開発しました。

超音波検査装置の構造図



従来の超音波装置は、超音波を一方向にのみ出射するため配管溶接部のような円周方向の内部検査に適用できず、配管内部を水で満たさずに検査を行う非水浸式では、装置の複雑化に伴い内径200mm以上の配管しか検査できませんでした。本技術では、シャワー型の給水システムで接触箇所の方に水を供給するため配管内部を水で満たす必要がなくなり、小型の超音波探触子と高精度駆動機構により、細い配管の内側から円周方向の検査を実現。検査時に内部を水で満たすことが困難な配管において、円周方向の超音波検査を、内部から行うことが可能になりました。

段階：応用／開発

(⌋ 想定される利用先 ⌋)

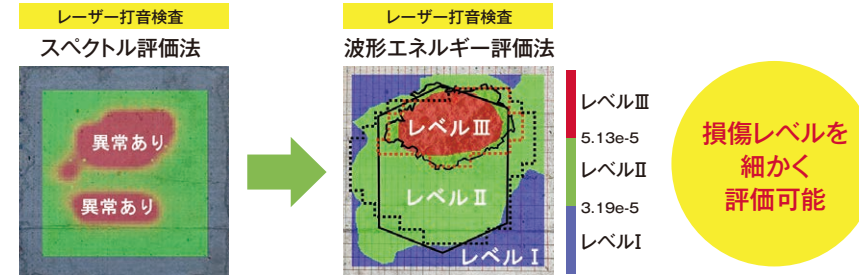
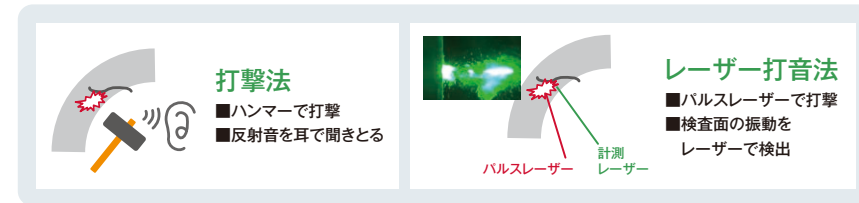
核融合装置及び冷却水などの配管接続部がある一般・産業機器

●所属・研究代表者名：那珂フュージョン科学技術研究所 トカマクシステム技術開発部 JT-60システム統合グループ 林孝夫
●特許番号・論文情報：(国内)特開2024-106662
Fusion Eng. Des. 194 (2023) 113666

その他(計測) キーワード >>> レーザー打音検査、非破壊検査、デジタル診断

34 レーザー打音検査法

レーザーパルス照射で生じる振動をレーザー振動計で計測することにより、コンクリート表面など、試料の劣化度の定量評価を可能にする非接触打音検査手法です。



●所属・研究代表者名：関西光量子科学研究所 量子応用光学研究部 X線超微細加工技術研究プロジェクト 長谷川登
●特許番号・論文情報：特許7421761号
特願2023-122463 損傷評価装置及び損傷評価用プログラム

レーザー打音検査では、二つのレーザーにより打音検査におけるハンマー（振動励起）と耳（振動計測）の役割を代替することで、検査員による検査を再現することができます。パルスレーザーを照射してアブレーションを発生させ、その吹き出しの反作用が発生させた振動をレーザードップラー振動計により計測します。

振動発生用と計測用の2種類のレーザーを使用することで打音検査を高速・遠隔・非接触化したほか、新開発の解析手法を用いることで、最終判定において必要な計測結果の多段階評価も可能となりました。

段階：開発

(⌋ 想定される利用先 ⌋)

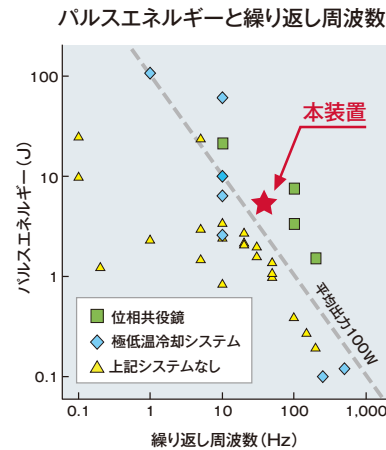
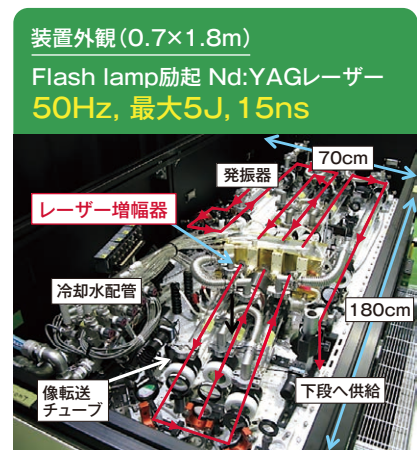
レーザーを用いた遠隔・非接触打音検査

1)トンネルや橋梁のコンクリートの打音検査
2)タイル、パネル等の打音検査

その他(計測) キーワード >>> 高出力固体YAGレーザー

33 屋外でも使用可能な200W級 Nd:YAGレーザー

「小型の固体レーザー増幅器」と「像転送光学系の導入」により、世界最高クラスの出力と屋外でも使用可能な汎用性を両立したNd:YAGレーザーが実現しました。



一般に高エネルギー&高繰り返しレーザーでは、熱影響による波面歪み（性能低下）を防ぐために、特殊な位相制御装置や冷却装置が必要です。本装置では、「複数の媒質を内蔵する小型増幅器」を開発するとともに「増幅媒質の前後に像転送光学系を導入」することで、シンプルな構成による「長距離伝搬」、「波面の歪みの補正」を可能とし、屋外でも使用可能な小型レーザーを実現しました。またシンプルな構成のフラッシュランプ方式の採用により、高出力でありながら、トータルコストを低く抑えて運用することが可能です。

段階：応用

(⌋ 想定される利用先 ⌋)

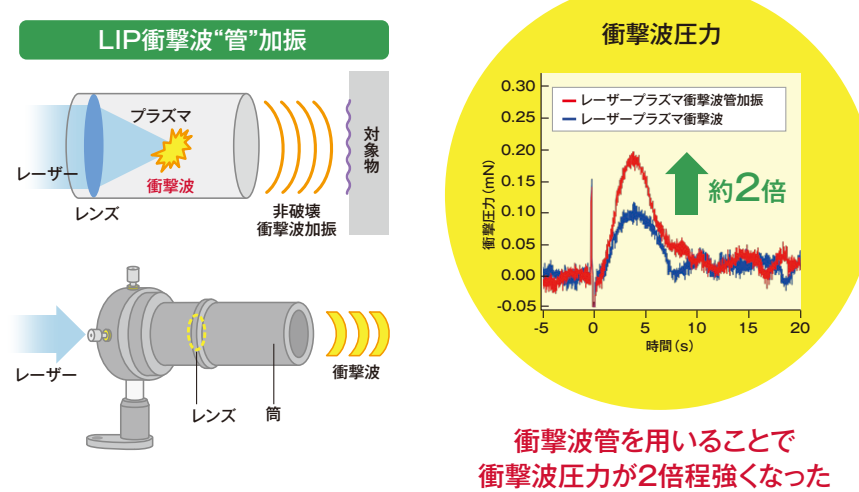
レーザー加工、レーザー打音

●所属・研究代表者名：関西光量子科学研究所 量子応用光学研究部 X線超微細加工技術研究プロジェクト 長谷川登
●特許番号・論文情報：特許7286898

その他(計測) キーワード >>> レーザー打音検査、非破壊検査

35 非破壊レーザープラズマ打音検査法

計測対象の表面を傷つけない「レーザー誘起プラズマ衝撃波」を使い、効率的に計測対象を加振する非接触打音検査手法です。



レーザー打音検査では、計測対象にパルスレーザーを照射し、レーザーアブレーションを生じさせて加振するため、対象の表面にわずかに傷が残るという問題がありました。タイル、金属などコンクリート構造物以外の物質では「表面を傷つけない打音検査」は未だ広く利用されるまでには至っておらず、検査適用範囲を拡大するために装置の小型化が期待されています。本技術では、レーザーを用いながら対象に傷を付けずに加振方法として「レーザー誘起プラズマ衝撃波」を衝撃波管で導波することにより、効率的なターゲット加振が可能となりました。

段階：応用

(⌋ 想定される利用先 ⌋)

傷をつけない非破壊・非接触打音検査
1)建物表面のタイルや表面塗装のある箇所
2)錆の発生する恐れのある金属材料
3)果物の過熟期検査(果肉硬度計)

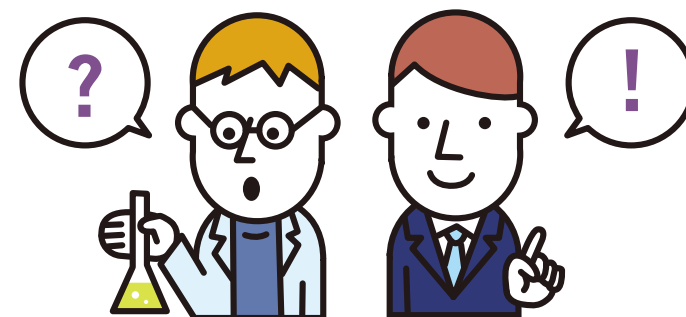
●所属・研究代表者名：関西光量子科学研究所 量子応用光学研究部 X線超微細加工技術研究プロジェクト 長谷川登
●特許番号・論文情報：特願2023-550446 (WO2023/053765) 加振装置、検査システム、および加振方法

シーズ集 キーワードさくいん

気になるキーワードから、シーズを探すことができます。

「QSTの施設はこんなことに使えるんだ!」という新たな発見をしながら、
皆さまの研究のお役に立てていただければ幸いです。

キーワード	シーズ番号	キーワード	シーズ番号	キーワード	シーズ番号
あ		さ		は	
アーキング検出	26	再生医療	14	バイオ燃料	27
アルツハイマー病	16,18	細胞培養基材	13	バイオマーカー	18,19
アルミ合金	2	磁区	1	配管内部からの超音波検査	32
イオン源	21	時系列データ	20	ハイドロゲル	13
イオン注入	21	地震	30	薄膜	2
イオン濃度計測	9	磁性体	29	把持装置	28
イオンビーム	2	磁場環境	22	パワー半導体	21
イオンビーム育種	27	ジャイロトロン	29	光検出型磁場センサ	7
遺伝子導入	17	重粒子線がん治療	21	光還元反応	31
運動疾患	16	小出力マニピュレータ	28	微細藻類	27
AI	20	神経	16,17	非侵水式	32
X線磁気顕微鏡	1	診断バイオマーカー	19	非破壊検査	32,34,35
FRP	4	診断薬	16	表面加工技術	5
MIケーブル	24	水素同位体水	3	病理学	12
MRIナノ造影剤	10	水素吸蔵材料	2	微粒子化	31
大型電子管	29	スピントロニクス	6	ファイバーセンシング	7
温度計測	8,23	制振	30	プラセオジム	8
		生体ストレス化	11	分離材	3
		生体ナノ量子センサ	11	PET(陽電子放出断層撮影)	15,16,17
か		接着	4	放射温度測定装置	23
化学遺伝学	17	前頭側頭型認知症	19	放射線架橋	13
核医学	15	層状無機化合物	3	放射線環境	22,30
角度センサ	22			放射線検出器	15
画像診断	15	た		放射線障害	14
乾式摩擦	30	タウタンパク	18,19	放電装置	26
がん診断	10,12,15	タウPET	18,19		
機械学習	20	炭化ケイ素	7	ま	
貴金属回収	31	タンパク質ゲル	13	マニピュレータ	28
機能性高分子材料	5	窒化ガリウム	8	Muse細胞	14
吸着材	3,5	DDS	10	ミリ波	25
筋萎縮性側索硬化症	19	デジタル診断	34	無染色	12
金属加工	4	電磁銅板	1	明暗周期克服	27
クライストロン	29	電着めっき	24	めっき液循環	24
グラフト重合	5	デンブン枝切り酵素	27	メモリー	6
蛍光ナノ粒子	11	導波管	25		
高温環境	30	導波管モード	25	や	
光学フィルター	23	銅めっき	24	溶接後検査	32
高出力固体YAGレーザー	33	トリチウム	3		
高速検出	26	中赤外線レーザー	12	ら	
高電位	26			ラベルフリー細胞計測	9
高分子ナノルーラー	10	な		ランタノイド	8
高分子表面修飾	11	ナノダイヤモンド	9,11	量子センサ	6,7,8,9
誤検出低減	26	波データ	20	レーザー打音検査	34,35
骨髄由来組織幹細胞	14	2重2波長法	23	レーザープロセス	31
		認知症	15,16,18,19	レンズ装置	25
		熱硬化性樹脂	4		
		脳	15,16,17,18,19		
		脳波	20		



国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構
イノベーション戦略部 QSTご相談窓口

TEL: 043-206-3027
email: q-consult@qst.go.jp

2025.3.21発行
制作: 株式会社エルコンパス
本技術シーズの無断複製、転載をお断りいたします。



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