

●午前9時から午後5時まで

●土日祝日及び12月29日から1月3日まで

※原則、毎週月曜日は機器メンテナンスのため、サイクロトロンの利用は不可。
利用者の都合により、メンテナンス日を変更することも可能(応相談)。



青森県量子科学センター

E-mail: info@aomori-qsc.jp



青森県量子科学センター

Aomori prefecture Quantum Science Center

青森県

はじめに

青森県では、原子力関連施設の立地環境を活かして、量子科学分野の人材育成、研究開発への貢献を目的として「青森県量子科学センター（QSC）」を開設しました。

人材育成では、原子力・放射線に関わる職業人の養成の場として、また放射線の高度利用を推進する者の教育の場として活用されています。一方、研究開発では、サイクロトロン等を用いた工学、医学、農学、考古学等に関わる研究等が行われています。これらの活動を展開することにより、量子科学技術を活用した高度な知識・技術を、青森県の人づくり、産業づくりにつなげていきます。

QSCは、どなたでもお使いいただける施設です。皆さまのQSCの活用をお待ちしています。

具体的な活動としては、人材育成では、原子力安全・防災、放射線管理等の専門的知見を有する人材の育成、放射線取扱主任者等の国家資格取得のための講習、作業管理者や中堅技術者の養成等の研修事業等が実施されています。

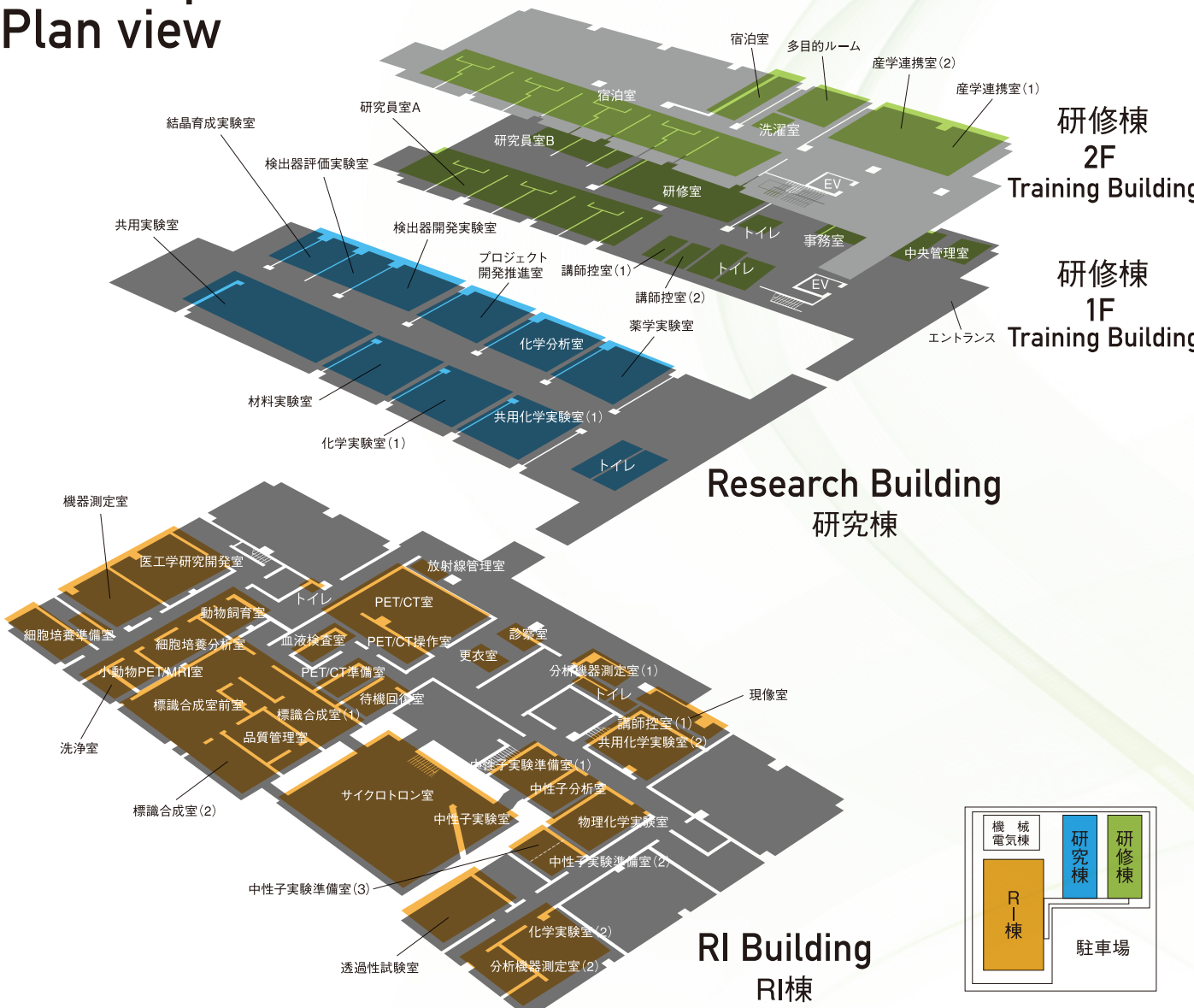
研究開発では、PETを用いた核医学研究、加速器を用いた元素分析の多分野への応用研究等幅広い分野の研究が行われています。さらに、先進放射線計測技術や放射線・放射線場を用いた研究開発等ができる環境が提供されています。



QSCの歴史

年 月 日	できごと
2013年 3 月15日	青森県原子力人材育成・研究開発拠点計画 策定
2014年 7 月25日～2015年 3 月20日	青森県原子力人材育成・研究開発拠点施設(仮称) 設計
2015年12月11日	青森県原子力人材育成・研究開発拠点施設(仮称) 着工
2017年 3 月20日	青森県量子科学センター 完工
2017年 6 月20日	青森県量子科学センター サイクロトロンシステム初稼働
2017年10月 1 日	青森県量子科学センター 開設
2018年 4 月 1 日	青森県量子科学センター 指定管理開始

施設平面図
Aomori prefecture Quantum Science Center
Plan view



RI棟:サイクロトロン室



RI棟:PET/CT室



研究棟:化学実験室



研究棟:共用実験室



研修棟:研修室



研修棟:産学連携室

人材育成

QSCでは、次の活動方針を設定し、産学官一体となって人材育成活動を展開しています。

I 原子力関連施設の安全性向上

県内原子力関連施設の運転等を担う人材の育成に貢献するため、原子力安全・防災、危機管理、放射線防護等の専門的知識、スキルを習得する講義・実習等を実施します。

II 原子力関連産業への雇用促進

原子力関連産業の現場を支える人材を育成し、県内企業の関連産業への参入、雇用促進を図るため、必要な資格の取得や技術・知識の習得に資する講義・実習を実施します。

III 次世代の人材育成

量子科学技術の多様性と汎用性に鑑み、その基本技術である原子力・放射線利用の必要性や有用性に対する若年層の理解促進を図り、量子科学分野における次世代の人材育成を推進するため、県内外の教育機関と連携した基礎的な講座やセンターの研究設備等を活用した研修等を実施します。

IV 産学連携の強化

研究開発の成果を地域の産業化につなげていく人材を育成するため、原子力・放射線利用技術の他分野への応用等に関する講義及び実習等について産学連携による取組を推進します。



➤ 研修室の貸し出し

QSCでは、研修や講習を行うための部屋をお貸ししています。

	産学連携室(1)	産学連携室(2)	研修室
椅子脚数	30	30	60
机台数	10	10	20
備考	●プロジェクター、ホワイトボードが付属 ●Web会議システム一式使用可 ●Wi-Fi、ポインターの貸し出し可		



研修室



産学連携室

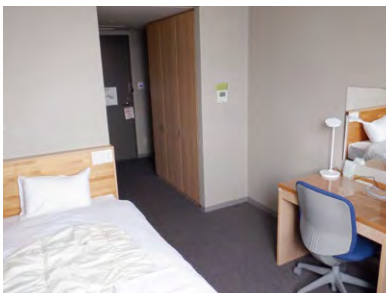
➤ 研究室・宿泊室の貸し出し

QSCでは、RI棟、研究棟での実験室の部屋単位での貸し出し、研修棟での研究員室(事務室)および宿泊室の貸し出しを行っています。
部屋の設備・装置等の詳細はホームページをご参照ください。

■ 部屋設備

バストイレ(温水洗浄機能付)、シャワー、冷暖房、有線・無線LAN、寝具一式、デスク、デスク照明、椅子、ドライヤー、ゴミ箱、バスマット、バスタオル、フェイスタオル、コップ、浴室消耗品(歯ブラシ、歯磨き粉、リンスインシャンプー、ボディソープ)

※食事等の提供は行っていません。



宿泊室
(シングル)

研究開発

多目的サイクロトロン



住友重機械工業製 HM-20V

QSCの中核となる研究設備が多目的サイクロトロンです。この加速器は、加速した陽子ビームを本体の両面から取り出し、各ビームラインにより各実験装置へ供給することにより、工業、医療、農林水産業等の幅広い分野に活用できる設備となっています。

本加速器には、以下の実験・研究のためのシステムが整備されています。

- (1) PET (Positron Emission Tomography) 薬剤合成用のRI製造
- (2) ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT: Boron Neutron Capture Therapy)
- (3) 中性子イメージング (NRT: Neutron Radiography Testing)
- (4) 粒子線励起X線分析 (PIXE: Particle Induced X-ray Emission)

サイクロトロンの仕様

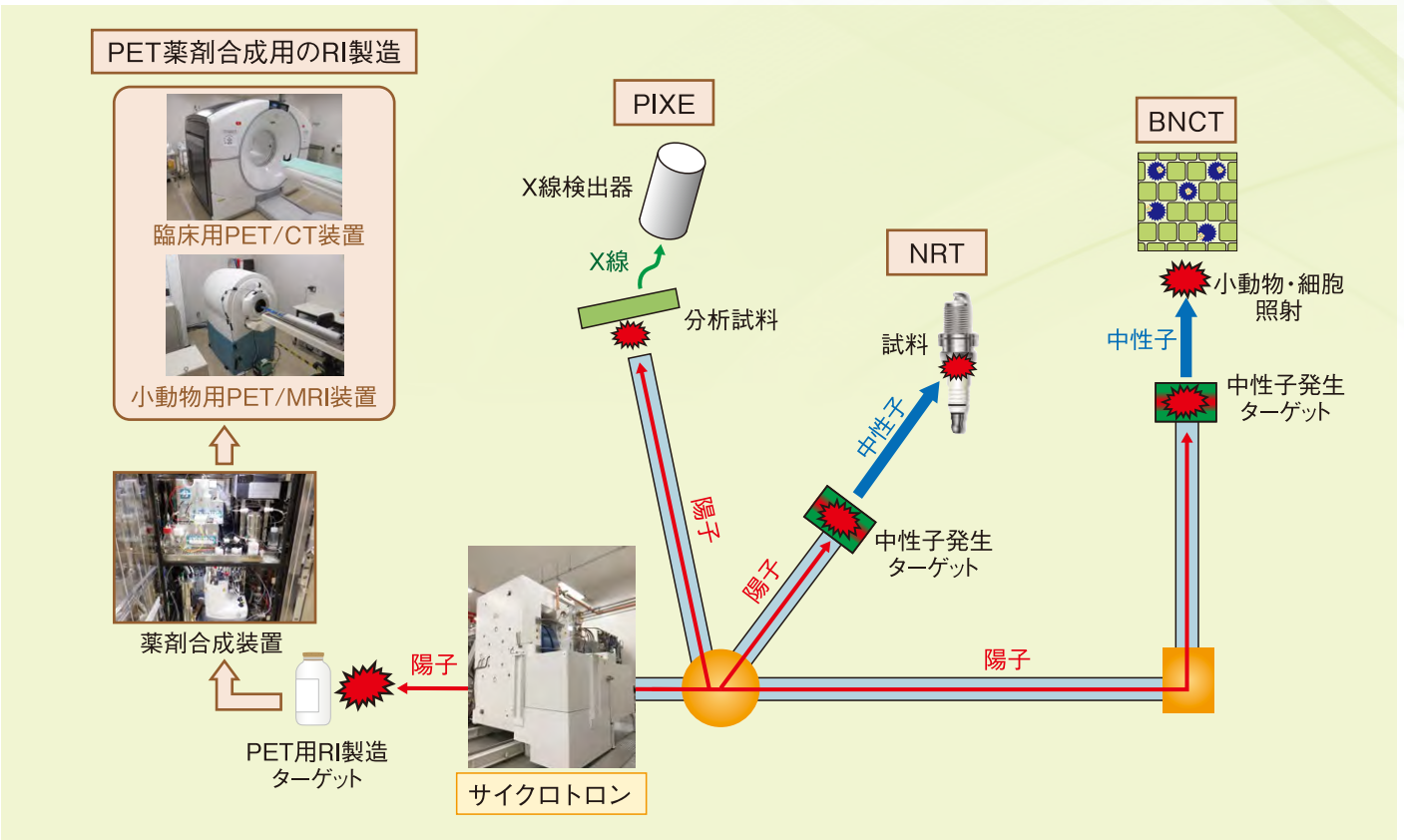
加速粒子	ビームエネルギー (MeV)	最大ビーム電流 (μA)
陽子	14 20	100
重陽子	10	50

▼QSCの利用可能核種

原子力規制委員会の許可を受け、QSCでは以下の核種が利用できます。

代表的使用許可核種の一覧	
核種	物理的状態
¹¹ C	気体・液体
¹³ N	液体
¹⁵ O	気体・液体
¹⁸ F	気体・液体
⁵⁴ Mn	液体・固体
⁵⁸ Co	液体・固体
⁶⁰ Co	液体・固体
⁸⁵ Sr	液体・固体
¹³⁷ Cs	液体・固体
¹⁵² Eu	液体・固体
¹⁸¹ W	液体・固体
¹⁸⁵ W	液体・固体
¹⁹⁸ Au	固体

▼サイクロトロンと各主要装置の配置



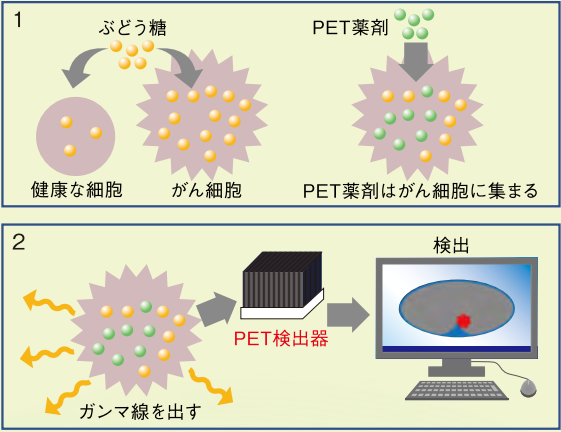
研究開発

(1)PET (Positron Emission Tomography)薬剤合成用のRI製造

PETとは？
生体の器官の機能を画像化して診断する方法です。

PET検査の仕組み

- ブドウ糖に近い成分を持つPET薬剤(放射線を出す特殊な薬剤)を生体に投与することでPET薬剤はエネルギー代謝している部位に取りこまれます。
- がん細胞はエネルギー代謝が周りの正常細胞より活発なので、がん細胞に集まったPET薬剤が放出する放射線を特殊な装置(PET)で検出することで、がんの位置を特定することができます。



QSCのRI製造

サイクロトロンで加速した陽子もしくは重陽子をターゲット物質に照射して、核反応によって生じた陽電子放出核種(¹⁸F,¹⁵O,¹¹C,¹³N)を用いることで、様々なPET診断用の放射性薬剤を合成することができます。

薬剤合成装置を設置するホットラボは、GMP (Good Manufacturing Practice) に対応可能な設備仕様としている実験室と、多目的な合成試験を行うことができる設備を整備している実験室の2室を用意しています。

FASTLABでは腫瘍の診断に使用される [¹⁸F] FDGや脳血流の診断に使用される [¹⁵O] H₂Oの合成が可能です。

QSCの薬剤合成装置

- GEヘルスケア製 FASTlab
- 住友重機械工業製 CYPRIS-G
- JFEエンジニアリング製 研究用多目的合成試験装置 ほか

①QSCのPET/CT

GEヘルスケアジャパン株式会社製 (RI棟 PET/CT室)

PETはがん診断だけでなく、脳の機能診断にも利用できます。

PETによる機能画像とX線CTによる形態画像を重ね合わせることで、脳の各部位が正常に働いているか調べることができます

QSCのCTの仕様

- 回転駆動部: 連続回転(スリッピング)式1-2-1
- ガントリー開口径: 70cm
- 走査ガントリ
- 回転速度 Axial: 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9,1.0, 2.0 秒/回転
Helical: 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 秒/回転
スライス厚: (0.625)、1.25、2.5、5、7.5、10 mm

QSCのPETの仕様

- 検出器配列: 全周リング状配列
- 検出器クリスタル材質: LYSO
- 同時計測window幅: 4.9ns 検出器
- リング径: 810mm
- 検出器リング数: 24
- 検出器クリスタルサイズ: 4.2(transaxial) ×6.3(axial) ×25(radial) mm
- 全検出器数: 13,824
- 断面方向FOV: 700mm
- 軸方向FOV: 157mm
- イメージプレーン数: 47スライス/フレーム

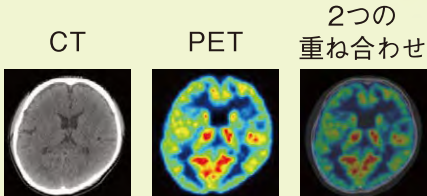
QSCの薬剤合成実績

代表的使用許可核種の一覧	
核種	標識化合物
¹⁵ O	H ₂ O (気体・液体)
¹⁸ F	FDG
	FRP-170
	FBPA
¹¹ C	Flumazenil
	Choline
	Methionine



PET/CT装置

PET/CT検査における脳の撮像例



被験者に¹⁵Oガスの吸入による投薬を行い、脳の撮像を行った。CT画像では脳の構造が、PET画像では脳の血流量がわかる(赤いところが血流が多い箇所)。(岩手医科大学 脳神経外科 小林正和先生 ご提供)

研究開発

②QSCの小動物用PET/MRI

PETにより悪性腫瘍等の病変検出や循環器・脳等の機能の画像化ができるとともに、MRIにより解剖学的形態・構造の画像化が可能です。それら機能画像及び形態画像をオーバーレイすることにより、位置の特定・評価を、より複合的かつ正確に行うことができます。

QSCの小動物PET/MRI

MR Solutions社製 (RI棟 小動物PET/MRI室)

PETの仕様

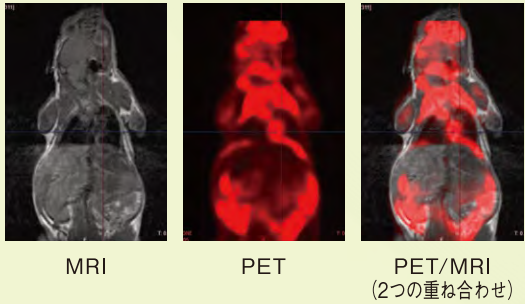
- 分解能: 0.7mm (FOV中央部)
- AXIAL FOV (軸方向撮影視野): 104 mm
- Trans-axial FOV (横断面撮像視野): 120 mm
- 検出器: 2層LYSOクリスタル/SiPM
- 最大感度: 8.59%

MRIの仕様

- 磁場強度: 3.0Tesla
- FOV: 100mmx70mm
- ボアサイズ: 10mm
- 液体ヘリウム (冷却剤) 不要

付属機器

小動物用麻酔器、RFコイル、体温維持システム、心臓/呼吸同期システム、ベッド



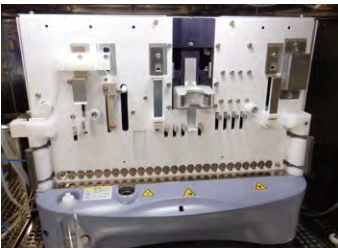
《PET/MRIによるマウスの撮像例》

マウスに¹⁸F-FDGを投与し、PET/MRI像を撮影した。MRIではマウスの構造が、PET像では¹⁸F-FDGが取り込まれている部分がわかる(赤い部分ではより多くの¹⁸F-FDGが取り込まれている)。MRI像とPET像を重ね合わせた融合画像(PET/MRI像)から、¹⁸F-FDGが集積している正確な位置を捉えることができる。
(弘前大学大学院医学研究科放射線腫瘍学講座 廣瀬勝己先生 ご提供)

薬剤合成エリア



JFE製標識化合物
¹¹Cループ標識合成装置



GEヘルスケア製
フルメタモル合成装置



住友重機械工業製
液相法ヨウ化メチル合成装置



高速液体クロマトグラフ

動物実験エリア



蛍光倒立顕微鏡



共焦点レーザー顕微鏡



凍結マイクローム



フローサイトメーター

研究開発

(2) ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT; Boron Neutron Capture Therapy)

住友重機械工業製 (RI棟 サイクロترون室、中性子実験室)

■ BNCTとは？

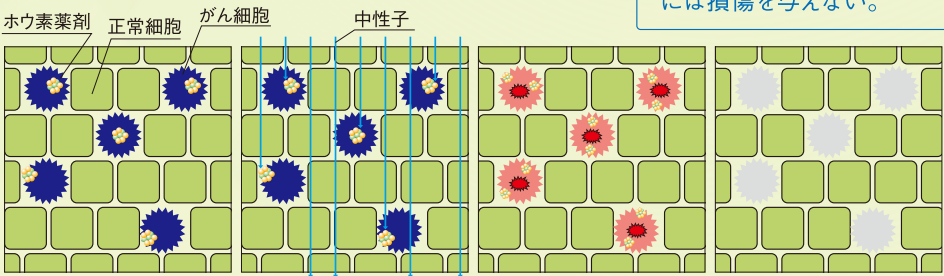
中性子とホウ素の核反応を利用した放射線治療法の一つで、正常細胞にはほとんど損傷を与えずにがん細胞のみを選択的に破壊する革新的ながん治療法です。

■ BNCTの仕組み

- 1. がん細胞に集まるホウ素薬剤をがんになったマウスに投与すると、がん細胞がホウ素薬剤を取り込みます。
- 2. 中性子を照射することで、ホウ素が集まったがん細胞において、ホウ素と中性子の核反応が起こります。
- 3. がん細胞内部で放射線 (α線) が放出されます。
- 4. がん細胞が破壊されます。

ポイント①
ホウ素は中性子との反応性が高い。

ポイント②
α線は細胞一つ分程度の距離しか飛ばないため、がん細胞のみを破壊する。がん細胞の外側にある正常な細胞には損傷を与えない。



QSCのBNCT

QSCでは、細胞や小動物 (マウス) を対象とした試験が可能です。

■ 照射場での中性子束

- 熱中性子束: 1.14×10^9 (n/cm²/s) [熱中性子<0.5eV]
- 高速中性子線量混入率 (測定値): 3.90×10^{-13} (Gy・cm²)
- ガンマ線量混入率 (測定値): 8.69×10^{-13} (Gy・cm²)

■ 照射用具

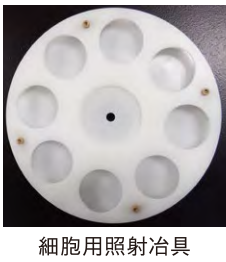
✓マウス用照射治具

- マウス設置可能匹数: 8匹
- 適用マウスサイズ: φ24×70 (mm)



✓細胞用照射治具 (ディッシュ)

- ディッシュ設置可能数: 8個
- 適用サイズ: φ39 mm



✓細胞用照射治具 (チューブ)

- チューブ設置可能数: 12個
- 適用サイズ: (1) 1.5 mLマイクロチューブ (2) 5 mLチューブ

■ 照射場への試料の搬送

動物搬送装置を用いて、試料を治具にセットした後、照射場まで自動で動物や細胞を搬送することが可能です。



動物搬送装置 (照射場)

研究開発

(3) 中性子イメージング (NRT; Neutron Radiography Testing)

住友重機械工業製 (RI棟 中性子実験室)

■ 中性子イメージングとは？

中性子は透過力が強く、水素やリチウム等軽元素に対する感度が高いという特徴を持ちます。QSCでは、金属ベリリウムに対して陽子ビームを照射することで発生する中性子を利用して、X線検査では観察できない物質内部の水の挙動や樹脂製部品の状態等、対象物内部の様子を観察できます。

QSCのNRT

NRTでは、陽子20MeVビームを通常は電流20~50μAの条件で照射します。

■ 照射場での熱中性子束 (熱中性子<0.5eV)

水平・垂直ポート: 6×10^5 (n/cm²/s)

■ 中性子成分の割合 (垂直ポート (Gdコンバータ使用))

熱中性子成分: 60.2% 散乱中性子成分: 1.4% ガンマ線成分: 4.3%

■ 検出器 イメージングプレート (デジタルデータ)

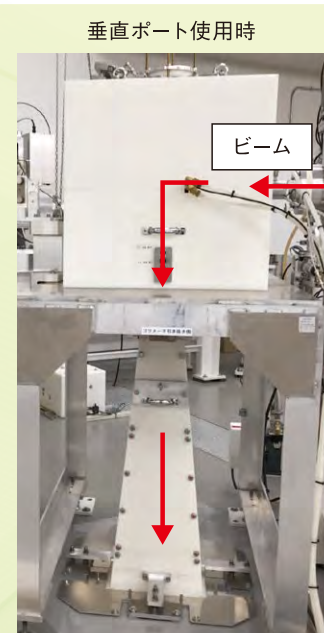
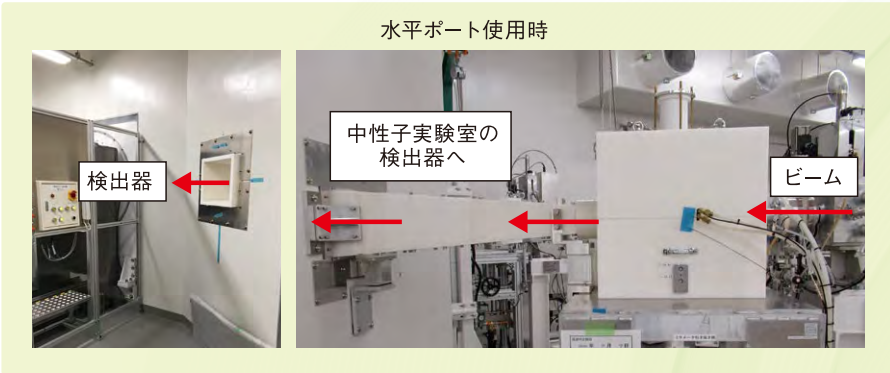
イメージングエリア寸法: 17インチ×14インチ (約43cm×35cm)
空間分解能: 50μm

■ コリメータ比 L/D=44

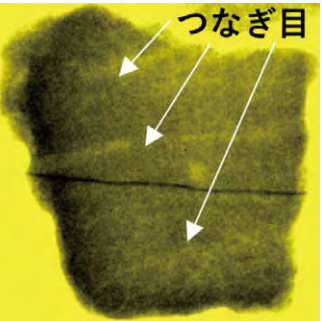
(L: ターゲットから照射野までの距離、D: ターゲットの直径)

■ 撮像方式

QSCのNRTでは、試料を上から撮影する垂直ポートと、横から撮影する水平ポートがあります。



《中性子イメージングの例 (左: デジタルカメラでの撮像、右: 中性子透過像)》



縄文土器のつなぎ目が良く見える。

三色スミレ、花キャベツの中の水のイメージング

(先端量子ビーム科学研究センター 石井慶造先生 ご提供)

研究開発

(4) 粒子線励起X線分析 (PIXE ; Particle Induced X-ray Emission)

(RI棟 サイクロトロン室)

PIXEとは？

陽子ビームを試料に照射することで放出される特性X線を測定することで、試料に含まれる元素の分析を行う手法です。

PIXEの特徴

- ほとんど全ての元素に対して、ppm以上の均一で高い感度があります。
- 原子番号Na以降のほとんど全ての元素を同時に短時間で分析することができます。
- 少ない試料でも分析ができます。
- 試料を壊さずに分析することができます。

QSCのPIXE

QSCのPIXEの陽子ビームのエネルギーは20MeV

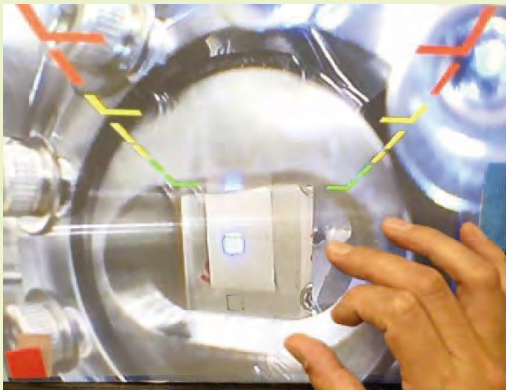
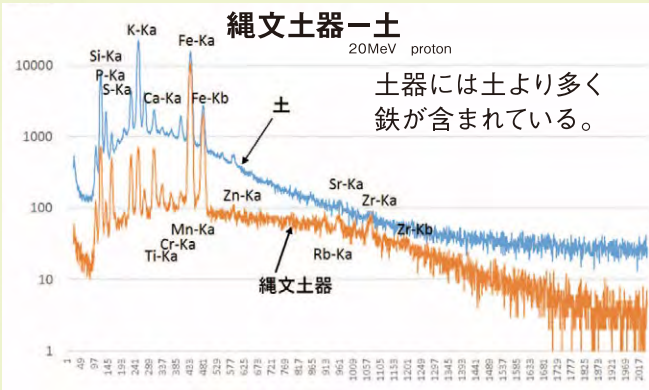
※通常のPIXEは3MeV

《ビームエネルギーが20MeVであるメリット》

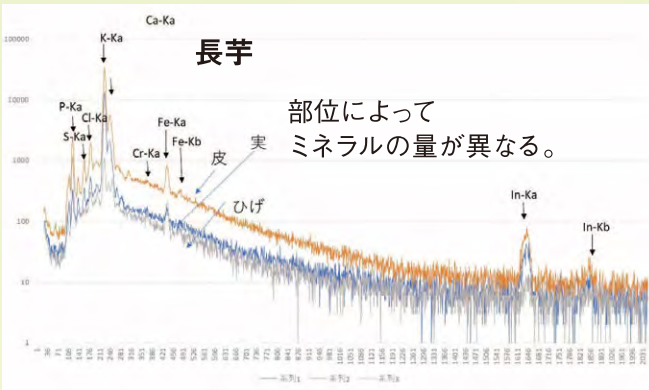
- 厚さの影響が少ない
- 表面の凹凸に対して影響が少ない
- 試料の損傷が少ない 等…



ターゲット収納の様子



ビームスポットの確認



(先端量子ビーム科学研究センター 石井慶造先生 ご提供)

研究開発

(5) その他 理工学機器

QSCでは、RI棟だけではなく、研究棟にも理工学機器を整備しています。

顕微ラマン分光光度計

(レニショー株式会社製(研究棟・化学分析室))

物質内の分子振動に基づいた物質の成分や構造の推測が可能です。

仕様

- レーザー光源波長：532nm
- サンプルステージ可動範囲：X：112mm, Y：76mm, Z：28mm

触媒分析装置

(マイクロトラック・ベル株式会社(研究棟・材料実験室))

金属分散度測定(パルス吸着量測定)、昇温脱離スペクトル測定(TPD)、昇温反応スペクトル測定(TPR)、PET1点法による比表面積測定等の触媒評価が、前処理から測定まで全自動で可能です。

スモールパンチクリープ試験機

(株式会社 神戸工業試験場製(研究棟・材料実験室))

材料のクリープ特性を調査することができます。

特に、一般的なクリープ試験機では不可能な微小試験片で局所的なクリープ特性の評価を行うことが可能です。

仕様

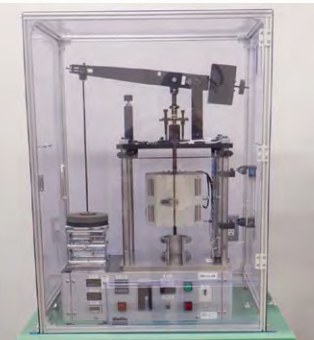
- 試験荷重：最大1kN
- 試験温度：300～1000℃
- 試験片サイズ：φ8×T0.5mm、φ3×T0.25mm



顕微ラマン分光光度計



触媒分析装置



スモールパンチクリープ試験機

QSCの主な装置

QSCでは、RI棟・研究棟それぞれに、様々な装置を整備しています。
様々な分析機器等について、利用用途や操作方法等のサポートを行います。

RI棟

サイクロトロンおよび工学研究エリア		臨床研究エリア	
設置場所	設置設備	設置場所	設置設備
サイクロトロン室	サイクロトロンシステム	PET/CT室	PET/CTシステム
	中性子ラジオグラフィ撮影装置		¹⁵ O標識ガス合成装置
	PIXE分析装置	動物実験エリア	
	RI合成システム用ターゲットボックスおよびターゲット周辺装置	設置場所	設置設備
	BNCT装置一式	機器測定室	凍結マイクローム スキャナータイプ画像解析装置
薬剤合成エリア		細胞培養準備室	倒立顕微鏡
設置場所	設置設備	細胞培養分析室	フローサイトメーター 蛍光倒立顕微鏡 共焦点レーザー顕微鏡
標識合成室(1)	液相法ヨウ化メチル合成装置	小動物PET/MRI室	小動物用PET/MRIシステム
	フルテメタモル合成装置		
	FDG合成装置	動物飼育室	実験動物環境制御装置
標識合成室(2)	¹¹ Cメチオン合成装置	研究棟	
	多目的合成試験装置		
	気相法ヨウ化メチル合成装置	設置場所	設置設備
品質管理室	¹¹ Cループ標識合成装置	材料実験室	粉末粒子径測定装置
	エンドトキシン測定システム		スモールパンチクリープ試験機
	高速液体クロマトグラフ	化学分析室	触媒分析装置
	ガスクロマトグラフ		顕微ラマン分光光度計