

【令和3年度実績】

1. 加速器施設のネットワーク構築

No.22 ②-1 経済・社会的課題に応える戦略的研究の推進
実績報告

◎短寿命 RI 供給プラットフォームの成果

短寿命 RI 供給プラットフォーム(PF)は今年度最終年度となりこれまでの成果をまとめた(なお文科省より本事業の 2022 年度以降の継続が認められている)。

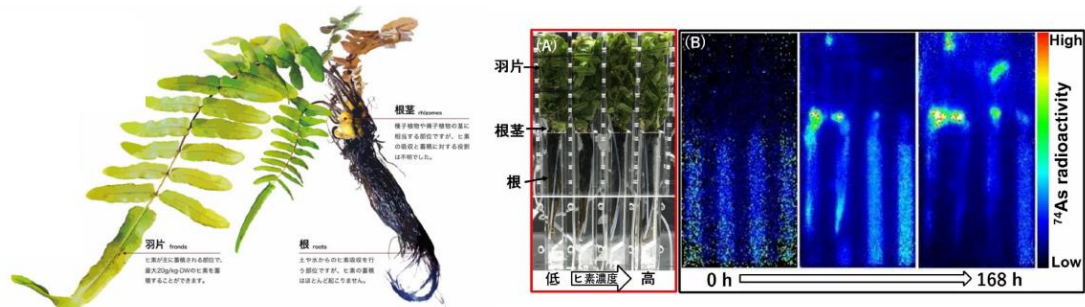
アンケート調査では、殆どのユーザーが自身の研究のために本 PF による支援が必須と回答(5 段階評価で 4 以上が 87%)。

ユーザーの満足度は高く、アンケート調査では、5 段階で 74%が最高 5 の評価、21%が 4 の評価であった。本 PR 供給機関ごとのこれまでの提供実績を示すが、本センターが本 PF を支えている。

施設ごとの提供実績

供給機関	供給回数	供給数量 (GBq)
大阪大学核物理研究センター	35	1.2
理化学研究所仁科加速器研究センター	137	1.3
東北大学サイクロロンアイソトープセンター	121	76.2
東北大学電子光物理学研究センター	48	0.2
量子科学技術研究開発機構 量子医科学研究所	28	4.8
量子科学技術研究開発機構 高崎量子応用研究所	17	1.0
合計	386	84.7

本 PF の成果として、東北大学環境科学研究科、電子光物理学研究センター、QST と共同でプレスリリース「モエジマシダが猛毒のヒ素に耐えるしくみが見えてきた! - 世界初、ヒ素高蓄積植物の根茎の役割をイメージング技術で解明 -」を行った。



◎産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(OPERA)の成果

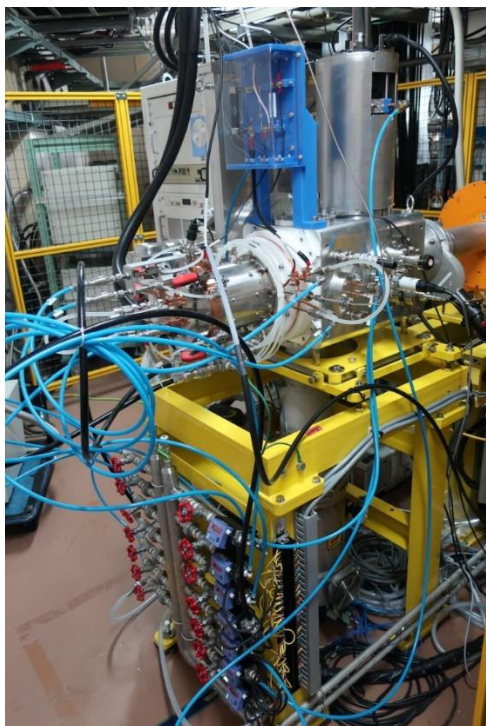
(28 サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター)

・開発した高分解能 GAGG コンプトンカメラを実機によるデータを用いてシミュレーションと比較し性能評価を実施した。

・昨年度に引き続き、京都大学(共同研究者が大阪大学から異動)、京都工芸繊維大学の研究者とともに本センターの準単色高速中性子ビームを用いて自動運転や AI での利活用が進む GPU の中性子起因ソフトウェアの発生率の測定を行い、発生したエラーがアプリケーションに与える影響を実験的に評価した(提出資料:2021 年度後期マシントイム.pdf)。

・ ^{11}B ビーム、 ^{13}C ビーム、 ^{15}N ビームなどの軽重イオンビームと本センターのビームスイッチングシステムを用いてエネルギー可変型の 10MeV 単色中性子源を開発し、性能評価を行なった。











・研究開発課題1「小型加速器・照射技術の高度化」に関連して、昨年度立ち上げた DATE プロジェクト(Deuteron Accelerator for Theranostics mEdicine at Tohoku University、住友重機械工業および株式会社千代田テクノル、および QST との共同研究)において、負重水素イオン源、および、 ^{64}Cu および ^{67}Cu の製造と精製分離システムを開発・導入し(下記写真)、供給体制を整えた。また、日本のサイクロトロン加速器における 25MeV 重水素ビームとしては最高強度である $54\mu\text{A}$ を達成した。



◎付随する研究成果

本学理学研究科および大阪大学核物理研究センター、高エネルギー研究機構、理化学研究所等との共同研究により、三つの陽子の間に働く三体力の研究手法の開発に成功した。この研究成果は米国物理学会誌 Physical Review C の注目論文(editor's suggestion)として令和3年4月12日にオンライン公開された。(論文 [PhysRevC.103.044001.pdf](#), プレスリリース [tohokuuniv-press20210426_02web_proton.pdf](#))

DATE プロジェクトの一環として、本センターの永井泰樹研究教授、伊藤正俊教授らによって、神経内分泌腫瘍の治療用 RI として注目されている ^{177}Lu を高純度で製造する際に重要となる濃縮 ^{176}Yb の同位体構成を評価する手法を開発した。研究成果は Journal of the Physics Society of Japan (JPSJ) にて令和4年3月14日にオンライン公開された。また、この論文は注目論文として取り上げられ、JPS Hot Topics としても掲載されている。(論文: [jpsj.91.044201.pdf](#), 注目論文賞状: [JPSJ_Award_2022_177Lu.pdf](#), 注目論文紹介: [jpsjnc.19.08.pdf](#), JPS Hot Topics2, 018: <https://doi.org/10.7566/JPSHT.2.018>)

 スクリーンショット 2022-03-08 095345.png,  2022-03-13_12-08.png,  2021 年度後期マシントイム.pdf,  [tohokuuniv-press20210426_02web_proton.pdf](#),  [PhysRevC.103.044001.pdf](#),  負イオン源 2.jpg,  熱分離装置.png,  [jpsj.91.044201.pdf](#),  [jpsjnc.19.08.pdf](#),  [JPSJ_Award_2022_177Lu.pdf](#)

2. ライフサイエンス系研究

No.24 ②-3 トランスレーショナルリサーチの促進

実績報告

本センターのライフサイエンス部門は PET などの核医学診断薬の開発とそれをを用いた基礎・臨床研究に力を入れてきた。今後は、画像診断研究に加えて、核医学技術を用いた「診断一体型治療(セラノスティクス)」の医療応用の実現にむけて、本学大学病院との連携も深めつつ、体制整備を進めている。

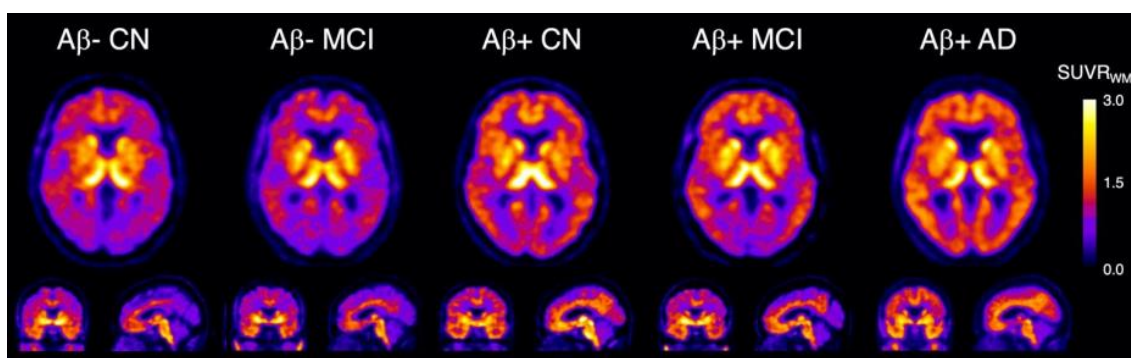
◎診断と創薬の革新を目指したポジトロン断層法(PET)用の医薬研究

・前年度に引き続き PET による診断と創薬の革新を目指して、PET 薬剤開発から臨床研究に至る先端的なトランスレーショナル研究をさらに強力に推進した。診断薬開発に関して、超高齢社会の到来によって技術革新が求められている①認知症、②がん・腫瘍等に関する画期的な PET 診断薬の創製を東北大学病院との連携により目指した。また環境衛生学的基礎研究として、③放射性セシウムの動態イメージング研究を展開した。

なお、PET 薬剤研究・業務の責任者である核薬学研究部の古本祥三教授は、核医学の研究および診療・教育・管理などに関する傑出した業績が評価され、第 60 回日本核医学会賞を受賞した(Insert 図参照)。また、本センターの PET 薬剤開発研究は世界的に高く評価されており、古本教授は、放射性医薬品科学の国際学術団体である Society of Radiopharmaceutical Sciences の理事に選任されて国際的な活動に取り組むこととなった。



①認知症研究に対しては、アストログリオシス(神経炎症)イメージングを目的とした独自の新規PETトレーサーである ^{18}F -SMBT-1 について、基礎研究として構造と代謝動態の関係性を詳細に検討し、同トレーサーの構造は中枢PETトレーサーとして優れた性能を有することを明らかにした(提出資料:論文 [Harada et al. 2022a.pdf](#), [Harada et al. 2022b.pdf](#))。そして臨床研究としては、国内で多施設共同研究が開始されている(後述。提出資料:AMED 研究採択情報 2022.pdf)。また、同トレーサーについては、メルボルン大学、ピッツバーグ大学との国際共同研究においてヒトを対象とした研究を展開し、脳内 MAO-B の画像化トレーサーとしての有用性を明らかにするとともに、アルツハイマー病患者の脳内における MAO-B の発現上昇を画像化することに成功した。(Insert 図参照。提出資料:論文 [Villemagne et al. 2022a.pdf](#), 論文 [Villemagne et al. 2022b.pdf](#))。同トレーサーに関しては、新たに韓国、タイ、イギリスの研究機関とも国際共同研究を開始し、グローバルな研究を展開している。

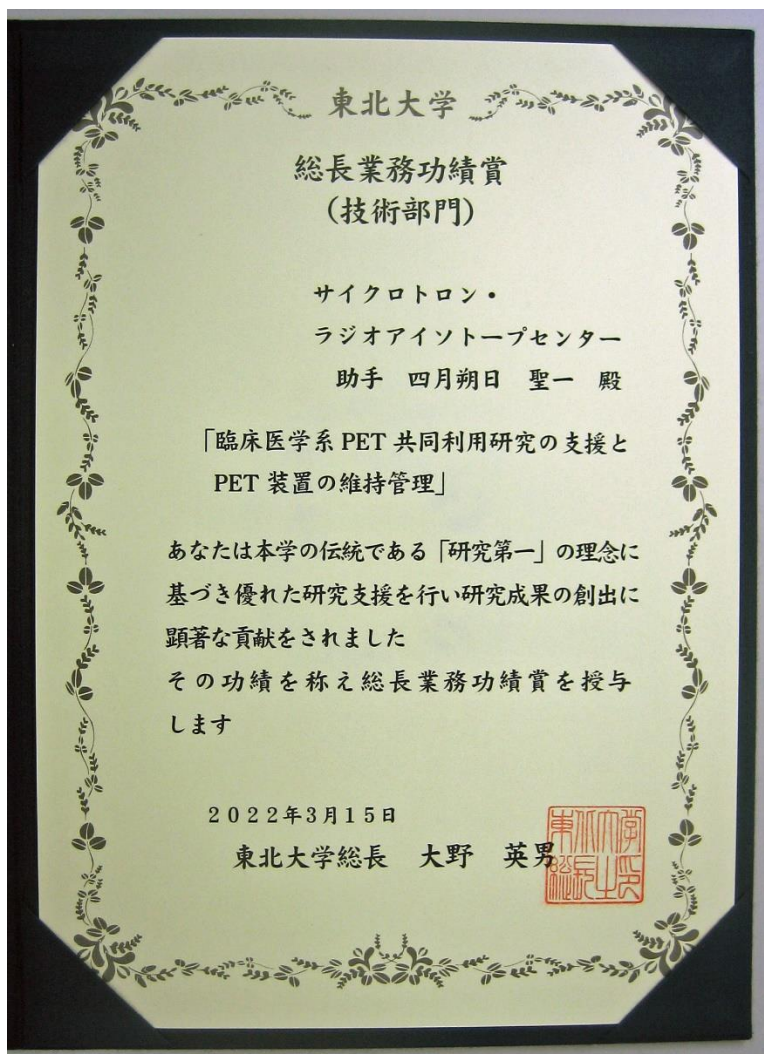


◎臨床研究の成果

・PET等の装置を用いて以下に示すような多面的な臨床研究を展開した。

①核薬学研究部のチームが開発した新規 PET トレーサー「¹⁸F-SMBT-1」を用いた臨床研究では、AMED の認知症研究開発事業として当センターが拠点となり多施設共同臨床研究「反応性アストログリオーシスを定量化する新規画像バイオマーカーの研究開発：認知症疾患の層別化における¹⁸F]SMBT-1 の有用性の検討(SMBT-SD)」を開始しており(提出資料:[AMED 研究採択情報 2022.pdf](#))、R3 年度内に倫理審査を完了させて臨床測定を開始することができた。加えて、並行して、以下のような科研費研究も推進してきた。特定臨床研究「アルツハイマー病と進行性核上性麻痺患者における新規 PET 診断薬剤¹⁸F]SMBT-1 の有用性と安全性の評価に関する研究」では ¹⁸F-SMBT-1 の脳内薬物動態の定量解析を進めている。さらに倫理指針下研究「健常者を対象とした PET 診断薬剤¹⁸F]SMBT-1 の全身臓器における生理的集積の観察」では、人体の各臓器における ¹⁸F-SMBT-1 の生理的集積の分布パターンについて調べている。

なお、本研究を進めるうえで不可欠な臨床 PET 画像の撮像業務および PET 装置の維持管理を担当している四月朔日聖一助手が、長年にわたる「臨床医学系 PET 共同利用研究の支援と PET 装置の維持管理」の功績により、令和 3 年度の総長業務功績賞を受賞した(提出資料:四月朔日聖一総長業務功績賞表彰状 2022.jpg; [四月朔日聖一氏_総長業務功績賞.pdf](#))。
















②独自の PET 薬剤である「¹⁸F-THK5351」を用いてこれまでに実施された種々の変性性神経疾患 PET 研究についてまとめた総説を本学内の共同研究グループで発表した(提出資料: [Ezura et al. 2021.pdf](#))。

③脳内ヒスタミン受容体の分布を可視化するための PET 薬剤 ¹¹C-doxepin を用いたストレス疾患研究に関するこれまでの研究を総説にまとめて共同研究グループで発表した(提出資料: [Fukudo et al. 2022.pdf](#))。

④全国多施設共同研究「J-TRC」に分担施設として参画し、PET 薬剤[¹⁸F]flutemetamol を用いて高齢被験者を対象とした脳アミロイド沈着の測定と評価を進めた(東京大学、本学加齢医学研究所、大学病院との共同研究。提出資料: [J-TRC ウェブサイト.pdf](#))。

⑤AMED の支援を受け、大阪府大と協力し、中性子捕捉療法(BNCT)の治療効果判定に重要な [¹⁸-F]FBPA の生体内の動態を明らかにする数学モデルを構築し、治療効果判定の精度を飛躍的に向上させることに成功した。なお BNCT 治療に利用される BPA(ポロファラン(¹⁰B))は 2020 年 3 月に薬事承認され、現在、臨床応用が進められている。2020 年 11 月に開催された日本核医学会総会において、BNCT および [¹⁸-F]FBPA の特別セッションが開催され、共同研究者が発表した。

⑥ライフサイエンス分野の科学論文における図表の歴史的変遷に関する社会科学的な研究を実施した。ライフサイエンス系国際学術誌"CELL"に 1974 年から 2014 に掲載された論文から抽出した約 6,000 点の図表を分析し、ライフサイエンス研究者の研究活動の表現の変遷を社会科学的に分析・考察した。また、本研究は同テーマの研究の歴史において初めて統計解析を適用した点が画期的である。研究成果論文は国際学術誌"History and Philosophy of the Life Sciences"にアクセプトされた(提出資料: [Ariga and Tashiro2022. Accept notification.pdf](#))。

 [Harada et al. 2022a.pdf](#),  [Harada et al. 2022b.pdf](#),  [Villemagne et al. 2022a.pdf](#),  [Villemagne et al. 2022b.pdf](#),  [FigureVillemagne et al. 2022b FIGURE1.PNG](#),  [AMED 研究採択情報 2022.pdf](#),  [四月朔日聖一_業務功績賞表彰状 2022.jpg](#),  [四月朔日聖一氏_総長業務功績賞.pdf](#),  [Ezura et al. 2021.pdf](#),  [Fukudo et al. 2022.pdf](#),  [J-TRC ウェブサイト.pdf](#),  [Ariga and Tashiro2022. Accept notification..pdf](#),  [日本核医学会賞受賞写真.jpg](#)

3. 放射線管理情報ネットワークの構築

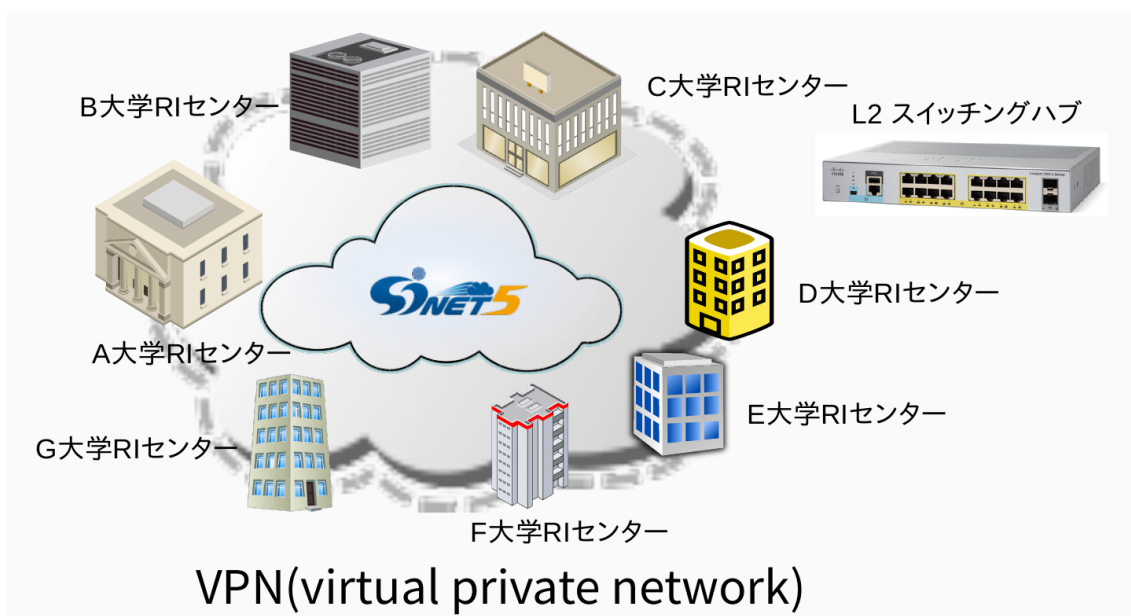
No.78 ①-4 危機管理体制の機能強化

実績報告

◎全国のアイソトープセンターとの連携およびネットワーク整備

・平成 29 年度から原子力規制委員会放射線対策委託事業の支援を受けて実施している事業である。

SINET5 のインフラを利用することにより容易に全国の 21 大学 RI センターを接続した VPN(virtual private network) を構築した(下図)。



今年度は最終年度であり、さまざまな媒体において成果報告を行った。

- 第8回加速器施設安全シンポジウム (主催: J-PARC センター)
- 令和3年度 大学等における放射線安全管理研修会
- 令和3年度放射線安全取扱部会年次大会
- 第3回日本放射線安全管理学会日本保健物理学会合同大会
日本アイソトープ協会の広報誌 Isotope News に紹介記事を掲載した。
[2202_TRACER_WATABE_HOKA.1.pdf](#)

世界15カ国の放射線管理の状況を調査し、原子力規制委員会に報告した。



◎次世代放射光施設との連携

「次世代放射光施設における放射線管理等に係る相互協力に関する覚書」を国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構量子ビーム科学部門次世代放射光施設整備開発センターと締結し、東北大学と次世代放射光施設との間での従事者の管理など放射線管理の協力関係を進めている。

 [2202_TRACER_WATABE_HOKA.1.pdf](#),  [2022-03-13_12-19.png](#),  [2022-03-13_12-23.png](#)

4. 産学連携

No.34 ①-1 世界標準の産学連携マネジメントの推進

実績報告

◎物理工学系研究

・加速器ネットワーク構築とも関連し、OPERA 量子アプリ共創コンソーシアムの「小型加速器・照射技術の高度化」において、高強度重陽子負イオン加速による加速器中性子および革新的医療用 RI 製造システムの開発研究を、本センターと住友重機械工業株式会社、および株式会社千代田テクノロとの共同研究として実施した。

・OPERA 量子アプリ共創コンソーシアムの「半導体ソフトエラー評価技術の確立」とも関連し、本学テクニカルサポートセンターを通じた本センターにおける中性子照射及びイオン照射事業において利用促進のためのサポートを実施し、大手電機メーカーM社や宇宙開発事業をサポートしているA社、G社、MD社、R社等の半導体ソフトエラー評価及び放射線耐性試験において総額約2,000万円の利用率収入を得た。

・本センター、量子科学技術研究開発機構、住友重機械工業株式会社、および株式会社千代田テクノロと共同で昨年度立ち上げた「DATEプロジェクト」を推し進めた。DATEプロジェクトでは、本センターの大型サイクロトロンにおいて、高強度の重水素負イオン加速システム、加速器中性子源および医療用 RI 製造システムを開発することで、治験に耐え得る量の銅-64、銅-67等の医療用 RI の製造拠点を構築することを目指している。本年は、高強度の重水素負イオン源、高強度ビームに対応した中性子生成のための炭素回転標的、および製造した RI を遠隔から搬送する自動搬送装置の開発・導入し、高強度の加速器中性子源による医療用 RI 製造システムを構築した。

DATEプロジェクトに関する解説記事を日本アイソトープ協会広報誌 Isotope News に掲載した。(提出資料:[2110_TENBO__WATABE.pdf](#))

・青森県受託研究を通じて PIXE 元素分析技術の地元産業利用を目指した「粒子励起 X 線分析技術の応用」の研究において、高効率高分解能 γ 線検出器として近年注目されている臭化タリウム(TlBr)半導体を初めて応用し有用性を実証した。TlBr の結晶育成から検出器化までを一貫して行い、TlBr 検出器が PIXE 用検出器として高いポテンシャルを有することを明らかにした(提出資料:Nogami2020.pdf)。さらに、令和3年度では従来の20MeV陽子によるPIXE分析(低試料損傷用の分析)に加えて、より高感度分析可能な3MeV陽子によるPIXE分析が可能となり、幅広い産業および環境関連試料の分析ができるようになった。

(28 サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター)

・東北放射線科学センターの受託研究「小型加速器による核変換システムの基礎研究」において、使用済み核燃料中に大量に含まれ残留熱源の一因である放射性セシウム ^{137}Cs (半減期約 30 年) の早期処分法の開発を目指し、陽子照射で安定核へ核変換する基礎データ取得を目的としている。核変換シミュレーションの高精度化のために、 $^{137}\text{Cs}(p,n)^{137}\text{Br}$ の逆反応である $^{137}\text{Br}(n,p)^{137}\text{Cs}$ 反応実験と核反応の個別釣り合いの原理により、安定核である ^{137}Ba 標的への中性子照射実験を青森県量子科学センターで実施し、 ^{137}Cs 核変換断面積の実験データを導出した。さらに令和 3 年度では、使用済み核燃料中で ^{137}Cs と同様に短期的な発熱源となる ^{134}Cs を安定核の ^{133}Cs に変換する (γ,n) 反応について検討した。すなわち、逆反応の $^{133}\text{Cs}(n,\gamma)^{134}\text{Cs}$ 反応の断面積を実験で求め、逆反応理論から $^{134}\text{Cs}(\gamma,n)$ 反応の断面積を評価し、核変換シミュレーションの精度向上に資するデータとともに、 ^{137}Cs および ^{134}Cs を直接使用せずに目的の核変換データを導く手法を確立した(提出資料: 東北放射線科学センター受託研究報告書 2020 抜粋.pdf、同 2021 抜粋.pdf)

・青森県受託研究を通じてサイクロトロン加速器を用いた中性子線 CT の開発を行い、空間分解能 1mm 以下の中性子 CT 画像の取得に成功した。小型加速器による実用的中性子 CT としては初めての装置と考えられる。これにより中性子 CT 応用の第 1 段階として、青森県関連の工業製品、農海産物、考古学試料などの分析が検討されている。(応用物理学会 放射線「青森県量子科学センターにおける加速器中性子線 CT システムの開発」木村乃久 他、2021 年印刷中)

・先進原子力科学技術に関する連携重点研究(東大、原子力機構、量研機構)の研究課題名「リアルタイムイメージングと細胞レベルでの局在解析を相互補完した植物元素動態解析」(筑波大学、量研機構、農業・食品産業技術総合研究機構、京都府立大学、東北大学 CYRIC、株式会社フジタ)において、「茶葉におけるセシウムおよびストロンチウムの取込み・集積機構と緑茶への溶出特性の解明(東北大学 寺川貴樹)」の研究を実施し、茶葉の細胞スケールでのセシウム、ストロンチウム集積の共通性、差異等や同族元素との類似性、茶への元素の溶出度との関連性を明らかにした。(2020 年度連携重点研究成果報告書(2021 発行).pdf)

・東北放射線科学センターと「高線量場における放射線感受性ゲルを用いた 3次元線量計測の基礎研究」の 2022 年度受託研究を契約し、原子炉運転、廃炉作業や事故等にもなう高線量場での線量評価方法として、放射線感受性ゲルを用いた無電源の人体等価線量計(ゲル線量計)の開発に着手した。(2022 年度東北放射線科学センター受託研究契約書抜粋.pdf)

◎ライフサイエンス研究

・製薬企業 A 社との共同研究(AMED-CICLE プロジェクト、H30 年度～R4 年度)において、メーカーが開発している薬の治験で画像バイオマーカーとして開発した新規 PET 薬剤について、臨床用薬剤の製造を目的とした標識合成システムを構築した。次年度以降の研究継続が確定した。

・企業 B 社が開発を進める無細胞タンパク合成キットによる金属核種の新規標識技術に関する基礎研究を実施した。この研究をさらに発展させたいとの企業の意向があり、次年度も共同研究を継続することとなった。

・PET 関連企業 F 社が開発している新規合成装置の合成最適化や性能評価の共同研究契約を締結し、研究を開始した。研究は順調に進み、目的とする合成最適化や性能評価を完了した。

・メディカルイラストレーション制作企業 Laiman 社との連携を通じて、ライフサイエンス分野における図表の歴史的変遷に関する調査研究を実施した。ライフサイエンス系国際学術誌"CELL"に

掲載された図表の歴史的変遷に関する調査研究を実施した。研究成果を論文として国際学術誌 "History and Philosophy of the Life Sciences" に投稿しアクセプトされた(提出資料: Ariga and Tashiro2022. Accept notification.pdf)。当時、筆頭著者の有賀氏は Laiman 社員で東北大学助教を兼務しており、この成果は本学におけるクロスアポイントメント推進制度の成果でもあった。

・日本医療研究開発機構(AMED)の認知症研究開発事業として当センターが拠点となり多施設共同臨床研究「反応性アストログリオシスを定量化する新規画像バイオマーカーの研究開発」を開始した(提出資料:AMED 研究採択情報 2022.pdf)。これは本センターの薬剤開発チームが開発した独自の PET 薬剤である 18F-SMBT-1 の有用性を評価するため計画であり、東京都健康長寿医療センターや国立長寿医療研究センター等と連携して研究を進める。この 2 年半の研究開発事業のために総額 1 億 3000 万円の外部資金を獲得することができた。2021 年度は計画していた内容をおおむね実現することができ、高い評価を受けている。この研究プロジェクトは 2023 年度末まで続く予定であり、その後は、大規模の多施設共同研究や医師主導治験への展開を目指している。

・将来の認知症治療薬の企業治験に役立つデータベースの構築を目指したインターネット登録研究 全国多施設共同研究「J-TRC(ジェイ・トラック)」に参画し、PET 薬剤[18F]flutemetamol を用いて高齢被験者を対象とした脳アミロイド沈着の評価を進めた(東京大学、本学加齢医学研究所、大学病院との共同研究。提出資料:J-TRC ウェブサイト.pdf, ウェブサイト情報 <https://www.j-trc.org/ja/welcome>)。

・整備費の支援を受けて改修工事が完了した基礎研究用の RI 棟において、全国でもまれな「小動物」、「中動物」、「ヒト」の 3 段階の研究がスムーズに進められる理想的な研究施設を目指して動物 PET 装置並びに実験室の整備を進め、令和 4 年度の 4 月から学内外および企業の研究を支援すべく活動再開する見込みである。

◎学外教育プログラムの事業化と教材の製品化

・これまでに実施した学外教育プログラムの評判は極めて良好だったため、「教育・その他」の項で報告した中高生対象の STEAM 実践教育プログラムの全てを柔軟に運営できるように合同会社「加速キッチン」を設立して、本学ビジネス・インキュベーション施設「T-Biz」に R2 年年度から入居して本格的に活動を開始し、継続している。

 [2110_TENBO__WATABE.pdf](#),  [Nogami2020.pdf](#),  [東北放射線科学センター受託研究報告書 2020 抜粋.pdf](#),  [東北放射線科学センター受託研究報告書 2021 抜粋.pdf](#),  [Ariga and Tashiro2022. Accept notification..pdf](#),  [AMED 研究採択情報 2022.pdf](#),  [J-TRC ウェブサイト.pdf](#),  [2020 年度連携重点研究成果報告書\(2021 発行\).pdf](#)

5. 教育・その他

No.01 ①-1 現代的課題に挑戦する基盤となる先端的・創造的な高度教養教育の確立・展開
実績報告

◎全学教育

・放射線及びエックス線の安全取扱いに関する全学講習会のオンライン化:当センターは 40 年以上にわたり、放射線及びエックス線の安全取扱いに関する全学講習会(以下、「全学講習会」とい

う。)を提供してきた(延べ受講者は2019年度までに31,695人)。この全学講習会は学生にとって最初の放射線教育に関する講義および実習として提供され、重要な人材育成の機会となってきた。しかし近年、放射線利用の多様化に伴い、講習内容の陳腐化が進んでいた。また新型コロナウイルス感染症の影響で、対面での講義実施が困難な状況となった。そこで、講習内容を一から見直し、内容の刷新及び所要時間の最適化を実施した。さらに、これまで年間数日のみ対面により行っていた全学講習会を、受付も含め完全オンライン化し、受講生がe-learningで受講できる新しい受講システムを構築した。また日本人のみならず、外国人にも対応できるようにすべての教材は英語化を行った(提出資料:全学講習会受講者の方へ(受講案内):

<https://www.cyric.tohoku.ac.jp/use/>)。本年度は、これまでのe-learningのプラットフォームとして利用してきたISTUの利用停止に伴い、新たに本部情報部情報推進課と協力し、本学e-learningシステム上でRI講習会を実施できるようにした。2020年度と2021年度の合計受講者2081名であり、アンケートの結果、85%以上がオンライン化を評価している(全学講習会受講者の方へ(受講案内).pdf)。

・全学教育の「グローバル・コミュニケーション」において、英語発表未経験の学生でも1セメスターで発表できるようになるためのプログラムを開発し、オンライン仕様に改変して今年度前期に実施した。後期には、試験的にリスニング教材の使用も加えて、英語を用いたコミュニケーション能力を総合的にトレーニングするプログラムとしての完成度を高めた。R4年度からは国際教育科目の「グローバル特定課題」として再スタートしているが、参加学生の好評を得ている(提出資料:グローバル特定課題シラバス2022.jpg)。

◎大学院・学部教育

・本センターの薬学系教員(および一部を工学系教員)が、医学部保健学科の学部2年生を対象とした「放射化学」、「放射線科学」の講義を通年(3,4セメスター)で担当し、学部教育にも貢献している。

・当センターの教員は本学医学系研究科を中心とする研究科横断型の「分子イメージング教育コース」に全面的に協力してきた。創設者の谷内一彦教授(前センター長)の退職に伴い、分子イメージング教育コースは終了する可能性が出てきたが、これを受けて、当センターの教員が中心となって、R4年度以降の継続に道をつけた。また、量子技術研究開発機構の旧放射線医学総合研究所と連携して第42回日本臨床薬理学会学術総会内でシンポジウム「分子イメージングの発展と成果」、「南東北病院における最先端医療」および特別講演"Imaging Amyloid-beta Plaques in Alzheimer's Disease: History, Status, and Future"を実施して、講演内容を分子イメージング教育コース関連科目の選択者がウェブ上で聴講できるようにした(提出資料:分子イメージングシンポジウム1.jpg [insert]; 分子イメージングシンポジウム2.jpg; 分子イメージング特別講演.jpg)。

・医学系研究科との連携を通じて本センターが中心となって「分子イメージング教育コース」の教育内容の補強と拡張案をまとめた。本センターの積極的な関与により、本学の医学系研究科および量子科学研究開発機構(QST)(量子医科学研究所、量子生命科学研究所、次世代放射光施設等)との連携による「量子生命・分子イメージング教育コース」としてリニューアルする構想が実現した。2022年度より開講している。教育体制としては、医学系研究科の教育プログラムとして実施される形を取るが、実際的には薬学研究科、医工学研究科、工学研究科等の支援も受けつつ、すでに参加学生も研究科横断的となっている。本コースの具体的な教育内容として、従来の「分子イメージング概論/特論」、「分子イメージングトレーニング」等に加えて、「分子イメージング診断治療講義」、「量子生命科学概論/特論」、「量子生命イメージングトレーニング」等の科目を追加した。「分子イメージング診断治療講義」では、放射性同位体を用いた最先端の癌治療(診断

一体型治療:セラノスティクス)について学んでいただく計画。「量子生命科学概論/特論」、「量子生命イメージングトレーニング」においては、量子論や量子力学の生命観に基づいて生命活動を捉え直す最先端の基礎科学的研究について学んでいただく予定。講義全体の約7割と「分子イメージングトレーニング」の実習の大半を本センターの専任または兼務教員が担当する計画となっている(提出資料:分子イメージング特論シラバス 2022.jpg; 分子イメージングトレーニングシラバス 2022.jpg; 分子イメージング診断治療講義シラバス 2022.jpg; 量子生命科学特論シラバス 2022.jpg)。

シンポジウム「分子イメージングの発展と成果」プログラム

シンポジウム27

分子イメージングの発展と成果

趣旨 ▲

12月10日(金) 10:15~12:15 第6会場

「分子イメージング (Molecular imaging)」とは、「生物が生きた状態のまま外部から生体内の遺伝子やタンパク質などの様々な分子の挙動を観察する技術」を指し、ポジトロン断層法 (PET) が注目された。本邦では2006年度より、放射線医学総合研究所(現:量子科学研究開発機構)と理化学研究所の密接な連携のもと、オールジャパン体制で「分子イメージング研究プログラム」が開始され、2007年度より放射線医学総合研究所と東北大学の連携で「分子イメージング教育拠点」が構築されて現在に至っている。本シンポジウムは、本学会会長の谷内一彦教授の分子イメージング研究および教育体制構築への貢献を振り返りつつ、PETのための創薬研究、脳PET研究と認知症診断への応用、腫瘍PET診断への応用ならびに α 放出核種や β 放出核種等を用いた「診断一体型治療(セラノスティクス)」への展開について概説し、次の時代に求められる研究開発・教育の将来像を参加者と共有したい。

座長 田代 学 (東北大学サイクロトン・RIセンター)
岡村 信行 (東北医科薬科大学医学部)

コメンテーター 須原 哲也 (国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構量子生命科学研究所)

■ PET核医学の発展の歴史と軌跡

演者 田代 学 (東北大学サイクロトン・RIセンター)

■ 分子標的型PETトレーサー開発の現状と展望

演者 古本 祥三 (東北大学サイクロトンRIセンター)

■ アルツハイマー病脳病理像のPETイメージング

演者 岡村 信行 (東北医科薬科大学医学部薬理学)

■ 認知症イメージングの国際展開

演者 樋口 真人 (量子科学技術研究開発機構)

■ PET腫瘍イメージングの発展

演者 金田 朋洋 (東北大学大学院医学系研究科保健学専攻画像解析学分野)

■ DATEプロジェクト:医薬理工学連携による新規核医学治療薬の開発

演者 渡部 浩司 (東北大学サイクロトン・ラジオアイソトープセンター)

「分子イメージング特論」シラバス

<p>● 授業題目 /Class subject</p>	<p>本項目は、入力必須です。 分子イメージング特論 Molecular imaging lectures (for doctoral course students)</p>
<p>● 授業担当 教員 /Lecturer</p>	<p>高瀬圭, 樋口真人, 田代学ほか Prof. Kei TAKASE, Prof. Makoto HIGUCHI, Prof. Manabu TASHIRO, et al.</p>
<p>● 開講期間 /Term of Classes</p>	<p>本項目は、入力必須です。 前期 1st semester</p>
<p>● 開講曜日・ 時間 /Day and Time</p>	<p>本項目は、入力必須です。 金曜日 4講 (※5講の分子イメージング・トレーニング(続きます) Friday 14:30~16:10 (※followed by another class "Molecular imaging training")</p>
<p>● 教室 /Classroom</p>	<p>本項目は、入力必須です。 オンライン講義 (Zoomで実施します) Using Zoom (live on line lectures)</p>
<p>● 授業の 目的と概要 /Object and Summary of Class</p>	<p>本項目は、入力必須です。 ・分子イメージング (Molecular imaging) とは、生物が生きた状態のまま外部から生体内の遺伝子やタンパク質などの様々な分子の挙動を観察する技術で、医学、薬学、工学の新しい境界・複合領域である。 ・この講義では、Positron Emission Tomography (PET) や Optical imaging などの手法について学んでいただく。 ・「分子イメージング特論」では、これらの手法を利用した診断技術の応用を理解するために、放射線医学、核医学、薬理学、神経科学、腫瘍医学など最新の医科学分野および薬学、化学、物理学、医工学、工学などの周辺領域の観点から学際的講義を行う。 ・本講義では、量子科学研究開発機構 (QST) の研究者 (連携客員教授・連携客員准教授) の指導も受けることができる。 ※Molecular imaging is a technique to observe and visualize biological functional information, such as gene expression</p>
<p>● 学修の 到達目標 /Goal of study</p>	<p>本項目は、入力必須です。 ・分子イメージング研究は学際的な複合領域であるため、工学領域での機器開発や解析手法の開発、薬学領域での分子プローブの開発や薬物動態解析、医学領域での診断法の開発など、様々な視点から学んでいただくことを目標とする。 ・最終的に、学際的視点から幅広く分子イメージングの最先端技術を理解して、医学・医療へのさらなる発展・応用力を進めるための基礎学力を身につけることを目標とする。</p>
<p>● 授業内容 ・方法と 進捗予定 /Contents and progress schedule of the class</p>	<p>本項目は、入力必須です。 おおまかな講義内容を以下に紹介する (※順序等は変更となる場合があります) 01) 高瀬圭, 田代学: コースの説明とイントロダクション/分子イメージング概論 02) 田代学: ヒトPET測定と解析の基礎事項 03) 原田龍一・岡村信行***: 認知症研究における薬剤開発と臨床応用 04) 樋口真人*: イメージングによる認知症研究開発: 基礎研究から治療まで 05) 平岡宏太郎: 機能画像と形態画像を用いた水頭症の研究 06) 山田真希子***: 脳と心臓の分子・神経イメージング研究 07) 佐原成彦***: 精神・神経疾患モデル動物の開発 08) 南本敏史***: システム神経回路に基づいた精神活動および疾患の病態研究 09) 二本好二: 薬剤開発と腫瘍のPET/分子イメージング 10) 渡部宗司: 神経イメージングにおけるPET/薬剤開発 11) 渡田原真保: 分子イメージングの解析方法 12) 山谷先生*: PET装置の開発と分子イメージング 13) 井上平弘: 分子イメージングの環境科学への応用 14) 田代学, 高瀬圭ほか: まとめ ※QST連携客員教授・客員教授、***QST連携客員准教授 The following is the list of speakers and titles in English (※The schedule might be changed sometimes.) 01) Kei TAKASE & Manabu TASHIRO: Introduction / Introduction for molecular imaging research 02) Manabu TASHIRO: Basic issues for molecular imaging 03) Ryuichi HARADA & Nobuyuki OKAMURA: Tracer development and clinical application to dementia research 04) Makoto HIGUCHI***: Imaging research and development on dementia: From basic science to clinical trials 05) Kotaro HIRAOKA: Functional and anatomical imaging studies on hydrocephalus 06) Makiko YAMADA*: Neural and molecular mechanisms of human mind 07) Naruhiko SAHARA*: Model animals for molecular imaging research of neurological disorders 08) Takafumi MINAMOTO*: Molecular neuroimaging research based on neuronal circuits 09) Shozo FURUMOTO: Tracer development and clinical application to oncology research 10) Ming-Rong ZHANG*: Tracer development and clinical application to neuroimaging 11) Hiroshi WATABE: Development of measuring devices for molecular imaging research</p>
<p>● 成績評価 方法 /Evaluation method</p>	<p>本項目は、入力必須です。 ・授業への出席状況とレポートの内容で総合的に評価判定する。 ・単位認定にはリアルタイム配信講義への10回以上の参加を必須要件とする。 ・リアルタイム配信講義に参加して、次に続く「分子イメージング・トレーニング」(別科目)にも参加して積極的に学習することを推奨する (※どうしても都合がつかない場合には、担当教員に相談すること)。 ※Students' performances will be evaluated based on participation and assignments (reports). ※Students should participate in the "live" on-line lectures at least 10 times for getting credits. ※Students are encouraged to participate in the "Molecular imaging training" (16:20~17:50) that follows this class.</p>

「分子イメージングトレーニング」シラバス

授業題目 /Class subject	本項目は、入力必須です。 分子イメージングトレーニング Molecular imaging training
授業担当 /Lecturer	田代学、渡部浩司、高瀬圭、権田幸祐ほか Prof. Manabu TASHIRO, Prof. Hiroshi WATABE, Prof. Kei TAKASE, Prof. Kosuke GONDA, et al.
開講期間 /Term of Classes	本項目は、入力必須です。 I. 演習授業 training: 前期 1st semester II. 夏季集中講座 (※選択者の都合を考慮して8月中に実施予定) Intensive summer course (*Dates in August will be decided based on students' schedule)
開講曜日・時間 /Day and Time	本項目は、入力必須です。 I. 演習授業 Training: 金曜日5講 (16:20~17:50) (※分子イメージング特論講義に続いて実施) Friday 16:20~17:50 (*Following Molecular imaging lectures)
教室 /Classroom	本項目は、入力必須です。 I. 演習授業 Training: 前期 1st semester (on line) II. 夏季集中講座: サイクロトン・ラジオアイソトープセンターなど (CYRIC, etc.) Intensive summer course (*Dates in August will be decided based on students' schedule)
授業の目的と概要 /Object and Summary of Class	本項目は、入力必須です。 ・分子イメージング (Molecular imaging) とは、生物が生きた状態のまま外部から生体内の遺伝子やタンパク質などの様々な分子の挙動を観察する技術で、医学・薬学、工学の新しい境界・複合領域である。 ・この講義では、Positron Emission Tomography (PET) や Optical imaging などの手法について学んでいただく。 ・「分子イメージングトレーニング」では、分子イメージングの基本手技を施設見学や実習を通して学んでいただく。 *Molecular imaging is a technique to observe and visualize biological functional information, such as gene expression and protein synthesis, in living organisms from outside without invasive procedures (non-invasively or minimally-invasively). *In this class, students will learn mainly about positron emission tomography (PET), magnetic resonance imaging (MRI) and optical imaging, etc.
学修の到達目標 /Goal of study	本項目は、入力必須です。 ・分子イメージング研究は学際的な複合領域であるため、工学領域での機器開発や解析手法の開発、薬学領域での分子ローブの開発や薬物動態解析、医学領域での診断法の開発など、様々な視点から学んでいただくことを目標とする。 ・最終的に、学際的な視点から幅広く分子イメージングの最先端技術を理解して、医学・医療へのさらなる発展・応用力を進めるための基礎学力を身につけることを目標とする。
授業内容 /Contents and progress schedule of the class	本項目は、入力必須です。 分子イメージングトレーニングのおおまかな内容を以下に示す。 I. 分子イメージング特論講義の関連テーマに関する演習授業 (※各回の内容は「分子イメージング特論」参照) II. ワークショップ 01) プレゼンテーションテクニック・トレーニング (オンライン) DAY1: 講義と実習 02) ワークショップ (ハイブリッド) DAY1: サイクロトン・RIセンター見学 / 大学病院見学 DAY2: 画像解析実習 / 披はく線量評価実習 DAY3: 金属材料研究所見学 / 電子光理学研究センター見学 DAY4: 量子医学総合研究所 / 量子生命科学研究所 III. オンライン・トレーニング 01) PETトレーニング 02) 薬学系トレーニング 03) 工学・医工学系トレーニング
成績評価 /Evaluation method	本項目は、入力必須です。 ・授業への出席状況とレポートの内容で総合的に評価判定する。 ・単位認定によりリアルタイム配信講義への6割以上の参加を必須要件とする (※どうしても都合がつかない場合には、担当教員に相談すること)。 *Students' performances will be evaluated based on participation and assignments (reports). *Students should participate in the "live" on-line lectures at least 10 times for getting credits. *Students are encouraged to participate in the "Molecular imaging training" (16:20~17:50) following these lectures.

「分子イメージング診断治療講義」シラバス

<p>● 授業題目 /Class subject</p>	<p>本項目は、入力必須です。 分子イメージング診断治療講義 Molecular imaging theranostics lectures</p>
<p>● 授業担当 教員 /Lecturer</p>	<p>高瀬圭、東達也、田代字ほか Prof. Kei TAKASE, Prof. Tatsuya HIGASHI, Prof. Manabu TASHIRO, et al.</p>
<p>● 開講期間 /Term of Classes</p>	<p>本項目は、入力必須です。 後期 2nd semester</p>
<p>● 開講曜日・ 時間 /Day and Time</p>	<p>本項目は、入力必須です。 金曜日 4講 Friday 14:30~16:10</p>
<p>● 教室 /Classroom</p>	<p>本項目は、入力必須です。 オンライン講義 (Zoomで実施します) Using Zoom (live on line lectures)</p>
<p>● 授業の 目的と概要 /Object and Summary of Class</p>	<p>本項目は、入力必須です。 ・分子イメージング (Molecular imaging) とは、生物が生きた状態のまま外部から生体内の遺伝子やタンパク質などの様々な分子の挙動を観察する技術で、医学・薬学・工学の新しい境界・融合領域である。また、α線放出核種やβ線放出核種は癌細胞の破壊効果が高いことが知られている。「分子イメージング診断治療」には、γ線放出核種で標識したPET診断薬を用いて病巣を可視化するとともに、治療薬が治療対象となる腫瘍細胞に集積することを確認してから、治療薬をα線放出核種やβ線放出核種で標識しながら投与する、いわば「診断一体型治療 (thera-nostics)」である。 ・この講義では、radioisotopeを用いたthera-nosticsの原理と臨床応用について学習する。 ・本講義では、量子科学研究開発機構の研究者 (連携客員教授・連携客員准教授) の指導も受けることができる。 *Molecular imaging is a technique for observing the behavior of various molecules such as genes and proteins in a</p>
<p>● 学修の 到達目標 /Goal of study</p>	<p>本項目は、入力必須です。 ・分子イメージングの基礎を理解した上で、治療の基本原則を理解できるようになることを目標とする。 ・最終的に、学際的視点から幅広く分子イメージングの最先端技術を理解して、医学・医療へのさらなる発展・応用力を進めるための基礎学力を身につけることを目標とする。 *To learn about the molecular imaging from various standpoints such as engineering (including device development</p>
<p>● 授業内容 の 進捗予定 /Contents and progress schedule of the class</p>	<p>本項目は、入力必須です。 おおまかな講義内容を以下に紹介する (※順序等は変更となる場合があります)。 01) 高瀬圭・田代字: コースの説明とイントロダクション/放射線治療概論 02) 船本善仁: RIを用いたがん治療戦略 (セラノステイクス概論) 03) 渡部浩司: セラノステイクスの将来展望 04) 高浪健太郎: がんの臨床核医学診断と治療 05) 外山中貴: がんの核医学治療の実際 06) 幸川直樹: 陽子線治療とBNCTの基礎研究 07) 神宮隆: 放射線治療の臨床 08) 金田朋羊: 腫瘍PETにおける薬剤開発とセラノステイクス 09) 東達也*: α放出核種を用いた診断一体型治療 10) 西井龍一**: 分子イメージングと分子標的薬個別化医療 11) 吉井幸恵**: Cu同位体を用いた診断一体型治療の治験 12) 永井弘太郎**: α放出核種を用いた診断一体型治療を支える基礎技術1 13) 菊永英寿: 原子核反応とRI製造 14) 白崎謙次: α放出核種を用いた診断一体型治療を支える基礎技術2 15) 渡部浩司 (高瀬・田代): 分子イメージング診断治療における被ばく線量評価・まとめ *QST連携客員教授、**QST連携客員准教授 The following is the list of speakers and topics (*The schedule might be changed sometimes) 01) Kei TAKASE & Manabu TASHIRO: Introduction and overview on therapeutics in radiology 02) Keiichi HINOBU: Clinical aspects of radiation therapy 03) Atsuki TERAKAWA: Basics information of particle therapy and boron neutron capture therapy (BNCT) 04) Kentaro TAKANAMI: Diagnosis in clinical nuclear medicine and treatment 05) Yoshitaka TOYAMA: Treatment in clinical nuclear medicine 06) Yoshihito FUNAKI: Introduction for "theranostics" using radioisotopes 07) Tomohiro KANEDA: Drug development and clinical application for theranostics in oncology 08) Tatsuya HIGASHI: Theranostics approach using alpha- and beta- emitters 09) Ryuichi NISHII: Molecular imaging and theranostics 10) Yuki YOSHII: Theranostics approach using radioisotopes of copper (Cu) 11) Kotaro NAGATSU: Development and production of radionuclides for theranostics 1</p>
<p>● 成績評価 方法 /Evaluation method</p>	<p>本項目は、入力必須です。 ・授業への出席状況とレポートの内容で総合的に評価判定する。 ・単位認定にはリアルタイム配信講義への10回以上の参加を必須要件とする。 ・リアルタイム配信講義に参加して、後半のトレーニング科目 (別科目) にも参加して積極的に学習することを推奨する (※どうしても都合がつかない場合には、担当教員に相談すること)。 *Students should participate in the live on-line lectures at least 10 times for credits. *Students are encouraged to continue to participate in the "Training" following the lectures.</p>










(28 サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター)

「量子生命科学特論」シラバス

(28 サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター)

<p>授業題目 /Class subject</p>	<p>本項目は、入力必須です。 量子生命科学特論 *Quantum biology lectures (for doctoral course students)</p>
<p>授業担当 教員 /Lecturer</p>	<p>権田幸祐、須原哲也、田代学ほか Prof. Kohsuke GONDA, Prof. Tetsuya SUHARA, Prof. Manabu TASHIRO, et al.</p>
<p>開講期間 /Term of Classes</p>	<p>本項目は、入力必須です。 後期 2nd semester</p>
<p>開講曜日・ 時間 /Day and Time</p>	<p>本項目は、入力必須です。 木曜日 4講(※5講の「量子生命科学トレーニング」がそのあとに続きます) Thursday 14:30~16:10 (* Quantum bio-imaging training will follow at 16:20~17:50)</p>
<p>教室 /Classroom</p>	<p>本項目は、入力必須です。 ・Zoomなどを用いたオンライン講義 ・DAY02は新青葉山キャンパスで実施予定 *on line lectures using Zoom etc. (live or on-demand) *Day02 will be done in New Aobayama Campus.</p>
<p>授業の 目的と概要 /Object and Summary of Class</p>	<p>本項目は、入力必須です。 ・「量子生命科学(Quantum biology)」は、分子の化学的相互作用に立脚した従来の生命観にとらわれず、現代物理学の量子力学にまで基盤を拡張した新しい視点から生命活動全般の根本原理を明らかにしようとする新領域である。そして、「量子生命イメージング(Quantum bio-imaging)」は、量子生命科学を基盤とした技術を用いて生命現象の可視化を目指す新たな研究領域である。量子生命イメージング技術の具体的な例としては、量子センシング技術(ダイヤモンドNVセンター等の量子ナノセンサー)、分子構造解析(超偏極MRI、放射光技術など)、量子イメージング技術(量子状態制御MRI、超偏極MRI、量子もつれによる高分解能光トモグラフィーなど)などが挙げられる。 ・この科目では、青葉山キャンパスの「次世代放射光施設」に関する講義とともに量子生命科学/イメージングの基礎について学ぶ。 *Quantum biology (/quantum bioimaging) is a new academic field that aims at fundamental elucidation of "life"</p>
<p>学修の 到達目標 /Goal of study</p>	<p>本項目は、入力必須です。 ・量子生命科学および量子生命イメージングの基本概念と応用技術の原理が理解できるようになることを目指す。 *To become able to understand and evaluate the basic principles and applications of quantum biology/bio-imaging</p>
<p>授業内容 ・方法と 進捗予定 /Contents and progress schedule of the class</p>	<p>本項目は、入力必須です。 おおまかな講義の予定を以下に紹介する。(※順序等は変更となる場合があります。) 01) 権田幸祐・田代学: 「コースの説明とイントロダクション/放射光科学入門」 02) 藤井健太郎** : 「放射光科学概論」 03) 藤井健太郎** : 「放射光分光・イメージング概論」 04) 馬場嘉信*・須原哲也* : 「量子生命科学概論」 05) 玉田太郎: 量子ビームプラットフォームを活用した構造生物学: 「量子でひもとく生体分子のかたちとはたらき」 06) 根来誠: 超偏極MRIを用いた代謝イメージング: 「核スピンの向きを揃え超高感度MRIを実現」 07) 湯川博: 量子ドット・量子ナノセンサーの再生医学への応用: 「量子技術により幹細胞の再生機能発現機構を解明する」 08) 五十嵐龍治** : 生体ナノ量子センサーとは何か: 「量子センサーで生命を読み解く」 09) 八幡憲明: 生体内ダイナミクスに対する情報科学的アプローチ: 「空間スケールの異なる生命現象を架橋する情報科学〜量子から個体行動まで〜」 10) 森岡孝清: 「中赤外線レーザー顕微装置を利用した組織イメージング」 11) 横谷明德: 量子科学にもとづいた放射線生物学: 「放射線刺激に応答する生命の物理学」 12) 山田真希子** : 量子認知脳科学概論: 「量子確率論を用いてこころが脳から生じる仕組みを解き明かす」 13) 安達基泰: タンパク質の量子力学効果と分子設計: 「今までにない分子を創り人類の幸福に貢献する」 14) 横谷明德: 生命科学者のための量子力学基礎講座: 「量子力学の数学的構造のやさしい理解に向けて」 15) 須原哲也*・田代学: まとめ *QST連携客員教授、客員教授、 **QST連携客員准教授 The following is the list of speakers and titles in English (*The schedule might be changed sometimes) 01) Kohsuke GONDA & Manabu TASHIRO: Introduction of class / Introduction of synchrotron radiation science 02) Kentaro FUJII** Introduction of synchrotron radiation science</p>

(28 サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター)

 全学講習会受講者の方へ(受講案内).pdf,  グローバル特定課題シラバス
2022.JPG,  分子イメージングシンポジウム 1.JPG,  分子イメージングシンポジウム
2.JPG,  分子イメージング特別講演 1.JPG,  分子イメージング特論シラバス
2022.JPG,  分子イメージングトレーニングシラバス 2022.JPG,  分子イメージング診断治療
講義シラバス 2022.JPG,  量子生命科学特論シラバス 2022.JPG