

【令和5年度実績】

1. 先端量子ビーム科学研究センターの設立

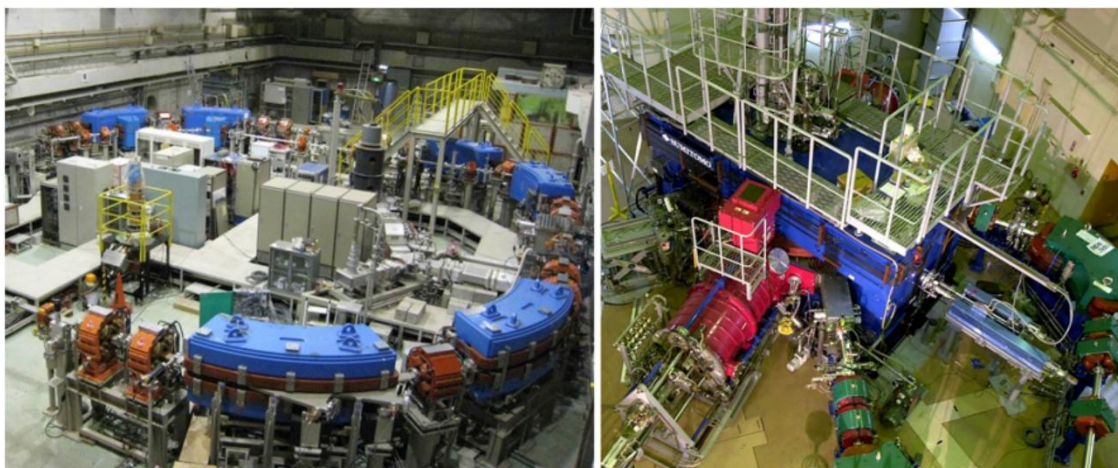
「研究」

No.29 (2)-2 大型研究施設等を積極的に活用した戦略的研究連携の推進
実績報告

サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターが所有するサイクロトロンはイオンを加速し、それをターゲットに当てることにより、さまざまな放射性同位元素(RI)を生成できる。一方、電子光物理学研究センターが所有する大型電子ライナックは加速された電子から強力な光を作り、光核反応で RI を製造できる。2つの異なる種類の加速器を有機的に利用することにより、他には類を見ない多種多様な RI を生成、利用できる複合研究施設となる。

新たに設置さえるセンターは、2つのセンター保有の大強度電子ビーム、およびそれらから作り出される電子・光子ビームを全国共同利用に供し、原子核物理学、放射化学、加速器物理および関連分野の基礎と応用研究を推進するとともに、大型サイクロトロンにより作り出されるイオンビームを使った原子核物理学、放射化学、および両加速器により生成される短寿命ラジオアイソトープ(RI)を使った核医学、核薬学に関する研究拠点として、また電子ビームとイオンビームの特徴と協調による短寿命 RI の利用・活用による新しい研究展開を目指す。

その波及効果は臨床医学、とくに癌治療分野に及ぶと期待されている(RI セラノスティクス、核医学治療)。この分野では、アルファ線やベータ線を放出するラジオアイソトープを癌治療に用いることで末期がんが完治した症例が報告されるなど、この分野は世界中で注目されて技術革新が進められている。本センターにおいても、その事業の基盤整備のために DATE プロジェクトを立ち上げていたが、今回の統合により、さらにプロジェクトが進めやすくなると期待されている。



電子光物理学研究センター(左)とサイクロトロン・ラジオアイソトープセンター(右)の所有する加速器

 [2024-03-24_17-34.png](#)

2. 認知症 PET 診断および病態解明に関する開発と臨床応用

「研究」

No.20 (2)-1 社会の要請に応える研究の推進, No.23 (3)-2 卓越した研究を基盤とした産業界等との共創教育の展開

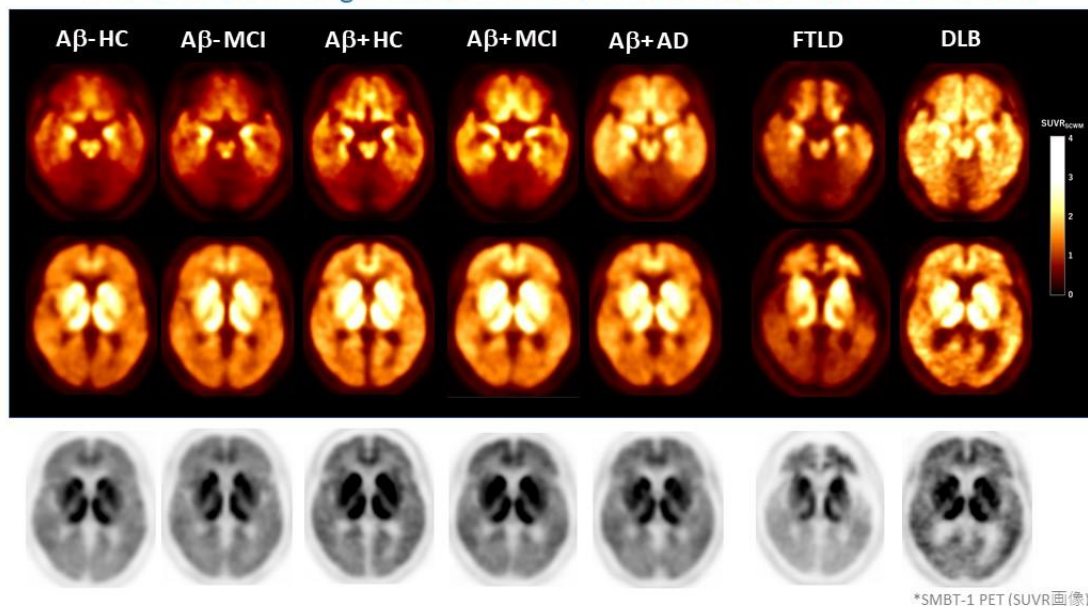
実績報告

超高齢社会の到来によって技術革新が求められている認知症の診断に関する画期的な PET 診断薬の創製を東北大学病院との連携により進めている。最近では本格的なレカネマブなど認知症治療薬も米国 FDA に承認されるようになり、治療開始時期を確定するために PET 画像診断の重要性が再び注目されている。古本教授らが「アストログリオーシス(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 18F-SMBT-1 を開発し、脳 PET トレーサーとして優れていることを明らかにした。臨床研究としては、田代教授が AMED の支援を受けて、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)」を進めてきた(協力施設:国立長寿医療研究センター、東京都健康長寿医療センター研究所、山形大学、東北医科薬科大学、福島県立医科大学)。この薬剤は、アミロイドイメージング、タウイメージングの次の世代の PET 診断薬として注目されており、その機能として、1) 認知症疾患の進行段階の層別化ができるとともに、2) 疾患の進行予測ができ、また、3) アルツハイマー病系列の認知症とそれ以外の認知症の鑑別もできる可能性が期待されていた。

臨床研究プロジェクト「SMBT-SD」では、約 2 年間のデータ収集を行い、最終的に認知機能正常高齢者(HC 群) 35 名、軽度認知障害患者(MCI 群) 44 名、アルツハイマー病患者(AD 群) 13 名の測定を完了し、AMED プロジェクトの当初の目標を達成することができた。また、初回登録症例のうち、HC 群 24 名、MCI 群 15 名、AD 群 7 名において 2 回目の[18F]SMBT-1 PET 検査を実施することができ、目標を達成した。全症例の目標症例数の 103.2%を達成することができ、非 AD 疾患である前頭側頭葉変性症患者(FTLD 群)、レビー小体型認知症患者(DLB 群)、進行性核上性麻痺患者群(PSP 群)の測定も実施することができた(下図参照:図 2-1)。

横断的研究: non-AD 疾患群と AD 疾患群の比較 Cross-sectional study on AD spectrum and non-AD disorders

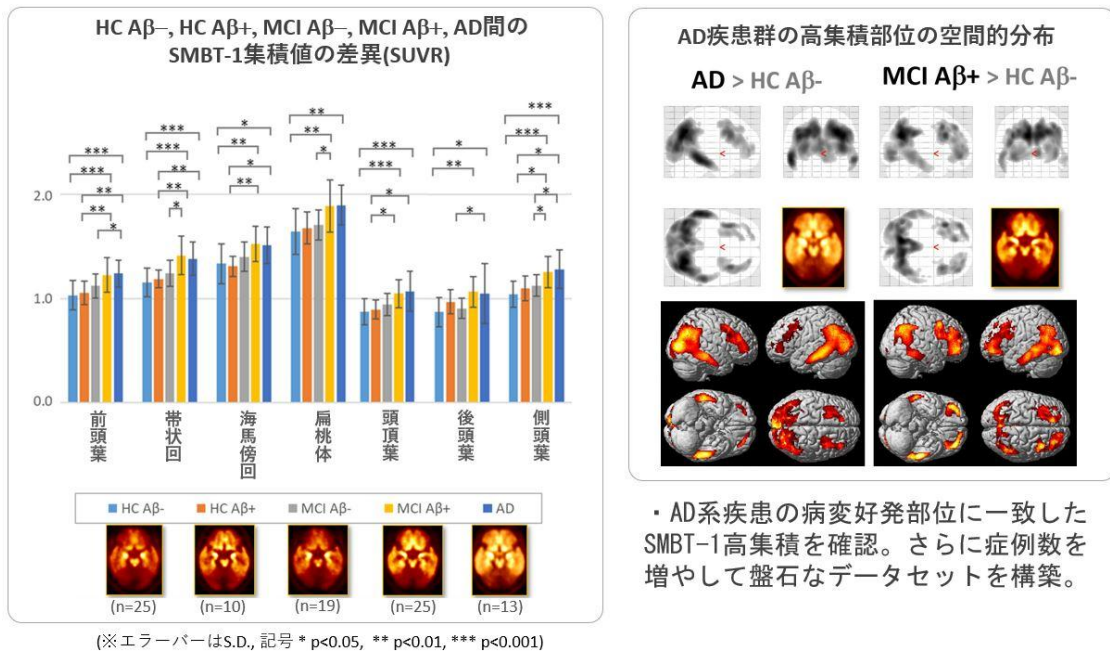
- 非AD疾患では特徴的な所見がSMBT-1 PET画像に反映されている。
Characteristic findings observed in non-AD disorders such as FTLD and DLB.



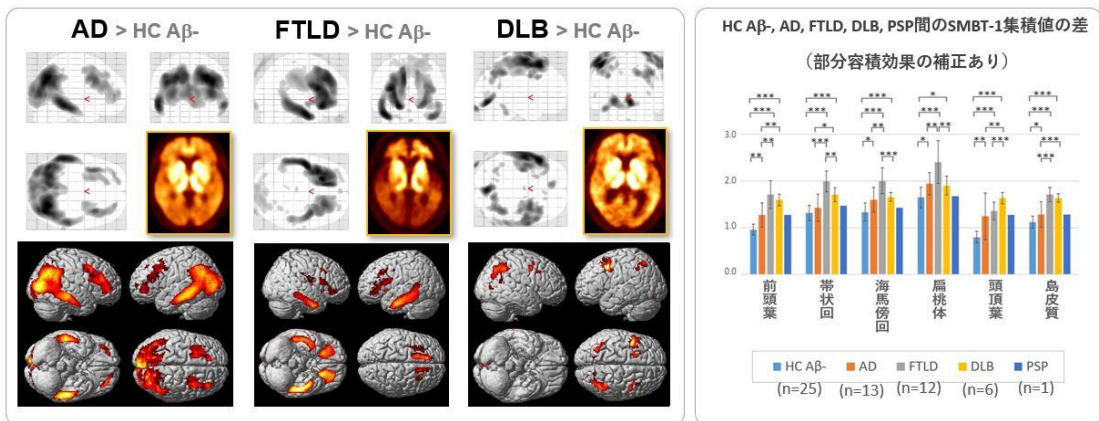
上記のデータを用いて、以下の所見を得ることができた。

- 1) アミロイド陰性および陽性の健常者(HC 群)および軽度認知障害患者(MCI)および AD の間

で、SMBT-1 PET 集積値に有意な差があることが統計学的に確認でき、進行段階の層別化が可能であることを示すことに成功した(下図参照: 図 2-2)。



2) 初回[18F]SMBT-1 PET 検査の集積が低い人のほうが、その後の 1 年間に進行する度合いが強い傾向があり、SMBT-1 PET 集積値と進行予後の間に有意な相関があることが確認できた。
 3) 前頭側頭葉変性症 (FTLD) 患者においては、きわめて特徴的な集積が示され、AD や他の変性疾患との鑑別に有用であることが統計学的に確認できた(下図参照: 図 2-3)。



以上の成果を得て、上記の AMED プロジェクトは、6.7/10 点と比較的良好な審査結果を得ることができた(下図参照: 図 2-4)。

事後評価結果

研究事業名：認知症研究開発事業
 研究開発課題名：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
 研究開発代表者：田代 学
 所属研究機関：東北大学
 評点（10点満点）

点 数
6.7

評価コメント：

本事業の求める臨床的 POC の達成基準を予め定め、その基準をいずれも満たしており、目的はほぼ達成できている。本画像診断法がアストログリオシスを適切に画像化しており、神経炎症の新たなバイオマーカーとしての発展が期待でき、他のイメージング技術と合わせることで進行過程における病態解明などに応用可能である。進行予測性についてはさらなる検証が必要である。

評価項目：①研究開発進捗状況
 ②研究開発成果
 ③実施体制
 ④今後の見通し
 ⑤事業で定める項目及び総合的に勘案すべき項目
 ⑥総合評価

総合的に考察すると、以下のような有用性が期待できる。

①健常者または軽度認知障害(MCI)の患者が脳内アミロイド陽性(A β +)の場合は、SMBT-1 PETを実施して高集積だった場合には進行リスクが高い症例として、早期に疾患修飾薬を用いた治療を開始することが望ましい。

②軽度認知障害(MCI)の患者が脳内アミロイド陰性(A β -)の場合は、SMBT-1 PETを実施して、脳局所に高集積が認められた場合には病変部位のパターンからどの神経変性疾患(FTLD, DLBなど)に将来進行していく可能性が高いかを事前に予測できる。

今後はデータ収集を継続して、上記の目的に関する有用性を臨床的に証明することを目指していくとともに、将来的には治験を実施して東北大発の初めての PET 診断薬としての確立を目指している。

以上の成果を踏まえて、現在、さらなる国際共同研究の展開が進んでいる。豪州の Melbourne University Autisin Hospital とは初期臨床試験から共同研究を実施していたが、米国の Houston Medical Research Institute とは、2022 年度から国際共同研究強化(B)のプロジェクトとして共同研究を開始している。さらに、The State University of New York at Stony Brook (米国)、Pittsburgh University (米国)、Asan Medical Center (韓国)、Korean Institute for Basic Research (韓国)、National Cyclotron and PET Centre (タイ)、McGill University (カナダ)の研究機関とも国際共同研究を開始し、グローバルな研究活動を拡大している。国内においては、国立精神・神経医療研究センター、量子科学技術研究開発機構、国立長寿医療研究センター、東京都健康長寿医療センター研究所、アステラス製薬株式会社、香川大学に SMBT1 を提供して共同研究を実施した。その他には、PET 試薬販売企業で世界最大手の ABX 社、PET 薬剤合成装

置メーカー世界最大手の Trasis 社と SMBT-1 及びその製造原料化合物の製品化に向けて、交渉を進めている。

なお、薬剤開発者の古本教授は、放射性医薬品科学の国際学術団体である Society of Radiopharmaceutical Sciences (SRS)の理事に選任されて国際的な活動に取り組んでいる。この活動により世界各国の指導的立場にある放射性医薬品科学の研究者との強力なネットワークができており、当センターのグローバルな研究活動の展開に大いに役立っている。国内的には、古本教授は大会長として、第 17 回日本分子イメージング学会総会・学術集会「融合研究で開く分子イメージングの新時代」(2023 年 6 月 8 日~9 日)を東北大学百周年記念会館川内菽ホールを主催し、200 名あまりの研究者が仙台に集いました。さらに研究面においては、PET によりアルツハイマー病のタウ病理を画像化するための新しいタウトレーサー[18F]SNFT-1 を開発し、その研究成果は Journal of Nuclear Medicine ([資料 2-0.pdf](#))に掲載された。[18F]SNFT-1 は従来のタウトレーサーよりも強い結合性と高い選択性を有しており、次世代トレーサーとして臨床応用が期待されている。そこで東北大学病院での First-in-Human 研究の実施に向けて[18F]SNFT-1 の薬剤製造環境の整備を進めた。

また、分子イメージング研究では以下のような臨床研究の成果も得られた。

仙台市内の広南病院の脳神経内科等との共同研究において、脳アミロイドアンギオパチー(CAA)に関するアミロイド PET 研究の成果を論文発表することができた。これは、本センターとしては、初めて市中病院との共同研究契約に基づいた受託研究として実施された臨床研究の最初の成果である([資料 2-1.pdf](#))。

電気通信大学大学院情報理工学研究科共通教育部の安藤創一准教授と本センターの田代学教授、本学高度教養教育・学生支援機構の藤本敏彦准教授、明治安田厚生事業団体力医学研究所の共同研究グループは、1 回の有酸素運動による脳の認知能力の改善(反応時間の短縮)に脳内でのドーパミン遊離が関係することを明らかにした。この研究成果は、ヒトの認知機能の維持や向上に運動誘発性の神経伝達物質遊離が関わっていることを示した貴重なデータであり、Journal of Physiology に掲載され、掲載号の Editor's Choice にも選ばれた([資料 2-2a.pdf](#), [資料 2-2b.pdf](#))。

 [図 2-1.jpg](#),  [図 2-2.JPG](#),  [図 2-3.JPG](#),  [図 2-4.jpg](#),  [資料 2-0.pdf](#),  [資料 2-1.pdf](#),  [資料 2-2a.pdf](#),  [資料 2-2b.pdf](#)

3. 放射線等従事者管理システムの開発

「業務運営の改善等」

No.46 (1)-2 全学 DX によるデジタル・キャンパスの推進, No.47 (1)-3 危機管理体制の機能強化
実績報告

本学における放射線の利用者は、理工系のみならず、生物、農、医歯薬系に至るまで幅広い分野に及び、29 部局で概ね 4,400 人の従事者が学内にいる。さらにナノテラスの運用が始まる 2024 年度には、近年にない利用者の大幅な増加が予想されている。放射線業務従事者に対しては、被ばく管理、健康診断、教育訓練を含む従事者の管理が法令により各事業所に義務付けられているが、近年、従事者の放射線施設の利用形態が多様化していることや、法令改正等に起因するコンプライアンス強化に対応するための安全管理体制の再編・再構築等環境の変化への対応を正確かつ迅速に行う必要性が高まっており、全国の放射線施設を有する大学等においてもこのことが大きな問題となっている。一方で、本学や全国の大学においては、今もなお、従事者管理が徹底されていない事例が規制官庁による立ち入り検査等において指摘されている状況で

あるため、これも踏まえた問題の解消は喫緊の課題である。本学における放射線業務従事者の管理は、現在、従事者の一元管理に基づいた全学的な体制ではなく部局単位で行っており、全学共通のフォーマットによる管理が行われていない。そのため、全学的な情報共有に時間を要すること、放射線施設を有しない部局(特に規模の小さい部局)は管理のノウハウがないこと、また、法令の二重規制(RI 規制法と労働安全衛生法)により同一個人の管理情報を複数部局で行なわなければならないことから部局間の情報の不整合があることなどの問題が見られており、この問題の解決が急務である。

R5 年度は本事業の成果を全国に周知するために、全国の大学教職員を集めた「令和 5 年度放射性同位元素等取扱施設安全管理担当教職員研修」を 2023 年 11 月 30 日、12 月 1 日に開催した(参加者 42 名)。



研修会の様子

 [o6_Session02.JPG](#)

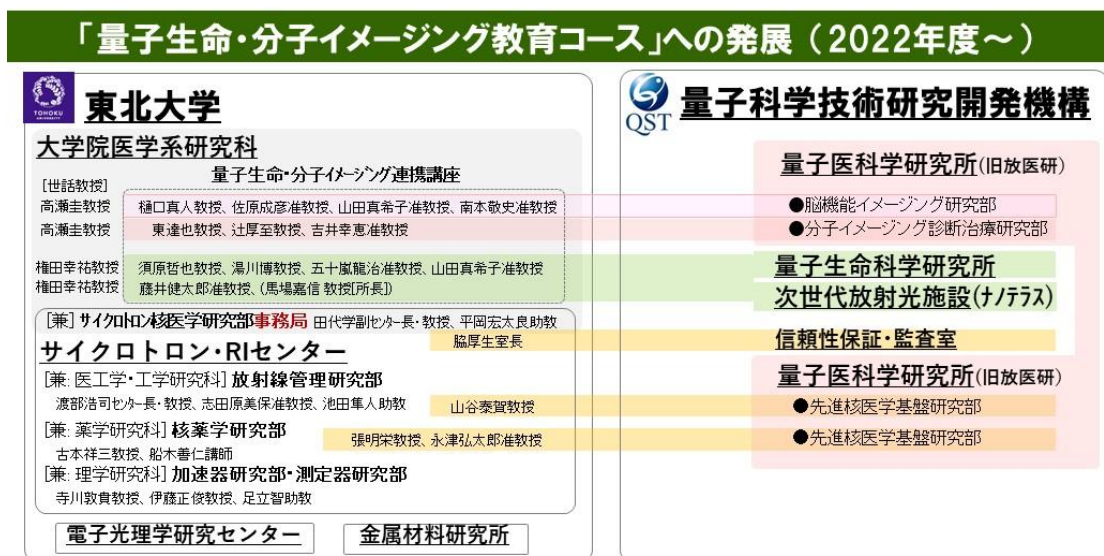
4. 量子生命・分子イメージング教育コースの推進とグローバル人材の育成

「教育」

No.14 (3)-1 あらゆる境界を越え、創造的で活力のある研究者・高度専門人材を育成する大学院教育の展開, No.12 (2)-1 未来社会に立ち向かうための基盤となる学士課程教育の新構築, No.13 (2)-2 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

【1】大学院教育において、本センターが中心となって、本学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、ナノテラス等)との連携により日英 2 言語を用いた研究教育プログラムを立ち上げた。それまでの「分子イメージング教育コース」の実績を踏まえて、医学系研究科内に「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し、2022 年度より研究教育を開始しており、2023 年度にも講義を行った。今年度も医学系研究科のダブルディグ

リー制度の学生が受講し、好評であった。教育内容は研究科横断型になっており、本センター、医学系研究科、薬学研究科、医工学研究科、工学研究科、環境科学研究科、電子光物理学研究センター、金属材料研究所等の教員が教育に参画していて、各研究科の学生も単位の取得が可能である(下図参照:図 4-1)。



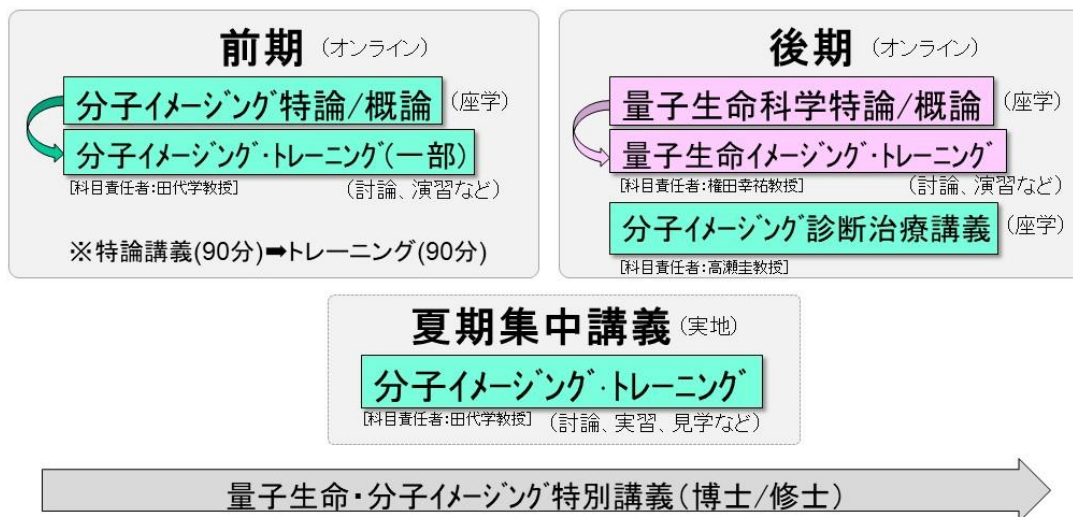
- ・東北大学大学院医学系研究科と量子科学技術研究開発機構[QST]が、連携協定に基づいて拡張型の新しい教育プログラムを立ち上げた。
- ・連携客員教授・准教授を大幅に増員して教育テーマが大きく拡張された。
- ・QSTの若手研究者の博士号取得は今後も可能。

医工学研究科では「分子イメージング概論」「量子生命科学概論」の新科目が正式な履修科目として設定され、医学系研究科以外に、「分子イメージング概論」は医工学研究科からも正式に受講可能となった。また、工学研究科や薬学研究科の科目選択者も生まれている。

本コースの具体的な教育内容としては、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である。とくにこの「分子イメージング診断治療講義」に関しては、2024年度から開設された「先端量子ビーム科学研究センター」として教育情報が発信できるように調整を続けている。全く新しい科目である「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」については、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科目であり、教育内容に「放射光科学」も含まれている。毎年度、講義の中にナテラス見学実習も組み込まれている点が意義深い。この最先端分野自体の歴史はまだ浅く、量子生命科学 Quantum life science の教育コースは世界でもまだ例がないため、世界初の試みであるとされている(下図参照:図 4-2)。

「量子生命・分子イメージング教育コース」の教育内容

「分子(脳)イメージング」、「分子イメージング診断治療(癌セラノスティクス)」、「量子生命科学」(放射光科学含む)について学習 (90分×15回/科目)。



【2】本センターが担当する全学教育科目「グローバル特定課題: 研究者と学ぶ科学英語実習講座」において、学生自らが調査して英語で発表するアクティブラーニング実習授業を行うプログラムを開発した。初回は、施設見学を行って、英語で施設見学報告会を行った。本センターに理工系およびライフサイエンス系研究の研究環境が整備されていることから、幅広い学生に関心に対応できる点が重要である。学生は1セメスターのうちに5回の英語プレゼンテーションを行うが、並行して科学技術分野において国際的に活躍するために重要な慣習(CVの書き方等)の基礎知識も学び(対象は学部1~2年生)、将来のワーキングライフのイメージをより具体的に想起できるようにした。人前で英語で話す機会が無かった学生が4か月後には英語で10分程度の発表が出来るようになり、質問にも効果的に回答できるようになり、シンポジウム形式の発表会で座長のタスクもこなせるようになった。自己評価の結果、大半の学生が「話す力」、「人前で話す自信」、「語彙力」、「科学的知識」、「科学的分野に関する視野の広さ」、「情報収集能力」などの項目で改善を示した。

 [図 4-1.jpg](#),  [図 4-2.jpg](#)

5. アジア発のサイクロトロン核医工学の国際展開

「研究」

No.02 (1)-2 卓越した研究を基盤とした国際共同教育の深化

実績報告

中国南華大学 School of Nuclear Science and Technology (SNST) と結んだ部局間協定(2021年11月に締結)に基づき、南華大学の大学院学生や教員を5名、受け入れを行った。また、南華大学から Tao YU 副学長をはじめとする5名の教員を招いて、2023年8月に、第一回東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター - 中国南華大学学術交流会議を開催した。

また、JSPS 二国間交流事業の支援を受けて、2023年12月に韓国原子力医学院(Korean

Institute of Radiological and Medical Sciences(KIRAMS)から Kyeong Min Kim 所長を招いて、日本の医学物理施設の訪問 および研究発表会を実施した。

そのほかにも、インドネシアから博士課程の留学生を 1 名、同じくインドネシアから JSPS 外国人特別研究員 PD の博士研究員を 1 名受け入れた。

[20230807program.pdf](#)



第一回東北大学サイクロトン・ラジオアイソトープセンター - 中国南華大学学術交流会議の様子

 [2024-03-24_21-09.png](#),  [20230807program.pdf](#)