

東北大学サイクロトロン・ ラジオアイソトープセンター

外部評価報告書

2019年11月



まえがき

2019年11月

東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター センター長 渡部浩司(わたべひろし)

東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターの外部評価委員会を 2019 年 11 月 21 日に実施 し、それに合わせて外部評価報告書を作成いたしました。

これまで、本センターでは、2003年3月、2007年3月、2013年8月と3回外部評価委員会を実施し、今回が4回目の実施となります。本センターには加速器研究部、測定器研究部、核薬学研究部、サイクロトロン核医学研究部、放射線管理研究部、そして高齢者高次脳医学寄附部門(2014年度から2019年度まで)の6部門があり、サイクロトロン、RIを軸に共同利用へのサービスを提供するとともに、異なる分野のさまざまな研究・教育活動を行っております。そのため、外部評価委員として、それぞれの研究部門の専門性に合わせた外部評価委員を任命し、客観的な評価をしていただいております。今回は、外部評価委員として群馬大学大学院理工学府の神谷富裕先生(委員長)、大阪大学核物理学研究センターの福田光宏先生、京都大学大学院薬学研究科の小野正博先生、福島県立医科大学医学部の伊藤浩先生、名古屋大学アイソトープ総合センターの柴田理尋先生、理化学研究所仁科加速器科学研究センターの旭耕一郎先生の6名の、各専門分野で著名な外部有識者をお招きし、評価いただきました。大変ご多忙にも関わらず貴重な時間を本センターの外部評価に割いていただいた6名の先生に厚く御礼申し上げます。外部評価を実施するにあたり、各研究部代表が、それぞれの研究部の活動を総括し、自己活動評価資料を作成いたしました。そして外部評価委員会において各研究部代表がプレゼンテーションを行い、外部評価の先生方に総評をいただきました。

本報告書では、評価委員の総評、評価を受けるために作成した自己活動評価資料、外部評価委員会当日のプレゼンテーションファイルを掲載しております。

本評価結果は、本センターの活動・管理運営の改善および今後の発展に最大限に活用させていただきます。

報告書目次

☆外部評価委員会概要

☆総評	:					
福日	日 光宏	委員				 1
神名	字 富裕	委員				 4
小里	野 正博	委員				 6
伊菔	泰 浩	委員				 9
柴日	田 理尋	委員			• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	 11
旭	耕一郎	委員		• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	 13
☆配布	資料					
1.	はじめに・					 1
2.	共同利用	支援の実績			•••••	 7
3.	各研究部	における研究	究・教育の概要	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	 27
☆説明	資料					
1.	全体説明	月		• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	 1
2.	加速器码	开究部		• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	 7
3.	測定器码	开究部			• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	 18
4.	核薬学研	开究部				 26
5.	サイクロ	コトロン核[医学研究部			 35
6.	放射線管	 管理研究部	(高齢者高次脳医学	学寄附研究部門	説明含む)…	 45

サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター外部評価委員会概要

外部評価委員

◆ 福田 光宏 (担当)加速器研究部

大阪大学核物理研究センター・教授

◆ 神谷 富裕* (担当)測定器研究部

群馬大学大学院理工学府•教授

◇ 小野 正博 (担当)核薬学研究部

京都大学大学院薬学研究科·教授

◆ 伊藤 浩 (担当)サイクロトロン核医学研究部

福島県立医科大学医学部・教授

◆ 柴田 理尋 (担当)放射線管理研究部

名古屋大学アイソトープ総合センター・教授

◆ 旭 耕一郎 (担当)測定器研究部(酒見泰寛教授在籍期間の書面評価)

理化学研究所仁科加速器化学研究センター・客員主管研究員

* 委員長

センター説明員

• 渡部 浩司 センター長、放射線管理研究部・教授

• 伊藤 正俊 加速器研究部・教授

• 寺川 貴樹 副センター長、測定器研究部・教授

• 古本 祥三 核薬学研究部・教授

• 田代 学 副センター長、サイクロトロン核医学研究部・教授

• 渡部 浩司 放射線管理研究部・教授(高齢者高次脳医学寄附研究部門説明含む)

• 酒見 泰寛 副センター長、測定器研究部・教授(2016年まで在籍 書面のみ)

オブザーバー

- 各研究部教員、結城技術専門員、佐藤再雇用職員(技術)
- 芳賀事務室長、水戸部事務係長、木村主任

実施スケジュール

2019年11月21日(木) 13:00~18:00

分子イメージング棟講義室

1. 開会の挨拶 センター長 渡部 浩司

2. センター概要説明 センター長 渡部 浩司

3. 加速器研究部説明・質疑応答 伊藤 正俊

4. 測定器研究部説明・質疑応答 寺川 貴樹

5. 核薬学研究部説明·質疑応答 古本 祥三

6. サイクロトロン核医学研究部説明・質疑応答 田代 学

7. 放射線管理研究部説明(高齢者高次脳医学寄附研究部門含む)・質疑応答 渡部 浩司

8. 講評 委員長 神谷 富裕

外部評価委員会総評

2019年11月21日

総評

- 1. 総評: CYRIC 概要・組織運営全般について
- ・加速器施設とアイソトープ総合センターの機能をバランス良く有機的に融合させて理・医・薬・工の多彩な学術分野の特色ある放射線利用研究・教育を先駆的に推進し、さらに学内の放射線安全管理を横断的に統括する機能も兼ね備えた運営体制は、他に例を見ない極めてユニークなものであり、多岐に渡る相当量の業務にもかかわらず限られたマンパワーとリソースで優れた成果を着実に生み出し続けてこられた実績は高く評価すべきものと考えます。
- ・特に、近年の大変厳しい予算状況の中で、老朽化したサイクロトロン加速器施設及び PET・RI 実験設備等の維持と拡充に最大限努力され、学際的な共同利用と放射線・RI に関わる専門的な教育・訓練を両立させながら、学内のみならず国内外においても特徴あるサイクロトロン・PET・RI の多目的利用の中心的役割を果たしてきていることは紛れもない事実だと断言できます。
- ・加えて、産学連携による共同研究や市民向けの放射線教育などにも積極的に 取り組む姿勢が顕著であり、公的な教育研究機関として社会から求められてい る責任を全うすべく努力を重ねてきたことは評価に値するものと考えます。
- ・強いていえば、学内外の有識者やユーザーなども交えて、今後の中期・長期の CYRIC のあり方及び運営方針、加速器施設・実験設備等の更新・拡充の方向性と 将来計画などについて検討する場を早急に設け、将来の発展に向けたより具体 的な構想を立案して各方面に働きかけていくことが重要だと考えます。
- 2. 共同利用への貢献

(大変良い 良い、特に問題はない、改善が必要)

- 3. 研究 (大変良い、良い、特に問題はない、改善が必要)
- 4. 教育 (大変良い) 良い、特に問題はない、改善が必要)

5. 産学連携(大変良い、良い、特に問題はない、改善が必要)

6. 具体的な評価すべき点や改善を要する点など

- ・極めて限られたマンパワーと驚くほどに少ない加速器の運転・保守経費で年間 2000 時間前後のビームタイムを確保し、しかも故障等による運転停止時間を最小限に留めていることは、特筆すべきことであると考えます。
- ・このような状況下でもイオン源やカクテルビームの開発などにより運転効率 をさらに高めるための取り組みを続けるとともに、競争的資金の獲得や産学連 携による共同研究を増やす努力も続けて運転経費とビームタイムの確保に努め ていることは評価すべき点と考えます。
- ・特に、短寿命 RI 供給プラットフォームにおける RI 製造や産学共創プラットフォーム共同研究プログラム OPERA に関わる共同研究などのビームタイムが500 時間にも達しているほか、学部生の物理学実験のための教育用ビームタイムを確保し、卒業研究や修士論文・博士論文の研究指導などを通じた教育・人材育成にも積極的に取り組んでいることは高く評価すべきと考えます。
- ・また、加速器研究部のスタッフが取り組む原子核物理研究に関わる成果は国内外でも高く評価されており、研究業績の点でも申し分ありません。
- ・欲を言えば、CYRIC における共同利用・共同研究の幅を拡げ、新たなユーザーを開拓して活動資金の増大につなげていくためにも、サイクロトロンの高強度化を目指した開発研究を早急に推進していくことを望みます。
- ・また、現状の苦しい財政事情に甘んずることなく、削減された予算以上の資金を獲得できるように、例えば、施設設備の機能強化を目玉にした新たな多目的利用の取り組みを立案して大学上層部や文科省に働きかけるなど、運営面での努力を可能な限り行っていくべきと考えます。
- ・企業との共同研究もまだ開拓の余地があるように思いますので、産学連携に よる資金獲得に向けたより一層の努力も期待いたします。

7. CYRIC 全体や各研究部の活動に関する今後の課題等

・CYRIC 内での研究部間の連携をより一層強固にすると共に、全体的なマンパワー不足を補うべく、国内の加速器・RI 施設との連携協力をさらに強化してオールジャパン体制で外部資金を獲得しにいくような取り組みが必要であると考えます。

- ・これは、他の研究機関にも共通した課題ですので、それぞれの加速器・RI 施設の特色を活かしながらハード面・ソフト面での有機的な施設間連携ネットワークを構築していくような工夫を施していくことが重要と思います。
- ・CYRIC は設立当初より理・医・薬・工連携の先駆者として独創的で多様な成果を多々生み出し続けてきましたが、今や国内外の他の加速器・RI 施設においても同様の多目的な量子ビーム応用プロジェクトが進行しつつあることも踏まえ、学内外の有識者やユーザーなどと密に連携しながら、CYRIC の強みを最大限に活かした独自の新たな将来計画を立案し、実現に向けて奔走されることを切に期待いたします。
- ・国際協力・国際貢献の面では、アルツハイマー診断薬開発に関わる技術供与など国際的にも中心的な役割を果たしており、評価に値する取り組みをされていると思います。しかしながら、全般に国際協力・交流に関わる成果がさほど強調されていないような印象がありますので、国際的な共同利用・共同研究拠点を目指したより積極的な取り組みを熱望いたします。
- ・今回の評価では、中期目標・中期計画、年度目標・年度計画における達成状況 に関してお伺いする機会を逸してしまいましたが、組織として想定以上の成果 が得られているものと信じております。

外部評価委員・氏名 福田 光宏 卵

総評

1. 総評: CYRIC 概要・組織運営全般について

予算や人的資源が限られている中で、我が国の中心的な加速器研究施設として 最善の運営に努めている。またそのための資金確保に向けた、多面的な取り組み についても高く評価できる。なにより各研究部の研究者がそれぞれ強い使命感 をもって加速器利用研究を推進していることが窺えた。研究成果とともに、人材 育成及び放射線教育、あるいは小中高校生や一般市民への広報活動についても 重要な成果であり、より明確にアピールするのがよいと思料する。

(*以下2~6についてはご専門が近い研究部全体や関連する教員の活動についてご評価ください。)

2. 共同利用への貢献

(大変良い、良い、特に問題はない、改善が必要)

特に PIXE 分析法に関する展開が顕著である

3. 研究(大変良い、良い、特に問題はない、改善が必要)

イオンビーム技術として、粒子線治療ビームのモニタリング技術の 開発は重要と思われる。成果を具体的な治療に結び付ける取り組み が求められる。

- 4. 教育(大変良い、良い、特に問題はない、改善が必要)
- 5. 産学連携(大変良い、良い、特に問題はない、改善が必要)

6. 具体的な評価すべき点や改善を要する点など

寺川先生を中心に、継続的に科研費をはじめとする外部資金の獲得をしての挑戦的な学術研究とともに、多くの受託・共同研究により、加速器利用の普及が図られている点は高く評価できる。

7. CYRIC 全体や各研究部の活動に関する今後の課題等

今後加速器システムや施設の経年劣化による老朽化の問題が顕在化することが予想される。同型の加速器を保有する量研機構(QST)高崎あるいは放医研での先行例を参考にするなど、早めの対応が望まれる。

外部評価委員・氏名 神谷 富裕 即

総評

1. 総評: CYRIC 概要・組織運営全般について

各研究部門が有機的に連携できており、PET 薬剤の設計、RI の製造、 化合物の標識、動物実験、臨床研究を効率的に実施できる CYRIC の 強みを十分に活かし、研究および教育いずれも積極的に展開され、高 い水準での業績を残したことは高く評価できる。

(*以下 $2 \sim 6$ についてはご専門が近い研究部全体や関連する教員の活動についてご評価ください。)

2. 共同利用への貢献

(大変良い、良い、特に問題はない、改善が必要)

- 3. 研究 (大変良い、良い、特に問題はない、改善が必要)
- 4. 教育 (大変良い、良い、特に問題はない、改善が必要)
- 5. 産学連携 (大変良い、良い、特に問題はない、改善が必要)
- 6. 具体的な評価すべき点や改善を要する点など

この評価期間中、認知症、がん、心筋機能を対象とした非常に多くの

PETトレーサーに関する基礎および臨床研究、教育に携わってきたことは高く評価できる。特に、タウ PET トレーサーである THK 誘導体の開発に関しては、世界をリードしてきた研究であり、特筆に価する。 MAO-B への off-target の問題が生じたが、その結果を基盤にして臨床応用を可能とする MAO-B 特異的 PET トレーサーの開発に繋がったことも評価できる。

臨床用 PET 薬剤を提供するためには、薬剤師免許と博士学位を有する人材確保が必須と考えられる。薬学部6年制が開始されて以降、日本全体としての大きな課題であるが、CYRICの持続的発展のためにも、今後そのような人材の輩出を期待したい。

7. CYRIC 全体や各研究部の活動に関する今後の課題等

今後、各部局のRI研究室をCYRICに統合、集約される予定とのことで、一層RI管理などの業務負担が増加することが予想される。一方、東北大学の中においても、CYRICのRI研究および教育におけるプレゼンスを強く示すことができる機会とも考えられ、各部門が協力してこの状況に対応していただきたい。引き続き、日本を代表するRI研究センターとして、高水準の研究および教育を継続され、益々の発

展を期待している。

外部評価委員・氏名 小野 正博 ⑩

総評

1. 総評: CYRIC 概要・組織運営全般について

全学を対象とした放射線安全管理業務や共同利用支援業務を担いつつ、独自の研究もユニークな視点から行っている点は高く評価できる。

(*以下2~6についてはご専門が近い研究部全体や関連する教員の活動についてご評価ください。)

2. 共同利用への貢献

(大変良い、良い、特に問題はない、改善が必要)

- 3. 研究 (大変良い) 良い、特に問題はない、改善が必要)
- 4. 教育 (大変良い)、良い、特に問題はない、改善が必要)

5. 産学連携(大変良い、良い、特に問題はない) 改善が必要)

GMP 対応ホットラボを整備し、PET を用いた企業治験による自己収入の増加を図ることも考えみてはどうか。

6. 具体的な評価すべき点や改善を要する点など

大学病院のPET 施設との連携をより円滑に行い、CYRIC から大学病院へのPET 関連技術の移転を進めながら、研究開発はCYRIC、臨床応用は大学病院のような役割分担を進めていくことが望まれる。

研究部独自の研究はユニークな視点から行われているものが多く、 また、他施設との共同研究も活発に行っており評価できる。

7. CYRIC 全体や各研究部の活動に関する今後の課題等

放射線安全管理業務や共同利用支援業務などの全学への貢献度を アピールし、全学の基幹部門としての位置付けを確保していくこと が望まれる。

また、業務量に比して教員等のスタッフの人数が明らかに少なく、 RI 法や臨床研究法、医療法施行規則改正などの新たな法規制に対応 した支援業務の遂行のためには人員増を図ることが喫緊の課題と思 われる。

外部評価委員·氏名 伊藤 浩 ⑩

総評

1. 総評: CYRIC 概要・組織運営全般について

少人数ながら、加速器施設の特色を活かした研究を行い、実績を出している。

(*以下2~6についてはご専門が近い研究部全体や関連する教員の活動についてご評価ください。)

以下、主に放射線管理部の観点から。

2. 共同利用への貢献

(大変良い) 良い、特に問題はない、改善が必要)

放射線管理の面からは、十分に対応している。

3. 研究 (大変良い) 良い、特に問題はない、改善が必要)

RI 利用研究と管理を結びつけて、特色ある研究を行い、外部資金も獲得している。

4. 教育 (大変良い) 良い、特に問題はない、改善が必要)

一律でなく、可能な限り対象者に沿った教育内容を工夫して行っている点は、非常に良い。少ない人数で手厚い対応をしている。

5. 産学連携 (大変良い) 良い、特に問題はない、改善が必要)

3. と同様。

6. 具体的な評価すべき点や改善を要する点など

大型加速器を持った唯一の RI センターとして、研究だけでなく、加速器・非密封 RI 利用の放射線管理の面で参考となる点が多く、多くの大学や研究機関、学協会の期待に応えている。特に、専任教員は、自施設はもちろんのこと、大学の放射線管理への支援に対応するとともに、アイソトープ協会、放射線安全管理学会、全国アイソトープ総合センター会議、大学等放射線施設協議会などの理事、専門委員を務め、この分野を主導することが求められているが、それに十分応えている。当事者が活動しやすい体制が一番良いので大学によって事情は異なると思うが、現状では、上述した業務に関する専任教授の負担が過度になるのではないかと懸念される面もあるので、たとえば予算など大学執行部との交渉に当たるセンター長は大きな利用部局から選出して、センター整備の重要性を利用者の立場から執行部に強く説得していただく体制とするのも一案である。研究指導の面では、留学生や社会人の博士課程指導を行うなど、他の業務が多忙の中で努力されていることもわかる。これも大学の事情ではあるが、学生の研究指導の点から見ると、専任教員の専門分野での卒研生から博士前期、後期へのシームレスな学生指

導体制があると、放射線安全管理の重要性とともに専門分野の研究指導ができるので、 有用な人材育成がより可能となると感じられる。

発表では、大型の加速器と小型の加速器の成果はそれぞれ理解できたが、2 台の連携がわかるような説明があると良いと感じた。

7. CYRIC 全体や各研究部の活動に関する今後の課題等

今後、大学等の非密封利用施設が減少する反面、従来にない RI の医薬利用が増加し、「加速器+非密封 RI 施設」の共同利用の位置づけが高まると予想される。特に、共同利用者の教育、放射線業務従事者管理などは、CYRIC がモデルケースとなって全国を主導して頂きたい。

外部評価委員·氏名 柴田理尋 ⑩

総評

1. 総評: CYRIC 概要。組織運営全般について

2. 共同利用への貢献 (大変良い、良い、特に問題はない、改善が必要)

サイクロトロン加速器を効率的かつ安定的に運用して共同利用に供するため、付設ビーム輸送系・診断装置およびデータ収集系の開発・整備・保守を行うとともに、照射ビームラインの高度化、レーザー冷却・RI ビームラインの整備、粒子線治療用電磁石の整備・高度化等、新たなタイプの利用に道を開く開発を行っている。

3. 研究 (大変良い) 良い, 特に問題はない, 改善が必要)

当研究部独自の研究課題として、サイクロトロンによって製造した不安定アルカリ重元素核 Fr を用いて、電子の電気双極子モーメント(EDM)の探索という素粒子物理学の最前線の課題に取り組んでいる。この研究のために開発した研究手法・装置は、生成不安定核の引き出しから搬送、レーザー冷却、各種の原子トラップ、スピン歳差測定と、最新の技術を動員したものとなっており、中規模の加速器をそばに有しかつ大学院生が活動に加わることのできる研究室ならではの、特徴ある研究が実現している。目標の Fr 原子 EDM 計測までいま一歩の段階にきていることから、酒見氏の異動先・東京大学でのさらなる進展が期待され、今後に原子核物理分野の一つの柱として、基礎物理の解明を目指す研究領域を確立させることにもなりうる研究である。多数の大学院生が経験を積み、また海外からの研究者や海外に研究に出向く院生が少なからず輩出する国際交流・協力の場でもあった。

このほか, 阪大, 九大, 京大, 理研等の国内大学・研究機関, 海外ではイタリア, オランダ, スイスの各大学・研究所とも具体的なテーマを掲げて共同研究を実施している。

4. 教育 (大変良い) 良い,特に問題はない,改善が必要)

この期間に修士課程9名,博士課程2名の大学院生が学位を授与されている。これらの大学院生の中から各種研究会・ワークショップにおける発表や論文,研究成果への賞の受賞が4件出ており、大学院教育が積極的・意欲的な研究活動を促すものであったことを窺わせる。また理学部の卒業研究生の指導,1・2年生対象の教育プログラムの担当,全学教

育における授業・ゼミの実施等,学部・全学のカリキュラムへも貢献がなされている。学 外においては、高校への出前講義,他大学における集中講義の提供を行っている。

5. 産学連携(大変良い、良い)特に問題はない、改善が必要)

以下の産学連携事業を行っている:イオン照射・中性子照射ビームラインの整備・高度 化を行い、日立製作所中央研究所と半導体の放射線損傷に関する共同研究を実施した。イ オンビームによる衛星搭載電子機器の放射線耐性について、一般財団法人・宇宙システム 開発利用推進機構と共同研究を行った。また株式会社フジクラが開発中の高温超電導線材 について、中性子ビーム照射による放射線耐性変化の研究を行っている。

6. 具体的な評価すべき点や改善を要する点など

上掲のように特に研究,教育において顕著な実績が認められるほか,以下の点も評価すべき点として挙げられる。

- ・外部資金獲得状況については、酒見氏自ら研究代表者として大型科研費を獲得するのみならず、若手スタッフが積極的に科研費を得ており、全体の件数が 2013 年度以降現在までを含めると 8 件に上るのは非常に印象的である。さらに、学術振興会二国間交流事業、経済産業省補助金の併せて 3 件を得ている。これらの外部資金による活動は当研究部の成果を増強するのみならず、特に若手スタッフが研究上の経験・実績を積む豊富な機会を提供している点も注目に値する。
- ・海外との研究交流、国内・外における共同研究の推進に真摯な努力が払われている。
- ・酒見氏自身の学外活動に目を向ければ、KEK、J-PARC、阪大 RCNP、放医研、JAEA の各研究機関において運営委員、実験審査委員、施設専門部会長等として様々な審査・運営に参画することにより、我が国における学術研究進展に重要な貢献を行っている。また国内の物理学分野における最主要学術誌 JPSJ、PTEP の各編集委員、日米合同物理学会の組織委員、海外の大学における学位論文審査員を務めていることは、同氏が学術研究の上で国内外から高い評価と信頼を受けていることを示している。

7. CYRIC 全体や各研究部の活動に関する今後の課題等

外部評価委員・氏名 旭 耕一郎 印

外 部 評 価 資 料

2019年11月21日

配布資料目次

1. は	じめに
1-1.	サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターの理念2
1-2.	サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターの目的・目標3
1-3.	サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターのあらまし4
1-4.	サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター沿革6
2 #	同利用支援の実績
	放射線安全管理および教育
	サイクロトロン運転9
	薬剤供給
2-4.	臨床検査
3. 各	研究部における研究・教育の概要
3-1.	加速器研究部
3 - 2 A	測定器研究部 ······ 40
3 - 2 B	. 測定器研究部(酒見泰寛教授在任期間)
3-3.	核薬学研究部
3-4.	サイクロトロン核医学研究部 98
3 - 5	放射線管理研究部

1. はじめに

サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター(Cyclotron and Radioisotope Center, CYRIC) は 1977 年に、学内共同利用施設として、サイクロトロン並びに高レベル・短寿命 RI の多目的 利用、及び RI 安全取扱いの全学的な教育・訓練を行うことを目的として設置されました。

本センターは、国内において極めてユニークな理・医・薬・工の専門家からなる独立部局として、原子核物理学、加速器科学、放射線計測学、核医学、核薬学、分子イメージング、放射線管理・保健物理学分野、環境・物質科学等の分野において世界最高水準の研究を展開しています。また、教育において、理学・薬学・工学・医工学・医学系研究科を兼務する各研究部間の相互乗り入れによる学際的研究・教育環境が構築されており、さまざまな分野を横断的に理解し実践できる人材を育ててまいりました。2011年3月に発生しました福島第一原子力発電所事故により、本センターも甚大な被害を受け、2012年9月までサイクロトロンの休止を余儀なくされました。この震災により、日本社会における放射線に対する捉え方が大きく変化し、また、超少子高齢化社会に直面した日本の社会構造の変化を受けて、本センターも現在、たいへん厳しい状況と言わざるを得ません。そのような環境下で、前回の外部評価(2013年8月)から、本センター内の大きな人事的な刷新が行われ、現在、センターの改革を進めているところです。まだ、道半ばではございますが、外部評価委員の皆様のご指摘を真摯に受け止め、新しい CYRIC を目指していきたいと考えております。

2019年11月

東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター センター長 渡部浩司(わたべひろし)

1-1. サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターの理念

サイクロトロン・ラジオアイソトープ(RI)センターは、先端科学技術に不可欠となっている重荷電粒子加速器サイクロトロンおよび PET と短寿命・高レベル RI の多目的利用の分野において本学における研究・教育を支援するとともに、独自の研究を発展させ教育に直接参加し、かつ放射線と RI の安全取扱の全学的管理と研修を行う事を基本的な目標の一つとする。研究面では、物質・生命科学の全般にわたり、東北大学を中心とする共同利用者と一体になって、グローバルスタンダードな研究活動を展開し、産学連携を進める。本センターの重荷電粒子加速器並びに附属実験設備は、大学附置の施設としては最大規模の特色あるものであり、これらを本学のインテリジェント・インフラストラクチュアーとして位置づけることは、まさに個性の輝く大学として発展するために資するものであり、社会に対する責務でもある。本センターは大学の使命である萌芽的研究、学際研究、人材育成を、サイクロトロン、放射線並びにRIの多目的利用を通して遂行・発展させ、もって社会の要請に応える。

The vision of Cyclotron and Radioisotope Center (CYRIC) is as follows: CYRIC supports/participates in education and research at Tohoku University in the fields of multidisciplinary-use of the Cyclotron, Positron Emission Tomography (PET) and shortlived/high-level radioisotopes. The other important aim of this institute is to play a role as the center of Tohoku University in the safe-handling/control of radiation/radioactivity, together with training of beginners in the whole university scale. At the same time, CYRIC promotes and develops its own research programs, joining directly in the Educational and research programs of faculties and graduate schools. Research activities at this institute cover broad academic fields such as material science, the particle/nuclear physics, life sciences, from basic to clinical medicine, and the environmental science. As such, CYRIC takes a part in the cutting-edge scientific researches playing an active part in the global and international standard through the collaborations with the scientists of Tohoku University and other organizations, including those from abroad, which leads Industry-academia collaboration. Since the equipment with the cyclotron, PET and related experimental machines at CYRIC is one of the most powerful and unique facilities in the world, it is our mission to establish those as the intelligent infrastructures of Tohoku University to be a distinctive university in the competitive environments, also taking consideration of the public opinions. Under the mission of the Tohoku University, which is going to reform itself as a new independent and autonomous structure, CYRIC will share its roles in development from the seedling stage to promote interdisciplinary research activities as well as in nurturing talents of students for the leaders of the next generation.

1-2. サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターの目的・目標

- (1) 共同利用施設の役割として、研究者の自由な発想に基づく新しい研究に着手するときの労力を軽減し準備の期間を短縮し、また個々の研究者の置かれた立場に制約されずに、比較的容易に研究を開始できるように支援する。
- (2) サイクロトロン、PET 並びに RI の多目的利用は、自然発生的に多くの学際研究を産みだすが、センターはその中心的役割を果たす。
- (3)加速器を中心とした施設において、その応用には未知の分野が多く共同利用施設のスタッフが率先して新しい分野を開発して行くことが求められ、センターはこの役割を果たし、多くの共同利用研究者を結集して研究を推進する。
- (4) センターが擁する特色ある研究装置並びに理工学系から医学生物学系にわたる横断的学際研究の雰囲気の中でセンターの特色を生かしユニークな人材の育成を行い、放射線・RI の発生・製造、並びにそれらの応用に習熟した研究者並びに高度・専門的技術者を社会に送り出す。
- (5) サイクロトロンおよび RI 利用の産学連携を推進し、市民への放射線教育を担い、社会に 貢献する活動を行う。
- (6) 社会の大学に対する要求は無限であり、これに応えるため大学は最大限の努力をすべきである。このため国内外の研究者との共同研究は不可欠であり、また、放射線並びにラジオアイソトープの研究に於いて本センターにおいて足りないところは国際共同研究を含む大型施設に於ける研究も必要であり、センターはこのための窓口を目指す。

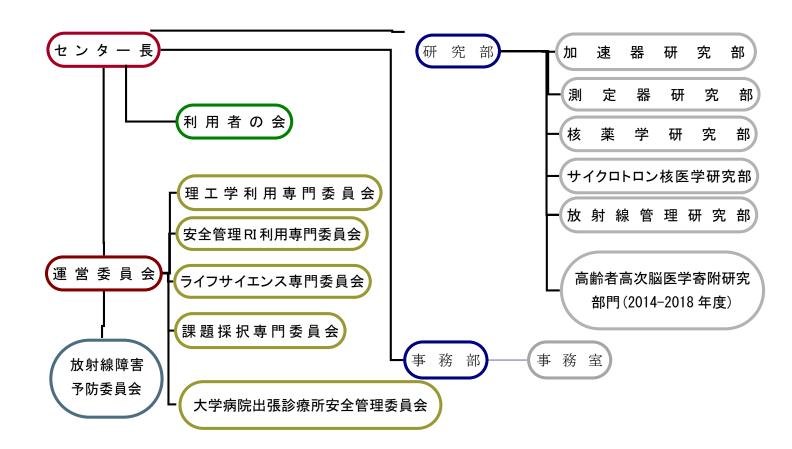
1-3. サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターのあらまし

東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター (Cyclotron and Radioisotope Center、略称 CYRIC) は、サイクロトロンの多目的利用、各部局では取扱い困難な高レベルRIやサイクロトロン生成短寿命 RI の利用、RI 安全取扱いの全学的な教育・訓練などを行うために 1977 年度に設立された学内共同教育研究施設です。

本センターの利用は、理学・工学から医学・生物に至る広範な研究領域にまたがり、 更に、他大学においては独立の施設であるアイソトープ総合センターをサイクロトロン 施設と統合して両者の有機的な運営を計っている点でも、他に例を見ない施設です。 本センターの組織の大要を下図に示します。センター長は東北大学専任教授の中から選ばれ、運営専門委員会はセンター専任の教授・准教授、理事または副学長、関係部局から推薦された教授または准教授、その他から構成され、センター長が委員長となります。

加速器(理学)、測定器(理学・工学)、核薬学(薬学)、サイクロトロン核医学(医学)、 放射線管理(医工学・工学)の各研究部は、括弧内の大学院研究科に協力講座として 所属しています。センターにおいては、サイクロトロンや PET と RI 実験設備の共同利 用や全学の RI 取扱従事者の研修に関する業務をそれぞれ分担し、施設・設備の管 理・運転・保守・改善と放射線安全管理の業務および実験技術の研究・開発・指導を 担い、加えて、固有の研究活動を通じて学部学生・大学院生の教育・研究を行ってい ます。2014年度から 2018年度まで高齢者高次脳医学寄附部門が設置され、脳画像 診断を用いた認知症対策に関わってまいりました。

運営委員会の下に置かれている理工学利用専門委員会はサイクロトロンとその周辺設備の理工学への応用について審議し、安全管理 RI 利用専門委員会は RI 棟の利用と RI 取扱従事者の研修について、また、ライフサイエンス利用専門委員会はサイクロトロンの医学・生物学への利用について審議しています。課題採択専門委員会は共同利用の研究課題について審議し、課題の採択やマシンタイムの配分などを行います。現在、サイクロトロン・RI センター共同利用の課題募集は年2回行われています。他にサイクロトロン・RI センター利用者の会があり、利用者の要望がセンターの運営に反映されるよう努力がなされています。大学病院出張診療所安全管理専門委員会はCYRIC における PET を用いた臨床研究に関して主に検査の安全性や倫理面を審議するため設置されています。



1-4. サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター沿革

- 1977年4月 サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター設置
 - 12月 680AVF サイクロトロン、ビーム引き出しに成功
- 1981 年 3 月 PET 装置 ECAT-II 設置
- 1999年4月 1億電子ボルトAVF サイクロトロンに更新
- 2003年1月 第1回外部評価実施
- 2007年3月 第2回外部評価実施
- 2011年3月 東日本大震災によりサイクロトロン共同利用停止
- 2012年10月 サイクロトロン共同利用再開
- 2013年8月 第3回外部評価実施
- 2014年4月 高齢者高次脳医学寄附研究部門の設置
 - 11月 分子イメージング研究センター落成式
- 2015年5月 PET装置 Eminence SET-3000B/X 運用開始
- 2019年3月 高齢者高次脳医学寄附研究部門終了
 - 11月 第4回外部評価実施

2. 共同利用支援の実績

2-1. 放射線安全管理および教育(担当:放射線管理研究部)

2-1-1. 放射線安全管理、全学放射線·RI安全取扱全学研修

当センターは、東北大学における全学の放射線管理センターとして、全学の放射線安全管理および放射線安全取扱に関する教育訓練のとりまとめの役割を担っている。また、国立大学アイソトープセンターと文部科学省の共催(法人化後は文部科学省の支援)で開催されてきた「放射性同位元素等取扱施設教職員研修」に対する東北大学の受け皿として、開催担当7大学(北海道、東北、東京、京都、大阪、名古屋、九州)の1つとして開催への支援及び東北大学開催の責任を担ってきた。国立大学ラジオアイソトープセンター長会議についても同様であり、センター長会議に出席・貢献するとともに、幹事校を務めてきた。以下、これらの内容をまとめる。

2-1-2. 全学の安全管理にセンターの果たした役割

- (1) 全学的放射線管理に関する業務
 - 1) 全学安全管理統括組織「環境・安全委員会」委員
 - 2) 全学放射線安全管理の統轄機関「原子科学安全専門委員会」業務の支援
 - 3) 同委員会専門部会「放射線取扱主任者専門部会」事務局
 - ・安全管理実務に関する全学的情報交換、施策のとりまとめ、
 - · RI 等施設経費配分·調整
 - 4) 全学放射線取扱データの管理(登録・教育・被曝・健康診断・廃棄物)
 - 5) 各部局の RI 等規制法関連申請書作成,立入り等に対する助言・指導申請書・届出のチェック・確認
- (2) 全学的教育訓練
 - 1) 新規登録者全学教育訓練

新規登録者に対する教育訓練:

講義コース、実習コース、X線コースの3コースについて、5月と11月の2回、講義と実習を延べ4週間近くにわたって実施。受講者数は表にまとめる。

- a) 講義コース:密封・非密封 RI、放射線発生装置および SOR の利用者に対する 講義(1日)
- b) 実習コース:密封・非密封 RI、放射線発生装置の利用者に対する非密封 RI および放射線測定実習(1日)
- c) X線コ-ス:X線装置利用者(講義のみ、半日) X線装置の取扱いおよび法令教育訓練は、放射線管理研究部の限られた人員では不可能なので、センター内及び全学からの人的支援を得て実施、放射線管理研究部はその中心として立案調整、実施をとりまとめている。

英語クラスの開設

日本語の講義や実習の説明では対応が困難な外国人研究者や学生が増加しており、 2002 年度秋より英語クラスを開始した。テキストには、日本語クラスの内容に即し た英語テキストを製作した。実習コースは日本語で行われるが、実習用テキストの英 訳版を用意し、日本語を解しない受講生の便宜を図っている。

2) 再教育

センター有資格者に対する再教育を、放射線安全、利用などに関する講演、放射線管理上のアナウンスなどの内容で、年1回実施している。理学研究科、電子光理学研究センターと共同で実施しており、参加者は400名程度である。

3) 有資格者講習(他機関、他部局での放射線取扱認定者) 他機関、他部局などですでに放射線取扱者に認定されていて新たにセンター利用を希望する者に対しては随時、教育を行い、便宜を図っている。

2-1-3. 放射線・Rl の安全取扱全学研修受講者数年度別推移

2015 年度以前は(a)基礎コース(日本語、英語): 密封・非密封 RI、放射線発生装置の利用

者(講義+実習;各1日)

2014

2015

412

431

- (b) SOR コース (日本語、英語): SOR 利用者(基礎コースの講義のみ、1日
- (c) X線コース(日本語、英語): X線装置利用者(講義のみ、半日)X線装置の取扱い・法令
- の3コースを実施していたが、昨今の放射線の利用形態の変化(外部施設のみ利用)を鑑み、 2016年度から「講義コース」と「実習コース」という名称に変更し、講義のみ、実習の みの教育訓練受講を可能とした。

年 度	基礎コース		X線コース		SORコース		年度計
	日本語	英語	日本語	英語	日本語	英語	
2013	475	21	361	39	128	19	1043

347

343

放射線・Rlの安全取扱全学研修受講者数の推移

30

51

113

119

956

996

31

18

年 度	講義コース		実習コース	X線コ	ース	年度計
	日本語	英語		日本語	英語	
2016	501	53	343	373	37	1307
2017	530	51	356	344	36	1317
2018	472	47	305	316	51	1191

23

34

2-1-4. 全国規模の放射線安全管理にセンターの果たした役割

上記学内の放射線安全管理に加え、東北地区及び全国の放射線安全管理に関して下記のような貢献を行ってきた。

(1) 国立大学アイソトープセンター長会議

法人化前まで文部科学省学術機関課と共催で開催されてきた上記センター長会議は、法人 化後もセンター群間及び文部科学省との情報交換から場として継続されている。東北大学は 幹事校をつとめているが、放射線管理研究部教員はセンター長とともにこの会議に出席し、 全国センター群との交流のチャンネルを努めてきた。

(2) 日本アイソトープ協会放射線安全取扱部会東北支部

日本アイソトープ協会放射線安全取扱部会東北支部の支部長および事務局を務め、2018年には日本アイソトープ協会放射線安全取扱部会年次大会を仙台で開催した。

(3) 大学等放射線施設協議会

大学、国立研究機関などによって組織されている大学等放射線施設協議会の会長を渡部が務め、また東北地区担当理事として東北地区研修会の開催など東北地区における放射線安全管理にも貢献してきた。

2-2. サイクロトロン運転 (担当:加速器研究部、測定器研究部)

本センターでは、930型(K=110 MeV)、HM12型(陽子 12 MeV)の2台のサイクロトロン加速器を稼働し、多彩なビームを利用者に供している。利用者が実験装置の開発と研究目的の達成に集中できるよう加速器やビーム輸送系の運転と維持管理・高度化は加速器研究部と測定器研究部の協力により全てセンター側の責任で実施している。

現在、施設の利用目的が多様化していることに応え、下記の「通常枠」、「優先枠」、「RIPF枠」、「有償枠」からサイクロトロン加速器の利用申し込みが可能となっている。

- 通常枠:学術研究で成果公開を行う学内共同利用が対象の枠である。以下で述べる「コア期間」にマシンタイムが割り当てられる。
- 優先枠:運転経費サポートのための優先枠利用料を支払い利用する枠である。 「コア期間」のうち、希望する日程に優先的にマシンタイムが割り当てられる。
- RIPF 枠: 短寿命 RI プラットフォーム(RIPF)で承認された実験に対する枠である。
- 有償枠:主に「コア期間」以外で、運転経費および放射線管理のための待機電力等も支払っていただき、集中的にデータ収集をするための枠である。産学連携研究や外部機関が中心となって実施される多施設共同研究など主として外部予算で実施される研究に適用される。

図1に典型的な年間運転計画を示す。運転経費削減のため、両サイクロトロンとも同じ時期に稼働させている。全停止期間、コア期間、メンテナンス・有償枠期間をそれぞれ、黄色、薄橙色、灰色で示す。全停止期間は、例年、春季、冬季、夏季に設けている。加速器稼働直後は、数週間に一度の割合でメンテナンス・調整週が設けられていたが、近年の運転経費削減に対応すべく期間を集中させ待機電力等の削減に努めている。停止中は、長期の時間を要する保守点検作業を集中的に行なっている。メンテナンス・有償枠期間は、停止からの復帰作業、加速器の運転が必要となるメンテナンス作業を行なっている。またこの期間を有償枠として利用していただくことで、運転経費の捻出にも努めている。コア期間の月曜日は、加速器やビーム輸送系全体の点検日となっており、各機器の動作確認のほか、冷却水や圧空の漏れがないかなどを確認している。ここで見つかった不具合は直ちに修理が行われ、共同利用への影響を最小限にしている。共同利用は、原則として火曜日朝から十曜日の朝までの週4日間である。

2013 年度に行われた前回の外部評価以降の 930 型サイクロトロンの運転実績を図 2 に示す。年度毎に「通常枠」、「優先枠」、「RIPF 枠」、「有償枠」、「その他」の要素に分けて示してある。「その他」は、ユーザーからのビーム増強・多彩化の要望に応えるために、930 型サイクロトロンを試運転した時間である。2013 年度は、最低限の整備・維持のみ行ない運転経費を捻出した結果、2000 時間運転することが出来た。2014 年度は、前期に分子イメージング棟(旧研究棟)改修工事を行ったため、後期のみの運転となっている。そのため、運転時間は 1100 時間であった。2013 年から 2014 年度にかけては加速器研究部など CYRIC 内で大幅な人員の異動があった時期である。新体制となった 2015 年度からは前年度の運転経費と獲得した外部資金をもとにコア期間(50 日から 60 日程度)を算出し、1200 時間前後の通常枠と 500 時間程度の有償枠等の運転時間を維持することが出来ている。

HM12 型サイクロトロンの運転実績を図3 に示す。年度毎に「基礎研究課題」、

「臨床研究課題」、「薬剤合成のための照射テスト」、「HM12型サイクロトロン本体のテスト」のために運転した時間の要素に分けて示してある。運転時間の傾向は、先に述べた 930型サイクロトロンと同じである。2015年度以降の HM12型サイクロトロン運転時間は約 200時間前後で安定している。

図4に930型サイクロトロンの運転実績を分野別の割合で示す。年度毎に「物理」、「工学」、「産学連携」、「教育」、「核化学」、「環境」、「その他」の要素に分けて示してある。例年、「物理」と「教育」が50%近くを占めている。「教育」は、物理学科と加速器研究部の教員が協力して行なっている物理学科3年生向けの学生実験である。近年は施設利用の多様性に応えたことにより、「産学連携」、「核化学」、「環境」といった要素が30%にまで達している。「産学連携」とは民間企業の照射事業が主であり、「核化学」、「環境」はRIPFで行われている研究である。これらは図2で示した通常枠以外の優先枠等の500時間の運転時間に対応しており、930型サイクロトロンの有効活用が行なわれていると言える。また運転経費獲得にも貢献しており、学内共同利用を圧迫することなく、むしろ安定した学内共同利用の運転時間確保に貢献している。

図 5 に 930 型サイクロトロンの運転実績を加速核種の割合で示す。年度毎に 「陽子ビーム」、「重陽子ビーム」、「ヘリウムビーム」、「重イオンビーム」、「カクテルビ ーム」の要素に分けて示してある。ビーム供給が最も多かったのは「陽子ビーム」 で、約50%程度となっている。陽子ビームは「産学連携」にて中性子ビーム生成 にも使われている。産学連携の強化に努めた結果、2018年度を除いて100時間 から 200 時間(陽子ビーム利用時間の 20%から 30%)に達している。「重陽子ビー ム」と「ヘリウムビーム」は 10%から 20%を占め、工学系と RIPF の研究に使わ れている。「重イオンビーム」の利用は近年20%程度で安定しているが、供給可 能核種は利用者の要求に応え増加している。2014 年度まで供給していた重イオ ンの主な内訳は、¹²C、¹³C、¹⁶O、¹⁸O、²⁰Ne、⁴⁰Ar、⁸⁴Kr、¹²⁹Xe であった。新体制 となった 2015 年度からはイオン源の開発を行い、新たに ²⁸Si、³⁶Ar、⁵⁶Fe ビー ムの供給が可能となっている。さらに2015年度からの特徴としては産学連携強 化の一環として「カクテルビーム」の供給が可能となったこともあげられる。カ クテルビームとはO/A がほぼ等しい $^{15}N^{3+}$ 、 $^{20}Ne^{4+}$ 、 $^{40}Ar^{8+}$ 、 $^{84}Kr^{17+}$ 、 $^{129}Xe^{29+}$ ビー ムのことであり、実験中にこれらを短時間で切り替えて供給する。ここ 3 年の 利用率は 10%前後で推移しており、本施設での利用希望が潜在的に高かったこ とが伺える。カクテルビームは他のビームと異なり、頻繁に核種の切り替えが行 われる。切り替え時には、イオン源のガス交換、加速、ビームフラックス測定を 行う必要がある。これら全ての作業を CYRIC 側で行い、利用者は測定に専念出 来る環境を整えている。供給開始時は核種の切り替えに 2 時間以上かかってい たが、各装置を遠隔操作できるように改良し、現在は 2 時間未満に短縮されて いる。現在もさらなる効率化を目指し改良を進めている。

4.8	5.A	6Я	7.8	8Я	Re	
1 8	*	*	8	<u>ж</u>	±	
2 3 火	. <u>*</u>	<u>.</u>	月 第6週	<u>*</u>	B STARTE	全停止期間
4 🛪	***************************************	月 第2週	*	Ŧ	*	コア期間
5 本		×	床	B	*	
	<u> </u>	<u>*</u>	\$	<i>A</i>	杰	メンテ・有償枠
7 土 8 日	A ROTE	<u>*</u>	. <u> </u>	<u>*</u>	***************************************	
9月	*	<u> </u>	A \$7.8	*	8	
10 火	*	B	ж	*	A	
	*	₽	*	<u> </u>	*	
12本	 	火 水	金	<u></u>	Φ	
13 全 14 土	8	***************************************	+	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
15 🖪	X	*	8	*	±	
16月	*	<u> </u>	<i>A</i>	*	<u> </u>	
- 17 - 生	<u>*</u>	<u></u>	<u> </u>	*	<u>.</u>	
18 水	₽	月 第4湯 火	<u>*</u>	<u> </u>	*	
20 🛖	B	*	*	Я	*	
21 ±	Я	*	±	火	±	
22 📙	ж	*	<u> </u>	*	±	
23 月	<u>*</u>	<u> </u>	Į	<u>*</u>		
24 <u>%</u> 25 *	<u> </u>	月 第5選	<u>\$</u>	<u>*</u>	4	
25 木	<u> </u>	火	 	B	*	
27 🚖	8	*	木 会 全停止作業	Я	*	
28 ±	月 第130回開始	*	± FRANCOSCO	火	*	
29 🖪	火 第1湯	*	<u> </u>	*	<u>.</u>	
30 <u>月</u> 31	<u>*</u>		4	<u>~</u>		
411	-					
10月	11月	12月	1,8	2月	Rt A	
1月第131日開始	11A *	12月 土	1月 火 水	2月 余 +	3月 金 ±	
			1月 火 水 木	2月 余 土		
1月第131日開始 2火第1週 3水 4木	木 余 土 目	主 日 月 火 第10週	1月 ※ ※ *	* ± 	金 土 日 月	
1月第131回開始 2次第1週 3水 4木 5金	末 余 土 日 月 第6第	主 目 月 火 第10週 木	1 <i>A</i>	章 土 月 火	章 二 月 月	
1月 第131日開始 2次 第1月 3 次 4 次 6 土	木 余 土 目	土 月 火 第10週 木	* * *	章 土 月 火	章 - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	
1 月 第131日開始 2 火 第1週 3 大 4 大 5 全 6 土	末 余 土 日 月 第6第	主 目 月 火 第10週 木	1A * * * * * * * * * * * * * * * * * * *	* ± 	章 二 月 月	
1月 第131日開始 2火 第1月 3 水 4 木 5 章	末 余 土 日 月 第6第	土 月 火 第10週 木	* * *	章 土 月 火	章 - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	
1	# # # # # # # # # # # # # # # # # # #	生 月 月 次 素 10週 次 素 生 上 日	* * *	章 土 月 火	章 - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	
1	**************************************	土 月 月	* * *	章 土 月 火	章 - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	
1 A \$131 E B \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$	* * * * * * * * * * * * * * * * * * *	生 月 月 大 素 10番 大 素 生 日 月	* * *	章 土 月 火	章 - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	
1	**************************************	土 月 月	* * *	章 土 月 火	章 - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	
1 A \$131 E \$2 \$ \$13 \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$	* * * * * * * * * * * * * * * * * * *	生 月 月 大 素 10番 大 素 生 日 月	* * *	章 土 月 火	章 - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	
1 A \$131 E \$2 \$ \$13 \$ \$2 \$ \$ \$13 \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$	* * * * * * * * * * * * * * * * * * *	生 月 月 大 素 10番 大 素 生 日 月	* * *	章 土 月 火	章 - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	
1	* * * * * * * * * * * * * * * * * * *	生 月 月 大 末 本 生 日 日 月 大 東 土 日 日 大 第 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	* * *	章 土 月 火	章 - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	
1 A \$131 E B \$ 2 X \$ 2 3	# # # # # # # # # # # # # # # # # # #	生 月 月 大 大 意 生 生 日 日 日 日 大 大 第17名 大 本 意 生 士 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日	* * *	**************************************	章 - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	
1	* * * * * * * * * * * * * * * * * * *	生 月 月 大 末 本 生 日 日 月 大 東 土 日 日 大 第 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	* * *	章 土 月 火	章 - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	
1		#	* * *	**************************************	章 - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	
1		#	* * *	**************************************	章 - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	
1		#	* * *	**************************************	章 - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	
1		生 月 月 次 素 10個 次 素 11個 次 素 11個 次 素 11個 次 素 11個 次 素 11個 11個 11個 11個 11個 11個 11個 11個 11個 1				
1	**************************************	生 月 月 大 次 意 生 生 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日	**************************************	**************************************	章 - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	
1		生	**************************************		**************************************	
1		生		**************************************	**************************************	
1		生 月 月 大 次 意 生 生 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日		意	ま 月 月 大 本 本 本 本 本 本 本 ま ま ま ま ま ま ま ま ま ま ま ま ま	
1		生		意	**************************************	

図 1: 2018 年度(平成 30 年度) の 930・HM12 型サイクロトロン運転計画。

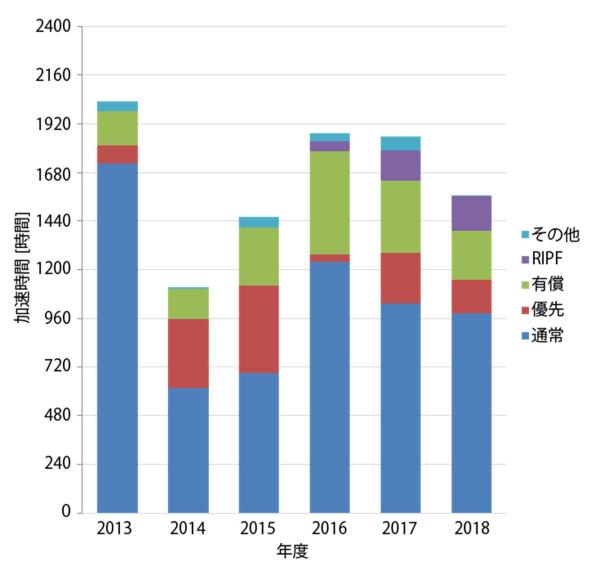


図 2:930型サイクロトロンの年間運転時間。

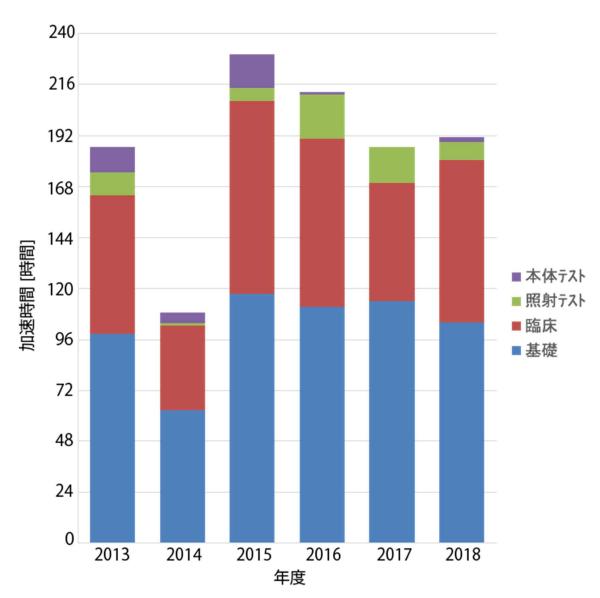


図 3: HM12型サイクロトロンの年間運転時間。

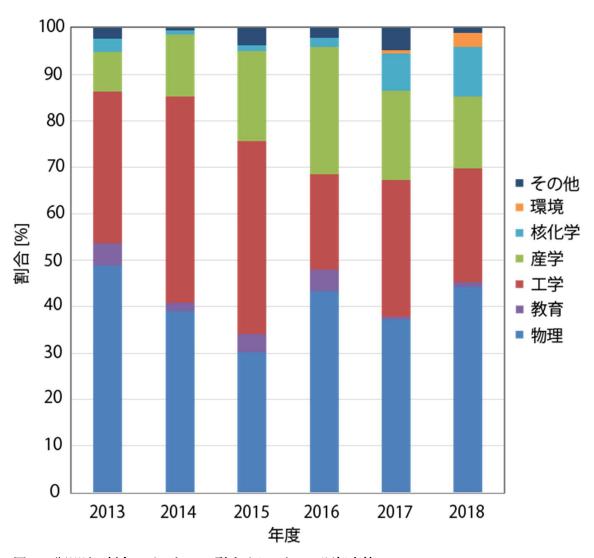


図 4: 分野別の割合で示した 930 型サイクロトロン運転実績。

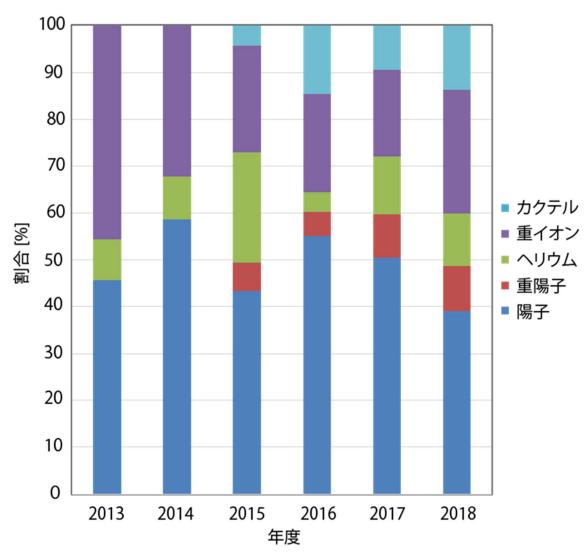


図 5: 加速核種の割合で示した 930 型サイクロトロン運転実績。

2-3. 薬剤供給(担当:核薬学研究部)

PET 臨床研究のために[¹⁸F]FDG 注射液の供給を 1983 年に開始して以来、これまでに 16 種類 の PET 薬剤(15O-標識ガスと[15O]水を除く)を合成し供給してきている。2013年から2018年度 にかけての臨床 PET 薬剤の供給回数を図 1 にまとめた。[18F]FDG は、1983 年から 2013 年まで 約30年間にわたって切れ目なく臨床供給してきたが、東北大学病院でのFDG-PET検査の開始 以降、CYRIC での[18F]FDG 供給ニーズは減少し、また東北地区における[18F]FDG デリバリーサ ービスが開始したことから、2013 年度をもって[18 F]FDG の供給は終了した。さらに、2004 年か ら供給を開始した本学独自の低酸素イメージング剤[18F]FRP-170の供給も 2013 年度をもって終 了した。また、世界的な潮流としてアルツハイマー病などの神経変性疾患に対する PET イメー ジングのニーズが高まり、2005年から独自のアミロイドイメージング剤["C]BF-227を供給して きたが、世界標準のアミロイドイメージング剤である[¹¹C]PIB のニーズも出てきたことから、 CYRIC においても 2013 年からは[11C]PIB の供給を開始し、アミロイドイメージング用の標準薬 剤として利用されるようになった。それを受けて、[11C]BF-227の供給は2015年度をもってを終 了した。2013 年から 2015 年にかけて一部の臨床用 PET 薬剤の供給は終了したが、[11C]PIB の供 給開始は本学における本格的な認知症 PET 研究の幕開けでもあり、新しい PET 薬剤として独自 のタウイメージング剤[18F]THK-5117の供給を2013年から、その後継薬剤の[18F]THK-5351の供 給を 2014 年から開始した。そして 2014 年から 2017 年にかけて臨床用 PET 薬剤の供給回数は、 アミロイドイメージング剤とタウイメージング剤が過半数を占めた。しかし、[¹8F]THK-5351 に ついては臨床研究を通じてオフターゲット結合の問題が顕在化し、2018年の供給回数は大幅に 減った。このように臨床 PET 研究のニーズに応じた新規 PET 薬剤の供給に対応する一方で、 1991 年供給開始の["C]DOX や 2001 年供給開始の["C]RAC についても継続的に臨床供給を行っ てきた。2019 年現在、["C]PIB、["C]DOX、["C]RAC、[18F]THK-5351 の薬剤を標識合成し供 給する体制を整えているが、臨床ニーズに応じて[11C]DOX、[11C]RAC、[18O]H2Oの供給が大半を 占めている。2020年には、MAO-B(神経アストログリオーシス)を標的とした新規 PET 薬剤の供 給が計画されており、現在、それに向けた薬剤製造環境の整備を進めている。

核薬学研究部の共同利用支援業務として、PET に関連する基礎研究用の PET 核種や標識中間体の供給も行っている(表 1)。アミロイド、タウ、シヌクレイン、各種酵素・受容体などを標的とした標識リガンドの開発、ミトコンドリアイメージング剤、ポジトロン標識タンパク質・抗体の開発、新規標識合成技術・装置の開発などの研究に利用されている。

共	;同利用回	118, 119, 120	121, 122	123, 124, 125	126,127	128,129	130,131
	薬剤名·年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度
	FDG	6	\ 	s=	753	=	=
	FRP170	2	-	84	- #	4	4
¹⁸ F	THK5117	6	3	8=	==0	. .	-
	THK5351	-	14	15	13	9	2
¹¹ C	RAC	2	1	8	26	14	21
	DOX	12	0	9	6	15	17
	PIB	10	10	30	38	30	4
	BF227	13	19	7	-	49	=
¹⁵ O	H2O	4	0	4	3	4	9
,	核種名·年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度
	¹⁸ F	14	17	15	13	9	2
	¹¹ C	37	44	69	70	59	42
	¹⁵ O	4	0	4	3	4	9



図 1 臨床 PET 用短寿命放射性薬剤の供給回数の推 移

表 1 基礎研究用短寿命放射性核種・試薬の供給回数

の推移	の推移 基礎研究用PET核種・試薬の供給回数						
	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度			
¹⁸ Fアニオン	139	234	137	157			
¹¹ C-ヨウ化メチル	34	38	35	36			

2-4. 臨床検査(担当:サイクロトロン核医学研究部)

2-4-1. 臨床 PET 研究共同利用の支援体制

1981 年に本センターにおいて PET 研究が開始されて以来、サイクロトロン核医学研究部は臨床医学系の共同利用研究の支援を行ってきた。臨床検査を行うために本学大学病院出張診療所として東北厚生局に届け出をしているが、全ての検査を臨床研究として実施しており、保険診療や自由診療は行っていない。

研究課題申請の受付けにあたっては、手続き上、一年を計2期の共同利用期間に分割して、原則として学内からの研究課題申請を受け付けている。共同利用参加グループの数は、例年5~10教室(臨床科及び基礎系研究分野)を数え、課題数は毎期10~15件程度である。PET検査の有償化を進めた結果、共同利用参加グループ数および共同利用課題数は減少している。2013年から現在までに本センターにおいて臨床医学系課題を実施した研究室を以下に列挙する。

医学系研究科:機能薬理学分野、行動医学分野、高次機能障害学分野、医用物理学分野、 高齢高次脳科学寄附研究部門、統合腎不全医療寄附講座

大学病院:心療内科、神経内科、循環器内科、整形外科、精神神経科、腎高血圧内科

加齢医学研究所:老年医学分野 工学研究科:応用量子医工学分野

CYRIC: サイクロトロン核医学研究部、放射線管理研究部

その他:電気通信大学、広南病院、東北医科薬科大学、日本カイロプラクティック学院、

グラクソ・スミスクライン (株)、杏林製薬(株)

(※その他:サイクロトロン核医学研究部が窓口となって課題申請を行った)

2-4-2. PET 検査の実施状況

PET 臨床利用が開始されたのち、1998年の大型サイクロトロン更新に続いて HM12サイクロ トロンが導入された後は運転時間の自由度が増して PET 検査数は劇的に増加したが、2003 年 10 月より東北大学病院で PET 診療が開始されたことを受けて、CYRIC の総検査数は減少した(図 1)。その対策として、研究的色彩の強い PET 検査を積極的に増やす方針に変更し、検査数は再 び増加に転じた(図 1)。2008 年に大型サイクロトロン更新後 10 年を迎えて、保守経費が大幅に 削減されたために予算不足に陥り、CYRIC 全体の運転期間が大幅に短縮された。HM-12 の運転 時間も約 15%削減される方針となり、2009 年以降の PET 検査数が減少する可能性が心配され た。同時に、サイクロトロン棟の耐震補強改修工事が実施されてサイクロトロン運転が停止した (2009年8月~2010年4月)ため、2009年および2010年の検査数は大幅に減少した(図1)。 共同利用が 2010 年 5 月に再開して一年足らずで東日本大震災が発災し(2011 年 3 月 11 日)、19 ヶ月の長期間(2011年3月~2012年9月)にわたってサイクロトロン運転が停止した。2011年 の運転は実質 1 か月程度の共同利用と震災後の[18F]FDG スキャン注射液を用いた共同利用検査 しか実施できなかったため、著しく少ない検査件数となっている(図1)。2012年10月からサイ クロトロンの運転が再開し、タウイメージング薬剤の利用が急増したため、検査数は 2013 年か ら本格的に復調した。しかしながら復旧から一年に満たない時期に研究棟改修計画の補正予算 が採択されたため、2013年度下半期から再び工事による休止期間に突入した。2014年9月に活 動再開し、検査数は 2015 年から増加したものの、タウイメージング薬剤利用課題の終了ととも に検査数は低水準が続いている (図1)。

薬剤別にみると、HM12 サイクロトロン導入後は[^{18}F]FDG の検査数が劇的に増加し、高水準を維持していたが、[^{18}F]FDG PET が保険収載となって大学病院で PET 診療が開始された 2002~2003 年以降は減少が続いている。震災以降は[^{18}F]FDG の院内製造を休止し、[^{18}F]FDG スキャン注射液を利用者自身が購入して PET 検査を実施する方針に変更した。そのため、サイクロトロンの運転期間に縛られることなく、一年を通じて検査の実施が可能になり、[^{18}F]FDG PET 検査件数は一定の水準を保っている(図 1, 2)。[^{11}C]メチオニン PET 検査については、脳神経外科からの要求を受けて一時活発に実施していたが、大学病院内での臨床研究実施の希望が強くなり、CYRIC もサポートする形で大学病院内でも[^{11}C]メチオニン PET 検査が臨床研究として開始された。その後は、CYRIC 内では[^{11}C]メチオニン PET 検査は実施されなくなった(図 1, 2)。

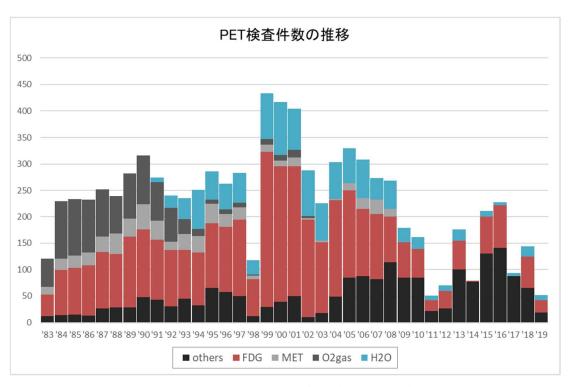


図1. PET 検査件数の推移(1983~2019)

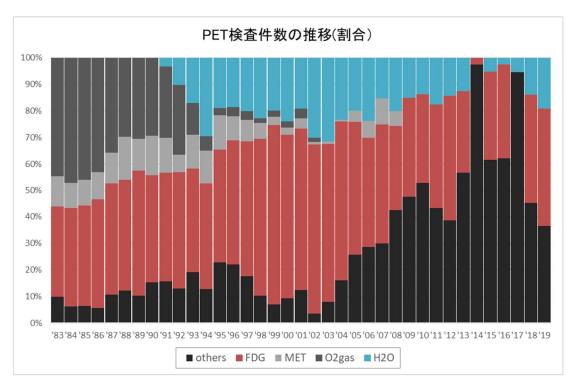


図2. PET 検査件数割合の推移(1983~2019)

次に薬剤の割合について説明する(図 2)。開設当初の段階では[18 F]FDG 検査が全体の約 30%、 [15 O] ガス吸入検査が約 40%、[11 C]メチオニンが 10%を占める状況であった。その後、[18 F]FDG 検査が全体の約 60~70%を占める時代をへて、[18 F]FDG PET 保険収載とともに[18 F]FDG 検査の割合がコンスタントに減少していく時代へと進んだ。最近では、新規薬剤の割合が 40~60%を占める状況となっている(図 2)。図 1、2 で others に分類された規薬剤の内訳を図 3、4 に示す。

[$^{15}O]H_2O$ 注射水を用いた PET 検査は、1992 年頃より開始されていたガス吸入検査から [$^{15}O]H_2O$ 注射水による脳血流検査に移行したと考えられる。[$^{15}O]H_2O$ PET の検査数は現在でも最近まで比較的高水準を維持してきた。脳イメージング研究領域のグローバル・トレンドを考慮すると、脳賦活試験 activation study の主たる測定方法は機能的 MRI(fMRI)に移行したが、東北大学内における[$^{15}O]H_2O$ PET 検査の需要はまだ残されていた印象である。その一因としては強磁場の影響が挙げられる。fMRI の場合、検査室に測定機器の持ち込みが制限される。CYRIC内で実施されていた[$^{15}O]H_2O$ PET 研究の多くは、他の測定機器を併用する比較的複雑なプロトコールが多かった。そうした研究においてはまだ一定のニーズがある(図 1)。

図 1、2 で others に分類されていた新規薬剤の内訳としては、[11 C]薬剤([11 C]doxepin, [11 C]raclopride, [11 C]donepezil, [11 C]BF-227, [11 C]PIB)および[18 F]薬剤([18 F]FRP-170, [18 F]FACT, [18 F]THK5117, [18 F]THK5351)が挙げられる(図 3, 4)。[11 C]doxepin と[11 C]raclopride は初期から使用されていたが、現在でも頻繁に使用されている。とくに[11 C]doxepin はその臨床的な意義が再度注目されて、抗ヒスタミン薬や向精神薬の副作用に関する臨床薬理学的研究や神経精神疾患の病態研究に用いられた。[11 C]donepezil と[11 C]BF-227 は認知症研究の展開とともに数多く用いられた。[11 C]donepezil は 2003~2011 年に活発に使用されたが、その後は使用されていない。[11 C]BF-227 は 2005~2013 年に活発に使用されたが、現在は代わりに[11 C]PIB が用いられている。[11 C]PIB は、2013 年以降の[18 F]THK5117 および [18 F]THK5351 の臨床研究においてアミロイド集積を示す比較画像としてほぼ全ての症例で実施された。また、THK 化合物の臨床研究が終了したのちも、全国多施設共同研究の AMED Preclinical でも[11 C]PIB が使用されていた。[18 F]FACTは[11 C]BF-227 類似のフッ素標識化合物として合成された薬剤で、2008~2011 年の期間にその有用性と被ばく評価が行われた。[18 F]FRP-170 は低酸素細胞検出用の薬剤として開発され、その有用性が種々の腫瘍性疾患において確認され、2004~2013 年に使用された(図 3、4)。

最近の PET 検査数減少のおもな原因として以下の要因が考えられる。①電気代の高騰により PET 利用期間が大幅に短縮したままであること。とくに、現在は冷却水ポンプと空調機器の電力消費が大きいという前提のもとに大型・小型サイクロトロンとの同時運転が原則となっているため小型サイクロトロンの運転時間が短縮した状態が続いている。②検査の有料化が進み、無料の検査枠が相対的に減少したこと、③現在供給可能な PET 薬剤を用いる新しい研究のアイデアが出にくくなっていること、④薬剤合成装置の老朽化により、連日の薬剤供給が困難になったこと、などが考えられる。

上記の背景をふまえたここ数年の方策としては、①[18F]FDG の製造にサイクロトロンを用いるのをやめて FDG スキャン注の使用に一本化したことで、サイクロトロン運転期間とは無関係に FDG PET 検査が実施できるようになったこと。これによって、短い運転時間の奪い合いが若干解消されたため、THK 化合物の臨床検査実施ニーズもなんとか満たすことができた。②一方、購入[18F]FDG の料金は利用者に請求しているため、全ての[18F]FDG PET 検査が実質的に有料になってしまったことにはなるが、それでも[18F]FDG PET 検査数は一定の水準を維持していることが最近確認されている。③現在は新規 PET 薬剤の臨床試験の準備も進められており、来年度の開始を見込んで期待している。④核薬学研究部の主導のもと、薬剤合成装置のための予算獲得を目指している。加えて、⑤学内のみならず学外研究施設や医療機関、企業等にも施設利用の情報提供を行うようにしたこと、⑥大学病院内の診療体制の改変を受けて、CYRIC 関係者が大学病院放射線診断科の兼務となった。それを受けて、放射線診断科との連携を強化し、新しい研究課題の希望や提案を受け入れやすくしたこと、などが挙げられる。

PET 被験者を撮影部位および対象者種別で分類すると下図のようになる(図 5,6)。初期には 約 60%を占めていた脳疾患が次第に減少し、がんおよび健常者の検査が増加した。この傾向は 2006 年頃まで続き、その後、がん検査が CYRIC で実施される機会はなくなった。最近の特徴は、 がん検査が減少した代わりに、認知症の脳検査数と健常者を対象とした検査数が増加したこと である(図 5,6)。また、その他に分類されているものとして骨格筋イメージングがある。

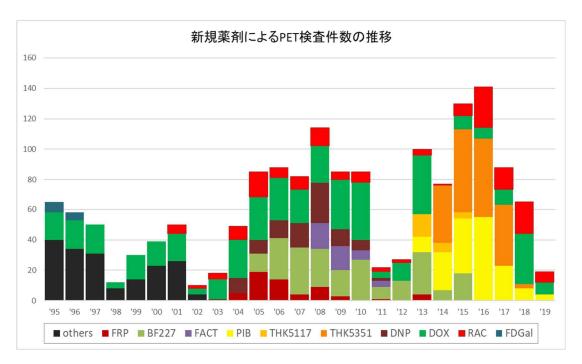


図3. 新規薬剤による PET 検査件数の推移(1995~2019)

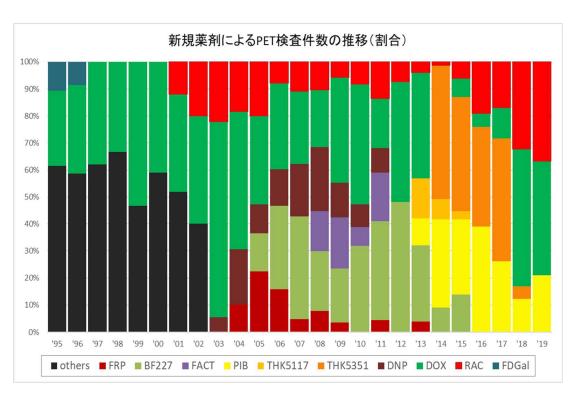


図4. 新規薬剤による PET 検査数割合の推移 (1995~2019)

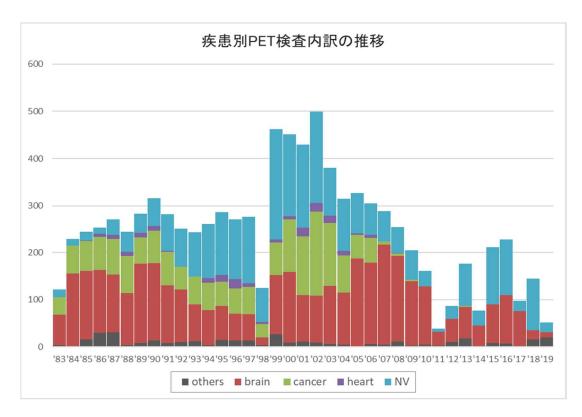


図5. 撮影部位別 PET 検査件数の推移 (1983~2019)

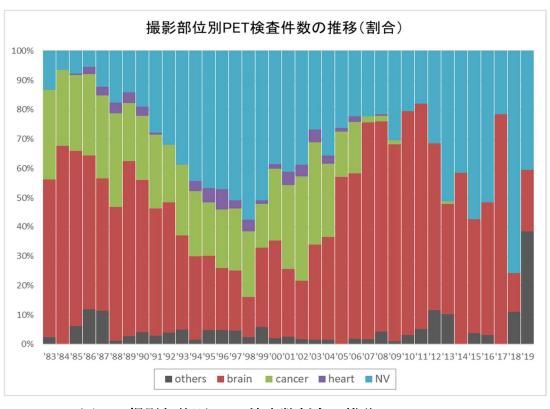


図 6. 撮影部位別 PET 検査数割合の推移 (1983~2019)

2-4-3. 臨床医学系共同利用制度の改革と運用:臨床研究法への対応

サイクロトロン核医学研究部は、課題採択部会で承認された情報に基づき、臨床課題実施スケジュールの作成(担当:田代、平岡)およびスケジュールの運用・管理も行ってきた(担当:平岡)。具体的には、各共同利用実施期間の採択課題について、申請グループ担当者と直接連絡をとりながら3~4ヶ月分の詳細な検査スケジュールを事前に確定しておくことで、ランニングタイムを最大限に活用できるよう留意している。各週の検査予定は各課題の担当者に直接確認を取りつつ、前の週のうちに検査予定として登録メーリングリストに配信する形でスケジュール確認を行ってきた(担当:平岡)。課題申請書類では研究成果欄において、論文、学会発表、CYRIC研究発表会発表実績、CYRIC Annual Report 寄稿、受賞欄等を充実させている(担当:田代)。

また、以前の厚生労働省による「ヒトを対象とした臨床研究の指針」の改定を踏まえて、「大学院医学系研究科倫理委員会」または「大学病院臨床研究倫理委員会」の審査を受けた臨床課題のみを受け付けるルールにしている。課題申請時には、課題申請書類には倫理委員会承認の有無について明記し、かつ倫理審査の関連書類の複写を全て提出することを義務づけている。また、医師賠償保険加入の有無、臨床研究保険の契約の有無も記載することとしている(担当:田代)。

その後、2018 年度からの「臨床研究法」施行に伴い、一年間の移行措置期間中に放射線医学総合研究所倫理委員会に相談し、のちに本学倫理委員会事務局とも打ち合わせを行った(※「特定臨床研究」に該当する研究は 2019 年 3 月 31 日までに認定倫理委員会の審査を受けておく必要があった。担当:田代)。当初は、本学倫理委員会事務局内にも「未承認薬剤を用いる PET 研究は全て無条件で特定臨床研究に該当する」とする解釈論も存在した。しかしながら、放射線医学総合研究所から入手した情報をもとにして、「未承認薬剤を用いる研究であっても、安全性や効能を確認するための研究でなければ特定臨床研究に該当しない」とする見解について詳しく説明し、最終的には解釈に関する合意が形成できた。本学大学病院倫理委員会事務局より、「本学の PET・分子イメージング関係者間でのコンセンサスを形成してほしい」との依頼があったため、特定臨床研究の該当・非該当を判定するための早見表を作成して、CYRIC を利用して臨床研究を予定する研究者が参照できるように参照資料を整備した(担当:田代)。

その後、大学病院から臨床研究中核病院としての審査に関して情報収集の相談があった。毎年度、一定数の臨床研究(侵襲あり・介入あり)の論文数が審査項目になっているが、「CYRICで実施した PET 臨床研究の論文が全体の約3割を占めている。引き続き協力をお願いしたい。」との報告と依頼があった。

2-4-4.

PET 研究の有償枠・優先枠(共同利用)制度の整備

これまでは原則無償で運営されてきた共同利用体制に関して、センターの困難な財政状況を考慮し、学外利用者を対象とした「有償枠」(外部利用枠) および学内共同利用者を対象とした「優先枠(共同利用)」の設定を行い、使用料金をテクニカルサポートセンター(TSC)に登録した(担当:田代)。この制度は順調に進展し、運営費の不足分を補う効果があった。ライフサイエンス系研究における産学連携研究および全国多施設研究も発展し、有償枠としての一定の収入に結実した。また、「短寿命 RI 供給プラットフォーム事業」により、一部の臨床研究課題も薬剤供給に関して資金サポートを受けることができた。また、共同利用運営に関する情報発信力強化のためにセンター全体およびサイクロトロン核医学研究部のインターネットホームページの改訂作業を行った(担当:平岡)。

2-4-5. 臨床用 PET 装置の維持と管理

PET 装置を利用した共同利用臨床研究における安全性と装置の安定した利用を維持するため、 PET 装置ついては検査日ごとの日常点検(毎日)および定期的な保守点検と校正(キャリブレーション:検査中2週に1回)を行った(担当:四月朔日)。

2-4-6. PET データの管理

PET データは、RAID で構成されたネットワークストレージに保存されている。さらにデータは二重にバックアップを行い、トラブルに備えている。PET のデータを管理するネットワーク

は、外部と分離され、データの漏えいや外部からの侵入に備えている。画像再構成の計算の一部を、東北大学サイバーサイエンスセンターのスーパーコンピュータを用いて行っている。この際のデータのやり取りは、専用のネットワークを介して行っている(担当:四月朔日)。また、臨床検査対象者の基本情報を電子情報として独立した PC に入力している(担当:平岡)。このデータも管理している。

2-4-7. PET 装置の性能評価

PET 検査データの信頼性を確認するため、学会ガイドラインに従い PET 装置の感度、分解能、計数率特性等の性能評価を年 1 回以上行った。また PET 検査に関連するドーズキャリブレータやウェルカウンタについても年 1 回の性能試験を行っている(担当:四月朔日)。

2-4-8. 東北大学病院出張診療所の維持と管理

基本的な診療体制としては、臨床研究グループの医師 1 名と常勤医 1 名がそろった状態で臨床検査を行うことを原則としている。また、臨床共同利用研究における PET 使用頻度が高い課題のグループの医師若干名に非常勤医師登録を行っていただいている。PET 検査を行う際には必ず診療所医師が診療所内に待機しているための体制を整えた。以下に現在の診療所メンバーを示す。

医師(非常勤)診療所長 瀧靖之(2013.08~2017.03)、高瀬圭(2017.04~現在)

医師(常勤)安全管理責任者 田代学(※診療所安全管理責任者)

医師(常勤) 平岡宏太良(※院内感染防止責任者、医薬品安全管理責任者)

医師(非常勤) 谷内一彦 (医学系研究科機能薬理学分野)

医師 (非常勤) 岡村信行 (東北医科薬科大学) 医師 (非常勤) 菊池昭夫 (大学病院神経内科)

診療放射線技師(常勤) 四月朔日聖一(※医療機器安全管理責任者)

薬剤師(常勤) 古本祥三、船木善仁

看護師(非常勤) 武田和子

臨床研究活動の維持のためには東北大学病院出張診療所としての維持・管理も重要である。無床診療所であるため、5年に一回、青葉(区)保健所の立ち入り検査が実施される。最近では2017年9月28日に保健所立ち入り検査が実施された。放射線管理研究部の協力も要請して対応した。特に文書による指摘事項はなく、立ち入り検査は無事に終了した(担当:高瀬、田代、四月朔日、武田、結城、阿部)。

医療法施行規則改正にともない、診療所として、感染症対策および医療安全管理に関する研修会を定期的に実施することが義務づけられている。現在は、大学病院の感染管理室と医療安全推進室が主催する研修会(またはウェブ研修会)を視聴する体制に改めている。その結果、大学病院の医療安全管理室および感染管理室との連携も強化でき、医療事故対応時の流れが確認しやすくなった。研修受講記録の情報は、大学病院放射線診断科の兼務教員としての大学病院への報告用と、保健所立ち入り検査に向けても保管している(担当:平岡)。

臨床研究法の施行に伴い、臨床研究自体の取り扱い方が複雑になり、法令としての対応が必要になったため、「大学病院出張診療所安全管理委員会」を「大学病院出張診療所安全管理専門委員会」に昇格させた。前者は CYRIC にかかわる医療関連スタッフが自主的に組織していた諮問委員会であったが、後者は正式な CYRIC の専門委員会の一つとして運営委員会(教授会)で承認された。診療所の安全管理案件と臨床研究の進め方全般を取り扱う委員会である。

2-4-9. PET/CT 装置および PET 装置の新規導入

2010 年度補正予算により PET/CT 装置(Eminence STARGATE)を導入したが、年間保守経費として 1400 万円/年かかるとの通知を受けてメーカーと交渉したが難航し、最終的にはやむをえず CT の利用を停止して保守経費を圧縮する案で契約に至った。さらに、大学病院のマイクロドージング研究予算で計上されていた臨床用 PET 装置(Eminence SET-3000)が、谷内一彦センター長(当時)の尽力により、2014 年 3 月に CYRIC 内に設置された。この装置は、現在は保証期間内であるため保守費用が発生していないが、2020 年の冬から保守経費が発生する予定であると同時に、Eminence STARGATE はあと一年で耐用年数に到達するので、今後は Eminence SET-

3000を主力装置とする計画である。

2-4-10. 研究棟(現分子イメージング研究センター)の改修

概算要求施設整備費が 2012 年度補正予算として採択された。「量子脳疾患・がん研究センター」として再スタートを図る計画であった。悲願であった 3 階診療エリアへの患者の直接搬送を可能とするエレベータの設置が実現するのに加えて、1 階の診療エリア内の患者待合室、診察室を拡張し、共同利用解析室(読影室)、診療所長室(兼研究教授、非常勤医師控室)、PR スペースなどを新設して臨床研究のさらなる活性化を目指す計画となった。本部の指導により、増築計画が基本計画に盛り込まれ、「講義室」と「核医学研究室 2」、「PR スペース」、トイレ等が増設された。工事後、正式な名称を「分子イメージング研究センター」とし、開所式を 2014 年 11 月 26 日に実施した。

2-4-11. 外部資金の獲得と産学連携活動の推進

東日本大震災の発災を受けて、製薬企業に声をかけて PET 薬剤がなくても実施できる自動車運転シミュレータを用いた抗ヒスタミン薬副作用評価研究の契約を進めて実施した(2011 年~2014 年)。その後、PET と NIRS を用いた抗ヒスタミン薬副作用評価研究に発展させることができ、契約を更新することができた(2014 年~2017 年)。次に、医学系研究科の谷内一彦教授から別の製薬企業との共同研究の話があり、新規抗ヒスタミン薬の受容体占拠率測定を行った(2017 年~2019 年)。また、全国多施設共同研究である AMED Preclinical にも参画した(2019 年~2020年:ただし途中で中止)。その後、平岡助教を通じて広南病院の脳血管内科から相談があり、アミロイド PET 検査を受託事業として実施する形で共同研究を開始した(2019 年~2020 年)。このように、もとは学内共同利用施設であったが、従来の枠にとらわれずに柔軟に対応しつつ、資金獲得に努めている。その際、検査費用の形で収入が得られることは非常に重要であるが、財政面に留意すると、直接 CYRIC で大型予算を獲得(または大型プロジェクトの契約を締結)して直接経費と間接経費を獲得することが非常に重要であることを痛感している。

3. 各研究部における研究・教育の概要

3-1. 加速器研究部

3-1-1. 概要

加速器研究部は、センターの基幹設備である 2 台のサイクロトロン加速器(930 型 AVF サイクロトロンと RI 製造用の HM12 型サイクロトロン)の運転、維持、開発を主業務として、サイクロトロンの多目的利用のための共同利用を支えている。現在、3 台の ECR イオン源を用いて、イオンビームの大強度化と加速可能なイオン種の拡充を行なっている。ここ数年の間では半導体の重イオン照射のための Xe, Kr, Ar, Ne, N の各イオンを短時間で切り替えるカクテルビーム、固体試料によるイオンビームの開発により、B、Si、および Fe 等のイオン核種を共同利用に提供してきた。また、930 サイクロトロンを用いて RI 製造を行う共同利用が多くなってきており、陽子、重陽子といった軽イオンについても大強度化を目指している。現在、負重陽子イオン源を新たに導入し、重陽子ビームの大強度化とともに C(d,n), Be(d,n)反応による中性子ビームを増強し、新たな医療用 RI 製造、供給を可能とする計画を行なっている。

研究では、新たに開発した Si などのイオンビームを用いて、大型散乱槽において原子核のアルファクラスターおよびアルファクラスター凝縮に関する実験研究を推進している。また、アルファ非弾性散乱によるアイソスカラー型巨大共鳴に関する研究を行ない、原子核物質の状態方程式の決定に重要なパラメータである原子核の圧縮率と対称エネルギーに関する重要な実験結果を与えた。近年、高速中性子ビームの制御と計測技術、重イオンビームによる半導体の放射線耐性評価技術により産学連携研究も推進している。

<u>3-1-2.</u> スタッフ

教授:伊藤正俊 (2017.10~)

准教授:伊藤正俊(2015.04~2017.09)

助教:涌井崇志(~2015.03)、松田洋平(2016.04~)

教育研究支援者:新原佳弘(2013.04~2014.11),早水友洋(2015.04~2016.02)

研究支援者:石橋陽子(2016.10~2019.09)

研究教授:篠塚勉(2013.04~)

リサーチフェロー:新原佳弘(2014.12~)

3-1-3. これまでの共同利用支援・研究教育の概要と成果

- ① 共同利用支援 [資料1] (「2. 共同利用支援の実績」を参照)
 - 1) 共同利用 (ビームタイム) 日程の策定、調整、管理
 - 2) 930型 AVF サイクロトロン加速器の運転、保守、管理
 - 3) HM12型サイクロトロン加速器の運転、保守、管理
 - 4) ECR イオン源の運転、保守、管理
 - 5) RI 製造用ビームラインの保守、管理
 - 6) 実験室関連設備の保守、管理
 - 7) 企業による照射試験のサポート支援

②研究活動 [資料2]

- ・独自の研究
 - 1. 原子核におけるアルファクラスター凝縮の研究
 - 2. アイソスカラー型巨大共鳴の研究
 - 3. 重イオンビーム用ガスシンチレーション検出器の開発

- 4. 10MeV 中性子源の開発
- 5. 重イオン用プロファイルモニターの開発
- 6. サイクロトロン加速器・ECR イオン源の開発・改良
- 7. 安定核並びに不安定核原子核中の陽子、中性子密度分布の研究

• 共同研究

- 1. レーザー冷却放射性元素による素粒子・原子核物理学の研究
- 2. メガワットサイクロトロンの概念設計
- 3. 高分解能 GAGG コンプトンカメラの開発
- 4. 加速器中性子源による医療用 RI 製造
- 5. Cluster structure of Beryllium isotopes and study of multi-neutron systems
- 6. 電子制御システムのソフトエラー耐性評価および中性子制御計測技術に関する研究
- 7. 電子部品に対する重粒子による放射線ソフトエラーレート評価手法の開発
- 8. 陽子-ヘリウム3散乱による三体核力の研究
- 9. はじき出し原子エネルギースペクトルに関する実験

② 教育

- ・ 全学教育への参加
 - ▶ 2015 前期 物理学 A 講義
 - ▶ 2019 前期 基礎ゼミ主催「放射線と加速器を学ぼう」
 - ▶ 各年度基礎ゼミ 加速器見学および講義2コマ担当
- ・学部教育への参加

理学部の協力講座(核放射線物理講座)として、4年次学生の物理学研究(卒業研究)を指導、 2015 年年度卒業研究 岡本潤「 28 Si における $_{\alpha}$ クラスターガス状態の探索にむけた 28 Si 9 +イオンビームの開発」

2016年度卒業研究 烏谷晃平「重イオンビームプロファイルモニターの開発」

2017 年度卒業研究 石田駿野「重イオンビーム用ガスシンチレーション検出器の開発」

笠松幸牛「10GHz ECR イオン源の引き出し電極改良によるビーム電流の

増強

2018 年度卒業研究 前田流「カクテルビーム照射用 高速ビームモニターシステムの開発」 野澤克明「高分解能 GAGG コンプトンカメラによるガンマ線トラッキング」

物理学実験 2 (2 年生) HM12 を用いて金の放射化測定 (ビーム提供、見学説明)

物理学実験3(3年生)反応断面積測定(ビーム提供、見学説明)

物理学フロンティア

2016・2017年度「加速器で学べる物質創成の謎」

2018年度「巨大加速器を動かせ」

・大学院教育への参加(「4. 研究教育の実績」を参照)

核放射線物理学特論(隔年後期)

核放射線物理学特殊講義 (隔年後期)

宇宙創生物理学国際共同大学院プログラム

(授業科目:宇宙創生物理学高度実験、2017年度宇宙創成物理学概論講義 (2 コマ)) 2016年度、2018年度 工学研究科応用物理工学原論 (2 コマ) 施設見学

集中講義の実施

2019 年 11 月 13~15 日 北海道理論グループ研究会「原子核におけるクラスター現象とその元素合成へのインパクト」招待講師

・高校への出前講義を実施

・修士(博士課程前期)論文一覧(「4. 研究教育の実績」を参照) 2018 年度

「前方角度における 4α 崩壊測定による 16 0 の α クラスターガス状態の研究」 烏谷晃平 2017 年度

「逆運動学による²⁸Si のアルファクラスター状態の研究」岡本潤

「電子の永久電気双極能率探索に向けた表面電離を用いたフランシウムビーム生成の研究」伊藤 沙希(M1より指導教員)

2016 年度

「崩壊アルファ粒子測定による炭素13のアルファクラスターガス状態における余剰中性子効果の研究」 那須裕

「冷却原子を用いた電気双極子能率探索のための光双極子力トラップ装置の開発」坂本幸祐(M2より指導教員)

·博士(博士課程後期)論文一覧

2018年度

「電子の双極子能率探索のための冷却原子を用いた共存磁力計」内山愛子(D1より指導教員)

- ③ 招待講演・学会発表 [資料3]
 - · 国内 計 18 件
 - 海外 計 4件
- ⑤外部資金獲得[資料4]
 - · 科研費等 5 件
 - ·受託研究·共同研究 6 件

⑥特許

⑦受賞

- ⑧学外活動・社会貢献 [資料5]
- ⑨研究部のサポートによる学外研究者のセンター利用研究成果 [資料 6]

[資料1] 共同利用支援

センターで行われている共同利用のうち、加速器・ビーム輸送等の維持・管理、および運用は、加速器研究部、測定器研究部、住重加速器サービス(株)のオペレータが互いに協力しながら支援・ 実行している。

- 1. 共同利用(ビームタイム)日程の策定、調整、管理 各研究部と調整しながら年間運転計画を策定している。近年は運転経費削減のため、春季や夏季 に冷却水ポンプや真空ポンプを停止する「全停止期間」を長くするだけでなく、共同利用期間中 もマシンタイムの最適化を行うことで1週間程度の空き日程においても「全停止」を行い、待機 電力を抑制しながら共同利用時間をできる限り確保する運転計画を立てている。
- 2. 930型 AVF サイクロトロン加速器の運転、保守、管理 930型サイクロトロンの保守・管理を行いながら、年間 2000 時間弱の運転を実施している。定 期的な保守・整備により、サイクロトロン本体の故障によるダウンタイムは毎年 3%以下を維持

している。近年は、導入から 15 年以上たち経年劣化の目立つ、冷却水ポンプやクライオポンプ、の更新、オーバーホールを行なった。また、サイクロトロン、ビーム輸送系電磁石の電源の安定性を上げるために電源内に使用されていたコネクターを廃止し、直接半田付けを行うなど安定性の向上に努めた。

3. HM12型サイクロトロン加速器の運転、保守、管理

HM12型サイクロトロン本体の保守・管理を行いながら、近年では年間 200 時間弱の運転を実施している。定期的な保守、整備により、サイクロトロン本体の故障によるダウンタイムは 1%以下となっている。

4. ECR イオン源の運転、保守、管理

930 型サイクロトロンでは陽子・重陽子用の $2.45 \mathrm{GHz}$ ECR イオン源、軽重イオン用全永久磁石型の $14.5 \mathrm{GHz}$ の ECR イオン源、重イオン用の $10 \mathrm{GHz}$ ECR イオン源の 3 台のイオン源により様々な核種のビームを共同利用に提供している。特に重イオンビームの供給では、休日・夜間から調整・準備を行うこともある。

5. RI 製造用ビームラインの保守、管理

近年、短寿命 RI 供給プラットフォーム等で利用頻度の高くなったコースである。ターゲットシャトルシステムやヘリウム循環用ポンプの保守・管理を行い、安定に短寿命 RI 供給を行なっている。

6. 実験室関連設備の保守、管理

各実験室のシールド扉をはじめ、各種インターロックシステム、電源や冷却水、ネットワークなど、共同研究に不可欠な設備の保守・管理を行い、共同利用者が実験やその準備をスムーズに行えるよう支援している。

7. 企業による照射試験のサポート支援

サイクロトロンの運転経費を捻出するため、中性子およびイオン照射のための装置を整備し、エネルギースペクトル測定やビームフラックス測定等、企業を手厚くサポートし、利用を推進している。近年、東北大学テクニカルサポートセンターが開設され、企業の利用者が多くなった。なお、テクニカルサポートセンター経由の利用を通して、日立製作所、三菱電機との産学連携共同研究に発展した。

「資料 2] 研究活動

独自の研究

1. 原子核におけるアルファクラスター凝縮の研究

原子核の構造を説明する代表的な模型として殻模型がある。原子核を構成する核子(陽子・中性子)が原子核の平均場中をあたかも独立した粒子として振る舞いそれぞれの軌道を占有する模型である。しかしながら軽い原子核やその励起状態の中には殻模型だけでは説明できない状態が存在する。それは原子核中の核子間の相関により、複数の核子が集合体(クラスター)を構成して原子核を形成していると考えられている。これをクラスター模型と呼ぶが、近年、このクラスターの中でも特に強く束縛されている。な粒子を構成要素とし、原子核の飽和密度に比べて $1/5\sim1/3$ 程度の希薄なガス状の状態が自己共役な核子数 4N の原子核について存在することが理論的に示されている。これは本来フェルミ統計に従う原子核において α 粒子のボーズ粒子としての性質により、構成要素の α 粒子の軌道を考えた場合、構成する α 粒子全てが同一の最低エネルギーの軌道を占有している状態であり、希薄な原子雲中のボース・アインシュタイン凝縮と類似した状態であるため、アルファクラスター凝縮状態と呼ばれている。

本研究室では、このアルファクラスター凝縮状態について下記の研究を行ってきた。

- ・ 12 C の崩壊 3α 測定によるホイル状態およびブロードな 10 MeV~0+状態の研究(2014 年度安藤修士論文)
- ・ 13 C 崩壊 $_{\alpha}$ 粒子測定による炭素 13 の $_{\alpha}$ クラスターガス状態における余剰中性子効果の研究 (2016 年度那須修士論文)

- ・ 逆運動学による ²⁸Si の α クラスター状態の研究 (2017 年度岡本修士論文)
- ・ 前方角度における 4α 崩壊測定による 16 O の α クラスターガス状態の研究 (2018 年度烏谷修士 論文)

2. アイソスカラー型巨大共鳴の研究

核物質の状態方程式の決定は原子核物理学が解決すべき一つの大きな研究テーマである。近年 では核物質の状態方程式の決定に重要なパラメータである対照項について世界中の研究者が研 究を行なっている。本研究室では、原子核の集団運動に対応するアイソスカラー型巨大共鳴を 測定することで、この対照項に関する研究および原子核の集団運動についての研究を伊藤が中 心となって米国ノートルダム大学、オランダグローニンゲン大学、大阪大学、京都大学、甲南 大学との共同研究によって行なった。

- ▶ 92Zr,94,96,98Moにおけるアイソスカラー型巨大単極子共鳴の研究
- ▶ Nd アイソトープにおけるアイソスカラー型巨大共鳴の研究
- ▶ Ca アイソトープにおけるアイソスカラー型巨大単極子共鳴の研究

3. 重イオンビーム用ガスシンチレーション検出器の開発

理化学研究所の RI ビームファクトリーでは、年々供給される不安定核ビームの強度が上がってきている一方、生成されたカクテルビームから目的とする不安定核を識別するための検出器の放射線損傷が問題となっている。近年、大強度で様々な不安定核ビームを供給出来る施設の建設が世界中で進められている中で、放射線損傷に強い検出器の開発はこれら施設でも大きな問題として認識されている。

本研究室ではこの問題を解決すべく飛行時間測定用ガスシンチレーション検出器を開発した。通常、飛行時間の測定にはプラスチックシンチレータが用いられるが、固体であるため照射された部分は損傷を受け続ける。そこでシンチレータ材をガスに置き換え対流させることで、「放射線損傷に強い」を超えて、放射線損傷を無視できるようにした。製作した検出器は CYRIC にてビーム照射試験を行い、 $300~{\rm MeV}/u~o~{}^{132}{\rm Sn}~{\rm E}$ ームを識別するのに十分な時間分解能を有していることを確認した。

最近、飛行時間検出器と比較的放射線損傷に強い multi wire drift chamber を用いた粒子識別 方法が開発されており、飛行時間検出器として開発したガスシンチレーション検出器を用いる ことで、放射線損傷の問題が大きく改善されると期待される。その実用化に向けた準備が現在 進められており、2019 年度後期に最初の測定が行われる予定である。

4. 10MeV 単色中性子源の開発

宇宙における元素合成過程において重要な原子核反応の一つである、トリプル α 反応の中性子による反応率の増幅について研究を行うため、加速した 11 B イオンなどの軽重イオンを水素標的と反応させることで単色の中性子ビームを得られる中性子源の開発を行なっている。現在は 10 MeV 単色中性子源に用いる最適な軽重イオンの開発、および、水素ガス標的の開発を行なっている。なお、10 MeV の単色中性子ビームは、ギャップ領域と呼ばれ、容易に利用できる中性子源がほとんどなかったが、本開発により、ギャップ領域における半導体ソフトエラー評価などの産学連携研究にも適用可能となる。

5. 重イオン用プロファイルモニターの開発

重イオンに対する電子部品のソフトエラー試験を目的としたカクテルビーム(15N, 20Ne, 40Ar, 86Kr, 129Xe)の利用頻度が近年高まっている。試験途中にビームを切り替える際には、(1) イオン交換、(2) ビーム加速と輸送、(3) ビーム調整(強度、形状)を行う必要がある。現在、ユーザー側から、これらの作業時間を出来るだけ短縮し、照射時間を増やせないかという要望が届いている。これまでに(1)と(2)については、サイクロトロンの制御室から全て遠隔で制御できるようにすることで、時間の短縮に成功している。

今回(3)の改善を目的として、重イオン用プロファイルモニターの開発を行った。プロファイルモニターは、遠隔で操作可能であり、 15 N から 129 Xe までの幅広いエネルギーを持つ粒子を 1 粒子毎にほぼ 100%の検出効率で位置の測定が可能という特徴を持っている。

2019年前期にカクテルビームを用いた照射試験が行われ、現在ビームラインへの設置箇所等調

整中である。2020年度に実用化予定である。

6. サイクロトロン加速器の開発・改良

加速するイオン核種を短時間に変更するカクテルビーム加速のために、RF 周波数の遠隔制御システムを開発した。本開発により、半導体重イオン照射や RI 製造において、短時間のビーム核種切替技術を共同利用にも提供している。

また、負重水素イオン加速によって d-25MeV,100 μ A の大強度ビーム加速を実現するため、軌道計算を始めている。荷電交換のためのフォイルストッパー等の設計を今年度中に行う予定である。

7. ECR イオン源の開発・改良

930 型サイクロトロンでは陽子・重陽子用の $2.45 \mathrm{GHz}$ ECR イオン源、軽重イオン用全永久磁石型の $14.5 \mathrm{GHz}$ の ECR イオン源、重イオン用の $10 \mathrm{GHz}$ ECR イオン源の 3台のイオン源により様々な核種のビームを共同利用に提供している。2015年度より共同利用に新規に提供を開始したイオンは下記の通りである。

- ·SiO2 固体試料による ²⁸Si⁹⁺ビーム
- ・ステンレス固体試料による 56Fe12+ビーム
- ・BN (ボロンナイトライド) 固体試料による ¹¹B³⁺ビーム
- ・半導体重イオン照射用カクテルビーム $(M/Q=5,15N^{3+},20Ne^{4+},40Ar^{8+},84Kr^{17+},129Xe^{25+})$
- 8. 安定核並びに不安定原子核中の陽子、中性子密度分布の研究(共同研究?)

密度分布は原子核の基礎物理量の一つであり、核構造と核反応の研究に重要である。近年、中性子ハロー核の発見により、安定核だけでなく不安定核も含めた密度分布の測定が重要であることが再認識されている。安定核の分野では、大阪大学核物理研究センターにて 300 MeV での偏極陽子弾性散乱測定から中性子密度分布の抽出に関する研究が有名である。陽子弾性散乱の特徴としては、クーロン力は核内の陽子から受ける一方、核力は陽子と中性子両方から受ける。さらに核力はエネルギー依存性を持っている。この電子散乱にはない特徴を利用して、200 MeVと 300 MeV での陽子弾性散乱測定から不安定原子核の陽子と中性子密度分布の同時抽出に関する研究を行っている。研究グループは、京都大学、大阪大学、北京航天大学、東北大学の研究者で構成されている。

先に核物理研究センターにて Zr の安定同位体を用いて上記の手法の有効性を検証し、2016 年度から理化学研究所の RI ビームファクトリーにて不安定核 ^{132}Sn の測定を開始した。2019 年度後半に実験は終了予定である。今後は軽い炭素同位体の系統的な測定が計画されている。

共同研究

1. レーザー冷却放射性元素による素粒子・原子核物理学の研究

CYRIC 測定器研究部、加速器研究部、東京大学

原子量最大の放射性元素フランシウムを用いて、自然界の基本対称性の破れ、特に時間(T)対称性の破れに着目して、宇宙における反物質消失の機構の解明にむけ、研究開発を行なった。加速器研究部としてはフランシウムを大量に生成するために大強度の ¹⁸O ビームを安定に供給するための開発を行なっている。

2. メガワットサイクロトロンの概念設計

大阪大学、量研機構放医研、量研機構高崎研、

核燃料廃棄物や核医学検査・がん治療用 RI 製造など様々な用途で切望されている、大電流加速器を、エネルギー効率の高い、コストパフォーマンスの優れたサイクロトロンで実現するための加速器の概念設計を行なっている。日本の主要なサイクロトロン加速器施設と協力し、大強度ビーム加速に必要な要素開発を行いつつメガワット(MW)級のサイクロトロンの実現を目指している。

3. 高分解能 GAGG コンプトンカメラの開発

CYRIC 放射線管理研究部、量研機構高崎研、大阪大学、東京大学

短寿命 RI や量子を医療や工業で利用するために必要な放射線測定技術の一つであるコンプトンカメラを高分解能の GAGG シンチレーターを用いて製作し、実用化を図っている。産学共創プラットフォーム(OPERA)の量子アプリ共創コンソーシアム (QiSS) の一環として研究を行なっている。

4. 加速器中性子源による医療用 RI 製造

C(d,n)および Be(d,n)反応を用いて生成した中性子ビームにより、現在国産化の必要性が問われている 99Mo(99mTc)およびその他医療用 RI 製造技術の開発を、原子力開発機構、量子科学技術研究開発機構、住友重機械工業、千代田テクノルと共同して行なっている。九州大学とも共同研究を行なっている。今後、負重水素イオン加速によって重陽子ビームを大強度化し、新しい治療用 RI 等の製造技術の開発を行なう。

5. Cluster structure of Beryllium isotopes and study of multi-neutron systems
—IPN Orsay·理化学研究所·東京大学·北京大学·LPC Caen·京都大学·東北大学·CEA Saclay・東京工業大学

中性子過剰核 10,12,14 Be 中のクラスター状態について実験的に調べる研究である。実験は理化学研究所 RI ビームファクトリーにて 2018 年度に行われた。逆運動学を用いて Be 同位体を固体水素標的に照射し、ノックアウトされた $^{\alpha}$ 粒子、反跳陽子並びに崩壊粒子の測定からクラスター分光学的因子と内部運動量分布が求められる。また、 14 Be の測定からは 6 中性子系に関する情報が得られると期待される。現在データ解析が行われている。

本研究室では、実験の鍵となる固体水素標的の開発に成功し、実験では固体水素標的の運用と共に反跳陽子検出器の運用も行った。

6. 電子制御システムのソフトエラー耐性評価および中性子制御計測技術に関する研究 株式会社 日立製作所

本センター・32 コースを用いて、準単色中性子ビームを用いた電子制御システムの中性子によるソフトエラー耐性の評価実験を進めた。OPERA-QiSS の一環として、32 コースのビームラインおおよび中性子ビームの計測システムの整備を進めた。

7. 電子部品に対する重粒子による放射線ソフトエラーレート評価手法の開発 三菱電機株式会社

本センター・33 コースを用いて、重イオンビームによる電子部品のソフトエラー評価手法の開発を行なった。ソフトエラーの直接的な原因は宇宙線中性子によって半導体内部で発生した重粒子線がメモリ素子のビット反転を引き起こすことによって生じている。中性子ではどの重粒子がソフトエラーを引き起こすかを制御できないが、直接重粒子を照射することによってそれが可能となる。OPERA-QiSSの一環として33コースの重イオン計測システムや、ビーム核種を短時間で切り替えるためのイオン源ガスハンドラー装置の開発を行なった。

8. 陽子・ヘリウム3散乱による三体核力の研究

東北大理、九大理、阪大RCNP、宮崎大、理研との共同研究

CYRIC において東北大理グループが中心となって開発した偏極ヘリウム3標的を用いて CYRIC 初となる偏極標的による散乱実験を行なった。70MeV 陽子との偏極

9. はじき出し原子エネルギースペクトルに関する実験研究

日本原子力研究開発機構、原子力基礎工学研究センター(JAEA)、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) との共同研究。CYRIC において、放射線照射に伴う材料中のはじき出し原子(PKA) のエネルギースペクトルの精度の良い測定を行なった。

【論文リスト】

1. Development of a neutron detector with a high position resolution at intermediate energies, Y. Kubota, M. Sasano, M. Itoh et al.,

Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A 914, 32 - Published 11 January 2019.

- 2. Extraction of the Landau-Migdal Parameter from the Gamow-Teller Giant Resonance in 132Sn,
 - J. Yasuda., M. Sasano, Y. Matsuda et al.,

Phys. Rev. Lett. 121, 132501 - Published 26 September 2018.

3. Performance test of the MAIKo active target,

T. Furuno, T. Kawabata, Y. Matsuda et al.,

Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A 908, 215 - Published 18 August 2018.

4. Isoscalar giant monopole, dipole, and quadrupole resonances in 90,92Zr and 92Mo,

Y.K. Guptaa, U. Garga, M. Itoh, Y. Matsuda et al.,

Phys. Rev. C 97, 064323 - Published 29 June 2018.

5. ⁹⁹Mo Yield Using Large Sample Mass of MoO₃ for Sustainable Production of ⁹⁹Mo

K. Tsukada, Y. Nagai, M. Itoh et al,

Journal of the Physical Society of Japan 87, 043201 (2018)

6. Proton elastic scattering at 200 A MeV and high momentum transfers of 1.7-2.7 fm-1 as a probe of the nuclear matter density of 6He,

S. Chebotaryov, S. Sakaguchi, Y. Matsuda et al.,

Prog. Theor. Exp. Phys. 2018, 053D01 - Published 8 May 2018.

7. Systematic analysis of inelastic α scattering off self-conjugate A=4n nuclei.

S. Adachi, T. Kawabata, M. Itoh, Y. Matsuda et al.,

Phys. Rev. C 97, 014601 - Published 3 January 2018.

8. Production of 92Y via the 92Zr(n,p) reaction using the C(d,n) accelerator neutron source T.Kin, Y.Watanabe, M.Itoh,

EPJ Web of Conf. 146, 08009, September 2017

9. Parity-nonconserving interaction-induced light shifts in the 7S1/2-6D3/2 transition of the ultracold 210Fr atoms to probe new physics beyond the standard model

T. Aoki, M. Itoh et al,

Applied Physics B 123, 120, 30 March 2017.

10. Are there nuclear structure effects on the isoscalar giant monopole resonance and nuclear incompressibility near A \sim 90?,

Y.K. Guptaa, U. Garga, M. Itoh, Y. Matsuda et al.,

Physics Letters B, Volume 760, 10 September 2016, Pages 482-485.

11. Effect of ground-state deformation on isoscalar giant resonances in Si28,

T. Peach, U. Garg, M. Itoh et al.,

Phys. Rev. C 93, 064325 - Published 29 June 2016.

12. Deformation effects on isoscalar giant resonances in Mg24,

Y. K. Gupta, U. Garg, M. Itoh et al.,

Phys. Rev. C 93, 044324 - Published 21 April 2016.

13. Candidate Resonant Tetraneutron State Populated by the He4(He8, Be8) Reaction,

K. Kisamori, S. Shimoura, M. Itoh et al.,

Phys. Rev. Lett. 116, 052501 - Published 3 February 2016.

- 14. Inverse kinematics (p, n) reactions studies using the WINDS slow neutron detector and the SAMURAI spectrometer,
 - J. Yasuda, M. Sasano, Y. Matsuda et al.,

NIMB 376, 393 - Published 10 February 2016.

- 15. Nonquenched Isoscalar Spin-M1 Excitations in sd-Shell Nuclei,
 - H. Matsubaral, A. Tamiil, M. Itoh et al.,

Phys. Rev. Lett. 115, 102501 - Published 1 September 2015.

16. Splitting of ISGMR strength in the light-mass nucleus 24Mg due to ground state deformation Y. K. Gupta, U. Garg, M. Itoh et al,

Phys. Lett. B 748, 343, 2 September 2015.

国際会議Proceedings

- 1. Search for the rare γ -decay mode in 12C,
 - M. Tsumura, T. Kawabata, M. Itoh, Y. Matsuda, et al.,
 - I. Phys.: Conf. Ser. 863 012075 (2017).
- 2. Measurement of the 3- α decay from the Hoyle and the broad 10 MeV states in ^{12}C M. Itoh et al,
 - J. Phys. Conf. Ser. 863, 012019 (2017)
- Experimental search for the electron electric dipole moment with laser cooled francium atoms
 T. Inoue, M. Itoh et al,

Hyperfine Interactions 230, 157-162, April 2015.

著書

1. 変形原子核における巨大単極共鳴

吉田賢市, 伊藤正俊

日本物理学会誌72巻1号(2017年1月5日発行)

[資料 3] 招待講演・学会発表

【国内】

1. 伊藤正俊

「アイソスカラー型モノポール励起で見る変形核とクラスター相関」 シンポジウム「原子核の応答から探る多体相関」指名講演、日本物理学会 2016 年秋季大会 2016 年9月21日、宮崎大学

2. <u>伊藤正俊</u>、松田洋平、石橋陽子、原田健一、田中香津生、川村広和、井上壮志、高橋直人、鈴木惇也、鈴木研、本間隆之、赤繁佑樹、大宮康明

「サイクロトロン加速器施設の現状報告」

ポスター、第14回日本加速器学会、2017年8月1-3日、北海道大学

3. <u>伊藤正俊</u>、松田洋平、石橋陽子、寺川貴樹、原田健一、田中香津生、笠松幸生、川村広和、高橋直人、鈴木惇也、高橋研、本間隆之、赤繁佑樹、大宮康明 「サイクロトロン加速器施設の現状報告」 ポスター、第15回日本加速器学会、2018年8月7-10日、長岡産業交流会館

4. <u>伊藤正俊</u>、松田洋平、石橋陽子、寺川貴樹、田中香津生、高橋直人、鈴木惇也、鈴木研、本間 隆之、赤繁佑樹、大宮康明

「サイクロトロン加速器施設の現状報告」

ポスター、第16回日本加速器学会、2019年7月31日-8月3日、京都大学吉田キャンパス

5. <u>松田洋平</u>, 坂口治隆, 寺嶋知, 銭廣十三, 伊藤正俊, 石橋陽子, 岡本潤, 那須裕, 秋宗秀俊、平郡克吉, 川畑貴裕, 村上哲也, 津村美保, 古野達也, 村田求基, 稲葉健斗, 高橋祐羽、武田朋也, 前田幸重, 原田知也

「炭素 14 偏極陽子弾性散乱測定の現状」

口演、日本物理学会 第73回年次大会、2018年3月23日、東京理科大学野田キャンパス

6. <u>石橋陽子</u>, Aleksey Gladkov,西畑洸希,山崎展樹,旭耕一郎,Jean-Michel Daugas,江上魁,藤田朋美,Georgi Georgiev,市川雄一,今村慧,川口高史,Wooyong Kim,小林航,Longchun Tao,中村祐太郎,三條真,佐藤智哉,高峰愛子,富永大樹,上野秀樹

「中性子過剰核210の核磁気モーメント測定」

口演、日本物理学会 第73回年次大会、2018年3月23日、東京理科大学野田キャンパス

- 7. <u>笠松幸生</u>, 伊藤正俊, 松田洋平, 石橋陽子, 岡本潤, 烏谷晃平, 石田駿野 「10GHz ECR イオン源の引き出し電極改良によるビーム電流の増強」 ポスター、日本物理学会 第 73 回年次大会、2018 年 3 月 23 日、東京理科大学野田キャンパス
- 8. <u>石田駿野</u>, 松田洋平, 伊藤正俊, 石橋陽子, 岡本潤, 烏谷晃平, 笠松幸生, 銭廣十三, 原田知也、坂口治隆, 寺嶋知, 大田晋輔, 堂園昌伯, 川田敬太, 高田栄一「不安定核ビームの TOF 検出器としてのガスシンチレーション検出器の開発」ポスター、日本物理学会 第73回年次大会、2018年3月23日、東京理科大学野田キャンパス
- 9. <u>松田洋平</u>, 坂口治隆, 寺嶋知, 銭廣十三, 秋宗秀俊, 村田求基, 岡本潤 「偏極陽子弾性散乱実験のための炭素 14 標的の開発」 口演、日本物理学会 第 73 回秋季大会、2017 年 9 月 12 日、宇都宮大学峰キャンパス
- 10. <u>那須裕</u>, 伊藤正俊, 松田洋平, 石橋陽子, 岡本潤, 烏谷晃平, 田中純貴, 平郡克吉, 平川景史 「崩壊 α 粒子測定による炭素 13 の α クラスターガス状態探索」

口演、日本物理学会 第72回年次大会、2017年3月20日、大阪大学豊中キャンパス

11. <u>伊藤正俊</u>、早水友洋、篠塚勉、酒見泰寛、大宮康明、高橋直人、鈴木惇也、高橋研、本間隆之 「東北大学 CYRIC サイクロトロンのビーム大強度化計画」

口頭、第1回 AVF 大強度化ミーティング、2015年4月23日、住友重機械工業東京大崎本社

12. <u>伊藤正俊</u>、酒見泰寛、早水友洋、大宮康明、高橋直人、高橋研、鈴木惇也、本間隆之 「東北大 CYRIC の新体制と現状報告」

口頭、第12回 AVF 合同打ち合わせ、2015年10月1-2日、理研仁科記念棟2F仁科ホール

13. <u>伊藤正俊</u>、松田洋平、石橋陽子、篠塚勉、田中香津生、原田健一、川村広和、井上壮志、大宮康明、高橋直人、高橋研、鈴木惇也、本間隆之

「東北大 CYRIC 現状報告」

口頭、第 13 回 AVF 合同打ち合わせ、2016 年 10 月 26-27 日、東北大学 CYRIC

14. <u>伊藤正俊</u>、松田洋平、石橋陽子、篠塚勉、田中香津生、原田健一、川村広和、大宮康明、高橋直人、高橋研、鈴木惇也、本間隆之

「東北大 CYRIC 現状報告」

口頭、第14回 AVF 合同打ち合わせ、2017年6月29-30日、福島県立医大

15. <u>松田洋平</u>、伊藤正俊、石橋陽子、原田健一、田中香津生、川村広和、高橋直人、高橋研、鈴木 惇也、本間隆之、赤繁佑樹、大宮康明

「東北大 CYRIC の現状報告」

口頭、第 15 回 AVF 合同打ち合わせ、2018 年 2 月 26-27 日、大阪大学中之島センター

16. <u>松田洋平</u>、伊藤正俊、石橋陽子、原田健一、寺川貴樹、田中香津生、高橋直人、高橋研、鈴木 惇也、本間隆之、赤繁佑樹、大宮康明

「東北大 CYRIC の現状報告」

口頭、第 16 回 AVF 合同打ち合わせ、2018 年 10 月 30-31 日、量子科学研究開発機構高崎研究所

17. <u>伊藤正俊</u>、松田洋平、石橋陽子、寺川貴樹、田中香津生、高橋直人、高橋研、鈴木惇也、本間隆之、赤繁佑樹、大宮康明

「東北大 CYRIC の現状報告」

口頭、第17回 AVF 合同打ち合わせ、2019年6月27-28日、日本アイソトープ協会本部

18. <u>松田洋平</u>、伊藤正俊、石橋陽子、寺川貴樹、田中香津生、高橋直人、高橋研、鈴木惇也、本間 隆之、赤繁佑樹、大宮康明

「大強度負重水素イオン加速に向けて」

口頭、第17回 AVF 合同打ち合わせ、2019年6月27-28日、日本アイソトープ協会本部

【海外】

1. <u>M.Itoh</u>,

「Measurement of the 3- α decay from the Hoyle and the broad 10 MeV states in 12 C」 招待講演、11th International Conference on Clustering Aspects of Nuclear Structure and Dynamics, 2016年5月23-27日、ナポリ、イタリア

2. <u>M.Itoh</u>, S.Ando, T.Aoki, H.Arikawa, S.Ezure, K.Harada, T.Hayamizu, T.Inoue, T.Ishikawa, K.Kato, H.Kawamura, A.Uchiyama, Y.Sakemi

「HIGH PRECISION MEASUREMENT OF THE 3-ALPHA DECAY FROM THE HOYLE STATE IN THE 12 C(12 C, 3 α) 12 C REACTION |

口頭、The 26th International Nuclear Physics Conference (INPC2016)",2016 年 9 月 11-16 日、アデレード、オーストラリア

3. M.Itoh,

「Measurements of decay alpha particles from the Hoyle and the broad 10 MeV states in ¹²C」 招待講演、Workshop on Nuclear Cluster Physics (WNCP2016), 2016 年 11 月 14-17 日,横浜、日本

4. M.Itoh, K.Karasudani, Y.Matsuda, Y.Ishibashi, S.Ishida, A.Nakagawa, R.Maeda, K.Nozawa Measurement of four-alpha decays near the four-alpha threshold energy in 16O

口頭、ECTworkshop on Light clusters in nuclei and nuclear matter: Nuclear structure and decay, heavy-ion collisions, and astrophysics, 2019 年 9 月 2-6 日、トレント、イタリア

[資料 4] 外部資金獲得

【科研費】

- 2016年~2020年基盤研究(A) 関口仁子、伊藤正俊ら(分担) 「陽子・ヘリウム3散乱による三体力荷電スピンT=3/2項の決定」
- ・ 2014 年~2018 年 基盤研究(S) 酒見泰寛、伊藤正俊ら (分担) 「光格子によるレーザー冷却放射性元素の次世代電気双極子能率探索」
- ・ 2015 年~2018 年 若手研究(B) 松田 洋平 (代表) 「炭素 14 原子核の陽子弾性散乱測定による三体力の定量的抽出と核物質への応用」
- · 2015年~2019年 基盤研究(A) 川畑 貴裕、 久保野 茂、 伊藤 正俊、松田 洋平、 秋 宗 秀俊 (分担)

「稀ガンマ崩壊モード探索による宇宙における元素合成過程の解明」

· 2019 年~2024 年 基盤研究(S) 川畑 貴裕、 久保野 茂、 伊藤 正俊、松田 洋平、 秋 宗 秀俊 (分担)

「極端環境下における元素合成過程の解明」

【受託研究・共同研究】

- ・ 2017 年 10 月 1 日~2021 年 3 月 31 日 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム (OPERA)「安全・安心・スマートな長寿社会実現のための高度な量子アプリケーション技術の 創出」幹事機関:大阪大学、研究代表者:中野貴志、研究担当者:伊藤正俊
- ・ 2019年7月~2019年9月 株式会社日立製作所 産学連携共同研究: 伊藤正俊、松田洋平 「電子制御システムのソフトエラー耐性評価及び中性子制御計測技術に関する研究」
- · 2019年8月~2020年3月 三菱電機株式会社鎌倉製作所 産学連携共同研究:伊藤正俊、松田 洋平

「電子部品に対する重粒子による放射線ソフトエラーレート評価手法の開発」

- ・ 2018年2月26日~2018年6月30日 日立製作所 産学連携共同研究:伊藤正俊、松田洋平 「高信頼産業電子制御システムへの中性子照射試験及びソフトエラー評価手法の確立」
- 2018年12月1日~2019年3月31日 三菱電機株式会社 産学連携共同研究:伊藤正俊、松田洋平

「電子部品に対する重粒子による放射線ソフトエラーレート評価手法の開発」

 2017年12月8日~2018年3月31日株式会社日立製作所 産学連携共同研究:伊藤正俊、 松田洋平

「高信頼電子システムのソフトエラー耐性評価及び中性子制御計測技術に関する研究」

・ 2017年5月1日~2017年6月30日 株式会社日立製作所:伊藤正俊、松田洋平 「高信頼電子システムのソフトエラー耐性評価及び中性子制御計測技術に関する研究」

【テクニカルサポートセンター経由の利用】(測定器研究部と協力して遂行)(上記、共同研究以外)

2015年度 産学連携事業による企業利用 156時間

2016 年度 " 392 時間
 2017 年度 " 156 時間
 2018 年度 " 156 時間

・ 2019 年度 〃 192 時間(予定を含む)

「資料 5] 学外活動・社会貢献

伊藤 正俊

- ・ 2019年4月~現在 大阪大学核物理研究センター 研究計画委員会 委員長
- · 2018年10月~現在 HIMAC 共同利用運営委員会 委員
- 2015年8月~現在 日本加速器学会 学会誌編集委員
- ・ 2016年4月~2019年3月 大阪大学核物理研究センター 研究計画委員会 委員
- ・ 2016年6月~2018年4月 大阪大学核物理研究センター 実験課題採択委員会 委員
- · 2016年10月~2017年9月日本物理学会 実験核物理領域 運営委員
- · 2016年11月14-17日 "Workshop on Nuclear Cluster Physics (WNCP2016), Yokohama, Japan, November 14-17, 2016, 世話人
- ・ 2016年10月26-27日"第13回AVFサイクロトロン合同打ち合わせ会", 東北大 CYRIC,世話人
- 2016年9月 原子核国際会議 (INPC2016) アデレード、オーストラリア、Convenor CYRIC 見学対応
- 2018年11月19日 岩手県立大船渡高校 施設見学対応
- 2017年11月30日 嶋崎政一文部科学省開発局原子力課廃炉技術開発企画官 施設見学対応
- 2017年11月10日 茨城県立 水戸第一高等学校 施設見学対応
- 2017年9月29日 岩手県立盛岡工業高校電気科 施設見学対応
- ・ 2016年8月27日 向山こども園施設見学対応

松田 洋平

- 加速器施設見学対応
- ・ 東北大学テクニカルサポートセンターを利用した企業照射のサポート

[資料 6] 研究部サポートによる学外研究者のセンター利用研究成果

1. KEK ATLAS グループ

"Development of a radiation tolerant fine pitch planar pixel detector by HPK/KEK",

K.Nakamura et al, NIMA924(2019)64

"Evaluation of characteristics of Hamamatsu low-gain avalanche detector",

S.Wada et al, NIMA924(2019)380

"Charge collection and field profile studies of heavily irradiated strip sensors for the ATLAS inner tracker upgrade ",K.Hara et al,NIMA831(2016)181-188

"Detailed studies of full-size ATLAS12 sensors", L.B.A. Hommels et al, NIMA831(2016)167-173

"Evaluation of the performance of irradiated silicon strip sensors for the forward detector of the ATLAS Inner Tracker Upgrade", R. Mori et al, NIMA831 (2016) 207-212

"Embedded pitch adapters: A high-yield interconnection solution for strip sensors", M. Ullan et al, NIMA831(2016)221-228

"Test beam evaluation of newly developed n-in-p planar pixel sensors for use in a high radiation environment", K.Kimura et al, NIMA831(2016)140-146

"Study of surface properties of ATLAS12 strip sensors and their radiation resistance", M.Mikestikova et al, NIMA831(2016)197-206

"Development of n+-in-p planar pixel sensors for extremely high radiation environments, designed to retain high efficiency after irradiation", NIMA831(2016)122-132

"Irradiation and testbeam of KEK/HPK planar p-type pixle modules for HL-LHC", K. Nakamura et al, JINST 10 C06008(2015)

その他:修士論文12件(2015-年)

2. 加速器中性子による医療用 RI 製造

九州大学(共同研究に記載したもの以外)

"Development of Radioisotopes Production Method by Accelerator-based Neutron:Activity at Kyushu University", T.Kin et al, JPS Conf. Proc. 24(2019)011031

"多重箔放射化法を用いた加速器中性子計測におけるアンフォールディング手法",金政浩,青木勝海, 放射線 43(2018)85

"Determination of Accelerator-based Neutron Energy Distribution by Means of Multiple-foil Activation Method Using GRAVEL, MAXED, and RooUnfold", K.Aoki et al, JPS Conf. Proc. 24(2019)011033

"Artificial Neutral Network for Unfolding Accelerator-based Neutron Spectrum by Means of Multiple Foil Activation Method", T.Kin et al, Conference Record of 2017 IEEE NSS/MIC(2017) その他:修士論文 3件、学会発表(国内、国外合わせて)15件

"Diagnostic (99Mo/99mTc) and Therapeutic (67Cu) Radioisotopes Produced by Neutrons from C,Be(d,n)", Y.Nagai et al, Proceeding of 15th Varenna Conference on Nuclear Reaction Mechanisms,333-340(2019)

"放射性同位元素の製造方法、及び、放射性同位元素製造用の熱分離装置",千代田テクノル、特許 2019-70897

3-2A 測定器研究部 外部評価資料

(酒見泰寛教授(東京大学)の測定器研究部担当時の業績は3-2Bに別途記載)

3-2-1. 概要

粒子線治療および関連技術開発の研究、Particle-induced X-ray emission (PIXE)分析および PIXE 分析による医学、環境科学分野の研究、硼素中性子捕獲療法の高度化に関する研究、さらに、民間企業や青森県との PIXE、中性子利用、PET 等に関する共同研究、東京大学原子核科学研究センター 酒見泰寛教授のグループとの基礎物理学に関する共同研究を推進している。CYRIC 共同利用においては、主としてビーム輸送系の整備、高度化を進め共同利用実験を推進している。また、測定器研究部は、理学研究科物理学専攻の協力講座(同専攻核放射線物理学講座を加速器研究部と分担担当)、工学研究科量子エネルギー工学専攻の協力講座(同専攻加速器放射線工学講座核放射線物理工学分野)を担当し、学部・大学院講義、学位論文指導等の学部・大学院教育においても大きく貢献している。

3-2-2. スタッフ

教授: 寺川貴樹 (2017.4~)

教授:(兼務)田村裕和(理学研究科) 客員教授:酒見泰寬(2017.09~) 客員准教授:原田健一(2019.04~) 講師:原田健一(2010.04~2019.03)

助教:田中香津生(2016.04~)、川村広和(2011.10~2018.8)

研究教授:織原彦之亟(東北大学名誉教授)、石井慶造(東北大学名誉教授)

リサーチフェロー:川村広和(2018.09~)

3-2-3. これまでの共同利用支援・研究教育の概要と成果

④ 共同利用支援(「2. 共同利用支援の実績」を参照)

ビーム輸送系・診断装置の開発・保守

データ収集系の開発・整備

半導体等へのイオン照射ラインの整備・高度化(産学連携)

研究用粒子線治療装置の開発・高度化

レーザー冷却 RI ビームラインの開発

PIXE 研究支援·PIXE 研究協会運営

②研究活動 [資料1] [測定器研究部の研究実績]

・独自の研究

寺川貴樹

- 8. 粒子線治療における高精度ビーム照射・モニター技術の開発
- 9. 小動物を用いた化学粒子線治療の基礎研究
- 10. 腫瘍組織への薬物伝達技術評価への PIXE 法の応用
- 11. 福島第一原子力発電所事故に伴う汚染作物・食品評価手法への PIXE 法の応用
- 12. 硼素中性子捕獲療法における先端的中性子照射技術開発

田中香津生

13. 宇宙線計測の中高大連携ネットワークの構築及び宇宙天気の観測

• 共同研究

寺川貴樹

- 10. 先進核融合中性子源 A-FNS の中性子計測システムの研究開発/国立研究科発法人量子科 学技術開発機構六ケ所核融合研究所
- 11. 福島第一原子力発電所事故による環境中への放射能汚染調査に関する国際共同研究

(2013年、2016年) / Federal University of Rio Grande do Sul (ブラジル)、Jozef Stefan Institute (スロベニア)

- 12. PIXE 用小型サイクロトロン及び分析システムの産学連携利用推進/原工業株式会社
- 13. 粒子励起 X 線分析技術の応用/青森県
- 14. 中性子イメージングを用いた非破壊検査技術の高度化/青森県
- 15. 高性能 PET 装置に関する研究開発/青森県
- 16. 不安 定核及び中性子ビームを用いた核科学/理化学研究所仁科加速器研究センター
- 17. イオンビーム材料照射に関する国際共同研究 (仮題)、(2019 年~) / Kohn Kaen 大学 (タイ)

田中香津生

- 18. 光格子重元素干渉計による基本対称性破れの発現機構の解明(東京大学)
- 19. 地球外外文明とのコミュニケーションに関する心理学的実験

③教育

寺川貴樹

・ 全学教育への参加

「科学技術とエネルギー」の前期、後期講義 分担 「基礎ゼミ」 分担

・学部教育への参加

工学部 機械知能,航空工学科

5セメスター「量子力学 II」担当

6 セメスター「核エネルギー物理学」担当

3セメスター「量子サイエンス入門」分担

7セメスター「放射線安全工学」分担

・大学院教育への参加(4.「研究教育の実績」を参照)

工学研究科 量子エネルギー工学専攻 博士課程前期2年の課程

基盤専門科目「粒子ビーム科学」分担

専門科目「粒子ビームシステム工学」分担

専門科目「放射線場評価学」分担

専門科目「応用量子医工学」分担

専門科目「加速器保険物理学」分担

工学研究科 量子エネルギー工学専攻 博士課程後期3年の課程 学際基盤科目「先進原子核工学特論」分担

理学研究科 物理学専攻 博士課程前期 2 年の課程 核放射線物理学特論 分担

集中講義の実施

鶴岡高等専門学校 東北大学量子エネルギー工学専攻における研究紹介 2016 年 仙台高等専門学校 東北大学量子エネルギー工学専攻における研究紹介 2017 年 東北大学オープンキャンパス 機械知能・航空工学科量子サイエンスコース特別講義 2017 年

- 高校への出前講義を実施
- ・修士(博士課程前期)論文一覧(後述の「研究教育の実績」を参照)

田中香津生

- ・全学教育への参加
 - 基礎ゼミ 科学の力で世の中をモデル化しよう (2019年 FD のモデル授業に選出)

- 展開ゼミ 課題解決型(PBL)演習
- 物理学 B
- ・学部教育への参加

TSSP(Tohoku University STEM Summer Program) 2018,2019

- ・大学院教育への参加(後述の「研究教育の実績」を参照)
- ・集中講義の実施
- ・ 高校への出前講義を実施

田中香津生

- 1. 徳島県ネクストリーダー育成プログラム
- 2. 麹町中学校(経済産業省実証事業)
- 3. クラーク高校(経済産業省実証事業)
- 4. 深川小学校(経済産業省実証事業)
- 5. 徳島商業高等学校(経済産業省実証事業)
- 6. 本庄早稲田高等学校(「これがサイエンスだ!」)
- 7. 広尾学園
- 8. 学習塾 eisu
- 9. 渋谷教育学園渋谷高等学校
- 10. 雄勝中学校(東北大学理学部広報主催)
- 11. 東桜学館中学校(東北大学理学部広報主催)
- 12. 女川小学校(経済産業省実証事業)

④招待講演·学会発表 [資料2]

- · 国内 計 29 件
- 海外 計 18 件

⑤外部資金獲得[資料3]

- · 科研費等 12 件
- · 受託研究·共同研究 6件

⑥特許

⑦受賞

- ・ 日本原子力学会フェロー賞、工学研究科量子エネルギー工学専攻 寺川研究室 修士2年 長 尾理那(指導教員:寺川貴樹)、2019年
- ・ 日本原子力学会東北支部奨励賞、工学研究科量子エネルギー工学専攻 寺川研究室 修士 2 年 長尾理那 (指導教員: 寺川貴樹)「ドラッグデリバリーシステムと荷電粒子線の併用治療のた めのマイクロカプセル開発」、2019 年
- ・ 超異分野学会テクノロジースプラッシュ賞、田中香津生、2019年

⑧学外活動·社会貢献 [資料4]

⑨研究部のサポートによる学外研究者のセンター利用研究成果

共同研究 1. 「先進核融合中性子源 A-FNS の中性子計測システムの研究開発」の成果 (論文)

- Saerom Kwon et al., "Investigation on A-FNS Neutron Spectrum Monitor System," Nuclear Material and Energy, Nuclear Materials and Energy 16, 207-211 (2018). (学会発表)
- Saerom Kwon et al., "Experimental verification of dosimetry reaction rates of Co, Nb, Au, Bi with d-Li neutrons," 30th edition of the Symposium on Fusion Technology (SOFT 2018), Sep. 16-21, 2018, Sicily,

Italv.

- Saerom Kwon et al., "Investigation on A-FNS Neutron Spectrum Monitor System," 18th International Conference on Fusion Reactor Materials, Nov. 6-10, 2017, Aomori, Japan.
- Saerom Kwon et al., "Activation foil candidates for intense d-Li neutron measurement up to 60 MeV," IAEA Technical Meeting on Modern Neutron Detection, Sep. 4-8, 2017, IAEA HQ, Vienna, Austria.

[資料1] 研究活動

独自の研究

9. 粒子線治療における高精度ビーム照射・モニター技術の開発

CYRIC の AVF サイクロトロンが、2000 年 3 月に住友重機械工業製 680 型から 930 型に更新され、陽子線の最大エネルギーが 40 MeV から 90 MeV (水中飛程約 7 cm) となった。高エネルギー陽子線を活用した粒子線がん治療の照射/モニタリング技術の開発や、小動物を用いた新規治療の基礎研究の推進を目指して、我々は新規に本研究を立ち上げた。これにより、CYRIC における加速器の医学応用は、PET による診断分野から治療分野へ拡大された。研究推進のため科研費では、基盤研究 (B) 2005 年~2007 年、2008 年~2010 年、他 2 件の萌芽研究、また2014 年以降に関しては、基盤研究 (A) 2011 年~2014 年、基盤研究 (B) 2019 年~2021 年、および萌芽研究、挑戦的研究(萌芽)、若手研究各 1 件(資料 3 参照)を獲得している。これらの研究資金を用いて、CYRIC 第 5 ターゲット室 52 コースに粒子線治療研究用の水平照射システムを開発し、ワブラー法、スポットビームスキャニング法によるビーム照射技術開発から、マイクロパターンガス検出器を用いたリアルタイム 2 次元粒子線プロファイルモニターの開発、陽子線治療治療計画(シミュレーション)の精度向上を目指した陽子線 CT の基礎研究、さらには、ポリマーゲル線量計による強度変調陽子線(IMPT)照射で形成される複雑な線量分布の3 次元線量評価の研究を実施している。また、教育面においても、本研究は工学研究科量子エネルギー工学専攻の留学生を含めた多数の修士論文、博士論文に貢献している。

10. 小動物を用いた化学粒子線治療の基礎研究

独自の研究 1. の粒子線治療装置を用いた粒子線治療の基礎研究として、北里大学獣医学部獣 医放射線教室との共同研究として、担癌マウスを用いた治療実験を実施している。本研究を開始するために、CYRIC 第 5 ターゲット室における小動物実験許可施設の許可を学内で得ており、加速器施設としては生きたままの小動物を用いた粒子線治療実験が可能な数少ない施設の1つとして登録されている。本施設を用いた治療実験として、陽子線治療の効果の増強を目指して、抗がん剤シスプラチン、または腫瘍血管破壊薬と陽子線治療の併用治療等の臨床で実施されていない治療条件で、担癌マウスを用いた基礎研究を実施してきた。さらに治療効果の診断において、測定器研究部の石井研究教授が開発し、1mm以下の当時世界最高の空間分解能を達成した半導体 PET 装置を用いて、[18F]FDG-PET 等による評価を実施し、併用治療において優れた治療効果が確認された。なお、本研究における外部資金も「独自研究 1」と共通であり、教育面においても修士論文の研究テーマとなっている。

11. 腫瘍組織への薬物伝達技術評価への PIXE 法の応用

化学粒子線治療実験に用いた担癌マウスの腫瘍サンプルに対して、Particle induced X-ray emission 法による元素分析(PIXE 分析)を行い、腫瘍組織内における薬剤平均濃度(内部標準法による通常 PIXE 分析、日本アイソトープ協会 仁科記念サイクロトロンセンターで実施)、濃度分布(サブミリ径のビームによるサブミリ PIXE 分析、工学研究科 高速中性子実験施設で実施)を評価し、薬剤伝達と治療効果の関係について研究を実施した。特に本研究において、シスプラチンを内包したナノミセル製剤(当時、開発企業より研究用に提供を受けた英国において臨床試験中のドラッグデリバリーシステム製剤)の腫瘍組織内分布の評価や、欧米にて臨床試験中の腫瘍血管破壊薬の影響による腫瘍内のカリウム、カルシウム元素の特徴的な濃度分布の確認に成功した。本研究の獲得外部資金としては、同じく科研費の化学粒子線治療、薬剤

伝達に関する研究課題に含まれる。

12. 放射性セシウムおよびストロンチウムの汚染された作物・食品分析における PIXE 法の応用 福島第一原子力発電所事故によって汚染された原木栽培シイタケを通常 PIXE、サブミリ PIXE 分析し、放射性セシウムと天然に存在する微量アルカリ元素であるルビジウムの濃度分布に顕著な相関関係があることを明らかにした。特に、胞子が存在するシイタケの笠の端部分に極めて強い放射性セシウムの集積があり、ルビジウムも同様な集積が確認された。さらに、シイタケにおける放射性セシウム集積の研究において、放射性セシウムを使用せずに天然に存在するルビジウムを代替元素として使用できる可能性を示唆した。

また、放射性セシウムとストロンチウムに汚染された茶葉を想定し、茶葉から茶へのセシウ ムとストロンチウムの溶出ついて、安定セシウムとストロンチウムを土壌に添加し栽培した茶 葉サンプルを用いて、未使用茶葉と使用済み茶葉(出涸らし)の通常 PIXE 分析を実施した。 底結果、茶葉のセシウム濃度は使用済みで40%程度減少し茶へ溶出するが、ストロンチウムの 濃度はほぼ変化がなく茶への溶出がほとんど無いことが示された。すなわち、骨癌の原因とな る放射性ストロンチウムによる長期的な内部被ばくの可能性が、茶の摂取においては低い可能 性が示唆された。一方、植物の元素吸収には経根吸収と葉面吸収がる。福島第一原子力発電所 事故に関連する植物汚染の場合、前者は汚染土壌に、後者は事故直後のフォールアウトにそれ ぞれ起因するものであり、移行経路が異なる条件での茶葉におけるセシウムとストロンチウム の濃度分布の差異や類似性を評価することは大変興味深い。そこで、我々は経根吸収と葉面吸 収の条件で採取した茶葉サンプルのマイクロ PIXE 分析を行った。実験は、量子科学技術研究 開発機構 高崎量子応用研究所のマイクロ PIXE 分析システムを用いて実施した。セシウム、 ストロンチウムを添加しないコントロールでは、アルカリ元素であるカリウムは葉全体に分布 し、アルカリ土類元素のカルシウムはスポット状に局所的に点在する分布であった。一方、セ シウム、ストロンチウムは、経根吸収と葉面吸収のどちらの場合も、それぞれカリウムとカル シウムに全体傾向として類似する分布が確認された。特に興味深い点として、経根吸収である カリウムと葉面吸収のセシウムが局所的に同一領域に高集積したサンプルが確認され、葉面吸 収されたセシウムがカリウム同様に特定の領域に能動的に輸送される可能性が示唆された。

13. 硼素中性子捕獲療法における先端的中性子照射技術開発

粒子線治療が局所的な固形腫瘍に対する外部放射線照射の優れた治療法であるのに対して、硼素中性子捕獲療法(BNCT)は、硼素薬剤が特異的に取り込まれた腫瘍細胞に選択的に致死効果を与えることが可能な "細胞レベルの重粒子線治療"であり、通常の粒子線治療の対象とならない転移した腫瘍にも有効である。近年、原子力発電所の利用に代わって加速器中性子源が利用可能となり BNCT が改めて注目されている。CYRIC の 930 型サイクロトロンは負イオン加速が可能で、大強度の熱中性子、熱外中性子を発生させるポテンシャルを有する。現在のBNCT の線量分布は、体内の硼素濃度に完全に依存し中性子照射による線量分布はほとんど考慮されていない。我々は、負イオン加速による従来以上の大強度加速器中性子源を想定し、中性子多門照射による強度変調照射(IMRT)を実施し、X線 IMRT と同様に、硼素線量の選択性に加えて中性子線量分布の最適化(腫瘍最大・正常組織最小)を目指した次世代低侵襲 BNCT 照射技術の研究を 2018 年より開始した。

共同研究

- 10. 先進核融合中性子源 A-FNS の中性子計測システムの研究開発
 -国立研究科発法人量子科学技術開発機構六ケ所核融合研究所
 A-FNS 中性子計測システムに必要な要素技術の調査・研究開発・設計活動を実施するとともに、
 東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターの AVF サイクルトロン施設を利用して、
 A-FNS の中性子オフライン計測に利用する候補核種の放射化箔を用いた d-Li 中性子場の実験
- 11. 福島第一原子力発電所事故による環境中への放射能汚染調査に関する国際共同研究(2013 年、

2016年)

-Federal University of Rio Grande do Sul (ブラジル)、Jozef Stefan Institute (スロベニア) PIXE 分析法を活用して、福島県の汚染土壌、作物を対象とした調査研究を実施するとともに、人体への低線量放射線影響調査の一環として、世界的高空間線量地域であるブラジルのガラパリ市内の線量調査を実施した。

12. PIXE 用小型サイクロトロン及び分析システムの産学連携利用推進

-原工業株式会社

PIXE 分析の産業利用推進するため PIXE 分析専用サイクロトロンおよび PIXE 分析システム の整備を行っている。2019 年 3 月に仁科記念サイクロトロンセンター(NMCC)の PIXE 分析の共同利用が終了したため、NMCC で実施されてきた多数の PIXE 研究課題を受け入れること目指し、産学連携体制で PIXE 分析を推進する。

13. 粒子励起 X 線分析技術の応用

-青森県量子科学センター

20MeV 陽子ビームを用いた PIXE 分析技術の開発を行っている。通常の 3MeV 陽子ビームの PIXE 分析と比べて、各種元素の検出限界濃度は低下するがエネルギー損失の減少による試料 ダメージを軽減可能である。青森県特産の魚介類、作物など特産物のミネラル成分の分析、三 内丸山遺跡に代表される青森県内遺跡からの出土物等の考古学試料の分析など、産業から考古 学等の学術まで、幅広い分野を対象とする。

14. 中性子イメージングを用いた非破壊検査技術の高度化

-青森県量子科学センター

同センターの AVF サイクロトロンの負イオン陽子ビームにより発生された熱中性子線を用いて、青森県特産物、考古学試料に対する中性子ラジオグラフィを行い、産業、学術分野での研究、応用を実施している。

15. 高性能 PET 装置に関する研究開発

-青森県量子科学センター

同センターの AVF サイクロトロンで製造された PET 薬剤を利用し、空間分解能 1 mmを有する人頭部用半導体 PET 装置の開発を行い、神経核のイメージングなど脳の高次機能の研究への貢献を目指す。

16. 不安定核及び中性子ビームを用いた核科学

- 理化学研究所仁科加速器研究センター

本件空については別途記載

[資料2] 招待講演・学会発表

【国内】

1. <u>寺川貴樹、石井慶造</u>、山﨑浩道、松山成男、菊池洋平、草野薫、菅井裕之、唐橋昌宏、能澤雄一郎、山内祥聖、古本祥三、船木善仁、和田成一、伊藤伸彦、世良耕一郎

「腫瘍血流遮断により誘発されたマウス固形腫瘍内の元素分布」

口演、日本アイソトープ協会 第19回 NMCC 共同利用研究成果発表会、2013 年年5月、盛岡

2. <u>寺川貴樹、石井慶造</u>、松山成男、菊池洋平、草野薫、菅井裕之、唐橋昌宏、能澤雄一郎、山内 祥聖、山﨑浩道、船木善仁、古本祥三、伊藤伸彦、和田成一、世良耕一郎

「血流遮断により誘発された腫瘍内元素動態分析への PIXE 法の応用」

口演、日本原子力学会秋の大会、2013年9月、八戸

3. 松山哲生、<u>石井慶造、寺川貴樹</u>、松山成男、草野薫、唐橋昌宏、能澤雄一郎、小塩成基「PIXE 分析用トレーサーへの量子ドットの応用に関する研究」

口演、日本原子力学会秋の大会、2013年9月、八戸

4. <u>寺川貴樹、石井慶造</u>、松山成男、菅井裕之、押川峻、菊池航介、小塩茂基、藤田明希穂、鈴木 優生、松山哲生、渡部浩司、伊藤駿、遠山翔、平方遥子、世良耕一郎

「PIXE 法を用いたシイタケにおけるアルカリ金属元素の移行に関する研究」

口頭、第29回 PIXE シンポジウム、2013年11月、敦賀

5. 寺川貴樹

「東北大学における新規導入 1MV タンデム加速器を用いた原子力教育の推進」

招待講演、日本原子力学会 2014年春の年会、2014年3月、東京

6. <u>寺川貴樹、石井慶造</u>、松山成男、平方遥子、菅井裕之、押川峻、菊池航介、小塩茂基、藤田明 希穂、鈴木優生、松山哲生、渡部浩司、伊藤駿、遠山翔、伊藤駿、長久保義和、櫻田喬雄、世 良耕一郎

「キノコ類におけるアルカリ金属元素移行研究への PIXE 法の応用」

口演、日本アイソトープ協会 第 20 回 NMCC 共同利用研究成果発表会、2014 年年 5 月 23、24 日、盛岡

7. 寺川貴樹

「粒子線治療」

招待講演、日本機械学会 2014 年度年次大会、2014 年 9 月、東京

8. <u>寺川貴樹、石井慶造</u>、松山成男、久保亮介、平方遥子、菅井裕之、押川峻、菊池航介、小塩茂基、藤田明希穂、鈴木優生、松山哲生、渡部浩司、伊藤駿、遠山翔、笠原和人、長久保義和、櫻田喬雄、世良耕一郎

「PIXE 法によるシイタケ内部のアルカリ金属元素濃度分布の測定」

口演、日本原子力学会秋の大会、2014年9月、京都

9. <u>寺川貴樹、石井慶造</u>、松山成男、久保亮介、平方遥子、菊池航介、松山哲生、伊藤駿、笠原和 人、遠山翔、稲野浩太郎、佐藤剛、世良耕一郎

「PIXE 法を用いた椎茸及び茶葉におけるアルカリ金属元素集積に関する研究」

口演、日本アイソトープ協会 第 21 回 NMCC 共同利用研究成果発表会、2015 年年 5 月 15、16 日、盛岡

10. <u>寺川貴樹、石井慶造</u>、松山成男、稲野浩太郎、佐藤剛志、実重雄磨、鴫原健太 「茶葉からのアルカリ元素溶出に関する研究」

口演、第31回 PIXE シンポジウム、2015年10月、高崎

11. 稲野浩太郎、<u>石井慶造、寺川貴樹</u>、松山成男、藤原充啓、三輪美沙子、藤澤政則「東北大学 Pelletron 加速器 3SDH-2 の現状」

口演、第31回 PIXE シンポジウム、2015年10月、高崎

12. 寺川貴樹

「東北大学量子エネルギー工学専攻の 1MV タンデム・バンデグラーフ型加速器を用いた加速器 実験教育」

招待講演、日本原子力学会 2016年春の年会 2016年3月、仙台

13. <u>寺川貴樹、石井慶造</u>、松山成男、松山哲生、稲野浩太郎、佐藤剛、実重雄磨、鴫原健太、細川響、梶山愛、世良耕一郎

「PIXE 法を用いた茶葉からのアルカリ元素溶出に関する研究」

口演、日本アイソトープ協会 第 22 回 NMCC 共同利用研究成果発表会、2016 年年 5 月 13、14 日、盛岡

14. 寺川貴樹

「低侵襲・高精度粒子線がん治療の研究」

招待講演、原子衝突学会 第37回原子衝突若手の会 2016年10月、山形

15. <u>寺川貴樹、石井慶造</u>、松山成男、稲野浩太郎、佐藤剛、実重雄磨、鴫原健太、細川響、梶山愛、世良耕一郎

「PIXE 法を用いた茶葉からのアルカリ元素溶出に関する研究」

口演、第32回 PIXE シンポジウム、2016年11月9-11日、函館

16. <u>寺川貴樹、石井慶造</u>、松山成男、藤澤政則、三輪美沙子、永谷隆男、稲野浩太朗

「東北大学量子エネルギー工学専攻の 1MV ペレトロン加速器の現状」

口演、第 32 回 PIXE シンポジウム、2016 年 11 月 9-11 日、函館

17. <u>寺川貴樹</u>、斉藤はづき、梶山愛、細川響、松山成男、藤原充啓、<u>石井慶造</u>、和田成一、世良耕 一郎

「PIXE 法によるゲル線量計材料の元素分析」

口演、日本アイソトープ協会 第 23 回 NMCC 共同利用研究成果発表会、2017 年年 5 月 12、13 日、盛岡

18. 寺川貴樹、松山成男、藤原充啓、梶山愛、長尾理那、石井慶造、世良耕一郎

「茶葉からのアルカリおよびアルカリ土類元素溶出に関する研究」

口演、第33回 PIXE シンポジウム、2017年10月19-21日、京都

19. 牛島寛章、<u>寺川貴樹</u>、鴫原健太、細川響、梶山愛、長尾理那、鳴海慶一郎、藤原充啓、佐藤光義、石井慶造、世良耕一郎

「PIXE 法を用いた茶葉からのセシウム及びストロンチウムの溶出に関する研究」

口演、日本アイソトープ協会 第23回 NMCC 共同利用研究成果発表会、2018 年年5月11、12日、盛岡

20. <u>寺川貴樹、石井慶造</u>、松山成男、菊池航介、小塩茂基、藤田明希穂、松山哲生、平方遥子、細川響、梶山愛、世良耕一郎

「PIXE 法を用いたシイタケにおけるアルカリ金属元素の集積に関する研究」

口演、第 34 回 PIXE シンポジウム、2018 年 11 月 7-9 日、青森市浅虫

21. 牛島寛章、<u>寺川貴樹</u>、鴫原健太、細川響、梶山愛、長尾理那、鳴海慶一郎、藤原充啓、佐藤光義、石井慶造、世良耕一郎

「PIXE 法を用いた茶葉からのセシウム及びストロンチウムの溶出に関する研究」

口演、第34回 PIXE シンポジウム、2018年11月7-9日、青森市浅虫

22. 若山雄太、<u>寺川貴樹</u>、藤原充啓、佐藤和宏、梶山愛、細川響、谷口弘樹

「光CTによるポリマーゲル線量計内の3次元線量分布読み取りに関する基礎研究」

口演、第34回 PIXE シンポジウム、2018年11月7-9日、青森市浅虫

23. <u>寺川貴樹</u>, 梶山愛, 細川響, 鳴海慶一郎, 長尾理那, 藤瀬慶彦, 細川裕之, 牛島寛章, 若山雄太, 服部祥尭, 筒井亮佑, 佐藤和宏

「東北大学サイクロトロン・RI センターにおける陽子線治療実験装置の開発とポリマーゲル線量計利用」

口頭、第7回3Dゲル線量計研究会、2018年11月24-25日、金沢

24. 若山雄太, <u>寺川貴樹</u>, 田中香津生, 鳴海慶一郎, 牛島寛章, 服部祥尭, 筒井亮佑, 鈴木大夢, 中村智花, 佐藤和宏, 三浦洋亮

「80 MeV 陽子線拡大ブラックピーク測定における MAGAT ゲルの LET 依存性」

口頭、第8回3Dゲル線量計研究会、2019年11月9-10日、東京

25. 寺川貴樹、松田洋平、伊藤正俊、石井慶造

「東北大学 CYRIC の大型サイクロトロンによる $6 \, \text{MeV H}_2^+$ 加速テスト」

口頭、第35回 PIXE シンポジウム、2019年11月13-15日、東京

26. 服部祥尭、<u>寺川貴樹</u>、牛島寛章、佐藤隆博、石井保行、山縣諒平、山田尚人、江夏昌志、<u>石井</u> <u>慶造</u>

「PIXE 法を用いた茶葉のセシウム及びストロンチウム集積に関する研究」

口頭、第 35 回 PIXE シンポジウム、2019 年 11 月 13-15 日、東京

27. 野上光博、人見啓太朗、寺川貴樹、石井慶造

「臭化タリウム半導体検出器の PIXE への応用に向けた基礎研究」ロ頭、第 35 回 PIXE シンポジウム、2019 年 11 月 13-15 日、東京

28. 田中 香津生, 原田 健一, 早水 友洋, 皆川 幸穂, 長濱 弘季, 小澤 直也, 杉森 龍宇, 堤 惇, 内山 愛子, 山本 広平, 酒見 泰寛

「中高生による加速器実験イベント「加速キッチン」」

口演、物理学会、2019年3月、福岡

29. 田中 香津生

「中学高校と素粒子・原子物理分野の橋渡しとしての Quarknet と加速キッチン」 ポスター、超異分野学会、2019 年 3 月、東京

30. 田中 香津生

「電子 EDM 探索に向けたフランシウムの磁気光学トラップ」

招待講演、精密計測を元に科学技術に変革をもたらす回路技術調査専門委員会、2019 年 11 月、 仙台

【海外】

5. <u>A. Terakawa, K. Ishii,</u> S. Matsuyama, Y. Kikuchi, Y. Ito, K. Kusano, H. Sugai, M. Karahashi, Y. Nozawa, S. Yamauchi, H. Yamazaki, Y. Funaki, S. Furumoto, N. Ito, S. Wada, and K. Sera

「Elemental analysis of a murine solid tumor treated with a vascular disrupting agent AVE8062」 口頭、13th International Conference on Particle-Induced X-ray Emission、2013 年 2 月、ブラジル、グラマド

6. <u>A. Terakawa, K. Ishii, S. Matsuyama, K. Kikuchi, S. Koshio, Fujita, T. Matsuyama, K. Watabe, S. Ito, S. Toyama, H. Hirakata, K. Nagakubo, T. Sakurada, H. Sasaki, T. Sawamura, K. Sera</u>

Studies on accumulation and localization of alkali elements in shiitake mushroom (Lentinula edodes) by PIXE analysis |

口頭、8th International Symposium on BioPIXE, 2014 年 9 月 14-19 日、ブレッド、スロベニア

7. S. Matsuyama, <u>K. Ishii</u>, S. Suzuki, <u>A. Terakawa</u>, M. Fujiwara, S. Koshio, S. Toyama, S. Ito, M. Fujisawa, T. Nagaya

Development of a high-current microbeam system

口頭、8th International Symposium on BioPIXE, 2014 年 9 月 14-19 日、ブレッド、スロベニア

8. S. Toyama, S. Matsuyama, <u>K. Ishii</u>, <u>A. Terakawa</u>, K. Kasahara, D. Sato, S. Itho, T. Tanimukai, J. Uegaki, T. Tada

「Development of a WDX-μ-PIXE system for chemical state mapping」 ポスター、8th International Symposium on BioPIXE, 2014 年 9 月 14—19 日、ブレッド、スロベニ

9. S. Oshikawa, S. Itoh, S. Matsuyama, <u>K. Ishii, A. Terakawa,</u> S. Koshio, K. Watanabe, S. Toyama, K. Kawahara, C. J. Ma

Development of a method for analyzing the composition of ambient P.M._{2.5} floating dust particles by micro-PIXE

ポスター、8th International Symposium on BioPIXE, 2014 年 9 月 14-19 日、ブレッド、スロベニア

10. <u>K. Ishii,</u> S. Itoh, D. Sata, S. Matsuyama, <u>A. Terakawa</u>, S. Kim, H. Arai, N. Osada, T. Satoh, M. Koka, A. Kitamura, T. Kamiya

Micro-PIXE analysis of the distribution of cesium in clay particles for environmental remediation of Fukushima

口頭、8th International Symposium on BioPIXE, 2014 年 9 月 14-19 日、ブレッド、スロベニア

11. <u>K. Ishii</u>, H. Kawano, S. Inagaki, Y. Sato, T. Maruyama, M. Fujiwara, H. Arai, <u>A. Terakawa</u>, S. Matsuyama

「An X-ray pinhole camera using metallic radioisotopes emitting only characteristic X-rays」 ポスター、8th International Symposium on BioPIXE, 2014 年 9 月 14—19 日、ブレッド、スロベニア

12. <u>A. Terakawa, K. Ishii,</u> S. Matsuyama, Y. Kikuchi, T. Togashi, J. Arikawa, W. Yamashita, Y. Takahashi, F. Fujishiro, H. Yamazaki, and Y. Sakemi

「A Micro Pattern Gaseous Detector for Beam Monitoring in Ion-Therapy」

ポスター、9th International Symposium on Swift Heavy Ions in Matter, 2015 年 5 月 18-21 日、ダルムシュタット、ドイツ

13. A. Terakawa, Y. Hirakata, K. Kikuchi, A. Fujita, T. Matsuyama, K. Ishii, K. Sera

The quantitative relationships among alkali elements and the availability of Rb as a substitute for radioactive Cs in Lentinula edodes

口頭、9th International Symposium on BioPIXE, 2018年1月12-17日、イグアス、ブラジル

14. <u>Kazuo Tanaka, Kenichi Harada Masatoshi Itoh, Saki Ito, Takeshi Inoue, Hirokazu Kawamura, Aiko Uchiyama, Yasuhiro Sakemi</u>

「Laser trapping of francium for the for the electron Electric-Dipole-Moment search」 招待講演、10th International Workshop on Fundamental Physics Using Atoms (FPUA2018)、2018 年 1月、名古屋

15. <u>A.Terakawa</u>, H. Hosokawa, K. Shigihara, A. Kajiyama, Y. Fujise, Hiro. Hosokawa, R. Nagao, K. Narumi, H. Ushijima, Y. Wakayama, M. Fujiwara, N. Nagano, M. Nogami and K. Hitomi

「Evaluation of uncertainties in water-equivalent path lengths derived from proton computed tomography」

ポスター、10th International Symposium on Swift Heavy Ions in Matter, 2018 年 7 月 2 – 6 日、カーン、フランス

16. A. Terakawa, H. Ushijima, K. Ishii, M. Sato and K. Sera

[Evaluation of Cs and Sr Elution from Tea Leaves to Green Tea by PIXE Analysis]

口頭、16th International Conference on Particle-Induced X-ray Emission、2019 年 3 月 24-29 日、ポルトガル、カルダス・ダ・ライーニャ

17. K. Ishii, A. Terakawa, H. Ushijima, K. Hitomi, N. Nagano, M. Nogami

Application of a medical PET cyclotron to PIXE analysis

口頭、16th International Conference on Particle-Induced X-ray Emission、2019 年 3 月 24-29 日、ポルトガル、カルダス・ダ・ライーニャ

18. M. Nogami, K. Hitomi, A. Terakawa, K. Ishii

[Feasibility study of TiBr semiconductor detectors for PIXE applications]

口頭、16th International Conference on Particle-Induced X-ray Emission、2019 年 3 月 24-29 日、ポルトガル、カルダス・ダ・ライーニャ

19. A. Terakawa, Y. Hattori, H. Ushijima, Y. Wakayama, K. Ishii, M. Sato, K. Sera

「PIXE analysis of tea plants for investigating the possibility of the internal radiation exposure due to radiocesium and raidostrontium」

口頭、24th International Conference on Ion Beam Analysis、2019 年 10 月 13-18 日、フランス、アンチーブ

20. K. Ishii, A. Terakawa, K. Hitomi, M. Nogami

Development of 20-MeV proton PIXE analysis in helium atmosphere

口頭、24th International Conference on Ion Beam Analysis、2019 年 10 月 13-18 日、フランス、アンチーブ

21. M. Nogami, K. Hitomi, A. Terakawa, K. Ishii

「Characterization of thallium bromide semiconductor X-ray detectors for PIXE applications」 ポスター、24th International Conference on Ion Beam Analysis、2019 年 10 月 13-18 日、フランス、アンチーブ

「資料3]外部資金獲得

【科研費】

研究代表者

2011年~2014年 基盤研究(A) 寺川貴樹

「超高分解能PETによる抗腫瘍効果診断に基づく腫瘍血流遮断型の革新的粒子線治療技術」

· 2012 年~2013 年 挑戦的萌芽研究 寺川貴樹

「抗がん剤内包ナノミセルを活用した新規化学粒子線治療技術の開発」

• 2014年~2015年 挑戦的萌芽研究 寺川貴樹

「薬剤伝達技術を併用した化学粒子線治療技術の開発および最適化」

• 2017年~2018年 挑戦的研究(萌芽) 寺川貴樹

「放射線誘導放出型抗がん剤ナノカプセルを活用した新規化学粒子線治療技術の開発」

· 2019年~2021年 基盤研究(B) 寺川貴樹

「放射性抗がん剤ドラッグデリバリーシステムを用いた低侵襲化学粒子線治療技術の研究」

• 2019年~2020年 若手研究 田中香津生

「サブミリ空間分解能で粒子線治療計画を行う陽子線 CT システムの開発」

研究分担者

· 2011 年~2013 年 基盤研究(B) 分担者: 寺川貴樹

「粒子状環境試料分析のための3次元全元素分析システムの開発(代表者:松山成男)

· 2011年~2014年 基盤研究(A) 分担者:寺川貴樹

「細胞内のX線トレーサーの動態をミクロンの解像力で観察するRIイメージング法の開発」 (代表者:石井慶造)

· 2015年~2017年 基盤研究(A) 分担者: 寺川貴樹

「Cs-134.137 放射線場で使用可能な可搬型高感度 Sr-90 検出器の開発」(代表者:石井慶造)

· 2019年~2022年 基盤研究(A) 分担者: 寺川貴樹

- 「2 連比例計数管同時測定に基づいた高放射線場使用の簡易高感度 ⁹⁰Sr 検出器の開発」(代表者:石井慶造)
- ・ 2018 年~2020 年 挑戦的研究(萌芽) 分担者:田中香津生 「レーザー冷却分子干渉計を用いた反物質消失機構解明の新しい研究手法の開拓(代表者:酒 見泰寛)
- 2019年~2023年 基盤研究(S)分担者:田中香津生
 「光格子重元素干渉計による基本対称性破れの発現機構の解明」(代表者:酒見泰寛)

【受託研究・共同研究】

- 2018年~2020年 青森県受託研究: 寺川貴樹 「粒子励起X線分析技術の応用」
- ・ 2018 年~2020 年 青森県受託研究: 寺川貴樹 「中性子イメージングを用いた非破壊検査技術の高度化」
- 2018年~2020年 青森県受託研究:寺川貴樹 「高性能 PET 装置に関する研究開発」
- ・ 2019 年~2020 年 東北放射線科学センター: 寺川貴樹 「小型加速器による核変換システムの基礎研究」
- ・ 2019 年~2020 年 中谷医工計測技術振興財団科学教育振興助成プログラム助成 田中香津生 「宇宙線計測の中高大連携ネットワークの構築及び宇宙天気の観測」
- ・ 2019 年~2023 年 村田学術振興財団 田中香津生 「サブミリ空間分解能で粒子線治療計画を行う陽子線 CT システムの開発」

[資料4] 学外活動・社会貢献

寺川貴樹

- International Symposium on BioPIXE, International Advisory Committee (2011 年~現在)
- ・ 日本原子力学会 東北支部代議員 (2016 年~2017 年)
- · PIXE 研究協会 運営委員、事務局長(2014年~現在)
- · International Journal of PIXE (World Scientific Publishing Co Ltd), Managing editor (2019年~現在)
- ・ 日本原子力学会 2013年秋の大会 (八戸)、2015年春の大会 (仙台) の各現地実行委員
- ・ マイクロパターンガス検出器研究会、2014年12月、仙台、現地組織委員
- · 日本原子力学会 原子力大学教員協議会委員(2017年~現在)
- · 日本原子力学会 大学原子力実験施設連絡会 幹事(2018年~現在)
- 第34回 PIXE シンポジウム(青森県浅虫温泉)2018年11月 現地実行委員・運営事務局長
- 東北放射線科学センター 理事(2019年~現在)
- ・ 東北放射線科学センター主催 第1種・第2種放射線取扱主任者養成教育 講師(2019年 ~現在)
- · 学校法人 福聚幼稚園 評議員(2015年~現在)

田中香津生

- 株式会社 STEAM Sports Laboratory 顧問 2019年4月~
- 株式会社 steAm 顧問 2019年9月~
- ・ ぶらりがく 自分より強いリバーシの人工知能をつくろう (東北大学理学部広報主催) 声を可視化して分析しよう (東北大学理学部広報主催)
- 秋田県高校教員研修(東北大学理学部広報主催)
- ・ 数学セミナー 数学×宇宙の対称性 東京ガーデンテラス紀尾井町 (西武プロパティーズ主催)

- ・ SCHOP SCHOOL ゲームデザイン入門 (電通主催)
- メディア
 - NHK ラジオ「ごじだっちゃ」(2019年6月3日)
 - NHK 徳島「とく6徳島」(2018年11月1日)
 - 朝日新聞「プログラミング 探る教科書」(2019年4月17日)
 - 日経新聞「教えて!私だけの AI 先生」(2019 年 6 月 19 日)
 - 日刊スポーツ「ニッカン4356情報」(2019年8月6日)
- ・ インタビュー、雑誌
 - incu · be 2019 秋号 インタビュー記事
 - サカママ 2019 夏号 インタビュー記事
 - ・しぶしぶぶ インタビュー記事
 - コエテコ レポート記事2本
- ・ KEK,総研大との連携事業「探Q」
- ・ NHK カルチャー教室 子どもプログラミング教室(2018年9月)
- ・ 経済産業省 「未来の教室」実証事業(以下に講師、教材開発、アドバイザーとして参加)
 - スポーツのワクワクから学び(数学・理科・プログラミング)への連結プログラム
 - 農業高校で取り組むロボティクスと IoT/IPM 体験プログラム
 - 専門高校における PBL の STEAMS 化とフォーマット化

測定器研究部の研究実績

(酒見泰寛教授(東京大学)の測定器研究部担当時の研究実績は別途記載)

査読付き英語論文 (2013 – 2019)

2013

[001] Improvement of the energy stability of the Tohoku Dynamitron accelerator for microbeam and nanobeam applications

S. Matsuyama, M. Fujisawa, T. Nagaya, K. Ishii, A. Terakawa, Y. Kikuchi, M. Fujiwara, K. Watanabe, M. Karahashi, Y. Nozawa, S. Yamauchi and M. Ishiya *International Journal of PIXE*, **23** (2013), 69-75.

[002] Improvement of ion beam brightness by reducing voltage ripple of an electrostatic accelerator for microbeam focusing by a triplet quadrupole lens system having large spherical aberration coefficient

S. Matsuyama, K. Watanabe, K. Ishii, A. Terakawa, M. Fujisawa, S. Koshio, S. Toyama, S. Itoh, M. Fujisawa and T. Nagaya

International Journal of PIXE, 23 (2013), 171-181.

[003] Studies on radioactive cesium and alkali elements in lentinula edodes (Shiitake) based on PIXE analysis

A. Terakawa, K. Ishii, S. Matsuyama, Y. Hirakata, K. Kikuchi, T. Matsuyama, A. Fujita, K. Kubo, S. Toyama, K. Watanabe, S. Koshio, K. Nagakubo and T. Sakurada, K. Sera *International Journal of PIXE*, **23** (2013), 147-152.

2014

[004] Improvement and recent applications of the Tohoku microbeam system

S. Matsuyama, K. Ishii, K. Watanabe, A. Terakawa, Y. Kikuchi, M. Fujiwara, H. Sugai, M. Karahashi, Y. Nozawa, S. Yamauchi, M. Fujisawa, M. Ishiya, T. Nagaya, R. Ortega, A. Carmona, S. Roudeau

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 318 (2014), 32-36.

[005] Reducing logistical barriers to radioactive soil remediation after the Fukushima No. 1 nuclear power plant accident

K. Ishii, A. Terakawa, S. Matsuyama, Y. Kikuchi, F. Fujishiro, A. Ishizaki, N. Osada, H. Arai, H. Sugai, H. Takahashi, K. Nagakubo, T. Sakurada, H. Yamazaki, S. Kim *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, **318** (2014), 70-75.

[006] Remediation of plants contaminated with cesium by aqueous cleaning N. Osada, K. Ishii, S. Matsuyama, H. Sugai, K. Kusano, Y. Nozawa, S. Yamauchi, M. Karahashi,

S.Oshikawa, K. Kikuchi, S. Koshio, K. Watanabe, S. Itoh, Y. Suzuki, A. Terakawa, Y. Kikuchi, F. Fujishiro, A. Ishizaki, H. Arai

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 318 (2014), 102-104.

[007] PIXE analyses of cesium in rice grains

Hiroyuki Sugai, Keizo Ishii, Shigeo Matsuyama, Atsuki Terakawa, Yohei Kikuchi, Hiroaki Takahashi, Azusa Ishizaki, Fumito Fujishiro, Hirotsugu Arai, Naoyuki Osada, Masahiro Karahashi, Yuichiro Nozawa, Shosei Yamauchi, Kosuke Kikuchi, Shigeki Koshio, Koji Watanabe Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 318 (2014), 191-193.

[008] Application of PIXE analysis to investigation of plants cultivated with contaminated soil of Fukushima

K.Ishii, A. Terakawa, S. Matsuyama, A. Ishizaki, H. Arai, N. Osada, H. Sugai, H. Takahashi, K. Sera, H. Sasaki, K. Sasaki, T. Sawamura

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 332 (2014), 46-49.

[009] Measurement of distributions of cesium and rubidium in rice grains using micro-PIXE for detailed examinations of contaminated food

S. Koshio, K. Ishii, S. Matsuyama, A. Terakawa, M. Fujiwara, K. Watanabe, S.Oshikawa, K. Kikuchi, S. Itoh, K. Kasahara and S. Toyama, Y. Suzuki and T. Matsuyama, T. Kamiya, T.Satoh, M. Koka and A. Kitamura

International Journal of PIXE, 24 (2014), 17-27.

[010] Evaluating radiocesium retention ability of root-mat horizon using micro-PIXE analysis Hirotsugu Arai, Keizo Ishii, Shigeo Matsuyama, Fumito Fujishiro, Azusa Ishizaki, Naoyuki Osada, Hiroyuki Sugai, Shigeki Koshio, Kaoru Kusano, Yuichiro Nozawa, Shohei Yamauchi, Masahiro Karahashi, Shun Oshikawa, Kosuke Kikuchi, Koji Watanabe, Yui Suzuki, Yohei Kikuchi and Atsuki Terakawa

International Journal of PIXE, 24 (2014), 29-34.

[011] Concentrations of alkali elements in green tea leaves evaluated using PIXE analysis A. Terakawa, K. Ishii, S. Matsuyama, T. Matsuyama, T. Sato, K. Inano, K. Shigihara and Y. Saneshige, K. Sera

International Journal of PIXE, 24 (2014), 35-39.

[012] Concentration of cisplatin-incorporated polymeric micelles in a murine solid tumor evaluated using PIXE analysis

A. Terakawa, K. Ishii, S. Matsuyama, Y. Kikuchi, T. Kawamura, Y. Takahashi, Y. Mimura, M. Karahashi and K. Kusano, H. Yamazaki and Y. Funaki, K. Mizuno, N. Ito and S. Wada, K. Sera *International Journal of PIXE*, **24** (2014), 41-47.

[013] Effects of a vascular disrupting agent for cancer treatment on normal tissue evaluated by PIXE analysis using quantum dots

A. Terakawa, K. Ishii, S. Matsuyama, Y. Kikuchi, K. Kusano, M. Karahashi, Y. Nozawa, S. Yamauchi and K. Kikuchi, S. Furumoto and Y. Funaki, N. Ito and S. Wada, K. Sera *International Journal of PIXE*, **24** (2014), 59-65.

[014] 3D imaging of human cells using PIXEµCT

S. Matsuyama, K. Ishii, S. Toyama, K. Watanabe, S. Koshio, K. Kasahara, S. Ito, A. Terakawa, M. Fujiwara and Y. Suzuki, A. Carmona, S. Roudeau and R. Ortega *International Journal of PIXE*, **24** (2014), 67-75.

[015] Development of a high-current microbeam system

S. Matsuyama, K. Ishii, S. Suzuki, A. Terakawa, M. Fujiwara, S. Koshio, S. Toyama, S. Ito, M. Fujisawa and T. Nagaya

International Journal of PIXE, 24 (2014), 101-110.

[016] Development of a WDX-µ-PIXE system for chemical state mapping

S. Toyama, S. Matsuyama, K. Ishii, A. Terakawa, K. Kasahara, D. Sata and S. Itoh, T. Tanimukai, J. Uegaki and T. Tada

International Journal of PIXE, 24 (2014), 111-120.

[017] Development of a method for analyzing the composition of ambient PM2.5 floating dust particles by micro-PIXE

S. Oshikawa, S. Itoh, S. Matsuyama, K. Ishii, A. Terakawa, S. Koshio, K. Watanabe, S. Toyama and K. Kasahara, C.-J. Ma

International Journal of PIXE, 24 (2014), 121-129.

[018] Micro-PIXE analysis of the distribution of cesium in clay particles for environmental remediation of Fukushima

K. Ishii, S. Itoh, D. Sata, S. Matsuyama, A. Terakawa and S. Kim, H. Arai and N. Osada, T. Satoh, M. Koka, A. Kitamua and T. Kamiya

International Journal of PIXE, **24** (2014), 131-136.

[019] An X-ray pinhole camera using metallic radioisotopes emitting only characteristic X-rays K. Ishii, H. Kawano, S. Inagaki, Y. Sato, T. Maruyama, M. Fujiwara, H. Arai, A. Terakawa and S. Matsuyama

International Journal of PIXE, 24 (2014), 189-195.

[020] Accumulation and localization of alkali elements in Lentinula edodes studied by PIXE analysis

A. Terakawa, K. Ishii, S. Matsuyama, H. Hirakata, A. Fujita, K. Kikuchi, T. Matsuyama, S. Toyama, K. Watabe, S. Koshio, K. Nagakubo and T. Sakurada, K. Sera *International Journal of PIXE*, **24** (2014), 197-204.

2015

[021] Pre-computed system matrix calculation based on a piece-wise method for PET Abdella M. Ahmed, Yohei Kikuchi, Shigeo Matsuyama, Atsuki Terakawa, Sodai Takyu, Hiroyuki Sugai, Keizo Ishii

Radiological Physics and Technology, 8 (2015), 88-96.

[022] In vivo 3D PIXE-micron-CT imaging of Drosophila melanogaster using a contrast agent

Shigeo Matsuyama, Naoki Hamada, Keizo Ishii, Yuichiro Nozawa, Satoru Ohkura, Atsuki Terakawa, Yoshinobu Hatori, Kota Fujiki, Mitsuhiro Fujiwara, Sho Toyama *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, **348** (2015), 123-126.

[023] A micro-pattern gaseous detector for beam monitoring in ion-therapy
A. Terakawa, K. Ishii, S. Matsuyama, Y. Kikuchi, T. Togashi, J. Arikawa, W. Yamashita, Y. Takahashi, F. Fujishiro, H. Yamazaki, Y. Sakemi

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 365 (2015), 606-610.

[024] The Determination of Soil-Plant Transfer Coefficients of Cesium-137 and Other Elements by γ-Ray Measurement and PIXE Analysis, For Use in the Remediation of Fukushima K.Ishii, A. Fujita, S. Toyama, A.Terakawa, S.Matsuyama, H.Arai, N.Osada, S. Takyu, T.Matsuyama, S. Koshio, K. Watanabe, S. Ito, and K.Kasahara *Physics Procedia*, **66** (2015), 278-286.

2016

[025] Application of micron X-ray CT based on micro-PIXE to investigate the distribution of Cs in silt particles for environmental remediation in Fukushima Prefecture

Keizo Ishii, Taisuke Hatakeyama, Shin Itoh, Daichi Sata, Tohru Ohnuma, Toshiro Yamaguchi, Hiromu Arai, Hirotsugu Arai, Shigeo Matsuyama, Atsuki Terakawa, Seong-Yun Kim

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 371 (2016), 387-391.

2017

[026] Parity nonconserving interaction induced light shifts in the 7S1/2 - 6D3/2 transition of the ultracold 210Fr atoms to probe new physics beyond the standard model T.Aoki, Y.Torii, B.K.Sahoo, B.P.Das, K.Harada, T.Hayamizu, K.Sakamoto, H.Kawamura, T. Inoue, A.Uchiyama, S.Ito, R.Yoshioka, K.S.Tanaka, M.Itoh, A.Hatakeyama, and Y.Sakemi *Appl. Phys.* B 123 (2017)120

2018

[027] Photoionization loss in simultaneous magneto-optical trapping of Rb and Sr. T. Aoki, Y. Yamanaka, M. Takeuchi, Y. Torii, Y. Sakemi. *Phys. Rev. A*, 87 (2013) 063426.

[028] Effective multiple sideband generation using an electro-optic modulator for a multiple isotope magneto-optical trap

A. Uchiyama, K. Harada, K. Sakamoto, U. Dammalapati, T. Inoue, M. Itoh, S. Ito, H. Kawamura, K. S. Tanaka, R. Yoshioka, and Y. Sakemi

Review of Scientific Instruments, 89 (2018), 123111-

[029] A point source method to position 2D position-sensitive detectors correctly to obtain brain

PET images with a resolution of 1 mm over a region of 25 cm Testuo Matsuyama, <u>Keizo Ishii</u>, Manato Kikuchi, Motohiro Inoue, <u>Atsuki Terakawa</u> Nuclear Instrument and Methods in Physics Research, A **902** (2018) 211-218.

[030] The quantitative relationships among alkali elements and the availability of Rb as a substitute for radioactive Cs in Lentinula edodes

A. Terakawa, Y. Hirakata, K. Kikuchi, A. Fujita, T. Matsuyama, <u>K. Ishii</u>, K. Sera *International Journal of PIXE*, **28** (2018), 61-68.

[031] Use of a medical positron emission tomography cyclotron to perform proton-induced X-ray emission analysis

<u>Keizo Ishii, Atsuki Terakawa,</u> Hiroki Ushijima, Keitaro Hitomi, Nobumichi Nagano, Mitsuhiro Nogami

International Journal of PIXE, 28 (2018), 93-100.

[032] Elution of Cs and Sr from Tea Leaves (Camellia sinensis (L.) Kuntze) to Green Tea Evaluated by PIXE Analysis

A. Terakawa, H. Ushijima, K. Ishii, M. Sato, K. Sera *International Journal of PIXE*, **28** (2018), 101-106.

2019

[033] First in-beam application of thallium bromide semiconductor detectors to particle induced X-ray emission

M. Nogami, K. Hitomi, <u>A. Terakawa, K. Ishii</u> International Journal of PIXE, **29** (2019), in press. 査読付き日本語論文 (2013 – 2019)

[001] 頭部用超高分解能 PET の 3 次元位置敏感型 CdTe 検出器ブロックの性能評価 田久創大, <u>石井慶造</u>, <u>寺川貴樹</u>, 松山成男, 藤原充啓, 菊池洋平 放射線, 40 (2015), 143-152.

[002] 頭部用3 次元 PET の高空間分解能化

田久創大,<u>石井慶造</u>,<u>寺川貴樹</u>,松山成男,藤原充啓,菊池洋平,松山哲生放射線(日本応用物理学会 分科会誌),40(2015),237-244.

[003] 居住制限区域で原木栽培したシイタケ Lentinula edodes の子実体および胞子紋のオートラジオグラフ

山口敏朗, 石井慶造, 荒井 宏, 大沼 透, 松山成男, 寺川貴樹, 新井宏受 日本きのこ学会誌, 23 (2015), 125-129.

[004] 宮城県南部の小学校の除染4年後の除染効果

山口敏朗,佐藤光義,長久保和義,<u>石井慶造</u>,新井宏受,大沼透,荒井宏,田久創大,松山哲生,松 山成男,<u>寺川貴樹</u>,長谷川晃

環境放射能除染学会誌, 5 (2017), 27-33.

[005] 全反射蛍光 X 線分析法による干した食用可能野生キノコの戻し水のカリウム (K) 測定 山口敏朗, <u>石井慶造</u>, 松山成男, <u>寺川貴樹</u>, 荒井宏受, 大沼透, 荒井宏, 田久創大, 松山哲生, 長谷 川晃

X線分析の進歩, 48 (2017), 111-116.

著書

(2013 - 2019)

国際会議 Proceedings

(2013 - 2019)

[001] Two-dimensional Beam Profile Monitor for Alpha Emitter.

<u>K.S. Tanaka</u>, K. Harada, M. Itoh, H. Kawamura, <u>A.Terakawa</u>, A. Uchiyama, T. Hayamizu, H. Nagahama, N. Ozawa, <u>Y. Sakemi</u>

IBIC2019 – Proceedings, (2019)

総説・解説記事

(2007 - 2013)

研究教育の実績 (測定器研究部)

(酒見泰寛教授(東京大学)の測定器研究部担当時の教育実績は別途記載)

4-1. センター共同利用による学位取得数年度別一覧(修士) 2013年度(平成25年度)~2018年度(平成30年度)

	H25	H26	H27	H28	H29	H30	総計	センター関連研究部
工学修士	2	2	2	2	2	5	15	測定器研究部
医工学修士	0	0	0	1	1	0	2	測定器研究部
計	2	2	2	3	3	5	17	

4-2. センター共同利用による学位取得数年度別一覧 (博士) 2013 年度 (平成 25 年度) ~2019 年度 (平成 30 年度)

	H25	H26	H27	H28	H29	H30	総計	センター関連研究部
博士 (工学)	0	0	0	0	0	1	1	測定器研究部
計	0	0	0	0	0	1	1	

4-3. 修士論文題目及び修士号取得者リスト (測定器研究部)

指導教員、研究指導の学位論文

		研究科	学	
取得年度	氏 名	(所属研究部)	位	論 文 題 目
2013 年度	金田賢	工学研究科(測定	工	マイクロパターンガス検出器のガス増幅
		器)	学工	率向上に関する研究
	藤田明希穂	工学研究科(放射線管理)	工学	PIXE 法に基づいた土壌中元素の植物への移行係数評価法の開発
			一	マイクロパターンガス検出器およびシン
	増山昌孝	工学研究科(測定	工	・イクロハクーンガス機山絡わよいシン チレーションガスを用いた粒子線モニタ
2014 年度	相叫日子	器)	学	一の開発
,	1. 四支人	工学研究科(測定	工	PIXE 法を用いたシイタケのセシウム及
	久保亮介	器)	学	びアルカリ金属元素の分析法の開発
	佐藤剛志	工学研究科(測定	工	マイクロパターンガス検出器の多チャン
	江水条闸门凸	器)	学	ネル電荷読み出し回路の開発
2015 年度		 工学研究科(測定	工学	タンデム・ヴァンデグラーフ加速器を用
	稲野浩太郎	器)		いた Fe イオンビーム照射システムの開
				発
2016 年度	實重雄麿	工学研究科(側	工 学	ピンホールコリメータ技術を用いた植物 中における鉄の高分解能動態観察のため
		的)		中にわける妖の同方性比助忠観祭のため の研究
		工学研究科(測定	工	頭部用 80 角形超高分解能半導体 PET の
	菊池愛斗	器)	学	動作特性評価
	井上寛裕	医工学研究科(測定器)	医	上型電台UI DDM フェントファン・プレン・地
			工 学	小型頭部用 PET におけるコンプトン散 乱成分の評価
	鴫原健太	工学研究科(測定	工学	マイクロパターンガス検出器を用いた粒
		器)		子線プロファイルモニターの多段ガス電
		子坐在 办 到 (2017年		子増幅による高感度化
2017 年度	細川響	工学研究科(測定 器)	工学	陽子線 CT による陽子線治療計画の高精 度化
		,	医	返 11 植物中における鉄の分配および貯蔵の観
	谷口弘樹	医工学研究科(測	I I	察に対する 55Fe トレーサミクロン RI イ
		定器)	学	メージングシステム適応の検討
	· ·	工学研究科(測定	I	ポリマーゲルを用いた三次元陽子線線量
	梶山愛	器)	学	分布計測の基礎研究
	响海鹿 57	工学研究科(測定	工	陽子線に対するポリマーゲル線量計の応
2018 年度	鳴海慶一郎	器)	学	答領域の拡大化
	長尾理那	工学研究科(測定	工学	ドラッグデリバリーシステムと荷電粒子
		器)		線の併用治療のためのマイクロカプセル
		'ни'/		開発
	藤瀬慶彦	 工学研究科(測定	工学	中性子捕獲療法のためのマイクロパター
		器)		ンガス検出器による中性子ビームモニタ
		******		リング技術の研究

取得年度	氏 名	研 究 科 (所属研究部)	学 位	論文題目
2018 年度 (続き)	細川裕之	工学研究科(測 定器)	工学	強度エネルギー変調中性子照射技術の基 礎研究

4-4. 博士論文題目及び博士号取得者リスト (測定器研究部)

指導教員、研究指導の学位論文

取得年度	氏 名	研 究 科 (所属研究部)	学 位	論 文 題 目
2018 年度	松山哲生	工学研究科(測定器)	工学	脳内の微小スポット観察を可能にする位置敏感型半導体検出器を用いた高分解能3次元小型PETのためのアルゴリズムの開発

3-2B 測定器研究部(2013年度~2018年度 酒見泰寛 教授在任期間業績)

3-2B-1. 概要

レーザー冷却放射性元素による素粒子・核物理研究を中軸に、実験装置開発を進めている。サイクロトロンから供給される重イオンビームを用いて原子量最大のアルカリ原子・放射性元素・フランシウム (Fr) を生成・光格子上にトラップし、そのスピン歳差を高精度に測定する事で、宇宙における反物質消失機構の解明を目指している。融解標的型表面電離イオン源の開発に成功し、Fr生成・引出し効率は世界最高レベルを実現した。さらに、ヨウ素分子を用いた周波数安定化を実現し、国内で初めて、Frのレーザー冷却・磁気光学トラップによる捕獲に成功した。また、ビーム輸送系の高度化を進め、高品質・高分解能重イオンビームを実現するとともに、大強度中性子ビームによる放射線損傷の産学共同研究を進め、多くの共同利用実験に貢献している。

3-2B-2. スタッフ

教授:寺川貴樹、(兼務) 田村裕和

助教:伊藤正俊 (~2015.03)、田中香津生 (2016.04~)、原田健一 (2010.04~2019.03)、川村広和 (2011.09~2018.06:学際科学フロンティア研究所)、井上壮志 (2014.04~2018.03:学際科学フロンティア研究所)

研究教授:織原彦之丞、酒見泰寛(2016.08~)

3-2B-3. これまでの共同利用支援・研究教育の概要と成果

①共同利用支援

ビーム輸送系・診断装置の開発・保守

データ収集系の開発・整備

イオン照射・中性子照射ビームラインの整備・高度化(産学連携)

粒子線治療用電磁石の整備・高度化

レーザー冷却 RI ビームラインの開発

②研究活動 [資料1]

- ・独自の研究
 - 1. レーザー冷却放射性元素による素粒子・原子核物理の研究
 - 2. 大強度表面電離型イオン源の開発
 - 3. レーザー冷却・トラップ装置の開発
 - 4. 粒子線治療における高精度ビーム照射・モニター技術の開発

• 共同研究

- 1. 原子核におけるスピン・アイソスピン励起及びクラスター構造の研究-大阪大学・核物理研究センター/九州大学・理学研究院/京都大学・理学研究科
- 2. 核スピン偏極生成技術・装置の開発と応用-理化学研究所・上野核分光研究室
- 3. 原子系におけるパリティ非保存現象及び光誘起脱理の研究-イタリア・フェラーラ大学/シエナ大学/LNL 研究所
- 4. レーザー冷却 RI 生成装置の開発-オランダ・フローニンゲン大学 / KVI 研究所
- 5. 高感度磁力計の開発-スイス・チューリッヒ工科大学(ETH)/PSI 研究所
- 6. 中性子による半導体放射線損傷の研究-日立製作所・横浜研究所(産学連携)
- 7. イオンビームによる衛星搭載電子機器の放射線耐性の研究——般財団法人・宇宙システム 開発利用推進機構(産学連携)

③教育

・全学教育への参加

物理学B および 基礎ゼミの2教科を担当

・学部教育への参加

理学部の協力講座(核放射線物理講座)として、4年次学生の物理学研究(卒業研究)を指導。 また理学部1・2年生対象の物理学フロンティアを担当

・大学院教育への参加

理学研究科・物理学専攻の協力講座(核放射線物理講座)として修士論文・博士論文、セミナーの指導を担当。また、核放射線物理学特論の講義を加速器研究部と分担。

- ・集中講義の実施
- 高校への出前講義を実施
- ・修士(博士課程前期)論文一覧(「4.研究教育の実績」を参照)

④招待講演·学会発表 [資料2]

⑤外部資金獲得[資料3]

⑥特許

⑦受賞

- 東北大学・泉萩会奨励賞(2013年):川村広和(特任助教)
- ・ 東北大学・理学研究科6専攻シンポジウム・ポスター賞:江連咲紀(修士2年)
- · 東北大学・森田記念賞(2014年):伊藤正俊(助教)
- · 第32回井上研究奨励賞(井上科学振興財団)(2016年):早水友洋(教育研究支援者)
- 第6回 KEK 測定器開発優秀修士論文賞(2016年): 内山愛子(博士1年)
- ・ 東北大学 理学・生命科学研究科合同シンポジウム・ポスター賞 (2019 年): 内山愛子 (博士 3年)
- ・ 東北大学・青葉理学振興会・黒田チカ賞(2019年): 内山愛子(博士3年)

⑧学外活動·社会貢献

- ・ 第4回・日米物理学会・合同核物理分科会 HAWAII2014・組織委員
- ・ 高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・中性子共同利用実験審査委員会委員 (2015 年~)
- · J-PARC 中性子実験装置部会委員(2015年~)
- ・ 国立研究開発法人・量子科学技術研究開発機構・放射線医学総合研究所・重粒子線がん治療装置等共同利用運営委員会委員/課題採択評価部会長(2014年~)
- ・ 国立研究開発法人・日本原子力研究開発機構・タンデム加速器施設専門部会長(2015 年~)
- ・ 大阪大学・核物理研究センター・研究検討専門委員会/LEPS 実験課題検討委員会委員 (2018 年 ~)
- ・ ブリティシュ・コロンビア大学(UBC・カナダ)・学位論文審査委員(2018年)
- ・ NSERC (Natural Science and Engineering Research Council of Canada) Reviewer (2016 · 2018 年)
- JPSJ (Journal of the Physical Society of Japan) 編集委員 (2010 年~現在)
- PTEP (Progress of Theoretical and Experimental Physics) 編集委員 (2013 年~現在)

⑨研究部のサポートによる学外研究者のセンター利用研究成果

・ 部局間交流協定を結んでいるイタリア・シエナ大学との国際共同研究 Light desorption from an yttrium neutralizer for Rb and Fr magneto-optical trap loading Published in J. Chem. Phys. 141, 134201 (2014); https://doi.org/10.1063/1.4896609

[資料1] 研究活動

独自の研究: 参考資料として、基盤研究(S)2014年~2018年の成果報告書を添付。

1. レーザー冷却放射性元素による素粒子・原子核物理学の研究 原子量が大きい原子系を、極端に冷却した量子状態に閉じ込めることで、微小な信号を増幅し て検出する顕微鏡の機能を持たせる事ができる。本センターでは、原子量最大の放射性元素・フランシウム(Fr)を用いて、自然界の基本対称性の破れを解明する素粒子・原子核物理学を推進している。離散的な基本対称性としては、時間反転対称性(T)、空間反転対称性(P)、荷電対称性(P)の3つが存在するが、P0 が大力な電荷分布の偏り(電気双極子能率:P1 における同様解明を進めている。P1 における電荷分布の偏り(電気双極子能率:P2 に対ける電荷分布の偏り(電気双極子能率:P3 によりを引定する事で、電子(最外殻電子)の有する P4 を高感度で探索する。本研究は、P5 を引研費・基盤研究(P6 を中心に、P7 における電荷分布の偏り(電気双極子能率:P8 により指進している。なお、本研究課題により、日本学術振興会・特別研究員(P8 が P9 に、本研究部の大学院生 P9 名が採用された。また、井上研究奨励賞をはじめ、P9 件の受賞をいただいた。

2. 大強度表面電離型イオン源の開発

EDM 探索の鍵となる大強度 Fr イオン源の開発を進め、世界最高レベルの Fr 引き出し効率~ 30%を実現するとともに、Fr の輸送・中性化に成功した。Fr イオンに、電子を再結合させる中性化装置の開発を進めた。

3. レーザー冷却・トラップ装置の開発

サイクロトロンで生成・引き出した放射性元素(RI)に対して、オンラインでレーザー冷却・トラップする装置の開発を進めた。本センターでは、光格子による RI トラップを世界に先駆けて行う事を目標に、安定元素 Rb を用いて、RI 生成・輸送・中性化・磁気光学トラップに至る技術を確立した。さらに、ヨウ素分子を用いた周波数安定化を実現し、国内で初めて、Fr のオンライン生成・冷却・磁気光学トラップによる捕獲に成功した。

4. EDM 測定装置の開発

ラムゼー共鳴による EDM の測定手法を確立し、Rb 原子を用いて原子実証を行なった。EDM 測定には、測定対象となる Fr のスピン歳差周期を高精度で測定するとともに、環境磁場の変動等による偽 EDM 信号を抑制し、あるいは、補正することが極めて重要である。そこで、磁場変動をオンラインで測定し、系統誤差を格段に抑制するために、2種類の原子を用いた共存磁力計の開発を行い、磁場変動の高精度測定手法を確立した。

5. 粒子線治療における高精度ビーム照射・モニター技術の開発

粒子線治療のための装置開発を進め、特に、ガス電子増幅検出器 (GEM) を用いた照射領域モニター用ビーム位置検出器の開発を行った。さらに、研究部を中心に、高温超伝導線材を用いた小型ガントリー (ビーム照射方向制御装置) 電磁石の設計・検討を進めている。株式会社・フジクラが開発中の高温超伝導線材 YBCO の放射線耐性を32コースの中性子ビームを用いて行い、その物性変化に関して調べている。

共同研究

- 1. 原子核におけるスピン・アイソスピン励起及びクラスター構造の研究 -大阪大学・核物理研究センター/九州大学・理学研究院/京都大学・理学研究科 阪大・核物理研究センターのリングサイクロトロンを用いて、スピン偏極陽子・中性子荷電移 行反応により、核媒質中におけるスピン・アイソスピン依存の核子間有効相互作用に関して研 究を行った。また、アルファ粒子ビームを用いた炭素原子核におけるクラスター構造研究を行 っている。
- 2. 核スピン偏極生成技術・装置の開発と応用(添付資料:協力協定成果報告書) -理化学研究所

国立大学法人東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターと独立行政法人理化学研究所仁科加速器研究センターとの「不安定核及び中性子ビームを用いた核科学」に関する研究協力協定(2013年に更新)に基づき、中性子、不安定核ビーム等、2次ビームの生成、ならびに核スピンをプローブにした研究を進めている。

3. 原子系におけるパリティ非保存現象及び光誘起脱理の研究

-イタリア・フェラーラ大学/シエナ大学/LNL 研究所

イタリアのレニャーロ国立加速器研究所(LNL)にて、フランシウムのパリティ非保存実験に参加し、フランシウム生成・トラップ、及び光誘起脱離現象を用いたトラップ効率向上の研究を行った。学内留学プログラム・COLABSにより、学部学生・大学院生4名が2~3ヶ月づつ、LNLに研究滞在し、実験を行った。

4. レーザー冷却 RI 生成装置の開発

-オランダ・フローニンゲン大学/KVI 研究所

KVI 研究所の超伝導サイクロトロンから供給される重イオンビームを用いて、放射性元素 Ra 等を生成し、レーザー冷却・トラップして、その EDM を測定する実験に参加した。学内留学プログラム・ICI-ECP を活用し、大学院生1名が研究滞在するとともに、2018年から3年間、JSPS2国間交流事業をフローニンゲン大学と推進している。

5. 高感度磁力計の開発

-スイス・チューリッヒ工科大学(ETH)/PSI研究所

超冷中性子の EDM 探索実験にインターンシップ学生として、大学院生1名が学内留学プログラム・COLABS により、2013年9月から半年間、PSIに滞在し、研究を行なった。

6. 中性子による半導体放射線損傷の研究

-日立製作所・横浜研究所(産学連携)

本センター・32 コースを用いて、準単色中性子ビームを用いた半導体素子の放射線損傷の実験とその機構解明に向けた共同研究を行った。産学連携(共同研究・寄付金・テクニカルサポートセンターを通した実験研究サポート)事業として、半導体のソフトエラーの性能評価を行うため、2013 年に、経産省・先端技術実証・評価設備整備費等補助金が採択され、この補助金をベースに、ビームラインの整備・高度化を進めた。

7. イオンビームによる衛星搭載電子機器の放射線耐性の研究

-一般財団法人・宇宙システム開発利用推進機構/原子力開発機構・高崎研究所(産学連携) 本センター・33 コースを用いて、イオンビーム照射による電子機器システムの放射線耐性の評価実験を進めた。産学連携事業として、衛星搭載用に、安価な既製品による電子機器の放射線動作耐性を評価するとともに、33 コースの整備・高度化を進めた。

[資料2]招待講演・学会発表

- 1. <u>酒見泰寛</u>, 「光格子重元素干渉計による基本対称性の研究」, 理化学研究所「物質階層原理・ヘテロ界面」研究会, 2018 年(招待講演)
- 2. <u>T.Aoki</u>, Parity-nonconserving interaction-induced light shifts in the 7S_1/2 6D_3/2 transition of the ultracold 210Fr atoms to probe new physics beyond the standard model,

The 26th International Conference on Atomic Physics (ICAP2018), (Barcelona, Spain, 22-27th July 2018), 26th July 2018

- 3. K.S.Tanaka, Laser trapping of francium for the electron Electric Dipole Moment search,
- 第5回日米物理学会合同核物理分科会,2018年,ハワイ(招待講演)
- 4. <u>Yasuhiro Sakemi</u>, Fundamental Physics using cooled heavy elements, LEPONP2017, Mainz, Germany, 2017 May (招待講演)
- 5. <u>Yasuhiro Sakemi</u>, Search for EDM with laser cooled Fr, 理化学研究所 光量子工学研究領域セミナー (2016) (招待講演)
- 6. <u>酒見泰寛</u>, 「レーザー冷却重元素を用いた素粒子物理の展開」 日本原子力機構東海・重イオン科学シンポジウム(2016) (招待講演)
- 7. <u>Takeshi Inoue</u>, Search for the electron EDM with laser-cooled Francium atoms 26th International Nuclear Physics Conference (INPC2016) オーストラリア
- 8. Takeshi Inoue, Development of the measurement system toward the electron EDM search with laser cooled Fr atoms PSI2016 \times 1 \times 1
- 9. 酒見泰寛, 「レーザー冷却 RI による原子核物理研究」放射化学会(2015)東北大学(招待講演)
- 10. <u>Takeshi Inoue</u>, Search for the electron EDM using laser cooled francium atoms 6th I nternational Symposium on Symmetries in Subatomic Physics (SSP2015) $\mathcal{D} + \mathcal{I}$
- 11. <u>Hirokazu Kawamura</u>, Transportation of a radioactive ion beam for precise laser-trapping experiments The 16th International Conference on Ion Sources (ICIS 2015) ニューヨーク
- 12. <u>Takatoshi Aoki</u>, Ultracold Sr atoms toward the search for the electron-EDM using ultracold FrSr molecules The 22st International Conference on Laser Spectroscopy 2015 シンガポール

- 13. <u>Yasuhiro Sakemi</u>, Search for a permanent EDM with laser cooled radioactive atom HAWA II2014(JPS/APS Nuclear Physics Joint Meeting), Waikoloa, Hawaii, USA (2014)
- 14. <u>H. Kawamura</u> et al., DD.00004: Towards the measurement of the electron EDM with laser cooled francium atoms HAWAII2014, Waikoloa, Hawaii, USA
- 15. <u>T. Inoue</u> et al., DD.00005: Rb atomic magnetometer toward EDM experiment with laser cooled francium atom, HAWAII2014, Waikoloa, Hawaii, USA
- 16. <u>T. Inoue</u> et al., Experimental search for the electron electric dipole moment with laser cooled francium atoms, HFI/NQI2014, Canberra, Australia

[資料3] 外部資金獲得

【科研費】

- 2019年~2023年 基盤研究(S) 酒見泰寛 「光格子重元素干渉計による基本対称性破れの 発現機構の解明」
- ・ 2014 年~2018 年 基盤研究 (S) 酒見泰寛 「光格子によるレーザー冷却放射性元素の次世 代電気双極子能率探索」
- ・ 2018 年~2020 年 挑戦的研究(萌芽) 酒見泰寛 「レーザー冷却分子干渉計を用いた反物質 消失機構解明の新しい研究手法の開拓」
- ・ 2018 年~2020 年 基盤研究 (C) 原田健一 「光格子を用いた次世代磁場計測技術の開発」
- 2016年~2017年 若手研究(B) 原田健一 「超高感度磁場計測に向けた光格子磁力計の開発」
- ・ 2017年~2018年 若手研究 (B) 川村広和 「電子電気双極子能率探索に向けた高輝度中性 原子線生成の為のイオンファンネル開発」
- ・ 2013 年~2015 年 挑戦的萌芽研究 川村広和 「世界初の不安定原子の光格子トラップ実現」
- ・ 2016年~2017年 若手研究(B) 井上壮志 「原子磁力計に基づく新しい脳磁計測」

【受託研究・共同研究】

- ・ 2018 年~2021 年 JSPS 2 国間交流事業・オランダ 酒見泰寛 「レーザー冷却重元素を用いた基礎物理の展開」
- ・ 2013 年~2016 年 JSPS 2 国間交流事業・インド 酒見泰寛 「原子系における時間反転およびパリティ対称性の破れの研究」
- ・ 2013 年~2014 年 経産省・先端技術実証・評価設備整備費等補助金: 酒見 泰寛 「高品質量子ビームによる半導体・高機能材料の放射線耐性評価整備事業」

研究教育の実績

修士論文題目および修士号取得者リスト

理学修士号取得者

平成 25 年度 (2013 年度)

• 江連咲紀 理学研究科

「電子の電気双極子能率探索に向けたフランシウム原子の磁気光学トラップ」

平成 26 年度 (2014 年度)

• 有川裕士 理学研究科

「基本対称性破れの探索に向けた高純度フランシウムビームの開発」

• 安藤峻 理学研究科

「崩壊 3α 粒子測定による 12C における α クラスターガス状態の研究」

• 石川泰佑 理学研究科

「電子の永久電気双極子能率探索に向けた冷却原子のシュタルク効果の測定」

平成 27 年度(2015 年度)

• 加藤浩 理学研究科

「フランシウム源開発のためのイットリウム金属からのアルカリ原子の光誘起脱離」

• 青木隆宏 理学研究科

「電子の永久電気双極子能率探索に向けたイオン・中性原子変換過程の研究」

• 内山愛子 理学研究科

「時間反転対称性の破れの探索に向けたルビジウム磁力計の研究」

平成 28 年度 (2016 年度)

• 坂本幸祐 理学研究科

「冷却原子を用いた電気双極子能率探索のための光双極子カトラップ装置の開発」

平成 29 年度(2017 年度)

• 伊藤沙希 理学研究科

「電子の永久電気双極子能率探索に向けた表面電離を用いたフランシウムビーム生成の研究」

博士論文題目および博士号取得者リスト

平成 26 年度 (2014 年度)

• 早水友洋 理学研究科

「冷却フランシウム原子による電気双極子能率探索へ向けた精密分光の研究」

平成 30 年度 (2018 年度)

• 内山愛子 理学研究科

「電子の電気双極子能率探索のための冷却原子を用いた共存磁力計」

[雑誌論文](計 26件)

①Effective multiple sideband generation using an electro-optic modulator for a multiple isotope magneto-optical trap, A. Uchiyama, K. Harada, K. Sakamoto, U. Dammalapati, <u>T. Inoue</u>, <u>M. Itoh</u>, S. Ito, <u>H. Kawamura</u>, <u>K. S. Tanaka</u>, R. Yoshioka, <u>Y. Sakemi</u>, Review of Scientific Instruments 89(2018) 123111, https://doi.org/10.1063/1.5054748 査読あり ②冷却原子を用いた電子の電気双極子能率の探索,<u>酒見泰寛</u>,光学47 (2018) 301 査読あり ③Parity nonconserving interaction induced light shifts in the 7S1/2 - 6D3/2 transition of the ultracold 210Fr atoms to probe new physics beyond the standard model <u>T. Aoki</u>, Y. Torii, B. K. Sahoo, B. P. Das, K. Harada, T. Hayamizu, K. Sakamoto, <u>H. Kawamura</u>, <u>T.</u> Inoue, A. Uchiyama, S. Ito, R. Yoshioka, <u>K. S. Tanaka</u>, <u>M. Itoh</u>, <u>A. Hatakeyama</u>, and <u>Y. Sakemi</u>, Appl. Phys. B 123(2017)120, DOI: 10.1007/s00340-017-6673-3 査読あり (4) Magic and tune-out wavelengths for atomic francium, U. Dammalapati, K. Harada, and <u>Y.Sakemi</u>, Phys. Rev. A93(2016)043407 査読あり ⑤ Enhanced spin-dependent parity-nonconservation effect in the $7s2S1/2 \rightarrow 6d2D5/2$ transition in Fr: A possibility for unambiguous detection of the nuclear anapole moment B. K. Sahoo, T. Aoki, B. P. Das, Y. Sakemi Phys. Rev. A93 (2016) no. 3,032520(2016-03-30)D0I:10. 1103/PhysRevA. 93. 032520 査読あり ⑥Laser frequency locking with 46 GHz offset using an electro-optic modulator for magneto-optical trapping of francium atoms, K. Harada, S. Ando, Takahiro Aoki, Takatoshi Aoki, H. Arikawa, S. Ezure, A. Hatakeyama, K. Hatanaka, T. Hayamizu, K. Imai, T. Inoue, T. Ishikawa, M. Itoh, S. Ito, K. Kato, H. Kawamura, T. Murakami, H. S. Nataraj, K. Sakamoto, T. Sato, Y. Shimizu, A. Uchiyama, T. Wakasa, H. P. Yoshida, and Y. Sakemi, Appl. Opt. 55 (2016) 1164-1169 https://www.osapublishing.org/ao/abstract.cfm?uri=ao-55-5-1164 ⑦Correlation Trends in the Hyperfine Structures of 210,212Fr B.K. Sahoo, D.K. Nandy, B.P. Das, Y. Sakemi Phys. Rev. A91 (2015) no. 4, 042507 (2015-04-21) DOI: 10. 1103/PhysRevA. 91. 042507 査読あり Transportation of a radioactive ion beam for precise laser-trapping experiments <u>Hirokazu Kawamura</u>, S. Ando, <u>T. Aoki</u>, H. Arikawa, K. Harada, T. Hayamizu, <u>T. Inoue</u>, T. Ishikawa, M. Itoh, K. Kato L. Köhler, K. Sakamoto, A. Uchiyama, Y. Sakemi Rev. Sci. Instrum. 87 (2015) no. 2,02B921(2015-11-03) DOI: 10.1063/1.4935013 査読あり Magneto-optical trapping of radioactive atoms for test of the fundamental symmetries Hirokazu Kawamura, S. Ando, T. Aoki, H. Arikawa, K. Harada, T. Hayamizu, T. Inoue, T. Ishikawa, M. Itoh, K. Kato L. Köhler, J. Mathis, K. Sakamoto, A. Uchiyama, Y. Sakemi Hyperfine Interact. 236 (2015) 53-58 DOI: 10.1007/s10751-015-1193-1 査読あり @Experimental search for the electron electric dipole moment with laser cooled francium atoms, <u>T. Inoue</u>, S. Ando, <u>T. Aoki</u>, H. Arikawa, S. Ezure, K. Harada, T. Hayamizu, T. Ishikawa, M. Itoh, K. Kato H. Kawamura, A. Uchiyama, T. Aoki, K. Asahi, T. Furukawa, A. Hatakeyama, K. Hatanaka, K. Imai, T. Murakami, H.S. Nataraj, T. Sato, Y. Shimizu, T. Wakasa, H.P. Yoshida, A. Yoshimi, Y. Sakemi, Hyperfine Interact. 231 (2015) no. 1-3, 157-162 (2014-12-02) DOI: 10.1007/s10751-014-1100-1 査読あり ① Search for a permanent EDM using laser cooled radioactive atom, Hirokazu Kawamura, S. Ando, <u>T. Aoki</u>, H. Arikawa, S. Ezure, K. Harada, T. Hayamizu, <u>T. Inoue</u>, T. Ishikawa, M. Itoh, K. Kato, T. Kato, H.S. Nataraj, T. Sato, A. Uchiyama, T. Aoki, T. Furukawa, A. Hatakeyama, K. Hatanaka, K. Imai, T. Murakami, Y. Shimizu, T. Wakasa, H.P. Yoshida, Y. Sakemi, EPJ Web Conf. 66(2014)05009,DOI: 10.1051/epjconf/20146605009 査読あり ② Development of the Measurement System for the Search of an Electric Dipole Moment

- of the Electron with Laser-Cooled Francium Atoms

 T. Inoue, S. Ando, T. Aoki, H. Arikawa, S. Ezure, K. Harada, T. Hayamizu, T. Ishikawa,

 M. Itoh, K. Kato, T. Kato, H. Kawamura, H.S. Nataraj, T. Sato, A. Uchiyama, T. Aoki,

 T. Furukawa, A. Hatakeyama, K. Hatanaka, K. Imai, T. Murakami, Y. Shimizu, T. Wakasa,

 H.P. Yoshida, Y. Sakemi
- EPJ Web Conf. 66 (2014) 05008, DOI: 10.1051/epjconf/20146605008 査読あり

科学研究費助成事業 研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

宇宙開闢当初、物質と反物質は等量あったと考えられているが、135億年以上の宇宙の歴史の 中で、どのように反物質が消失していったのか、この物質・反物質対称性の破れの機構解明は、 素粒子標準理論を超える新物理探索にも繋がっており、常に関心が持たれている. 階層問題の解 決, ゲージ結合定数の統一, 暗黒物質の素粒子物理的実体等を解決する考え方の一つである超対 称性理論(SUSY)では,標準理論において登場する素粒子各々に,統計性が異なる相棒粒子 (SUSY 粒子) の存在が予言され、大型加速器実験によりこの未知素粒子探索が進んでいる. こ の高エネルギー実験と相補的な役割を果たすのが、超低エネルギー精密実験である. 未知素粒子 を直接観測しないが、不確定性原理の範囲内で未知素粒子が生成・伝搬・消滅を繰り返す量子補 正効果を精密に検出することで、未知素粒子の存在や反物質消失の謎に迫る新しい実験手法で ある.この量子補正効果は一般的に極めて小さく検出に困難を極めるが、本研究で推進した「精 密量子計測」による原子の永久電気双極子能率(EDM)探索実験手法は、国際的に関心が持た れていた. EDM は SUSY 粒子の質量や物質・反物質対称性(CP 対称性)の破れを示す物理的 パラメータである CP 位相と相関を持つ. 常磁性原子や反磁性原子等の多彩な原子の EDM 測定 により、物質を構成するレプトンとクォークの各々の相棒粒子となる SUSY 粒子に関する情報 を得ることが可能であり、高エネルギー実験で到達困難な重い質量領域を探索し、新物理の方向 性を示唆する観測量として常に注目されている(2). 本研究では、国際的にも独創的な放射性同位 元素を加速器で生成しながらオンラインでレーザー冷却し、光格子に閉じ込めた重元素・フラン シウム (Fr) 原子干渉計を用いて EDM 精度向上の限界を乗り越える技術確立を目指す.

2. 研究の目的

CP 対称性の破れの源泉を探るためには、物質を構成するクォーク・レプトンが有する EDM 2 、 CP を破る基本相互作用を解明することが必要である。 しかしクォークを単独で取り出すことは難しく、その多体系である核子、原子核、原子が観測対象となる。 一般に反磁性原子では核子 EDM に感度が高く、不対電子をもつ常磁性原子では相対論効果により原子番号の 3 乗に比例して電子 EDM が増幅される事が理論的に示されている。相対論的結合クラスター理論による電子相関を含めた第一原理計算では、原子番号最大のアルカリ原子・フランシウム (Fr) における電子 EDM 増幅度は 895 倍にも達し、電子 EDM 探索の格好の対象となる (5.7) .

EDM は、偏極した原子を用意し、外場の中で自由に歳差させ(相互作用時間)、その時間発展を測定する。この時、磁場に対して電場の向きを平行、反平行にしたときのスピン歳差周期の差を測ることで、磁場と結合する磁気モーメントの寄与を差し引き、電場と結合する EDM を抽出する。EDM 測定感度は、EDM 増幅度(K)、原子数(N)、印加電場(E)、相互作用時間(τ)、測定時間(T)が大きいほど測定感度が向上する。これまで世界最高感度を達成している実験は、高温オーブンからの高速原子・分子ビームを有限の長さの電極を通過させて測定しており、相互作用時間がミリ秒程度と限界があった。同種元素・多彩な同位体によるレプトン・クォーク EDM の高精度測定を実現するために、レーザー冷却・トラップされた冷却 RI を用いて相互作用時間を一秒程度に格段に伸ばし、EDM 測定感度の向上を実現する。

3. 研究の方法

本研究では,加速器で短寿命 RI を製造しながら,オンラインでレーザー冷却・EDM 測定を行う技術を開発した.実験装置は大強度 Fr ビーム(1),レーザー冷却 Fr 源(2),EDM 測定装置(3)の 3 つから構成される.

(1) 大強度 Fr ビーム: Fr 生成は、表面電離イオン源を用いて、サイクロトロンから供給される ^{18}O ビームと ^{197}Au 標的による核融合反応を用いる. 反応断面積が最大となるクーロンバリアを少し超える加速エネルギー100 MeV のビームにより高温の金標的中で Fr を生成し、熱拡散により標的表面に Fr を引き出す. 特に、この表面電離イオン源の金標的を融解させて動作させることで、より短時間で高効率($\sim30\%$)の Fr 引き出しに成功した.

(2) レーザー冷却 Fr 源: MOT (図 1 左下)では,原子を冷却・捕獲するためのトラップ光とともに,自然放出等でトラップ光に反応しない準位に落ち込んだ原子を再び冷却サイクルに戻すためのリポンプ光が必要となる (3.4)。このレーザー冷却サイクルを閉じるため,トラップ光とリポンプ光の 2 本のレーザー光の周波数を参照し,安定化する必要があるが,安定原子と違って RIでは,蒸気セルを用いた飽和吸収分光等による周波数安定化を行うことができない.今回周波数オフセットロックによるリポンプ光の周波数安定化を行った.Fr のトラップ光とリポンプ光の周波数差は 46.1 GHz である.そこで 4.6 GHz の RF を EOM に入力し,トラップ光をその EOM に通して EOM に EOM に EOM で EOM に EOM に EOM に EOM で EOM に EOM に EOM に EOM で EOM に EOM に

10) を発生させた. v 10 とリポンプ光の周波数差はおよそ 0.1 GHz 程度になり、2 本のレーザ 一光の周波数差 46.1 GHz をビート信号としてモニターする. この 0.1 GHz のビート信号を自 己遅延ホモダイン検出により検出し、トラップ光源にフィードバックすることで、リポンプ光の 周波数が変動してもトラップ光の周波数が自動的に追従し,2本のレーザー光の周波数を同時に 掃引できる.この手法は安定同位体が存在しない原子を MOT で捕獲するために有効である. (3)EDM 測定装置: MOT は勾配磁場と光との組み合わせで向心力を持たせるため, 偽 EDM 信 号の要因である磁場変位が生じ測定には不向きである. そこで光双極子トラップ (ODT) と光の 定在波で形成される格子ポテンシャルにトラップする光格子(OL)が重要となる. OL は光の波 長程度の格子間隔をもつため、原子衝突が抑制され相互作用時間が長くなる. 今回、高強度ファ イバーレーザーを導入し、ODT/OLの形成を Rb で確認した. また単原子トラップにより寿命を 測定し、隣接原子の擾乱がない OL の場合、10 秒以上のトラップ寿命が達成可能なことを示し た (図1上左図). 原子に高電場を印加する電極開発も予定通り進み, 50kV/cm 電場中での MOT Rb 原子のシュタルクシフト観測に成功した. さらに、環境磁場変動によるゼーマンシフト、ト ラップ光の変動電場から生じる AC シュタルク効果 (光ベクトルシフト) など、偽 EDM 信号の 大きな要因となる効果をモニターし EDM を高精度に決定するため、国際的にも初めての挑戦 となる2種原子(85Rb, 87Rb)同時トラップによる共存磁力計の開発を行う(図2参照).

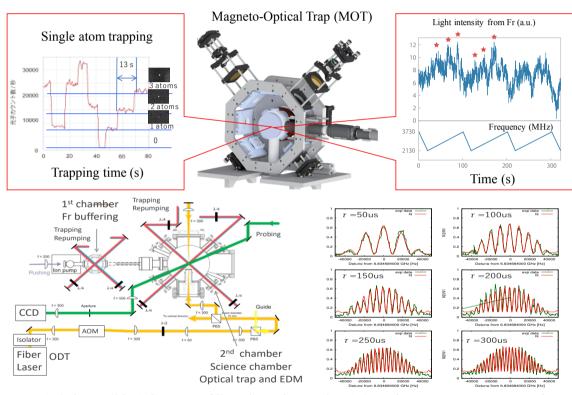


図1 上中央は、磁気光学トラップ装置 (MOT) を示す。上左のグラフは、一原子トラップを示しており、10 秒以上のトラップ時間を実現した。右上図は Fr のトラップを示す。右下の図は、原子干渉計によるラムゼー共鳴の図を示しており、相互作用時間が長くなるとともに、測定分解能が高くなることを確認している。

4. 研究成果

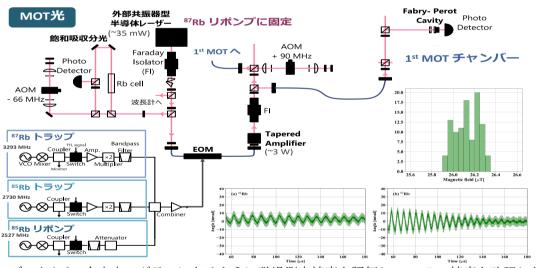
本事業により、提案時の目標を以下のとおり全て達成した.特に、EDM 測定の系統誤差の主要な要因である磁場変動と外場によるエネルギーシフトを抑制するための2種原子共存磁力計の開発は世界に先駆けた実現であり、この磁力計の実装により、現状では系統誤差で限界があった電子 EDM 測定精度~10⁻²⁷ecm を向上させ、系統誤差を 10⁻³⁰ecm まで抑制することが可能となった.

(1) ν -ザー冷却 Fr \bar{g} の実現 $^{(2,4,6,8,9)}$: Fr には安定同位体が存在しないため,飽和吸収分光によりガラスセル中のヨウ素分子の超微細構造準位を観測し,それをレーザー光の周波数安定化の信号として用いた。ヨウ素分子には広い波長範囲にわたって豊富な回転-振動準位が存在し,また電気四重極能率があるため超微細構造が存在する。Fr の共鳴遷移 718.2164 nm 付近にもヨウ素の回転-振動準位が存在し,その信号の観測を行った。迷光等からのバックグランドを差し引くことでトラップ Fr の観測, 10^3 個以下の蓄積を確認した。表面電離イオン源よりイオンとして引き出された Fr は,電子を再結合させて中性 Fr 原子に変換するため中性化装置内のイットリウム標的表面で停止される。図 1 の右上のグラフでは,イットリウム標的で一定時間 Fr

を停止・蓄積した後、MOTの磁場を印加した状態で、標的を加熱し Fr 原子を MOT のガラスセル 内に導入することで、MOT 中のトラップ Fr 原子数が増大していることが観測される. 国内で初 めて、冷却 Fr 源の安定生成技術を実現し、 RI 生成・レーザー冷却・トラップ技術を確立した. (2) EDM 測定装置の開発^(10,11,12): EDM は電場と結合して,原子の励起準位に微小な周波数シフ トを生じる.この変位を高精度で測定するために,原子干渉計を用いた高分解能分光装置を開発 した. スピン偏極した原子に対して RF パルスを照射し, 外場と垂直な平面内でスピン歳差させ, 再度 RF パルスを照射して偏極分布を測定する.照射 RF を共鳴周波数から離調させることで干 渉パターンが生じ、そのパターン幅が自由歳差させる相互作用時間に反比例して狭くなり周波 数分解能が高くなる. 今回, 冷却原子系に対して相互作用時間 300us まで測定し, ~102Hz (図 1の右下のグラフ)の分解能を達成した. 光格子は 10 秒程度の相互作用時間を達成できるので、 EDM 測定精度に必要な分解能~mHz は着実に実現できる. さらに、Fr と、共存磁力計として用い る複数の原子(Rb/Cs等)を共存トラップし、かつ、原子間の相互作用が影響しないよう、光格 子技術を実現し、同時に、光格子同様、周りの原子との衝突や擾乱の影響がない単一原子トラッ プの捕獲寿命測定により,EDM測定に必要な 10 秒以上の寿命を実現することを確認した. (3) 2種原子共存磁力計の原理実証(1,2): 光格子に捕獲されている原子は,高強度レーザー(外 場~電場・磁場)の影響を受け,磁場によるエネルギー変位(ゼーマンシフト),光によるベク

トル光シフト,そして EDM によるエネルギー変位の3種類の変位を生じる. 今回開発した2種原子共存磁力計は、Fr原子とともに、EDM が無視できる2種の原子: 85Rb/87Rb を共存トラップし、周波数測定を行うことで、磁場の時間変化と、ベクトル光シフトを精密に測定する技術を国際的に初めて確立し、主要な系統誤差を抑制できることを確認した.
以上、提案時の目標は、全て達成し、2種原子を用いた共存磁力計の開発・実現により、主要な系統誤差をオンラインで測定・補正する手法に見通しをたて、当初目標の10⁻²⁹ecmを一桁超えて、10⁻³⁰ccm の EDM 測定特度を実現可能にした。また、EDM 探索のための米格子重示表工法計

以上,促条時の目標は,生し達成し,と僅原子を用いた共存磁力計の開発・美児により,主要な系統誤差をオンラインで測定・補正する手法に見通しをたて,当初目標の10⁻²⁹ecmを一桁超えて,10⁻³⁰ecmのEDM測定精度を実現可能にした。 また,EDM探索のための光格子重元素干渉計の開発を進めた若手が,2015年に第32回・井上科学振興財団・井上研究奨励賞を受賞,2016年KEK第6回測定器開発優秀修士論文賞を受賞,2018年に東北大学・青葉理学振興会・黒田チカ賞等,総計6件を受賞した。さらに,この基盤研究(S)で開発を行った実験装置を用いて,中高生対象に、JSPS ひらめきときめきサイエンス「加速キッチン」を行い,2018年度の優良実施課題として評価され、JSPSのホームページで紹介されるとともに,若手の人材育成を進めた。図2 2種原子共存磁力計の光学系実験装置図.右図は磁場測定のRbスピン歳差周期測定結果.



このデータから, 右中央のグラフにあるように磁場測定精度を評価し, 0. 1uT の精度を確認した.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 26件)

①Effective multiple sideband generation using an electro-optic modulator for a multiple isotope magneto-optical trap A. Uchiyama, K. Harada, K. Sakamoto, U. Dammalapati, T. Inoue, M. Itoh, S. Ito, H. Kawamura, K. S. Tanaka, R. Yoshioka, Y. Sakemi, Review of Scientific Instruments 89(2018) 123111, https://doi.org/10.1063/1.5054748 査読あり②冷却原子を用いた電子の電気双極子能率の探索, 酒見泰寛, 光学 47 (2018) 301 査読あり③Parity nonconserving interaction induced light shifts in the 7S1/2 - 6D3/2 transition of the ultracold 210Fr atoms to probe new physics beyond the standard model T. Aoki, Y. Torii, B. K. Sahoo, B. P. Das, K. Harada, T. Hayamizu, K. Sakamoto, H. Kawamura, T. Inoue, A. Uchiyama, S. Ito, R. Yoshioka, K. S. Tanaka, M. Itoh, A. Hatakeyama, and Y. Sakemi, Appl. Phys. B 123(2017)120, DOI: 10.1007/s00340-017-6673-3 査読あり

- ④Magic and tune-out wavelengths for atomic francium, U.Dammalapati, K.Harada, and Y.Sakemi Phys. Rev. A93 (2016) 043407 査読あり
- $\fbox{5}$ Enhanced spin-dependent parity-nonconservation effect in the $7s2S1/2 \rightarrow 6d2D5/2$ transition in Fr: A possibility for unambiguous detection of the nuclear anapole moment B. K. Sahoo, T. Aoki, B. P. Das, Y. Sakemi

Phys. Rev. A93 (2016) no. 3, 032520(2016-03-30)DOI: 10.1103/PhysRevA. 93.032520 査読あり ⑥Laser frequency locking with 46 GHz offset using an electro-optic modulator for magneto-optical trapping of francium atoms K. Harada, S. Ando, Takahiro Aoki, Takatoshi Aoki, H. Arikawa, S. Ezure, A. Hatakeyama, K. Hatanaka, T. Hayamizu, K. Imai, T. Inoue, T. Ishikawa, M. Itoh, S. Ito, K. Kato, H. Kawamura, T. Murakami, H. S. Nataraj, K. Sakamoto, T. Sato, Y. Shimizu, A. Uchiyama, T. Wakasa, H. P. Yoshida, and Y. Sakemi, Appl. Opt. 55 (2016) 1164-1169 https://www.osapublishing.org/ao/abstract.cfm?uri=ao-55-5-1164 査読あり ⑦Correlation Trends in the Hyperfine Structures of 210,212Fr

B. K. Sahoo, D. K. Nandy, B. P. Das, Y. Sakemi

Phys. Rev. A91 (2015) no. 4, 042507 (2015-04-21) DOI: 10.1103/PhysRevA. 91.042507 査読あり ®Transportation of a radioactive ion beam for precise laser-trapping experiments Hirokazu Kawamura, S. Ando, T. Aoki, H. Arikawa, K. Harada, T. Hayamizu, T. Inoue, T. Ishikawa, M. Itoh, K. Kato L. Köhler, K. Sakamoto, A. Uchiyama, Y. Sakemi Rev. Sci. Instrum. 87 (2015) no. 2, 02B921(2015-11-03) DOI: 10.1063/1.4935013 査読あり (9) Magneto-optical trapping of radioactive atoms for test of the fundamental symmetries H. Kawamura, S. Ando, <u>T. Aoki</u>, H. Arikawa, K. Harada, T. Hayamizu, T. Inoue, T. Ishikawa, M. Itoh, K. Kato L. Köhler, J. Mathis, K. Sakamoto, A. Uchiyama, Y. Sakemi Hyperfine Interact. 236 (2015), 53-58 DOI: 10.1007/s10751-015-1193-1 査読あり @Experimental search for the electron electric dipole moment with laser cooled T. Inoue, S. Ando, T. Aoki, H. Arikawa, S. Ezure, K. Harada, T. Hayamizu, T. Ishikawa, M. Itoh, K. Kato H. Kawamura, A. Uchiyama, T. Aoki, K. Asahi, T. Furukawa, A. Hatakeyama, K. Hatanaka, K. Imai, T. Murakami, H.S. Nataraj, T. Sato, Y. Shimizu, T. Wakasa, H.P. Yoshida, A. Yoshimi, Y. Sakemi Hyperfine Interact. 231 (2015) no. 1-3, 157-162(2014-12-02)DOI: 10.1007/s10751-014-1100-1 査読あり

[学会発表] (計 36 件)

- ①酒見泰寛,「光格子重元素干渉計による基本対称性の研究」,理化学研究所「物質階層原理・ヘテロ界面」研究会,2018年(招待講演)
- ②T. Aoki, Parity-nonconserving interaction-induced light shifts in the 7S_1/2 6D_3/2 transition of the ultracold 210Fr atoms to probe new physics beyond the standard model, The 26th International Conference on Atomic Physics (ICAP2018), (Barcelona, Spain, 22-27th July 2018), 26th July 2018
- ③K.S. Tanaka, Laser trapping of francium for the electron Electric Dipole Moment search, 第5回日米物理学会合同核物理分科会, 2018年, ハワイ (招待講演)
- ④Yasuhiro Sakemi, Fundamental Physics using cooled heavy elements, LEPONP2017, Mainz, Germany, 2017 May (招待講演)
- ⑤Yasuhiro Sakemi, Search for EDM with laser cooled Fr, 理化学研究所 光量子工学研究領域セミナー(2016) (招待講演)
- ⑥酒見泰寛,「レーザー冷却重元素を用いた素粒子物理の展開」 日本原子力機構東海・重イオン科学シンポジウム(2016) (招待講演)
- ⑦Takeshi Inoue Search for the electron EDM with laser-cooled Francium atoms 26th International Nuclear Physics Conference (INPC2016) オーストラリア
- \$Takeshi Inoue Development of the measurement system toward the electron EDM search with laser cooled Fr atoms PSI2016 $\mathcal{A}\mathcal{I}\mathcal{A}$
- ⑨酒見泰寛,「レーザー冷却 RI による原子核物理研究」放射化学会(2015)東北大学(招待講演) 〔図書・解説〕(計 1件)
- ①「電子の永久電気双極子能率の上限値を更新」, 酒見泰寛, パリティ(丸善出版株式会社)30(2015)

[その他]

- (1) ホームページ:
- http://www.cns.s.u-tokyo.ac.jp/index.php?Research%2FEDM (東大)
- ·https://inst.cyric.tohoku.ac.jp (東北大)
- (2) 平成30年度・日本学術振興会・ひらめきときめきサイエンス「加速キッチン〜サイクロ流地球にない原子〜」を実施し、優良実施課題として、JSPSのホームページに掲載.

https://www.jsps.go.jp/hirameki/ht30000_jisshi/ht30017jisshi.pdf

(3) 国際ワークショップ「Fundamental Physics Using Atoms: FPUA」を毎年主催:2014年・岡山大,2015年・東京未来科学館,2016年・理研,2017年・名古屋大,2018年・沖縄0IST

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究者番号(8桁):

研究分担者氏名:青木 貴稔 ローマ字氏名:(AOKI, Takatoshi)

所属研究機関名:東京大学部局名:総合文化研究科

職名:助教

研究者番号 (8 桁): 30328562 研究分担者氏名: 畠山 温

ローマ字氏名: (HATAKEYAMA, Atsushi)

所属研究機関名:東京農工大学

部局名:工学研究科

職名:教授

研究者番号 (8 桁): 70345073 研究分担者氏名: 田中 香津生 ローマ字氏名: (TANAKA, Kazuo)

所属研究機関名:東北大学

部局名:サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター

職名:助教

研究者番号(8 桁): 20780860 研究分担者氏名:伊藤 正俊 ローマ字氏名:(ITOH, Masatoshi)

所属研究機関名:東北大学

部局名:サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター

職名: 教授

研究者番号 (8 桁): 30400435 研究分担者氏名:川村 広和

ローマ字氏名:(KAWAMURA, Hirokazu)

所属研究機関名:東北大学

部局名:学際科学フロンティア研究所

職名:助教

研究者番号 (8 桁): 50586047 研究分担者氏名:井上 壮志 ローマ字氏名:(INOUE, Takeshi)

所属研究機関名:東北大学

部局名:学際科学フロンティア研究所

職名:助教

研究者番号 (8 桁):80637009

(2)研究協力者

研究協力者氏名:高橋 義朗

ローマ字氏名: (TAKAHASHI, Yoshiro)

研究協力者氏名: 久野 純治 ローマ字氏名: (HISANO, Junji)

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

報告書

国立大学法人東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターと独立行政法人理化学研究所仁科加速器研究センターとの「不安定核及び中性子ビームを用いた核科学」に関する研究協力協定

1. 研究協力の目的

国立大学法人東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターは、AVFサイクロトロンを用いた停止、低速不安定核ビームや中性子ビームによる原子核物理、基礎物理、及びその医学・生物学利用、並びにポジトロン放出短寿命核による原子核・物性物理学、並びに核医学を主要課題として推進しており、一方、独立行政法人理化学研究所仁科加速器研究センターは、リングサイクロトロンを擁し、中高エネルギー軽・重イオンビーム特に不安定核ビームを用いた原子核・天体核物理、及びその生物学・化学・物性物理学利用の研究を推進している。

わが国における中性子の発生と応用並びに不安定核と不安定核ビームの応用で中核的役割を果たしている両者は、研究協力を行うことにより互いに相補的な研究を展開し、これらの分野の発展を図る。近年急速に展開しつつある中性子及び不安定核ビームの生成並びにその応用の研究、特に核スピンをプローブとした開拓的研究を効果的に発展させるため、両者の研究能力を最大限に活用し、両者の緊密かつ円滑な研究協力を促進させることを目的とする。以下に2013年度以降の研究協力について報告する。

2. 共同研究のテーマ

① 能動帰還型核スピンメーザーを用いた能動核スピンメーザー法を用いた原子 EDM と核シッフモーメントの研究

シッフモーメントは核子間のパリティ及び時間反転不変性を破る相互作用から生じる原子核の電磁モーメントであり、反磁性原子に永久電気双極子モーメント(EDM)を生じさせて標準模型を超える物理の明確な証拠となる。本研究では、核スピン歳差を半永久的に維持する独自の技術「能動帰還型核スピンメーザー」を高度化し、磁場及び電場を印加した反磁性原子 129 Xe が示す歳差運動のラーモア周波数からの微小なずれを観測することで、シッフモーメントおよび原子 EDM の存在を明らかにしようとするものである。研究では 129 Xe と共にガラスセルに封入した 131 Xe 同位体の同時メーザーを用いて達成した $^{\mu}$ Hz オーダーの周波数精度を土台として、周波数精度の向上に向け周波数のふらつきの原因の詳細な R&D 研究を行った。

② 核スピン偏極中性子過剰 RI ビーム 41, 43S 及び 21O の生成と核電磁モーメント測定

RIBF の RIPS 装置を用いた中性子過剰 S 及 O 同位体の核電磁モーメントの 測定を実施した。前者は中性子魔法数 28 の消失が指摘されており、その影響を 端的に示す基底状態の核変形を核電気四重極モーメントから決定しようとする ものであった。残念ながら研究期間内には、スピン格子緩和時間など β -NMR に必要となる諸条件を満たす結晶を見出すことができず、共鳴線スペクトルを 得ることができなかったが、同時計測したガンマ線エネルギーから β 崩壊様式 に関する研究成果が論文にまとめられる予定である。後者は、適切な NMR 用同位体が存在しない酸素に着目し、 21 O をプローブとした β -NMR 物質科学研究 を可能とするため、その核電磁モーメントの測定を行うというものであった。 実験の結果、核磁気双極子及び電磁四重極モーメントの両者の測定に成功し、 現在解析・論文執筆が進められている。

③ 超流動ヘリウムを用いた新しいレーザー核分光法の開発

中重核領域の短寿命、低収量な不安定核の核磁気モーメント測定手法の確立を目指して、不安定核を超流動へリウム中に停止させ、レーザー・RF 二重共鳴法により精密測定 することを計画している。不安定核からのレーザー誘起蛍光を観測する蛍光検出系をセ ンターで開発し、実験は理化学研究所の入射核破砕分離装置 RIPS で行われている。安定核である 85Rb と不安定核である 84Rb を用いた実験を行い、現状でも不安定核が毎秒 103 個の収量で得られれば二重共鳴が可能であることが示されており、さらなる高感度・高 SN 比を目指した開発を進めている。

④ 偏極陽子固体標的の開発

弾性散乱における偏極分解能測定に用いられる偏極陽子固体標的の開発を進めている。この偏極標的は、低磁場・高温で動作する初めての偏極陽子固体標的であり、原子核散乱実験用としては唯一のものである。これにより低エネルギー散乱粒子の観測が初めて可能となる。現在、偏極度向上を目指したレーザー光源の開発と、実験効率の向上を目的とした標的結晶の大型化を進めている。

⑤ 短寿命不安定核に対する共鳴イオン化レーザーイオン源の開発

⑥ ECR イオン源の開発

従来、東北大 CYRIC では、陽子用の 2.45 GHz ECR イオン源と重イオン用の 14.5 GHz ECR イオン源の 2 台を使用して共同利用にビームを供給してきた。加速可能なイオン種を拡充するために、理研との共同研究事業として、理研から 10 GHz ECR イオン源を移設した。これにより、 $^{16}O^{5+}$ はビーム量が 20 倍に、 $^{16}O^{6+}$ は 200 倍に、また従来のイオン源では生成不可能であった $^{16}O^{7+}$ のビーム供給も可能となった。さらに加速エネルギーのさらなる増強を目指してガス混合法を導入し、より重いイオン種に対して、より多価のイオン生成に成功し、加速エネルギーが増強され、従来は加速不可能であった 129 Xe も 430 MeV でビーム供給が可能となった。またイオン種の拡充を目指して、固体試料挿入装置を導入した。

3. 主な成果

【2013 年度】

- 1. T. Sonoda, M. Wada, H. Tomita, C. Sakamoto, T. Takatsuka, T. Noto, H. Iimura, Y. Matsuo, T. Kubo, T. Shinozuka, T. Wakui, H. Mita, S. Naimi, T. Furukawa, Y. Itou, P. Schury, H. Miyatake, S. Jeong, H. Ishiyama, Y. Watanabe, Y. Hirayama, "*Development of a gas cell-based laser ion source for RIKEN PALIS*", Hyperfine Interact. 216, 103-107 (2013).
- 2. S. Sakaguchi, T. Uesaka, T. Kawahara, T. Ogawa, L. Tang, T. Teranishi, Y. Urata, S. Wada, T. Wakui, "Proton polarization in photo-excited aromatic molecule at room temperature enhanced by intense optical source and temperature control", Nucl.Instrum.Meth. B317 679-684 (2013).
- 3. X.F. Yang, T. Furukawa, T. Wakui, K. Imamura, H. Tetsuka, T. Fujita, Y. Yamaguchi, Y. Tsutsui, Y. Mitsuya, Y. Ichikawa, Y. Ishibashi, N. Yoshida, H. Shirai, Y. Ebara, M. Hayasaka, S. Arai, S. Muramoto, A. Hatakeyama, M. Wada, T. Sonoda, Y. Ito, T. Kobayashi, S. Nishimura, M. Nishimura, Y. Kondo, K. Yoneda, H. Ueno, T. Shinozuka, T. Shimoda, K. Asahi, Y. Matsuo, "Control of stopping position of radioactive ion beam in superfluid helium for laser spectroscopy experiments", Nucl.Instrum.Meth. B317 599-602 (2013).
- 4. Kei Imamura, Takeshi Furukawa, Takashi Wakui, Xiaofei Yang, Yasuhiro Yamaguchi, Hiroki Tetsuka, Yosuke Mitsuya, Yoshiki Tsutsui, Tomomi Fujita, Yuta Ebara, Miki Hayasaka, Shino Arai, Sosuke Muramoto, Yuichi Ichikawa, Yoko Ishibashi, Naoki Yoshida, Hazuki Shirai, Atsushi Hatakeyama, Michiharu Wada, Tetsu Sonoda, Yuta Ito, Hitoshi Odashima, Tohru Kobayashi, Hideki Ueno, Tadashi Shimoda, Koichiro Asahi, Yukari Matsuo, "Development of a helium cryostat for laser spectroscopy of atoms with unstable nuclei in superfluid helium", Nucl.Instrum.Meth. B317 595-598 (2013).
- 5. Takeshi Furukawa, Takashi Wakui, Xiaofei Yang, Tomomi Fujita, Kei Imamura, Yasuhiro Yamaguchi, Hiroki Tetsuka, Yoshiki Tsutsui, Yosuke Mitsuya, Yuichi Ichikawa, Yoko Ishibashi, Naoki Yoshida, Hazuki Shirai, Yuta Ebara, Miki Hayasaka, Shino Arai, Sosuke Muramoto, Atsushi Hatakeyama, Michiharu Wada, Tetsu Sonoda, Yuta Ito, Tohru Kobayashi, Shunji Nishimura, Mitsuki Nishimura, Yosuke Kondo, Ken-Ichiro Yoneda, Shigeru Kubono, Yoshimitsu Ohshiro, Hideki Ueno, Tsutomu Shinozuka, Tadashi Shimoda, Koichiro Asahi, Yukari Matsuo, "Novel nuclear laser spectroscopy method using superfluid helium for measurement of spins and moments of exotic nuclei", Nucl.Instrum.Meth. B317 590-594 (2013).
- S. Sakaguchi, Y. Iseri, T. Uesaka, M. Tanifuji, N. Aoi, E. Hiyama, Y. Ichikawa, S. Ishikawa, K. Itoh, M. Itoh, H. Iwasaki, T. Kawabata, T. Kawahara, H. Kuboki, Y. Maeda, T. Nakao, H. Okamura, H. Sakai, Y. Sasamoto, M. Sasano, Y. Satou, K. Sekiguchi, K. Suda, D. Suzuki, A.

- Tamii, T. Wakui, K. Yako, M. Yamaguchi, Y. Yamamoto, "Analyzing Power in Elastic Scattering of Polarized Protons from Neutron-rich Helium Isotopes", Few Body Syst. 54 no.7-10, 1393-1398 (2013).
- 7. S. Sakaguchi (Tokyo U.), T. Uesaka, N. Aoi (Nishina Ctr., RIKEN), Y. Ichikawa (Tokyo U.), K. Itoh (Saitama U.), M. Itoh (Tohoku U.), T. Kawabata (Tokyo U.), T. Kawahara (Toho U.), Y. Kondo (Tokyo Inst. Tech.), H. Kuboki (Tokyo U.), T. Nakamura (Tokyo Inst. Tech.), T. Nakao (Tokyo U.), Y. Nakayama (Tokyo Inst. Tech.), H. Sakai, Y. Sasamoto (Tokyo U.), K. Sekiguchi (Nishina Ctr., RIKEN), T. Shimamura (Tokyo Inst. Tech.), Y. Shimizu (Tokyo U.), T. Wakui (Tohoku U.), "Shallow and diffuse spin-orbit potential for proton elastic scattering from neutron-rich helium isotopes at 71 MeV/nucleon", Phys.Rev. C87 no.2, 021601 (2013).
- 8. T. Sonoda, M. Wada, H. Tomita, C. Sakamoto, T. Takatsuka, T. Furukawa, H. Iimura, Y. Ito, T. Kubo, Y. Matsuo, H. Mita, S. Naimi, S. Nakamura, T. Noto, P. Schury, T. Shinozuka, T. Wakui, H. Miyatake, S. Jeong, H. Ishiyama, Y.X. Watanabe, Y. Hirayama, K. Okada, A. Takamine, "Development of a resonant laser ionization gas cell for high-energy, short-lived nuclei", Nucl.Instrum.Meth. B295 1-10 (2013).

【2014年度】

- 1. K. Asahi, Y. Ichikawa, M. Chikamori, Y. Ohtomo, E. Hikota, T. Suzuki, T. Inoue, T. Furukawa, A. Yoshimi, K. Suzuki, T. Nanao, H. Miyatake, M. Tsuchiya, N. Yoshida, H. Shirai, T. Ino, H. Ueno, Y. Matsuo, T. Fukuyama, "Search for Electric Dipole Moment in ¹²⁹Xe Atom Using a Nuclear Spin Oscillator", Phys. Part. Nucl. 45, 199–201 (2014).
- Y. Ichikawa, M. Chikamori, Y. Ohtomo, E. Hikota, Y. Sakamoto, T. Suzuki, C.P. Bidinosti, T. Inoue, T. Furukawa, A. Yoshimi, K. Suzuki, T. Nanao, H. Miyatake, M. Tsuchiya, N. Yoshida, H. Shirai, T. Ino, H. Ueno, Y. Matsuo, T. Fukuyama and K. Asahi, "Search for electric dipole moment in ¹²⁹Xe atom using active nuclear spin maser", EPJ Web of Conf. 66, 05007, 4 pages (2014).
- 3. Y. Ichikawa, M. Chikamori, Y. Ohtomo, E. Hikota, Y. Sakamoto, T. Suzuki, C.P. Bidinosti, T. Inoue, T. Furukawa, A. Yoshimi, K. Suzuki, T. Nanao, H. Miyatake, M. Tsuchiya, N. Yoshida, H. Shirai, T. Ino, H. Ueno, Y. Matsuo, T. Fukuyama and K. Asahi, "Search for electric dipole moment in ¹²⁹Xe atom using active nuclear spin maser", EPJ Web of Conf. **66**, 05007, 4 pages (2014).
- 4. E. Hikota, M. Chikamori, Y. Ichikawa, Y. Ohtomo, Y. Sakamoto, T. Suzuki, C.P. Bidinosti, T. Inoue, T. Furukawa, A. Yoshimi, K. Suzuki, T. Nanao, H. Miyatake, M. Tsuchiya, N. Yoshida, H. Shirai, T. Ino, H. Ueno, Y. Matsuo, T. Fukuyama and K. Asahi, "Active nuclear spin maser oscillation with double cell", EPJ Web of Conf. 66, 05005, 4 pages (2014)
- 5. Y. Ichikawa, T. Sato, Y. Ohtomo, Y. Sakamoto, S. Kojima, T. Suzuki, M. Chikamori, E. Hikota, H. Miyatake, T. Nanao, K. Suzuki, M. Tsuchiya, T. Inoue, T. Furukawa, A. Yoshimi, C. P. Bidinosti, T. Ino, H. Ueno, Y. Matsuo, T. Fukuyama, K. Asahi, "Search for EDM in ¹²⁹Xe using active spin maser", Proceedings of 7th International Workshop on Fundamental Physics Using Atoms (FPUA2014), 37-44 (2015).
- 6. T. Sato, Y. Ichikawa, Y. Ohtomo, Y. Sakamoto, S. Kojima, T. Suzuki, M. Chikamori, E. Hikota, H. Miyatake, T. Nanao, K. Suzuki, M. Tsuchiya, T. Inoue, T. Furukawa, A. Yoshimi, C. P. Bidinosti, T. Ino, H. Ueno, Y. Matsuo, T. Fukuyama, K. Asahi, "Co-magnetometry with 129 Xeβ He dual active spin maser technique", Proceedings of 7th International Workshop on Fundamental Physics Using Atoms (FPUA2014), 80-83 (2015).
- 7. Y. Sakamoto, C. P. Bidinosti, Y. Ichikawa, T. Sato, Y. Ohtomo, S. Kojima, T. Suzuki, M. Chikamori, E. Hikota, H. Miyatake, T. Nanao, K. Suzuki, M. Tsuchiya, T. Inoue, T. Furukawa, A. Yoshimi, T. Ino, H. Ueno, Y. Matsuo, T. Fukuyama, K. Asahi, "Performance test of improved magnetic-field system for ¹²⁹Xe EDM measurement", Proceedings of 7th International

- Workshop on Fundamental Physics Using Atoms (FPUA2014), 84-87 (2015).
- 8. Y. Ohtomo, Y. Ichikawa, T. Sato, Y. Sakamoto, S. Kojima, T. Suzuki, M. Chikamori, E. Hikota, H. Miyatake, T. Nanao, K. Suzuki, M. Tsuchiya, T. Inoue, T. Furukawa, A. Yoshimi, C. P. Bidinosti, T. Ino, H. Ueno, Y. Matsuo, T. Fukuyama, K. Asahi, "Study of EDM cell with coexisting ¹²⁹XeβHe", Proceedings of 7th International Workshop on Fundamental Physics Using Atoms (FPUA2014), 88-91 (2015).
- 9. S. Kojima, T. Sato, Y. Ichikawa, Y. Ohtomo, Y. Sakamoto, T. Suzuki, M. Chikamori, E. Hikota, H. Miyatake, T. Nanao, K. Suzuki, M. Tsuchiya, T. Inoue, T. Furukawa, A. Yoshimi, C. P. Bidinosti, T. Ino, H. Ueno, Y. Matsuo, T. Fukuyama, K. Asahi, "Digital feedback system for active spin maser", Proceedings of 7th International Workshop on Fundamental Physics Using Atoms (FPUA2014), 92-95 (2015).
- 10. X.F Yang, T. Furukawa, T. Wakui, K. Imamura, H. Fujita, Y. Mitsuya, M. Hayasaka, Y. Ichikawa, Y. Ishibashi, H. Shirai, Y. Ebara, A. Hatakeyama, M. Wada, T. Sonoda, T. Ito, T. Kobayashi, S. Nishimura, M. Nishimura, Y. Kondo, K. Yoneda, H. Ueno, T. Shinozuka, T. Shimoda, K. Asahi, Y. Matsuo, "An effective method for trapping ion beams in superfluid helium for laser spectroscopy experiments", EPJ Web Conf. 66, 11041 (2014).

【2015年度】

- 1. Y. Ichikawa, H. Ueno, Y. Ishii, T. Furukawa, A. Yoshimi, D. Kameda, H. Watanabe, N. Aoi, K. Asahi, D. L. Balabanski, R. Chevrier, J. M. Daugas, N. Fukuda, G. Georgiev, H. Hayashi, H. Iijima, N. Inabe, M. Ishihara, T. Inoue, T. Kubo, T. Nanao, T. Ohnishi, M. M. Rajabali, K. Suzuki, H. Takeda, M. Tsuchiya, "Spin-aligned RI beams and g-factor measurements", JPS Conference Proceedings 6, 030004 (2015).
- T. Sato, Y. Ichikawa, Y. Ohtomo, Y. Sakamoto, S. Kojima, T. Suzuki, H. Shirai, M. Chikamori, E. Hikota, H. Miyatake, T. Nanao, K. Suzuki, M. Tsuchiya, T. Inoue, T. Furukawa, A. Yoshimi, C. P. Bidinosti, T. Ino, H. Ueno, Y. Mastuo, T. Fukuyama, K. Asahi, "129Xe EDM Search Experiment Using Active Nuclear Spin Maser", JPS Conference Proceedings 6, 020031 (2015).
- 3. Y. Ohtomo, Y. Ichikawa, T. Sato, Y. Sakamoto, S. Kojima, T. Suzuki, H. Shirai, M. Chikamori, E. Hikota, H. Miyatake, T. Nanao, K. Suzuki, M. Tsuchiya, T. Inoue, T. Furukawa, A. Yoshimi, C. P. Bidinosti, T. Ino, H. Ueno, Y. Mastuo, T. Fukuyama, K. Asahi, "Double-cell geometry for ¹²⁹Xe/³He co-magnetometery", JPS Conference Proceedings 6, 030067 (2015).
- 4. H. Ueno, "Nuclear Moments and Structure of Unstable Nuclei", JPS Conference Proceedings 6, 010009 (2015).
- Yuki Kubota, Masaki Sasano, Tomohiro Uesaka, Masanori Dozono, Masatoshi Itoh, Shoichiro Kawase, Motoki Kobayashi, CheongSoo Lee, Hiroaki Matsubara, Kenjiro Miki, Hiroyuki Miya, Shinsuke Ota, Kimiko Sekiguchi, Tatsushi Shima, Takahiro Taguchi, Atsushi Tamii, Tsz Leung Tang, Hiroshi Tokieda, Tomotsugu Wakasa, Takashi Wakui, Jumpei Yasuda, Juzo Zenihiro, "A Segmented Neutron Detector with a High Position Resolution for the Reactions", JPS Conf.Proc. 6, 030118 (2015).
- 6. Kei Imamura, Takeshi Furukawa, Takashi Wakui, Xiaofei Yang, Yousuke Mitsuya, Tomomi Fujita, Yuta Ebara, Miki Hayasaka, Yuichi Ichikawa, Hazuki Shirai, Takahiro Suzuki, Tomoya Sato, Yuichi Ohtomo, Shuichiro Kojima, Koichiro Asahi, Atsushi Hatakeyama, Hitoshi Odashima, Tohru Kobayashi, Hideki Ueno, Yukari Matsuo, "Measurement of the Hyperfine Splitting of Alkali Atoms in Superfluid Helium for Laser Spectroscopy of Atoms with Unstable Nuclei", JPS Conf. Proc. 6, 030115 (2015)
- 7. Tsz Leung Tang, Shoichiro Kawase, Tomohiro Uesaka, Didier Beaumel, Masanori Dozono, Naoki Fukuda, Taku Fukunaga, Toshihiko Fujii, Alfredo Galindo-uribarri, SangHoon Hwang, Daisuke Kameda, Tomomi Kawahara, Wooyoung Kim, Keiichi Kisamori, Motoki Kobayashi, Yuki Kubota, Kensuke Kusaka, CheongSoo Lee, Yukie Maeda, Hiroaki Matsubara, Shin'ichiro Michimasa, Hiroyuki Miya, Tetsuo Noro, Alexandre Obertelli, Shinsuke Ota, Elizabeth

- Padilla-Rodal, Satoshi Sakaguchi, Masaki Sasano, Susumu Shimoura, Samvel Stepanyan, Hiroshi Suzuki, Motonobu Takaki, Hiroyuki Takeda, Hiroshi Tokieda, Tomotsugu Wakasa, Takashi Wakui, Kentaro Yako, Jumpei Yasuda, Rin Yokoyama, Juzo Zenihiro, "Proton Single-Particle Energy of 23F by Quasi-Free () Scattering and Operation of Polarized Proton Target", JPS Conf. Proc. 6, 030077 (2015).
- 8. Shoichiro Kawase, Tsz Leung Tang, Tomohiro Uesaka, Didier Beaumel, Masanori Dozono, Toshihiko Fujii, Taku Fukunaga, Naoki Fukuda, Alfredo Galindo-Uribarri, SangHoon Hwang, Naohito Inabe, Daisuke Kameda, Tomomi Kawahara, Wooyoung Kim, Keiichi Kisamori, Motoki Kobayashi, Toshiyuki Kubo, Yuki Kubota, Kensuke Kusaka, CheongSoo Lee, Yukie Maeda, Hiroaki Matsubara, Shin'ichiro Michimasa, Hiroyuki Miya, Tetsuo Noro, Alexandre Obertelli, Shinsuke Ota, Elizabeth Padilla-Rodal, Satoshi Sakaguchi, Hideyuki Sakai, Masaki Sasano, Susumu Shimoura, Samvel Stepanyan, Hiroshi Suzuki, Motonobu Takaki, Hiroyuki Takeda, Hiroshi Tokieda, Tomotsugu Wakasa, Takashi Wakui, Kentaro Yako, Yoshiyuki Yanagisawa, Jumpei Yasuda, Rin Yokoyama, Koichi Yoshida, Juzo Zenihiro, "Spectroscopy of Single-Particle States in Oxygen Isotopes via Reaction", JPS Conf.Proc. 6, 020003 (2015).

【2016年度】

- T. Inoue, T. Furukawa, A. Yoshimi, T. Nanao, M. Chikamori, K. Suzuki, H. Hayashi, H. Miyatake, Y. Ichikawa, M. Tsuchiya, N. Hatakeyama, S. Kagami, M. Uchida, H. Ueno, Y. Matsuo, T. Fukuyama, K. Asahi, "Frequency characteristics of nuclear spin oscillator with an artificial feedback toward search for ¹²⁹Xe atomic electric dipole moment", Eur. Phys. J. D 70, 129 (2016).
- 12. Satoshi Sakaguchi (Kyushu U. & Nishina Ctr., RIKEN), Tomohiro Uesaka (Nishina Ctr., RIKEN), Takashi Wakui (CYRIC, Tohoku U.), Sergey Chebotaryov (Nishina Ctr., RIKEN & Kyungpook Natl. U.), Tomomi Kawahara (Nishina Ctr., RIKEN), Shoichiro Kawase (Tokyo U., CNS), Evgeniy Milman (Nishina Ctr., RIKEN & Kyungpook Natl. U.), Tsz Leung Tang (Tokyo U., CNS), Kenichiro Tateishi (Nishina Ctr., RIKEN), Takashi Teranishi (Kyushu U.), "Studies of Unstable Nuclei with Spin-Polarized Proton Target", nt.J.Mod.Phys.Conf.Ser. 40, 1660071 (2016).

【2017年度】

1. T. Sato, Y. Ichikawa, T. Inoue, A. Uchiyama, A. Gladkov, A. TAkamine, S. Kojima, C. Funayama, S. Tanaka, Y. Sakamoto, Y. Ohtomo, C. Hirao, M. Chikamori, E. HIkota, T. Furukawa, A. Yoshimi, C. P. Bidinosti, T. Ino, H. Ueno, Y. Matsuo, T. Fukuyama, N. Yoshinaga, Y. Sakemi, K. Asahi, "Search for Xe atomic EDM using nuclear spin masers of xenon-129 and -131", 9th International Workshop on "Fundamental Physics Using Atoms" (FPUA 2017), Kyoto, Japan, January 9-10, 2017.

【博士学位論文】

東北大学 2014年9月

氏名:島田健司

博士論文題名:Study of structure of unstable nuclei with nuclear moments (核モーメントを通じた不安定核の構造の研究)

3-3. 核薬学研究部

3-3-1. 概要

核薬学研究では、ポジトロン核種や PET プローブのライフサイエンス分野での利用に関する基礎的・応用的研究を行っている。 特に、生体画像化技術の PET イメージングで利用する 短寿命の ポジトロン放出核種 (11 C、 18 F、 124 I など) の医学診断や 創薬研究における利用を 目指している。 ポジトロン放出核種で標識する化合物の標識分子設計理論と標識合成法に関する基礎研究に取り組み、そしてそれを基盤として新しい PET 用診断プローブの開発と、 その有用性評価のための小動物 PET イメージング研究を展開している。

具体的な研究テーマとしては、1)神経変性疾患における病理変化の画像化を目的としたタウ、シヌクレイン、MAO-Bを標的とした PET プローブの開発、2)ミトコンドリア標的プローブの創製と心筋血流や褐色脂肪組織のイメージング研究への応用、3)タンパク質・抗体のポジトロン標識法の開発、4)PETによる薬物動態解析および薬効薬理研究、5)標識プローブのルーチン合成に適する方法とその自動化装置の開発やマイクロリアクターを用いる標識合成法の開発などに取り組んでいる。

また当研究部は、PET に関連する臨床及び基礎研究の共同利用支援業務として、PET 薬剤 や核種の製造、供給を行っている。核種や薬剤の製造に関する装置やシステムの開発・維持も行っている。例えば、¹⁸F 標識タウプローブ THK-5117、-5351 の合成装置の独自に開発し、臨床用薬剤供給に利用している。一方、汎用性の高い GE 社製の FASTLab Developer システムを導入し、新規 PET 薬剤製造法への応用研究を行っている。その他には、基礎研究用の小動物用 PET 及び CT の維持管理や利用支援も行っている。

3-3-2. スタッフ

教授: 古本祥三(2015.4~現在)、岩田錬(~2015.3)、(兼務)工藤幸司(~2017.3)

准教授:(兼務)古本祥三(2013.07~2015.3)

講師:船木善仁(2015.4~現在) 助教:船木善仁(~2015.3)

助手:石川洋一

研究教授:岩田錬(2015.4~現在)、工藤幸司(2017.4~現在)、加藤孝一(2017.4~現在)、石渡

喜一(2010.04~2018.3)

3-3-3. これまでの共同利用支援・研究教育の概要と成果

①共同利用支援(「2. 共同利用支援の実績」を参照)

PET 放射性核種の製造とその保守管理

PET 診断用放射性薬剤の合成・供給

PET 診断用放射性薬剤自動合成装置の保守管理

基礎研究用 PET 核種の製造と供給

小動物 PET/CT(クレビボ)の利用、維持・管理

実験動物(ラット・マウス)の管理

②研究活動

- 基礎研究
 - 1. 認知症イメージングを目的とした新規 PET 放射性薬剤の開発 アルツハイマー病のタウ病理イメージングを目的として、18F-標識 THK 化合物の 開発研究に取り組み、臨床研究で利用できる TH5105、THK5117、THK5351 など を開発した。さらに改良を進める研究を展開している。また、神経炎症に関与しているアストログリオーシスのマーカーとして、MAO-B 選択的トレーサ SMBT-1 を 開発し、現在、臨床研究用に準備を進めている。
 - 2. ミトコンドリアイメージングを目的とした新規 PET 放射性薬剤の開発

ミトコンドリア膜電位依存的集積機序のホスホニウム誘導体の 18F 標識化合物の 開発に取り組んできた。実用的な新規合成法を確立し、20以上の誘導体開発に成功している。その中でも TAP31 は、心筋血流イメージングに優れた性能を有し、今後、臨床への応用を目指している。また、褐色脂肪組織イメージングや腫瘍イメージングへの応用も展開している。

- 3. 腫瘍イメージングを目的とした新規 PET 放射性薬剤の開発 腫瘍イメージングを目的として、18F 標識アミノ酸や低分子化人工抗体の開発を進めている。EGFR や HER2 を標的とする 11C/18F 標識 scFv の合成と in vivo 腫瘍 イメージングに成功している。
- 4. マイクロスケール標識合成法の開発 マイクロスケール($10\sim100\,\mu$ L の反応容積)でのポジトロン標識法の開発を目的として、反応容積減縮技術の開発研究を行い、またそのマイクロスケールによる標識合成反応の検討を行っている。18F の求核置換反応と 11C-Me 化反応を研究対象としている。
- 5. PET 放射性薬剤自動合成装置の開発 上記マイクロスケール標識合成専用の標識合成装置や、臨床用の 18F 標識合成装 置の開発に取り組んでいる。

• 共同研究

- 1. 加齢疾患の診断治療に役立つ PET プローブの開発 クリノ(株) 加齢時に見られる代表的な疾患、がん、認知症、心疾患を対象とする新規 PET イメージング剤の開発と実用化に関して共同研究を行っている。
- 2. 無細胞合成による新規標識タンパク質プローブの開発 大陽日酸(株) 無細胞タンパク質合成系のポジトロン標識プローブ開発への応用を目指して、18F 標識タンパク質や抗体などの合成研究を行っている。
- 3. 高速エネルギーディバイスによる生体投与後の薬物動態、細胞・組織への影響についての基礎研究 ダイセル(株) 企業が開発した新規薬液投与デバイスの性能評価を目的として、小動物 PET イメージンク を活用した動態研究を行っている。
- 4. 神経受容体イメージングを目的とした PET 薬剤開発 製薬会社-AMED 創薬における画像バイオマーカー開発を目的として、神経受容体を標的とする新規 PET トレーサーの開発に取り組んでいる。
- 5. FABP イメージング用 PET 薬剤の開発 福永浩司(東北大学院薬) 神経変性疾患に関与することが知られている FABP を標的とする新規 PET 薬剤開発 の研究に取り組んでいる。
- 6. 副腎皮質線種イメージング剤の開発 東北大学病院放射線科、他 アルドステロン産生腺腫の画像化を目的として、CYP11B2 を標的とする新規 PET 薬剤の開発に取り組んでいる。
- 7. 乳がんイメージング剤の開発 東北大学病院乳腺内分泌外科 乳がんの悪性化に関与するアミノ酸代謝系に着眼した新規 PET 薬剤の開発に取り組んでいる。
- 8. 膵がんイメージング剤の開発 東北大学病院消化器内科 超早期膵がんの発見を目的とする新規 PET 薬剤の開発に取り組んでいる。

③教育

・学部教育への参加

薬学部の協力講座(分子動態解析学)として2年次の放射化学(古本、船木が分担)および3年次の画像診断薬物学(古本)の講義を担当。また、4~6年次学生の特別実習研究(卒業研究)の指導(古本)を担当。さらに、医学部保健学科の放射化学(船木)も担当。

・大学院教育への参加(「4.研究教育の実績」を参照) 薬学研究科分子薬科学専攻の分子動態解析学講座(分子動態解析学分野)として修士論 文及び博士論文の指導(古本)を担当。また、分子解析学特論(古本)、応用医療薬学特論(古 本)の講義を分担。

・分子イメージング教育への参加 医学系研究科で開講されている「分子イメージング講義」(3 コマ分)を担当。

④研究成果発表 [資料1]

- 論文等
 - ▶ 英語論文・総説 53件
 - ▶ 日本語論文・総説 14件
 - ▶ 著書 2件
- 招待講演・学会発表
 - ▶ 海外 41 件
 - ▶ 国内 76件

⑤外部資金獲得[資料2]

- ・科研費 代表10件、分担6件
- ·受託研究·共同研究 5件

<u>⑥特許</u>

· 出願 6件

⑦受賞

⑧学外活動·社会貢献

- 1. 日本分子イメージング学会、理事、2019 年 05 月-現在、2022 年学会大会長
- 2. 秋田県立循環器・ 脳脊髄センター 短寿命放射性薬剤安全管理委員会委員、2019 年 04 月-現在
- 3. アイソトープ放射線薬学研究会、世話人、2017 年 04 月-現在
- 4. 日本核医学会分科会 放射性薬品科学研究会 運営委員、2016 年 11 月-現在
- 5. 一般財団法人 脳神経疾患研究所 PET 薬剤審査委員会委員、2016 年 05 月-2020 年 03 月
- 6. 公立大学法人福島県立医科大学 放射性薬剤委員会委員、2016 年 04 月-2020 年 03 月
- 7. 小動物インビボイメージング研究会 世話人、2015 年 07 月-現在
- 8. PET 化学ワークショップ 幹事、2015 年 04 月-現在
- 9. 日本核医学会 PET 薬剤基準小委員会委員、2012 年 04 月-現在

資料1 研究成果発表

英語論文・総説

- Longitudinal changes in 18 F-THK5351 positron emission tomography in corticobasal syndrome. Ezura M, Kikuchi A, Ishiki A, Okamura N, Hasegawa T, Harada R, Watanuki S, Funaki Y, Hiraoka K, Baba T, Sugeno N, Oshima R, Yoshida S, Kobayashi J, Kobayashi M, Tano O, Nakashima I, Mugikura S, Iwata R, Taki Y, Furukawa K, Arai H, Furumoto S, Tashiro M, Yanai K, Kudo Y, Takeda A, Aoki M. Eur J Neurol. 2019 Sep;26(9):1205-1211. doi: 10.1111/ene.13966. Epub 2019 May 11.
- 2. Characterization of the binding of tau imaging ligands to melanin-containing cells: putative off-target-binding site. Tago T, Toyohara J, Harada R, Furumoto S, Okamura N, Kudo Y, Takahashi-Fujigasaki J, Murayama S, Ishii K. Ann Nucl Med. 2019 Jun;33(6):375-382. doi: 10.1007/s12149-019-01344-x. Epub 2019 Feb 22.
- 3. Brain histamine H1 receptor occupancy after oral administration of desloratadine and loratadine. Nakamura T, Hiraoka K, Harada R, Matsuzawa T, Ishikawa Y, Funaki Y, Yoshikawa T, Tashiro M, Yanai K, Okamura N. Pharmacol Res Perspect. 2019 Jul 12;7(4):e00499. doi: 10.1002/prp2.499. eCollection 2019 Aug.
- 4. Association of deposition of tau and amyloid-β proteins with structural connectivity changes in cognitively normal older adults and Alzheimer's disease spectrum patients. Shigemoto Y, Sone D, Maikusa N, Okamura N, Furumoto S, Kudo Y, Ogawa M, Takano H, Yokoi Y, Sakata M, Tsukamoto T, Kato K, Sato N, Matsuda H. Brain Behav. 2018 Dec;8(12):e01145. doi: 10.1002/brb3.1145. Epub 2018 Oct 24.
- Imaging Protein Misfolding in the Brain Using β-Sheet Ligands. Harada R, Okamura N, Furumoto S, Yanai K. Front Neurosci. 2018 Aug 21;12:585. doi: 10.3389/fnins.2018.00585. eCollection 2018. Review. Erratum in: Front Neurosci. 2018 Sep 25;12:675.
- 6. Site-Specific Labeling of F-18 Proteins Using a Supplemented Cell-Free Protein Synthesis System and O-2-[18F]Fluoroethyl-L-Tyrosine: [18F]FET-HER2 Affibody Molecule. Yanai A, Harada R, Iwata R, Yoshikawa T, Ishikawa Y, Furumoto S, Ishida T, Yanai K. Mol Imaging Biol. 2019 Jun;21(3):529-537. doi: 10.1007/s11307-018-1266-z.
- 7. Dissociation of Tau Deposits and Brain Atrophy in Early Alzheimer's Disease: A Combined Positron Emission Tomography/Magnetic Resonance Imaging Study. Shigemoto Y, Sone D, Imabayashi E, Maikusa N, Okamura N, Furumoto S, Kudo Y, Ogawa M, Takano H, Yokoi Y, Sakata M, Tsukamoto T, Kato K, Sato N, Matsuda H. Front Aging Neurosci. 2018 Jul 18;10:223. doi: 10.3389/fnagi.2018.00223. eCollection 2018.
- 8. Neuroimaging-pathological correlations of [18F]THK5351 PET in progressive supranuclear palsy. Ishiki A, Harada R, Kai H, Sato N, Totsune T, Tomita N, Watanuki S, Hiraoka K, Ishikawa Y, Funaki Y, Iwata R, Furumoto S, Tashiro M, Sasano H, Kitamoto T, Kudo Y, Yanai K, Furukawa K, Okamura N, Arai H. Acta Neuropathol Commun. 2018 Jun 29;6(1):53. doi: 10.1186/s40478-018-0556-7.
- 9. Case of progressive supranuclear palsy detected by tau imaging with [18 F]THK-5351 before the appearance of characteristic clinical features. Shimizu S, Imabayashi E, Takenoshita N, Okamura N, Furumoto S, Kudo Y, Matsuda H, Hanyu H. Geriatr Gerontol Int. 2018 Mar;18(3):501-502. doi: 10.1111/ggi.13229. No abstract available.
- 10. Practical microscale one-pot radiosynthesis of 18 F-labeled probes. Iwata R, Pascali C,

- Terasaki K, Ishikawa Y, Furumoto S, Yanai K. J Labelled Comp Radiopharm. 2018 Jun 15;61(7):540-549. doi: 10.1002/jlcr.3618. Epub 2018 Apr 17.
- 11. Characterization of the radiosynthesis and purification of [18F]THK-5351, a PET ligand for neurofibrillary tau. Betthauser TJ, Ellison PA, Murali D, Lao PJ, Barnhart TE, Furumoto S, Okamura N, Johnson SC, Engle JW, Nickles RJ, Christian BT. Appl Radiat Isot. 2017 Dec;130:230-237. doi: 10.1016/j.apradiso.2017.10.002. Epub 2017 Oct 4.
- 12. [18F]-THK5351 PET Imaging in Patients With Semantic Variant Primary Progressive Aphasia. Lee H, Seo S, Lee SY, Jeong HJ, Woo SH, Lee KM, Lee YB, Park KH, Heo JH, Yoon CW, Kang JM, Cho J, Okamura N, Furumoto S, Yanai K, Na DL, Ido T, Villemagne VL, Noh Y. Alzheimer Dis Assoc Disord. 2018 Jan-Mar;32(1):62-69. doi: 10.1097/WAD.0000000000000216.
- 13. Development of molecular imaging probe targeted at Alzheimer's disease pathology. Okamura N, Harada R, Furumoto S, Nakamura T, Yanai K, Kudo Y. Nihon Yakurigaku Zasshi. 2017;150(4):172-176. doi: 10.1254/fpj.150.172. Japanese. No abstract available.
- 14. Tau positron emission tomography using [18F]THK5351 and cerebral glucose hypometabolism in Alzheimer's disease. Kang JM, Lee SY, Seo S, Jeong HJ, Woo SH, Lee H, Lee YB, Yeon BK, Shin DH, Park KH, Kang H, Okamura N, Furumoto S, Yanai K, Villemagne VL, Seong JK, Na DL, Ido T, Cho J, Lee KM, Noh Y. Neurobiol Aging. 2017 Nov;59:210-219. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2017.08.008. Epub 2017 Aug 12.
- 15. Correlations of 18F-THK5351 PET with Postmortem Burden of Tau and Astrogliosis in Alzheimer Disease. Harada R, Ishiki A, Kai H, Sato N, Furukawa K, Furumoto S, Tago T, Tomita N, Watanuki S, Hiraoka K, Ishikawa Y, Funaki Y, Nakamura T, Yoshikawa T, Iwata R, Tashiro M, Sasano H, Kitamoto T, Yanai K, Arai H, Kudo Y, Okamura N. J Nucl Med. 2018 Apr;59(4):671-674. doi: 10.2967/jnumed.117.197426. Epub 2017 Sep 1.
- 16. Regional tau deposition and subregion atrophy of medial temporal structures in early Alzheimer's disease: A combined positron emission tomography/magnetic resonance imaging study. Sone D, Imabayashi E, Maikusa N, Okamura N, Furumoto S, Kudo Y, Ogawa M, Takano H, Yokoi Y, Sakata M, Tsukamoto T, Kato K, Matsuda H. Alzheimers Dement (Amst). 2017 Aug 4;9:35-40. doi: 10.1016/j.dadm.2017.07.001. eCollection 2017.
- 17. A comparison of five partial volume correction methods for Tau and Amyloid PET imaging with [18F]THK5351 and [11C]PIB. Shidahara M, Thomas BA, Okamura N, Ibaraki M, Matsubara K, Oyama S, Ishikawa Y, Watanuki S, Iwata R, Furumoto S, Tashiro M, Yanai K, Gonda K, Watabe H. Ann Nucl Med. 2017 Aug;31(7):563-569. doi: 10.1007/s12149-017-1185-0. Epub 2017 Jun 21.
- 18. Minimization of the amount of Kryptofix 222 KHCO3 for applications to microscale 18F-radiolabeling. Iwata R, Pascali C, Terasaki K, Ishikawa Y, Furumoto S, Yanai K. Appl Radiat Isot. 2017 Jul;125:113-118. doi: 10.1016/j.apradiso.2017.04.021. Epub 2017 Apr 13.
- 19. Prediction of the Clinical SUV Ratio in Amyloid PET Imaging Using a Biomathematic Modeling Approach Toward the Efficient Development of a Radioligand. Arakawa Y, Nai Y, Shidahara M, Furumoto S, Seki C, Okamura N, Tashiro M, Kudo Y, Yanai K, Gonda K, Watabe H. J Nucl Med. 2017 Aug;58(8):1285-1292. doi: 10.2967/jnumed.116.183566. Epub 2017 Jan 6.
- 20. Development of [11C]/[3H]THK-5351 A potential novel carbon-11 tau imaging PET radioligand. Stepanov V, Svedberg M, Jia Z, Krasikova R, Lemoine L, Okamura N, Furumoto S, Mitsios N, Mulder J, Långström B, Nordberg A, Halldin C. Nucl Med Biol. 2017 Mar;46:50-53. doi: 10.1016/j.nucmedbio.2016.12.004. Epub 2016 Dec 9.

- 21. A report of the automated radiosynthesis of the tau positron emission tomography radiopharmaceutical, [18F]-THK-5351. Neelamegam R, Yokell DL, Rice PA, Furumoto S, Kudo Y, Okamura N, El Fakhri G. J Labelled Comp Radiopharm. 2017 Feb;60(2):140-146. doi: 10.1002/jlcr.3482. Epub 2017 Jan 25.
- 22. In Vivo Comparison of Tau Radioligands 18F-THK-5351 and 18F-THK-5317. Betthauser TJ, Lao PJ, Murali D, Barnhart TE, Furumoto S, Okamura N, Stone CK, Johnson SC, Christian BT. J Nucl Med. 2017 Jun;58(6):996-1002. doi: 10.2967/jnumed.116.182980. Epub 2016 Nov 10.
- 23. Tau imaging with [18 F]THK-5351 in progressive supranuclear palsy. Ishiki A, Harada R, Okamura N, Tomita N, Rowe CC, Villemagne VL, Yanai K, Kudo Y, Arai H, Furumoto S, Tashiro M, Furukawa K. Eur J Neurol. 2017 Jan;24(1):130-136. doi: 10.1111/ene.13164. Epub 2016 Oct 31.
- 24. In vivo visualization of tau deposits in corticobasal syndrome by 18F-THK5351 PET. Kikuchi A, Okamura N, Hasegawa T, Harada R, Watanuki S, Funaki Y, Hiraoka K, Baba T, Sugeno N, Oshima R, Yoshida S, Kobayashi J, Ezura M, Kobayashi M, Tano O, Mugikura S, Iwata R, Ishiki A, Furukawa K, Arai H, Furumoto S, Tashiro M, Yanai K, Kudo Y, Takeda A, Aoki M. Neurology. 2016 Nov 29;87(22):2309-2316. Epub 2016 Oct 28.
- 25. Erratum to: Characterization of the radiolabeled metabolite of tau PET tracer 18F-THK5351. Harada R, Furumoto S, Tago T, Furukawa K, Ishiki A, Tomita N, Iwata R, Tashiro M, Arai H, Yanai K, Kudo Y, Okamura N. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2017 Jan;44(1):177. No abstract available.
- 26. Characterization of the radiolabeled metabolite of tau PET tracer 18F-THK5351. Harada R, Furumoto S, Tago T, Furukawa K, Ishiki A, Tomita N, Iwata R, Tashiro M, Arai H, Yanai K, Kudo Y, Okamura N. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2016 Nov;43(12):2211-2218. Epub 2016 Jul 19. Erratum in: Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2017 Jan;44(1):177. Katsutoshi, F [corrected to Furukawa, K].
- 27. Anti-EGFR scFv tetramer (tetrabody) with a stable monodisperse structure, strong anticancer effect, and a long in vivo half-life. Asano R, Koyama N, Hagiwara Y, Masakari Y, Orimo R, Arai K, Ogata H, Furumoto S, Umetsu M, Kumagai I. FEBS Open Bio. 2016 May 16;6(6):594-602. doi: 10.1002/2211-5463.12073. eCollection 2016 Jun.
- 28. Dynamic PET Measures of Tau Accumulation in Cognitively Normal Older Adults and Alzheimer's Disease Patients Measured Using [18F] THK-5351. Lockhart SN, Baker SL, Okamura N, Furukawa K, Ishiki A, Furumoto S, Tashiro M, Yanai K, Arai H, Kudo Y, Harada R, Tomita N, Hiraoka K, Watanuki S, Jagust WJ. PLoS One. 2016 Jun 29;11(6):e0158460. doi: 10.1371/journal.pone.0158460. eCollection 2016.
- 29. 18F-Labeled 2-Arylquinoline Derivatives for Tau Imaging: Chemical, Radiochemical, Biological and Clinical Features. Furumoto S, Tago T, Harada R, Kudo Y, Okamura N.
- 30. Curr Alzheimer Res. 2017;14(2):178-185. Review.
- 31. [Tau imaging]. Kudo Y, Furumoto S, Harada R, Okamura N. Nihon Rinsho. 2016 Mar;74(3):404-9. Japanese.
- 32. Radiosynthesis and preliminary biological evaluation of a new (18)F-labeled triethylene glycol derivative of triphenylphosphonium. Tominaga T, Ito H, Ishikawa Y, Iwata R, Ishiwata K, Furumoto S. J Labelled Comp Radiopharm. 2016 Mar;59(3):117-23. doi: 10.1002/jlcr.3379. Epub 2016 Feb 10.
- 33. Advances in the development of tau PET radiotracers and their clinical applications. Okamura N, Harada R, Furukawa K, Furumoto S, Tago T, Yanai K, Arai H, Kudo Y. Ageing Res Rev. 2016 Sep;30:107-13. doi: 10.1016/j.arr.2015.12.010. Epub 2016 Jan 21.

Review.

- 34. Characteristics of Tau and Its Ligands in PET Imaging. Harada R, Okamura N, Furumoto S, Tago T, Yanai K, Arai H, Kudo Y. Biomolecules. 2016 Jan 6;6(1):7. doi: 10.3390/biom6010007. Review.
- 35. Synthesis and Characterization of ¹⁸F-Interleukin-8 Using a Cell-Free Translation System and 4-¹⁸F-Fluoro-L-Proline. Harada R, Furumoto S, Yoshikawa T, Ishikawa Y, Shibuya K, Okamura N, Ishiwata K, Iwata R, Yanai K. J Nucl Med. 2016 Apr;57(4):634-9. doi: 10.2967/jnumed.115.162602. Epub 2016 Jan 7.
- 36. Performance evaluation of the small-animal PET scanner ClairvivoPET using NEMA NU 4-2008 Standards. Sato K, Shidahara M, Watabe H, Watanuki S, Ishikawa Y, Arakawa Y, Nai YH, Furumoto S, Tashiro M, Shoji T, Yanai K, Gonda K. Phys Med Biol. 2016 Jan 21;61(2):696-711. doi: 10.1088/0031-9155/61/2/696. Epub 2015 Dec 30.
- 37. Structure-Activity Relationship of 2-Arylquinolines as PET Imaging Tracers for Tau Pathology in Alzheimer Disease. Tago T, Furumoto S, Okamura N, Harada R, Adachi H, Ishikawa Y, Yanai K, Iwata R, Kudo Y. J Nucl Med. 2016 Apr;57(4):608-14. doi: 10.2967/jnumed.115.166652. Epub 2015 Dec 23.
- 38. 18F-THK5351: A Novel PET Radiotracer for Imaging Neurofibrillary Pathology in Alzheimer Disease. Harada R, Okamura N, Furumoto S, Furukawa K, Ishiki A, Tomita N, Tago T, Hiraoka K, Watanuki S, Shidahara M, Miyake M, Ishikawa Y, Matsuda R, Inami A, Yoshikawa T, Funaki Y, Iwata R, Tashiro M, Yanai K, Arai H, Kudo Y. J Nucl Med. 2016 Feb;57(2):208-14. doi: 10.2967/jnumed.115.164848. Epub 2015 Nov 5.
- 39. Longitudinal Assessment of Tau Pathology in Patients with Alzheimer's Disease Using [18F]THK-5117 Positron Emission Tomography. Ishiki A, Okamura N, Furukawa K, Furumoto S, Harada R, Tomita N, Hiraoka K, Watanuki S, Ishikawa Y, Tago T, Funaki Y, Iwata R, Tashiro M, Yanai K, Kudo Y, Arai H. PLoS One. 2015 Oct 13;10(10):e0140311. doi: 10.1371/journal.pone.0140311. eCollection 2015.
- 40. Preclinical Evaluation of [(18)F]THK-5105 Enantiomers: Effects of Chirality on Its Effectiveness as a Tau Imaging Radiotracer. Tago T, Furumoto S, Okamura N, Harada R, Adachi H, Ishikawa Y, Yanai K, Iwata R, Kudo Y. Mol Imaging Biol. 2016 Apr;18(2):258-66. doi: 10.1007/s11307-015-0879-8.
- 41. Amyloid deposits and response to shunt surgery in idiopathic normal-pressure hydrocephalus. Hiraoka K, Narita W, Kikuchi H, Baba T, Kanno S, Iizuka O, Tashiro M, Furumoto S, Okamura N, Furukawa K, Arai H, Iwata R, Mori E, Yanai K. J Neurol Sci. 2015 Sep 15;356(1-2):124-8. doi: 10.1016/j.jns.2015.06.029. Epub 2015 Jun 16.
- 42. Quantitative kinetic analysis of PET amyloid imaging agents [(11)C]BF227 and [(18)F]FACT in human brain. Shidahara M, Watabe H, Tashiro M, Okamura N, Furumoto S, Watanuki S, Furukawa K, Arakawa Y, Funaki Y, Iwata R, Gonda K, Kudo Y, Arai H, Ishiwata K, Yanai K. Nucl Med Biol. 2015 Sep;42(9):734-44. doi: 10.1016/j.nucmedbio.2015.05.001. Epub 2015 May 9.
- 43. [(18)F]THK-5117 PET for assessing neurofibrillary pathology in Alzheimer's disease. Harada R, Okamura N, Furumoto S, Furukawa K, Ishiki A, Tomita N, Hiraoka K, Watanuki S, Shidahara M, Miyake M, Ishikawa Y, Matsuda R, Inami A, Yoshikawa T, Tago T, Funaki Y, Iwata R, Tashiro M, Yanai K, Arai H, Kudo Y. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2015 Jun;42(7):1052-61. doi: 10.1007/s00259-015-3035-4. Epub 2015 Mar 20.
- 44. Cortical laminar binding of PET amyloid and tau tracers in Alzheimer disease. Li Y, Tsui W, Rusinek H, Butler T, Mosconi L, Pirraglia E, Mozley D, Vallabhajosula S, Harada R, Furumoto S, Furukawa K, Arai H, Kudo Y, Okamura N, de Leon MJ. J Nucl Med. 2015

- Feb;56(2):270-3. doi: 10.2967/jnumed.114.149229. Epub 2015 Jan 8.
- 45. Histamine H1 receptor occupancy by the new-generation antipsychotics olanzapine and quetiapine: a positron emission tomography study in healthy volunteers. Sato H, Ito C, Hiraoka K, Tashiro M, Shibuya K, Funaki Y, Yoshikawa T, Iwata R, Matsuoka H, Yanai K. Psychopharmacology (Berl). 2015 Oct;232(19):3497-505. doi: 10.1007/s00213-015-4002-2. Epub 2015 Jul 7.
- 46. Rearranging the domain order of a diabody-based IgG-like bispecific antibody enhances its antitumor activity and improves its degradation resistance and pharmacokinetics. Asano R, Shimomura I, Konno S, Ito A, Masakari Y, Orimo R, Taki S, Arai K, Ogata H, Okada M, Furumoto S, Onitsuka M, Omasa T, Hayashi H, Katayose Y, Unno M, Kudo T, Umetsu M, Kumagai I. MAbs. 2014;6(5):1243-54. doi: 10.4161/mabs.29445. Epub 2014 Oct 30.
- 47. Voyage au bout de la nuit: Aβ and tau imaging in dementias. Zwan MD, Okamura N, Fodero-Tavoletti MT, Furumoto S, Masters CL, Rowe CC, Villemagne VL. Q J Nucl Med Mol Imaging. 2014 Dec;58(4):398-412. Epub 2014 Oct 31. Review.
- 48. Tau PET imaging in Alzheimer's disease. Okamura N, Harada R, Furumoto S, Arai H, Yanai K, Kudo Y. Curr Neurol Neurosci Rep. 2014 Nov;14(11):500. doi: 10.1007/s11910-014-0500-6. Review.
- 49. Non-invasive assessment of Alzheimer's disease neurofibrillary pathology using 18F-THK5105 PET. Okamura N, Furumoto S, Fodero-Tavoletti MT, Mulligan RS, Harada R, Yates P, Pejoska S, Kudo Y, Masters CL, Yanai K, Rowe CC, Villemagne VL. Brain. 2014 Jun;137(Pt 6):1762-71. doi: 10.1093/brain/awu064. Epub 2014 Mar 27.
- 50. Assessing THK523 selectivity for tau deposits in Alzheimer's disease and non-Alzheimer's disease tauopathies. Fodero-Tavoletti MT, Furumoto S, Taylor L, McLean CA, Mulligan RS, Birchall I, Harada R, Masters CL, Yanai K, Kudo Y, Rowe CC, Okamura N, Villemagne VL. Alzheimers Res Ther. 2014 Feb 26;6(1):11. doi: 10.1186/alzrt240. eCollection 2014.
- 51. In vivo evaluation of a novel tau imaging tracer for Alzheimer's disease. Villemagne VL, Furumoto S, Fodero-Tavoletti MT, Mulligan RS, Hodges J, Harada R, Yates P, Piguet O, Pejoska S, Doré V, Yanai K, Masters CL, Kudo Y, Rowe CC, Okamura N. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2014 May;41(5):816-26. doi: 10.1007/s00259-013-2681-7. Epub 2014 Feb
- 52. Synthesis and preliminary evaluation of 2-arylhydroxyquinoline derivatives for tau imaging. Tago T, Furumoto S, Okamura N, Harada R, Ishikawa Y, Arai H, Yanai K, Iwata R, Kudo Y. J Labelled Comp Radiopharm. 2014 Jan;57(1):18-24. doi: 10.1002/jlcr.3133. Epub 2013 Oct 16.
- 53. Analysis of early phase [11C]BF-227 PET, and its application for anatomical standardization of late-phase images for 3D-SSP analysis. Kaneta T, Okamura N, Arai A, Takanami K, Furukawa K, Tashiro M, Furumoto S, Iwata R, Takahashi S, Arai H, Yanai K, Kudo Y. Jpn J Radiol. 2014 Mar;32(3):138-44. doi: 10.1007/s11604-013-0276-7. Epub 2014 Jan 10.

日本語論文・総説

1. beyond FDG 1 - Alzheimer 病の神経病理変化を標的とする分子イメージング薬剤の現状と 展望, 古本祥三, 原田龍一, Christopher C.Rowe, Victor L.Villemagne, 岡村信行, 臨床画 像 35(8) 933-942 2019 年 7 月

- 2. PET を用いた脳タンパク質の可視化 (特集 脳タンパク質老化と認知症制御), 原田 龍一, 岡村 信行, 古本 祥三, 谷内 一彦, 細胞 50(6) 295-298 2018 年 5 月
- 3. アルツハイマー病理を標的とした分子イメージングプローブの開発 (特集 難治性疾患の治療に向けた基礎研究), 岡村 信行, 原田 龍一, 古本 祥三, 中村 正帆, 谷内 一彦, 工藤 幸司, 日本薬理学雑誌 150(4) 172-176 2017 年 10 月
- 4. 【難治性疾患の治療に向けた基礎研究】 アルツハイマー病理を標的とした分子イメージングプローブの開発, 岡村 信行 原田 龍一 古本 祥三 中村 正帆 谷内 一彦 工藤 幸司, 日本薬理学雑誌 150(4) 172-176 2017 年 10 月
- 5. PET 用陽電子標識トレーサー, 古本 祥三, 陽電子科学 (9) 3-13 2017 年 9 月
- 6. 【認知症と類縁疾患-最新の研究動向-】 診断、鑑別診断の新たな展開 タウイメージング, 工藤 幸司 古本 祥三 原田 龍一 岡村 信行, 日本臨床 74(3) 404-409 2016 年 3 月
- 7. 【認知症】診断・バイオマーカー タウイメージング 18F-THK5351, 原田 龍一 岡村 信 行 古本 祥三 工藤 幸司 谷内 一彦, 最新医学 71(3 月増刊) 595-600 2016 年 3 月
- 8. アルツハイマー病の早期診断と薬効評価のための新規画像バイオマーカーの確立, 岡村 信 行 古本 祥三 原田 龍一 古川 勝敏, 先進医薬研究振興財団研究成果報告集 2015 年度 6-7 2016 年 3 月
- 9. アルツハイマー型認知症における 18F-THK-5351 によるタウ PET イメージングの初期的 検討, 今林 悦子 Rokicki Jaroslav 加藤 孝一 松田 博史 小川 雅代 舞草 伯秀 岡村 信行 古本 祥三 工藤 幸司, 臨床核医学 49(1) 5-9 2016 年 1 月
- 10. 【次世代のクリニカル PET(その 2)】 アミロイド・タウ PET イメージングの現状と今後, 岡村 信行 谷内 一彦 原田 龍一 工藤 幸司 古本 祥三, PET Journal (30) 29-31 2015 年 6 月
- 11. 【タウオパチー】 タウ イメージングの現状,工藤 幸司 岡村 信行 古本 祥三 原田 龍一 石木 愛子 古川 勝敏 谷内 一彦 荒井 啓行, Dementia Japan 29(2) 172-183 2015 年 4 月
- 12. 老年医学の展望 タウイメージングの幕開け,工藤 幸司 岡村 信行 古本 祥三 原田 龍一 石木 愛子 古川 勝敏 谷内 一彦 荒井 啓行,日本老年医学会雑誌 52(2)115-125 2015 年 4月
- 13. 18F 標識 PET プローブの現状と展望, 古本 祥三, INNERVISION 29(7) 11-14 2014 年 6 月
- 14. 【アルツハイマー病の診断と治療の最先端】アルツハイマー病イメージング剤開発の現状, 原田 龍一 岡村 信行 古本 祥三 工藤 幸司, PET Journal (26) 31-32 2014 年 6 月

書籍

- 1. DDS 先端技術の製剤への応用開発, 古本祥三, 技術情報協会 2017 年 6 月
- 2. ハーバード大学講義テキスト 臨床薬理学 原書 3 版, 谷内一彦, 古本祥三, 丸善出版

招待講演,学会発表

海外発表

- 1. A concentration method for efficient microscale one pot radiosynthesis of [18F]FET and [18F]fallypride, Ren Iwata, Claudio Pascali, Kazunori Terasaki, Yoichi Ishikawa, Ryuichi Harada, Shozo Furumoto and Kazuhiko Yanai, ISRS2019 2019年5月24日
- 2. Development of Fluorine-18 Tracers for AD Brain Imaging., FURUMOTO Shozo, ESNMS 17th Conference, 2019 年 3 月 24 日 Cairo, Egypt
- 3. Fluorine-18 Labeled PET Tracers for Imaging Mitochondria, FURUMOTO Shozo, 3rd

- International Symposium on Molecular Imaging 2019年1月17日 Havana city CUBA
- 4. New 18F-Labeled PET Tracers for Myocardial Perfusion Imaging, FURUMOTO Shozo, National Cyclotron and PET Centre Academic Conference 2018 2018 年 11 月 23 日 Chulabhorn Graduate Institute
- In vitro characterization of [18F]THK5351 binding to melanin-containing cells, T. Tago, J. Toyohara, R. Harada, S. Furumoto, N. Okamura, Y., Kudo, J. Takahashi-Fujigasaki, S. Murayama, K. Ishii, 30th Annual EANM Congress of the European Association of Nuclear Medicine 2017 2017 年 10 月 21 日
- 6. Novel 18F-labeled triarylphosphonium derivatives for mitochondria imaging, S. Furumoto, T. Tominaga, R. Akita, A. Kazama, Y. Ishikawa, R., Iwata, K. Ishiwata, 30th Annual EANM Congress of the European Association of Nuclear Medicine 2017 2017 年 10 月 21 日
- 7. Successful Reduction of Off-Target Binding of Quinoline Derivatives As Tau-Selective Tracers PET Tracers, Hayakawa Y, Ezura M, Furumoto S, Iwata R, Arai H, Yanai K, Kudo Y, Okamura N, Alzheimer's Association International Conference 2016 2017 年 7 月 16 日
- 8. Utility of 18F-THK5351 PET in Diagnosis and Differenciation of Neurodegenerative Diseases, Sone D, Takano H, Tsukamoto T, Shimizu S, Hanyu H, Okamura N, Furumoto S, Kudo Y, Matsuda H, Alzheimer's Association International Conference 2016 2017 年7月16日
- 9. Characterization and optimization of the radiochemical synthesis and purification of F-18-THK-5351: a PET imaging agent for neurofibrillary tau protein aggregates, Betthauser, Tobey, Ellison, Paul, Murali, Dhanabalan, Lao, Patrick, Barnhart, Todd, Furumoto, Shozo, Okamura, Nobuyuki, Nickles, Robert, Johnson, Sterling, Christians, Bradley, SNMMI 2017 Annual Meeting 2017 年 6 月 10 日
- 10. Autmoated radiosynthesis of F-18-THK-5351 using the Sofie ELIXYS, Betthauser, Tobey, Ellison, Paul, Murali, Dhanabalan, Lao, Patrick, Barnhart, Todd, Furumoto, Shozo, Okamura, Nobuyuki, Nickles, Robert, Johnson, Sterling, Christians, Bradley, SNMMI 2017 Annual Meeting 2017 年 6 月 10 日
- 11. Optimization of radiochemical synthesis and purification of tau protein PET imaging agent 18F-THK-5351, T. Betthauser, P. Ellison, D. Murali, P. Lao, T. Barnhart, S. Furumoto, N. Okamura, R. Nickles, S. Johnson, B. Christian, 22st International Symposium on Radiopharmaceutical Sciences 2017年5月14日
- 12. Fully automated radiosynthesis of [18F]THK-5351 for clinical use, J. Toyohara, S. Furumoto, T. Tago, 22st International Symposium on Radiopharmaceutical Sciences 2017 年 5 月 14 日
- 13. Automated radiosynthesis of [18F]THK-5351 and validation for human use, D. L. Yokell, R. Neelamegam, P. A. Rice, S. Furumoto, Y. Kudo, N. Okamura, G. El Fakhri, 22st International Symposium on Radiopharmaceutical Sciences 2017年5月14日
- 14. Microscale radiosynthesis of 18F-labeled compounds, R. Iwata, C. Pascali, K. Terasaki, Y. Ishikawa, S. Furumoto, K. Yanai, 22st International Symposium on Radiopharmaceutical Sciences 2017 年 5 月 14 日
- 15. Development of novel 18F-labeled phosphonium derivatives for mitochondria imaging by positron emission tomography, Takahiro Tominaga, Ryo Akita, Yoichi Ishikawa, Ren Iwata, Kiichi Ishiwata, Shozo Furumoto, 22st International Symposium on Radiopharmaceutical Sciences 2017年5月14日
- 16. Metabolite analysis of tau PET tracer [18F]THK-5351, Ryuichi Harada, Nobuyuki

- Okamura, Shozo Furumoto, Tetsuro Tago, Katsutoshi Furukawa, Aiko Ishiki, Ren Iwata, Manabu Tashiro, Hiroyuki Arai, Kazuhiko Yanai, Yukitsuka Kudo, The 10th Human Amyloid Imaging (HAI) meeting 2016年1月13日
- 17. Simple and fully automatic production of [F-18]THK-5351 using All-in-One chemistry module, Lee, S., Oh, S., Cho, E., Cho, D., Furumoto, S., Okamura, N., Kim, J., 29th Annual EANM Congress of the European Association of Nuclear Medicine 2016 2016 年 10 月 15 日
- 18. Distinct patterns of [18F]THK-5351 retention in AD and non-AD tauopathies, Okamura N, Kikuchi A, Furukawa K, Ishiki A, Harada R, Hasegawa T, Takeda A, Furumoto S, Iwata R, Tashiro M, Yanai K, Aoki M, Arai H, Kudo Y., The 10th Human Amyloid Imaging (HAI) meeting 2016年1月13日
- 19. Challenges for PET Tau Imaging in Alzheimer's Disease, 古本 祥三, 2015 Tohoku University-Chungbuk National University-Sungkyunkwan University Joint Symposium on Pharmaceutical Sciences 2015年12月3日
- 20. Development of Fluorine-18 Labeled 2-Arylquinoline erivatives for Tau PET Imaging in Alzheimer's Disease, Tetsuro Tago, Shozo Furumoto, Nobuyuki Okamura, Ryuichi Harada, Hajime Adachi, Yoichi Ishikawa, Kazuhiko Yanai, Ren Iwata, Yukitsuka Kudo, 日中放射性医薬品化学ジョイントセミナー 2015年11月8日
- 21. IN VITRO AND IN VIVO CHARACTERIZATION OF [18F]INTERLEUKIN-8 PRODUCED BY A CELL-FREE TRANSLATION SYSTEM AND [18F]FLUORO-L-PROLINE, Ryuichi Harada, Shozo Furumoto, Tago Tetsuro, Ren Iwata, Takeo Yoshikawa, Nobuyuki Okamura, Kazuhiko Yanai, 日中放射性医薬品化学ジョイントセミナー 2015 年 11 月 8 日
- 22. Biomathematical modeling approach to predict clinical SUVR in amyloid PET imaging towards efficient radioligand discovery and development, Arakawa, Y., Shidahara, M., Nai, Y., Furumoto, S., Seki, C., Okamura, N., Tashiro, M., Tashiro, M., Kudo, Y., Yanai, K., Gonda, K., Watabe, H., 28th Annual EANM Congress of the European Association of Nuclear Medicine 2015 2015 年 10 月 10 日
- 23. Preparation of 11C-Labeled scFv Antibody by Cell Free Protein Synthesis System, Shozo Furumoto, Takayoshi Matsuda, Kae Higuchi, Yoichi Ishikawa, Kazuhiko Yanai, Ren Iwata, Jun Yokoyama, Takanori Kigawa, World Molecular Imaging Congress 2015 2015 年 9 月 2 日
- 24. Synthesis and characterization of 18F-interleukin-8 using a cell-free translation system and 18F-fluoro-L-proline, Ryuichi Harada, Shozo Furumoto, Ren Iwata, Takeo Yoshikawa, Nobuyuki Okamura, Kazuhiko Yanai, World Molecular Imaging Congress 2015 2015 年 9 月 2 日
- 25. Validation of the binding specificity of tau PET tracer [18F]THK-5351 on postmortem human brain samples, Ryuichi Harada, Nobuyuki Okamura, Shozo Furumoto, Aiko Ishiki, Katsutoshi Furukawa, Tomita Naoki, Tetsuro Tago, Ren Iwata, Kazuhiko Yanai, Hiroyuki Arai, Yukitsuka Kudo, Alzheimer's Association International Conference 2015 2015 年 7 月 18 日
- 26. Distribution of tau pathology in the patients with mild cognitive impairment and Alzheimer's disease measured with [18F]THK-5351 PET, Okamura N, Furumoto S, Furukawa K, Ishiki A, Tomita N, Harada R, Tashiro M, Yanai K, Arai H, Kudo Y., Alzheimer's Association International Conference 2015 2015 年 7 月 18 日
- 27. Longituinal [C-11]BF-227 PET study in MSA-C patients, Kikuchi A, Okamura N, Tashiro M, Furumoto S, Hasegawa T, Watanuki S, Hiraoka K, Funaki Y, Kobayashi M,

- Sugeno N, Baba T, Konno M, Miura E, Oshima R, Yoshida S, Iwata R, Takahashi S, Fukuda H, Itoyama Y, Arai H, Kudo Y, Yanai K, Aoki M, Takeda A., 19th International Congress of Parkinson's Disease and Movement Disorders 2015年6月14日
- 28. PET imaging of tau pathology in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease with [F-18]THK-5351, Okamura, Nobuyuki, Furumoto, Shozo, Furukawa, Katsutoshi, Ishiki, Aiko, Harada, Ryuichi, Iwata, Ren, Tashiro, Manabu, Yanai, Kazuhiko, Arai, Hiroyuki, Kudo, Yukitsuka, SNMMI 2015 Annual Meeting 2015 年 6 月 6 日
- 29. Preclinical characterization of [18F]THK-5117 antiomers as a PET tau probe for tau pathology in Alzheimer's disease2015, T. Tago, S. Furumoto, N. Okamura, R. Harada, H. Adachi, Y. Ishikawa, K. Yanai, R. Iwata, Y. Kudo., 21st International Symposium on Radiopharmaceutical Sciences 2015年5月26日
- 30. Production of [F-18]THK-5117 using Siemens Explora chemistry module, Betthauser, Tobey J., Lao, Patrick, Higgins, Andrew T., Murali, Dhanabalan, Barnhart, Todd E., Nickles, Robert J., Johnson, Sterling, Okamura, Nobuyuki, Furumoto, Shozo, Christian, Bradley T., 21st International Symposium on Radiopharmaceutical Sciences 2015年5月26日
- 31. First-in-Human PET Study of a Novel Tau Tracer [18F]THK-5351, Harada R, Okamura N, Furumoto S, Tago T, Furukawa K, Ishiki A, Iwata R, Tashiro M, Yanai K, Arai H, Kudo Y, 9th Human Amyloid Imaging 2015 2015 年 1 月 14 日
- 32. Validation of Automated Analysis of Tracer Binding on THK Tau PET Images, Okamura N, Harada R, Furumoto S, Furukawa K, Ishiki A, Iwata R, Tashiro M, Yanai K, Arai H, Kudo Y, 9th Human Amyloid Imaging 2015 2015 年 1 月 14 日
- 33. Chirality of [18F]THK-5105 Affects its Preclinical Characteristics as a PET Tau Imaging Probe, Tago T, Furumoto S, Okamura N, Harada R, Adachi H, Ishikawa Y, Yanai K, Iwata R, Kudo Y, 9th Human Amyloid Imaging 2015 2015 年 1 月 14 日
- 34. In vivo tau imaging with 18F-THK5105 and 18F-THK5117, Villemange V, Rowe C, Tamagnan G, Fodero-Tavoletti M, Okamura N, Furumoto S, Alzheimer's Association International Conference 2014 2014年7月12日
- 35. Accumulation of the novel tau imaging tracer, 18F-5117 is associated with brain atrophy in Alzheimer's disease., Ishiki A, Furumoto S, Harada R, Furukawa K, Okamura N, Tashiro M, Yanai K, Kudo Y, Arai H, Alzheimer's Association International Conference 2014 2014年7月12日
- 36. Binding characterization of PET tracer 18F-5117 in non-Alzheimer's neurodegenerarive diseases, Harada R, Okamura N, Furumoto S, Tago T, Yoshikawa T, Akatsu H, Iwata R, Arai H, Yanai K, Kudo Y, Alzheimer's Association International Conference 2014 2014 年 7 月 12 日
- 37. Comparison of 18F-THK5117 and 11C-PiB PET images in the Patients with Alzheimer's disease, Okamura N, Harada R, Furumoto S, Furukawa K, Ishiki A, Tomita N, Tashiro M, Iwata R, Yanai K, Arai H, Kudo Y, Alzheimer's Association International Conference 2014 2014 年 7 月 12 日
- 38. In vivo selective imaging of tau pathology in Alzheimer's disease with 18F-THK5117, Okamura N, Furumoto S, Harada R, Furukawa K, Ishiki A, Iwata R, Tashiro M, Yanai K, Arai H, Kudo Y., Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging 2014 2014年6月7日
- 39. In vivo assessment of four tau protein tracers isomers of [18F]-THK5105 and [18F]-THK5117, Barret O, Alagille D, Jennings D, Okamura N, Furumoto S, Kudo Y, Marek K, Seibyl J, Tamagnan G, Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging 2014

2014年6月7日

- 40. Tau Probe Development: From A Molecular Design To A Clinical Research., Furumoto S., Okamura N., Kudo Y., 第 9 回日本分子イメージング学会総会・学術集会 2014 年 5 月 22 日
- 41. PET imaging of tau deposits in Alzheimer's disease patients using 18F-THK5105 and 18F-THK5117, Okamura N, Furumoto S, Harada R, Furukawa K, Ishiki A, Fodero-Tavoletti MT, Mulligan RS, Iwata R, Tashiro M, Yanai K, Masters CL, Arai H, Rowe CC, Villemagne VL, Kudo Y., Human Amyloid Imaging 2014 2014 年 1 月 15 日

国内発表

- 1. 生活習慣病の PET イメージング, 古本 祥三, 第92回日本内分泌学会学術総会 2019年 5月8日
- 2. アンバーコドンを用いた無細胞蛋白質合成法による新規 18F 標識法タンパク質合成法の開発,原田龍一、谷内亜衣、岩田錬、吉川雄朗、石川洋一、古本祥三、谷内一彦,第58回日本核医学会学術総会 2018年11月15日
- 3. 18F-ホスホニウム型 MPI トレーサーの開発と 18F-Flurpiridaz との動態比較, 伊東由夏、 冨永隆裕、石川洋一、岩田錬、石渡喜一、古本祥三, 第 58 回日本核医学会学術総会 2018 年 11 月 15 日
- 4. F-18標識 PET トレーサー開発の最前線, 古本 祥三, In vivo イメージングフォーラム 2018 2018 年 10 月 19 日
- 5. ポジトロン製剤について、古本 祥三、第46回日本放射線技術学会秋季学術大会 2018年 10月5日
- 6. 認知症の PET 分子イメージング:プローブ開発の現状と展望, 古本 祥三, 第 67 回関東 核医学画像処理研究会 2018 年 9 月 1 日
- 7. 心筋血流イメージング剤 18F-TAP-31 の開発と 18F-Flurpiridaz との比較評価, 冨永隆裕、 秋田諒、石川洋一、岩田錬、石渡喜一、古本祥三, 第 13 回日本分子イメージング学会総会・ 学術集会 2018 年 5 月 31 日
- 8. フッ素 18 標識 PET 薬剤のドラッグデザインと開発の実際, 古本 祥三, 平成 29 年度第 2 回 JSPS 第 155 委員会主催講演会「フッ素と医療の研究最前線」 2018 年 1 月 9 日
- 9. 18F-THK5351 PET によるタウオパチーでの鑑別診断の検討, 江面 道典, 菊池 昭夫, 岡村信行, 長谷川 隆文, 石木 愛子, 原田 龍一, 荒井 啓行, 谷内 一彦, 古本 祥三, 田代 学, 工藤 幸司, 武田 篤, 青木 正志, 第11回 パーキンソン病・運動障害疾患コングレス 2017年10月26日
- 10. 基礎研究における PET 薬剤の生物学的評価手法, 古本 祥三, 第57 回日本核医学会学術総会 2017 年10 月5 日
- 11. [18F]THK-5351 のアルツハイマー病患者における画像病理相関解析,原田 龍一,石木 愛子,甲斐 英朗,佐藤 直美,古本 祥三,田代 学,工藤 幸司,笹野 公伸,北本 哲 之,荒井 啓行,谷内 一彦,岡村 信行,第57回日本核医学会学術総会 2017年10月5日
- 12. ラット PET を用いたヒト内部被曝線量の非侵襲的推定手法の検討, 志田原 美保, 猪又 嵩斗, 小山 千莉, 船木 善仁, 田代 学, 古本 祥三, 谷内 一彦, 権田 幸祐, 渡部 浩司, 第57回日本核医学会学術総会 2017年10月5日
- 13. 18F-THK5351 PET によるタウオパチーでの鑑別診断の検討, 江面 道典, 菊池 昭夫, 岡村 信行, 長谷川 隆文, 石木 愛子, 原田 龍一, 荒井 啓行, 谷内 一彦, 古本 祥三, 田代 学, 工藤 幸司, 武田 篤, 青木 正志, 第 57 回日本核医学会学術総会 2017 年 10 月 5 日

- 14. 18F 標識ホスホニウム型プローブの構造最適化と集積メカニズムの検証, 冨永 隆裕, 秋田 諒, 石川 洋一, 岩田 錬, 石渡 喜一, 古本 祥三, 第57回日本核医学会学術総会 2017年 10月5日
- 15. [18F]THK5351 のメラニン含有細胞への結合性評価,多胡 哲郎,豊原 潤,原田 龍一, 古本 祥三,岡村 信行,工藤 幸司,藤ヶ崎 純子,村山 繁雄,石井 賢二,第57回 日本核医学会学術総会 2017 年 10 月 5 日
- 16. Brain Imaging of Alzheimer's Disease, 古本 祥三, ISN-APSN-JSN Advanced School 2017年9月2日
- 17. 18F 標識心筋イメージング剤の現状と展望, 古本 祥三, PET サマーセミナー2017 2017 年8月25日
- 18. PET による脳分子イメージングプローブ開発と医薬研究への応用, 古本 祥三, 第 16 回 生物化学若手研究者セミナー 2017年7月29日
- 19. 新しい芳香環の[18] 標識法, 古本 祥三, 第 26 回 PET 化学ワークショップ 2017 2017 年 2 月 10 日
- 20. 臨床使用を目的とした PET 薬剤開発, 古本 祥三, H27 年度分子イメージング講義シリー ズ 2016 年 12 月 10 日
- 21. 認知症における 18F-THK5351-PET の Z スコア画像による検討, 今林 悦子, Rokicki Jaroslav, 加藤 孝一, 小川 雅代, 舞草 伯秀, 佐藤 典子, 岡村 信行, 古本 祥三, 工藤 幸司, 松田 博史, 第 35 回日本認知症学会学術集会 2016 年 12 月 1 日
- 22. 次世代の核医学イメージング剤 フッ素 18 標識心筋イメージング剤の開発, 古本 祥三, 第 56 回日本核医学会学術総会 2016 年 11 月 3 日
- 23. ミスフォールディング蛋白画像化プローブの開発,工藤 幸司,原田 龍一,古本 祥三,岡村 信行,第56回日本核医学会学術総会 2016年11月3日
- 24. BNCT を目的とした 18F-標識ボロノホスホニウム誘導体の開発, 秋田 諒, 冨永 隆裕, 石川 洋一, 岩田 錬, 古本 祥三, 第56回日本核医学会学術総会 2016年11月3日
- 25. オレフィン型アミロイドベータプローブの光異性化とその生物学的影響, 早川 佳実, 多胡哲郎, 原田 龍一, 石川 洋一, 岩田 錬, 岡村 信行, 工藤 幸司, 古本 祥三, 第 56 回日本核 医学会学術総会 2016年11月3日
- 26. ミトコンドリアを標的とした新規 18F 標識ホスホニウム型プローブの開発, 冨永 隆裕, 風間 あずさ, 石川 洋一, 岩田 錬, 石渡 喜一, 古本 祥三, 第 56 回日本核医学会学術総会 2016 年 11 月 3 月
- 27. 無細胞タンパク質合成系を利用した HER2 イメージング剤の合成と評価, 阿部 優樹, 古本 祥三, 岩田 錬, 石川 洋一, 木川 隆則, 樋口 佳恵, 横山 順, 第 56 回日本核医学会学術総会 2016 年 11 月 3 日
- 28. アルツハイマー病における 18F-THK5351-PET 所見について 統計解析と Z スコア画像に よる検討, 今林 悦子, ロキツキ・ヤロスラベ , 加藤 孝一, 釋迦堂 充, 小川 雅代, 舞草 伯 秀, 佐藤 典子, 岡村 信行, 古本 祥三, 工藤 幸司, 第 56 回日本核医学会学術総会 2016 年 11 月 3 日
- 29. NEMA NU4-2008 に基づいた小動物用 PET 装置 ClairvivoPET の性能評価, 志田原 美保, Nai Ying Hway, 四月朔日 聖一, 石川 洋一, 田代 学, 古本 祥三, 谷内 一彦, 権田 幸祐, 渡部 浩司, 第 56 回日本核医学会学術総会 2016 年 11 月 3 日
- 30. 18F-THK5351 PET による大脳皮質基底核症候群患者のタウ凝集体の画像化, 菊池 昭夫, 岡村 信行, 長谷川 隆文, 江面 道典, 馬場 徹, 小林 潤平, 吉田 隼, 荒井 啓行, 谷内 一彦, 古本 祥三, 田代 学, 工藤 幸司, 武田 篤, 青木 正志, 第 10 回 パーキンソン病・運動 障害疾患コングレス 2016 年 10 月 6 日
- 31. アミロイド・タウイメージングトレーサーの基礎と開発の最先端, 古本 祥三, 第 12 回小動物インビボイメージング研究会 2016 年 7 月 30 日

- 32. PET 用タウプローブの最適化研究、古本 祥三、第 13 回近衛研究会 2016 年 7 月 23 日
- 33. アルツハイマー病の診断バイオマーカーとしてのタウ PET イメージング 18F-THK5351 の開発と臨床応用, 谷内 一彦, 原田 龍一, 田代 学, 古本 祥三, 工藤 幸司, 荒井 啓行, 岡村 信行, 第46回日本神経精神薬理学会年会 2016年7月2日
- 34. 認知症の分子イメージング開発の進歩,工藤幸司,岡村信行,原田龍一,古本祥三,石木愛子,古川勝敏,荒井啓行,第58回日本老年医学会学術集会 2016年6月8日
- 35. ポジトロン放出核種を利用する医療画像診断, 古本 祥三, 平成 28 年度放射線基礎セミナ 2016 年 6 月 7 日
- 36. パーキンソン病患者での[11C]BF-227 PET による α -シヌクレイン蛋白凝集体の画像化, 菊池 昭夫, 岡村 信行, 馬場 徹, 長谷川 隆文, 菅野 直人, 大嶋 龍司, 吉田 隼, 小林 潤平, 平岡 宏太良, 古本 祥三, 谷内 一彦, 田代 学, 工藤 幸司, 武田 篤, 青木 正志, 第57回日本神経学会学術大会 2016 年 5 月 18 日
- 37. 新規薬剤立ち上げの話 THK-5351 の開発秘話, 古本 祥三, 第 25 回 PET 化学ワークショップ 2016 2016 年 2 月 5 日
- 38. 東北大学における認知症画像診断戦略, 古本 祥三, 放射線医学総合研究所第 10 回画像診断セミナー 2016 年 2 月 1 日
- 39. アルツハイマー病のタウ蛋白病理をモニタリングするための新規 PET プローブ[18F] THK-5351 の臨床評価, 岡村 信行, 古川 勝敏, 石木 愛子, 原田 龍一, 古本 祥三, 田代 学, 荒井 啓行, 工藤 幸司, 谷内 一彦, 第36回日本臨床薬理学会学術総会 2015年12月9日
- 40. PET 用タウイメージング剤[18F]THK-5105 のエナンチオマー体の詳細評価,多胡 哲郎, 古本 祥三,岡村 信行,原田 龍一,安立 創,石川 洋一,谷内 一彦,工藤 幸司,岩田 錬, 第55回日本核医学会学術総会 2015年11月5日
- 41. 新規 18F 標識ミトコンドリアプローブの生物学的評価, 冨永 隆裕, 古本 祥三, 風間 あず さ, 石川 洋一, 岩田 錬, 第55回日本核医学会学術総会 2015年11月5日
- 42. 早期アルツハイマー病診断を目的とした脳 PET 画像に対する部分容積効果補正法の基礎検討, 志田原 美保, 荒川 悠眞, 権田 幸祐, 古本 祥三, 渡部 浩司, 加藤 隆司, 第 55 回日本 核医学会学術総会 2015 年 11 月 5 日
- 43. 生体数学モデルを用いたアミロイド PET イメージングにおける臨床 SUVR 予測, 荒川 悠真, 志田原 美保, Nai Ying Hwey, 古本 祥三, 関 千江, 岡村 信行, 田代 学, 工藤 幸司, 谷内 一彦, 権田 幸祐, 渡部 浩司, 第55 回日本核医学会学術総会 2015 年 11 月 5 日
- 44. [18F]THK-5117 PET によるアルツハイマー病タウ病理像の縦断評価, 岡村 信行, 石木 愛子, 古川 勝敏, 原田 龍一, 平岡 宏太良, 田代 学, 荒井 啓行, 古本 祥三, 岩田 錬, 谷内一彦, 工藤 幸司, 第55回日本核医学会学術総会 2015年11月5日
- 45. タウイメージングトレーサー[18F]THK-5351 の代謝解析, 原田 龍一, 岡村 信行, 古本 祥 三, 多胡 哲郎, 岩田 錬, 谷内 一彦, 工藤 幸司, 第 55 回日本核医学会学術総会 2015 年 11 月 5 日
- 46. PET によるアルツハイマー病タウイメージングのための 2-アリールキノリン誘導体開発, 多胡 哲郎, 古本 祥三, 岡村 信行, 原田 龍一, 安立 創, 石川 洋一, 谷内 一彦, 工藤 幸 司, 岩田 錬, 第55回日本核医学会学術総会 2015年11月5日
- 47. 軽度認知障害、アルツハイマー病患者における[18F]THK-5351PET 画像の評価, 岡村 信行, 平岡 宏太良, 田代 学, 古本 祥三, 岩田 錬, 谷内 一彦, 石木 愛子, 古川 勝敏, 原田龍一, 工藤 幸司, 荒井 啓行, 第78回日本核医学会北日本地方会 2015年10月23日
- 48. [18F]THK-5117 PET によるアルツハイマー病タウ病理像の経時的評価, 岡村 信行, 石木 愛子, 古川 勝敏, 原田 龍一, 冨田 尚希, 古本 祥三, 田代 学, 荒井 啓行, 谷内 一彦, 工藤 幸司, 第34回日本認知症学会学術集会 2015年10月2日
- 49. タウ PET プローブ[18F]THK-5351 の結合特異性の解析,原田 龍一, 岡村 信行, 古本 祥三, 古川 勝敏, 石木 愛子, 岩田 錬, 谷内 一彦, 荒井 啓行, 工藤 幸司, 第 34 回日本認知

- 症学会学術集会 2015年10月2日
- 50. 認知症診断におけるタウイメージング研究の最先端 東北大学におけるタウイメージング PET画像, 古川 勝敏, 原田 龍二, 石木 愛子, 冨田 尚希, 古本 祥三, 岡村 信行, 田代 学, 谷内 一彦, 工藤 幸司, 荒井 啓行, 第34回日本認知症学会学術集会 2015年10月2日
- 51. PET プローブの創製研究~分子設計から橋渡し研究まで~, 古本 祥三, 平成 27 年度日本 薬学会東北支部総会・学術講演会 2015 年 6 月 13 日
- 52. 2-アリールキノリン PET タウイメージング剤の構造活性相関研究,多胡 哲郎, 古本 祥三, 岡村 信行,原田 龍一,石川 洋一,谷内 一彦,岩田 錬,工藤 幸司,第 10 回日本分子イメージング学会総会・学術集会 2015 年 5 月 20 日
- 53. アルツハイマー病患者を対象とした新規タウ PET トレーサー[18F]THK-5351 の臨床評価, 岡村 信行,原田 龍一,古本 祥三,古川 勝敏,石木 愛子,田代 学,岩田 錬,荒井 啓行, 谷内 一彦,工藤 幸司,第 10 回日本分子イメージング学会総会・学術集会 2015 年 5 月 20 日
- 54. タウイメージングトレーサー[18F]THK-5351 の生物学的評価,原田 龍一,岡村 信行,古本 祥三,多胡 哲郎,岩田 錬,谷内 一彦,荒井 啓行,工藤 幸司,第 10 回日本分子イメージング学会総会・学術集会 2015年5月20日
- 55. [11C]BF-227 PET における多系統萎縮症脳内α-シヌクレインの経時的変化, 菊池 昭夫, 岡村 信行, 馬場 徹, 長谷川 隆文, 菅野 直人, 今野 昌俊, 三浦 永美子, 大嶋 龍司, 吉田 集, 古本 祥三, 平岡 宏太良, 谷内 一彦, 田代 学, 工藤 幸司, 糸山 泰人, 武田 篤, 青木正志, 第 56 回日本神経学会学術大会 2015 年 5 月 20 日
- 56. タウイメージングを目指した PET 薬剤開発研究の最前線, 古本 祥三, 第 10 回横浜認知 症研究会 2015 年 5 月 12 日
- 57. フッ素 18 標識ホスホニウム型心筋血流プローブの開発, 冨永 隆裕, 古本 祥三, 風間 あず さ, 石川 洋一, 岩田 錬, 日本薬学会第 135 年会 2015 年 3 月 25 日
- 58. タウプローブ開発物語, 古本祥三, 放射線医学総合研究所 第9回分子イメージング研究センターシンポジウム 2014 年 12 月 17 日
- 59. タウイメージング用トレーサー[18F]THK-5351 の前臨床評価, 原田 龍一, 岡村 信行, 古本 祥三, 多胡 哲郎, 岩田 錬, 谷内 一彦, 荒井 啓行, 工藤 幸司, 第 33 回日本認知症学会 学術集会 2014 年 11 月 29 日
- 60. 若手研究者による認知症研究の新しい問題提起 タウイメージング PET トレーサーで見る 蛋白質のコンフォメーション,原田 龍一,岡村 信行,古本 祥三,古川 勝敏,田代 学,岩田 錬,谷内 一彦,荒井 啓行,工藤 幸司,第33回日本認知症学会学術集会 2014年11月 29日
- 61. タウイメージング用トレーサー[18F]THK-5117 の前臨床評価,原田 龍一,岡村 信行,古本 祥三,多胡 哲郎,吉川 雄朗,荒井 啓行,岩田 錬,谷内 一彦,工藤 幸司,第33回日本認知症学会学術集会 2014年11月29日
- 62. 新時代に向けたタウオパチー研究集中講座 タウイメージング用 PET プローブの現状,工藤 幸司, 岡村 信行, 古本 祥三, 原田 龍一, 古川 勝敏, 樋口 真人, Villemagne Victor L., 谷内 一彦, 荒井 啓行, 第33回日本認知症学会学術集会 2014年11月29日
- 63. PET による全身性アミロイドーシス患者の心筋アミロイド沈着の可視化, 松田 林, 四月朔日 聖一, 平岡 宏太良, 三宅 正泰, 岩田 錬, 池田 修一, 古川 勝敏, 冨田 尚希, 荒井 啓行, 岡村 信行, 古本 祥三, 谷内 一彦, 工藤 幸司, 田代 学, 第 54 回日本核医学会学術総会 2014年11月6日
- 64. タウイメージング薬剤[18F]THK-5117 を用いた PET 臨床試験(速報), 田代 学, 岡村 信行, 古本 祥三, 四月朔日 聖一, 平岡 宏太良, 古川 勝敏, 志田原 美保, 石木 愛子, 冨田 尚希, 松田 林, 稲見 暁惠, 武田 和子, 三宅 正泰, 船木 善仁, 岩田 錬, 工藤 幸司, 荒井 啓行, 谷内 一彦, 第 54 回日本核医学会学術総会 2014 年 11 月 6 日

- 65. BF-227 を用いたアミロイド PET 早期像の有用性,金田 朋洋,荒井 晃,高浪 健太郎,高橋 昭喜,岡村 信行,古本 祥三,谷内 一彦,古川 勝敏,荒井 啓行,四月朔日 聖一,田代学,岩田 練,福田 寛,工藤 幸司,第54回日本核医学会学術総会 2014年11月6日
- 66. PET プローブ開発における小動物イメージングの役割, 古本 祥三, in vivo イメージング フォーラム 2014 2014 年 10 月 23 日
- 67. 放射線生物影響の分子レベル解明に向けて PET による生体イメージング, 渡部 浩司, 古本 祥三, 谷内 一彦, 第57回日本放射線影響学会大会 2014年10月1日
- 68. がん細胞成長阻害活性を有する多量体化抗 EGFR 一本鎖抗体の精密機能解析, 浅野 竜太郎, 小山 典明, 鉞 陽介, 古本 祥三, 荒井 杏子, 尾形 裕未, 梅津 光央, 熊谷 泉, 第 66 回日本生物工学会大会 2014年9月9日
- 69. 循環器領域におけ PET 薬剤の展望, 古本祥三, PET サマーセミナー2014 2014 年 8 月 29 日
- 70. アミロイドイメージング剤の種類と特徴, 古本祥三, PET サマーセミナー2014 2014 年 8 月 29 日
- 71. タウイメージング用 PET トレーサー[18F]THK-5117 の臨床評価, 岡村 信行, 古本 祥三, 原田 龍一, 多胡 哲郎, 石木 愛子, 古川 勝敏, 田代 学, 岩田 錬, 谷内 一彦, 荒井 啓行, 工藤 幸司, 第9回日本分子イメージング学会総会・学術集会 2014年5月22日
- 72. タウイメージングトレーサー18F-THK5117 の結合メカニズムの検討,原田 龍一,岡村 信行,古本 祥三,多胡 哲郎,吉川 雄朗,荒井 啓行,谷内 一彦,工藤 幸司,第9回日本分子イメージング学会総会・学術集会 2014年5月22日
- 73. ミトコンドリアを標的とした PET プローブの開発, 古本 祥三, 伊東 弘晃, 冨永 隆祐, 石川 洋一, 岩田 錬, 第9回日本分子イメージング学会総会・学術集会 2014年5月22日
- 74. PET 用タウイメージング剤[18F]THK-5105 エナンチオマー体の評価,多胡 哲郎,古本 祥 三,岡村 信行,原田 龍一,安立 創,石川 洋一,谷内 一彦,工藤 幸司,岩田 錬,第 9 回 日本分子イメージング学会総会・学術集会 2014年5月22日
- 75. パーキンソン病における脳内 α -シヌクレイン蛋白凝集体の PET による画像化, 菊池 昭夫, 馬場 徹, 長谷川 隆文, 菅野 直人, 今野 昌俊, 三浦 永美子, 大嶋 龍司, 岡村 信行, 古本 祥三, 谷内 一彦, 田代 学, 工藤 幸司, 糸山 泰人, 武田 篤, 青木 正志, 第 55 回日本神経 学会学術大会 2014 年 5 月 21 日
- 76. 百聞は一見にしかず 分子イメージング研究の新展開 タウ蛋白を標的とした分子イメージングプローブの開発,原田 龍一,岡村 信行,古本 祥三,多胡 哲郎,古川 勝敏,石木 愛子,冨田 尚希,岩田 錬,田代 学,荒井 啓行,谷内 一彦,工藤 幸司,日本薬学会第 134 年会 2014年3月27日

資料 2 外部資金獲得状況

【科研費】

- 1. 基盤研究(B) 2019-2021 古本祥三(代表)、『18F 標識カチオン型心筋血流薬剤のトレンスレーショナル研究』
- 2. 基盤研究(C) 2019-2021 船木善仁(代表)、『ポジトロン放出核種である I-124 を用いた抗腫瘍効果に関する検討』
- 3. 基盤研究(B) 2016-2018 古本祥三(代表)、『新規 F18 標識ホスホニウム合成法に立脚した実用的心筋血流イメージング剤の開発』
- 4. 基盤研究(B) 2016-2018 岩田錬(代表)、『18F-標識 PET プローブの次世代型マイクロスケール自動合成装置の開発』
- 5. 基盤研究(A) 2016-2020 船木善仁(分担)、『イオン液体含浸吸着材を用いた高レベル廃液 の核種分離プロセスの開発とその医療応用』

- 6. 基盤研究(C) 2016-2018 石川洋一(代表)、『11C-標識タンパク質の無細胞合成用高濃縮 [11C]メチオニン自動合成装置の開発』
- 7. 研究活動スタート支援 古本祥三(分担)、『腫瘍イメージングを目的とした新規フッ素 18 標識ホスホニウム誘導体の開発』
- 8. 基盤研究(B) 2015-2017 古本祥三(分担)、『高機能型低分子二重特異性抗体への革新的が ん特異的構造変換デザイン』
- 9. 基盤研究(C) 2014-2016 船木 善仁(代表)、『腫瘍血管特異的な作用である EPR 効果を 利用した新規イメージングプローブの開発』
- 10. 挑戦的萌芽研究 2015-2016 岩田錬(代表)、『微少空間での放射性金属核種の電気化学的 濃縮とペプチド標識』
- 11. 基盤研究(A) 2015-2019 岩田錬(分担)、『農業現場における精密農業の熟成』
- 12. 基盤研究(C) 2014-2017 古本祥三(分担)、『パーキンソン病における脳内 α ーシヌクレイン凝集体の画像化とその臨床応用』
- 13. 基盤研究(B) 2013-2015 古本祥三(代表)、『タウ画像化プローブの精密機能解析と高性能 化研究』
- 14. 基盤研究(B) 2013-2015 岩田錬(代表)、『マイクロリアクターによる 18F-標識プローブ合成多目的装置の開発』
- 15. 基盤研究(C) 2013-2015 石川洋一(代表)、『11C-標識プローブの実用的なマイクロリアクター合成法の開発』
- 16. 挑戦的萌芽研究 2013-2015 岩田錬(分担)、『PET による腎臓の新規画像評価法の確立』

【受託研究·共同研究】

- 1. AMED 2018-2022 古本祥三(分担機関代表)、『(神経受容体イメージング剤の開発)』
- AMED 2019-2020 古本祥三(分担)、『レビー小体病の早期診断技術と根本治療薬の開発』
- 3. クリノ(株) 2015-2022 古本祥三、『加齢疾患の診断治療に役立つ PET プローブの開発』
- 4. 大陽日酸(株) 2016-2020 古本祥三、『無細胞合成による新規標識タンパク質プローブの 開発』
- 5. ダイセル(株) 2016-2021 古本祥三、『3. 高速エネルギーディバイスによる生体投与後の 薬物動態、細胞・組織への影響についての基礎研究』

資料3 学外活動・社会貢献

- 1. 日本分子イメージング学会、理事、2019 年 05 月-現在、2022 年学会大会長
- 2. 秋田県立循環器・ 脳脊髄センター 短寿命放射性薬剤安全管理委員会委員、2019 年 04 月 -現在
- 3. アイソトープ放射線薬学研究会、世話人、2017 年 04 月-現在
- 4. 日本核医学会分科会 放射性薬品科学研究会 運営委員、2016 年 11 月-現在
- 5. 一般財団法人 脳神経疾患研究所 PET 薬剤審査委員会委員、2016 年 05 月-2020 年 03 月
- 6. 公立大学法人福島県立医科大学 放射性薬剤委員会委員、2016 年 04 月-2020 年 03 月

- 7. 小動物インビボイメージング研究会 世話人、2015 年 07 月-現在
- 8. PET 化学ワークショップ 幹事、2015 年 04 月-現在
- 9. 日本核医学会 PET 薬剤基準小委員会委員、2012 年 04 月-現在

3-4. サイクロトロン核医学研究部

3-4-1. 概要

サイクロトロン核医学研究部は1987年の開設以来、大学院医学系研究科および大学病院との連携のもとに臨床医学系の共同利用研究を推進してきた。2006年度より文部科学省科学技術試験研究委託業務「連携による分子イメージング研究と人材育成」の支援を得て、放射線医学総合研究所との連携を強化しつつ、研究・教育を推進した。さらに2010年度からは、科学技術試験研究委託事業分子イメージング研究戦略推進プログラム「連携大学院による組織融合的研究教育の推進」のサポートも得て共同利用を運営した。その後は、CYRICの財政状況の改善のために、従来の無料の「通常枠(共同利用)」に加えて「有償枠(外部利用枠)」および「優先枠(共同利用)」の2種類の有料検査枠を新設して、CYRICの財政状況は改善した。最近では、産学連携活動のさらなる展開と大型予算の獲得を目指している。

1994 年度に導入された PET 装置(SET2400W)が 2013 年まで長期にわたり活躍した。2010 年度に補正予算により研究用 PET/CT 装置(Eminence STARGATE)を 2011 年初頭に設置した。装置設置直後の 2011 年 3 月に東日本大震災が発災し、サイクロトロンの運転が約 1 年半にわたり休止となったが、幸い臨床 PET 装置の被害は軽微だったので FDG スキャン注を用いた臨床検査のみを継続した。2012 年度末に採択された概算要求施設整備費(補正予算)により、研究棟(RI 総合センター)改修工事が 2013 年度下半期に実施された。本事業により、研究棟が増築され、開設以来の悲願であった 3 階診療エリアへバリアフリーでアクセスできるエレベータがようやく設置された。また、患者・被験者および訪問者への情報提供用の「PR スペース」も設置された。「分子イメージング研究センター」と改称して、2014 年 11 月に開所式を挙行した。これ前後して、東北大学病院のマイクロドージング研究予算により、臨床研究用PET 装置(Eminence SET-3000)が CYRIC に新規に設置された。

人事面の措置としては、2009 年度より四月朔日聖一助手が本研究部に配置換となり、2010 年度に平岡宏太良助教を新規採用し、さらに志田原美保講師を兼務教員として迎えていた。医学系研究科との連携強化のために福土審教授に、認知症研究と産学連携活動の発展のために目黒謙一教授に兼務していただいた。また、2019 年 11 月より、企業とのクロスアポイントメント制度を活用して有賀雅奈助教を新規採用した。

なお、2018 年度より「臨床研究法」の施行を受けて、医学系研究科倫理委員会および大学病院臨床研究倫理委員会の事務局との情報交換を進め、CYRIC 内に大学病院大学病院出張診療所安全管理専門委員会を発足させるなど、臨床研究の実施体制を大きく改変した(2-4. 臨床検査資料参照)。

3-4-2. スタッフ

教授:田代学(2012.04~)、(兼務)谷内一彦(~2012.07,2018.04~)、(兼務)福土審(2016.10~)、(兼務)目黒謙一(2019.04~)

講師:(兼務) 志田原美保(2010.08~)

助教:平岡宏太良 (2010.04~)、(クロスアポイントメント)有賀雅奈 (2019.11~)

助手:四月朔日聖一(2009.10~)

教育研究支援者:有賀雅奈(2015.04~2016.09)

産学官連携研究員:稲見暁惠(2012.5~2017.3)、菊地飛鳥(2016.4~2017.09.)、小山千莉(2017.6~2017.9)、猪俣嵩斗(2016.4~2018.3)

研究教授:山口慶一郎 (2004.09~)、窪田和雄 (2010.04~)、福田 寛 (2013.04~)、

小田野幾雄(2014.04~2019.03)、関隆志(2016.04~2019.03)、安藤創一(2016.10~)、岡村信行(2016.04~)、古川勝敏(2016.04~)、佐藤俊彦(2016.08~)、

リサーチフェロー: 小倉毅 (2010.10~)、奈良島知行 (2012.04~2019.03)、森下城 (2012.07~)、 段旭東 (2014.04~2018.03)、 稲見暁惠 (2017.4~)、菊地飛鳥 (2018.4~)

3-4-3. これまでの共同利用支援・研究教育の概要と成果

①共同利用支援(「**2. 共同利用支援の実績**」を参照)

本研究部は短半減期ポジトロン放出核種とポジトロン断層法(PET)を用いた医学研究の開拓を進め、PET 検査の支援を行ってきた。そのために主として以下の業務をミッションとして執り行ってきた。

- 1. 臨床 PET 研究共同利用の支援 (課題申請の支援、検査スケジュール作成・管理など)
- 2. 臨床医学系課題採択制度の運用(倫理指針、臨床研究法等に関するアドバイス)
- 3. 東北大学病院出張診療所の維持と管理(出張診療所安全管理専門委員会の設立)
- 4. PET 検査の実施(検査手順の指導、検査補助)
- 5. 臨床用 PET 装置の維持と管理 (PET 装置の性能評価と記録)
- 6. PET データの管理と保管 (画像データと臨床データの管理)

②教育 [資料1参照]

サイクロトロン核医学研究部は、本学大学院医学系研究科における大学院教育、医学部の 学部教育、そして全学教育にも従事してきた。

- 1. 大学院教育(医学系研究科、薬学研究科、工学研究科へ協力)
- 2. 学部教育(医学部)
- 3. 全学教育(CYRIC 放射線取扱講習、全学教育への貢献)

③研究活動「資料2,3参照]

1. 運動に伴う脳および筋活動に関する研究

これまでに直立姿勢によるフリーランニングに伴う下肢骨格筋の糖代謝増加の測定結果を初めて報告したが、その後、全身骨格筋活動量の半定量評価、脳活動の評価、全身エネルギー代謝調節の研究などを展開した。最近では、本学整形外科と共同で、肩周囲筋の活動解析を行った。また、[18F]FDG PET を用いて手部および前腕の微細な筋肉の活動を可視化する研究を進めた(仙台画像検診クリニック、福島県立医大との共同研究)。さらに、[11C]raclopride PET を用いて運動中の脳内ドパミン遊離量の変化を計測し、認知機能の改善と脳内ドパミン遊離の増加が相関することを初めて示した(電気通信大との共同研究)。

2. 脳内ヒスタミンに関する薬物副作用研究と心理生理学的研究

抗ヒスタミン薬の副作用に注目し、精神神経科との共同で抗精神薬のヒスタミン受容体占拠率を測定した。また、機能薬理学分野との共同で新規抗ヒスタミン薬のヒスタミン受容体占拠率を測定した。さらに、自動車運転シミュレータを用いて高齢運転者における加齢と抗ヒスタミン薬鎮静作用の相乗効果の有無に関する臨床研究を実施した(グラクソ・スミスクライン株式会社との共同研究)。さらに、FDG PET と NIRS の同時測定を行って、抗ヒスタミン薬服用時の脳ブドウ糖代謝と血流変化の関係性を調べた。現在は、CYRIC 放射線管理研究部との共同で、抗ヒスタミン薬に関する[「50]H₂O PET と NIRS の同時測定研究も進めている。

3. PET による認知症診断に関する研究

アミロイド診断薬剤の[¹¹C]BF-227 を用いて原発性正常圧水頭症患者における脳内アミロイド集積について調べた。また、[¹⁸F]THK-5117 と[¹⁸F]THK-5351 を用いた臨床研究において、軽度認知障害、アルツハイマー病、進行性核上性麻痺、大脳皮質基底核変性症、などの変性性神経疾患の横断的・縦断的 PET 研究を実施した(医学系研究科機能薬理学分野、加齢医学研究所老年医学分野、大学病院神経内科等との共同研究)。

また、放射線管理研究部および工学研究科量子エネルギー工学専攻との共同で、認知症 PET 画像を用いたシミュレーション研究、部分容積効果補正プログラムの開発と評価、動き補正法の研究などを行った。

そして、全国多施設共同研究 AMED Preclinical にも参加した。そして、仙台市内の広南病院と共同で、脳血管アミロイド症に典型的な大脳もしくは小脳皮質の微小出血の所見が目立たず、脳表・脳溝に沿った MRI における T2*低信号を呈し、それに関連する局所神経症状を呈する症例の[¹¹C]PIB PET を受託事業として実施した(脳血管アミロイド症と孤発性脳皮質静脈血栓症両者の可能性がある)。

現在は、新規の神経炎症イメージング薬剤の臨床試験を開始する準備を進めている。

4. PET を用いた代替医療の科学的検証に関する研究

[18F]FDG PET を用いて、代替療法の一つであるカイロプラクティックの施術後の脳活動パターンを調べた。加えて、安静時の骨格筋のエネルギー代謝も施術に有無によって変化するかどうかを検証した。解析の結果、脳代謝パターンは施術による副交感神経優位パターン(リラックス状態)を反映していると考察された。

5. 放射性水([15O]H2O)を用いた脳賦活試験

行動医学分野・心療内科との共同研究として実施されてきた研究は、消化管と脳の相互作用に注目しているが、いずれも撮影室内において機器を持ち込むため、fMRIを用いた測定は困難であり、PETが有用と考えられた。循環器内科との共同研究として、心臓ペースメーカーを装着中の循環器疾患患者を対象とした脳研究を実施された。高次機能障害学分野との共同研究では、様々な認知・記憶の脳生理学に関する研究が推進された。現在は、マルチモダリティ融合の実績をもつ放射線管理研究部の渡部浩司准教授との共同研究としてNIRSとの同時測定の臨床研究を進めている。

6. 放射性水(|15O|H2O)を用いた腎血流測定

腎高血圧内科および統合腎不全医療寄附講座、放射線管理研究部との共同研究として、健常者における安静時腎血流の定量計測を行った。煩雑な動脈採血を避けた非侵襲的な計測法を検討した。臨床医学的には、まず安静時と水負荷時の腎血流量の差異を正確に測定することを目指して研究を進めており、飲水負荷時の腎血流の増加も測定できることが確認された。腎障害患者等を対象とした測定を実施した。

7. 癌患者の脳活動と心理状態および QOL の関連性に関する研究

癌患者にみられる情動反応や認知機能低下が局所脳活動に反映するという成果を以前報告していた。最近は QOL と脳活動の関連性についての議論も再燃しており、同テーマの研究の再構築を進めている。

8. PET 検査における被ばく評価に関する研究

[18F]FACT 等の PET 薬剤をヒトに投与した際の被ばく線量を全身 PET データ等に基づいて推定した。その結果、[18F]FACT の全身被ばく推定値は他のアミロイド薬剤と比べて特に遜色のないものであることが示された。また、放射線管理研究部のプロジェクトに協力する形で新しい検出器の臨床測定への応用性を検討している。

9. PET 装置の性能評価に関する研究

以前、PET 装置の感度、散乱同時計数および分解能に注目して経年変化を調べて、成果を Annals of Nuclear Medicine に発表した。最近は、シミュレーションを活用して、核医学画像統計解析における画像標準化に関する基礎的研究を進めている。

10. positron emission mammography (PEM)の開発と評価

PEM 装置の基礎開発および性能評価に関与した。2011年には、臨床用1号機が完成し、臨床試験が実施された。その後、治験が実施されて保険収載に至った。臨床データの追解析に補助的に関与した。

11. 核磁気共鳴および近赤外線分光を活用した脳内物質検出法の開発

核磁気共鳴スペクトロスコピー (MRS) や近赤外線スペクトロスコピー (NIRS) を利用して脳内の微量物質の変化を追跡できる方法の開発を進めている (福島県立医大との共同研究)。MRS の感度が不十分であることが示され、現在は NIRS を用いた方法の検証を計画している。

12. 脳-脳脊髄液関門を構築する脳室上衣細胞の発生メカニズムに関する基礎研究

水頭症の病態に関する基礎研究である。脳内に脳室という空間があり、脳脊髄液という液体が存在している。脳室は上衣細胞という細胞の層により覆われており、脳と脳脊髄液の間の境界となっていて色々な物質の移動の調節を行っている。また上衣細胞は鞭毛運動を行う多数の線毛という細胞構造物を脳室側に突出していて、線毛の運動が脳脊髄液の動きを制御している。脳の発達段階において、上衣細胞が幹細胞から成長して成熟細胞となるにはどのような因子の働きかけが必要か十分に分かっていない。本研究ではその因子を明らかにするために、骨形成たんぱく質という体内で情報を伝達することに使われているたんぱく質や脳脊髄液の関連を解析した。

13. 自閉症の発症とセロトニン神経系の発達異常の関連の研究-PET とモデル動物を用い た解析

転写制御因子 Pax6 は、大脳、小脳の形成にかかわり神経系の発生発達において重要な因子である。胎生期から成体まで神経幹細胞で発現がみられその増殖と分化のバランスを調整している。ヒトでは PAX6 の変異のある患者で精神遅滞や自閉症、前頭葉機能障害などの合併が報告されている。本研究では Pax6 変異ラットと野生型ラットに対し小動物用 MRI により脳形態画像の撮像を行った。野生型に比べて Pax6 変異ラットは大脳皮質、海馬、扁桃体、視床、中脳、脳梁の体積が減少していることが明らかとなり、Pax6 が高次脳機能の構築にどのように関与しているかについての一端が明らかになった。

14. サイエンティフィック・ビジュアリゼーションに関する社会科学的研究

サイエンティフィック・ビジュアリゼーションおよびイラストレーションに関する 社会科学的研究を進めて、教育に生かしている。研究者がプロのサイエンティフィック・イラストレータに作画を依頼した際の全てのコミュニケーションを記録し、作品の制作段階ごとに記録し、レトロスペクティブに社会科学的解析を行った。

論文等 [資料2参照]

- · 英語論文 52 件
- ·日本語論文 1件
- · 著書 1 件
- ·総説·解説記事 4件

招待講演・学会発表 国内 89 件 海外 35 件 [資料3参照]

外部資金獲得 [資料4]参照

- 1. 科研費等 10件
- 2. 受託研究:共同研究 6件
- 3. その他の研究助成 3件

特許 なし

受賞

- 1) 鈴木頌也(基礎医学修練学生). 学生研究者ポスター賞. NEURO2019 (第 42 回日本神 経科学大会). 2019 年.
- 2) 今野大成 (研究協力者/電気通信大大学院生). ポスター賞. ECSS2019 (欧州スポーツ 科学会). 2019 年.
- 3) 平岡宏太良. 平成 24 年度宮城県医師会医学奨励賞. 宮城県医師会. 2013 年.
- 4) 田代学. 優秀演題賞. 動態核医学研究会. 2013年.

- ④学外活動·社会貢献 [資料5]
 - ・学会および研究会委員・役員等
 - · 国際貢献活動
 - · 地域教育活動
 - ・ 地域医療への貢献

[資料1] 教育の実績

サイクロトロン核医学研究部は、本学大学院医学系研究科における大学院教育、医学部の 学部教育、そして全学教育にも従事してきた。

【大学院教育】(医学系研究科)

研究指導:大学院博士課程、大学院医科学修士課程

[博士論文題目及び博士号取得者リスト]

※サイクロトロン核医学講座に所属した学生

2019年3月 小山千莉 医学系研究科医科学修士コース 修士(医科学)

「[18F]THK5351 PET における部分容積効果補正法の誤差伝播解析」

2018年3月 菊地飛鳥 医学系研究科医科学修士コース 修士 (医科学)

「FDG-PET と NIRS を用いた抗ヒスタミン薬服用下での脳機能変化」

2017年3月 稲見暁惠 医学系研究科医学履修課程 博士 (医学)

「抗ヒスタミン薬の中枢性副作用が日本人健常高齢者および若年者に与える影響:自動車運転パフォーマンスの比較」

2013年3月 稲見暁惠 医学系研究科医科学修士コース 修士 (医科学)

「徒手療法が脳及び骨格筋糖代謝に及ぼす作用とその機序について

- 頚部痛に関する[18F]FDG PET 研究-」

- ※CYRIC の臨床 PET データおよび装置を用いて学位研究を行った学生
 - 2019 年 9 月 LIN, Yuchen. National Cheng Kung University, Graduate School of Medical Engineering, Institute of Allied Health Sciences(国立成功大学大学院医工学研究科応用健康科学研究所[台湾]). 理学博士 Ph.D.
 - "Development and applications of a biomechanical assessment and biofeedback training system for handwriting performances"(「書寫力量量測及生理回饋介入訓練系統之開發及應用」)
 - 2019 年 3 月 猪又嵩斗 東北大学大学院医学系研究科(医用物理学) 修士(保健学) 「頭部体動補正精度の PET 装置間比較~統一実験プロトコルを用いた検討~」
 - 2018年3月 小林中 電気通信大学大学院情報理工学研究科 修士(工学)
 - 「一過性の有酸素運動が認知機能に及ぼす影響について~内因性ドーパミン遊離からの検証~」
 - 2016 年 3 月 大宮佳奈子 東北大学大学院医学系研究科 (機能薬理学) 修士 (医科学) 「[18F]THK-5351 を用いた健常高齢者・軽度認知障害・アルツハイマー病患者のタウ PET 画像と認知機能障害の関連性」
 - 2016年3月 荒川悠真 東北大学大学院医学系研究科(医用物理学) 修士(保健学) 「PET 創薬効率化 のための in silico および生体数学モデルに基づくアミロイド PET 薬剤の SUVR 予測法の提案」
 - 2015年3月 石木愛子 東北大学大学院医学系研究科(老年医学) 博士(医学) 「タウ陽電子放射断層撮像トレーサー【18F】THK-5117を用いたアルツハイマー病患者脳内タウ病理像の経時的変化に関する研究」
 - 2015年3月 松澤岳 東北大学大学院医学系研究科(整形外科学) 博士(医学)

「Positron emission tomography (PET) を用いた肩関節内旋運動における筋活動の解析」 2013 年 3 月 黒川大介 東北大学大学院医学系研究科 (整形外科学) 博士 (医学) 「Positron emission tomography (PET) を用いた肩関節外旋運動における筋活動の解析」 2013 年 3 月 佐藤博俊 東北大学大学院医学系研究科 (精神神経学) 博士 (医学) 「ポジトロン・エミッショントモグラフィーによる新規向精神薬のヒト脳内ヒスタミン H1 受容体占拠率の測定」

2013 年 3 月 伊藤真由花 東北大学大学院医学系研究科(医用物理学) 修士(保健学) 「生体数学モデルを用いた PET 用アミロイドイメージング薬剤の臨床的有用性を予測する試み」

- ・講義:「分子イメージング講義」の運営および講義の一部を担当(2006年度~現在) 「分子イメージング特別講義の企画と実施(2006年度~現在)
- ・薬学研究科 「薬学医療薬学特論」の講義の一部担当(2014~2016年度)
- ・博士論文・修士論文の審査委員・アドバイザー教員多数(多数:田代学、平岡宏太良)
- ・研究室内での抄読会(Journal Club の実施:放射線管理研究部との合同)
- ・東北大学国際共同大学院プログラム (NeuroGlobal プログラム) への参画 (2018 年度~)
- ・大阪大学連携大学院プログラム (「多様な知の協奏による先導的量子ビーム応用卓越大学院プログラム」) への参画 (2019 年度~)

【学部教育】(医学部)

- ・基礎医学修練の受け入れ(学部3年生対象):ほぼ毎年2~4名程度(2007年度~)。
- ・高次医学修練の受け入れ(学部5年生対象):(2016年度~)。
- ・講義(学部2、3年生対象):放射線基礎生物学授業の一部を担当(2005年度~)。(田代学)
- ・講義(学部3年生対象):薬理学講義:パーキンソン病に対する薬物治療(平岡宏太良)

【全学教育】

- ・放射線取り扱い全学講習会の講義「放射線の人体への影響」(日本語・英語). 各 2~3 回/年 : 田代学、平岡宏太良
- ・基礎ゼミのサポート (毎年、CYRIC 全体として): 田代学、平岡宏太良、四月朔日聖一
- ・基礎ゼミ夏季集中講座の実施「サイエンス・イラストレーション実習講座: イラストレータと学ぼう」(2017、2014、2015年8月):田代学、有賀雅奈、奈良島知行.
 (※レーマン社、Adobe 社の協力による)
- ・全学授業「可視化の時代」(カレント・トピックス:全15回)(2015~2017年):田代学、 有賀雅奈、渡部浩司、田中香津生
- ・科学技術英語の実践授業「科学英語」(全 16 回)(2014.04.~現在. 前期・後期):田代学. 全学部1~4年生対象。※2018より科目名が「グローバル・コミュニケーション:研究者と学ぶ科学技術英語実践講座」に改称.

[資料2] 論文等

【査読付き英語論文】

- 1) Rahman M, Watabe H, Shidahara M, Watanuki S, Tashiro M, Mori T, Ito S, Ohsaki Y. Renal statistical map for positron emission tomography with [O-15] water. Am J Nucl Med Mol Imaging. 2019 Aug 15;9(4):193-202.
- 2) Meguro M, Meguro K, Takahashi K, Yamaguchi S, Tashiro M. Alzheimer's deterioration in intellectual and neurobiological staging supports the retrogenesis model: a double dissociation between verbal/non-verbal judgments and the left/right parieto-temporal glucose metabolism. A

- retrospective data analysis from the Tajiri Project. Psychogeriatrics. 2019 Aug 28. doi: 10.1111/psyg.12478.
- 3) Islam MS, Watanuki S, Tashiro M, Watabe H. Error evaluation of the D-shuttle dosimeter technique in positron emission tomography study. Radiol Phys Technol. 2019 Aug 16. doi: 10.1007/s12194-019-00530-w. [in press]
- 4) Nakamura T, Hiraoka K, Harada R, Matsuzawa T, Ishikawa Y, Funaki Y, Yoshikawa T, Tashiro M, Yanai K, Okamura N. Brain histamine H(1) receptor occupancy after oral administration of desloratedine and loratedine. Pharmacol Res Perspect. 2019 Jul 12;7(4):e00499. doi: 10.1002/prp2.499.
- 5) Nishiyama Y, Kinuya S, Kato T, Kayano D, Sato S, Tashiro M, Tatsumi M, Hashimoto T, Baba S, Hirata K, Yoshimura M, Yoneyama H. Nuclear medicine practice in Japan: a report of the eighth nationwide survey in 2017. Ann Nucl Med. 2019 Oct;33(10):725-732. doi: 10.1007/s12149-019-01382-5.
- 6) Ezura M, Kikuchi A, Ishiki A, Okamura N, Hasegawa T, Harada R, Watanuki S, Funaki Y, Hiraoka K, Baba T, Sugeno N, Oshima R, Yoshida S, Kobayashi J, Kobayashi M, Tano O, Nakashima I, Mugikura S, Iwata R, Taki Y, Furukawa K, Arai H, Furumoto S, Tashiro M, Yanai K, Kudo Y, Takeda A, Aoki M. Longitudinal changes in (18) F-THK5351 positron emission tomography in corticobasal syndrome. Eur J Neurol. 2019 Sep;26(9):1205-1211. doi: 10.1111/ene.13966.
- 7) Inomata T, Watanuki S, Odagiri H, Nambu T, Karakatsanis NA, Ito H, Watabe H, Tashiro M, Shidahara M. A systematic performance evaluation of head motion correction techniques for 3 commercial PET scanners using a reproducible experimental acquisition protocol. Ann Nucl Med. 2019 Jul;33(7):459-470. doi:10.1007/s12149-019-01353-w.
- 8) Nai YH, Watanuki S, Tashiro M, Okamura N, Watabe H. Investigation of the quantitative accuracy of low-dose amyloid and tau PET imaging. Radiol Phys Technol. 2018 Dec;11(4):451-459. doi: 10.1007/s12194-018-0485-y.
- 9) Islam MS, Watanuki S, Tashiro M, Watabe H. Internal radiation dose estimation using multiple D-shuttle dosimeters for positron emission tomography (PET): A validation study using NEMA body phantom. Med Phys. 2018 Oct;45(10):4693-4703. doi: 10.1002/mp.13124.
- 10) Tanaka Y, Kanazawa M, Kano M, Tashiro M, Fukudo S. Relationship between sympathoadrenal and pituitary-adrenal response during colorectal distention in the presence of corticotropin-releasing hormone in patients with irritable bowel syndrome and healthy controls. PLoS One. 2018 Jul 6;13(7):e0199698. doi:10.1371/journal.pone.0199698.
- 11) Ishiki A, Harada R, Kai H, Sato N, Totsune T, Tomita N, Watanuki S, Hiraoka K, Ishikawa Y, Funaki Y, Iwata R, Furumoto S, Tashiro M, Sasano H, Kitamoto T, Kudo Y, Yanai K, Furukawa K, Okamura N, Arai H. Neuroimaging-pathological correlations of [(18)F]THK5351 PET in progressive supranuclear palsy. Acta Neuropathol Commun. 2018 Jun 29;6(1):53. doi: 10.1186/s40478-018-0556-7.
- 12) Yanai A, Itoh M, Hirakawa H, Yanai K, Tashiro M, Harada R, Yoshikawa A, Yamamoto S, Ohuchi N, Ishida T. Newly-Developed Positron Emission Mammography (PEM) Device for the Detection of Small Breast Cancer. Tohoku J Exp Med. 2018 May;245(1):13-19. doi: 10.1620/tjem.245.13.
- 13) Kikuchi A, Nasir FBM, Inami A, Mohsen A, Watanuki S, Miyake M, Takeda K, Koike D, Ito T, Sasakawa J, Matsuda R, Hiraoka K, Maurer M, Yanai K, Watabe H, Tashiro M. Effects of levocetirizine and diphenhydramine on regional glucose metabolic changes and hemodynamic responses in the human prefrontal cortex during cognitive tasks. Hum Psychopharmacol. 2018 Mar;33(2):e2655. doi:10.1002/hup.2655.

- 14) Nasir FBM, Kikuchi A, Watanuki S, Miyake M, Tashiro M, Watabe H. Registration of positron emission tomography (PET) image and functional near infrared spectroscopy (NIRS9 data. Int. J. Biosci. Biochem. Bioinform. 2019;9(1):9-19. doi:10.17706/ijbbb.2019.9.1.9-19
- 15) Kikkawa T, Casingal CR, Chun SH, Shinohara H, Hiraoka K, Osumi N. The role of Pax6 in brain development and its impact on pathogenesis of autism spectrum disorder. Brain Res. 2018 Feb 27. pii: S0006-8993(18)30111-2. doi:10.1016/j.brainres.2018.02.041.
- 16) Harada R, Ishiki A, Kai H, Sato N, Furukawa K, Furumoto S, Tago T, Tomita N, Watanuki S, Hiraoka K, Ishikawa Y, Funaki Y, Nakamura T, Yoshikawa T, Iwata R, Tashiro M, Sasano H, Kitamoto T, Yanai K, Arai H, Kudo Y, Okamura N. Correlations of (18)F-THK5351 PET with post-mortem burden of tau and astrogliosis in Alzheimer's disease. J Nucl Med. 2017. pii: jnumed.117.197426. doi:10.2967/jnumed.117.197426. (in press)
- 17) Shidahara M, Thomas BA, Okamura N, Ibaraki M, Matsubara K, Oyama S, Ishikawa Y, Watanuki S, Iwata R, Furumoto S, Tashiro M, Yanai K, Gonda K, Watabe H. A comparison of five partial volume correction methods for Tau and Amyloid PET imaging with [(18)F]THK5351 and [(11)C]PIB. Ann Nucl Med. 2017;31(7):563-569. doi: 10.1007/s12149-017-1185-0.
- 18) Yanai K, Yoshikawa T, Yanai A, Nakamura T, Iida T, Leurs R, Tashiro M. The clinical pharmacology of non-sedating antihistamines. Pharmacol Ther. 2017;178:148-156. doi: 10.1016/j.pharmthera.2017.04.004.
- 19) Inami A, Ogura T, Watanuki S, Masud MM, Shibuya K, Miyake M, Matsuda R, Hiraoka K, Itoh M, Fuhr AW, Yanai K, Tashiro M(Corresponding author). Glucose Metabolic Changes in the Brain and Muscles of Patients with Nonspecific Neck Pain Treated by Spinal Manipulation Therapy: A [(18)F]FDG PET Study. Evid Based Complement Alternat Med. 2017;2017:4345703. doi: 10.1155/2017/4345703.
- 20) Tsugita M, Morimoto N, Tashiro M, Kinoshita K, Nakayama M. SR-B1 Is a Silica Receptor that Mediates Canonical Inflammasome Activation. Cell Rep. 2017;18(5):1298-1311. doi: 10.1016/j.celrep.2017.01.004.
- 21) Arakawa Y, Nai Y, Shidahara M, Furumoto S, Seki C, Okamura N, Tashiro M, Kudo Y, Yanai K, Gonda K, Watabe H. Prediction of the Clinical SUV Ratio in Amyloid PET Imaging Using a Biomathematic Modeling Approach Toward the Efficient Development of a Radioligand. J Nucl Med. 2017;58(8):1285-1292. doi:10.2967/jnumed.116.183566.
- 22) Inubushi M, Higashi T, Kuji I, Sakamoto S, Tashiro M, Momose M. Introduction of nuclear medicine research in Japan. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2016;43(13):2449-2452.
- 23) Ishiki A, Harada R, Okamura N, Tomita N, Rowe CC, Villemagne VL, Yanai K, Kudo Y, Arai H, Furumoto S, Tashiro M, Furukawa K. Tau imaging with [(18) F]THK-5351 in progressive supranuclear palsy. Eur J Neurol. 2017;24(1):130-136. doi:10.1111/ene.13164.
- 24) Kikuchi A, Okamura N, Hasegawa T, Harada R, Watanuki S, Funaki Y, Hiraoka K, Baba T, Sugeno N, Oshima R, Yoshida S, Kobayashi J, Ezura M, Kobayashi M, Tano O, Mugikura S, Iwata R, Ishiki A, Furukawa K, Arai H, Furumoto S, Tashiro M, Yanai K, Kudo Y, Takeda A, Aoki M. In vivo visualization of tau deposits in corticobasal syndrome by 18F-THK5351 PET. Neurology. 2016;87(22):2309-2316.
- 25) Harada R, Furumoto S, Tago T, Furukawa K, Ishiki A, Tomita N, Iwata R, Tashiro M, Arai H, Yanai K, Kudo Y, Okamura N. Erratum to: Characterization of the radiolabeled metabolite of tau PET tracer 18F-THK5351. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2017;44(1):177. PubMed PMID: 27734120.
- 26) Tanaka Y, Kanazawa M, Kano M, Morishita J, Hamaguchi T, Van Oudenhove L, Ly HG, Dupont P, Tack J, Yamaguchi T, Yanai K, Tashiro M, Fukudo S. Differential Activation in Amygdala and Plasma Noradrenaline during Colorectal Distention by Administration of Corticotropin-Releasing

- Hormone between Healthy Individuals and Patients with Irritable Bowel Syndrome. PLoS One. 2016 Jul 22;11(7):e0157347. doi: 10.1371/journal.pone.0157347.
- 27) Kikuchi A, Takeda A, Sugeno N, Miura E, Kato K, Hasegawa T, Baba T, Konno M, Oshima R, Watanuki S, Hiraoka K, Tashiro M, Aoki M. Brain Metabolic Changes of Cervical Dystonia with Spinocerebellar Ataxia Type 1 after Botulinum Toxin Therapy. Intern Med. 2016;55(14):1919-22. doi: 10.2169/internalmedicine.55.5843.
- 28) Harada R, Furumoto S, Tago T, Furukawa K, Ishiki A, Tomita N, Iwata R, Tashiro M, Arai H, Yanai K, Kudo Y, Okamura N. Characterization of the radiolabeled metabolite of tau PET tracer (18)F-THK5351. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2016;43(12):2211-2218
- 29) Lockhart SN, Baker SL, Okamura N, Furukawa K, Ishiki A, Furumoto S, Tashiro M, Yanai K, Arai H, Kudo Y, Harada R, Tomita N, Hiraoka K, Watanuki S, Jagust WJ. Dynamic PET Measures of Tau Accumulation in Cognitively Normal Older Adults and Alzheimer's Disease Patients Measured Using [18F] THK-5351. PLoS One. 2016;11(6):e0158460. doi: 10.1371/journal.pone.0158460.
- 30) Inami A, Matsuda R, Grobosch T, Komamura H, Takeda K, Yamada Y, Miyake M, Hiraoka K, Maurer M, Yanai K, Tashiro M (Corresponding author). A simulated car-driving study on the effects of acute administration of levocetirizine, fexofenadine, and diphenhydramine in healthy Japanese volunteers. Hum Psychopharmacol. 2016;31(3):167-77. doi: 10.1002/hup.2524.
- 31) Sato K, Shidahara M, Watabe H, Watanuki S, Ishikawa Y, Arakawa Y, Nai YH, Furumoto S, Tashiro M, Shoji T, Yanai K, Gonda K. Performance evaluation of the small-animal PET scanner ClairvivoPET using NEMA NU 4-2008 Standards. Phys Med Biol. 2016;61(2):696-711. doi: 10.1088/0031-9155/61/2/696.
- 32) Harada R, Okamura N, Furumoto S, Furukawa K, Ishiki A, Tomita N, Tago T, Hiraoka K, Watanuki S, Shidahara M, Miyake M, Ishikawa Y, Matsuda R, Inami A, Yoshikawa T, Funaki Y, Iwata R, Tashiro M, Yanai K, Arai H, Kudo Y. 18F-THK5351: A Novel PET Radiotracer for Imaging Neurofibrillary Pathology in Alzheimer Disease. J Nucl Med. 2016;57(2):208-14. doi: 10.2967/jnumed.115.164848.
- 33) Hiraoka K, Sumiyoshi A, Nonaka H, Kikkawa T, Kawashima R, Osumi N. Regional Volume Decreases in the Brain of Pax6 Heterozygous Mutant Rats: MRI Deformation-Based Morphometry. PLoS One. 2016 Jun 29;11(6):e0158153. doi:10.1371/journal.pone.0158153. eCollection 2016.
- 34) Ariga K and Tashiro M. A History of Biological Illustrations in Japan. J Nat Sic Illustration. 2016;48(3):3-8.
- 35) Ishiki A, Okamura N, Furukawa K, Furumoto S, Harada R, Tomita N, Hiraoka K, Watanuki S, Ishikawa Y, Tago T, Funaki Y, Iwata R, Tashiro M, Yanai K, Kudo Y, Arai H. Longitudinal Assessment of Tau Pathology in Patients with Alzheimer's Disease Using [18F]THK-5117 Positron Emission Tomography. PLoS One. 2015;10(10):e0140311. doi: 10.1371/journal.pone.0140311.
- 36) Meguro K, Akanuma K, Meguro M, Yamaguchi S, Ishii H, Tashiro M. Prevalence and prognosis of prodromal Alzheimer's disease as assessed by magnetic resonance imaging and 18F-fluorodeoxyglucose-positron emission tomography in a community: reanalysis from the Osaki-Tajiri Project. Psychogeriatrics. 2016;16(2):116-20. doi: 10.1111/psyg.12131.
- 37) Sato H, Ito C, Hiraoka K, Tashiro M, Shibuya K, Funaki Y, Yoshikawa T, Iwata R, Matsuoka H, Yanai K. Histamine H1 receptor occupancy by the new-generation antipsychotics olanzapine and quetiapine: a positron emission tomography study in healthy volunteers. Psychopharmacology (Berl). 2015;232(19):3497-505. doi:10.1007/s00213-015-4002-2.
- 38) Hiraoka K, Narita W, Kikuchi H, Baba T, Kanno S, Iizuka O, Tashiro M, Furumoto S, Okamura N, Furukawa K, Arai H, Iwata R, Mori E, Yanai K. Amyloid deposits and response to shunt surgery in idiopathic normal-pressure hydrocephalus. J Neurol Sci. 2015;356(1-2):124-8. doi:10.1016/j.jns.2015.06.029.

- 39) Shidahara M, Watabe H, Tashiro M, Okamura N, Furumoto S, Watanuki S, Furukawa K, Arakawa Y, Funaki Y, Iwata R, Gonda K, Kudo Y, Arai H, Ishiwata K, Yanai K. Quantitative kinetic analysis of PET amyloid imaging agents [(11)C]BF227 and [(18)F]FACT in human brain. Nucl Med Biol. 2015;42(9):734-44. doi:10.1016/j.nucmedbio.2015.05.001.
- 40) Harada R, Okamura N, Furumoto S, Furukawa K, Ishiki A, Tomita N, Hiraoka K, Watanuki S, Shidahara M, Miyake M, Ishikawa Y, Matsuda R, Inami A, Yoshikawa T, Tago T, Funaki Y, Iwata R, Tashiro M, Yanai K, Arai H, Kudo Y. [(18)F]THK-5117 PET for assessing neurofibrillary pathology in Alzheimer's disease. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2015;42(7):1052-61. doi: 10.1007/s00259-015-3035-4.
- 41) Akanuma K, Meguro K, Satoh M, Tashiro M, Itoh M. Singing can improve speech function in aphasics associated with intact right basal ganglia and preserve right temporal glucose metabolism: Implications for singing therapy indication. Int J Neurosci. 2016;126(1):39-45. doi: 10.3109/00207454.2014.992068.
- 42) Hiraoka K, Tashiro M, Grobosch T, Maurer M, Oda K, Toyohara J, Ishii K, Ishiwata K, Yanai K. Brain histamine H1 receptor occupancy measured by PET after oral administration of levocetirizine, a non-sedating antihistamine. Expert Opin Drug Saf. 2015;14(2):199-206. doi: 10.1517/14740338.2015.989831.
- 43) Arai A, Kaneta T, Okamura N, Tashiro M, Iwata R, Takanami K, Fukuda H, Takahashi S, Yanai K, Kudo Y, Arai H. Pitfalls of voxel-based amyloid PET analyses for diagnosis of Alzheimer's disease: artifacts due to non-specific uptake in the white matter and the skull. Tohoku J Exp Med. 2014;234(3):175-81.
- 44) Suto T, Meguro K, Nakatsuka M, Kato Y, Tezuka K, Yamaguchi S, Tashiro M. Disorders of "taste cognition" are associated with insular involvement in patients with Alzheimer's disease and vascular dementia: "memory of food is impaired in dementia and responsible for poor diet". Int Psychogeriatr. 2014;26(7):1127-38. doi: 10.1017/S1041610214000532.
- 45) Kurokawa D, Sano H, Nagamoto H, Omi R, Shinozaki N, Watanuki S, Kishimoto KN, Yamamoto N, Hiraoka K, Tashiro M, Itoi E. Muscle activity pattern of the shoulder external rotators differs in adduction and abduction: an analysis using positron emission tomography. J Shoulder Elbow Surg. 2014;23(5):658-64. doi:10.1016/j.jse.2013.12.021.
- 46) Tatebe S, Fukumoto Y, Oikawa-Wakayama M, Sugimura K, Satoh K, Miura Y, Aoki T, Nochioka K, Miura M, Yamamoto S, Tashiro M, Kagaya Y, Shimokawa H. Enhanced [18F]fluorodeoxyglucose accumulation in the right ventricular free wall predicts long-term prognosis of patients with pulmonary hypertension: a preliminary observational study. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2014;15(6):666-72. doi:10.1093/ehjci/jet276.
- 47) Kaneta T, Okamura N, Arai A, Takanami K, Furukawa K, Tashiro M, Furumoto S, Iwata R, Takahashi S, Arai H, Yanai K, Kudo Y. Analysis of early phase [11C]BF-227 PET, and its application for anatomical standardization of late-phase images for 3D-SSP analysis. Jpn J Radiol. 2014;32(3):138-44. doi:10.1007/s11604-013-0276-7.
- 48) Shinozaki N, Sano H, Omi R, Kishimoto KN, Yamamoto N, Tashiro M, Itoi E. Differences in muscle activities during shoulder elevation in patients with symptomatic and asymptomatic rotator cuff tears: analysis by positron emission tomography. J Shoulder Elbow Surg. 2014;23(3):e61-7. doi:10.1016/j.jse.2013.06.009.
- 49) Sato H, Ito C, Tashiro M, Hiraoka K, Shibuya K, Funaki Y, Iwata R, Matsuoka H, Yanai K. Histamine H₁ receptor occupancy by the new-generation antidepressants fluvoxamine and mirtazapine: a positron emission tomography study in healthy volunteers. Psychopharmacology (Berl). 2013 Nov;230(2):227-34. doi:10.1007/s00213-013-3146-1.

- 50) Shidahara M, Tashiro M, Okamura N, Furumoto S, Furukawa K, Watanuki S, Hiraoka K, Miyake M, Iwata R, Tamura H, Arai H, Kudo Y, Yanai K. Evaluation of the biodistribution and radiation dosimetry of the 18F-labelled amyloid imaging probe [18F]FACT in humans. EJNMMI Res. 2013 Apr 24;3(1):32. doi:10.1186/2191-219X-3-32.
- 51) Furumoto S, Okamura N, Furukawa K, Tashiro M, Ishikawa Y, Sugi K, Tomita N, Waragai M, Harada R, Tago T, Iwata R, Yanai K, Arai H, Kudo Y. A 18F-labeled BF-227 derivative as a potential radioligand for imaging dense amyloid plaques by positron emission tomography. Mol Imaging Biol. 2013 Aug;15(4):497-506. doi:10.1007/s11307-012-0608-5.
- 52) Tomita N, Furukawa K, Okamura N, Tashiro M, Une K, Furumoto S, Iwata R, Yanai K, Kudo Y, Arai H. Brain accumulation of amyloid β protein visualized by positron emission tomography and BF-227 in Alzheimer's disease patients with or without diabetes mellitus. Geriatr Gerontol Int. 2013 Jan;13(1):215-21.
- 53) 有賀雅奈、田代学. サイエンティフィック・イラストレーションの制作プロセスと制作者の視点—イラストレータと脳科学研究者による協働制作のケーススタディ. 科学技術社会論研究. 2017;13:186-203.

【著書: 和文】

1) 有賀雅奈(執筆)、田代学、有賀雅奈(イラスト). How to Draw Scientific Illustration: オブザーベーショナル・ドローイングの基本. 発行日 2015 年 8 月 1 日. (基礎ゼミ夏季集中講座のテキスト)

【総説・解説記事: 和文】

- 1) 田代学. 抗ヒスタミン薬と自動車運転機能. 特集「薬理学的にみる非鎮静性講義の使用法」. 日本医事新報. 2019:4945:32-35.
- 2) 田代学. 自動車運転を考える. 一般用医薬品・OTC 薬. Modern Physician. 2017;37(2):144-146.
- 3) 稲見暁惠、平岡宏太良、谷内一彦、田代学. 季節性アレルギー性鼻炎と周辺疾患. 抗ヒスタミン薬の効果 薬理学から. PET を用いたヒスタミン H1 受容体占拠率評価と運転パフォーマンス試験. 2016;23(1):36-43.
- 4) 田代学、稲見暁恵、武田和子、三宅正泰、平岡宏太良、谷内一彦. 高齢者および若年者における抗ヒスタミン薬服用後の運転シミュレーション成績の比較. 臨床薬理のあゆみ. 2015:36:171-180.

「資料3] 招待講演・学会発表

【国内会議】

- 1) 田代 学、鈴木 頌也、Edmond CHEN、菊地 飛鳥、稲見 暁惠、三宅 正泰、Fairuz Mohd NASIR、 平岡 宏太良、四月朔日聖一、谷内 一彦、渡部 浩司. 抗ヒスタミン薬が認知課題遂行中のエネルギー消費に与える影響:FDG-PET 研究. 日本核医学会学術総会. 2019 年 11 月 1 日~3 日. 松山市. 一般口演.
- 2) 田代 学、Yu-Chen Lin、久保 均、今野 大成、佐藤 文彦、中川 明美、根本 彩香、安藤 創 一、Li-Chieh Kuo、伊藤 正敏、伊藤 浩. 書字課題にともなう前腕および手部の骨格筋イメージング. 日本核医学会学術総会. 2019 年 11 月 1 日~3 日. 松山市. 一般口演.
- 3) 渡部浩司、四月朔日聖一、田代学. 複数小型線量計を用いた PET 検査内部被ばく評価法の開発. 日本核医学会総会学術総会. 2019 年 11 月 1 日~3 日. 松山市. 一般口演.
- 4) 田代学. 脳画像医学で明らかにされる抗ヒスタミン薬の鎮静性副作用:ガンマ線および近赤 外線を用いた脳イメージング技術の医学貢献. 第 41 回日本光医学光生物学会. 2019 年 7 月 19 日. 富山市. 招待講演(ランチョンセミナー).
- 5) 田代学. 自動車を運転するすべての患者さんに注意が必要! 抗ヒスタミン薬について考

- える. Meiji Seika ファルマ Web カンファレンス 2019 年 6 月 17 日. 仙台市. 招待講演.
- 6) 平岡宏太良. 脳室上衣細胞の発達と BMP シグナリング. NEURO2019 (第 42 回日本神経科学 大会) 2019 年 07 月 26 日. 新潟市. ポスター発表.
- 7) 四月朔日聖一. PET 検査の品質保証. PET サマーセミナー2019 in 福島. 2019 年 08 月 26 日. 福島市. 招待講演.
- 8) 四月朔日聖一. PET 検査関連装置故障データの多施設共同収集. 日本核医学技術学会東北地方会学術大会. 2019 年 09 月 21 日. 新潟市. (一般口演)
- 9) 安藤創一,藤本敏彦,四月朔日聖一,Fairuz Nasir ナジールファイルーズ,平岡宏太良,武田和子,小林中,今野大成,リンユーチェン Yuchen Lin,渡部浩司,田代学.一過性の運動による認知パフォーマンスの向上に対する内因性ドーパミンの関与.体力医学会.2019 年 9月 19日~21日.つくば市.(一般口演)
- 10) Nobuya Suzuki, Asuka Kikuchi, Akie Inami, Fairuz Binti Mohammadi Nasir, Attayeb Mohsen, Shoichi Watanuki, Masayasu Miyake, Kazuko Takeda, Kotaro Hiraoka, Kazuhiko Yanai, Hiroshi Watabe, Manabu Tashiro. Effects of antihistamines on regional glucose metabolic changes in human prefrontal cortex during cognitive tasks. NEURO2019(第 42 回日本神経科学大会). 2019 年 07 月 26 日. 新潟市. ポスター発表.
- 11) 田代学. 脳科学で明らかにされる抗ヒスタミン薬の鎮静性副作用. 函館病院薬剤師会. 2018 年11月28日. 函館市. 招待講演.
- 12) Yu-Chen Lin, Fumihiko Sato, Xudong Duan, Hitoshi Kubo, Taisei Konno, Katsuhiko Shibuya, Toshie Sugai, Ayaka Nemoto, ChiehHsiang Hsu, Soichi Ando, Hiroshi Itoh, Li-Chieh Kuo, Masatoshi Itoh, Manabu Tashiro. The recognition of small skeletal muscles: Pilot studies using PET/CT, PEM and PET/MR with 18F-FDG. 日本核医学会北日本地方会. 2018 年 10 月 25 日~26 日. 仙台. 一般口演.
- 13) Edmond Chen, Asuka Kikuchi, Akie Inami, Fairuz Binti Mohd Nasir, Attayeb Mohsen, Shoichi Watanuki, Masayasu Miyake, Kazuko Takeda, Kotaro Hiraoka, Kazuhiko Yanai, Hiroshi Watabe, Manabu Tashiro. Evaluation of Double Injection Method for FDG PET Brain study. 日本ヒト脳機能 イメージング研究会. 2018 年 9 月 7 日~8 日. 東京. ポスター発表.
- 14) Inomata, Takato and Shidahara, Miho and Watanuki, Shoichi and Tashiro, Manabu and Watabe, Hiroshi (2018) Proposal of an Evaluation-Method to Compare Head Motion Correction Systems among Clinical PET Scanners. 日本医学放射線技術学会. 2018/04/12-2018/04/15, 横浜. 一般口演.
- 15) 菊地飛鳥、田代学、渡部浩司、四月朔日聖一. FDG-double-injection 法による残留放射能補正の検討. 第 37 回日本核医学技術学会学術総会. 横浜市. 2018 年 10 月 5 日~7 日. 一般口演.
- 16) 田代学、菊地飛鳥、稲見暁惠、三宅正泰、Attayeb Mohsen、Fairuz Mohd Nasir、松田林、平岡 宏太良、四月朔日聖一、谷内一彦、渡部浩司. レボセチリジンの鎮静作用に関する脳ブドウ 糖代謝および脳血流の変化の観察. 第38回日本臨床薬理学会学術総会. 2018 年12 月7日~9日. 横浜市. 一般口演.
- 17) 菊地飛鳥、稲見暁惠、三宅正泰、Attayeb Mohsen、Fairuz Mohd Nasir、松田林、平岡宏太良、四月朔日聖一、谷内一彦、渡部浩司、田代学. FDG-PET と NIRS の同時測定で発見された抗ヒスタミン薬服用下での脳糖代謝変化と脳血流変化のミスマッチ所見. ヒト脳機能マッピング学会. 2018 年 3 月 2 日~3 日. 東京. ポスター発表.
- 18) 田代学. 脳科学が語る抗ヒスタミン薬の鎮静性副作用: 眠気とインペアードパフォーマンス. Taiho Allergy Conference in Okinawa. 2018 年 1 月 20 日. 那覇市. 特別講演・招待講演.
- 19) 田代学. 脳科学が語る抗ヒスタミン薬の鎮静性副作用. 柴田郡医師会学術講演会でのご講演 2018 年 2 月 9 日. 宮城県柴田郡. 特別講演・招待講演.
- 20) 田代学. 脳科学が語る抗ヒスタミン薬の鎮静性副作用. TAIHO Web Lecture for Allergy. 2018 年 2 月 15 日. 仙台市. 特別講演.

- 21) 田代学. 脳科学が語る抗ヒスタミン薬の鎮静性副作用. 庄内皮膚科医会. 2018 年 6 月 14 日. 酒田市. 特別講演.
- 22) 田代学、菊地飛鳥、稲見暁惠、三宅正泰、Attayeb Mohsen、Fairuz Mohd Nasir、松田林、平岡 宏太良、四月朔日聖一、谷内一彦、渡部浩司. レボセチリジンの鎮静作用に関する脳ブドウ 糖代謝および脳血流の変化の観察. 第38回日本臨床薬理学会学術総会. 2017 年12月7-9日. 神奈川県横浜市. 一般演題.
- 23) 菊地飛鳥、田代学、渡部浩司、四月朔日聖一. FDG-double-injection 法による残留放射能補正の検討. 第 37 回日本核医学技術学会学術総会. 神奈川県横浜市.2017 年 10 月 7-9 日. 一般演題.
- 24) 田代学. 脳科学が語る抗ヒスタミン薬の鎮静性副作用. 栃木県病院薬剤師会学術講演会. 2017 年 1 月 12 日. 宇都宮市. 特別・招待講演.
- 25) 田代学. 脳科学が語る抗ヒスタミン薬の鎮静性副作用. 一関市医師会学術講演会 2017 年 2 月 15 日. 一関市. 特別・招待講演.
- 26) 田代学. 脳科学が語る抗ヒスタミン薬の鎮静性副作用. 阪神アレルギーシンポジウム(宝塚市医師会). 2017 年 11 月 11 日. 宝塚市. 特別講演・招待講演.
- 27) 田代学. 脳科学で明らかにされる抗ヒスタミン薬の鎮静性副作用の機序と定量的評価. 第81 回日本皮膚科学会東部支部総会. ランチョンセミナー. 2017 年 9 月 24 日. 福島、福島. (招待講演)
- 28) 菊地飛鳥、稲見暁惠、三宅正泰、Attayeb Mohsen、Fairuz Mohd Nasir、松田林、平岡宏太良、四月朔日聖一、谷内一彦、渡部浩司、田代学. FDG-PET と NIRS を用いた抗ヒスタミン薬服用下での脳機能変化. 日本核医学会北日本地方会. 2017 年 6 月 16 日. 一般演題.
- 29) 江面道典, 菊池昭夫, 岡村信行, 長谷川隆文, 石木愛子, 原田龍一, 荒井啓行, 谷内一彦, 古本祥三, 田代学, 工藤幸司, 武田篤, 青木正志. 18F-THK5351 PET によるタウオパチーでの鑑別診断の検討. 第 11 回 パーキンソン病・運動障害疾患コングレス. 2017 年 10 月 26 日. 一般口演.
- 30) 原田龍一,石木愛子,甲斐英朗,佐藤直美,古本祥三,田代学,工藤幸司,笹野 公伸,北本 哲之,荒井 啓行,谷内 一彦,岡村 信行. [18F]THK-5351 のアルツハイマー病患者における画像病理相関解析.第57回日本核医学会学術総会.2017年10月5日.一般口海
- 31) ラット PET を用いたヒト内部被曝線量の非侵襲的推定手法の検討, 志田原 美保, 猪又 嵩 斗, 小山 千莉, 船木 善仁, 田代 学, 古本 祥三, 谷内 一彦, 権田 幸祐, 渡部 浩 司, 第57回日本核医学会学術総会. 2017年10月5日. 一般口演.
- 32) 江面道典, 菊池昭夫, 岡村信行, 長谷川隆文, 石木愛子, 原田龍一, 荒井啓行, 谷内一彦, 古本祥三, 田代学, 工藤幸司, 武田篤, 青木正志. 18F-THK5351 PET によるタウオパチーでの鑑別診断の検討. 第57回日本核医学会学術総会. 2017年10月5日. 一般口演.
- 33) 田代学. CT 技術開発の歴史と医療への貢献. 日本顕微鏡学会第 72 回学術講演会 2016 年 6月15日. 仙台市. 特別講演.
- 34) 伊藤正敏、伊藤繁記、菅井利恵、佐藤文彦、矢野文月、小野田行男、佐藤浩樹、田代学、平川久. 対向型 PET の利用法. 核医学教育講演 1. 乳房 PET: 見えた! 見つけた! の時代は終わった。これからは次のステージだ! 第 56 回日本核医学会学術総会. 2016 年 11 月 3~5日. 名古屋市. 教育講演.
- 35) 平岡宏太良. シンポジウム 1 (iNPH の疫学)「iNPH は希少疾患か? Common disease か? 本邦の疫学研究から。」 講演 1. Communitybased studies 1)宮城県の研究. 第 17 回日本正常 圧水頭症学会. 2016 年 03 月 19 日—2016 年 03 月 20 日. 山形市. 特別講演.
- 36) 猪又嵩斗, 志田原美保, 四月朔日聖一, 田代学, 権田幸祐, 渡部浩司. 光学式トラッキングシステムを用いた頭部 PET 検査の体動補正の基礎検討. 第36回日本核医学技術学会学術総会. 東京都. 2016 年11月3~5日. 一般演題.

- 37) 菊地飛鳥、稲見暁惠、三宅正泰、Attayeb Mohsen、伊藤貴保、小池大吾、武田和子、Fairuz Mohd Nasir、松田林、平岡宏太良、四月朔日聖一、谷内一彦、渡部浩司、田代学. FDG-PET を用いた抗ヒスタミン薬の脳負荷試験の試み. 日本核医学会北日本地方会. 2016 年 9 月 26 日. 一般演題.
- 38) 志田原 美保, Nai Ying Hway, 四月朔日 聖一, 石川 洋一, 田代 学, 古本 祥三, 谷内 一彦, 権田 幸祐, 渡部 浩司. NEMA NU4-2008 に基づいた小動物用 PET 装置 ClairvivoPET の性能評価. 第 56 回日本核医学会学術総会. 2016 年 11 月 3 日. 一般口演.
- 39) 菊池 昭夫, 岡村 信行, 長谷川 隆文, 江面 道典, 馬場 徹, 小林 潤平, 吉田 隼, 荒井 啓行, 谷内 一彦, 古本 祥三, 田代 学, 工藤 幸司, 武田 篤, 青木 正志. 18F-THK5351 PET による 大脳皮質基底核症候群患者の夕ウ凝集体の画像化,第 10 回 パーキンソン病・運動障害疾患 コングレス 2016 年 10 月 6 日. 一般口演.
- 40) Nasir, Fairuz Binti Mohd and Tashiro, Manabu and Watanuki, Shoichi and Miyake, Masayasu and Watabe, Hiroshi (2016) Registration of Positron Emission Tomography (PET) image & Functional Near Infrared Spectroscopy (fNIRS) data. In: Japanese Society for Nuclear Medicine (JSNM), 2016, 名古屋.
- 41) アルツハイマー病の診断バイオマーカーとしてのタウ PET イメージング 18F-THK5351 の 開発と臨床応用,谷内 一彦,原田 龍一,田代 学,古本 祥三,工藤 幸司,荒井 啓行,岡村 信行,第46回日本神経精神薬理学会年会 2016年7月2日
- 42) パーキンソン病患者での[11C]BF-227 PET による α-シヌクレイン蛋白凝集体の画像化, 菊池昭夫, 岡村信行, 馬場 徹, 長谷川隆文, 菅野直人, 大嶋龍司, 吉田隼, 小林潤平, 平岡宏太良, 古本祥三, 谷内一彦, 田代学, 工藤幸司, 武田篤, 青木正志, 第57回日本神経学会学術大会 2016年5月18日
- 43) Kotaro Hiraoka, Akira Sumiyoshi, Hiroi Nonaka, Takako Kikkawa, Ryuta Kawashima, Noriko Osumi. Regional volume decreases in the brain of Pax6 heterozygous mutant rats: MRI deformation-based morphometry. 第 39 回日本神経科学大会. 2016 年 07 月 20 日~2016 年 07 月 22 日. 横浜. 一般口演.
- 44) 岡村信行, 古川勝敏, 石木愛子, 原田龍一, 古本祥三, 田代学, 荒井啓行, 工藤幸司, 谷内一彦. アルツハイマー病のタウ蛋白病理をモニタリングするための新規 PET プローブ [18F]THK-5351 の臨床評価,第 36 回日本臨床薬理学会学術総会. 2015 年 12 月 9 日. 一般口演.
- 45) 荒川悠真, 志田原美保, Nai Ying Hwey, 古本祥三, 関千江, 岡村信行, 田代学, 工藤幸司, 谷内一彦, 権田幸祐, 渡部浩司. 生体数学モデルを用いたアミロイド PET イメージングにおける臨床 SUVR 予測, 第55回日本核医学会学術総会 2015年11月5日. 一般口演.
- 46) 岡村信行, 石木愛子, 古川勝敏, 原田龍一, 平岡宏太良, 田代学, 荒井啓行, 古本祥三, 岩田 錬, 谷内一彦, 工藤幸司. [18F]THK-5117 PET によるアルツハイマー病タウ病理像の縦断評価, 第 55 回日本核医学会学術総会 2015 年 11 月 5 日. 一般口演.
- 47) Kotaro Hiraoka, Akira Sumiyoshi, Hiroi Nonaka, Takako Kikkawa, Ryuta Kawashima, Noriko Osumi. Pax6 変異へテロ接合ラットにおける脳体積の減少 小動物用 MRI を用いた脳形態解析. 第 11 回成体脳のニューロン新生懇談会. 2015 年 11 月 14 日. 名古屋. 一般口演.
- 48) 岡村信行, 平岡宏太良, 田代学, 古本祥三, 岩田錬, 谷内一彦, 石木愛子, 古川勝敏, 原田龍一, 工藤幸司, 荒井啓行. 軽度認知障害、アルツハイマー病患者における[18F]THK-5351PET 画像の評価. 第78回日本核医学会北日本地方会 2015年10月23日. 一般口油
- 49) 岡村信行, 石木愛子, 古川勝敏, 原田龍一, 冨田尚希, 古本祥三, 田代学, 荒井啓行, 谷内一彦, 工藤幸司. [18F]THK-5117 PET によるアルツハイマー病タウ病理像の経時的評価,第 34 回日本認知症学会学術集会 2015年 10月2日. 一般口演
- 50) 古川 勝敏, 原田 龍二, 石木 愛子, 冨田 尚希, 古本 祥三, 岡村 信行, 田代 学, 谷内 一彦,

工藤 幸司, 荒井 啓行. 認知症診断におけるタウイメージング研究の最先端. 東北大学におけるタウイメージング PET 画像,第34回日本認知症学会学術集会 2015年10月2日. 一般口演.

- 51) アルツハイマー病患者を対象とした新規タウ PET トレーサー[18F]THK-5351 の臨床評価, 岡村 信行,原田 龍一,古本 祥三,古川 勝敏,石木 愛子,田代 学,岩田 錬,荒井 啓行, 谷内 一彦,工藤 幸司,第10回日本分子イメージング学会総会・学術集会 2015年5月20日. 一般口演.
- 52) 菊池昭夫, 岡村信行, 馬場徹, 長谷川隆文, 菅野直人, 今野昌俊, 三浦永美子, 大嶋龍司, 吉田隼, 古本祥三, 平岡宏太良, 谷内一彦, 田代学, 工藤幸司, 糸山泰人, 武田篤, 青木正志. [11C]BF-227 PET における多系統萎縮症脳内 α -シヌクレインの経時的変化,第 56 回日本神経学会学術大会 2015 年 5 月 20 日. 一般口演.
- 53) 田代学. 抗ヒスタミン薬を服用したら自動車は運転してはいけないのでしょうか? GSK Webinar. 2015 年 1 月 28 日. 東京都渋谷区. 特別講演・招待講演.
- 54) 田代学. 抗ヒスタミン薬がヒトの脳活動に与える影響:運転研究と脳画像研究から迫る。日本喉頭科学会ランチョンセミナー. 2015 年 4 月 9 日. 特別講演・招待講演.
- 55) 田代学. トヨタ中央研究所セミナー「意識に迫る脳科学への展望」トヨタ中央研究所. 愛知 県長久手市. 2015 年 7 月 31 日. 特別講演・招待講演.
- 56) 田代学. 脳機能からみたアレルギー治療. さいたまアレルギーワークショップ 学術講演会. 2015 年 10 月 9 日. 特別講演・招待講演.
- 57) 田代学. 抗ヒスタミン薬を服用したら自動車は運転してはいけないのでしょうか? GSK Webinar. 2015 年 11 月 26 日. 東京都渋谷区. 特別講演.
- 58) 田代学. 抗ヒスタミン薬を服用したら自動車は運転してはいけないのでしょうか? GSK Webinar. 2015 年 12 月 2 日. 東京都渋谷区. 特別講演.
- 59) 岡村信行、石木愛子、古川勝敏、原田龍一、平岡宏太良、田代学、荒井啓行、古本祥三、岩田錬、谷内一彦、工藤幸司. [18F]THK5117 によるアルツハイマー病タウ病理像の縦断評価. 第 55 回日本核医学会学術総会. 2015 年 11 月 5~7 日. 東京都. 一般演題.
- 60) 荒川悠真、志田原美保、Ying Hwei Nai、古本祥三、関千江、岡村信行、田代学、工藤幸司、 谷内一彦、権田幸佑、渡部浩司. 生体数学モデルを用いたアミロイド PET イメージングにお ける臨床 SUVR 予測. 第 55 回日本核医学会学術総会. 2015 年 11 月 5~7 日. 東京都. 一般 演題.
- 61) 志田原美保、Ying Hwei Nai、四月朔日聖一、石川洋一、田代学、古本祥三、谷内一彦、権田幸佑、渡部浩司. NEMA NU4-2008 に基づいた小動物用 PET 装置 ClairvivoPET の性能評価。第 56 回日本核医学会学術総会. 2015 年 11 月 3~5 日. 愛知県名古屋市. 一般演題.
- 62) 大崎雄介、森建文、田代学、志田原美保、小泉賢治、矢花郁子、岩田錬、宮澤英充、伊藤貞嘉. ポジトロン断層法を利用した残腎機能の評価. 第 21 回日本腹膜透析医学会学術集会・総会. 仙台国際センター(宮城・仙台). 2015 年 11 月 28 日.一般演題.
- 63) 有賀雅奈. サイエンティフィック・イラストレーション協働的制作プロセスの分析. 科学技術社会論学会第14回年次研究大会・総会. 2015年11月21日. 仙台市. (一般口頭発表)
- 64) 有賀雅奈、田代学. サイエンティフィック・イラストレーション制作プロセスの分析. 第 19 回日本ヒスタミン学会. 2015 年 11 月 13 日. 仙台市. (一般口頭発表)
- 65) 原田龍一, 岡村信行, 古本祥三, 古川勝敏, 田代学, 岩田錬, 谷内一彦, 荒井啓行, 工藤幸司. 若手研究者による認知症研究の新しい問題提起: タウイメージング PET トレーサーで見る 蛋白質のコンフォメーション,第 33 回日本認知症学会学術集会 2014年11月29日. 一般口演.
- 66) 松田林, 四月朔日聖一, 平岡宏太良, 三宅正泰, 岩田錬, 池田修一, 古川勝敏, 冨田尚希, 荒井啓行, 岡村信行, 古本祥三, 谷内一彦, 工藤幸司, 田代学. PET による全身性アミロイドーシス患者の心筋アミロイド沈着の可視化,第54回日本核医学会学術総会. 2014年11月6日.

一般口演.

- 67) 田代学, 岡村信行, 古本祥三, 四月朔日聖一, 平岡宏太良, 古川勝敏, 志田原美保, 石木愛子, 冨田尚希, 松田林, 稲見暁惠, 武田和子, 三宅正泰, 船木善仁, 岩田錬, 工藤幸司, 荒井啓行, 谷内一彦. タウイメージング薬剤[18F]THK-5117 を用いた PET 臨床試験(速報),第 54 回日本 核医学会学術総会 2014年11月6日. 一般口演.
- 68) 金田朋洋, 荒井晃, 高浪健太郎, 高橋昭喜, 岡村信行, 古本祥三, 谷内一彦, 古川勝敏, 荒井 啓行, 四月朔日聖一, 田代学, 岩田練, 福田寛, 工藤幸司. BF-227 を用いたアミロイド PET 早期像の有用性,第 54 回日本核医学会学術総会 2014年 11 月 6 日. 一般口演.
- 69) 岡村信行, 古本祥三, 原田龍一, 多胡哲郎, 石木愛子, 古川勝敏, 田代学, 岩田錬, 谷内一彦, 荒井啓行, 工藤幸司. タウイメージング用 PET トレーサー[18F]THK-5117 の臨床評価. 第9回日本分子イメージング学会総会・学術集会 2014年5月22日. 一般口演.
- 70) 田代学. ポジトロン断層法および運転シミュレータを用いた抗ヒスタミン薬の鎮静作用の評価. Science in Shinagawa セミナー. 東京都品川区. 2014年4月19日. 特別講演・招待講演.
- 71) 田代学. PET を用いた精神神経機能評価、病態解明および早期診断第 27 回海の中道 RI カンファレンス. 福岡県福岡市. 2014年7月12日. 特別講演・招待講演.
- 72) 田代学. ポジトロン断層法および運転シミュレータを用いた抗ヒスタミン薬の鎮静作用の評価第1回 GSK 皮膚免疫カンファレンス. 2014年7月20日. 特別講演・招待講演.
- 73) 田代学. 次世代の科学系教育への期待: サイエンス・ビジュアル教育と英語教育. 第 24 回宮 崎大学医学部放射線医学教室同門会総会. 宮崎県宮崎市. 2014 年 10 月 25 日. 特別講演・招 待講演.
- 74) 田代学. サイエンス・イラストとその周辺. サイエンスアゴラ 2014 サイエンスアートの世界 2014 年 11 月 9 日. 特別講演.
- 75) 四月朔日聖一. PET 検査システム. 診療放射線技師基礎技術講習「核医学検査」(東北地域). 2014 年 01 月 19 日. 仙台市. 招待講演.
- 76) 田代学、稲見暁惠、松田林、Thomas Grobosch, 武田和子、駒村寛、山田祐資、平岡宏太良、Marcus Maurer, 谷内一彦. 自動車運転シミュレータを用いた鎮静作用評価: レボセチリジン、フェキソフェナジン、ジフェンヒドラミンの比較. 第 35 回日本臨床薬理学会学術総会. 2014年 12 月 4 日. 一般演題(国内).
- 77) 田代学. PET および運転シミュレータを用いた抗ヒスタミン薬の鎮静作用評価. 日本薬理学会年会ランチョンセミナー. 2014年3月20日. 仙台市. 特別講演.
- 78) 平岡宏太良、成田渉、馬場徹、飯塚統、田代学、岡村信行、古川勝敏、荒井啓行、岩田錬、森悦郎、谷内一彦. 特発性正常圧水頭症における脳アミロイド沈着とシャント術による治療 反応性の関連. 第54回日本核医学会学術総会. 2014年11月6~8日. 大阪府. 一般演題(国内)
- 79) 平岡宏太良、成田渉、菊池大一、馬場徹、菅野重範、飯塚統、田代学、岡村信行、古川勝敏、 荒井啓行、岩田錬、工藤幸司、森 悦朗、谷内一彦. 特発性正常圧水頭症における脳内アミロ イド沈着とシャント術 による治療反応性の関連. 厚生労働省認知症対策総合研究事業 ア ミロイドイメージング を用いたアルツハイマー病発症リスク予測法の実用化に関する 多 施設臨床研究 平成 25 年度班会議. 2014 年 01 月 27 日. 東京. 招待講演.
- 80) 平岡宏太良、成田渉、菊池大一、馬場徹、菅野重範、飯塚統、田 代学、岡村信行、古川勝敏、荒井啓行、岩田錬、森悦朗、谷内 一彦. iNPH における脳内アミロイド沈着とシャント術による治療反 応性の関連. 第15回日本正常圧水頭症学会.2014年02月01日.大阪.
- 81) 平岡宏太良、成田渉、菊池大一、馬場徹、菅野重範、飯塚統、田代学、岡村 信行、古川勝敏、荒井啓行、岩田錬、森悦朗、谷内一彦. 特発性正常圧水頭症における脳内アミロイド沈着とシャント術による治療反応性の関連. 第55回日本神経学会学術大会.2014年05月21日—2014年05月24日. 福岡.

- 82) 平岡宏太良、成田渉、菊池大一、馬場徹、菅野重範、飯塚統、田代学、岡村 信行、古川勝敏、荒井啓行、岩田錬、森悦朗、谷内一彦. 特発性正常圧水頭症における脳内アミロイド沈着とシャント術 による治療反応性の関連. 第 37 回神経科学大会. 2014 年 09 月 11 日—2014年 09 月 13 日. 横浜
- 83) 平岡宏太良、成田渉、菊池大一、馬場徹、菅野重範、飯塚統、田代学、岡村 信行、古川勝敏、荒井啓行、岩田錬、森悦朗、谷内一彦. 特発性正常圧水頭症における脳内アミロイド沈着とシャント術 による治療反応性の関連. 第54回日本核医学会学術総会. 2014年11月06日—2014年11月08日. 大阪
- 84) 菊池 昭夫, 馬場 徹, 長谷川 隆文, 菅野 直人, 今野 昌俊, 三浦 永美子, 大嶋 龍司, 岡村信行, 古本 祥三, 谷内 一彦, 田代 学, 工藤 幸司, 糸山 泰人, 武田 篤, 青木 正志. パーキンソン病における脳内 α-シヌクレイン蛋白凝集体の PET による画像化. 第55回日本神経学会学術大会. 2014年5月21日. 一般演題.
- 85) 原田 龍一, 岡村 信行, 古本 祥三, 多胡 哲郎, 古川 勝敏, 石木 愛子, 冨田 尚希, 岩田 錬, 田代 学, 荒井 啓行, 谷内 一彦, 工藤 幸司. 百聞は一見にしかず: 分子イメージング研究の新展開 タウ蛋白を標的とした分子イメージングプローブの開発. 日本薬学会第 134 年会2014年3月27日. 一般演題.
- 86) 平岡宏太良、田代学、石渡喜一、石井賢二、谷内一彦. 11C-doxepin を用いた PET による抗 ヒスタミン薬 levocetirizine の脳内ヒスタミン H1 受容体占拠率の測定. NEURO2013. (口頭 (一般)) 2013 年 06 月 20 日—2013 年 06 月 23 日. 京都
- 87) 平岡宏太良、田代学、織田圭一、石渡喜一、石井賢二、谷内一彦.11C-doxepin-PET を用いた 抗ヒスタミン薬 levocetirizine の脳内ヒスタミン H1 受容体占拠率の測定. 第 129 回日本医学 放射線学会 北日本地方会.2013 年 10 月 04 日—2013 年 10 月 05 日. 口頭(一般) 仙台.
- 88) 四月朔日聖一、田代学、渡部浩司、石川洋一、平岡宏太良、谷内一彦、水田哲郎、佐藤友彦. 3次元トラッキング装置を用いた脳 PET 検査の体動補正システムの性能評価.日本核医学会学術総会. 2013-11-10, 福岡.
- 89) 水田哲郎、橘一成、四月朔日聖一、渡部浩司、石川洋一、平岡宏太良、田代学、谷内一彦 (2013) 3 次元トラッキング装置を用いた脳 PET 検査の体動補正システムの開発. In: 日本核医学会. 2013-11-10, 福岡. 一般演題.

【国際会議】

- 1) Tashiro M. PET Application to Exercise Physiology & Health Sciences. KU Leuven Tohoku Univ. Symposium. September 19th, 2019. Sendai, Japan. (招待講演)
- 2) Tashiro M. Status of Nuclear Medicine in Japan. Advanced Medical Imaging Physics: Egypt-Japan. March 27, 2019. Cairo, Egypt. (招待講演)
- 3) Tashiro M. Application of Nuclear Medicine to Brain research. Advanced Medical Imaging Physics: Egypt-Japan. March 27, 2019. Cairo, Egypt. (招待講演)
- 4) Tashiro M. Functional Neuro-Imaging Research on Dementia. 17th Annual Meeting of Egyptian Society of Nuclear Medicine Specialists(招待講演). March 25, 2019. Cairo, Egypt. (招待講演)
- 5) Konno T, Tashiro M, Fujimoto T, Watanuki S, Nasir BMF, Hiraoka K, Kobayashi A, Lin, YC, Watabe H, Ando S. Association between endogenous dopamine release and cognitive improvement during exercise. European College of Sports Science (ECSS). July 3-6, 2019. Prague, Czech Republic.
- 6) Asuka Kikuchi, Manabu Tashiro, Akie Inami, Fairuz Binti Mohammadi Nasir, Attayeb Mohsen, Shoichi Watanuki, Masayasu Miyake, Yuma Arakawa, Kazuko Takeda, Daigo Koike, Takayasu Ito, Junpei Sasakawa, Rin Matsuda, Kotaro Hiraoka, Kazuhiko Yanai, Hiroshi Watabe. Effects of antihistamines on regional cerebral glucose metabolism and perfusion during cognitive tasks. World Histamine Symposium. July 3-7, 2018. Kobe, Japan. (ポスター)
- 7) Kikuchi A, Tashiro M, Inami A, Fairuz BMN, Attayeb M, Watanuki S, Miyake S, Arakawa Y, Takeda

- K, Koike D, Ito T, Sasakawa J, Matsuda R, Hiraoka K, Yanai K, Watabe H. Effects of antihistamines on regional cerebral glucose metabolism and perfusion during cognitive tasks. Asia Oceania Congress of Nuclear Medicine and Biology. 2018. 一般演題.
- 8) Oyama S, Shidahara M, Thomas BA, Matsubara K, Ibaraki M, Watanuki S, Watabe H, Tashiro M. Error propagation properties of 5 partial volume correction algorithms for [18F]THK5351 PET imaging. EANM2018. October 13-17, 2018. Dusseldorf, Gewrmany. 一般演題.
- 9) Kikuchi A, Tashiro M, Inami A, Fairuz BMN, Attayeb M, Watanuki S, Miyake S, Arakawa Y, Takeda K, Koike D, Ito T, Sasakawa J, Matsuda R, Hiraoka K, Yanai K, Watabe H. Effects of antihistamines on regional cerebral glucose metabolism and perfusion during cognitive tasks. Asia Oceania Congress of Nuclear Medicine and Biology. Yokohama, Japan. Oct 5-7, 2017. 一般演題
- 10) Harada R, Okamura N, Furumoto S, Tago T, Furukawa K, Ishiki A, Iwata R, Tashiro M, Arai H, Yanai K, Kudo Y. Metabolite analysis of tau PET tracer [18F]THK-5351. The 10th Human Amyloid Imaging (HAI) meeting. Miami, USA. 2016-01-13. 一般演題.
- 11) Okamura N, Kikuchi A, Furukawa K, Ishiki A, Harada R, Hasegawa T, Takeda A, Furumoto S, Iwata R, Tashiro M, Yanai K, Aoki M, Arai H, Kudo Y. Distinct patterns of [18F]THK-5351 retention in AD and non-AD tauopathies.2016. The 10th Human Amyloid Imaging (HAI) meeting. Miami, USA. 2016-01-13. 一般演題.
- 12) Ariga K. Change in Figures in Life Sciences Since the 1970s. The 2016 History of Science Society Annual Meeting. November 3–6, 2016. Georgia, USA. (一般口頭発表)
- 13) Tashiro M. Tools and Technologies for Human Functional Neuroimaging: Molecular Imaging of Drug Actions. Neuroimaging and its impact on our lives (Satellite symposium of Neuroscience 2015), Kobe, Hyogo. July 28, 2015. 特別講演・招待講演(国際会議[国内開催]).
- 14) Okamura N, Furumoto S, Furukawa K, Ishiki A, Harada R, Iwata R, Tashiro M, Yanai K, Arai H, Kudo Y. PET imaging of tau pathology in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease with [18F]THK-5351.2015. SNMMI 2015 Annual Meeting, Baltimore, USA. June 8. 2015. 一般演題.
- 15) Okamura N, Furumoto S, Furukawa K, Ishiki A, Tomita N, Harada R, Tashiro M, Yanai K, Arai H, Kudo Y. Distribution of tau pathology in the patients with mild cognitive impairment and Alzheimer's disease measured with [18F]THK-5351 PET. AAIC2015, Washington D.C., USA. July 22, 2015. 一般演題.
- 16) Kotaro Hiraoka, Akira Sumiyoshi, Hiroi Nonaka, Ryuta Kawashima, Noriko Osumi. Decreased volume in the brain of Pax6 heterozygous mutant rats: A morphometric MRI study. Symposium on Development and Disease. 国際会議. 2015 年 08 月 24 日—2015 年 08 月 26 日. Sendai, Japan. ポスター (一般)
- 17) Arakawa, Y., Shidahara, M., Nai, Y., Furumoto, S., Seki, C., Okamura, N., Tashiro, M., Tashiro, M., Kudo, Y., Yanai, K., Gonda, K., Watabe, H. Biomathematical modeling approach to predict clinical SUVR in amyloid PET imaging towards efficient radioligand discovery and development, 28th Annual EANM Congress of the European Association of Nuclear Medicine 2015 2015 年 10 月 10 日
- 18) Okamura N, Furumoto S, Furukawa K, Ishiki A, Tomita N, Harada R, Tashiro M, Yanai K, Arai H, Kudo Y. Distribution of tau pathology in the patients with mild cognitive impairment and Alzheimer's disease measured with [18F]THK-5351 PET, Alzheimer's Association International Conference 2015 2015 年 7 月 18 日
- 19) Kikuchi A, Okamura N, Tashiro M, Furumoto S, Hasegawa T, Watanuki S, Hiraoka K, Funaki Y, Kobayashi M, Sugeno N, Baba T, Konno M, Miura E, Oshima R, Yoshida S, Iwata R, Takahashi S, Fukuda H, Itoyama Y, Arai H, Kudo Y, Yanai K, Aoki M, Takeda A. Longituinal [C-11]BF-227 PET study in MSA-C patients, 19th International Congress of Parkinson's Disease and Movement Disorders 2015 年 6 月 14 日
- 20) Okamura N, Furumoto S, Furukawa K, Ishiki A, Harada R, Iwata R, Tashiro M, Yanai K, Arai H, Kudo

- Y. PET imaging of tau pathology in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease with [F-18]THK-5351, SNMMI 2015 Annual Meeting 2015 年 6 月 6 日
- 21) First-in-Human PET Study of a Novel Tau Tracer [18F]THK-5351, Harada R, Okamura N, Furumoto S, Tago T, Furukawa K, Ishiki A, Iwata R, Tashiro M, Yanai K, Arai H, Kudo Y, 9th Human Amyloid Imaging 2015 2015 年 1 月 14 日
- 22) Validation of Automated Analysis of Tracer Binding on THK Tau PET Images, Okamura N, Harada R, Furumoto S, Furukawa K, Ishiki A, Iwata R, Tashiro M, Yanai K, Arai H, Kudo Y, 9th Human Amyloid Imaging 2015 2015 年 1 月 14 日
- 23) Hiraoka K. Amyloid deposits and response to shunt surgery in idiopathic normal-pressure hydrocephalus. Hydrocephalus 2014. 2014 年 09 月 06 日—2014 年 09 月 08 日. Bristol, England. 口頭 (一般)
- 24) Tashiro M. Clinical Studies at CYRIC. Medical conference of Chang Gung University Hospital, Taipei, Taiwan. November 14, 2014. 特別講演・招待講演.
- 25) Tashiro M. Minimally invasive functional imaging of skeletal muscle and brain activity in human subjects. 1st Global Conference on Biomedical Engineering and 9th Asian Pacific Conference on Medical and Biological Engineering. Oct 9-12, 2014. Tainan, Taiwan. 特別講演・招待講演.
- 26) Tashiro M, Harada R, Okamura N, Furumoto S, Furukawa K, Ishiki A, Tomita N, Hiraoka K, Watanuki S, Shidahara M, Miyake M, Ishikawa Y, Matsuda R, Inami A, Yoshikawa T, Tago T, Funaki Y, Iwata R, Yanai K, Arai H, Kudo Y. Positron Emission Tomographic Imaging for Early Diagnosis & Prevention of Dementia among Elderly People. 1st Global Conference on Biomedical Engineering and 9th Asian Pacific Conference on Medical and Biological Engineering. Oct 9-12, 2014. Tainan, Taiwan. Oral presentation. 一般演題.
- 27) Tashiro M, Harada R, Okamura N, Furumoto S, Furukawa K, Ishiki A, Tomita N, Hiraoka K, Watanuki S, Shidahara M, Miyake M, Ishikawa Y, Matsuda R, Inami A, Yoshikawa T, Tago T, Funaki Y, Iwata R, Yanai K, Arai H, Kudo Y. A clinical study on tau imaging with [18F]THK-5117 and PET, for visualization of neurofibrillary tangles in Alzheimer's disease patients. Annual Congress of World Federation of Nuclear Medicine and Biology. August 27 to 31, 2014. Cancun, Mexico. ポスター発表 (一般演題).
- 28) Ogura T, Inami A, Watanuki S, Masud M, Shibuya K, Yamaguchi K, Itoh M, Yanai K, Tashiro M. Metabolic Changes in the Brain and Cervical Muscles on Patients with Neck Pain following Chiropractic Spinal Manipulation: [18F]FDG-PET Study. ACC RAC 2014. March 20 -22, 2014, Las Vegas, USA. 一般演題.
- 29) Okamura N, Furumoto S, Harada R, Tago T, Iwata R, Tashiro M, Furukawa K, Arai H, Yanai K, Kudo Y. Characterization of [18F]THK-5351, a novel PET tracer for imaging tau pathology in Alzheimer's disease. EANM 2014, 2014-10-21, Gothenburg, Sweden. 一般発表.
- 30) Ishiki A, Furumoto S, Harada R, Furukawa K, Okamura N, Tashiro M, Yanai K, Kudo Y, Arai H. Accumulation of the novel tau imaging tracer, 18F-5117 is associated with brain atrophy in Alzheimer's disease., Alzheimer's Association International Conference 2014. 2014 年 7 月 12 日.
- 31) Okamura N, Harada R, Furumoto S, Furukawa K, Ishiki A, Tomita N, Tashiro M, Iwata R, Yanai K, Arai H, Kudo Y. Comparison of 18F-THK5117 and 11C-PiB PET images in the Patients with Alzheimer's disease. Alzheimer's Association International Conference 2014. 2014 年 7 月 12 日.
- 32) Okamura N, Furumoto S, Harada R, Furukawa K, Ishiki A, Iwata R, Tashiro M, Yanai K, Arai H, Kudo Y. In vivo selective imaging of tau pathology in Alzheimer's disease with 18F-THK5117, , Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging 2014. 2014 年 6 月 7 日.
- 33) Okamura N, Furumoto S, Harada R, Furukawa K, Ishiki A, Fodero-Tavoletti MT, Mulligan RS, Iwata R, Tashiro M, Yanai K, Masters CL, Arai H, Rowe CC, Villemagne VL, Kudo Y. PET imaging of tau deposits in Alzheimer's disease patients using 18F-THK5105 and 18F-THK5117, Human Amyloid

Imaging 2014. 2014年1月15日

- 34) Matsuda R, Yoshioka T, Yamaura G, Inami A, Watanuki S, Hiraoka K, Miyake M, Ishioka C and Tashiro M. Effects of Radiochemotherapy on Cerebral Metabolic Change in Esophagus Cancer Patients. 8th Asian Pacific Conference on Medical and Biological Engineering. Oct 10-13, 2013. Sendai, Japan.一般口演
- 35) Inami A, Ogura T, Matsuda R, Hiraoka K, Itoh M, Yanai K, Tashiro M. A Positron Emission Tomographic (PET) Study to Consider the Working Mechanism of an Alternative Therapy on Neck Pain Patients. 8th Asian Pacific Conference on Medical and Biological Engineering. Oct 10-13, 2013. Sendai, Japan. 一般口演.

[資料4]外部資金獲得

【科研費等】

- ・2016~2019 年度: 基盤研究[B] 代表者:田代学 「PETとMRSの融合による新しいヒト脳内薬物濃度・受容体占拠率測定法の開発」
- ・2017~2019 年度: 挑戦的研究[萌芽] 代表者:田代学 「PET/MR を用いたヒト運動時の四肢骨格筋および脳の代謝融合イメージング研究」
- ・2017~2019 年度: 基盤研究(B) 代表者:渡部浩司 「PET-NIRS 融合イメージングによるアルツハイマー病診断の高度化と脳機能の解明」
- ・2016~2018 年度: 基盤研究(B) 代表者:安藤創一、分担者:田代学 運動が認知機能を高める機序の解明:PET を用いたドーパミンの神経伝達からの検証
- ・2015~2018 年度: 基盤研究(C) 平岡 宏太良 「脳ー脳脊髄液関門を構築する脳室上衣細胞の発生メカニズム」
- ・2013~2014 年度: 挑戦的萌芽研究 代表者:田代学 「サブミリ PET 装置を用いたヒト脳微細構造の活動評価および微小がんの診断」
- ・2014~2016 年度:基盤研究(C) 代表者:四月朔日聖一「核医学画像統計解析における画像標準化の基礎的研究」
- ・2014~2017 年度:新学術領域研究(研究領域提案型)代表者:谷内一彦、分担者:田代学 「蛋白特異的 PET イメージングによる神経回路破綻機序の解明」
- ・2013~2015 年度: 挑戦的萌芽研究 代表者:伊藤貞嘉、分担者:田代学 「PET による腎臓の新規画像評価法の確立」
- ・2011~2013 年度. 厚生科研. 長寿科学アミロイドイメージング研究事業. 代表者: 石井賢二、分担者: 田代学

「アミロイドイメージングを用いたアルツハイマー病発症リスク予測法の実用化に関する多施設臨床研究」

【受託研究・共同研究】(※正式な契約書を交わして実施されたもの)

・2019~2020年:広南病院脳血管内科との共同研究 代表者:板橋亮、分担者:田代学、平岡宏太良、四月朔日聖一ほか

「Amyloid PET を用いた cerebral amyloid angiopathy と isolated cortical venous thrombosis が 疑われる患者での amyloid 集積評価に関する病態解明の研究」

・2017~2019年: 杏林製薬(株)との共同研究

代表者:谷内一彦、分担者:田代学、平岡宏太良

「新規アミノ基型抗ヒスタミン薬の脳内ヒスタミン H1 受容体占拠率測定」

- ・2016~2021 年: AMED Preclinical. 大阪市大を事務局とした全国多施設共同研究事業. 「プレクリニカル期におけるアルツハイマー病に対する客観的画像診断・評価法の確立を目指す臨床研究」東北大代表者: 荒井啓行、分担者: 田代学
- ・2014~2017年:グラクソスミスクライン(株)との共同研究

代表者:田代学、分担者:渡部浩司、平岡宏太良

「抗ヒスタミン薬による脳機能低下に関する脳血流・脳糖代謝研究」

・2011~2014年:グラクソスミスクライン(株)との共同研究

代表者:田代学、分担者:谷内一彦、平岡宏太良

「抗ヒスタミン薬服用後における自動車運転シミュレーションの運転成績の加齢による影響: 正常高齢者および若年被験者の比較」

・2011~2013 年: グラクソスミスクライン(株)との共同研究 代表者: 谷内一彦、分担者: 田代学、平岡宏太良

「新規非鎮静性抗ヒスタミン薬の脳内ヒスタミン H1 受容体占拠率:正常健康被験者における PET 測定」

【その他の研究助成(寄付金等)】

- ・2012~2013 年度 臨床薬理研究振興財団研究助成金 代表者:田代学 「高齢運転者における加齢と抗ヒスタミン薬鎮静作用の相乗効果の有無に関する臨床 研究」
- ・2015年度「分子イメージング研究教育助成」(日本メジフィジックス)代表者:田代学
- ・2017年度「代替医療に関する研究教育助成」(アオイコーポレーション)代表者:田代学

[資料5] 学外活動・社会貢献

田代学

学会役員等

- ・日本核医学会監事(2013年~2017年)
- ・日本核医学会編集委員(2011年~2019年)
- ・日本核医学会広報委員(2018年~)
- ・日本核医学会評議員(2009年~2011年,2013年~)
- ・日本アイソトープ協会 第 27 期医学・薬学部会 ポジトロン核医学利用専門委員会専門委員 (2018 年~2020 年)
- ・日本アイソトープ協会 第 26 期医学・薬学部会 全国核医学診療実態調査専門委員会専門委員(2016 年~2018 年)
- ・核医学診療推進国民会議呼びかけ人(2016年)
- ・日本メディカル・イラストレーション学会 発起人 (2017年)
- ・日本ヒスタミン学会 幹事(2011年~)
- ・日本核医学会北日本地方会 世話人 (2007年~)
- ・日本脳神経核医学研究会 運営委員(2007年~)
- ・日本核医学会 PET 核医学分科会 第一種施設代表委員(2007年~)
- ・東北 FDG PET 研究会 世話人 (2013 年~)
- ・宮城県核医学研究会 世話人(2013年~)

国際会議開催

- · World Histamine Symposium 運営委員(Organizing committee). July 7-9, 2018. Kobe, Japan.
- Neuroimaging and Its Impacts on Our Lives (Satellite Symposium of Neoroscience 2015)開催責任者. July, 2015. Kobe, Japan.

国際交流関係

- Consortium of Universities and Institutions in Japan: for technical Cooperation of IAEA 担当者 (CYRIC). (2019~)
- ・IAEA Scinentific visits の受け入れ. (2019.11.4.~2019.11.8.) (5 名:タイ、フィリピン、ス

リランカ、カンボジア、シンガポールより).

・IAEA trainee の受け入れ. (2018.10.~2018.11.)

Dr. Kitiwat KHAMWANN (タイ、チュラロンコン大学医学部放射線科より).

・インターン受け入れ. (2017.6.~2017.9.)

Mr. Edmond CHEN (フランス、Institut Mines Telecom Atlantique)

他教育機関の教育支援等

- ・事業所内 RI 教育訓練. 秋田県立大学. (2015 年、2018 年)
- ・非常勤講師. European University Viadrina(ドイツ: 2012~2017 年). 大学院修士コース e 授業 "Cultural Studies and Complementary Medicine".
- ・出前授業. 放射線と放射性物質を使った画像診断とがん治療. 第1回SS講演会. 仙台第 三高等学校. 2019 年.
- ・高校生合同実習授業. コスモス理科実験講座「最先端の放射線医学を学ぶ」(宮城第一高等学校、仙台第三高等学校、仙台向山高等学校). 2015年8月10日.

メディア関係(監修・出演等)

- ・図を提供.週刊現代4月16日号(4月4日発売)の「クスリの副作用」特集.
- ・インターネット医療情報コンテンツ講師および監修. MR 君: ①春: ゴールデンウィークにビラノア編. コンテンツ出演・監修. 2018 年 $3\sim5$ 月.
- ・インターネット医療情報コンテンツ講師および監修. MR 君: ⑧冬:受験生にビラノア編. コンテンツ出演・監修. 2018 年 3~5 月.

一般向け講演会

- ・田代学.「平成養生訓: 脳画像医者の話」. 新老人の会東北支部講演会. 2013 年 4 月 6 日. 仙台市.
- ・企業研修会. GSK アレルギー領域外部講師勉強会. 「薬理学から解き明かすレボセチリジンの認知運動機能への影響」. 2016 年 12 月 15 日.仙台市.
- ・企業研修会. 大鵬製薬社内研修会. 「脳科学が語る抗ヒスタミン薬の鎮静性副作用」. 2017年7月5日. 仙台市.

地域医療協力

・医療支援. 鹿島記念病院(宮城県石巻市). 2011年5月~. (非常勤医師)

平岡宏太良

国際交流関係

• 海外研究機関交流. 訪問先: Professor Nathalie Spassky, Institut de Biologie de l'École Normale Supérieure, France. 2018.02.~2018.02.)

他教育機関の教育支援等

・事業所内 RI 教育訓練. 秋田県立大学. (2014 年、2017 年)

地域医療協力

・医療支援. 仙台東脳神経外科病院(宮城県仙台市). 2018年10月~. (非常勤医師).

四月朔日聖一

学会役員等

- ・日本核医学技術学会 評議員(2008~2011年)
- ・日本核医学技術学会東北地方会幹事(2008年~)
- ・日本核医学技術学会東北地方会 PET 技術的検討分科会役員(2010年~)

3-5. 放射線管理研究部

3-5-1. 概要

当研究部は、全学及びセンターにおける放射線安全管理と教育訓練及び独自の研究教育を 使命として1979年センター発足直後に発足した。以来、40年にわたり、全学の放射線安全 管理の中心として、管理業務と教育訓練を行ってきた。

研究教育面では、医工学研究科および工学研究科量子エネルギー工学専攻の協力講座として、大学院学生を受入れて、放射線安全、放射線利用、放射線物理・工学、放射線医工学に関する研究を展開してきた。核医学に応用可能な検出器の開発(コンプトンカメラ、PEM 装置)、PET と NIRS 装置の融合による新しい診断システムの開発、核医学検査における動き補正システムの開発、薬剤の動態解析プラットフォームの開発、核医学検査における被ばく推定方法など、核医学領域における医工学的なアプローチを研究している。

加速器を用いた RI 製造の研究を進めており、最適な RI 製造条件の探索を行っており、製造した RI を用いた植物研究を実施している。

また、放射線管理に関連した業務として、大学間をネットワークで接続し、安全に放射線管理の情報を共有可能とするネットワーク交換できる「放射線情報一元管理のためのアイソトープ総合センター連携ネットワーク」を構築した。

3-5-2. スタッフ

教授: 渡部浩司 (2013.04~2015.03 准教授 2015.04 より教授), Kyeong Min Kim (2019.08~2019.12), (兼務)松山成男 (2012.04~)

助教: 池田隼人(2017.02~)

助手: 三宅正泰

技術専門員: 結城秀行再雇用職員: 佐藤和則

研究教授:中村尚司,馬場護,菅野巖,倉岡悦周

リサーチフェロー: 松原佳亮,山口喬

3-5-3. これまでの共同利用支援・研究教育の概要と成果

- ①共同利用支援(「2. 共同利用支援の実績」を参照)
 - 1) センターにおける放射線管理、入退管理・放射線モニター機器の維持管理
 - 2) センター内・共同利用者教育訓練・被ばく管理
 - 3) 放射線同位元素の管理
 - 4) 放射線利用研究に対する助言及び指導
 - 5) RI 棟共同利用支援
 - 6) ネットワーク管理

②教育

・学部教育への参加

工学部量子エネルギー工学科の協力講座(加速器保健物理学)として,放射線安全工学の講義、保健学科の放射化学講義、保健学科4年次学生の卒業研究を担当。

大学院教育への参加

大学院講義:医工学研究科および工学研究科量子エネルギー工学専攻の協力講座として,同専攻の講義を担当

博士課程後期研修: 医工学研究科の協力講座(医工放射線情報学)として, 同専攻学生の博士論文の指導を担当

[博士論文題目及び博士号取得者リスト]

• 2017 年度 Nai, Ying-Hwey "Development of Screening Methodology of Amyloid Radiotracers using Biomathematical Approach." 医工学研究科博士後期課程

- 2019 年度 Islam, Md. Shahidul "Personalized Internal Radiation Dose Estimation for Nuclear Medicine". 医工学研究科博士後期課程
- 2019 年度 長尾悠人"Development of Compton Camera for Astatine-211 Imaging toward Targeted Radiotherapy". 医工学研究科博士後期課程
- 2019 年度 Rahman, Mahabubur "Development of 3D Renal Statistical Map in Molecular Imaging". 医工学研究科博士後期課程

③ 研究活動

1. 複数モダリティによる画像診断法の開発

本研究ではさまざまな医用画像モダリティを用いて、同時にさまざまな情報を融合させ、単一のモダリティよりもより高い診断能を得る方法を開発するものである。PETと NIRS(遠赤外スペクトロスコピー)を同時に測定することにより、PET で得られる機能画像上に NIRS で得られる脳表付近の血流情報を融合することに成功した。

3. 核医学医療機器の開発

核医学診断・治療に関連した新しい医療機器を開発している。PEM(positron emission mammography, 乳房専用 PET 装置)は乳がんの診断に特化した PET 装置であり、被検体に近づけることにより、より高感度、高分解能での乳がん診断を可能とした。さらに、手術室で利用できる小型 PEM 装置の開発に着手しており、これを用いることにより、乳がん手術中の切除範囲の確認を迅速に行うことが可能となり、手術時間の短縮、患者の QOL 向上に寄与する。さらにアスタチン核医学治療におけるアスタチンの体内分布測定を行うためのコンプトロンカメラを開発した。このコンプトロンカメラは At-211 が放出する高エネルギーの γ 線をとらえるもので、 γ 線の減衰の影響を受けず、体内深部の At-211 の定量を可能とするものである。

4. 薬剤動態法の開発

さまざまな放射性薬剤の体内の動態を推定するための数学モデルを構築し、放射性薬剤がどのように体内に分布するかを推定する方法論を確立した。これにより、薬剤の開発速度を大幅に向上することが期待できる。さらに、中性子捕捉療法の効果判定に重要な役割を担う[F-18]FBPAの動態を予測し、その治療効果判定に用いることを目指している。

5. 放射線被ばく推定法の開発

核医学検査に伴う被検者一人一人の内部被ばくを推定するために、外部の線量計から 推定する方法を確立した。多数の線量計を被検者に貼付し、これらの線量計の計測値 から逆問題を解くことにより、各臓器内の放射能を求めるものである。

6. 分子イメージング機器の評価法の研究

小動物用の分子イメージング機器はさまざまあり、その特性は装置によって大きくことなる。各装置の特性を定量的に把握するための実験を行い、他の装置と客観的に比較を可能とする。CYRIC 所有の ClairvivoPET および青森県 QSC 所有の PET/MRI 装置の評価を行っている。

7. RI 製造法の開発

サイクロトロンおよび電子ライナックで照射した試料から目的とする RI を効率的に抽出する技術を開発する。特に、現在、注目を集めているアスタチンのより簡易的な抽出法の開発を目指す。

論文等[資料 1]参照

- ・英語論文 57件
- ・日本語論文 2件
- ・著書 5 件
- ・総説・解説記事 7件

招待講演・学会発表 国内 44 件 海外 26 件[資料 2]参照

外部資金獲得[資料 3]参照

- 1. 科研費等 17件
- 2. 受託研究·共同研究 7件

受賞

- 1. Md. Shahidul Islam Excellent Poster Award 2017.12 at International Workshop on Ionizing Radiation Monitoring
- 2. Fairuz Binti Mohd Nasir BEST ORAL PRESENTATION 2018.04 at 8th International Conference of Biomedical Engineering

④学外活動·社会貢献

[資料 4]参照

[資料1] 論文等

[査読付き英語論文]

- Inomata, Takato and Watanuki, Shoichi and Odagiri, Hayato and Nambu, Takeyuki and Karakatsanis, Nicolas A. and Ito, Hiroshi and Watabe, Hiroshi and Tashiro, Manabu and Shidahara, Miho (2019) A systematic performance evaluation of head motion correction techniques for 3 commercial PET scanners using a reproducible experimental acquisition protocol. Annals of Nuclear Medicine, 33(7). pp. 459-70.
- 2. Islam, Md. Shahidul and Watanuki, Shoichi and Tashiro, Manabu and Watabe, Hiroshi (2019) Error evaluation of the D-shuttle dosimeter technique in positron emission tomography study. Radiological Physics and Technology.
- Masaki, Yukiko and Kashiwagi, Yuto and Watabe, Hiroshi and Abe, Kohji (2019)
 (R) and (S) ketamine induce differential fMRI responses in conscious rats.
 Synapse
- 4. Nasir, Fairuz Binti Mohd and Kikuchi, Asuka and Watanuki, Shoichi and Miyake, Masayasu and Tashiro, Manabu and Watabe, Hiroshi (2019) REGISTRATION OF POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY (PET) IMAGE AND FUNCTIONAL NEAR INFRARED SPECTROSCOPY (NIRS) DATA. International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics, 9 (1). pp. 9-19.
- 5. Ose, Takayuki and Autio, Joonas A. and Ohno, Masahiro and Nishigori, Kantaro and Tanki, Nobuyoshi and Igesaka, Ami and Mori, Tomoko and Doi, Hisashi and Wada, Yasuhiro and Nakajima, Iwao and Watabe, Hiroshi and Hayashi, Takuya (2019) A novel Tungsten-based fiducial marker for multi-modal brain imaging. Journal of Neuroscience Methods, 323. pp. 22-31.
- 6. Rahman, Mahabubur and Watabe, Hiroshi and Shidahara, Miho and Watanuki, Shoichi and Tashiro, Manabu and Mori, Takefumi and Ito, Sadayoshi and Ohsaki, Yusuke (2019) Renal statistical map for positron emission tomography with [0-15] water. American journal of nuclear medicine and molecular imaging, 9 (4). pp. 193-202.
- 7. Seike, Moe and Nagata, Kojiro and Ikeda, Hayato and Ito, Akitaka and Sakuda, Eri and Kitamura, Noboru and Shinohara, Atsushi and Yoshimura, Takashi

- (2019) Synthesis and Photoluminescence of Tetracyanidonitridorhenium(V) Complexes with Five-membered N-heteroaromatic Ligands and Photoluminescence-intensity Change. ACS Omega. in press.
- 8. Yajima, Shin and Miyagawa, Shigeru and Fukushima, Satsuki and Isohashi, Kayako and Watabe, Tadashi and Ikeda, Hayato and Horitsugi, Genki and Harada, Akima and Sakaniwa, Ryoto and Hatazawa, Jun and Sawa, Yoshiki (2019) Microvascular Dysfunction Related to Progressive Left Ventricular Remodeling due to Chronic Occlusion of the Left Anterior Descending Artery in an Adult Porcine Heart. Int. Heart J. 60, 715-727.
- 9. Kato, Hiroki and Kanai, Yasukazu and Watabe, Tadashi and Ikeda, Hayato and Horitsugi, Genki and Hatazawa, Jun (2019) Quantitative measurement of regional cerebral blood flow and oxygen metabolism in a rat model of cerebral hypoperfusion. Brain Res. 1719, 208-216.
- 10. Masanao Aoki, Tadashi Watabe Shushi Nagamori, Sadahiro Naka, Hayato Ikeda, Pornparn Kongpracha, Genki Horitsugi, Yasukazu Kanai, Eku Shimosegawa, Yoshikatsu Kanai, Jun Hatazawa (2019) Distribution of LAT1-targeting PET tracer was independent of the tumor blood flow in rat xenograft models of C6 glioma and MIA PaCa-2. Ann. Nucl. Med. 33, 394-403.
- 11. Rahman, Mahabubur and Watabe, Hiroshi (2018) Online molecular image repository and analysis system: A multicenter collaborative open-source infrastructure for molecular imaging research and application. Computers in Biology and Medicine, 96 (1). pp. 233-40.
- 12. Watanabe, Gou and Itoh, M. and Duan, X. and Watabe, H. and Mori, N. and Tada, H. and Suzuki, A. and Miyashita, M. and Ohuchi, N. and Ishida, T. (2018) 18F-fluorodeoxyglucose specimen-positron emission mammography delineates tumour extension in breast-conserving surgery: Preliminary results. European Radiology, 28 (5). pp. 1929-37.
- 13. Kikuchi, Asuka and Nasir, Fairuz Binti Mohammadi and Inami, Akie and Mohsen, Attayeb and Watanuki, Shoichi and Miyake, Masayasu and Takeda, Kazuko and Koike, Daigo and Ito, Takayasu and Sasakawa, Junpei and Matsuda, Rin and Hiraoka, Kotaro and Maurer, Marcus and Yanai, Kazuhiko and Watabe, Hiroshi and Tashiro, Manabu (2018) Effects of levocetirizine and diphenhydramine on regional glucose metabolic changes and hemodynamic responses in the human prefrontal cortex during cognitive tasks. Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental, 33 (2). e2655.
- 14. Ikeda, Hayato and Hayashi, Yoshihiko and Takahashi, Naruto and Watabe, Tadashi and Kanai, Yasukazu and Shinohara, Atsushi and Kato, Hiroki and Watabe,

- Hiroshi and Shimosegawa, Eku and Hatazawa, Jun (2018) Application of astatine-210: evaluation of astatine distribution and effect of pre-injected iodide in whole body of normal rats. Applied Radiation and Isotopes, 139. pp. 251-255.
- 15. Kainuma, Satoshi and Nakajima, Kiyokazu and Miyagawa, Shigeru and Fukushima, Satsuki and Saito, Atsuhiro and Harada, Akima and Hirota, Masashi and Miyazaki, Yasuhiro and Sawabata, Noriyoshi and Watabe, Tadashi and Watabe, Hiroshi and Toda, Koichi and Hatazawa, Jun and Okumura, Meinoshin and Sawa, Yoshiki (2018) Novel regenerative therapy combined with transphrenic peritoneoscopy-assisted omentopexy. Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery, 26 (6). pp. 993-1001.
- 16. Nagao, Yuto and Yamaguchi, Mitsutaka and Kawachi, Naoki and Watabe, Hiroshi (2018) Development of a cost-effective Compton camera using a positron emission tomography data acquisition system. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 912. pp. 20-23.
- Nagao, Yuto and Yamaguchi, Mitsutaka and Watanabe, Shigeki and Ishioka, Noriko S. and Kawachi, Naoki and Watabe, Hiroshi (2018) Astatine-211 imaging by a Compton camera for targeted radiotherapy. Applied Radiation and Isotopes, 139. pp. 238-43.
- 18. Nai, Ying-Hwey and Watabe, Hiroshi (2018) Evaluation of the Feasibility of Screening Tau Radiotracers Using an Amyloid Biomathematical Screening Methodology. Computational and Mathematical Methods in Medicine, 2018. pp. 1-13.
- 19. Nai, Ying-Hwey and Watanuki, Shoichi and Tashiro, Manabu and Okamura, Nobuyuki and Watabe, Hiroshi (2018) Investigation of the quantitative accuracy of low-dose amyloid and tau PET imaging. Radiological Physics and Technology, 11 (4). pp. 451-9.
- 20. Nakanishi, Kouhei and Yamamoto, Seiichi and Watabe, Hiroshi and Abe, Shinji and Fujita, Naotoshi and Kato, Katsuhiko (2018) Development of a circular shape Si-PM-based detector ring for breast-dedicated PET system. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 880. pp. 118-124.
- 21. Shahidul, Islam Md and Watanuki, Shoichi and Tashiro, Manabu and Watabe, Hiroshi (2018) Internal radiation dose estimation using multiple D-shuttle dosimeters for positron emission tomography (PET): a validation study using NEMA body phantom. Medical Physics, 45 (10). pp. 4693-4703.

- 22. Kataoka, J. and Kishimoto, A. and Taya, T. and Mochizuki, S. and Tagawa, L. and Koide, A. and Sueoka, K. and Morita, H. and Maruhashi, T. and Fujieda, K. and Kurihara, T. and Arimoto, M. and Okochi, H. and Katsumi, N. and Kinno, S. and Matsunaga, K. and Ikeda, H. and Shimosegawa, E. and Hatazawa, J. and Ohsuka, S. and Toshito, T. and Kimura, M. and Nagao, Y. and Yamaguchi, M. and Kurita, K. and Kawachi, N. (2018) Ultracompact Compton camera for innovative gamma-ray imaging. Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. Sect. A 912, 1-5.
- 23. Yajima, Shin and Miyagawa, Shigeru and Fukushima, Satsuki and Sakai, Yoshiki and Isohashi, Kayako and Watabe, Tadashi and Ikeda, Hayato and Horitsugi, Genki and Harada, Akima and Sakaniwa, Ryoto and Hatazawa, Jun and Sawa, Yoshiki (2018) A prostacyclin agonist and an omental flap increased myocardial blood flow in a porcine chronic ischemia model. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 156, 229-241.e14.
- 24. Nai, Ying-Hwey and Shidahara, Miho and Seki, Chie and Watabe, Hiroshi (2017) Biomathematical screening of amyloid radiotracers with clinical usefulness index. Alzheimer's & Dementia: Translational Research & Clinical Interventions, 3 (4). pp. 542-52.
- 25. Arakawa, Yuma and Nai, YingHwey and Shidahara, Miho and Furumoto, Shozo and Seki, Chie and Okamura, Nobuyuki and Tashiro, Manabu and Kudo, Yukitsuka and Yanai, Kazuhiko and Gonda, Kohsuke and Watabe, Hiroshi (2017) Prediction of the clinical standardized uptake value ratio in amyloid PET imaging using a biomathematical modeling approach towards the efficient development of a radioligand. J Nucl Med. 58 (8). pp. 1285-1292.
- 26. Shidahara, Miho and Thomas, Benjamin A and Okamura, Nobuyuki and Ibaraki, Masanobu and Matsubara, Keisuke and Oyama, Senri and Ishikawa, Yoichi and Watanuki, Shoichi and Iwata, Ren and Furumoto, Shozo and Tashiro, Manabu and Yanai, Kazuhiko and Gonda, Kohsuke and Watabe, Hiroshi (2017) A comparison of five partial volume correction methods for Tau and Amyloid PET imaging with [(18)F]THK5351 and [(11)C]PIB. Annals of nuclear medicine, 31 (7). pp. 563-569.
- 27. Kurita, Keisuke and Suzui, Nobuo and Yin, Yong-Gen and Ishii, Satomi and Watabe, Hiroshi and Yamamoto, Seiichi and Kawachi, Naoki (2017) Development of a Cherenkov light imaging system for studying the dynamics of radiocesium in plants. Journal of Nuclear Science and Technology, 54 (6). pp. 662-667.
- Nai, Ying-Hwey and Ose, Takayuki and Shidahara, Miho and Watabe, Hiroshi
 (2017) 137Cs transmission imaging and segmented attenuation corrections in a

- small animal PET scanner. Radiological Physics and Technology, 10 (3). pp. 321-30.
- 29. Ohyama, Kazuma and Matsumoto, Yasuharu and Amamizu, Hirokazu and Uzuka, Hironori and Nishimiya, Kensuke and Morosawa, Susumu and Hirano, Michinori and Watabe, Hiroshi and Funaki, Yoshihito and Miyata, Satoshi and Takahashi, Jun and Ito, Kenta and Shimokawa, Hiroaki (2017) Association of Coronary Perivascular Adipose Tissue Inflammation and Drug-Eluting Stent-Induced Coronary Hyperconstricting Responses in Pigs. Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology, 37 (9). pp. 1757-1764.
- 30. Yamamoto, S. and Watabe, H. and Toshito, T. and Komori, M. (2017) Three-dimensional dose distribution of proton beams derived from luminescence images of water. Journal of Instrumentation, 12 (05). P05019-P05019.
- 31. Yamada, Tomomi and Obata, Atsushi and Kashiwagi, Yuto and Rokugawa, Takemi and Matsushima, Shuuichi and Hamada, Tadateru and Watabe, Hiroshi and Abe, Kohji (2016) Gd-EOB-DTPA-enhanced-MR imaging in the inflammation stage of nonalcoholic steatohepatitis (NASH) in mice. Magnetic resonance imaging, 34 (6). pp. 724-9.
- 32. Horitsugi, Genki and Watabe, Tadashi and Kanai, Yasukazu and Ikeda, Hayato and Kato, Hiroki and Naka, Sadahiro and Ishibashi, Mana and Matsunaga, Keiko and Isohashi, Kayako and Shimosegawa, Eku and Hatazawa, Jun (2017) Oxygen-15 labeled CO2, O2, and CO PET in small animals: evaluation using a 3D-mode microPET scanner and impact of reconstruction algorithms. EJNMMI Research 7, 91.
- 33. Kishimoto, Aya and Kataoka, Jun and Taya, Takanori and Tagawa, Leo and Mochizuki, Saku and Ohsuka, Shinji and Nagao, Yuto and Kurita, Keisuke and Yamaguchi, Mitsutaka and Kawachi, Naoki and Matsunaga, Keiko and Ikeda, Hayato and Shimosegawa, Eku and Hatazawa, Jun (2017) First demonstration of multicolor 3-D in vivo imaging using ultra-compact Compton camera. Scientific Reports 7, 2110.
- 34. Watabe, Tadashi and Hanaoka, Kohei and Naka, Sadahiro and Kanai, Yasukazu and Ikeda, Hayato and Aoki, Masanao and Shimosegawa, Eku and Kirihata, Mitsunori and Hatazawa, Jun (2017) Practical calculation method to estimate the absolute boron concentration in tissues using 18F-FBPA PET. Ann. Nucl. Med. 31. 481-48.
- 35. Watabe, Tadashi and Kanai, Yasukazu and Ikeda, Hayato and Horitsugi, Genki and Matsunaga, Keiko and Kato, Hiroki and Isohashi, Kayako and Abe, Kohji and Shimosegawa, Eku and Hatazawa, Jun (2017) Quantitative evaluation of oxygen

- metabolism in the intratumoral hypoxia: 18F-fluoromisonidazole and 150-labelled gases inhalation PET. EJNMMI Research 7, 16.
- 36. Watabe, Tadashi and Ikeda, Hayato and Nagamori, Shushi and Wiriyasermkul, Pattama and Tanaka, Yoko and Naka, Sadahiro and Kanai, Yasukazu and Hagiwara, Kohei and Aoki, Masanao and Shimosegawa, Eku and Kanai, Yoshikatsu and Hatazawa, Jun (2017) 18F-FBPA as a tumor-specific probe of L-type amino acid transporter 1 (LAT1): a comparison study with 18F-FDG and 11C-Methionine PET. Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging 44, 321-331.
- 37. Sato, K and Shidahara, M and Watabe, H and Watanuki, S and Ishikawa, Y and Arakawa, Y and Nai, Y H and Furumoto, S and Tashiro, M and Shoji, T and Yanai, K and Gonda, K (2016) Performance evaluation of the small-animal PET scanner ClairvivoPET using NEMA NU 4-2008 Standards. Physics in medicine and biology, 61 (2). pp. 696-711.
- 38. Kawachi, Naoki and Yin, Yong-Gen and Suzui, Nobuo and Ishii, Satomi and Yoshihara, Toshihiro and Watabe, Hiroshi and Yamamoto, Seiichi and Fujimaki, Shu (2016) Imaging of radiocesium uptake dynamics in a plant body by using a newly developed high-resolution gamma camera. Journal of Environmental Radioactivity, 151 (2). pp. 461-467.
- 39. Yamamoto, Seiichi and Watabe, Hiroshi and Watabe, Tadashi and Ikeda, Hayato and Kanai, Yasukazu and Ogata, Yoshimune and Kato, Katsuhiko and Hatazawa, Jun (2016) Development of ultrahigh resolution Si-PM-based PET system using 0.32mm pixel scintillators. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 836 (11). pp. 7-12.
- 40. Shidahara, Miho and Watabe, Hiroshi and Tashiro, Manabu and Okamura, Nobuyuki and Furumoto, Shozo and Watanuki, Shoichi and Furukawa, Katsutoshi and Arakawa, Yuma and Funaki, Yoshihito and Iwata, Ren and Gonda, Kohsuke and Kudo, Yukitsuka and Arai, Hiroyuki and Ishiwata, Kiichi and Yanai, Kazuhiko (2015) Quantitative kinetic analysis of PET amyloid imaging agents [11C]BF227 and [18F]FACT in human brain. Nuclear Medicine and Biology, 42 (9). pp. 734-744.
- 41. Kainuma, Satoshi and Miyagawa, Shigeru and Fukushima, Satsuki and Pearson, James and Chen, Yi Ching and Saito, Atsuhiro and Harada, Akima and Shiozaki, Motoko and Iseoka, Hiroko and Watabe, Tadashi and Watabe, Hiroshi and Horitsugi, Genki and Ishibashi, Mana and Ikeda, Hayato and Tsuchimochi, Hirotsugu and Sonobe, Takashi and Fujii, Yutaka and Naito, Hisamichi and Umetani, Keiji and Shimizu, Tatsuya and Okano, Teruo and Kobayashi, Eiji and

- Daimon, Takashi and Ueno, Takayoshi and Kuratani, Toru and Toda, Koichi and Takakura, Nobuyuki and Hatazawa, Jun and Shirai, Mikiyasu and Sawa, Yoshiki (2015) Cell-sheet Therapy With Omentopexy Promotes Arteriogenesis and Improves Coronary Circulation Physiology in Failing Heart. Molecular therapy: the journal of the American Society of Gene Therapy, 23 (2). pp. 374-86.
- 42. Kashiwagi, Yuto and Rokugawa, Takemi and Yamada, Tomomi and Obata, Atsushi and Watabe, Hiroshi and Yoshioka, Yoshichika and Abe, Kohji (2015) Pharmacological MRI response to a selective dopamine transporter inhibitor, GBR12909, in awake and anesthetized rats. Synapse (New York, N.Y.), 69 (4). pp. 203-212.
- 43. Okumura, Satoshi and Yamamoto, Seiichi and Watabe, Hiroshi and Kato, Natsuki and Hamamura, Huka (2015) Development of dual-layer GSO depth-of-interaction block detector using angled optical fiber. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 781. pp. 65-70.
- 44. Yamamoto, Seiichi and Watabe, Tadashi and Kanai, Yasukazu and Watabe, Hiroshi and Hatazawa, Jun (2015) Development of an Optical Fiber-Based MR Compatible Gamma Camera for SPECT/MRI Systems. IEEE Transactions on Nuclear Science, 62 (1). pp. 76-81.
- 45. Yamamoto, Seiichi and Watabe, Tadashi and Ikeda, Hayato and Kanai, Yasukazu and Watabe, Hiroshi and Ogata, Yoshimune and Kato, Katsuhiko and Hatazawa, Jun (2014) Ultrahigh-resolution Cerenkov-light imaging system for positron radionuclides: potential applications and limitations. Annals of nuclear medicine, 28 (10). pp. 961-9.
- 46. Tamura, Masato and Matsui, Hirofumi and Hirohara, Shiho and Kakiuchi, Kiyomi and Tanihara, Masao and Takahashi, Naruto and Nakai, Kozi and Kanai, Yasukazu and Watabe, Hiroshi and Hatazawa, Jun (2014) Rapid synthesis of 62Zn-labeled S-glycosylated porphyrin as positron emission tomography tracers for in vivo PET imaging. Chemistry Letters, 43 (6). pp. 778-80. ISSN 0366-7022
- 47. Watabe, Tadashi and Naka, Sadahiro and Ikeda, Hayato and Horitsugi, Genki and Kanai, Yasukazu and Isohashi, Kayako and Ishibashi, Mana and Kato, Hiroki and Shimosegawa, Eku and Watabe, Hiroshi and Hatazawa, Jun (2014) Distribution of Intravenously Administered Acetylcholinesterase Inhibitor and Acetylcholinesterase Activity in the Adrenal Gland: 11C-Donepezil PET Study in the Normal Rat. PLoS ONE, 9 (9). e107427.
- 48. Yamamoto, S. and Watabe, H. and Kawachi, N. and Fujimaki, S. and Kato, K. and Hatazawa, J. (2014) Three-layer GSO depth-of-interaction detector for high-

- energy gamma camera. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 743. pp. 124-129
- 49. Yamamoto, Seiichi and Hamamura, Fuka and Watabe, Tadashi and Ikeda, Hayato and Kanai, Yasukazu and Watabe, Hiroshi and Kato, Katsuhiko and Ogata, Yoshimune and Hatazawa, Jun (2014) Development of a PET/Cerenkov-light hybrid imaging system. Medical Physics, 41 (9). 092504.
- 50. Yamamoto, Seiichi and Watabe, Hiroshi and Kanai, Yasukazu and Kato, Katsuhiko and Hatazawa, Jun (2014) Development of a high-resolution YSO gamma camera system that employs 0.8-mm pixels. Annals of Nuclear Medicine, 28 (3). pp. 232-40.
- 51. Toita, Riki and Kanai, Yasukazu and Watabe, Hiroshi and Nakao, Kenshi and Yamamoto, Seiichi and Hatazawa, Jun and Akashi, Mitsuru (2013)
 Biodistribution of (125) I-labeled polymeric vaccine carriers after subcutaneous injection. Bioorganic & medicinal chemistry, 21 (17). pp. 5310-5.
- 52. Hayashi, Takuya and Shimazawa, Masamitsu and Watabe, Hiroshi and Ose, Takayuki and Inokuchi, Yuta and Ito, Yasushi and Yamanaka, Hajime and Urayama, Shinichi and Watanabe, Yasuyoshi and Hara, Hideaki and Onoe, Hirotaka (2013) Kinetics of neurodegeneration based on a risk-related biomarker in animal model of glaucoma. Molecular Neurodegeneration, 8 (1), p. 4.
- 53. Isohashi, Kayako and Shimosegawa, Eku and Kato, Hiroki and Kanai, Yasukazu and Naka, Sadahiro and Fujino, Koichi and Watabe, Hiroshi and Hatazawa, Jun (2013) Optimization of [110] methionine PET study: appropriate scan timing and effect of plasma amino acid concentrations on the SUV. EJNMMI Research, 3 (1). p. 27.
- 54. Kiso, Keisuke and Shimosegawa, Eku and Watabe, Hiroshi and Kanai, Yasukazu and Fujino, Koichi and Hatazawa, Jun (2013) Normal Values of Myocardial Blood Flow and Myocardial Flow Reserve Evaluated by 3-Dimensional Dynamic PET/CT System with 13N-Ammonia. Journal of Radiology and Radiation Therapy, 1 (3). pp. 1-7
- 55. Kubota, Yasuhiko and Miyagawa, Shigeru and Fukushima, Satsuki and Saito, Atsuhiro and Watabe, Hiroshi and Daimon, Takashi and Sakai, Yoshiki and Akita, Toshiaki and Sawa, Yoshiki (2013) Impact of cardiac support device combined with slow-release prostacyclin agonist in a canine ischemic cardiomyopathy model. The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery, 147 (3). pp. 1081-7.

- 56. Watabe, T. and Shimosegawa, E. and Watabe, H. and Kanai, Y. and Hanaoka, K. and Ueguchi, T. and Isohashi, K. and Kato, H. and Tatsumi, M. and Hatazawa, J. (2013) Quantitative Evaluation of Cerebral Blood Flow and Oxygen Metabolism in Normal Anesthetized Rats: 150-Labeled Gas Inhalation PET with MRI Fusion. Journal of Nuclear Medicine, 54 (2). pp. 283-90.
- 57. Yamamoto, Seiichi and Watabe, Hiroshi and Kanai, Yasukazu and Watabe, Tadashi and Kato, Katsuhiko and Hatazawa, Jun (2013) Development of an ultrahigh resolution Si-PM based PET system for small animals. Physics in Medicine and Biology, 58 (21). pp. 7875-7888

[査読付き日本語論文]

- 1. 杉浦広幸, 酒井創, 渡部浩司(2018) 福島第一原発事故による南東北のサクラ粗皮の放射性セシウム汚染についての現状とチェルノブイリ原発周辺のデータからの予測. 日本放射線安全管理学会誌, 17 (1). pp. 9-15.
- 2. 鈴木智和,渡部浩司,菊永英寿,羽場宏光,福田光宏(2018) 短寿命 RI 供給プラットフォーム実現のための放射線障害防止法上の手続きについて. 日本放射線安全管理学会誌, 17 (2). pp. 121-124.

[著書]

- Watabe, Hiroshi (2017) Tracer Kinetic Modeling: Basics and Concepts. In: Basic Science of PET Imaging. Springer, pp. 323-352.
- 2. 渡部浩司(2016) PET (陽電子放出断層撮影)施設. In: 大学等における申請書等の作成マニュアル 2016 年改訂版. アドスリー. pp. 233-270.
- 3. 渡部浩司,尾川浩一(2015) SPECT. In: 核医学物理学. 国際文献社, pp. 140-197.
- 4. 渡部浩司 (2014) トレーサー動態解析. In: 図解診療放射線技術実践ガイド. 文 光堂, pp. 608-611
- 5. Shidahara, Miho and Watabe, Hiroshi and Kanno, Iwao (2014) Kinetic Models for PET/SPECT Imaging. In: Encyclopedia of Computational Neuroscience, Springer. Springer.

[総説・解説記事]

- 1. 渡部浩司(2019) 放射線の規制:平成から令和へ. Isotope News, 764. p. 1.
- 2. 渡部浩司 (2019) 陽電子放出核種(11C, 13N, 150, 18F)による内部被ばくのモニタリン グについて. Isotope News, 765. pp. 75-77.
- 山本誠一, 渡部浩司(2013) シリコンフォトマルを用いた動物用超高分解能 PET 装置の開発. JSMI Report, 6 (2). pp. 19-21.
- 4. 渡部浩司 (2017) 短寿命 RI 供給プラットフォーム. FBNews (487). pp. 1-5.

- 5. 渡部浩司, 志田原美保(2016) PET 解析技術の開発. 放射線, 41 (4). pp. 191-195.
- 6. 渡部浩司(2014) このひと、こんな所. ISOTOPE NEWS, 721. pp. 92-95.
- 7. 渡部浩司(2014)解析技術の現状と展望. インナービジョン, 29 (7). pp. 20-22.

[資料 2]招待講演・学会発表

【国内】

- 1. 渡部浩司,四月朔日聖一,田代学 (2019) 複数小型線量計を用いた PET 検査内部被ばく評価法の開発. In: 日本核医学会総会, 2019/11/1-11/3, 松山.
- 2. 池田隼人,菊永英寿,渡部浩司 (2019) 光核反応を用いたキャリアフリーアルカリ金属トレーサーの同時製造・分離法の検討. In: 日本放射化学会第 63 回討論会 (2019), 2019/9/24-26, いわき.
- 3. 鈴木智和,青井考,渡部浩司,中野貴志 (2019) 短寿命 RI 利用促進のためのヒアリング調査について. In: アイソトープ・放射線研究発表会, 2019/7/3-5, 東京大学.
- 4. 渡部浩司 (2019) 著者の立場から(MRI・核医学分野). In: 医学物理学会, 2019/04/11-14, 横浜.
- 5. 渡部浩司 (2019) RI 規制の緩和に向けた取り組み]{RI 規制の緩和に向けた取り組み~研究者側からの規制庁への働きかけ~. In: 第630回高崎研オープンセミナー,2019/2/20,量子科学技術研究開発機構高崎量子応用研究所.
- 6. 渡部浩司 (2018) 短寿命核種の管理上の疑問と問題~O-15 ガスを中心に~. In: 日本放射線安全管理学会第 17 回学術大会, 2018/12/04-06, 名古屋大学.
- 7. 三宅正泰,渡部浩司 (2018) アイソトープ総合センター情報連携のための専用ネットワークの構築 . In: アイソトープ協会放射線安全取扱部会年次大会, 2018/10/25-26.
- 8. 渡部浩司 (2018) 健全な放射線防護実現のためのアイソトープ総合センターをベースとした放射線教育と安全管理ネットワークについて. In: 第6回放射線事故・災害医学会学術集会, 2018/09/20, 東海.
- 9. 池田隼人,菊永英寿,渡部浩司 (2018) 制動放射線照射によるアルカリ金属のキャリアフリーRIトレーサー製造. In: 2018 日本放射化学会年会・第 62 回放射化学討論会, 2018/9/18-20, 京都大学.
- 10. 渡部浩司 (2018) インビボイメージング装置の新しい展開. In: 小動物インビボイメージング研究会, 2018-07-28, 長崎大学.
- 11. 渡部浩司 (2018) 職業被ばく管理における現状の課題(大学). In: 日本保健物理 学会第51回研究発表会, 2018/06/29-2018/06/30, 札幌.
- 12. 渡部浩司 (2018) PET データの動態解析. In: 医療放射線技術研究会, 2018-3-04, 首都大学東京.
- 13. Chen, Edmond, Kikuchi, Asuka, Nasil, Fairuz, Mohsen, Attayeb, Watanuki, Shoichi, Miyake, Yoshinori, Takeda, Kazuko, Hiraoka, Kotaro, Yanai, Kazuhiko, Watabe, Hiroshi, Tashiro, Manabu (2018) Evaluation of Double Injection Method for FDG PET Brain study. In: 第2回ヒト脳イメージング研究会.
- 14. Inomata, Takato and Shidahara, Miho and Watanuki, Shoichi and Tashiro, Manabu and Watabe, Hiroshi (2018) Proposal of an Evaluation-Method to Compare Head Motion Correction Systems among Clinical PET Scanners. In: 日本医学放射線技術学会, 2018/04/12-2018/04/15, 横浜.
- 15. 銭照杰,黄田毅,鈴井伸郎,尹永根,河地有木,池田隼人,渡部浩司,北島信行,簡梅芳,井 上千弘 (2018) ハクサンハタザオにおけるカドミウムと亜鉛の輸送過程の追跡. In: 環境バイオテクノロジー学会, 2018/06/25-26, つくば.
- 16. Watabe, Hiroshi (2017) International Standards for Nuclear Medicine and

- Molecular Imaging. In: 日本医学物理学会, 15th, Apr, 2017, 横浜.
- 17. 渡部浩司 (2017) コンパートメントモデルを理解しよう. In: 日本核医学学術大会, 2017/10/5-7, 横浜.
- 18. 渡部浩司 (2017) PET による創薬の試み. In: 第 13 回東北大学 REDEEM シンポジウム, 2017/09/09, 東京堂ホール,東京.
- 19. 渡部浩司 (2017) SPECT. In: 日本医学物理学会サマーセミナー2017, 2017/08/31-2017/09/02, 新潟県津南町.
- 20. 渡部浩司 (2017) O-15 の排気濃度限度の見直し. In: 日本放射線安全管理学会 第 16 回学術大会, 2017/06/28-30, 大分.
- 21. 渡部浩司,池田, 隼人 (2017) 短寿命 RI 供給プラットフォーム. In: 日本分子イメージング学会, 5/25/2017-5/26/2017, 横浜.
- 22. 渡部浩司 (2017) 東北大 CYRIC の学内での役割. In: 加速器施設安全シンポジウム, 2017/01/26, J-PARC.
- 23. Nai, YingHwey and Shidahara, Miho and Seki, Chie and Watabe, Hiroshi (2016) Biomathematical Screening Methodology of Amyloid PET Radiotracers based on Clinical Usefulness Criterion & In-Silico Data. In: Japanese Society for Nuclear Medicine (JSNM), 2016, 名古屋.
- 24. Nai, YingHwey and Shidahara, Miho and Watabe, Hiroshi (2016) Comparing 3 Attenuation Correction Methods in Small Animal PET Scanner using Phantoms. In: Japanese Society for Nuclear Medicine (JSNM), 2016, 名 古屋.
- 25. Nasir, Fairuz Binti Mohd and Tashiro, Manabu and Watanuki, Shoichi and Miyake, Masayasu and Watabe, Hiroshi (2016) Registration of Positron Emission Tomography (PET) image & Functional Near Infrared Spectroscopy (fNIRS) data. In: Japanese Society for Nuclear Medicine (JSNM), 2016, 名古屋
- 26. 渡部浩司 (2016) PET 解析技術の開発. In: 日本応用物理学会, 2016/3/20, 東工大.
- 27. 渡部浩司 (2016) CYRIC が作ってきた RI とこれらかの方向性. In: ELPH 研究会 2016, 2016/02/08-09.
- 28. 渡部浩司 (2016) 短寿命 RI 供給プラットフォーム. In: 日本放射線安全管理学会第 15 回学術大会, 2016/11/30-12/02, 岡山.
- 29. Nai, YingHwey and Shidahara, Miho and Watabe, Hiroshi (2015) Standard Operating Procedures (SOP) for Preclinical PET Facility. In: 第 55 回日本核医学会学術総会, 5th, Nov,2015-7th, Nov,2015, 東京.
- 30. Watabe, Hiroshi and Wakui, T and Yuki, H and Sakemi, Y and Yanai, K (2015) Considerations of Safe Operation for CYRIC Accelerator Facility at Tohoku University. In: 第 2 回加速器施設安全シンポジウム, 2015/03/06, 茨城県東海村 日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所.
- 31. 渡部浩司 (2015) アイソトープ総合センターの在り方と今後の方向性. In: 大学等放射線施設協議会全国研修, 2015-08-25, 東京大学安田講堂.
- 32. Watabe, Hiroshi (2014) Development of Flexible Experimental and Image Database System. In: NIRS-SNU workshop, 2014/3/28, 放射線医学総合研究所.
- 33. 渡部浩司 (2014) PET解析技術の開発と応用. In: 高崎オープンセミナー.
- 34. 渡部浩司,古本祥三,谷内一彦 (2014) PET による生体イメージング. In: 放射線 影響学会, 2014/10/1-2014/10/3, 鹿児島.
- 35. 渡部浩司 (2014) PET 測定と画像解析. In: 第 42 回日本磁気共鳴医学会, 2014/9/18-2014/9/20, 京都.
- 36. 渡部浩司 (2014) PET を用いた分子イメージング. In: 第 53 回放射線計測研究 会, 2014/6/28, 東京 三菱総研.

- 37. 渡部浩司 (2014) 核医学画像と他の医用画像を重ねあわせるアルゴリズム. In: 第70回日本放射線技術学会総会学術大会, Apr, 2014, 横浜.
- 38. 渡部浩司 (2013) 東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター (CYRIC)の施設安全に関して. In: 加速器施設安全シンポジウム, 2013-12-11, 東京.
- 39. 四月朔日聖一,田代学,渡部浩司,石川洋一,平岡宏太良,谷内一彦,水田哲郎,佐藤友彦 (2013) 3 次元トラッキング装置を用いた脳 PET 検査の体動補正システムの性能評価. In: 日本核医学会, 2013-11-10, 福岡.
- 40. 渡部浩司 (2013) PET 施設における RI 管理自動化の試み. In: 平成 25 年度放射線安全取扱部会年次大会, 2013-11-14 2013-11-15, 鹿児島.
- 41. 渡部浩司 (2013) 医用生体イメージング法および画像情報理論の理解. In: 第41 回日本放射線技術学会秋季学術大会, 2013-10-18, 福岡.
- 42. 渡部浩司 (2013) PET を用いた分子イメージング. In: 第一回東北大学メディカルサイエンス・シンポジウム, 2013-08-24, メトロポリタン仙台.
- 43. 渡部浩司 (2013) PET による血流・代謝・受容体機能の定量. In: Center for Molecular Imaging Science Seminar, 2013/1/15, 分子イメージング科学研究センター.
- 44. 水田哲郎,橘一成,四月朔日聖一,渡部浩司,石川洋一,平岡宏太良,田代学,谷内一彦 (2013) 3 次元トラッキング装置を用いた脳 PET 検査の体動補正システムの開発. In: 日本核医学会, 2013-11-10, 福岡.

【海外】

- Nagao, Yuto and Yamaguchi, Mitsutaka and Watanabe, Shigeki and Ishioka, Noriko S. and Kawachi, Naoki and Watabe, Hiroshi (2019) Optimization of coincidence time window on Compton imaging of astatine-211 for targeted αparticle radiotherapy. In: IEEE MIC 2019, 2019/10/26-2019/11/02, Manchester, U.K.
- 2. Watabe, Hiroshi and Nai, Ying HWay and Shidahara, Miho (2019) Automatic evaluation of Pharmacokinetics for Amyloid tracers. In: 17th Annual Conference of The Egyptian Society of Nuclear Medicine Specialists, 24th Mar, 2019, Cairo, Egypt.
- 3. Nagao, Yuto and Yamaguchi, Mitsutaka and Watanabe, Shigeki and Ishioka, Noriko S. and Kawachi, Naoki and Watabe, Hiroshi (2018) Maximum-likelihood reconstruction and simulation analysis on Compton imaging of astatine-211 for targeted α-particle radiotherapy. In: IEEE NSS/MIC/RTSD 2018, Sydney, Australia.
- 4. Watabe, Hiroshi (2018) How to overcome PET drawbacks? In: SNU-NIRS Workshop, 2018/08/27-28, Yamanashi.
- 5. Watabe, Hiroshi (2018) RI for PET imaging. In: RISE18, 2018 Mar 16--17, Osaka University.
- 6. Rahman, Mahabubur and Watabe, Hiroshi (2018) Open Source Collaborative Infrastructure for International Multicenter Molecular Imaging Research. In: 3rd International Conference on Medical Physics in Radiation Oncology and Imaging (ICMPROI) 2018, Bangladesh.
- Nagao, Yuto and Yamaguchi, Mitsutaka and Watanabe, Shigeki and Ishioka, Noriko and Kawachi, Naoki and Watabe, Hiroshi (2018) Maximum-likelihood reconstruction and simulation analysis on Compton imaging of astatine-211 for targeted α-particle radiotherapy. In: IEEE MIC 2018.
- 8. Nasir, Fairuz Binti Mohd and Watabe, Hiroshi (2018) Registration of Positron Emission Tomography (PET) Image and Functional near Infrared Spectroscopy (NIRS) Data. In: 2018 8th International Conference of Biomedical Engineering, April 23 25, 2018, Indonesia.

- Oyama, S and Shidahara, M and Thomas, BA and Matsubara, K and Ibaraki, M and Watanuki, S and Watabe, H and Tashiro, M (2018) Error propagation properties of 5 partial volume correction algorithms for [18F]THK5351 PET imaging. In: EANM 2018.
- 10. Islam, Shahidul Md and Watanuki, Shoichi and Watabe, Hiroshi (2017) Personalized Internal Radiation Dose Estimation using D-shuttle in Nuclear Medicine. In: The 13 th International Workshop on Ionizing Radiation Monitoring, 2017/12/2-3, Oarai, Ibaraki.
- 11. Kikuchi, Asuka and Tashiro, Manabu and Inami, Akie and Nasir, Fairuz Binti Mohd and Mohsen, Attayeb and Watanuki, Shoichi and Miyake, Masayasu and Arakawa, Yuma and Takeda, Kazuko and Koike, Daigo and Ito, Takayasu and Sasakawa, Junpei and Matsuda, Rin and Hiraoka, Kotaro and Yanai, Kazuhiko and Watabe, Hiroshi (2017) Effects of antihistamines on regional cerebral glucose metabolism and perfusion during cognitive tasks. In: AOCNMB2017, Oct 2017, Yokohama
- 12. Rahman, Mahabubur and Watabe, Hiroshi (2017) On-line MIRA (Molecular Image Repository and Analysis) for molecular imaging research. In: The 12th Asia Oceania Congress of Nuclear Medicine and Biology AOCNMB2017, October 5-7, 2017, PACIFICO Yokohama 1-1-1, Minato Mirai, Nishi-ku, Yokohama, Japan.
- 13. Nagao, Yuto and Yamaguchi, Mitsutaka and Ishioka, Noriko and Watanabe, Shigeki and Kawachi, Naoki and Watabe, Hiroshi (2017) Development of a scintillator based Compton camera for targeted α-particle radiotherapy. In: 10th International Symposium on Targeted Alpha Therapy (TAT-10), May 30-June 1, 2017, Kanazawa.
- 14. Nagao, Yuto and Yamaguchi, Mitsutaka and Kawachi, Naoki and Watabe, Hiroshi (2017) Development of a Cost-Effective Compton Camera Using a Positron Emission Tomography Data Acquisition System. In: 8th International Conference on New Developments In Photodetection, 3-7 July 2017, Tours, France.
- 15. Nai, YingHwey and Shidahara, Miho and Arakawa, Yuma and Seki, Chie and Watabe, Hiroshi (2016) Biomathematical Modelling Approach Using In-Silico Data to Predict Clinical SUVR in Amyloid PET Imaging. In: NeuroReceptor Mapping (NRM), 2016 July, Boston.
- 16. Nai, YingHwey and Shidahara, Miho and Seki, Chie and Watabe, Hiroshi (2016) Screening of 31 Amyloid PET Radiotracers with Clinical Usefulness Criterion by Biomathematical Modelling Approach using in-silico data. In: NeuroReceptor Mapping (NRM), 2016 July, Boston.
- 17. Watabe, Hiroshi (2016) PET researches at CYRIC, Tohoku University. In: SNU-NIRS Workshop, 2016/4/20-21, Jeju.
- 18. Nagao, Yuto and Yamaguchi, Mitsutaka and Kawachi, Naoki and Watabe, Hiroshi (2016) Development of a Cost-Effective Compton Camera for MeV-Gamma-Ray Imaging Applica6ons. In: IEEE MIC 2016.
- 19. Watabe, H and Yamamoto, S and Watanabe, G (2016) Development of a Si-PM based intraoperative PET system for breast tumor resection. In: IEEE MIC 2016, 29 october 5 november 2016, Strasbourg, France.
- 20. Yamamoto, S and Toshito, T and Komori, M and Watabe, H (2016) Luminescence imaging of water during proton-beam irradiation for dose estimation. In: IEEE MIC 2016.
- 21. Watabe, Hiroshi (2015) Multimodal Image Fusion. In: AOCNMB2015, 2015/10/31 2015/11/4, Jeju, Korea.
- 22. Watabe, Hiroshi and Yamamoto, Seiichi (2014) Development of a GSO dual-layer phoswich intraoperative positron probe for radio-guided surgery. In: IEEE NSS/MIC/RTSD 2014, Nov 8 Nov 15, 2014, Seatle, USA.
- 23. Kawachi, Naoki and Fujimaki, Shu and Watabe, Hiroshi and Yamamoto, Seiichi (2013) Development of GAGG Gamma Camera System for High-energy Gamma Photon Imaging. In: IEEE NSS/MIC/RTSD 2013, Oct 27 Nov 2, 2013, Seoul,

Korea.

- 24. Kawachi, Naoki and Yin, Yong-Gen and Suzui, Nobuo and Ishii, Satomi and Watabe, Hiroshi and Yamamoto, Seiichi and Fujimaki, Shu (2013) Imaging Radiocesium Uptake Dynamics in Soybean Shoot System Using a Gamma Camera. In: IEEE NSS/MIC/RTSD 2013, Oct 27 Nov 2, 2013, Seoul, Korea.
- 25. Watabe, Hiroshi and Horitsugi, Genki and Watabe, Tadashi and Kato, Hiroki and Shimosegawa, Eku and Hatazawa, Jun (2013) Development of Experimental and Image Database System for Molecular Imaging Research. In: IEEE NSS/MIC/RTSD 2013, Oct 27 Nov 2, 2013, Seoul, Korea.
- 26. Hayashi, Takuya and Urayama, Shinichi and Watabe, Hiroshi and Ose, Takayuki and Muraya, Yumi and Higo, Noriyuki and Onoe, Hirotaka (2013) Diffusion tensor atlas and tract-based spatial statistics in macaque monkey. In: Human Brain Mapping., Seatle, USA

[資料 3]外部資金獲得

【科研費】

· 2019-2022 基盤研究 (B) 菊池洋平

「 X 線透視画像上での物体特定により飛躍的な被ばく量低減を実現する新型 IVR システム」

·2019-2022 基盤研究(B) 鈴井伸郎

「ポジトロン放出核種 Cs-127 を用いた動植物体内のセシウム動態の解明」

· 2019-2021 若手研究 池田隼人

「カラムクロマトグラフィーを利用した核医学用キャリアフリーRIの製造法の開発」

·2017-2020 基盤研究(B) 銭谷勉

「分子機能と形態を同時撮像する管球 X 線を用いた実用的超高解像度 3 次元蛍光 CT の 開発」

· 2017-2019 基盤研究(B) 渡部浩司

「PET-NIRS 融合イメージングによるアルツハイマー病診断の高度化と脳機能の解明」

·2016-2019 基盤研究(B) 田代学

「PET と MRS の融合による新しいヒト脳内薬物濃度・受容体占拠率測定法の開発」

· 2016-2018 基盤研究(C) 鈴井伸郎

「動植物におけるセシウム動態解析のためのポジトロンイメージング技術の開発」

· 2016-2018 基盤研究(C) 白神宜史

「生体内の細胞間コミュニケーション・イメージング用 SPECT 診断剤の創薬研究」

• 2017-2019 挑戦的研究(萌芽) 田代学

「PET/MR を用いたヒト運動時の四肢骨格筋および脳の代謝融合イメージング研究」

· 2015-2017 基盤研究(C) 下瀬川恵久

「短寿命 α 線放射性核種(アスタチン)の体内分布と甲状腺癌集積性の評価」

· 2016-2018 挑戦的萌芽研究 渡部浩司

「個人積算線量計を用いた PET-MD 試験における被験者内部被曝定量法の開発」

·2015-2017 基盤研究(C) 合瀬恭幸

「マルチモーダルマーカーによる診断画像の位置合わせに関する研究」

·2016-2018 基盤研究(B) 河地有木

「植物チェレンコフ光イメージング技術の開発」

• 2015-2017 挑戦的萌芽研究 林拓也

「マルチモーダルイメージングによる皮質内構造・機能・行動連関の解明」

• 2015-2017 挑戦的萌芽研究 菊池洋平

「がん放射線治療の医療事故回避のための治療ビーム実測に基づく体内線量イメージン グ」

· 2015-2017 基盤研究(C) 渡部剛

「シリコンフォトマル薄型 PEM を用いた乳房温存ナビゲーション手術の確立」

· 2014-2017 基盤研究(B) 渡部浩司

「PET と NIRS の融合による新たな認知症診断法の開発」

【受託研究・共同研究】

- ・2019-2021 日本医療研究開発機構研究費革新的がん医療実用化研究事業 切畑光統「ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)への適用を指向した 18FBPA-PET 診断技術の開発研究」
- ・2019-2021 国立研究開発法人日本医療研究開発機構先進的医療機器・システム等技術 開発事業 薄善行

「高精度な術前・術中生体機能診断を可能とする多目的可変型医療画像装置の開発」

· 2018-2022 青森県受託研究 渡部浩司

「小動物用 PET/MRI システムの導入に係る基礎的評価に関する研究」

- ・2017-2021 原子力規制庁放射線安全規制研究戦略的推進事業 篠原厚 「健全な放射線防護実現のためのアイソトープ総合センターをベースとした放射線 教育と安全管理ネットワーク」
- ・2013 公益財団法人テルモ科学技術振興財団 渡部浩司 「PET と光トポグラフィの融合による認知症画像診断の高精度化」
- ・2013-2019 塩野義製薬共同研究 渡部浩司

「PET 画像解析ソフトウェア及び PET プローブ新規探索法の開発に関する研究」

・2018-2020 日本放射線治療品質保証株式会社共同研究 渡部浩司 「PETによるリアルタイム・ターゲッティングシステムの開発」

[資料 4]学外活動・社会貢献

- ・厚生労働省.(医療放射線の適正管理に関する検討会構成員).2017 年 4 月-
- · 日本医学物理学会(編集委員),2013 年 4 月-
- ・日本核医学会分子イメージング戦略会議(PET 撮像評価委員),2013 年 7 月-
- · 大学等放射線施設協議会(理事),2013 年 10 月-
- ・日本アイソトープ協会放射線安全取扱部会(東北支部長),2014 年 4 月-2020 年 3 月
- · 日本核医学会(評議委員),2015 年 11 月·2019 年 10 月
- ・ 日本放射線安全管理学会(理事),2016 年 4 月-
- · J-PARC 放射線安全委員会(委員),2018 年 4 月-
- · 日本核医学会(理事),2019 年 11 月-
- · 放射線同位元素等取扱施設安全管理担当教職員研修 参加者数: 39 名, 2013.10.3.
- ・ 放射線管理実務セミナー参加者数: 25 名, 2014.1.17.
- ・ 放射線管理実務セミナー 参加者数: 30 名 2015.2.20.
- · PHITS 出張講習会 参加者数: 31 名, 2015.4.4.
- ・ 放射線管理実務セミナー 参加者数: 30 名 2016.2.19.
- ・ 放射線管理実務セミナー 参加者数: 25 名, 2017.2.3.
- · 法令説明会 参加者数: 250 名, 2018.2.23.
- ・日本アイソトープ協会放射線安全取扱部会年次大会 参加者数: 342 名, 2018.10.25
- ・放射線教育研修会, 高校の理科教師向けに放射線教育を行う, 参加者数: 10 名,2015.1.24.
- ・東北大学・カタールサイエンスキャンパス・第 2 回教育セミナー 参加者数: 20 名, 2015.8.4.
- ・仙台市中学校理科教育研究会第 1 回サマー研修会 参加者数: 20 名, 2016.8.2. 人数:0 名
- · 理科研究会化学部会仙塩支部研修会 参加者数: 17 名, 2016.11.28.
- ・ 第4回 RI 技術講習会「加速器で製造した非密封 RI の取扱」 参加者数 11名, 2018.2.22-23
- ・ 第6回 RI 技術講習会「サイクロトロンを用いた RI 製造と核反応断面積の測定」 参加者数6名,2019.2.21-22

