

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：82502

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K08096

研究課題名(和文) 治療用放射性核種の遠隔製造基盤構築

研究課題名(英文) Engineering study for remote production of therapeutic radionuclide

研究代表者

永津 弘太郎 (Nagatsu, Kotaro)

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・量子医科学研究所 先進核医学基盤研究部・グループリーダー

研究者番号：30531529

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：世界的に注目されているAc-225の製造方法、即ち、廃棄線源として保管されていたラジウム針からRa-226の単離・回収法、回収したRa-226をターゲット物質として固定化する技術、深刻な汚染を避けるための照射装置、Ac-225とRa-226の分離精製技術、精製Ac-225の品質評価法及び実際の標識効率の確認、及びRa-226の再生法、それぞれの開発に成功した。加速器の火災の影響によりAc-225を製造することが出来ず、完全な評価には至らなかったが、上記処理を遠隔的に行う装置を開発し、基本的な機能の評価を行った。加速器の復帰と共に本開発機の実践利用が望まれる成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題の成果は、世界的に極めて深刻な需要過多・供給不足となっている225Acの自施設製造を可能にする基盤技術を確立したことに等しい。同時に、取扱いや社会的な認識に難しさを持つ放射性廃棄物のひとつ226Raを、医学的に有用な225Acの原料として再生し、225Acの持続的国産化に資する成果として、社会的な意義も有している。

我が国では医療用放射性同位元素の安定供給・利用促進のため、原子力委員会が当該放射性物質の国産化を含めた検討を行うためのアクションプランを2022年5月に発出したが、本研究結果こそ、国の期待に正面から応えられる成果と考える。

研究成果の概要(英文)：(1)Recovery and isolation of 226Ra from legacy sources, (2)Solidification process of 226Ra as a target material, (3)Development of a 226Ra-dedicated, safety-oriented target station, (4)Separation process of 225Ac from a bulky amount of 226Ra, (5)Establishment of the quality management process for 225Ac and Evaluation of 225Ac labelling potential, and (6)Recycling process for 226Ra were successfully completed in this study.

Because of the fire accident happened in Nov-2021, our cyclotron is no longer available to produce any radionuclides including 225Ac. As a result, a remote handling device developed in this study partially confirmed its performance by dry-runs; however, both objectives of (4) and (5) were satisfactorily achieved. When our cyclotron system reconstructs, the developed device would be put into practice as soon as possible.

研究分野：核医学

キーワード：核医学治療 アルファ線標的アイソトープ治療 アクチニウム225 ラジウム226 ターゲット 核反応
放射性医薬品 放射線治療薬

1. 研究開始当初の背景

古くは¹³¹Iヨードカプセル、近年では⁹⁰Y標識抗体や¹⁷⁷Lu標識ペプチド等に代表される放射性治療薬剤に関する研究開発気運が高まりを見せている。細胞障害性、即ち、治療効果は標識薬剤から放出される放射線によってもたらされるが、生物学的効果比(Relative biological effectiveness, RBE)の高さや短い飛程に基づいた効果の集中への期待から、昨今ではアルファ線の医学利用、がん治療薬の可能性について精力的な検討が行われている。

壊変によって放出される概ね5-8 MeVのエネルギーを持ったアルファ線は、数10 μmと極めて短い組織内飛程を持つため、目的組織へ特異的に薬物送達が出来れば、エネルギーの効果的な付与によって集中的にがん組織の焼灼を期待出来る。同目的で利用されるベータ線放出核種の例と比較すると、その飛程(およそ1-10 mm)は目的外の周辺正常組織にも到達しやすく、望まない照射に起因する副次的影響を抑える検討を要することも少なくない。ベータ線治療薬は現在広く認知されている内照射治療薬とほぼ同義であり、今後も主役としての働きを担うことに疑いは無いが、上述の通り、アルファ線による理想的・魅力的な治療効果が期待される以上、当該非臨床・臨床研究がこれから積極的に推進されることは容易に想像出来る。実際、アルファ線放出核種は、従前の診断・治療核種(^{EC}/₊, ₋)とは異なる取扱いや品質評価等が求められるものの、2016年6月に骨転移治療を目的とするラジウム223(²²³RaCl₂, ₋, T_{1/2}=11.4 d)が保険収載される等、アルファ線治療薬の実用化は着々と進行している。

本研究で着目したアルファ線源のひとつ、アクチニウム225(²²⁵Ac, ₋, T_{1/2}=10 d)は、抗体やペプチド等の中高分子標識に適した半減期を有し、キレーターを介した治療薬の創薬・調製が期待出来る。実際、中高分子製剤が有する特異性の高さから、多くの企業やアカデミアが²²⁵Ac標識された候補薬剤の実用化に向けた検討を進めており、依然として²²⁵Acの需要は高い。この結果、グローバル²²⁵Acサプライチェーンは極めて深刻な需要過多・供給不足となっており、市販価格の高騰(単位放射能あたりの²²⁵Ac国内流通価格は現在、2020年との比較で最大20倍程度)はもとより、国内での入手ルートの確保すら不可能に近い状況となっている。

このような実情に対し、我が国では医療用放射性同位元素の安定供給・利用促進のため、原子力委員会が当該放射性物質の国産化を含めた検討を行うためのアクションプランを2022年5月に発出した。本研究を開始してから2年後のことである。

申請者は上述する²²⁵Acの潜在的可能性を元に、自施設における²²⁵Acの製造について検討を行ってきた(2017年度基盤研究C;内照射治療研究に資する放射性金属核種の遠隔製造;17K10384)。当該研究では、²²⁵Acを得るための原料としてラジウム226(²²⁶Ra, ₋, T_{1/2}=1600 y)を選択し、医療用小型加速器でも加速可能な、比較的低エネルギーに分類される陽子ビームを用いた製法(²²⁶Ra(p,2n)²²⁵Ac)の確立を目指してきた。本法は、(1)上述するように、世界中で活用されている医療用小型加速器の応用法を拡大できること、(2)入手に制限の多い²²⁶Raの使用を最小量(およそ数10 mgオーダー)に抑えられる可能性があること、(3)分離精製によって²²⁵Acの放射性核種純度を低下させる不純物を除去しやすいこと、といった特徴が挙げられる。周知のとおり、アルファ線源は管理区域の維持管理に対して非常に負荷が高い物質であり、特に長半減期かつラドン222(²²²Rn, ₋, T_{1/2}=3.8 d)を自然放出する²²⁶Raは、取扱いが厄介な物質として認識されている。従って、²²⁵Acの製造方法を確立することは、²²⁶Raを安全・確実に扱う方法を確立することと定義することも出来る。同時に、長半減期(²²⁶Ra)廃棄物を極力発生させない製法であることも、²²⁵Acを得ることと同様に重要な課題と考えるべきである。

申請者は、これらの要件を満たすよう6つの課題、即ち、(1)廃棄ラジウム線源(Ra針)から²²⁶Raの単離・回収法、(2)ターゲット物質として利用する²²⁶Raの精製法と固定法、(3)²²⁶Raの安全な照射方法、(4)²²⁶Raから²²⁵Acを得る分離方法、(5)標識に利用できる高品位²²⁵Acの精製・調製方法、(6)²²⁶Raを繰返し利用するための再生・精製方法、を定め、それぞれを連携して実行できる系の確立を検討してきた。

具体的なそれぞれの成果として、(1)いわゆるレガシー線源(ラジウム針やカプセル)を可能な限り細かく切断し、充填物である²²⁶Ra固化体と機能性イオン交換樹脂を純水中で長期に渡り接触させることで、可溶性の²²⁶Ra(²²⁶Ra⁺⁺)を選択的かつ定量的に回収出来ることを確認した、(2)可溶性²²⁶Raを塩酸/酢酸ナトリウム緩衝液に溶解し、パルス状の定電流を印加することにより、²²⁶Raを固体表面上へ電着する手法を考案すると共に、当該電着を効率的に行えるターゲット容器の開発を行った、(3)²²⁶Raの使用量を最小に抑えながら、ビームの有効飛程を延長できる円錐型ターゲット容器と共に、照射中に起こりうる万一の²²⁶Ra汚染被害を最小に留めることを意図した、独立・密封型照射装置(ターゲットステーション)を開発し、安心・安定した²²⁶Raの照射を可能とした、(4)2種類の機能性樹脂(DGA及びLN)と、濃度の異なる比較的濃度の低い硝酸3種類を組み合わせることで、高効率な²²⁵Acの単離を可能にし、さらに製品中に僅かに含まれる望まないAc同位体(²²⁶Ac, 83%, EC17%, T_{1/2}=29 h)とその子孫核種を除く分離手法を

確立した、(5)標識に適した濃度及び液性を得るための²²⁵Ac調製方法を確立し、実際に高い標識効率が得られることを確認した、及び(6)²²⁵Acを単離した後の²²⁶Raをほぼ全量回収し、イオン交換樹脂を用いて脱塩を行うことで、再利用(照射)可能な遊離²²⁶Raが得られる手法を確立した、ことが挙げられる。

上述する成果はいわゆる実証試験結果であるものの、十分に応用可能な高品位²²⁵Acが得られると共に、²²⁶Raの著しい損耗がない実用に耐える製造法として確立したものと判断している。²²⁵Ac製造量増大に向けた検証準備、具体的には²²⁵Ac原料となる²²⁶Raの使用量及び照射量を拡大し、より実践的な条件での評価を残している状態にあった。

2. 研究の目的

本課題では、上記した実証結果を元に、²²⁵Acの製造量増大に向けた試みとして、原料となる²²⁶Raの使用量を増加させ、(1)高品位な²²⁵Acが得られることの確認、(2)²²⁶Ra使用量の増加に起因する分離性能の評価(²²⁵Acの品質評価)、を行うことを第一とする。従来から行ってきた²²⁵Ac製造法開発並びに実証評価において、作業者の被ばくに最も影響する工程が²²⁶Raの精製や²²⁵Acの単離など、いわゆる化学分離に要する時間の長さとして判明している。²²⁶Raの使用量増加は作業者の被ばく量を増加させることから、従って本研究の第二の目的として、(3)化学操作を遠隔化する機器開発、を定める。

3. 研究の方法

目的(1)、(2)に相当する²²⁵Ac製造量の増加(²²⁶Raの増量)は、²²⁶Ra入手並びに管理区域の制限から、最大約2 mCi (74 MBq)の²²⁶Raを扱うことで検討を行った。段階的に²²⁶Ra使用量並びに照射量を増加させ、電着効率(ターゲット調製効率)、²²⁵Ac収量、及び²²⁶Ra回収率の評価を行った。

放射性物質を扱う遠隔/自動処理装置が存在する意義は、(1)安全・確実・再現性のある作業工程の実行、及び(2)作業者の被ばく低減である。同時に、当該装置の持続的な利用を考えると、(3)予期しない故障及び定期的な部品交換が可能な作業性の確保が求められる。本装置で永続的に扱う²²⁶Raは²²²Rnを自然放出し、一部の娘・子孫核種からは強力なガンマ線が放出されることから、(2)及び(3)の目標を達成するためには、作業者と装置間の距離が取れ、放出される²²²Rnが大気へ拡散しないような設置要件が求められる。従って、本装置は常時換気されているグローブボックス内に設置することとした。周知のとおり、グローブボックス内における作業には著しい利用制限があり、肘から手先まで、およそ両手の届く半径50 cm程度が作業可能な有効範囲の限界となる。さらにグローブ越しの操作は、指先の精密な動きと感覚のフィードバックがほとんど期待出来ない。例えば、ねじを締めるといった作業でも極めて難しい行為になることから、限られた操作・作業性を前提にした装置の設計が必要になる。装置と作業者の距離は容易に広げる(遠ざかる)ことが可能(= (2)の実現は難しくない)な一方、(3)で求められる部品交換等の作業性に関しては十分な配慮、即ち、グローブ越しであっても確実な部品交換、現状復帰が可能な設計が必要になる。

検討の結果、試料が接触・移動する部品(流路を切り替える部品を含む)を市販のディスパーザブル品で構成し、流路切替に関しては、前述するディスパーザブル三方活栓を電氣的に回転させるモーター機構を採用した。市販ディスパーザブル部品はグローブ越しでも扱いやすく、廃棄が前提となるため、必要に応じて一新することが可能である。また、装置に内在する流路切替装置(三方活栓回転装置)はユニット化、即ち、扱いやすい寸法の部品を一括交換する設計とした。いずれの交換作業も、それなりの廃棄物を生ずることとなるが、その環境負荷を考慮しても本装置の運用方法は十分に利得を見込めるものと判断した。

PET製剤を標識する自動合成装置等、類似する装置では一般に、シリンジの吸引・押下やキャリアガスの与圧によって液送が行われる。通常の利用時において本方式が問題になることは無いが、例えば継手の緩みやカラムの詰まりといった経路上の不全がある場合、本装置では²²⁶Raを含む溶液が漏れ、周囲に拡散するといった長半減期核種汚染が発生する恐れがある。グローブボックス内の除染は不可能に近い作業であることに鑑み、液送の動力源として吸引ポンプを利用する陰圧液送法を採用した。リークに対しては大気の吸引、詰まりに対しては閉塞箇所の上流側に液が留まるため、共に汚染の可能性を著しく低下することが可能になる。

本装置の機能は、手作業で行う化学分離手法を部品の挙動に翻訳・反映させることで確立していくため、本装置のグローブボックス内への設置は十分に機械的性能の確証を得てから行う予定としていた。残念ながら、本研究期間中に加速器が火災で損傷し、以降²²⁵Acの製造を行うことが不可能となった(現在も復帰の目処は立っていない)。従って、以下に示す²²⁵Acの製造実証結果は手作業による成果であり、機械化の機能評価はいわゆるコールド試験の結果として記載する。

4. 研究成果

本研究期間内に行った ^{225}Ac の製造結果（照射終了時得量）一覧を表 1 に示す。

表 1 ^{225}Ac 製造結果

試行#	^{226}Ra 電着量	電着効率	照射量	^{225}Ac 製造量(EOB)
#1	13.5 MBq (366 μCi)	94%	20 μA x 3 h	522 kBq (14 μCi)
#2	35.4 MBq (956 μCi)	97%	20 μA x 5 h	2.23 MBq (60 μCi)
#3	37.5 MBq (1.01 mCi)	97%	20 μA x 5 h	2.43 MBq (66 μCi)
#4	19.8 MBq (536 μCi)	98%	20 μA x 5 h	904 kBq (24 μCi)
#5	23.6 MBq (639 μCi)	97%	20 μA x 5 h	1.03 MBq (28 μCi)
#6	66.2 MBq (1.79 mCi)	69%	20 μA x 5 h	7.25 MBq (196 μCi)
#7	83.0 MBq (2.24 mCi)	88%	20 μA x 5 h	6.16 MBq (167 μCi)

^{226}Ra の使用量と ^{225}Ac の得量は概ね比例関係にあり、本試験範囲内でのスケールアップ検討は成功したと評価した。本検討で扱った ^{226}Ra の使用量は依然として僅か 2 mCi 程度（重量にして約 2 mg）と極めて少量であり、この制限は ^{226}Ra の入手性と管理区域のキャパシティに基づく（1日最大使用量 = 4 mCi）、数 mg の ^{226}Ra が与えるターゲットの厚みでは、大部分のビームエネルギーを利用出来ておらず、 ^{226}Ra の使用量を更に増加させることで、より多くの ^{225}Ac を望むことが出来るだろう。

試行#6, #7 で、 ^{226}Ra の電着が定量的に行えなかったこと理由は、 ^{226}Ra を増量するために試行#6 で新たな ^{226}Ra 線源を加えたことと関係があると考えている。即ち、いわゆる廃棄線源から抽出した ^{226}Ra には、多くの不純物が混入していると考えられ、電着時に何らかの妨害・競合が起こったものと判断した。試行#7 の前に ^{226}Ra の精製工程を行った結果、電着率に著しい向上が見られていることから、再生・再利用によって ^{226}Ra の品質が向上していくことも予期された。一般的また申請者の経験的にも、濃縮同位体を用いて放射性物質の製造を行う際に同様の傾向を認めることから、今後は同電着率が良化していく期待がある。

いずれの試行（#1 - #7）においても、下記表 2 に示す（手作業による実施であるが）分離工程を経た後の ^{225}Ac 品質は安定しており、 ^{225}Ac の子孫核種を除き、いわゆる放射性異核種の存在は認められなかった。

表 2 ^{226}Ra 及び ^{225}Ac の遠隔操作工程（図 1 に本工程を実行する際の系統図を示す）

1. (照射後、0.7 M 硝酸に溶解したターゲット溶液を DGA 樹脂に通液し、 ^{225}Ac を保持させる)
2. モーター 1 に連結している 0.7 M 硝酸 10 mL を 2 回、DGA に通液する
3. モーター 2 に連結している 5 mM 硝酸 20 mL で ^{225}Ac を溶出し、LN 樹脂に通液する
4. モーター 6 に連結している 50 mM 硝酸 10 mL を LN に通液する
5. モーター 6 に連結している 0.7 M 硝酸 10 mL で ^{225}Ac を溶出・回収し、一時製品とする
6. 一時製品中には若干の ^{226}Ac が含まれるため、減衰により ^{226}Ac を除く（約 2 週間）
7. 冷却した ^{225}Ac 溶液に対し、上記（1） - （4）を繰り返し、 ^{226}Ac に由来する不純物を除く
8. 上記（5）を経て、最終製品としての ^{225}Ac を得る

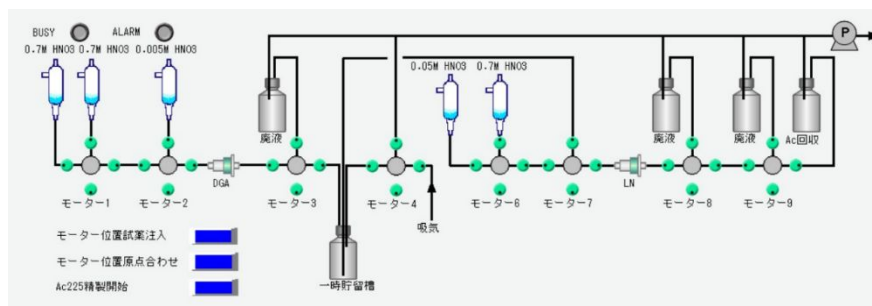


図 1 本研究で作成した $^{226}\text{Ra}/^{225}\text{Ac}$ 溶液処理装置 系統図

以上の検討をまとめると、 ^{226}Ra から ^{225}Ac を得る手法を確立し、同工程を遠隔的かつ安定して扱うことが可能な装置を開発した（図 2 に実機を示す）。本課題を完了するために必要不可欠な研究基盤（加速器）を失ったことで、満足できる評価に至らなかったことは極めて残念である。 ^{226}Ra 試料中に ^{225}Ac をスパイクさせ、疑似的な試料・実験環境を作ること考えたが、冒頭に記載するとおり、 ^{225}Ac の高騰により市販 ^{225}Ac を得ることが出来なかった。但し、本研究期間中に得た成果は、世界的に注目されている ^{225}Ac を自施設・自国での製造を可能にするものであり、

将来我が国の医療保障体制の盤石化に資する第一歩として期待できるものとする。例えば今回の申請者のように、資金不足や入手機会不足といったことを理由に ^{225}Ac が得られない研究課題に対し、将来は本研究成果が ^{225}Ac の供給を担うことで、多くの研究課題を支える基盤技術になることを目標にしたい。

本研究課題を実施している間、並びに完了後も、世界における ^{225}Ac の需要と関心は上昇し続けており、本研究は国内外の多くの学会・会議に招聘される成果となった。特に、試薬（高純度な化学物質）として入手不可能となっている ^{226}Ra の扱いは、 ^{225}Ac の原料として世界的な関心事項に発展し、IAEA による世界規模の ^{226}Ra 回収プログラムを実施させるに至っている。具体的には 2023 年 6 月に、世界 52 カ国から参加者が集まる Technical meeting: the Global Radium-226 Management Initiative が開催され、いわゆる廃棄線源として世界各国に保管・埋蔵されていた ^{226}Ra が医療のための有効資源として再生されようとしている。本 Technical meeting の開催にあたり、申請者は当該ミーティングの事前検討会として準備されたコンサルタンシー・ミーティングに招聘され、上記した成果を元に ^{226}Ra の扱い並びに ^{225}Ac 製造技術の可能性等についてコメントする機会を得た。文字通り、世界をけん引する成果を得たと考えている。加速器の復旧が叶った際には、本成果の実践評価を行うと共に、 ^{225}Ac 国産化の一翼を担いたい。

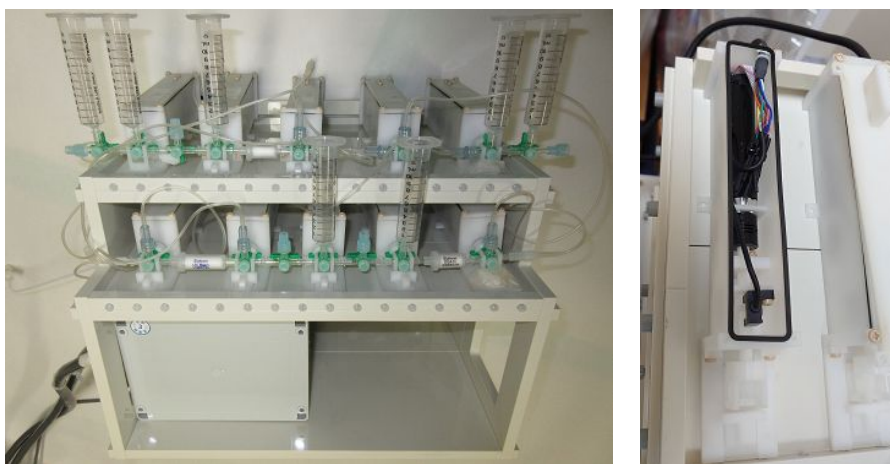


図 2 本研究課題で開発を行った $^{225}\text{Ac}/^{226}\text{Ra}$ 遠隔処理装置（左）とユニット化した流路切替装置（右；カバーを外した状態）

最後に、本研究課題遂行にあたり、多くの技術的支援を頂いた QST・先進核医学基盤研究部・峯岸克行氏、鈴木寿氏、日本メジフィジクス株式会社・伊藤拓氏、市瀬潤氏、本田芳雄氏、日本アイソトープ協会・松本幹雄氏、石津秀剛氏に深謝致します。また、本法によって得られた ^{225}Ac の品質評価に関し、数々のご指導並びにご支援を頂いた QST・分子イメージング診断治療研究部・辻厚至博士、須藤仁美博士、近畿大学・原子力研究所・山田崇裕教授に感謝申し上げます。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Nagatsu Kotaro, Suzuki Hisashi, Fukada Masami, Ito Taku, Ichinose Jun, Honda Yoshio, Minegishi Katsuyuki, Higashi Tatsuya, Zhang Ming-Rong	4. 巻 49
2. 論文標題 Cyclotron production of 225Ac from an electroplated 226Ra target	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging	6. 最初と最後の頁 279 ~ 289
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00259-021-05460-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 8件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Kotaro NAGATSU
2. 発表標題 Cyclotron production of Ac-225 from electroplated Ra-226 target
3. 学会等名 IAEA Consultancy Meeting on The Status of Alpha Emitter Radiopharmaceuticals（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永津弘太郎
2. 発表標題 アルファ線源（Ac-225）を利用する核医学治療 量研機構における取組み
3. 学会等名 2021年 第23回 原子力委員会 定例会議（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永津弘太郎
2. 発表標題 Ra-226を利用したAc-225の製造に関するQSTの取組み
3. 学会等名 短寿命RI供給プラットフォーム成果報告会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永津弘太郎
2. 発表標題 量研機構 量子医科学研究所におけるRI製造供給
3. 学会等名 第58回アイソトープ・放射線研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kotaro NAGATSU
2. 発表標題 Cyclotron production of Ac-225 from electroplated Ra-226 target
3. 学会等名 The 65th IAEA General Conference side events [Japan] (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永津弘太郎
2. 発表標題 小型加速器による医療用RIの製造 Tc-99mとAc-225の製造可能性
3. 学会等名 JSPS195委員会：医療と放射線
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kotaro NAGATSU
2. 発表標題 Cyclotron and Targetry: Cyclotron production of radioisotopes for nuclear medicine
3. 学会等名 The 11th China-Japan-Korea Symposium on Radiopharmaceutical Sciences 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永津弘太郎
2. 発表標題 核種を用いた放射性薬剤開発
3. 学会等名 第18回放射線プロセスシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永津弘太郎
2. 発表標題 線およびオージェ電子を放出する核種製造の現状
3. 学会等名 2021年日本アイソトープ協会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永津弘太郎
2. 発表標題 医学利用が期待されるアルファ線源の製造
3. 学会等名 放射線科学とその応用 第186委員会 第40回研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kotaro NAGATSU
2. 発表標題 Cyclotron-based production of alpha-emitters towards encouraging TAT studies
3. 学会等名 Pacifichem 2021（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永津弘太郎
2. 発表標題 短寿命アルファ核種の製造・使用・管理について 製造・供給拠点の現状と将来
3. 学会等名 第3回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 Ra - 226の回収方法, Ra - 226溶液の製造方法及びAc - 225溶液の製造方法	発明者 本田芳雄, 伊藤拓, 市瀬潤, 永津弘太 郎, 鈴木寿	権利者 日本メジフィ ジックス株式会 社・量研
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-002432	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 Ac-225溶液の製造方法, Ac-225溶液を用いた医薬の製造方法	発明者 本田芳雄, 伊藤拓, 市瀬潤, 市川浩章, 今井智之, 永津弘太	権利者 日本メジフィ ジックス株式会 社・量研
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-002437	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------