

平成 30 年 6 月 29 日現在

機関番号：21601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26461848

研究課題名(和文)物質の三態を制御したRn/Atジェネレータの開発と線内用療法への展開

研究課題名(英文)Development of a matter phase controlled Rn/At generator for targeted alpha therapy

研究代表者

鷲山 幸信 (Washiyama, Kohshin)

福島県立医科大学・公私立大学の部局等・准教授

研究者番号：80313675

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：半減期7.2時間の放射体 ^{211}At は核医学において、がん治療への応用が期待されるアイソトープの一つであるが、その利用は製造拠点に限られてきた。本研究では遠隔地での ^{211}At を用いた研究を支援するための $^{211}\text{Rn}/^{211}\text{At}$ ジェネレータを作成し、さらに炭素鎖数の多いアルカン類を用いた溶媒抽出系を採用することで、溶媒温度によるジェネレータの制御の可能性を検討した。検討の結果、炭素数の多いアルカンを冷却し固体化することにより ^{211}Rn を溶媒中に保持できることが示された。

研究成果の概要(英文)：Although an alpha emitter astatine-211 is the most promising radionuclide for treatment of cancer, its short half-life limited the use of it only at nearby hospitals. Here we produced $^{211}\text{Rn}/^{211}\text{At}$ generator using solvent extraction method, which enables to deliver ^{211}At more distant site from production facilities. Moreover, we evaluated the retention of ^{211}Rn in an organic solvent, or hydrocarbon by changing the temperature to change the phase of each hydrocarbon solvent.

^{211}Rn was produced by $^{209}\text{Bi}(7\text{Li}, 5n)^{211}\text{Rn}$ reaction at the JAEA-Tokai tandem accelerator. ^{211}Rn was extracted by solvent extraction using decane, dodecane, tetradecane, hexadecane as organic solvents. These hydrocarbons were kept at a constant temperature (0 and 20 degrees), and the amount of ^{211}Rn was periodically measured. As a result, ^{211}Rn was released from all the hydrocarbons at 20 degree, but in the case of hexadecane at 0 degree, 80 to 90% of ^{211}Rn was retained for 10 hours.

研究分野：放射性薬品学, 放射化学

キーワード：放射体 ジェネレータ アスタチン-211 アイソトープ治療 放射線 がん 薬学 ラドン-211

1. 研究開始当初の背景

半減期 7.2 時間の α 放射体 ^{211}At は核医学において、がん治療への応用が期待されるアイソトープの一つである。製造には $^{209}\text{Bi}(\alpha, 2n)^{211}\text{At}$ 反応を利用し、アルファ粒子を 28MeV まで加速可能なサイクロトロン施設が求められる。しかし、仮に加速器があったとしても ^{211}At の半減期が短いゆえに、その利用は製造拠点近辺施設に制限されてしまい、遠隔地や多くの施設への供給は難しい。 ^{211}At の親核種 ^{211}Rn (半減期 14.6 時間) は 14.6 時間の半減期で壊変し、 ^{211}At (半減期 7.2 時間) になることによりジェネレータを作ることが出来る。そこで研究代表者は先に実施した若手研究(A)において、有用な α 放射体 ^{211}At の広範囲での利用の実用化を目指し、 $^{211}\text{Rn}/^{211}\text{At}$ ジェネレータの開発に取り組んだ。この $^{211}\text{Rn}/^{211}\text{At}$ ジェネレータとは、 $^{209}\text{Bi}(\text{}^7\text{Li}, 5n)^{211}\text{Rn}$ 反応で生成した ^{211}Rn 親核種が 14.6 時間の半減期で β 壊変し、 ^{211}At になる過渡平衡状態を利用した放射壊変体系 (図 1) のことである。 $^{211}\text{Rn}/^{211}\text{At}$ ジェネレータ中で ^{211}At は親核種の ^{211}Rn と平衡状態に達するため、 ^{211}Rn の半減期で減衰し、その結果 ^{211}At 単独の場合と比較して約 2 倍の半減期で減衰していくことになる (図 2)。そのため、これまで放射能の減衰により利用が不可能であった広範囲の遠隔地医療施設および研究施設に対して治療用 RI の供給が見込める。

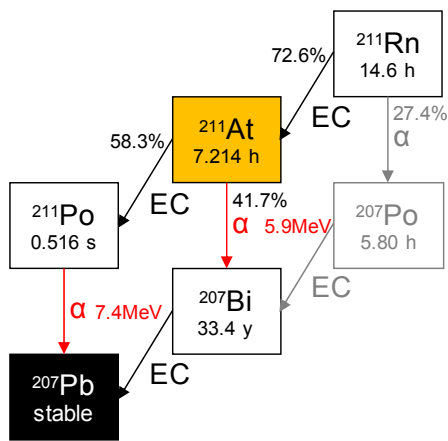


図1 ^{211}At とそれを生み出すRn/Atジェネレータ系

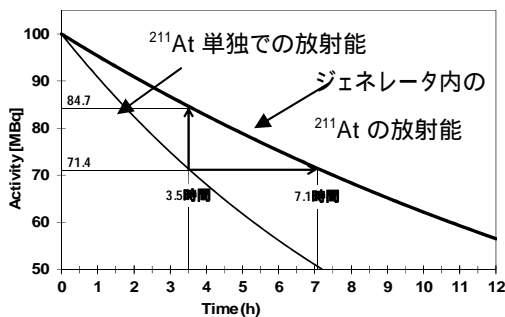


図 2 $^{211}\text{Rn}/^{211}\text{At}$ ジェネレータでの放射能の時間変

研究代表者は若手研究 (A) において核反応で製造した ^{211}Rn をターゲット物質や副反応生成物の RI から非常に高い純度で分離して貯蔵する系を見いだした。これは一般式 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ で表される鎖式飽和炭化水素 (アルカン) 類の一種のドデカンを用いた溶媒抽出系から成る。また ^{211}Rn から壊変して生成する ^{211}At を高率に回収できる有機 - 有機溶媒抽出系を実験的に見いだした。

しかし現状の方法は、有機溶媒系の容器中に空気層が混在するため、容器の開閉操作の際に希ガスである ^{211}Rn が散逸する恐れがある。また抽出過程での ^{211}Rn や ^{211}At の損失も免れない。この問題を解決するにあたって、1)ドデカン等のアルカン類は炭素数が増えるに従い物質の融点が低くなること、2)照射後のターゲット中に生成した ^{211}Rn は大気中に放出されない (固体中に保持される) という事実から、 ^{211}Rn をアルカン類に抽出後にアルカン類を低温で管理 (固体化) することで、 ^{211}Rn をアルカン内に保持できるのではないかと、また固体 (アルカン類) と液体 (硝酸溶液やメタノール溶液) との分離の際の ^{211}Rn や ^{211}At の損失も少ないのではないかと発想した。

2. 研究の目的

本研究では、より炭素鎖数の多いアルカン類を用いた溶媒抽出系を対象とし、溶媒温度をコントロールすることで ^{211}Rn の取扱いが容易になる $^{211}\text{Rn}/^{211}\text{At}$ ジェネレータの開発を目的とした。

3. 研究の方法

^{211}Rn の製造と分離抽出

^{211}Rn の製造にはターゲットとして Bi 金属を用いた。照射実験は日本原子力研究開発機構東海タンデム加速器を用いて行った。60MeV の ^7Li ビームをスタック毎に 2-3 時間、150-200nA のカレントで照射を行った。カレントについては 1 分ごとの電荷量を照射ライン末端のファラデーカップで確認した。

^7Li ビーム照射後の Bi 標的を 20mL バイアル瓶の中へ入れ、18mL の有機溶媒 (アルカン) を各種加えた。次に 6M 硝酸を 2mL 加え、Bi 標的を溶解した後、残った Al 箔を取り除き、蒸留水を 2mL 加えてバイアル瓶中の気相を減らし、1 分間の振とうを行い ^{211}Rn をアルカン相へと抽出した。抽出後、アルカン相から 15mL、硝酸相を 2mL 分取し、各々を Ge 検出器を用いて γ 線スペクトロメトリーを行い、核種の定性および定量分析を行った。

^{211}Rn のアルカン内への保持の検討

^{211}Rn を含むアルカンには、デカン、ドデカン、テトラデカン、ヘキサデカンの 4 種を用いた。これらをフード内で開放系のまま 0 と 20 の環境にさらし一定時間 (最大 10 時間) 放置した。放置後密閉し、 ^{211}Rn の量を γ 線スペクトロメトリーを行い、定量した。

^{211}At の抽出に関する検討

大阪大学核物理研究センターの K-70 AVF サイクロトロンから供給される α ビームを 27-28MeV まで加速して Bi 金属標的に照射し、 $^{209}\text{Bi}(\alpha, 2n)^{211}\text{At}$ 反応により ^{211}At を製造した。照射後の標的は大阪大学ラジオアイソトープ総合センターならびに金沢大学アイソトープ理工系研究施設に移送した。溶媒抽出実験に用いた飽和炭化水素溶媒は、直鎖状の分子構造を持つヘキサン、オクタン、デカン、ドデカン、テトラデカン、ヘキサデカンを用いた。照射後の Bi 金属標的を 6M HNO_3 で溶解し、 Bi^{3+} イオンと ^{211}At を含む 6M HNO_3 溶液とした後、蒸留水を加えてそれぞれ 4, 2, 1M HNO_3 溶液を作成し、これらを ^{211}At のストック溶液とした。溶媒抽出の諸検討では、1) ^{211}At の抽出挙動の硝酸濃度依存性、3) ドデカンと硝酸中の ^{211}At の溶液抽出平衡到達時間、4) 1M HNO_3 溶液中の ^{211}At の各種飽和炭化水素溶媒に対する抽出挙動を調べた。抽出を行う際の ^{211}At 入り硝酸溶液と各種飽和炭化水素溶媒は同容積を混合し 10 分間攪拌した。攪拌後、両相を一定量別々の密閉容器に分取し、Ge 半導体検出器または $\text{NaI}(\text{Tl})$ シンチレーションカウンターを用いて、X 線を測定した。得られた計数率を基に水相と有機相中の ^{211}At の濃度比として分配比 (D 値) を算出した。

^{211}At の逆抽出に関する検討

これまでの研究から ^{211}At をドデカンからメタノール中に回収する際には酸化剤を加えることが効果的であることが分かっている。そこで本検討では酸化剤として N-ハロスクシンイミド (NIS, NBS, NCS) を選択し、これらをメタノール中に添加して ^{211}At の逆抽出に対する抽出効果を検討した。NCS, NBS, NIS は各々濃度を変化させてメタノール中に添加し調整した。 ^{211}Rn を抽出した後のドデカン相 15mL を 15 時間以上静置し ^{211}At の成長を待った後に、ドデカン相から 0.5mL を分取して液体シンチレーションカウンター及び Si 表面障壁型検出器による α 線測定を行った。次に、残った 14.5mL のドデカン相に逆抽出剤 2mL を加え、1 分間振とうを行い ^{211}At を逆抽出した。逆抽出後、ドデカン相、メタノール相から各々 0.5mL ずつを分取して、逆抽出前と同じく液体シンチレーションカウンター及び Si 表面障壁型検出器による測定を行い、 ^{211}At の定性・定量を行い分配比を求めた。核種の定性・定量には高純度 Ge 半導体検出器による γ 線測定及び、Si 表面障壁型検出器と液体シンチレーションカウンターによる α 線測定を利用した。

4. 研究成果

^{211}Rn の製造と分離抽出

標的に製造された ^{211}Rn を各種アルカンに抽出することに成功した。またこの抽出分離操作は非常に簡易な操作であり、5 分程度の分離操作によって高い回収率を得ることが

出来た。

^{211}Rn のアルカン内への保持の検討

^{211}Rn は 20 の環境ではいずれも時間の経過に従って保持率が減少した。しかし炭素数が多いほど、この減少は緩やかになった。一方 0 では固体状態を取るテトラデカンおよびヘキサデカンは、0 状態では ^{211}Rn を高い割合で保持することが分かった。テトラデカンでは 10 時間後でも 40~60% が保持され、ヘキサデカンでは 80~90% が保持された。一つの溶媒に対して 3 回実験を行ったが、それぞれが異なる値を示した。これはテトラデカンやヘキサデカンが固体になる際の結晶状態の違いが Rn の溶媒中での動きに影響を及ぼしていると考えられるため、溶媒の冷却方法をさらに検討する必要がある。

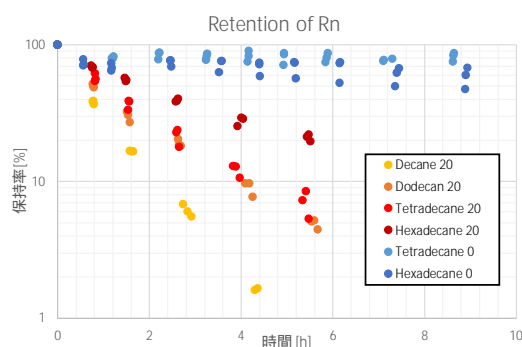


図 3. アルカンの ^{211}Rn 保持率

^{211}At の抽出に関する検討

硝酸濃度が高くなるにつれて D 値は減少傾向を示した。1M HNO_3 中の ^{211}At は攪拌時間の増加に従ってドデカンに対する D 値が上昇し、10 分以上で抽出平衡に到達した。1M HNO_3 中に保持した ^{211}At の時間を一定に保って行った溶媒抽出実験は、溶媒の分子量が増えるにしたがって、D 値は増加する傾向を示した。

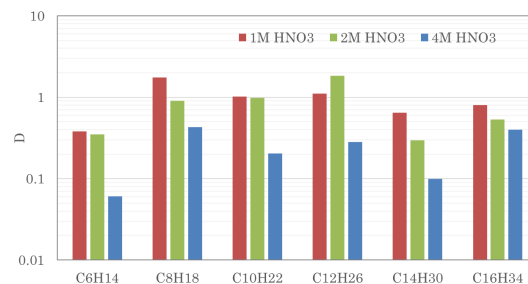


図 4. ^{211}At 分配比のアルカンの炭素数に対する依存性

^{211}At の抽出に関する検討

N-ハロスクシンイミドを用いた ^{211}At の逆抽出は N-ハロスクシンイミドの添加濃度が高くなるにつれて増加した。特に NBS を用いた場合、 $1\mu\text{g}/\text{mL}$ から $10\mu\text{g}/\text{mL}$ の間で劇的に変化した。一方、NCS と NIS を添加した場合の分配比は緩やかな変化を示した。N-ハロスクシンイミドではスクシンイミドの N 位へ結合しているハロゲン原子(X)がフリー

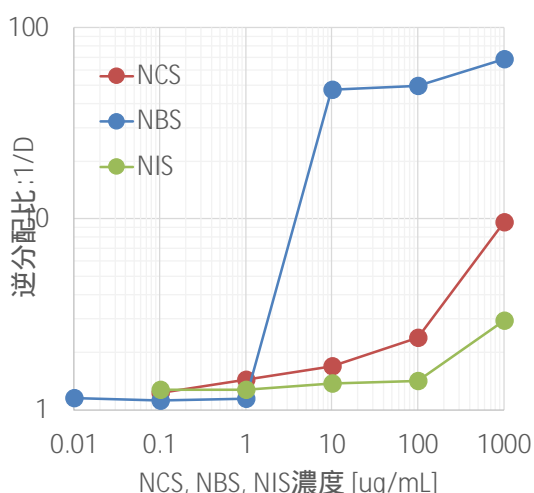


図 5. ^{211}At の逆抽出に關する酸化剤の濃度依存性

ラジカルとして供給され、ドデカン中に壊変生成した At^0 と会合して At-X となる。周期表のハロゲン族の中で At は他の元素に比べて最も重い反面、その電気陰性度は最も小さいと考えられる。したがって At-X の At 原子はより電氣的に陽性の性質を帯び、 At^{6+} のような極性を持つことが可能となるため、メタノール中に逆抽出されやすくなったと考えられる。しかし、一連の N-ハロスクシンイミド(NIS, NBS, NCS)間の挙動には系統性から外れる現象が見いだされており、詳しい反応機構を解明するため、引き続き実験を行っていく必要がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 9 件)

E. Maeda, A. Yokoyama, T. Taniguchi, K. Washiyama, I. Nishinaka, Extraction of astatine isotopes for development of radiopharmaceuticals using a ^{211}Rn - ^{211}At generator, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 査読有、303 巻、2 号、2015、1465-1468、<http://dx.doi.org/10.1007/s10967-014-3586-z>

鷺山 幸信, アルファ放射体への展開、*PETjournal*, 査読なし、25 巻、2014、41-43
I. Nishinaka, A. Yokoyama, K. Washiyama, E. Maeda, S. Watanabe, K. Hashimoto, N. S. Ishioka, H. Makii, A. Toyoshima, N. Yamada, R. Amano, Production and separation of astatine isotopes in the $7\text{Li} + \text{natPb}$ reaction, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 査読有、304 巻、3 号、2015、1077-1083、<http://dx.doi.org/10.1007/s10967-015-3975-y>

鷺山 幸信, アイソトープ治療のためのアルファ放射体の製造、*放射化学*, 査読

有、32 巻、2015、11-33、http://www.radiochem.org/pdf/rad_nw32.pdf

Ogawa K, Mizuno Y, Washiyama K, Shiba K, Takahashi N, Kozaka T, Watanabe S, Shinohara A, Odani A., Preparation and evaluation of an astatine-211-labeled sigma receptor ligand for alpha radionuclide therapy, *Nuclear Medicine and Biology*, 査読有、42 巻、11 号、2015、875-879

<http://dx.doi.org/10.1016/j.nucmedbio.2015.07.001>

Lindgren S, Andrade LN, Back T, Machado CM, Horta BB, Buchpiguel C, Moro AM, Okamoto OK, Jacobsson L, Cederkrantz E, Washiyama K, Aneheim E, Palm S, Jensen H, Tuma MC, Chammas R, Hultborn R, Albertsson P. Binding Affinity, Specificity and Comparative Biodistribution of the Parental Murine Monoclonal antibody MX35 (anti-NaPi2b) and its Humanized Version Rebmab200, *PLoS One*, 査読有、8 巻、2 号、2015、e0126298、<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0126298>

鷺山 幸信, 標的アイソトープ治療に対する放射体からのアプローチ、*放射線*, 査読なし、41 巻 4 号、2016、211-220

Nakayama K, Kita J, Washiyama K. Development of a remotely operable digital rate meter for radiation monitoring, *Journal of Wellness and Health Care.*, 査読有、41 巻 2 号、2017、159-166、<http://dx.doi.org/10.24517/00050132>

Nishinaka I., Yokoyama A., Washiyama K., Makii H., Hashimoto K., Production of iodine radionuclides using 7Li ion beams, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 査読有、314 巻、3 号、2017、1947-1965、<http://dx.doi.org/10.1007/s10967-017-5525-2>

[学会発表](計 28 件)

西中一朗, 横山明彦, 鷺山幸信, 天野良平, 前田英太, 谷口拓海, 村上拳冬, 渡辺茂樹, 鈴木博元, 石岡典子, 橋本和幸, 牧井宏之, ^7Li イオンビームを用いたアスタチン、ヨウ素 RI の製造と利用、第 58 回放射化学討論会、2014 年 9 月 11 日-13 日、名古屋大学工学部 IB 電子情報館(愛知県名古屋市)

前田英太, 鷺山幸信, 山田記大, 谷口拓海, 村上拳冬, 天野良平, 西中一朗, 横山明彦, 有機溶媒を用いたラドン捕集及び壊変生成物の回収に関する基礎的検討、第 58 回放射化学討論会、2014 年 9 月 11 日-13 日、名古屋大学工学部 IB 電子情報

館(愛知県名古屋市)
谷口拓海、前田英太、村上拳冬、西中一朗、鷺山幸信、横山明彦、核医薬品利用に向けたアスタチン-211の溶媒抽出とその抽出プロセスにおける化学形の研究、第58回放射化学討論会、2014年9月11日-13日、名古屋大学工学部IB電子情報館(愛知県名古屋市)
水野覚瑛、小川数馬、鷺山幸信、高橋成人、笠松良崇、渡辺茂樹、柴和弘、小谷明、癌のRI内用療法を目的としたシグマ受容体標的放射性薬剤の開発、第14回放射性医薬品・画像診断薬研究会、2014年9月13日、京都市勧業館/みやこめっせ(京都府京都市)
鷺山幸信、前田英太、横山明彦、西中一朗、谷口拓海、山田記大、牧井宏之、豊嶋厚史、天野良平、線内用療法のための $^{211}\text{Rn}/^{211}\text{At}$ ジェネレータの作成、第54回日本核医学会学術総会、2014年11月6日-8日、大阪国際会議場(大阪府大阪市)
K. Washiyama, R. Amano, E. Maeda, N. Yamada, T. Taniguchi, A. Yokoyama, I. Nishinaka, A. Toyoshima, H. Makii, K. Hashimoto, Development of a $^{211}\text{Rn}/^{211}\text{At}$ generator using a wet chemistry approach for targeted alpha therapy applications、9th Symposium on Targeted Alpha Therapy(国際学会)、2015年5月20日-21日、Palac Prymasowski, Warsaw Poland
K. Washiyama, R. Amano, E. Maeda, A. Yokoyama, I. Nishinaka, N. Takahashi, A. Shinohara, S. Watanabe, N. S. Ishioka, Production of alpha-emitting radioisotopes using the cyclotron facilities at Osaka University and JAEA Takasaki, and the Tandem accelerator at Tokai, JAEA, Pacificchem 2015(招待講演)(国際学会)、2015年12月15日-20日、Hilton Hawaiian Village, Honolulu, Hawaii, USA.
鷺山幸信、アイソトープ治療に対する放射体からのアプローチ、第63回応用物理学会春季学術講演会(招待講演)、2016年3月20日、東京工業大学(東京都目黒区)
鷺山幸信、Present landscape for Targeted Alpha Therapy (TAT) in the world、第2回核医学治療国際シンポジウム(招待講演)、2015年12月19日、金沢ニューグランドホテル(石川県金沢市)
鷺山幸信、前田英太、西中一朗、横山明彦、橋本和幸、牧井宏之、 $^{209}\text{Bi}(7\text{Li}, 5n)^{211}\text{Rn}$ 反応をして生成する ^{211}At の製造条件の最適化、第59回放射化学討論会、2015年9月25日-27日、東北大学川内北キャンパス(宮城県仙台市)
西中一朗、鷺山幸信、横山明彦、前田英

太、橋本和幸、牧井宏之、核反応 $^{209}\text{Bi}(7\text{Li}, 5n)^{211}\text{Rn}$ での放射線療法用 ^{211}At の製造、第59回放射化学討論会、2015年9月25日-27日、東北大学川内北キャンパス(宮城県仙台市)
村上拳冬、大江崇太、谷口拓海、橋本和幸、牧井宏之、西中一朗、鷺山幸信、横山明彦、 $^{211}\text{Rn}/^{211}\text{At}$ ジェネレータの原型としてのシリンジ密封抽出系の構築、第59回放射化学討論会、2015年9月25日-27日、東北大学川内北キャンパス(宮城県仙台市)
T. Yamamura, M. Furuya, S. Ohta, K. Washiyama, Structure and stability of EDTMP and DOTMP complex with Th(IV) for nuclear medicine, Plutonium Futures - The Science 2016(国際学会)、2016年9月18日-22日、Baden-Baden, Germany
K. Washiyama, E. Maeda, I. Nishinaka, K. Hashimoto, H. Makii, A. Yokoyama, Measurement of the $^{209}\text{Bi}(7\text{Li}, 5n)^{211}\text{Rn}$, $^{209}\text{Bi}(7\text{Li}, 6n)^{210}\text{Rn}$ reaction cross sections towards the development of a $^{211}\text{Rn}/^{211}\text{At}$ generator、16th International Workshop on Targetry and Target Chemistry (WTTC16)(国際学会)、2016年8月29日-9月1日、Santa Fe, NM, USA
I. Nishinaka, K. Washiyama, E. Maeda, T. Taniguchi, A. Yokoyama, K. Hashimoto, Production and utilization of astatine and iodine radioisotopes using 7Li ion beams at the JAEA tandem accelerator、16th International Workshop on Targetry and Target Chemistry (WTTC16)(国際学会)、2016年8月29日-9月1日、Santa Fe, NM, USA
西中一朗、鷺山幸信、前田英太、谷口拓海、横山明彦、橋本和幸、原子力機構タンデム加速器での7Liイオンビームを用いたアスタチンとヨウ素放射性同位体の製造と利用、第60回放射化学討論会、2016年9月10日-12日、新潟大学五十嵐キャンパス(新潟県新潟市)
山田記大、新裕喜、大江崇太、村上拳冬、橋本和幸、西中一朗、鷺山幸信、横山明彦、 $^{211}\text{Rn}-^{211}\text{At}$ ジェネレーター開発を目的としたシリンジ密封抽出系のAt/Rn分離係数の研究、第60回放射化学討論会、2016年9月10日-12日、新潟大学五十嵐キャンパス(新潟県新潟市)
加藤俊貴、鷺山幸信、小林正和、石崎淳志、小川数馬、吉本光喜、川井恵一、Melanocortin receptor標的DOTA-ペプチドを利用したメラノーマ特異的放射性薬剤の開発、第56回日本核医学会学術総会、2016年11月3日-5日、名古屋国際会議場(愛知県名古屋市)
Shin Y, Ooe S, Murakami K, Taniguchi T, Maeda E, Yamada N, Washiyama K,

- Yokoyama A, Nishinaka I, Wet chemistry processes utilized in the development of a $^{211}\text{Rn}/^{211}\text{At}$ generator for targeted alpha therapy, 6th Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry (国際学会), 2017年9月17日-22日、ICCJeju, Jeju Island, (South Korea)
- Washiyama K, Kato K, Yamamura T, Yoshii Y, Yoshimoto M, Kobayashi M, Kawai K, Optimization of ^{225}Ac labeling to DOTA conjugated peptide for targeted alpha therapy, ACITINIDES 2017 (国際学会), 2017年7月9日-14日、Hagi Hall, Sendai, Japan
- 21 Yoshii Y, Hanadate S, Washiyama K, Yoshimoto M, Matsumoto H, Yamamura T, Watanabe M, Tsuji AB, Higashi T., Development of method to reduce radiation exposure to the large intestine during ^{223}Ra alpha therapy with barium sulfate, ACITINIDES 2017 (国際学会), 2017年7月9日-14日、Hagi Hall, Sendai, Japan
- 22 Kitabayashi K, Furuta M, Ohta S, Yamamura T, Washiyama K, Stability constants of EDTA, DOTA, EDTMP and DOTMP complex with Th(IV) for nuclear medicine, ACITINIDES 2017 (国際学会), 2017年7月9日-14日、Hagi Hall, Sendai, Japan
- 23 Hanadate S, Yoshii Y, Washiyama K, Yoshimoto M, Matsumoto H, Tsuji AB, Higashi T, Administration of barium sulfate reduces radiation exposure in the large intestine during alpha-therapy with radium-223-dichloride, SNMMI 2017 Annual Meeting (国際学会), 2017年6月10日-14日、Colorado Convention Center, Denver, Colorado, USA
- 24 Hanadate S, Washiyama K, Yoshimoto M, Matsumoto H, Tsuji AB, Higashi T, Yoshii Y, Reduction of radiation exposure to the large intestine during ^{223}Ra alpha therapy with oral administration of barium sulfate, 10th International Symposium on Targeted Alpha Therapy (国際学会), 2017年5月30日-6月1日、Ishikawa Ongakudo : Hougaku Hall, Kanazawa, Japan
- 25 Shin Y, Ooe S, Murakami K, Taniguchi T, Maeda E, Yamada N, Washiyama K, Yokoyama A., Wet chemistry of radon and astatine for the development of a $^{211}\text{Rn}/^{211}\text{At}$ generator, 10th International Symposium on Targeted Alpha Therapy (国際学会), 2017年5月30日-6月1日、Ishikawa Ongakudo : Hougaku Hall, Kanazawa, Japan
- 26 鷺山 幸信, 新 裕喜, 横山 明彦, 豊嶋 厚史, 神田 晃充, 篠原 厚, 吉村 崇, 飽和炭化水素溶媒に対するアスタチンの抽出挙動, 第61回放射化学討論会, 2017年9月6日-8日、筑波大学筑波キャンパス (茨城県つくば市)
- 27 新 裕喜, 川崎 康平, 山田 記大, 横山 明彦, 鷺山 幸信, 西中 一朗, $^{211}\text{Rn} - ^{211}\text{At}$ ジェネレーター開発のためのアスタチン溶媒抽出の研究, 第61回放射化学討論会, 2017年9月6日-8日、筑波大学筑波キャンパス (茨城県つくば市)
- 28 加藤 俊貴, 鷺山 幸信, 山村 朝雄, 吉井 幸恵, 吉本 光喜, 小林 正和, 川井 恵一, ^{225}Ac の DOTA 標識に関する諸条件の検討, 第57回日本核医学会学術総会, 2017年10月5日-7日、パシフィコ横浜 (神奈川県横浜市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鷺山 幸信 (WASHIYAMA, Kohshin)
 福島県立医科大学・公立大学の部局等・准教授
 研究者番号 : 80313675

(2) 研究分担者

横山 明彦 (YOKOYAMA, Akihiko)
 金沢大学・物質化学系・教授
 研究者番号 : 80230655

西中 一朗 (NISHINAKA, Ichiro)
 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・高崎量子応用研究所東海量子ビーム応用研究センター・主幹研究員 (定常)
 研究者番号 : 70354884

(3) 連携研究者

なし