

令和 4 年 6 月 22 日現在

機関番号：82502

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K11939

研究課題名（和文）医療用 放射性同位体<sup>211</sup>Rn/<sup>211</sup>Atジェネレータ二重気密構造システム開発研究課題名（英文）Developments of doubly airtight <sup>211</sup>Rn/<sup>211</sup>At generators for medical use

研究代表者

西中 一郎（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・上席研究員

研究者番号：70354884

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：医療用 放射性元素At（アスタチン）-211の新しい供給法となるRn（ラドン）-211/At-211ジェネレータを一般のラジオアイソトープ（RI）使用施設内のフード内で使用可能にするための研究開発を行った。ポンプを使わないHe気流制御機能をもつ高気密ステンレス製の小型ジェネレータ装置を作製し、フード内での取扱いの安全性を確認した。  
溶存化学種、熱分離特性などのアスタチン化学特性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

新しいがん治療法として注目をされている医療用 放射性元素アスタチンを広範囲の研究機関、医療機関のRI使用施設で利用可能にした。  
アスタチンの熱分離特性、溶存化学種など、特異な化学特性を明らかにすることで、薬剤開発に必要な不可欠な新たな基礎化学的知見を明らかにした。  
当初の計画になかったが、共同研究によって、放射性核種分析法と分析装置についての研究成果が得られ、特許出願に至った。

研究成果の概要（英文）：A Rn-211/At-211 generator as a new supplying method of a medical radioisotope At-211 has been developed to be available to use in general laboratories. A compact Rn-211/At-211 generator apparatus, equipped with a helium flow control function without motor-driven pumps, was developed. The safety for its handling operation in exhaust hoods at laboratories was confirmed.  
Chemical characteristics of astatine concerning the specification of dissolved species and the thermal separation was experimentally verified.

研究分野：核・放射化学

キーワード：放射性同位体 核医学利用 アスタチン ラドン ジェネレータ トレーサー

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、新しい癌治療法として、放射性元素(ラジオアイソトープ、RI)を体内に投与し、癌細胞に線を直接照射する放射線治療(標的アイソトープ治療)に期待が寄せられている。2016年3月から国内で、放射性核種ラジウム<sup>226</sup>Raの薬剤による転移性の前立腺癌に対する標的アイソトープ治療が開始された。また、同年、ドイツから他の線放射性核種であるアクチニウム<sup>225</sup>Acで標識した薬剤で、全身に転移した進行性前立腺癌が完治したという画期的な臨床報告があった。通常の線標的アイソトープ治療で必要とされる放射能量(GBq)を遥かに下回る量(MBq)での優れた治療効果を示し、核医学関係者に衝撃を与えた。今後、国内での線標的アイソトープ治療が急速に発展することが想定される。ところが、高い治療効果が期待される放射性核種を入手できる施設は限られる。どのような供給体制を整えるかが課題である。

(2) 国内での利用の観点から最も注目されている放射性核種は、加速器で製造可能な<sup>211</sup>Atである。この<sup>211</sup>Atは7.2時間の半減期をもつ放射性核種で、一般に核反応<sup>209</sup>Bi(<sup>4</sup>He,2n)<sup>211</sup>Atで製造される。近年、大阪大学、理研、量研放医研、量研高崎研、福島県立医大などで、その製造や薬剤合成の基礎研究が盛んに行われている。しかしながら、これらの<sup>211</sup>Atの研究開発、医学利用は、加速器施設に隣接した研究施設、病院での利用に限られている。

(3) 先行研究で<sup>211</sup>Rn/<sup>211</sup>Atジェネレータの基盤技術を確立した。<sup>211</sup>Rn/<sup>211</sup>Atジェネレータは、核反応<sup>209</sup>Bi(<sup>7</sup>Li,5n)<sup>211</sup>Rnで生成した<sup>211</sup>Rnが14.6時間の半減で電子捕獲(EC)壊変して、娘核種<sup>211</sup>Atになることを利用した放射壊変体系である。これによって、製造から約15時間後に<sup>211</sup>Atが高い放射能で得られ、親核種<sup>211</sup>Rnの長い半減期で管理することが可能になる。<sup>211</sup>Atが一般に製造される核反応<sup>209</sup>Bi(<sup>4</sup>He,2n)<sup>211</sup>Atで直接生成した場合に比べて、加速器施設から遠隔地への輸送が可能になる。しかし、先行研究で開発した基盤技術は基礎的なものであり、<sup>211</sup>Rn分離装置は、ガス流を制御するためのポンプ系など、ガス配管類が複雑な構造を持つ比較的大型の装置であったため、一般的なRI施設での使用は困難であった。

### 2. 研究の目的

(1) 線標的アイソトープ治療に用いられる<sup>211</sup>Atを<sup>211</sup>Rn/<sup>211</sup>Atジェネレータとして供給することで、加速器施設に隣接しない研究施設や病院で利用可能にするための小型ジェネレータ装置を開発する。この小型ジェネレータ装置は、一般的なRI使用施設のフード内に設置可能な小型グローブボックス内ですべての操作が可能な構造とする。これによって、小型ジェネレータ装置と小型グローブボックスとの二重気密構造システムを構築する。この<sup>211</sup>Rn/<sup>211</sup>Atジェネレータ二重気密構造システムにより、一般的なRI使用施設のフード内での、<sup>211</sup>Atトレーサーの精製、利用を可能にすることを目指す。**小型ジェネレータ装置開発**として実施した。

(2) 小型ジェネレータ装置での<sup>211</sup>Atトレーサー調製の観点、加えて、薬剤合成、治療研究の観点からも、Atトレーサー調製を最適化すること、ならびにアスタチンの特異な化学特性を明らかにすることが求められる。未だアスタチン基礎化学の理解は十分でない。先行研究において、薄層クロマトグラフ(TLC)分析により、アスタチンは同族ハロゲン元素のヨウ素と比べて、より高い酸化状態の化学形を形成していることを明らかにした。引き続き、アスタチンの化学分析法を開発するとともに、アスタチンの化学特性を実験的に明らかにする。**Atトレーサー調製と化学特性研究**として実施した。

### 3. 研究の方法

#### (1) 小型ジェネレータ装置開発

先行研究で得た知見に基づき、新規に小型ジェネレータ装置を製作した。原子力機構タンデム加速器施設にて、核反応<sup>209</sup>Bi(<sup>7</sup>Li,5n)<sup>211</sup>Rnで製造した<sup>211</sup>Rnを用いて装置の性能試験を実施した。具体的には、残留ガス分析装置による装置の気密試験、線モニターを用いて小型ジェネレータ装置内での<sup>211</sup>Rnの挙動をオンライン観測しながら、<sup>211</sup>Rn分離精製、精製した<sup>211</sup>Rnが電子捕獲(EC)壊変により生成する<sup>211</sup>Atの溶液化などについて試験した。これら試験結果を評価し、装置の改良を行い、分離の高効率化を図った。この性能試験、評価、改良のプロセスを繰返すことで、装置の高度化を進めるとともに、取扱い安全性を確認した。

#### (2) Atトレーサー調製と化学特性研究

アスタチンの化学特性研究に用いるAtトレーサーは、原子力機構タンデム加速器にて、核反応<sup>209</sup>Bi(<sup>7</sup>Li,5n)<sup>211</sup>Rn、<sup>nat</sup>Pb(<sup>7</sup>Li,xn)<sup>209-211</sup>Atで製造し、対照実験用のヨウ素(I)トレーサーを<sup>nat</sup>Sn(<sup>7</sup>Li,xn)<sup>122-124</sup>Iで製造した。加えて、量研高崎研TIARA施設のAVF-930サイクロトロン、福島県立医大先端臨床研究センターのCYPRIS MP-30サイクロトロンでは、一般に<sup>211</sup>Atが製造される核反応<sup>209</sup>Bi(<sup>4</sup>He,2n)<sup>211</sup>AtでAtトレーサーを製造した。これらトレーサーを用いて、TLC分析によるアスタチン溶存化学種の同定と揮発性化学種の生成機構、簡易乾式蒸留分離法の最適化、熱分離特性の精密測定、HPLC分析法の開発、について調べた。また、これらのトレーサーを共同研究者に提供して、核反応<sup>209</sup>Bi+<sup>7</sup>Liの励起関数測定、ならびに放射性核種分析法と分析装置などの各種実験研究を実施した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 小型ジェネレータ装置開発

先行研究で得たジェネレータシステムの知見に基づいて、新規小型ジェネレータ装置を開発した。ターゲット融解部の小型化により、容量を60%に減容し、ポンプを使用しないヘリウム気流制御機能をもつ構造とすることで、一般的なRI使用施設のフード内に設置可能な小型グローブボックス内ですべての操作が可能な構造を実現した。ビスマス標的融解のための電気炉以外は電力を必要とせず、簡便な操作により短時間で分離精製することを可能にした。加えて、取扱い安全性を確認した。回収効率については課題を残すが、一般的なRI使用施設で利用可能となる小型ジェネレータ装置の基盤技術を確立した。本研究成果の詳細については発表論文として報告する準備を進めている。

##### (2) At トレーサー調製と化学特性研究

TLC分析によるアスタチン溶存化学種の同定と揮発性化学種の生成機構

先行研究で確立したTLC分析を用いて、At溶存化学種( $\text{At}^-$ 、 $\text{AtO}_3^-$ 、 $\text{AtO}_4^-$ )の組成の酸化還元剤濃度依存性を調べることで、At溶存化学種の同定を確証するとともに、揮発性アスタチン化学種 $\text{At}^0(0)$ の生成機構を明らかにした。

簡易乾式蒸留分離法の最適化

核反応 ${}^{\text{nat}}\text{Pb}(^7\text{Li}, \text{xn})^{209-211}\text{At}$ での先行研究で確立した融解金属鉛から揮発性アスタチンを熱分離する簡易乾式蒸留分離法を、核反応 ${}^{209}\text{Bi}(^4\text{He}, 2\text{n})^{211}\text{At}$ での製造に適用し、融解金属ビスマスからアスタチンを熱分離する最適分離条件を求めるとともに、アスタチンの熱分離特性である吸着温度を決定した。また、TLC分析でAt溶存化学種( $\text{At}^-$ 、 $\text{AtO}_3^-$ 、 $\text{AtO}_4^-$ )の存在を検証した。加えて $\text{At}^-$ と $\text{AtO}_3^-$ 、これら2つの溶存化学種をHPLC分析によって同定することに成功した。さらに、核反応 ${}^{\text{nat}}\text{Pb}(^7\text{Li}, \text{xn})^{209-211}\text{At}$ での熱分離について最適分離条件、熱分離特性を決定し、熱分離するAtの原子数により揮発性化学種が変化することを示唆する興味深い知見を得た。

熱分離特性の精密測定

熱分離特性の精密測定系を構築し、核反応 ${}^{209}\text{Bi}(^4\text{He}, 2\text{n})^{211}\text{At}$ で製造した照射試料を内径4mmのガラス管内で熱分離し、アスタチン放射能とガラス管温度の同時測定によって、吸着温度 $42.2 \pm 2.5$ を精密に決定した。加えて、分離時間、吸着温度範囲などの測定結果から、融解ビスマス中でのアスタチンの熱拡散に時間がかかること、揮発性の単一化学種で吸着していることなど、アスタチン熱分離特性についての新たな知見を得た。吸着温度について過去の実験研究の文献値との比較から、観測した揮発性化学種をアスタチン分子 $\text{At}_2$ と推定した。

HPLC分析法の開発

本助成で購入したPERALSスペクトロメータを用いて、液体シンチレーションカクテルの検出特性を調べ、開発中の連続フロー型シンチレーション検出器の性能を評価した。シンチレーションカクテルを注入するための送液ポンプをシリンジポンプからプランジャーポンプに更新することで、より安定な流速を実現し、高精度なスペクトル測定を可能にした。アスタチン溶存化学種( $\text{At}^-$ 、 $\text{AtO}_3^-$ 、 $\text{AtO}_4^-$ )の分析が可能なHPLC法を開発した。本研究成果の詳細については発表論文として報告する準備を進めている。

核反応 ${}^{209}\text{Bi}+^7\text{Li}$ の励起関数測定

核反応 ${}^{209}\text{Bi}+^7\text{Li}$ で生成するラドン、アスタチンなどの放射性核種の生成確率(反応断面積)を測定した。ジェネレータでの対象核種を生成する核反応 ${}^{209}\text{Bi}(^7\text{Li}, 5\text{n})^{211}\text{Rn}$ と医学利用での妨害となる副生成物 ${}^{210}\text{At}$ を生成する核反応 ${}^{209}\text{Bi}(^7\text{Li}, 6\text{n})^{210}\text{Rn}$   ${}^{210}\text{At}$ について、反応断面積のエネルギー変化(励起関数)を精密に決定し、妨害核種 ${}^{210}\text{At}$ の生成を抑えて、核医学利用核種 ${}^{211}\text{Rn}$ を効率的に合成する最適な照射条件を求めた。

放射性核種分析法と分析装置

アスタチン溶存化学種をTLC分析する技術と線でプラスチックシンチレータを発光させて高感度カメラで映像化する技術とを融合した新しいカメラシステムを開発した。短半減期の放射性核種の化学種同定と放射能定量を迅速に同時計測できる分析法を確立した。本研究成果を特許出願した。

#### <引用文献>

- C. Kratochwil, et al. (2016) PSMA-Targeted radionuclide therapy of metastatic castration-resistant prostate cancer with  ${}^{177}\text{Lu}$ -labeled PSMA-617. J. Nucl. Med. 57:1941-1944
- D. S. Wilbur (2013) Enigmatic astatine. Nat. Chem. 5:246
- I. Nishinaka et al. (2018) Thin layer chromatography for astatine and iodine in solutions prepared by dry distillation. J. Radioanal. Nucl. Chem. 318:897-905
- I. Nishinaka et al. (2015) Production and separation of astatine and iodine isotopes in the  ${}^7\text{Li}+{}^{\text{nat}}\text{Pb}$  reaction. J. Radioanal. Nucl. Chem. 304: 1077-1083
- I. Nishinaka et al. (2017) Production of iodine radionuclides using  ${}^7\text{Li}$  ion beams. J. Radioanal. Nucl. Chem. 314: 1947-1965

- I. Nishinaka et al. (2019) Speciation of astatine reacted with oxidizing and reducing reagents by thin layer chromatography: formation of volatile astatine. J. Radioanal. Nucl. Chem. 322: 2003-2009
- I. Nishinaka et al. (2020) Preparation of no-carrier-added  $^{211}\text{At}$  solutions by a simple dry distillation method in the  $^{209}\text{Bi}(^4\text{He},2n)^{211}\text{At}$  reaction. J. Radioanal. Nucl. Chem. 326: 743-751
- I. Nishinaka, K. Hashimoto (2021) Separation of astatine from irradiated lead targets based on dry distillation in a glass tube. J. Radioanal. Nucl. Chem. 327: 869-875
- I. Nishinaka et al. (2021) Adsorption temperature of volatile astatine species formed via dry distillation in a glass tube. J. Radioanal. Nucl. Chem. 329: 1459-1465
- J. Merinis et al. (1972) Etude de la formation en phase gazeuse de composés interhalogènes d'astate par thermochromatographie. Radiochem Radioanal. Lett. 11: 59-64 (in French)
- A. Serov et al. (2011) Adsorption interaction of astatine species with quartz and gold surfaces. Radiochim. Acta 99: 593-600
- E. Maeda, A. Yokoyama, T. Taniguchi, K. Washiyama, I. Nishinaka (2020) Measurements of the excitation functions of radon and astatine isotopes from  $^7\text{Li}$ -induced reactions with  $^{209}\text{Bi}$  for development of a  $^{211}\text{Rn}$ - $^{211}\text{At}$  generator. J. Radioanal. Nucl. Chem. 323: 921-926
- M. Segawa, I. Nishinaka et al. (2020) Analytical method for the determination of  $^{211}\text{At}$  using an  $\alpha$ -scintillation camera system and thin-layer chromatography. J. Radioanal. Nucl. Chem. 326: 773-778

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Nishinaka Ichiro, Washiyama Kohshin, Hashimoto Kazuyuki	4. 巻 329
2. 論文標題 Adsorption temperature of volatile astatine species formed via dry distillation in a glass tube	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry	6. 最初と最後の頁 1459 ~ 1465
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10967-021-07879-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nishinaka Ichiro, Hashimoto Kazuyuki	4. 巻 327
2. 論文標題 Separation of astatine from irradiated lead targets based on dry distillation in a glass test tube	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry	6. 最初と最後の頁 869 ~ 875
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10967-020-07546-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Segawa Mariko, Nishinaka Ichiro, Toh Yosuke, Maeda Makoto	4. 巻 326
2. 論文標題 Analytical method for the determination of <sup>211</sup> At using an -scintillation camera system and thin-layer chromatography	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry	6. 最初と最後の頁 773 ~ 778
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10967-020-07353-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nishinaka Ichiro, Ishioka Noriko S., Watanabe Shigeki, Sasaki Ichiro, Azim Mohammad A.	4. 巻 326
2. 論文標題 Preparation of no-carrier-added <sup>211</sup> At solutions by a simple dry distillation method in the <sup>209</sup> Bi( <sup>4</sup> He, <sup>2</sup> n) <sup>211</sup> At reaction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry	6. 最初と最後の頁 743 ~ 751
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10967-020-07308-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 I. Nishinaka, K. Hashimoto, H. Suzuki	4. 巻 322
2. 論文標題 Speciation of astatine reacted with oxidizing and reducing reagents by thin layer chromatography: formation of volatile astatine	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Radioanal. Nucl. Chem.	6. 最初と最後の頁 2003-2009
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10967-019-06900-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Eita Maeda, Akihiko Yokoyama, Takumi Taniguchi, Kohshin Washiyama, Ichiro Nishinaka	4. 巻 323
2. 論文標題 Measurements of excitation functions of radon and astatine isotopes from $^7\text{Li}$ -induced reactions with $^{209}\text{Bi}$ for development of a $^{211}\text{Rn}$ - $^{211}\text{At}$ generator	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Radioanal. Nucl. Chem.	6. 最初と最後の頁 921-926
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10967-019-06990-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 I. Nishinaka, K. Hashimoto, H. Suzuki	4. 巻 318
2. 論文標題 Thin layer chromatography for astatine and iodine in solutions prepared by dry distillation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Radioanal. Nucl. Chem.	6. 最初と最後の頁 897-905
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10967-018-6088-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y. Shin, K. Kawasaki, N. Yamada, K. Washiyama, A. Yokoyama, I. Nishinaka, S. Yano, H. Haba	4. 巻 51
2. 論文標題 Wet chemistry processes utilized development of $^{211}\text{Rn}/^{211}\text{At}$ generator for targeted alpha therapy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 RIKEN Accelerator Progress Report	6. 最初と最後の頁 228-228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計20件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 瀬川麻里子、前田亮、藤暢輔、西中一郎、渡辺茂樹、佐々木一郎、石岡典子
2. 発表標題 高放射能At-211の生成量・化学形の短時間同時分析技術開発
3. 学会等名 日本原子力学会 2022年春の年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西中一郎
2. 発表標題 アスタチンの基礎化学・放射化学特性研究
3. 学会等名 第3回放射線災害・医科学研究拠点ワークショップ（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西中一郎
2. 発表標題 タンデム加速器施設での核医学利用 放射性核種At-211生成 Production of an $\alpha$ -emitting radionuclide At-211 for medical use at JAEA tandem accelerator
3. 学会等名 2021年度核データ研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西中一郎、鷺山幸信、橋本和幸
2. 発表標題 揮発性アスタチン化学種のガラス面での吸着温度
3. 学会等名 第61回日本核医学会学術総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 瀬川麻里子、西中一朗、前田亮、渡辺茂樹、佐々木一郎、石岡典子、藤暢輔
2. 発表標題 At-211の生成量・化学形の短時間同時分析技術開発
3. 学会等名 第2回標的アイソトープ治療線量評価研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西中一朗、鷺山幸信、橋本和幸
2. 発表標題 乾式蒸留分離におけるアスタチンの熱分離特性
3. 学会等名 日本放射化学会第65回討論会(2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西中一朗、鷺山幸信、橋本和幸
2. 発表標題 医療用 放射性At-211利用のための基礎研究 - 乾式蒸留法における熱分離特性 -
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 永井雄太、青井景都、丸山峻平、西中一朗、鷺山幸信、羽場宏光、横山明彦
2. 発表標題 核医学用アスタチン抽出に利用できるイオン液体の研究
3. 学会等名 日本放射化学会第65回討論会(2021)
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 西中一朗、橋本和幸、石岡典子、渡辺茂樹、佐々木一郎、Mohammad Anwar-UI Azim
2. 発表標題 乾式蒸留分離精製で分かったアスタチン化学
3. 学会等名 日本放射化学会第64回討論会 (2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 瀬川麻里子、前田亮、藤暢輔、西中一朗、渡辺茂樹、石岡典子
2. 発表標題 211At療法実用化に向けた高線量211Atの生成量・化学形短時間同時分析技術
3. 学会等名 日本放射化学会第64回討論会 (2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青井景都、新裕喜、川崎康平、丸山俊平、鷲山幸信、西中一朗、羽場宏光、森大輝、Yan Wnag、横山明彦
2. 発表標題 211Rn/211Atジェネレータシステムに必要な207Po除去の条件の最適化
3. 学会等名 日本放射化学会第64回討論会 (2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 丸山峻平、川崎康平、青井景都、東美里、西中一朗、鷲山幸信、羽場宏光、横山明彦
2. 発表標題 薄層クロマトグラフィーを利用したアスタチン化学種同定による溶媒抽出の最適化
3. 学会等名 日本放射化学会第64回討論会 (2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西中一朗、橋本和幸、鈴木博元、渡辺茂樹、Azim Mohammad Anwar-Ul、石岡典子
2. 発表標題 医療用 放射性At-211利用のための基礎研究 - 溶存At化学種の同定 -
3. 学会等名 第56回アイソトープ・放射線研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西中一朗、橋本和幸、鈴木博元
2. 発表標題 溶存アスタチン化学種と揮発性化学種－酸化・還元剤濃度依存性－
3. 学会等名 日本放射化学会第63回放射化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西中一朗、橋本和幸、鈴木博元
2. 発表標題 溶存アスタチン化学種 - 酸化・還元剤濃度依存性 -
3. 学会等名 第59回日本核医学会学術総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西中一朗、橋本和幸、鈴木博元
2. 発表標題 溶存・揮発性アスタチン化学種の同定
3. 学会等名 第3回日本核医学会分科会 放射薬品科学研究会 / 第19回放射性医薬品・画像診断薬研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西中一朗
2. 発表標題 211Rn/211Atジェネレーター開発と応用 アスタチンの化学ー
3. 学会等名 東海・重イオン科学シンポジウムータンデム加速器成果報告会ー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西中一朗、石岡典子、渡辺茂樹
2. 発表標題 乾式蒸留に基づく簡易At-211トレーサー溶液調製
3. 学会等名 第55回アイソトープ・放射線研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西中一朗、橋本和幸、鈴木博元
2. 発表標題 乾式蒸留法で調整した溶液中でのアスタチンの化学形
3. 学会等名 日本放射化学会年会・第62回放射化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西中一朗、橋本和幸、鈴木博元、渡辺茂樹、Azim Mohammas Anwar-UI、石岡典子
2. 発表標題 Astatine chemical species in solutions prepared by a method basedon dry distillation
3. 学会等名 第58回日本核医学会学術総会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 線放出核種の分析方法及び分析装置	発明者 瀬川麻里子、藤暢 輔、前田亮、西中一 朗	権利者 原子力機構、量 研
産業財産権の種類、番号 特許、2019-136227	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

researchmap 西中 一郎 ニシナカ イチロウ (Ichiro Nishinaka) <a href="https://researchmap.jp/ichiro_nishinaka">https://researchmap.jp/ichiro_nishinaka</a> プロジェクト「加速器中性子利用RI生成研究」 <a href="https://www.qst.go.jp/site/acc-neutron/">https://www.qst.go.jp/site/acc-neutron/</a> プロジェクト「RI医療応用研究」 <a href="https://www.qst.go.jp/site/medical-ri-application/">https://www.qst.go.jp/site/medical-ri-application/</a>
---

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
研究協力者	横山 明彦  (Yokoyama Akihoko)		

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
---------	---------