

世界初！核医学治療中に放出される α 線放出核種の検出に成功

～ 新しい放射線検出器開発により α 線放出核種の検出を実現 ～

名古屋大学大学院医学系研究科の山本 誠一 教授と加藤 克彦 教授は、本学医学部附属病院の阿部 真治 技師長、亀山 裕司 副技師長、山下 雅人 主任技師、西本 卓矢 技師、藤田 尚利 技師と共同で新しい放射線検出器を開発し、がん治療のための核医学治療で空気中に放出される α 線放出核種^{注1)}の検出に成功しました。

最近、 α 線放出核種をがん患者に投与し、治療を行う核医学治療が行われるようになりました。核医学治療に用いる放射性核種には、その壊変^{注2)}過程で気体の α 線放出核種であるラドンになるものがあり、空気中に拡散することが危惧されていました。しかし空気中のラドン計測は困難なことから、これまで検出されていませんでした。この問題を解決するために、山本教授らは新しい放射線検出器を開発し、拡散の考えられる部屋におけるラドン濃度とラドン娘核種の α 線計数の連続測定を行いました。

その結果、自然界に存在するラドン濃度の変化とは別に、一時的なラドン娘核種の α 線計数変化が検出されました。この変動は核医学治療の行われた日時と合致し、検出された α 線は核医学治療に使われるラジウム-223 娘核種由来であることから、核医学治療に伴い放出された α 線放出核種が検出されたものであることが分かりました。

今回の成果は、新しい放射線検出器の開発により、核医学治療に伴い空気中に放出された α 線放出核種を世界で初めて検出した画期的なものです。検出した一時的な計数は、自然界のラドン娘核種の計数に比べると多くないことから、現状では大きな問題にはならないレベルであることも明らかになりました。

この研究成果は2019年米国核医学会で発表されるとともにNature Publishing GroupのScientific Reports誌に掲載されました。

【ポイント】

- ・ α 線放出核種をがん患者に投与し、治療を行う核医学治療に用いる放射性核種には、壊変過程で検出が困難な気体の α 線放出核種であるラドンになるものがあり、空気中に拡散することが心配されていた。
- ・新しく開発したラドン濃度検出器とラドン娘核種検出器を開発し、この2つを連続で測定することにより、核医学治療用放射性核種から放出される α 線放射性核種の検出を試みた。
- ・その結果、自然界に存在するラドン濃度の変化とは別に、核医学治療の行われた日時と合致する一時的なラドン娘核種の α 線計数変化が検出された。検出された α 線は核医学治療に使われるラジウム-223 娘核種由来であることから、核医学治療に伴い放出された α 線放出核種が検出されたものであることが分かった。
- ・核医学治療に伴い放出された α 線放出核種の計数は、自然界のラドン娘核種の計数に比べると多くないことから、現状では大きな問題にはならないレベルであることも明らかになった。

【背景】

最近 α 線放出核種をがん患者に投与し治療を行う、核医学治療（内用療法ともいう）が行われるようになりました。 α 線は飛程が短く、腫瘍に核種が集まれば腫瘍を効果的に治療できることから、 α 線放出核種であるラジウム-223（Ra-223）を使った核医学治療が名古屋大学病院でも行われています。

ラジウム-223 は壊変を繰り返し安定な Pb-207 になりますが、その間に気体の放射性核種である Rn-219 を経由します(図 1 (A))。患者の体内で発生した Rn-219 が体外に出た場合、その娘核種も体外に存在することになり、患者以外の放射線被曝に繋がる可能性も考えられます。

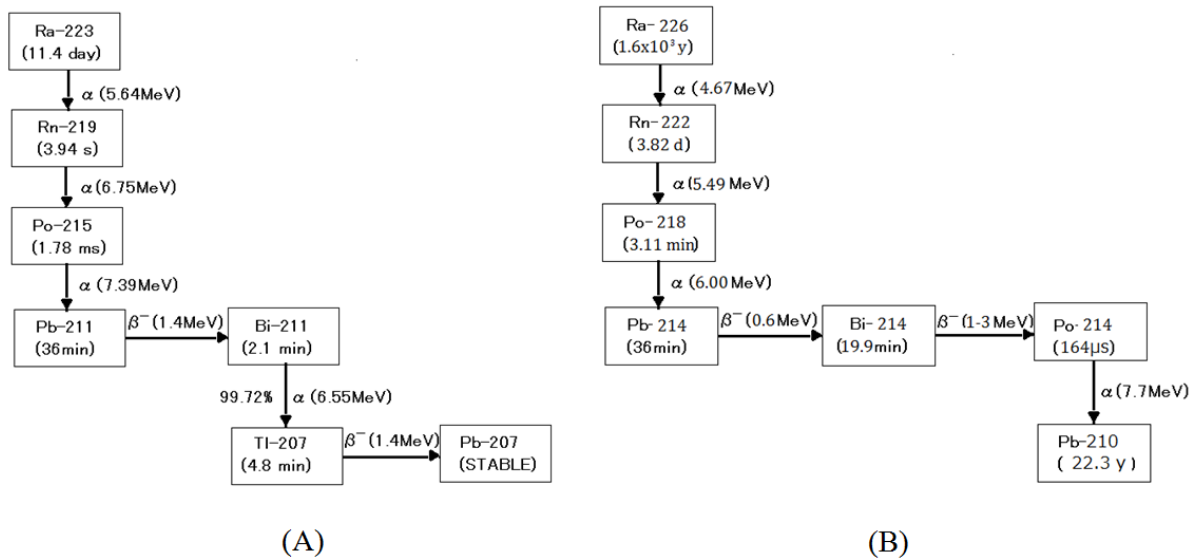


図1 Ra-223の壊変図 (A) と自然放射性物質である Ra-226 の壊変図 (B)

Rn-219 あるいはその娘核種から放出される α 線を検出できれば、患者から漏れ出した Rn-219 あるいはその娘核種を検出可能ですが、その濃度が低い場合は、自然放射性物質で α 線を放出する Ra-226 から壊変して生じる α 線放出核種である Rn-222 とその娘核種 (図 1(B)) との弁別が必要となり、その検出はさらに困難になります。そのため、環境中の Rn-219 あるいはその娘核種の検出はこれまで報告されておらず、患者以外の人に影響があるレベルなのかどうかも不明でした。

【研究の内容】

今回、山本教授らは、新しい放射線検出器を開発し、拡散の考えられる部屋におけるラドン濃度とラドン娘核種の α 線計数の連続測定を行いました。開発した放射線検出器は 2 種類で、1 つは空気中に自然界に存在する α 線放出核種である Rn-222 のみを計測する空気中ラドン濃度検出器(図 2 (A))で、もう一つは空気中ラドン娘核種計測装置 (図 2 (B)) で Rn-222 娘核種と Rn-219 娘核種の両方を計測します。

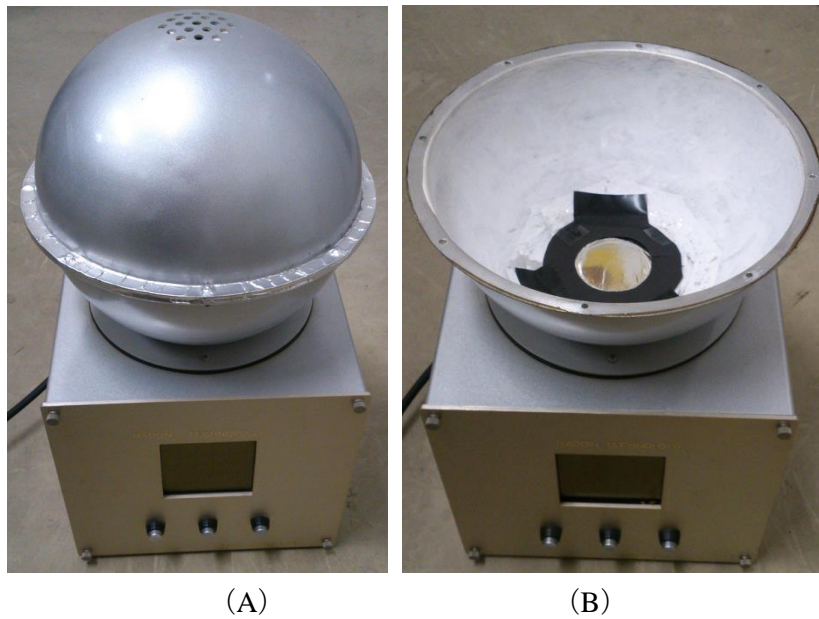


図2 空气中ラドン濃度検出器 (A) と空气中ラドン娘核種計測装置 (B)

開発した 2 種類の検出器を、Rn-219 の拡散の可能性のありそうな部屋に配置し、ラドン濃度とラドン娘核種の α 線計数の連続測定を行いました。その結果、ラドン濃度は典型的な日変動を示しましたが (図 3 (A))、ラドン娘核種の計数は日変動とは別に、一時的な計数の上昇が観察されました (図 3 (B) 矢印)。この上昇の期間は、Ra-223 核医学治療を行った期間と一致していました。

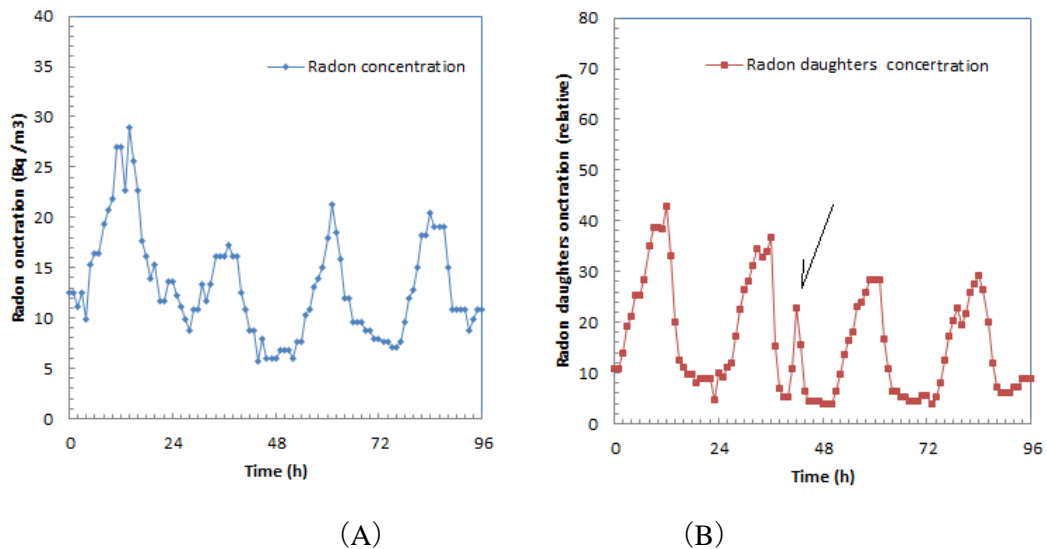


図3 空气中ラドン濃度検出器で測定したラドン濃度変化 (A) と空气中ラドン娘核種計測装置で測定した娘核種の計数 (B) : 矢印で示す一時的な変化が (B) では観察された

空气中ラドン娘核種計測装置で得られたエネルギースペクトル^{注3)}を比較すると、ラジウム-223 核医学治療を行っていないときは、図 4 (A) に示すように、自然放射能である Rn-222 娘核種 (Po-218 と Po-219) に対応する 2 つのピークのみが観察されていますが、ラジウム-223 核医学治療を行っている期間は、図 4 (B) に示すように、Rn-219 の娘核種 (Bi-211) の α 線のピークが検出されました。

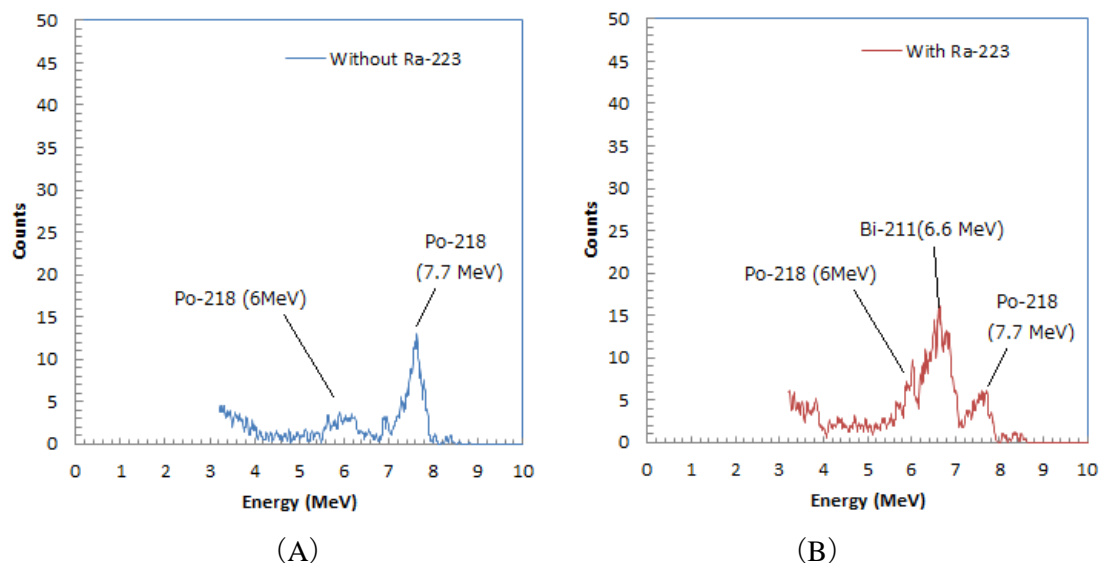


図 4 ラジウム-223 核医学治療を行っていないときのエネルギースペクトル (A)
ラジウム-223 核医学治療を行っている期間のエネルギースペクトル (B)

【成果の意義】

今回の研究で、新しい放射線検出器を 2 種類新しく開発し、それを用いることでラジウム-223 を投与した核医学治療中に、空气中に放出された α 線放出核種を世界で初めて検出することができました。また、検出した計数は、自然界のラドン娘核種の計数に比べると多くないことから、現状では大きな問題にはならないレベルであることも明らかになりました。

【用語説明】

注 1) α 線放出核種： α 線は陽子 2 個、中性子 2 個で構成される電荷を持った粒子（荷電粒子）。比較的原子番号の大きい放射性の元素から放出される。 α 線を放出する放射性の核種を α 線放出核種と言い、ラジウムやラドンなどがある。

注 2) 壊変：放射性の核種が放射線を放出して別の元素になることを壊変という。ラジウムなどの元素は、壊変を繰り返し、何種類ものエネルギーの α 線を放出しながら、種々の放射性元素を経由し最後は安定な核種になる。

注 3) エネルギースペクトル： α 線は一定のエネルギーで核種から放出される。そのエネルギーを計測することで放出した α 線放出核種の種類を知ることができる。この計測したデータを、横軸をエネルギー、縦軸を頻度として表示したものをエネルギースペクトルという。

【論文名】

雑誌名：Scientific Reports（英国科学専門誌）

論文名："Detection of alpha radionuclides in air from patients during Ra-223 alpha radionuclide therapy"

著者：Seiichi Yamamoto, Katsuhiko Kato, Naotoshi Fujita, Masato Yamashita, Takuya Nishimoto, Hiroshi Kameyama, Shinji Abe（山本誠一、加藤克彦、藤田尚利、山下雅人、西本卓矢、亀山裕司、阿部真治）

DOI：<https://doi.org/10.1038/s41598-018-29449-9>

【学会名】

学会名：Society of Nuclear Medicine 2019 Annual Meeting

論文名："Development of a radon and radon daughter monitoring systems for detection of Radium-223 daughter radionuclides in air"

著者：Seiichi Yamamoto, Katsuhiko Kato, Naotoshi Fujita, Masato Yamashita, Takuya Nishimoto, Hiroshi Kameyama, Shinji Abe（山本誠一、加藤克彦、藤田尚利、山下雅人、西本卓矢、亀山裕司、阿部真治）