

## **$\alpha$ 線核種アスタチンの体内分布が撮影できる高性能 X線カメラ開発に成功：核医学治療研究の発展に期待**

名古屋大学大学院医学系研究科総合保健学専攻の山本 誠一 教授、中西 恒平 大学院生、大阪大学大学院医学系研究科の渡部 直史 助教、大阪大学放射線科学基盤機構の研究グループ、東北大学金属材料研究所の吉川 彰 教授、鎌田 圭 准教授は、高性能シンチレータを用いたX線カメラを開発し、 $\alpha$ 線<sup>注1)</sup>核種アスタチン( $^{211}\text{At}$ )<sup>注2)</sup>を投与したマウスの高分解能画像計測に成功しました。

$\alpha$ 線を放出するアスタチンは、新しいがん治療薬（核医学治療薬）として注目されており、大阪大学にて医師主導治験の準備が進められています。治験を開始するには、マウスなどの小動物を用いた前臨床試験が必要ですが、アスタチンは $\alpha$ 線放出核種であるため、体外からの集積の画像化は困難でした。またアスタチンが壊変した後のポロニウム( $^{211}\text{Po}$ )からはX線<sup>注3)</sup>が放出されますが、このX線のエネルギーは低く、高分解能画像を得ることが困難でした。

この問題を解決するために、山本教授らは、高性能シンチレータ<sup>注4)</sup>を用いた新しいX線カメラを開発しました。東北大学が開発した高性能のYAP(Ce)シンチレータを用いることで、低エネルギーのX線を高い空間分解能で画像化できることを見出し、高分解能X線カメラの開発に成功しました。本X線カメラを用いてアスタチンを投与したマウスの体内分布を撮影したところ、短時間で効率的に高分解能画像を得ることができました。今後、アスタチンを用いた核医学治療の発展に寄与するものと期待されます。

本研究成果は米国医学物理学専門誌である Medical Physics 誌に掲載されました。

## 【ポイント】

- ・高性能シンチレータを用い、画期的な高分解能 X 線カメラを開発した。
- ・がん治療に用いる  $\alpha$  線核種アスタチンの体内分布の高分解能撮影に成功した。
- ・アスタチンを用いた核医学治療研究の発展に寄与するものと期待される。

## 【研究背景と内容】

がんの放射線治療は、患者への負担の少ない方法であることから様々ながん種に対して、広く行われています。一般的な放射線治療は、X 線や粒子線を用いて患者の体外から放射線を照射しますが、新しい放射線治療法として体の内部から放射線を照射する  $\alpha$  線核医学治療が注目されています。核医学治療は  $\alpha$  線を放出する核種（放射性医薬品）をがん患者に投与し、全身のがん病変に集積させることで治療する放射線療法です（図 1）。特に、 $\alpha$  線は短い飛程で高いエネルギーを放出するために、がんを集中的に治療できる利点があります。 $\alpha$  線を放出するアイソトープの中でもアスタチン ( $^{211}\text{At}$ ) は、核医学治療に有望な元素として臨床応用に向けた研究が進んでいます。

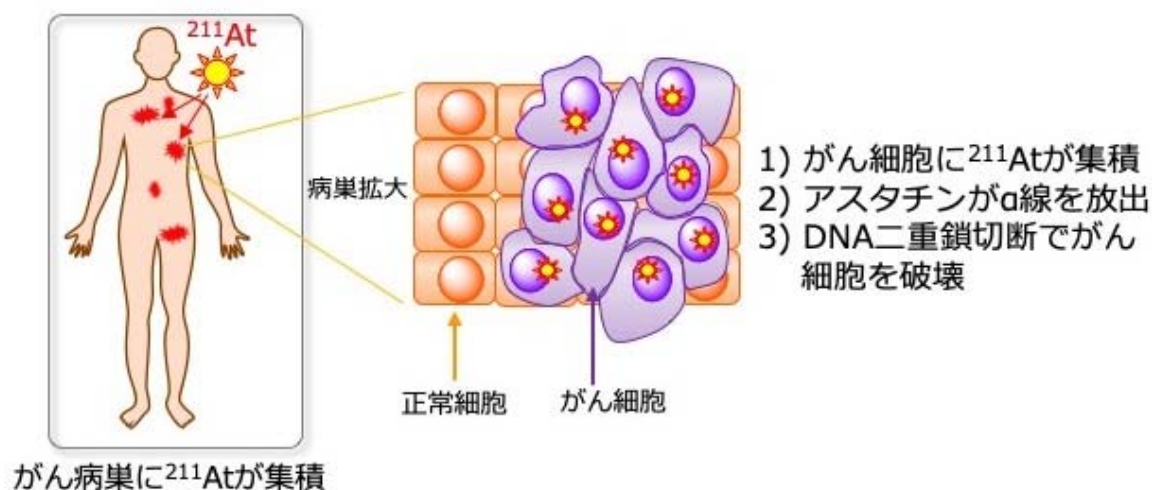


図 1.  $\alpha$  線核種アスタチン ( $^{211}\text{At}$ ) を用いた核医学治療の概略

核医学治療の臨床応用を進めるには、マウスなどの小動物を用いた前臨床研究が必要ですが、アスタチンの放出する  $\alpha$  線は飛程が非常に短いため、体の外へ出てこないことから生きたままで体内分布を知ることは困難でした。アスタチンが壊変してできる娘核種のポロニウム ( $^{211}\text{Po}$ ) からは X 線が  $\alpha$  線と同時に放出されますので、この X 線を画像化することが可能です。しかし、この X 線はエネルギーが低く、これまで高分解能画像を得ることができませんでした。

この問題を解決するために、山本教授らは、高性能シンチレータを用いた新しい X 線カメラを開発しました。カメラに用いたシンチレータはセリウムを添加した  $\text{YA10}_3$  ( $\text{YAP}(\text{Ce})$ ) で、東北大学が開発したこのシンチレータが低エネルギーの X 線を高い空間分解能で画像化できることを見出し、このシンチレータを利用することにより高分解能 X 線カメラを実現しました（図 2）。

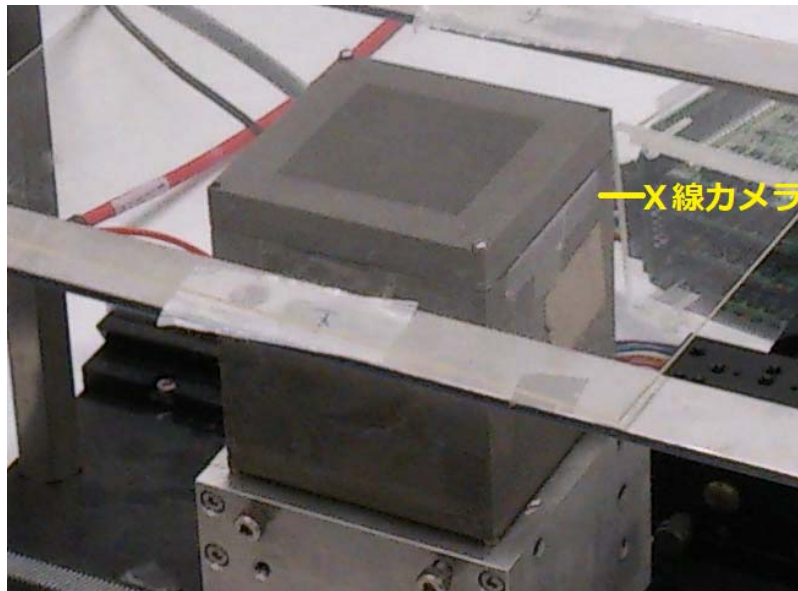


図2. 開発した高分解能 YAP (Ce) シンチレータを用いた高分解能 X 線カメラ

開発した X 線カメラの有効性を確認するために、アスタチンをマウスに静脈内投与し、体内分布の撮影を行いました。その結果、短時間で効率的に高分解能な分布画像を得ることができました（図3）。

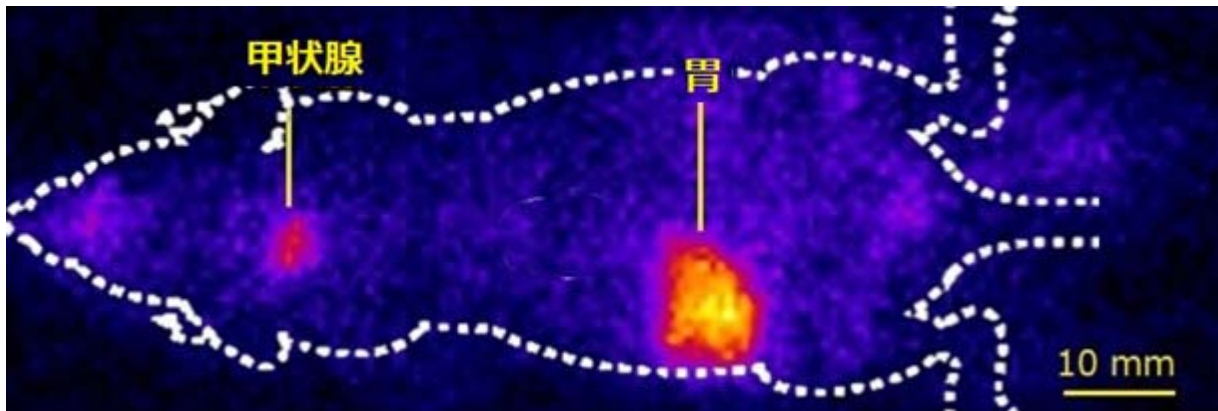


図3. 開発した X 線カメラで撮影したマウスの体内のアスタチン分布画像（オレンジの部分が多く集まった部位であり、アスタチンは甲状腺や胃に取り込まれやすいことがわかる。）

#### 【成果の意義】

$\alpha$  線を用いた核医学治療は新しいがん治療であり、アスタチンなどの  $\alpha$  線放出核種の前臨床研究や臨床試験を進めるためにはそれぞれのアイソトープに適した撮像装置が必要になります。今回、世界に先駆け、アスタチンの撮像に最適な X 線カメラを開発できました。開発した X 線カメラは、アスタチンを用いた核医学治療研究の発展に大きく寄与するものと期待されます。今後製品化を進め、研究分野への普及を目指します。

## 【用語説明】

- 注<sup>1)</sup>  $\alpha$ 線：ヘリウムの原子核から構成される粒子であり、アルファ崩壊によって、原子核から放出される。エネルギーは強いが、飛程が短く、紙1枚で遮蔽することができる。
- 注<sup>2)</sup> アスタチン (At-211)：ハロゲン族に属する元素で、がん治療に有用な $\alpha$ 線を放出する。アスタチンを、がんに集まるようにして患者に投与することで核医学治療を行うことができる。
- 注<sup>3)</sup> X線：レントゲン写真などに利用される電磁波で、比較的容易に体を透過するので体外からアイソトープの分布を知ることができる。
- 注<sup>4)</sup> シンチレータ：放射線があたると発光する材料で、いろいろな種類のものがある。多くのシンチレータはエネルギーの低いガンマ線やX線では発光量が減り、カメラに利用したときに高い空間分解能を得ることができない。YAP(Ce)は例外的に低いガンマ線やX線でも高い性能を示すことを研究グループは見出し、今回の開発を実現した。

## 【論文情報】

雑誌名：Medical Physics

論文タイトル：Development of high-resolution YAP (Ce) X-ray camera for the imaging of astatine-211 (At-211) in small animals

著者：Kouhei Nakanishi, Seiichi Yamamoto, Tadashi Watabe, Kazuko Kaneda-Nakashima, Yoshifumi Shirakami, Kazuhiro Ooe, Atsushi Toyoshima, Atsushi Shinohara, Takahiro Teramoto, Jun Hatazawa, Kei Kamada, and Akira Yoshikawa (中西 恒平、山本 誠一、渡部 直史、兼田 加珠子、白神 宜史、大江 一弘、豊嶋 厚史、篠原 厚、寺本 高啓、畑澤 順、鎌田 圭、吉川 彰)

DOI：[10.1002/mp.14455](https://doi.org/10.1002/mp.14455)