

アルファ線 (A)

ベータ線 (B)

ガンマ線 (C)

世界最高の空間分解能を有する放射線画像化装置の開発に成功！ ～世界初、物質中の放射線の動きをリアルタイムで観察可能に～

名古屋大学大学院医学系研究科の山本誠一教授は、東北大学金属材料研究所の吉川彰教授、東北大学未来科学技術共同研究センターの鎌田圭准教授と共同で、世界最高の空間分解能^{注1}を有する放射線画像化装置の開発に成功し、物質中の放射線の動きをリアルタイムで観察可能にしました。

開発した装置の超高分解能の性能は、細い光ファイバー状のシンチレータ^{注2}を用い、その発光を拡大し、高感度 CCD カメラで画像化することによって達成しました。得られた空間分解能は 25 ミクロンであり、これは、現在のリアルタイムで画像化可能な放射線画像化装置としては世界最高の性能です。

代表的な放射線にはアルファ線^{注3}、ベータ線^{注4}、ガンマ線^{注5}などがありますが、これらの放射線は物質中でのふるまいが異なります。アルファ線は動く距離が短く、ベータ線は比較的長く、ガンマ線は電子に変換された後に物質中を少し動きます。今回、開発した装置は、これらの放射線の種類によるシンチレータ中での動きの違いをリアルタイムで観察可能にしました。今後、メーカーと協力し、実用化を進めていく予定です。

本研究成果は、2018 年 2 月 16 日付（英国時間）Nature Publish Group の英国科学誌『Scientific Reports』オンライン版に掲載されました。

【ポイント】

山本教授らの研究グループは、これまでシンチレータと光検出器を用い、高分解能な放射線画像化装置の開発を進めてきました。しかし、シンチレータから出る光がシンチレータ内部で広がる上に、シンチレータからの発光を効率良く光検出器に導くことが困難なことから、得られる空間分解能に限界がありました。今回、東北大学の吉川彰教授と鎌田圭准教授らが開発した細い光ファイバー状のシンチレータを用いることにより、光の広がりを抑え、光の伝達効率も高めることが可能となり、25 ミクロンという世界最高の空間分解能を有する放射線画像化装置の開発に成功しました。開発した超高分解能な放射線画像化装置を用いることにより、放射線がシンチレータの中を動く様子をリアルタイムで画像化することが可能となりました。今後、さらに空間分解能を向上させ、細胞に取り込まれた放射性核種から放出される放射線のリアルタイムでの画像化などを可能にしていく予定です。また、メーカーと協力し実用化を進めていく予定です。

【背景】

放射線画像化装置は、放射線医学、分子イメージング、放射性物質の汚染検査、あるいは高エネルギー物理実験などの分野で広く利用されています。しかし、これまで、高い空間分解能を有し、リアルタイムで画像化可能な装置の開発は困難でした。シンチレータと光センサを組み合わせた方法は有望ですが、得られる空間分解能の限界がありました。これまで、薄いシンチレータ板を位置有感型光センサと組み合わせて、空間分解能を高める努力が行なわれてきました。しかし、シンチレータから出る光がシンチレータ内部で広がる上に、シンチレータから発光を効率良く光検出器に導くことが困難なことから、得られる空間分解能は、200 ミクロン程度が限界でした。しかし、この程度の空間分解能では、分子イメージング研究などで求められている組織や細胞中の放射性物質の分布を高い精度で得ることができないため、さらなる高分解能な画像化装置が切望されていました。

【研究の内容】

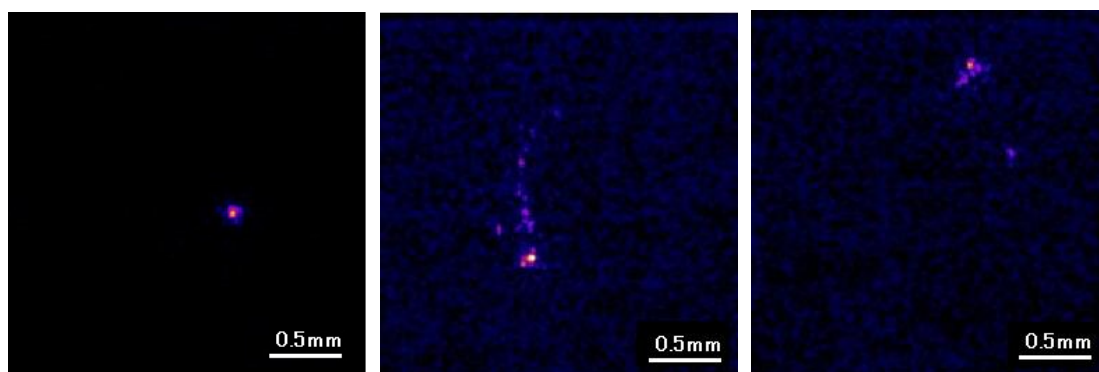
東北大学の吉川彰教授と鎌田圭准教授は共晶体^{注6}を用いて1 ミクロンという細い光ファイバー状のシンチレータを開発し、その放射線検出器への応用を考えていたことから、山本教授は、開発された光ファイバー状のシンチレータを用いることで、これまで課題となっていた点を解決でき、超高分解能画像化装置が実現できるとの着想を得たため、共同で装置の開発に着手するに至りました。

開発した超高分解能画像化装置は、図1に示すように、放射線によるシンチレータの微弱な発光を有効に利用するために高感度 CCD カメラを近接して配置し、それにより高感度化を実現しました。また、光ファイバー状のシンチレータの発光をテーパ型光ファイバーを用いて拡大することで高分解能を実現しました。



図1 開発した放射線画像化装置の写真

代表的な放射線にはアルファ線、ベータ線、ガンマ線などありますが、これらの放射線は物質中でのふるまいが異なります。アルファ線は動く距離が短く、ベータ線は比較的長く、ガンマ線は電子に変換された後に物質中を少し動きます。今回、開発した装置は、これらの放射線の種類によるシンチレータ中での動きの違いをリアルタイムで観察可能にしました。アルファ線は動く距離が短いため、すべて点状に撮像されました（図2（A））。ベータ線はシンチレータ中を長い距離走行するため、所々に高い発光を有する線状に画像化されたものが多く観察されました（図2（B））。また、ガンマ線は電子に変換され比較的短い距離走行のため、点の周りに少し広がった形に画像化されるものが多くありました（図2（C））。このように鮮明なシンチレータ中における放射線の発光画像をリアルタイムで得られたのは世界で初めての成果になります。



アルファ線 (A)

ベータ線 (B)

ガンマ線 (C)

図2 開発した放射線画像化装置による画像

【成果の意義】

今回、開発した装置は、放射線の種類によるシンチレータ中での動きの違いをリアルタイムで観察可能にしました。今後、空間分解能をさらに向上させる予定です。空間分解能のさらなる向上により、細胞に取り込まれた放射性核種から放出される放射線のリアルタイムでの画像化などが可能になり、分子イメージングやラジオアイソトープ内用療法の研究における組織中や細胞中の放射性核種分布をリアルタイムで画像化したいという要求に応えていくことが可能と考えられます。また、メーカーと協力し実用化を進めていく予定です。

【用語説明】

- 1) 空間分解能：どれほど細かいものまで分離して観察できるかの指標。この値が小さいほど細かい部分を見分けることができる。
- 2) シンチレータ：放射線照射により発光する物質。光センサと組み合わせ、放射線検出器として用いられる。
- 3) アルファ線：放射性核種から放出されるヘリウム原子核よりなる放射線。空気中では数センチ、物質中では数ミクロンから数十ミクロン走行する。
- 4) ベータ線：放射性核種から放出される高速の電子、または陽電子よりなる放射線。物質中では1mm程度走行するものもある。
- 5) ガンマ線：放射性核種から放出される高エネルギーの電磁波よりなる放射線。透過力が高い。物質と相互に作用し、物質中の電子にエネルギーを与える。
- 6) 共晶体：複数種の混合液体が単一物質の様に一定の融点（凝固点）で凝固して、混合液体と同じ組成の混合固体となるときの（図3）、これを共晶もしくは共晶体と呼ぶ。

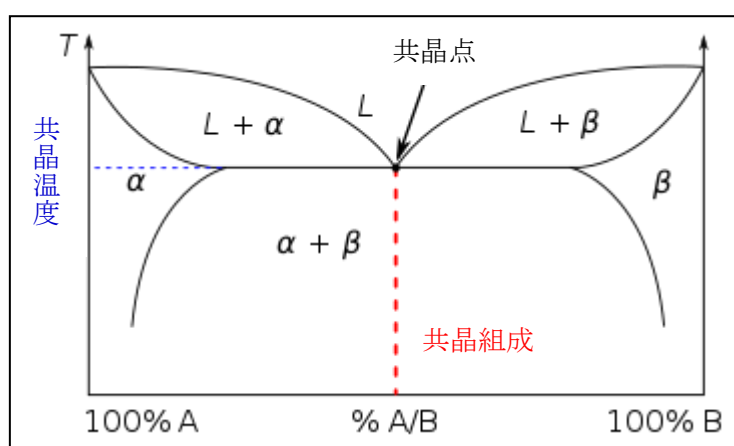


図3 成分AとBからなる物質の共晶反応の相図

【論文名】

雑誌名 : Scientific Reports (英国オンライン科学誌)

論文名 : "Ultrahigh resolution radiation imaging system using an optical fiber structure scintillator plate"

著者 : Seiichi Yamamoto, Kei Kamada, Akira Yoshikawa (山本誠一、鎌田圭、吉川彰)

DOI : [10.1038/s41598-018-21500-z](https://doi.org/10.1038/s41598-018-21500-z)