

# 卒業論文概要書

2022年2月提出

所属学科	物理学科	氏名	越川 七星	学籍番号	1Y18A016-9
研究題目	広帯域 X 線ガンマ線による 革新的放射化イメージング手法の提案			指導教員	片岡 淳

## 【研究背景】

がんの治療、診断において、薬剤の体内分布を可視化することは、効果的かつ患者への負担の少ない治療のために重要である。現在、薬剤や薬剤キャリアの可視化のためには特定の色素や薬剤、元素などでの標識が必要であり、薬剤全般に应用できる汎用的な方法は未だ確立されていない。そこで、本研究では、薬剤の放射化イメージング、すなわち薬剤を陽子または中性子により放射化して投与し、薬剤からの X 線・ガンマ線をイメージングすることで薬剤の体内分布を可視化する新規手法を提案する(図 1 参照)。この方法では放射化した薬剤元素そのものが放射性トレーサーとなるため、特定の物質での標識を必要とせず、様々な種類の薬剤に应用できる汎用的な方法である。イメージング装置としては、ハイブリッドコンプトンカメラを用いる。ハイブリッドコンプトンカメラはピンホールカメラとコンプトンカメラ両方の原理で画像再構成が可能であり、数十 keV から 1 MeV 以上の広帯域に渡る X 線・ガンマ線をイメージングできるため、薬剤から放出される幅広いエネルギーの X 線・ガンマ線を可視化することができる。

本研究では、薬剤の放射化イメージング実証のための第一歩として、金属板や薬剤の陽子・中性子による放射化と、放射化薬剤の X 線・ガンマスペクトル線測定、ハイブリッドコンプトンカメラによるイメージングを行った。

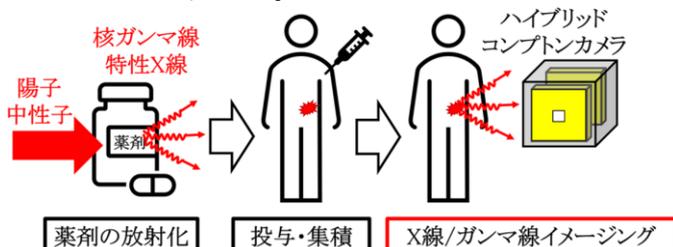


図1 放射化イメージング

## 【陽子放射化】

Au、Pt、Cu、Ag、Biの板(10×10×t1 mm<sup>3</sup>)を、70 MeVの陽子線により放射化した。代表として、放射化したAu板のスペクトルとイメージング結果を図2に示す。AuやPtのK $\alpha$ 線と、<sup>197</sup>Au(p, 6np)<sup>191</sup>Auにより生成した<sup>191</sup>Auからの核ガンマ線(586 keV)などがイメージングできた。K $\alpha$ 線はピンホールカメラの原理、586 keVの核ガンマ線はコンプトンカメラの原理で画像再構成された。

他の試料についても同様に、スペクトル中に放射化した核種の X 線・ガンマ線ピークがみられ、コンプトンカメラでのイメージングに成功した。

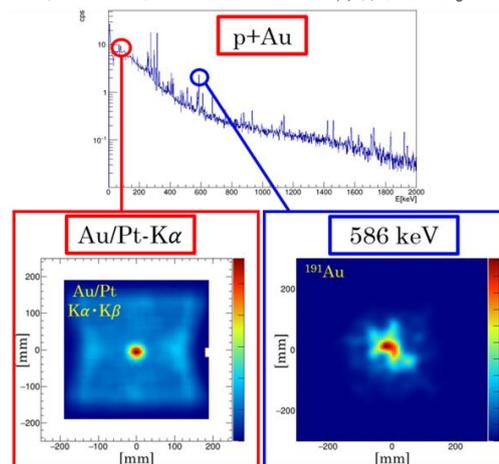


図2 陽子放射化したAu板のスペクトル(上)、イメージング結果(下)

## 【中性子放射化】

Au、Pt、Cu、Ag、Biの板(10×10×t1 mm<sup>3</sup>)、AuとPtのナノ粒子、抗がん剤、造影剤を熱中性子により放射化した。放射化したAuナノ粒子(10 mg/mL)のスペクトルとイメージング結果を図3に示す。スペクトルでは、<sup>197</sup>Au(n,  $\gamma$ )<sup>198</sup>Auにより生成した<sup>198</sup>Auからの核ガンマ線(412 keV)がみられ、また、412 keVガンマ線を用いてAuナノ粒子のイメージングに成功した。他に、Au板、Cu板、5 mg/mL、1 mg/mLの金ナノ粒子と、CT用ヨード造影剤のイオヘキソールのイメージングに成功した。

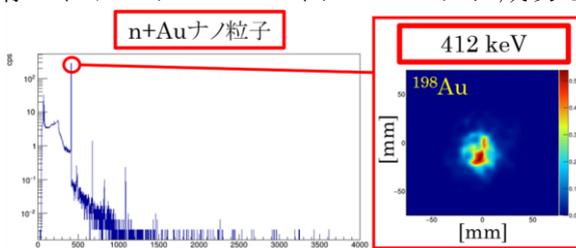


図3 熱中性子放射化したAuナノ粒子のスペクトル(上)、イメージング結果(下)

## 【まとめと今後の展望】

放射化イメージングの概念実証として、金属板の陽子・中性子放射化とイメージング、薬剤、金属ナノ粒子の中性子放射化とイメージングに成功した。

今後は、実際にマウスに投与した放射化薬剤のイメージングや、薬剤を投与した後の体外からの薬剤放射化などにも取り組んでいきたい。