

## エアロゾルを用いた At-211 乾式分離技術の開発

Development of of At-211 separation and recovery methods by aerosol

湯原 勝<sup>1)</sup> 宮本 真哉<sup>1)</sup> 山下 雄生<sup>1)</sup> 岡部 寛史<sup>1)</sup> 矢板 由美<sup>1)</sup> 赤山 類<sup>1)</sup>  
大森 孝<sup>1)</sup>Masaru YUHARA Shinya MIYAMOTO Yu YAMASHITA Hirofumi OKABE Yumi YAITA Rui akayama  
Takashi OMORI<sup>1)</sup>東芝エネルギーシステムズ

## (概要)

放射性同位元素 (RI) を用いたがん治療薬原料として、短半減期  $\alpha$  核種  $^{211}\text{At}$  が注目されている。Bi ターゲット中に  $\text{He}^{2+}$  イオン照射で生成した  $^{211}\text{At}$  をがん治療薬原料として使用するには、生成した  $^{211}\text{At}$  を Bi から分離・回収する必要がある。一般的な分離手法として、Bi の沸点が  $^{211}\text{At}$  より高いことを利用した乾留法が開発されている(参考文献 1)が、回収率が安定しない課題がある。この課題解決のため、ガスジェット搬送法を参考として、ターゲット加熱時にエアロゾルを導入して  $^{211}\text{At}$  をエアロゾル複合体とし、これをフィルタ上に回収する手法を考案し、この有効性を確認してきた。(引用文献 2) 本研究では、実用化に向けた課題の一つである At 処理量のスケールアップについて検討する。  
キーワード:  $^{211}\text{At}$ , 分離, 回収, エアロゾル

## 1. 目的

超重元素の迅速分離・分析技術の一つであるガスジェット法を応用し、ターゲット加熱時に分離された  $^{211}\text{At}$  をエアロゾルに付着させてフィルタ上に回収する手法を考案した。過年度課題にて、本手法の有効性を確認し(引用文献 2)、単位エアロゾル導入量と  $^{211}\text{At}$  回収率に正の相関があることを確認した(引用文献 3)。実用化のためには  $^{211}\text{At}$  回収量のスケールアップが必要となるが、単位エアロゾル量あたりの  $^{211}\text{At}$  量が増加に伴いエアロゾルに付着しきれない  $^{211}\text{At}$  が生じ、 $^{211}\text{At}$  回収率が低下する可能性がある。そこで、 $^{211}\text{At}$  回収率に対する  $^{211}\text{At}$  量スケールアップの影響を評価することを目的として、エアロゾル発生速度固定条件のもと、異なる放射エネルギーの  $^{211}\text{At}$  の分離回収試験を実施した。

## 2. 方法

タンデム加速器ビームライン R2 にて  $\text{He}^{2+}$  イオン Bi ターゲットに照射したことより生成した  $^{211}\text{At}$  を分離回収試験に供した。分離回収試験装置の概要を図 1 に示す。試験装置は、エアロゾル発生部、ターゲット加熱・エアロゾル複合体生成部、 $^{211}\text{At}$  回収部から成り、各構成要素は図 1 に示すように配管で直列に接続されている。試験条件を表 1 に示す。

① ターゲットの照射 ( $^{211}\text{At}$  の生成)

タンデム加速器ビームライン R2 にて、26.0~28.0 MeV に加速した  $\text{He}^{2+}$  イオンを Bi チップ(高純度化学研究所製、純度 99.99 %,  $10\text{ mm}\times 1\text{ mm}$ ) に照射し、 $^{209}\text{Bi}(\alpha, 2n)^{211}\text{At}$  により  $^{211}\text{At}$  を生成した。照射済みターゲットを取り出し、Ge 半導体検出器で  $\gamma$  線スペクトルを測定し、76~92 keV のピークを用いて  $^{211}\text{At}$  生成量を求めた。

## ② エアロゾルの発生

石英ボートに KCl 粉末を 5 g 入れ、電気炉で 750 °C に加熱し、He ガスを 3.0 L/min で導入して KCl をエアロゾル化させた。

③  $^{211}\text{At}$  およびエアロゾルの分離回収

電気炉内に照射済み Bi チップをセットし、エアロゾル含有 He ガス導入開始後、照射済みターゲットを加熱して  $^{211}\text{At}$  を分離し、回収ガスに含まれるエアロゾルをガラス繊維フィルタで捕集した。フィルタ捕集物を 0.01M-NaOH 水溶液で溶解し、Ge 半導体検出器で溶液中の  $\gamma$  線スペクトルを測定して  $^{211}\text{At}$  を定量した。また、エアロゾル成分であるカリウムの回収液中

濃度をイオンメータで測定した。分離回収性能は  $^{211}\text{At}$  回収率（ターゲット中の  $^{211}\text{At}$  量 (Bq) とガラス繊維フィルタで捕集した  $^{211}\text{At}$  量 (Bq) の比) で評価した。

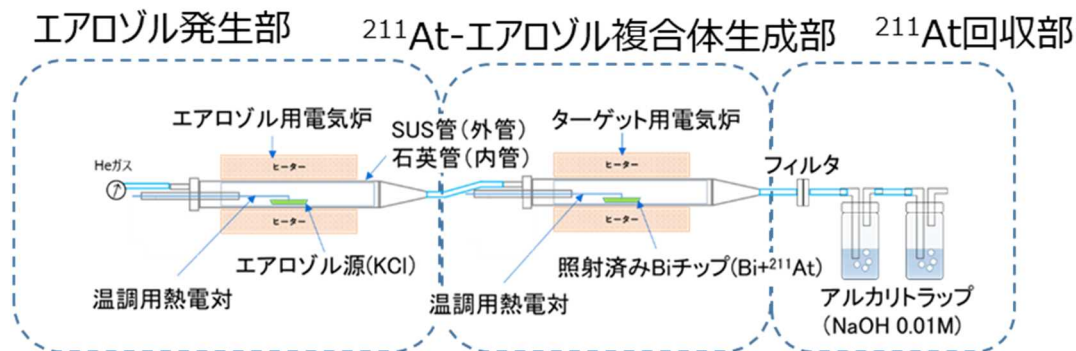


図 1  $^{211}\text{At}$  分離回収装置

表 1 試験条件

分類	パラメータ	設定値
エアロゾル発生	エアロゾル源	KCl
	エアロゾル加熱温度 (°C)	750
$^{211}\text{At}$ 分離	$^{211}\text{At}$ 供試料量(kBq)	51、70、272、 294、323、327、 2070、2198
	ターゲット加熱温度 (°C)	500
	処理時間 (min)	20 ※昇降温時間除く
エアロゾル発生, $^{211}\text{At}$ 分離共通条件	キャリアガス	He
	入口ガス流量(L/min)	3.0

### 3. 結果及び考察

$^{211}\text{At}$  供試料量に対する  $^{211}\text{At}$  回収率を図 2 に示す。各条件での  $^{211}\text{At}$  回収率にばらつきがあるものの、 $^{211}\text{At}$  供試料量が約 10 倍になった場合においても  $^{211}\text{At}$  回収率は同オーダーとなり、本試験条件の範囲では  $^{211}\text{At}$  回収率に対する  $^{211}\text{At}$  量スケールアップ影響が小さいことが示唆された。

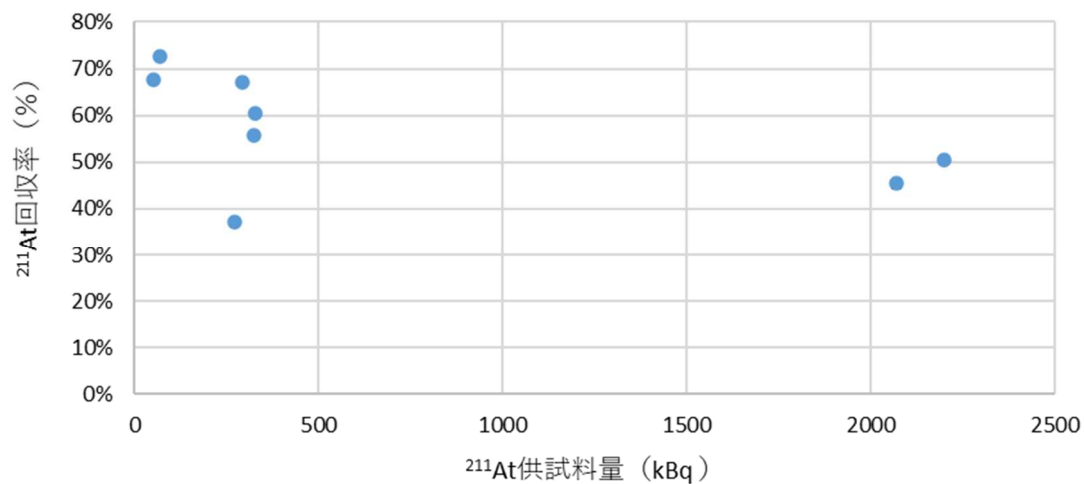


図2  $^{211}\text{At}$  供試料量に対する  $^{211}\text{At}$  回収率

4. 引用(参照)文献等

1. E. Aneheim et al, “Automated astatination of biomolecules – a stepping stone towards multicenter clinical trials” (2015).
2. 湯原ら, 「エアロゾルを用いた At-211 の分離回収試験」, 日本原子力研究開発機構施設供用利用課題令和2度実施報告書 2020A-D02.
3. 湯原ら, 「エアロゾルを用いた At-211 の分離回収試験 その2」, 日本原子力研究開発機構施設供用利用課題令和2度実施報告書 2021A-D02.