

# $\alpha$ 線がん治療薬分析装置 — 薬剤の損失と被ばくリスクを低減化 —

瀬川麻里子

日本原子力研究開発機構  
原子力科学研究所 原子力基礎工学研究センター  
原子力センシング研究グループ



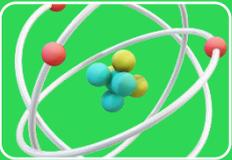
# 自己紹介



広島生まれ  
・放射線への畏れと興味



大学  
・「宇宙は放射線で満ちている」  
～中性子が肝!?放射線が拓く宇宙史～



社会人  
・中性子で見えないものを可視化



母になる  
・人の大事さ、命を守る大変さに気づく  
～社会とつながり新医療に貢献したい～



現在  
計測技術を医療用分析へ展開、特許取得  
～装置の実装・分析支援活動～

# 独自技術を医療へ展開

## パルス中性子イメージング

元素毎の非破壊3次元イメージング技術  
材料や機器の要素(元素)毎の評価が可能に!



連携 (J-PARC)

期待される応用先



世界初  
パルス中性子イメージング  
専用装置



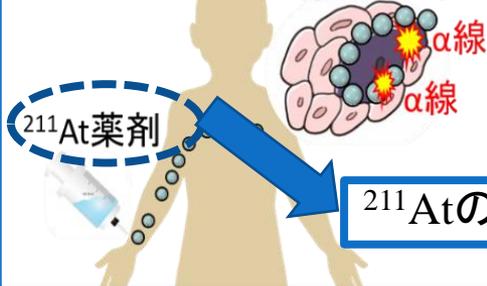
医療へ展開

JAEA独自の  
放射線計測技術  
高速・高感度

## α線がん治療薬分析装置

がんの新療法

α線でがん細胞のみ叩く



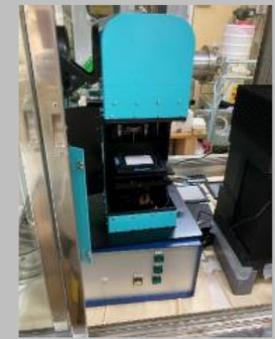
$^{211}\text{At}$ の新分析法

連携先

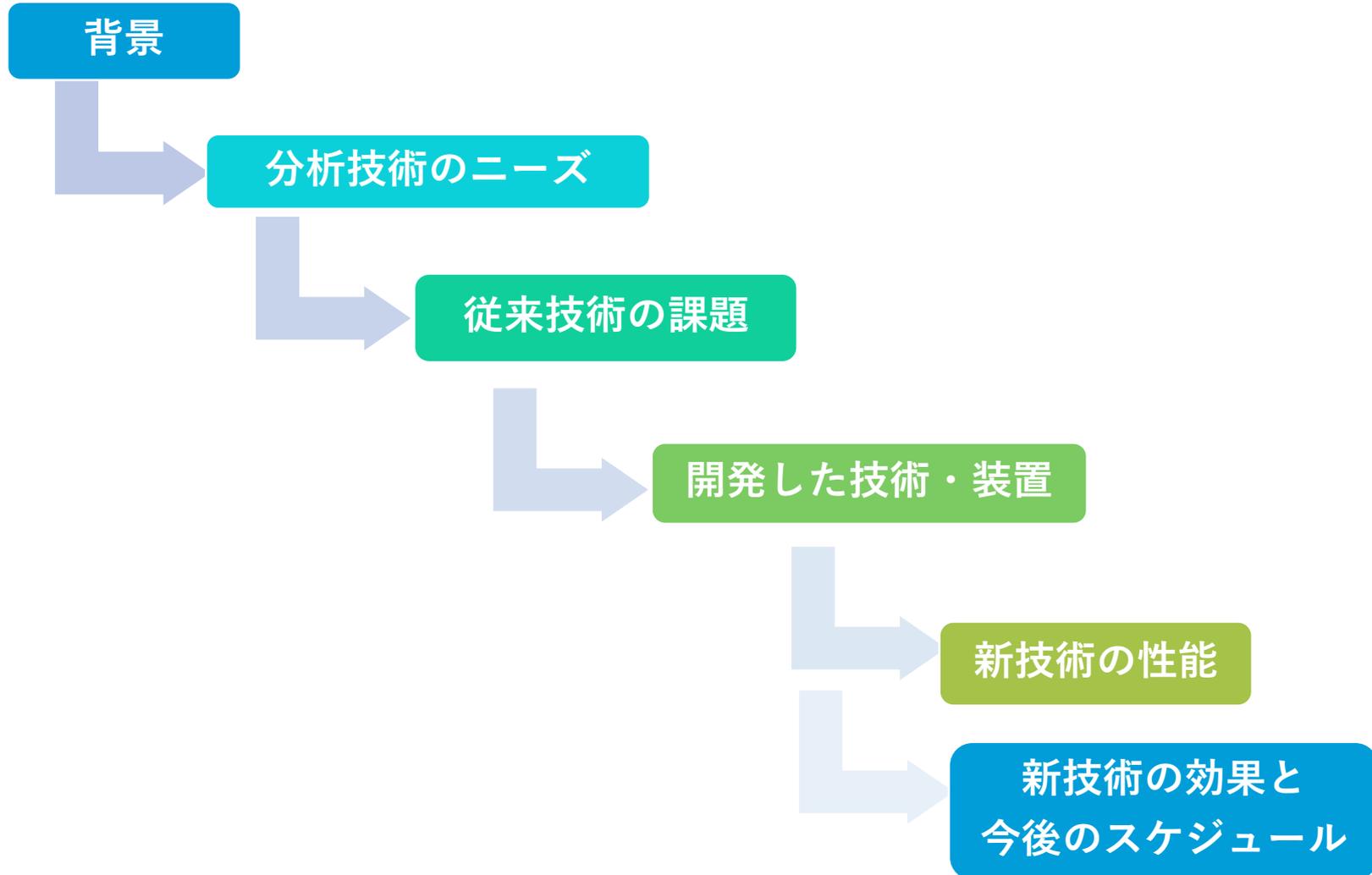
QST

大阪大学

## 開発した分析装置

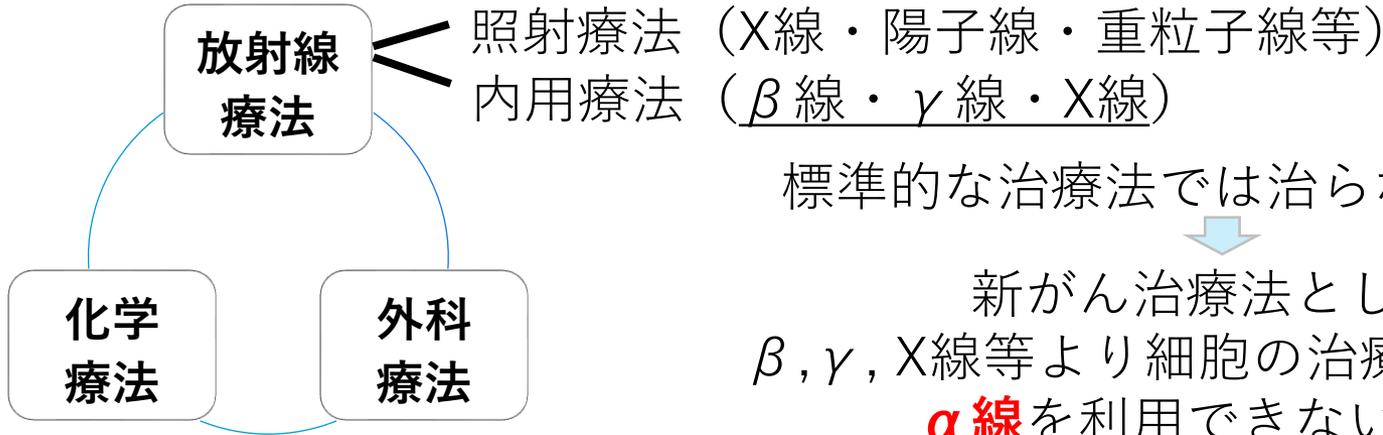


# 目次



# がんと治療法

## 現在の標準的ながん治療法

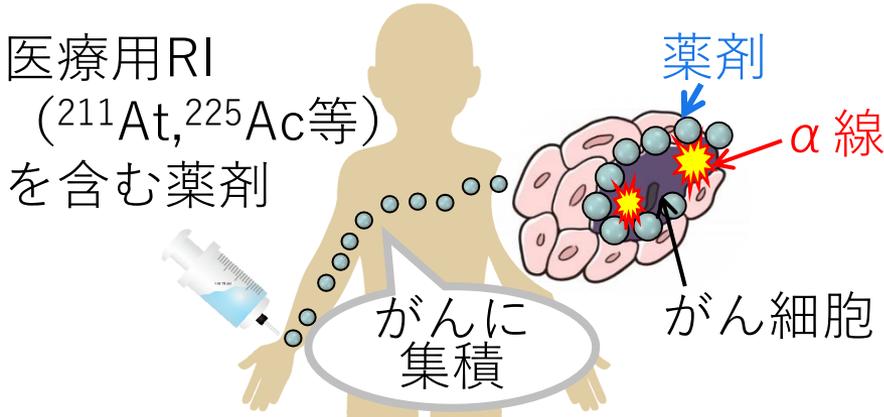


標準的な治療法では治らないがんが存在

新がん治療法として  
 $\beta$ ,  $\gamma$ , X線等より細胞の治療効果が高い  
 **$\alpha$ 線**を利用できないか？

## $\alpha$ 線新がん治療法

放射性同位体 (RI) から飛び出る  
 **$\alpha$ 線** でがん細胞のみ叩く

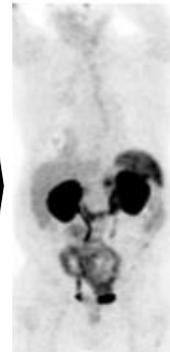


## 有効性の実証： $\alpha$ 線内用療法による治験



全身に転移

9  
カ  
月  
後



がん消失

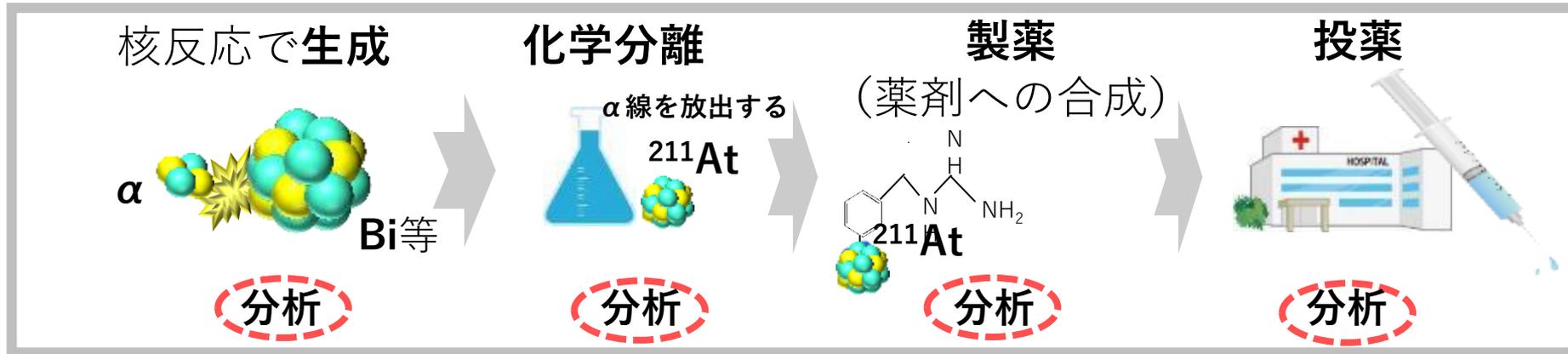
- 治療法が確立していない全身がんにも有効
- 他臓器への損傷が低い

**実用化が熱望**

Kratochwil et.al., J Nucl Med  
vol. 57, 1941 (2016)

# 分析技術のニーズ

## 合成から投薬まで



- 化学状態（化学形）：がん細胞への集積に影響
- 生成量：薬剤の効果（強さ）に影響

医療用RIは合成から**数時間～数日**で半減



がん新療法の実現には、**短時間**で**生成量・化学形**を  
**高精度（5%程度）分析**する**技術**が**有効**

# 従来技術の課題

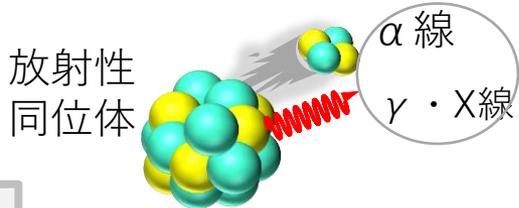
## 従来技術

化学形と生成量は別測定

### 化学形

写真板 (IP) と  
薄層クロマトグラフィ (TLC)  
による分析法 (**IP-TLC**) で導出

IP 放射線を選別せず検出



TLC

用紙に垂らすだけで化学形分離



### 生成量

半導体Si検出器等を利用し  
生成量を導出

## 課題

短時間かつ実用的に  
利用できない

①分析に**時間**がかかる  
放射線に対し**低感度**  
(長時間の撮像が必要)

②**分析できない化学形**がある  
γ・X線も検出  
(γ・X線を出す  
不純物が妨害)

③分析に**手間**がかかる  
化学形・生成量は  
**別装置**で測定

④**広い**作業スペースが必要  
多種の**大型装置**を利用  
人・物の移動が発生  
(必要スペース > 2m<sup>2</sup>)

## 方針

新技術の開発方針

1. **短時間化**

+

2. **化学形・  
生成量同時測定**

+

3. **省スペース化**

# 開発した技術 1

## 開発方針（短時間化・省スペース化）

1. 短時間化

+

2. 化学形・  
生成量同時測定

+

3. 省スペース化

従来技術 IP-TLCの課題

- ・放射線への感度が低く、長時間撮像が必要
- ・広い作業スペースが必要

解決策

高感度化

高速化

最適化

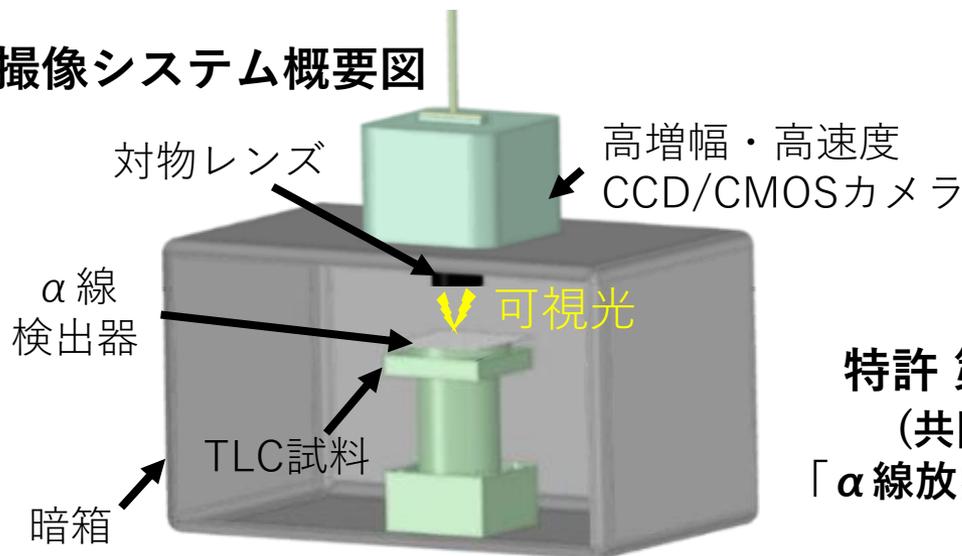
新技術

薄型検出器により  
 $\alpha$ 線のみ高感度検出

高増幅・  
高速度カメラ  
でその場観察

3Dプリンター  
での試作  
→統一した装置  
を小型化

撮像システム概要図



特許 第7128479号  
(共同発明QST)  
「 $\alpha$ 線放出核種の分析方法  
及び分析装置」

# 新技術の性能 1

## 成果1 短時間化

1. 短時間化

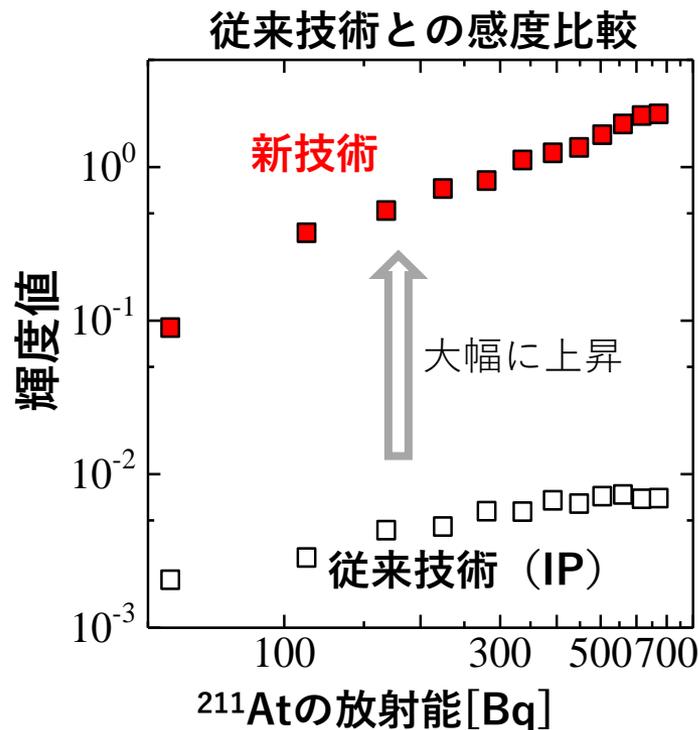
+

2. 化学形・  
生成量同時測定

+

3. 省スペース化

測定時間を1/40に **短縮**



放射性同位体がなくなる時間\*

(\*半減期: <sup>211</sup>Atでは7.2時間)

に対し、十分に短かい時間での分析が可能

# 開発した技術 2

## 開発方針（全化学形・生成量同時測定）

1. 短時間化

+

2. 化学形・生成量同時測定

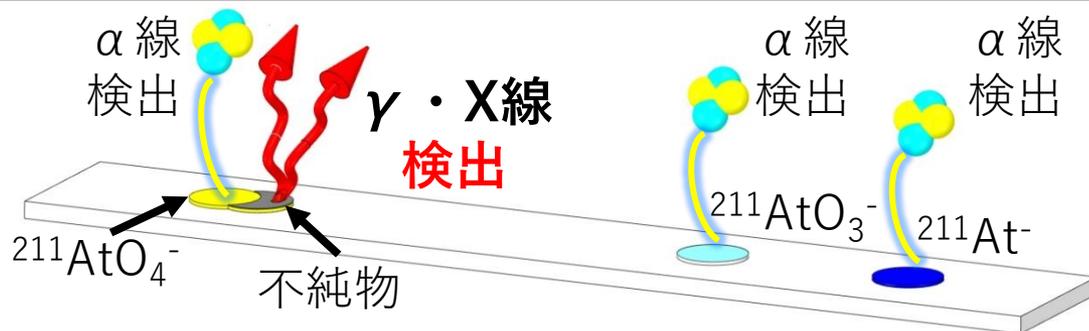
+

3. 省スペース化

従来技術  
IP-TLCの課題

$\gamma$ ・X線を出す不純物の妨害で  
全化学形の分析が不可

IP-TLC



新技術

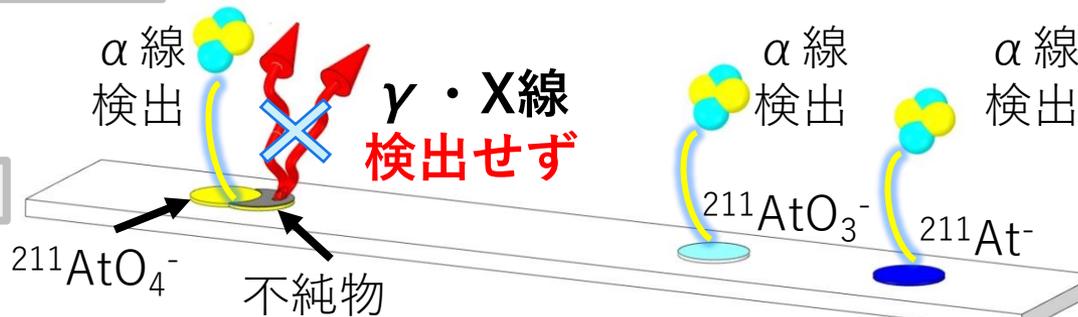
$\alpha$ -TLCイメージング

TLCで化学形毎に自動分離し、  
 $^{211}\text{At}$ から放出される $\alpha$ 線のみ検出  
→不純物の妨害なく、化学形を分析

$\alpha$ イメージング

+

TLC



## 成果2-1 化学形測定

1. 短時間化

+

2. 化学形・  
生成量同時測定

$\alpha$ -TLCイメージングで  
全化学形の可視化を達成

+

3. 省スペース化

TLC可視化結果  
従来技術 (IP)



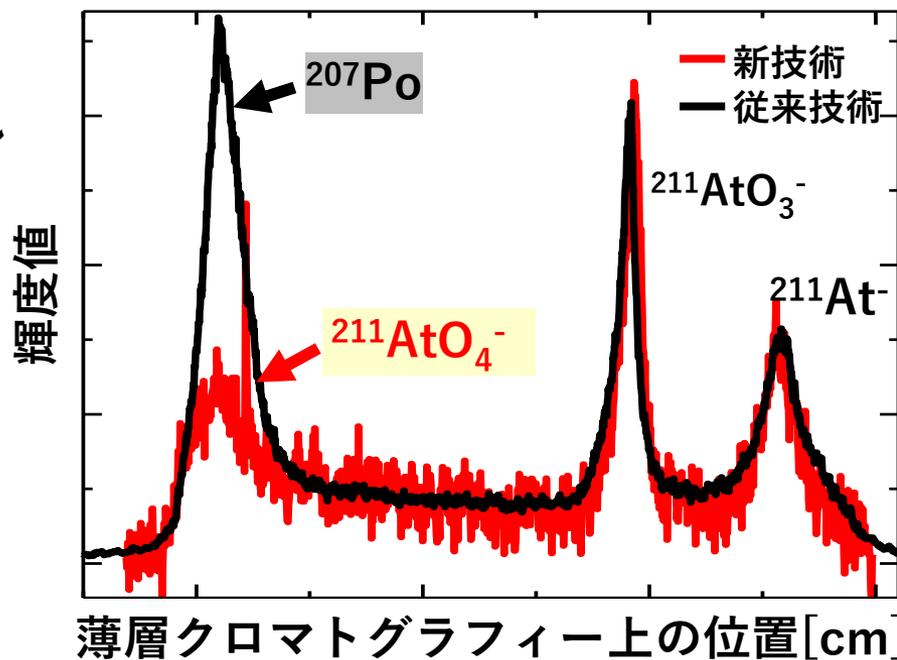
$^{207}\text{Po}$  のX線による妨害  $\rightarrow$   $^{211}\text{AtO}_4^-$  分析不可

TLC可視化結果  
新技術



$^{211}\text{AtO}_4^-$  を含む化学形分析が可能

輝度プロ  
ファイル  
の比較



# 新技術の性能 2-2

## 成果2-2 生成量測定

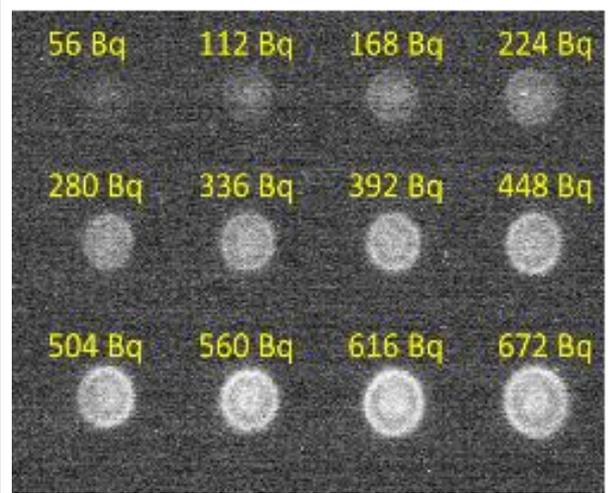
1. 短時間化

2. 化学形・  
生成量同時測定

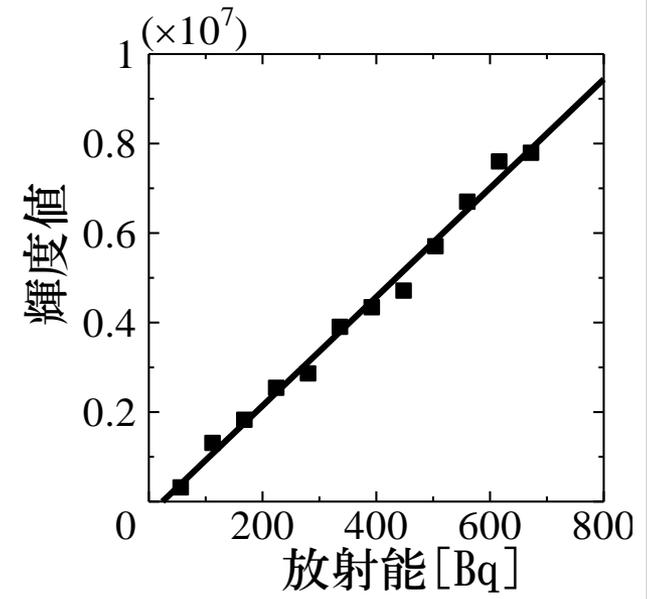
$\alpha$ -TLCイメージングで  
生成量の測定を実現

3. 省スペース化

$^{211}\text{At}$ 可視化画像



放射能と輝度値の関係



高精度測定が可能（誤差3%以下）

生成量の高精度測定を実現

# 新技術の性能 3 と装置

## 成果3 省スペース

1. 短時間化

+

2. 化学形・  
生成量同時測定

+

3. 省スペース化

### 装置（スペース）の大小比較

従来技術

➤

新技術

多種類の大きな装置

1台で分析が完結

製作した試作機

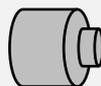


化学形分析装置

IP読取機等



生成量分析装置



Si検出器等



必要スペース > 2m<sup>2</sup>

➔人や物の移動が必要

試作機底面：20 cm x 20 cm

➔移動なしで分析可能

実用可能な大きさを実現

まとめ

短時間かつ省スペースで全化学形・生成量を同時に分析可能な  
**α-TLCイメージング技術**を確立

# 分析装置の効果

## 分析装置で何を実現するか

- ・ 短時間化
- ・ 化学形と生成量の同時分析
- ・ 省スペース化
- ・ 貴重な**薬剤**の**損失**を**低減化**
- ・ 余計な手間削減による**高い実用性**
- ・ 作業者の被ばく**リスク低減化**

薬剤を無駄にせず、作業者の被ばくリスクの低い分析装置で  
新医療に貢献

## 実現の基盤となった技術

### 原子力基礎基盤技術である、放射線の非破壊分析・可視化技術

- ①発明の名称： $\alpha$ 線放出核種の分析方法及び分析装置 出願番号：2019-136227  
出願人：JAEA 発明者：瀬川 麻里子、藤 暢輔、前田 亮、西中 一郎
- ②発明の名称：放射性同位体の分析方法及び分析装置 出願番号：2021-173289  
出願人：JAEA 発明者：瀬川 麻里子、前田 亮、藤 暢輔
- ③発明の名称： $\alpha$ 線放出核種の分析方法及び分析装置 出願番号：2023-016184  
出願人：JAEA 発明者：瀬川 麻里子、前田 亮、藤 暢輔

## 社会実装に向けたタイムライン

- ・ 2021年 **試験運用開始**：国内拠点 大阪大学、QST、福島県立医大
- ・ 2022年 **国内企業**と製品化に向けた**契約**（実施許諾契約）を締結
- ・ 2023年 製品化
- ・ 2024年 国内拠点へ製品の**社会実装**を予定、現地でのテスト分析を支援

- ・  $\alpha$ 線可視化分析のご依頼も、**学術領域を超えて受け入れています。ご興味があればご相談ください。**
- ・ ユーザーの皆様のご意見をフィードバックし、個別化分析装置として還元したいと考えています。

# お問い合わせ先

---

日本原子力研究開発機構  
研究開発推進部

e-mail [seika.riyou@jaea.go.jp](mailto:seika.riyou@jaea.go.jp)