

α 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

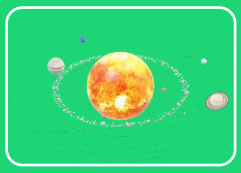
日本原子力研究開発機構
原子力科学研究所 原子力基礎工学研究センター
原子力センシング研究グループ



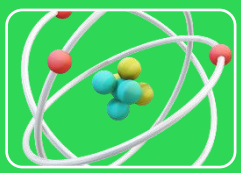
自己紹介



広島生まれ
・放射線への畏れと興味



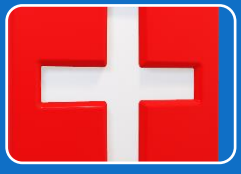
大学
・「宇宙は放射線で満ちている」
～中性子が肝!?放射線が拓く宇宙史～



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～

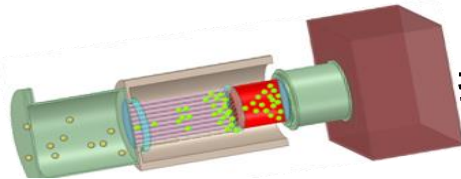


現在
計測技術を医療用分析へ展開、特許取得
～装置の実装・分析支援活動～

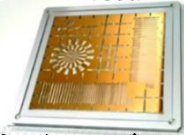
独自技術を医療へ展開

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!

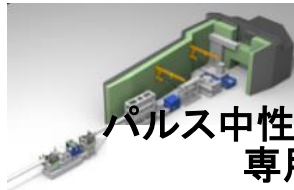


開発した
撮像装置



分解能評価ターゲットの実用化

連携 (J-PARC)



世界初
パルス中性子イメージング
専用装置

期待される応用先



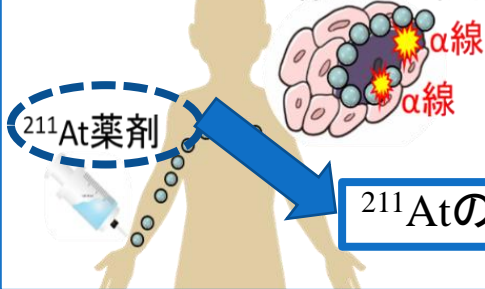
医療へ展開

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}At 薬剤

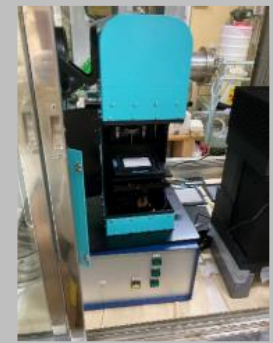
^{211}At の新分析法

連携先

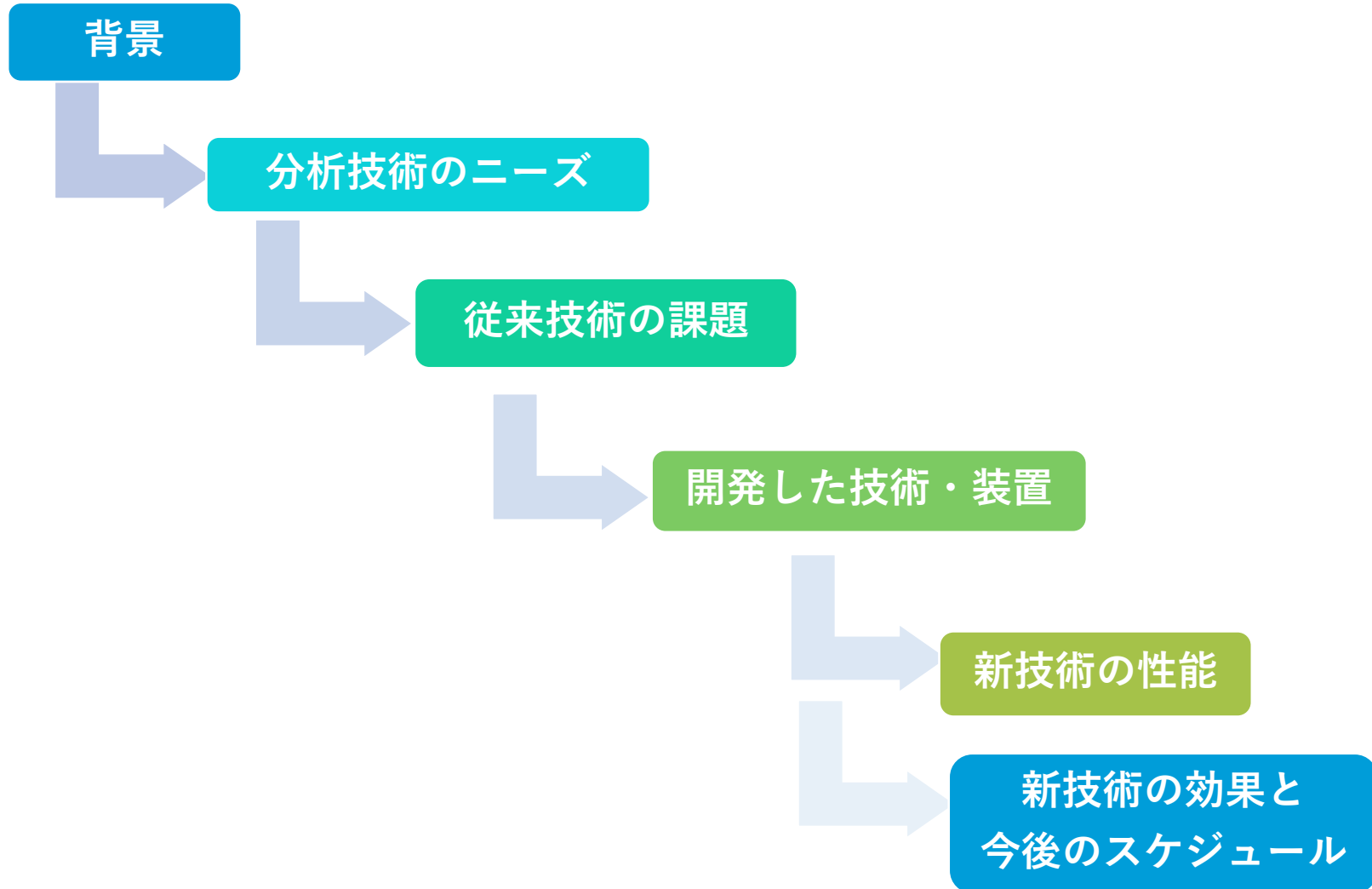
QST

大阪大学

開発した分析装置

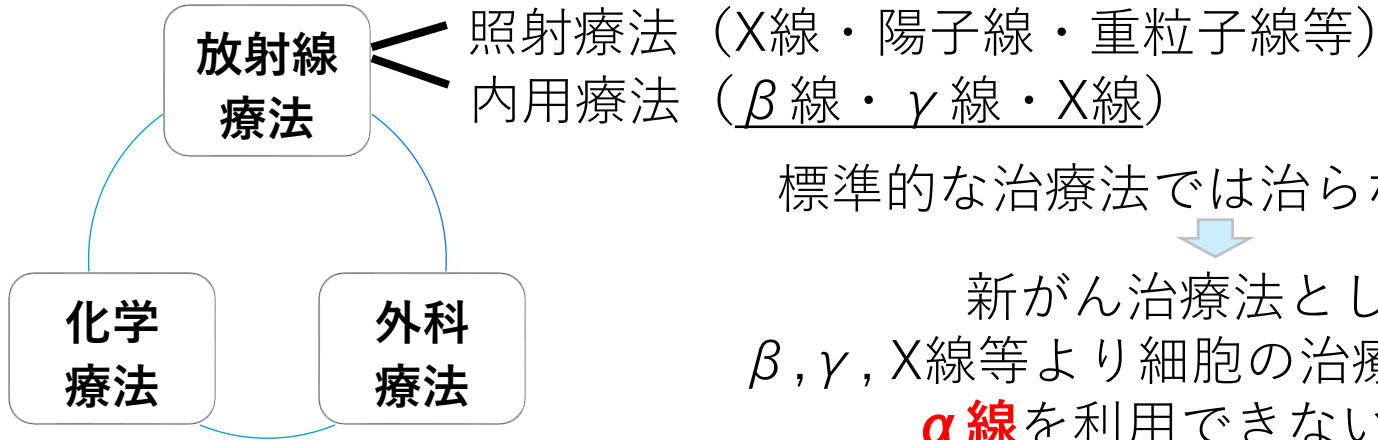


目次



がんと治療法

現在の標準的ながん治療法

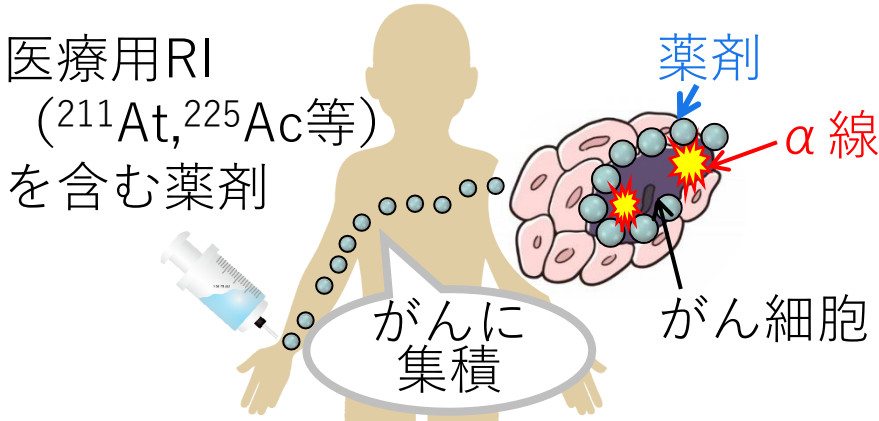


標準的な治療法では治らないがんが存在

新がん治療法として
 β , γ , X線等より細胞の治療効果が高い
 α 線を利用できないか？

α 線新がん治療法

放射性同位体 (RI) から飛び出る
 α 線 でがん細胞のみ叩く

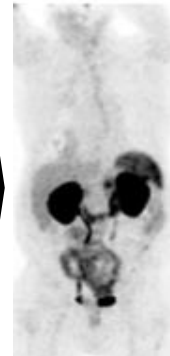


有効性の実証： α 線内用療法による治験



全身に転移

9
カ
月
後



がん消失

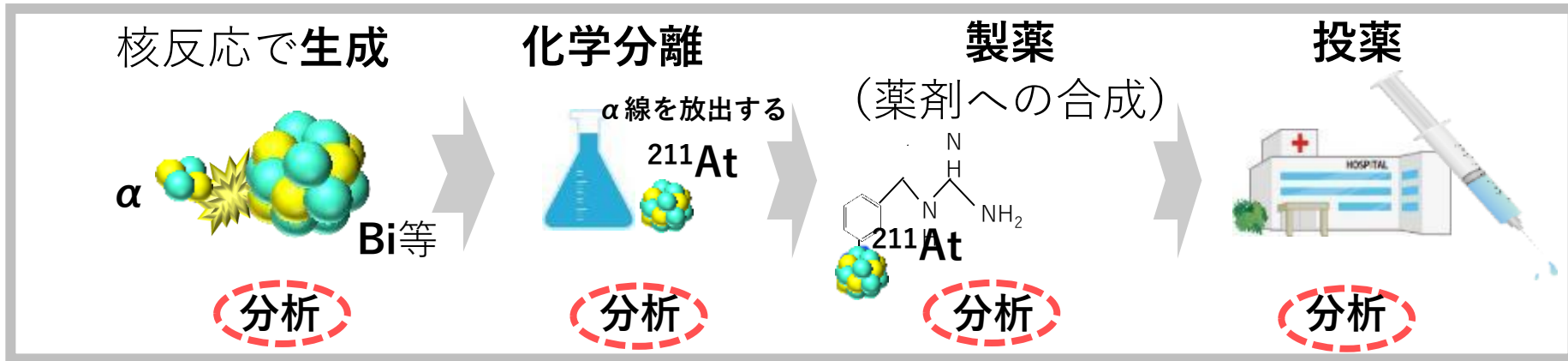
- 治療法が確立していない全身がんにも有効
- 他臓器への損傷が低い

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

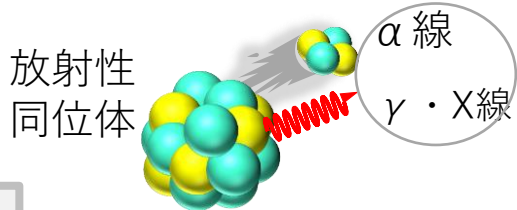
従来技術

化学形と生成量は別測定

化学形

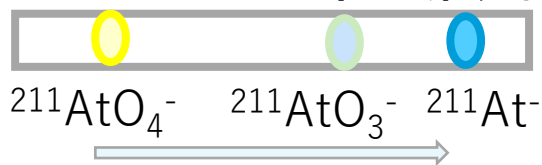
写真板 (IP) と
薄層クロマトグラフィ (TLC)
による分析法 (**IP-TLC**) で導出

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 > 2m²)

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

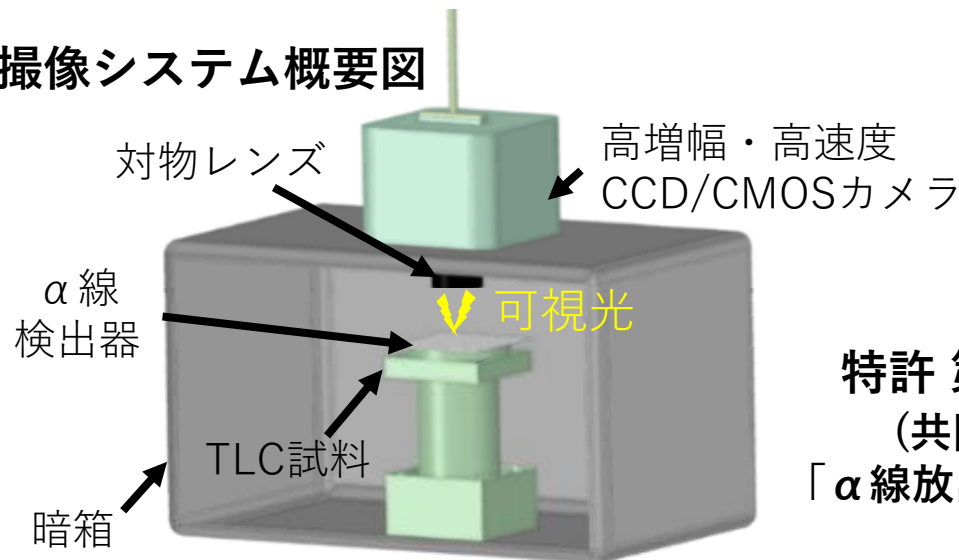
新技術

薄型検出器により
 α 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)
「 α 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

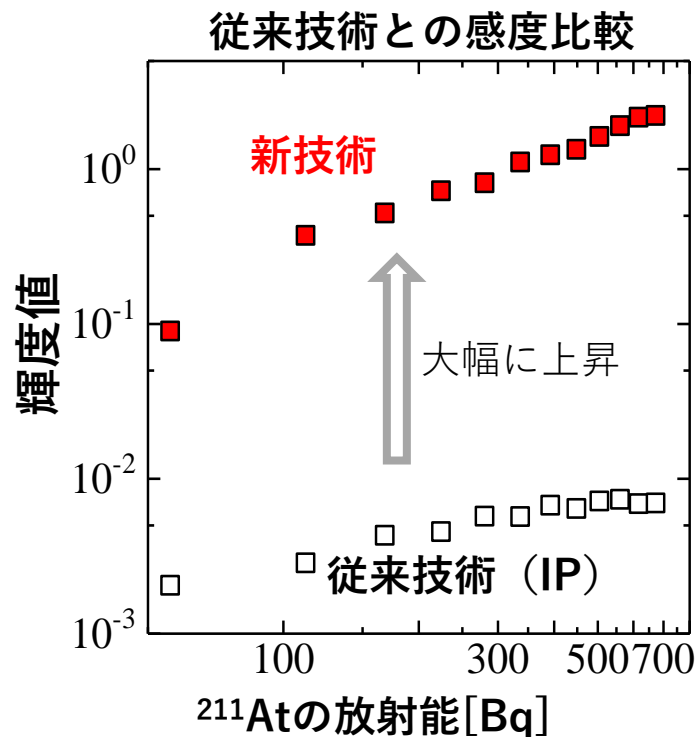
+

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: ²¹¹At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

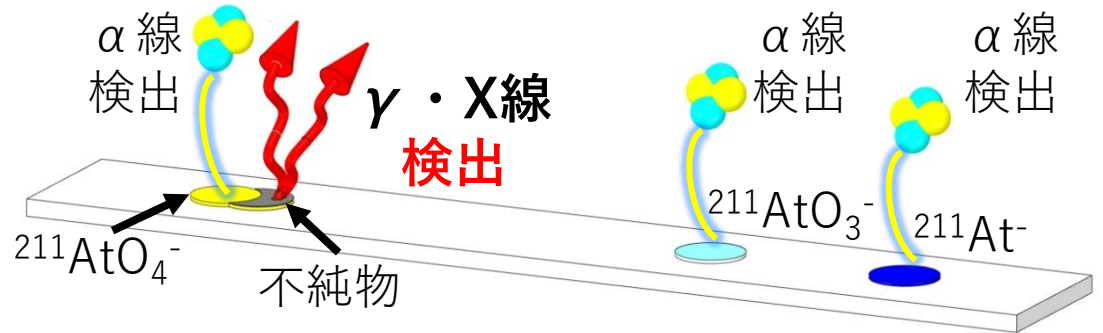
+

3. 省スペース化

従来技術
IP-TLCの課題

γ ・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

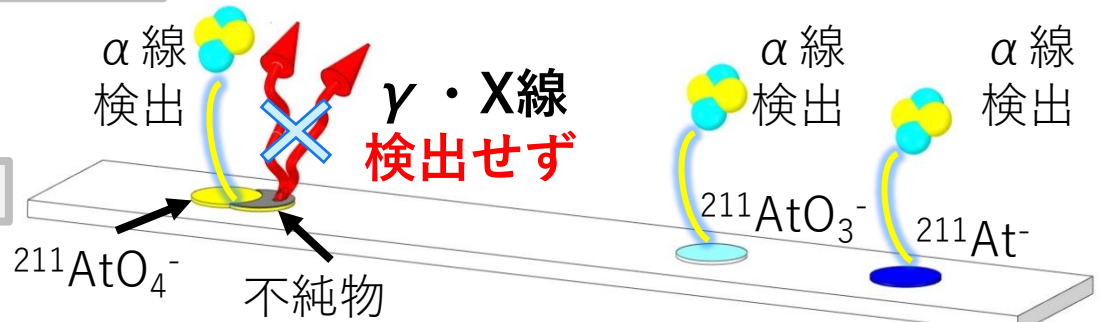
α-TLCイメージング

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

αイメージング

+

TLC



成果2-1 化学形測定

1. 短時間化

+

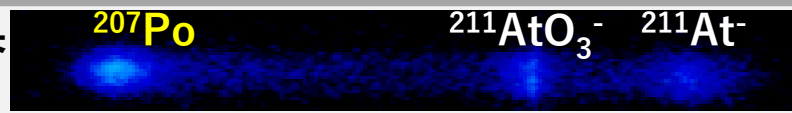
2. 化学形・
生成量同時測定

α -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}Po $^{211}\text{AtO}_3^-$ $^{211}\text{At}^-$

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

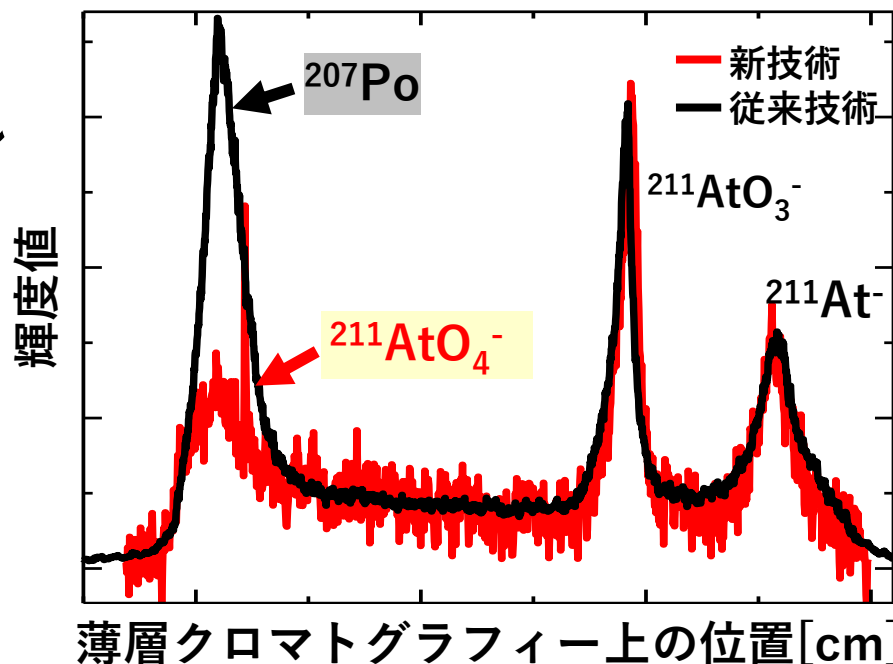
TLC可視化結果
新技術



$^{211}\text{AtO}_4^-$ $^{211}\text{AtO}_3^-$ $^{211}\text{At}^-$

$^{211}\text{AtO}_4^-$ 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

+

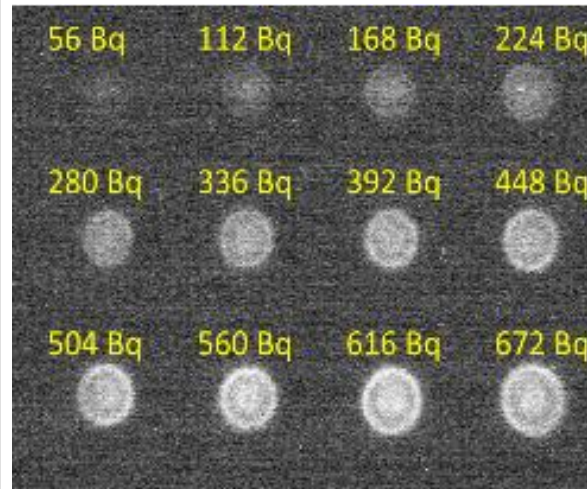
2. 化学形・
生成量同時測定

α -TLCイメージングで
生成量の測定を実現

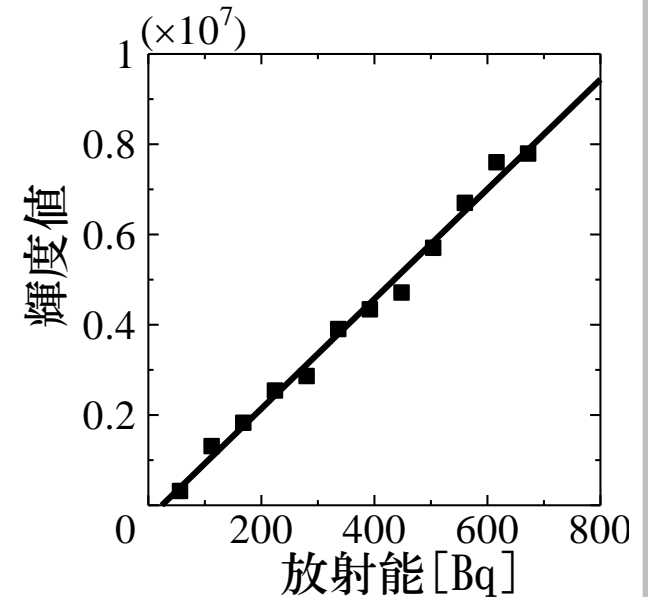
+

3. 省スペース化

^{211}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

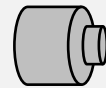


化学形分析装置

IP読取機等



生成量分析装置



Si検出器等



必要スペース > 2m²

➔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： α 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： α 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

- ・ α 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