



# 大阪大学におけるアルファ線 内用療法のためのアスタチン 同位体の製造とその放射性廃 棄物

第13回日本放射線安全管理学会6月シンポジウム

大阪大学核物理研究センター  
鈴木智和



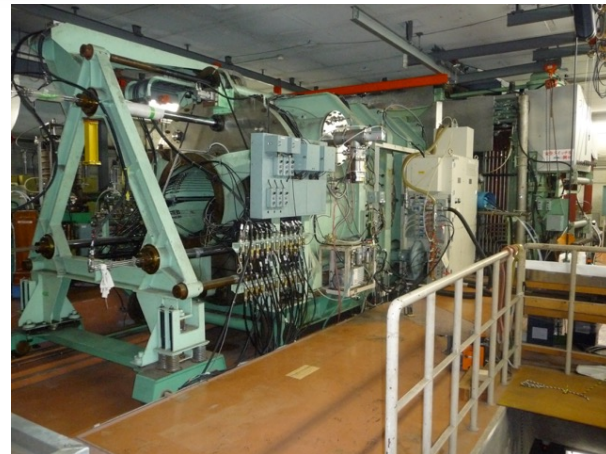
# Contents

- 大阪大学核物理研究センターの紹介
  - 使用承認内容
  - 従事者数
  - RI製造の実績
- 大阪大学の医理核連携事業とアスタチン同位体
- 大阪大学核物理研究センター、理化学研究所仁科加速器研究センター、東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター、東北大学電子光物理学研究センターによる短寿命RI供給プラットフォーム
- 短寿命RI利用と $\alpha$ 線廃棄物（まとめ）



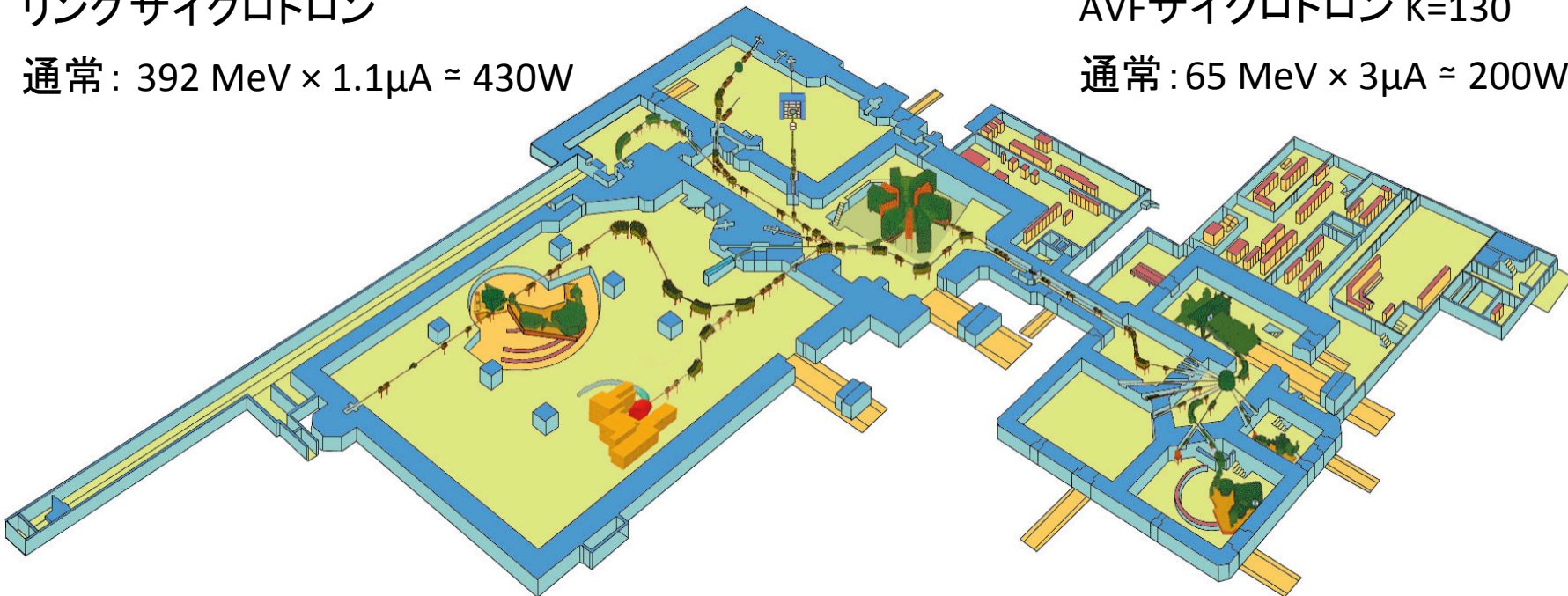
リングサイクロトロン

通常:  $392 \text{ MeV} \times 1.1 \mu\text{A} \approx 430\text{W}$



AVFサイクロトロン K=130

通常:  $65 \text{ MeV} \times 3 \mu\text{A} \approx 200\text{W}$



# 放射線発生装置使用の承認内容

種類	AVFサイクロトロン	リングサイクロトロン
台数	1台	1台
性能	陽子: $66 \text{ MeV} < E_p \leq 90 \text{ MeV}$ 3.0粒子 $\mu\text{A}$ 重陽子: $E_d \leq 57 \text{ MeV}$ 6.0粒子 $\mu\text{A}$ 重イオン: 35 MeV/核子 6.0粒子 $\mu\text{A}$ 重陽子: $57 \text{ MeV} < E_p \leq 75 \text{ MeV}$ 3.0粒子 $\mu\text{A}$ ヘリウム3: 170 MeV 6.0粒子 $\mu\text{A}$ 陽子: $E_p \leq 66 \text{ MeV}$ 6.0粒子 $\mu\text{A}$ $\alpha$ 粒子: 140 MeV 6.0粒子 $\mu\text{A}$	陽子: 440 MeV ヘリウム3: 560 MeV 重陽子: 220 MeV アルファ粒子: 440 MeV 重イオン: 110 MeV/核子 <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 10px;">             } ビーム電流              : 1.1粒子<math>\mu\text{A}</math> </div>
使用の目的	原子物理学の研究、及び加速ビームを用いた基礎科学の研究(+放射性同位元素の製造及び販売を伴わない譲渡に係る放射性同位元素の製造)	原子物理学の研究、及び加速ビームを用いた基礎科学の研究(+放射性同位元素の製造及び販売を伴わない譲渡に係る放射性同位元素の製造)
使用の方法	加速ビームの物質、又は生物学試料への照射(2184時間/3ヶ月) リングサイクロトロンの入射器として使用	加速ビームの物質、又は生物学試料への照射(2184時間/3ヶ月)
使用の場所	AVFサイクロトロン本体室、核分光学・エネルギー高分解能・核構造・核反応実験室 リングサイクロトロン本体室(ビーム輸送室を含む)、西実験室、東実験室、中性子実験室	リングサイクロトロン本体室(ビーム輸送室を含む)、西実験室、東実験室、中性子実験室

## 遮蔽計算: 放射線の発生点とビーム損失量

- ターゲットにあてられたビームは、ターゲットを貫通し、ターゲット後方にあるビームダンプでビームの全てを失う。
- ビームを失う箇所が放射線発生点となる
- 薄いターゲットを使用するときはターゲットで失われるビームは極めて少ない。
- それに加えて、ビーム引き出し用ディフレクターで0.03粒子 $\mu\text{A}$ のビーム損失があるものとする
- 実験室内の空気の放射化の評価は、ビームダンプで発生した中性子により評価されている

# 非密封RI使用の承認内容 (1)

OSAKA

使用の目的	核分光学研究及び核医学研究
使用の方法	線源の調整及びトレーサー等、使用するときは10cm、5cm、2cm厚鉛で遮蔽する。各核種における <b>1週間最大使用数量は1日最大数量を超えて使用しない。</b>
使用の場所	(使用室をABCDEの5区分で管理)

番号	群別	核種	半減期	物理的状态	化学形等	年間使用数量	3月間使用数量	1日最大使用数量	使用の場所
10	1	<sup>211</sup> At	7.2 h	液体・固体	すべての化合物	444 MBq	111 MBq	37 MBq	ABDE
112	2	<sup>210</sup> At	8.3 h	液体・固体	すべての化合物	44.4 MBq	11.1 MBq	3.7 MBq	ABDE
405	3	<sup>152</sup> Eu	12.4 y	液体・固体	すべての化合物	444 MBq	111 MBq	37 MBq	ADE
411	3	<sup>68</sup> Ge	267 d	液体・固体	すべての化合物	444 MBq	111 MBq	37 MBq	ABDE
1191	4	<sup>99</sup> Mo	66 h	液体・固体	すべての化合物	1200 MBq	300 MBq	100 MBq	ABDE
1844	4	<sup>62</sup> Zn	9.13 h	液体・固体	すべての化合物	444 MBq	111 MBq	37 MBq	ABDE

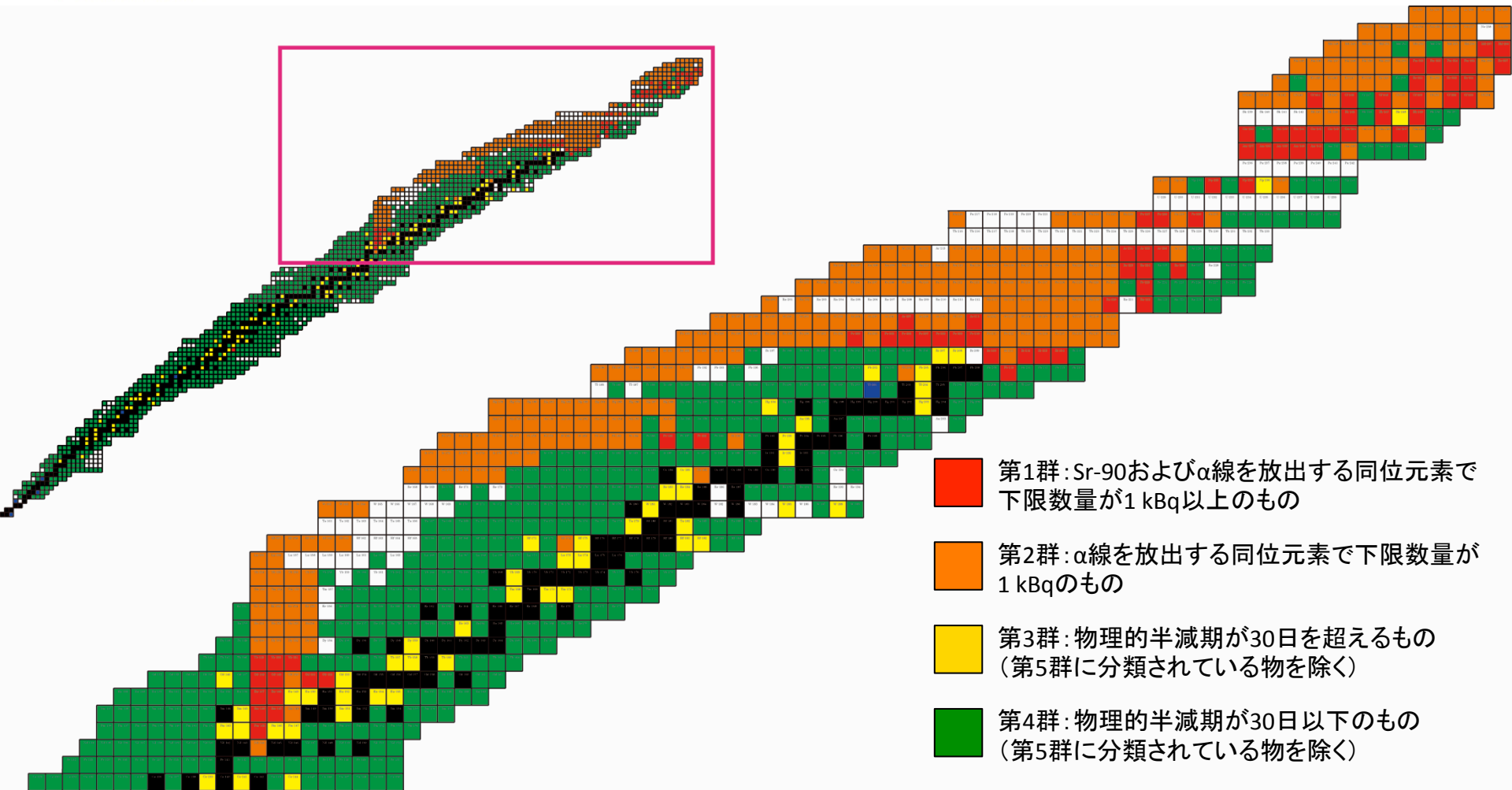
# 非密封RI使用の承認内容 (2)

OS/

群別	種類
1	ストロンチウム90及びアルファ線を放出する同位元素で下限数量が1,000Bq以上の同位元素
2	アルファ線を放出する同位元素で下限数量が1,000Bqの同位元素
3	物理的半減期が30日を超える放射線を放出する同位元素(トリチウム、ベリリウム7、炭素14、硫黄35、鉄55、鉄59及びストロンチウム90並びにアルファ線を放出するものを除く。)
4	物理的半減期が30日以下の放射線を放出する同位元素(ふっ素18、クロム51、ゲルマニウム71及びタリウム201並びにアルファ線を放出するものを除く。)並びに硫黄35、鉄55及び鉄59
5	トリチウム、ベリリウム7、炭素14、ふっ素18、クロム51、ゲルマニウム71及びタリウム201

群別	3月使用数量	1日最大使用数量	使用場所	使用場所	
				群別	使用場所
第1群及び第2群	111 MBq	37 MBq	A,B,D,E	A	RI棟地下 セミホット化学西実験室・セミホット化学東実験室
	(1.227 MBq)	(409 kBq)	C		
第3群	111 MBq	37 MBq	A,B,D,E	B	RI棟1階 核医学実験室
	(11.1 MBq)	(3.7 MBq)	C		
第4群	320 MBq	104 MBq	A,B,D,E	C	RI棟1階 RI測定室, 実験開発準備室 RI棟地下 全使用室
	(1.221 MBq)	(407 kBq)	C		
第5群	10 GBq	3 GBq	A,B,D,E	D	AVFサイクロトロン棟 S,W,M,N実験室
	(11.1 MBq)	(3.7 MBq)	リンポジウム		
				E	リングサイクロトロン棟 本体室、各実験室

# RCNPにおける $\alpha$ 線を放出する承認核種



- 第1群: Sr-90および $\alpha$ 線を放出する同位元素で下限数量が1 kBq以上のもの
- 第2群:  $\alpha$ 線を放出する同位元素で下限数量が1 kBqのもの
- 第3群: 物理的半減期が30日を超えるもの (第5群に分類されている物を除く)
- 第4群: 物理的半減期が30日以下のもの (第5群に分類されている物を除く)
- 第5群: H-3、Be-7、C-14、F-18、Cr-51、Ge-71、Ti-201

# 密封線源使用の承認内容

種類及び数量	核 種	<sup>241</sup> Am-Be	<sup>241</sup> Am-Be	<sup>241</sup> Am-Be
	物 理 的 状 態	固体	同左	同左
	化 学 形 等	無機化合物 又は単体	同左	同左
	密 封 の 状 態	金属カプセル中	同左	同左
	1個当り数量及び個数	11.1GBq x 1	3700MBq x 1	185 MBq x 1
	合 計 数 量	11.1 GBq	3700 MBq	185 MBq
使 用 の 目 的	中性子源	中性子源	中性子源	
使 用 の 方 法	線源の調整及び検出器の校正 連続使用 168時間/週、2184時間/3月間 測定室IIにおいては、複数線源を同時使用しない			
使 用 の 場 所	AVFサイクロトロン棟各実験室、 セミホット工作室、測定室I, II, III、 セミホット化学実験室、同位体分離室、 ターゲット準備室、 リングサイクロトロン本体室及び各実験室			

## 遮蔽計算

① 使用の条件  
すべての<sup>241</sup>Am-Be線源14,985MBqを連続使用するものとする。利用に当たっては、鉛1cmとポリエチレン20cmで遮蔽する。

② 貯蔵条件  
使用と同時に全ての<sup>241</sup>Am-Be線源14,985MBqが貯蔵庫で保管されているものとする。貯蔵条件はコンクリート60cmの貯蔵庫に保管する

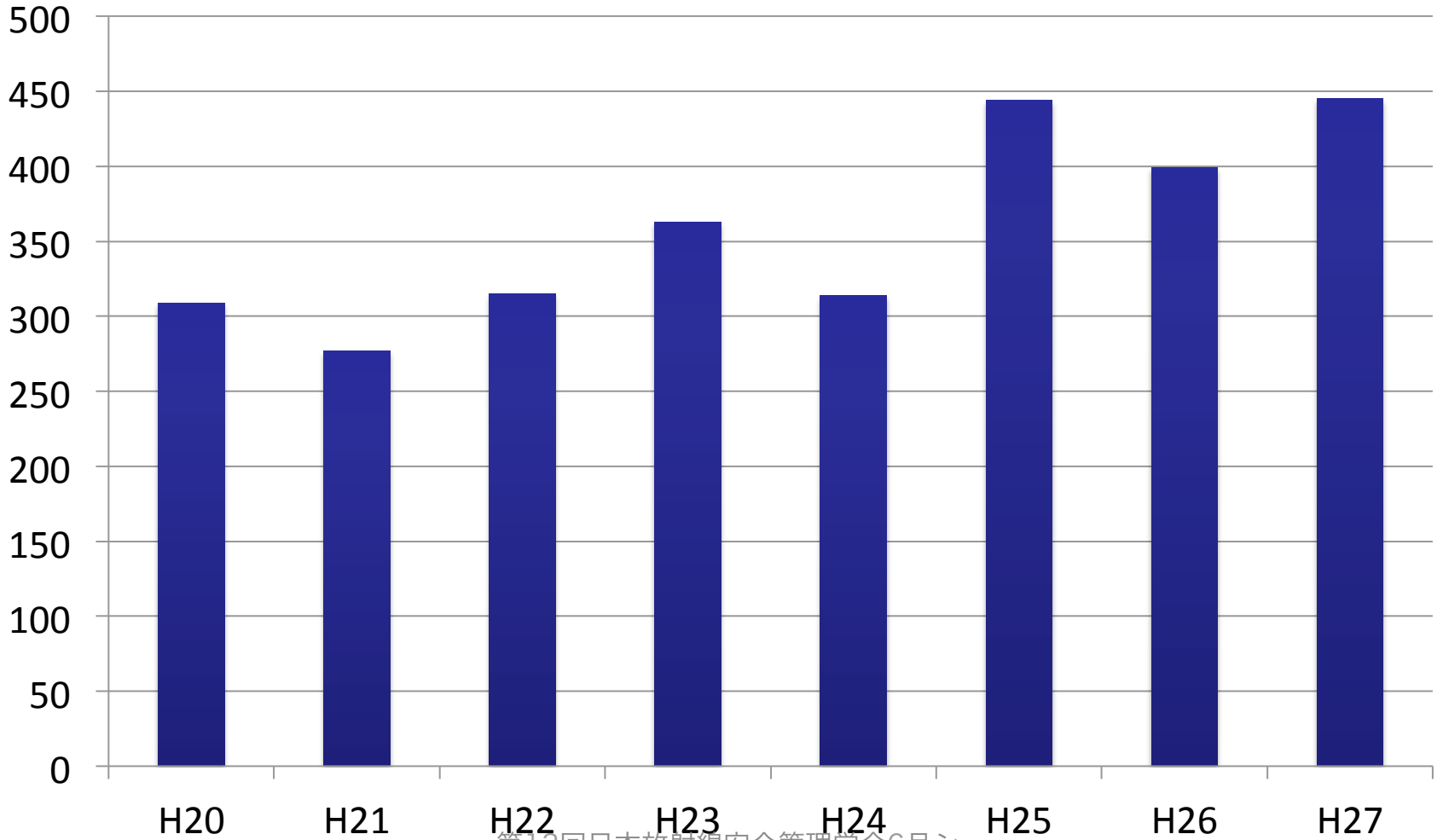
## 計算条件に用いた条件のまとめ

- 使用時は**ポリエチレンブロック20cm及び鉛板1cm**で囲み使用する。
- 連続使用するが、評価時間は1週間当たり40時間とする。
- 使用中、作業者までの距離を**0.5m**とする



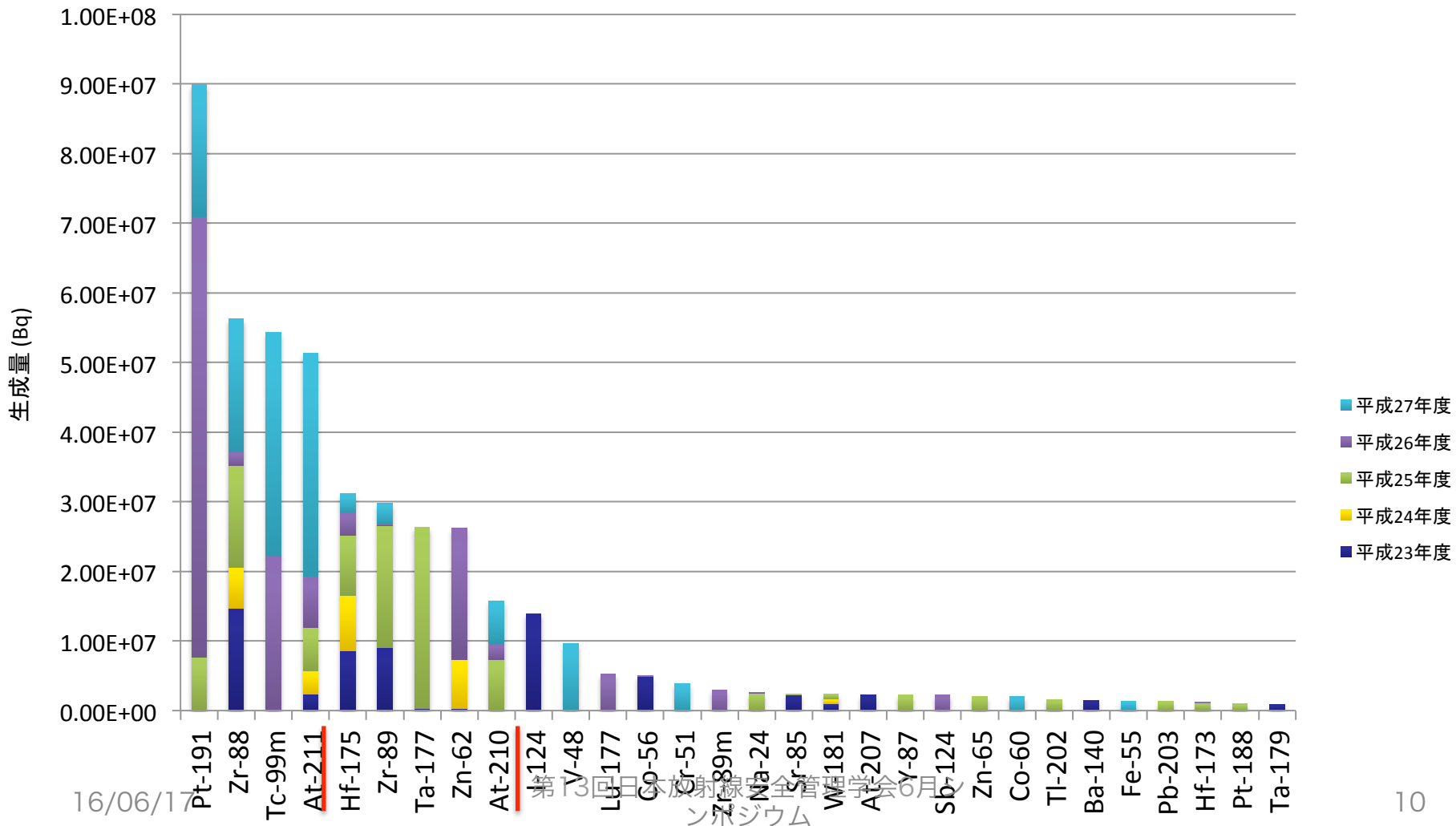


# RCNP放射線業務従事者数





# 平成23-27年度・生成量が多い30核種



このスライドは、ここでは非公開とします。

引用元スライドは  
「大阪大学 医理核連携事業 新規医療イノベーションのためのシンポジウム」  
ホームページで公開されています。

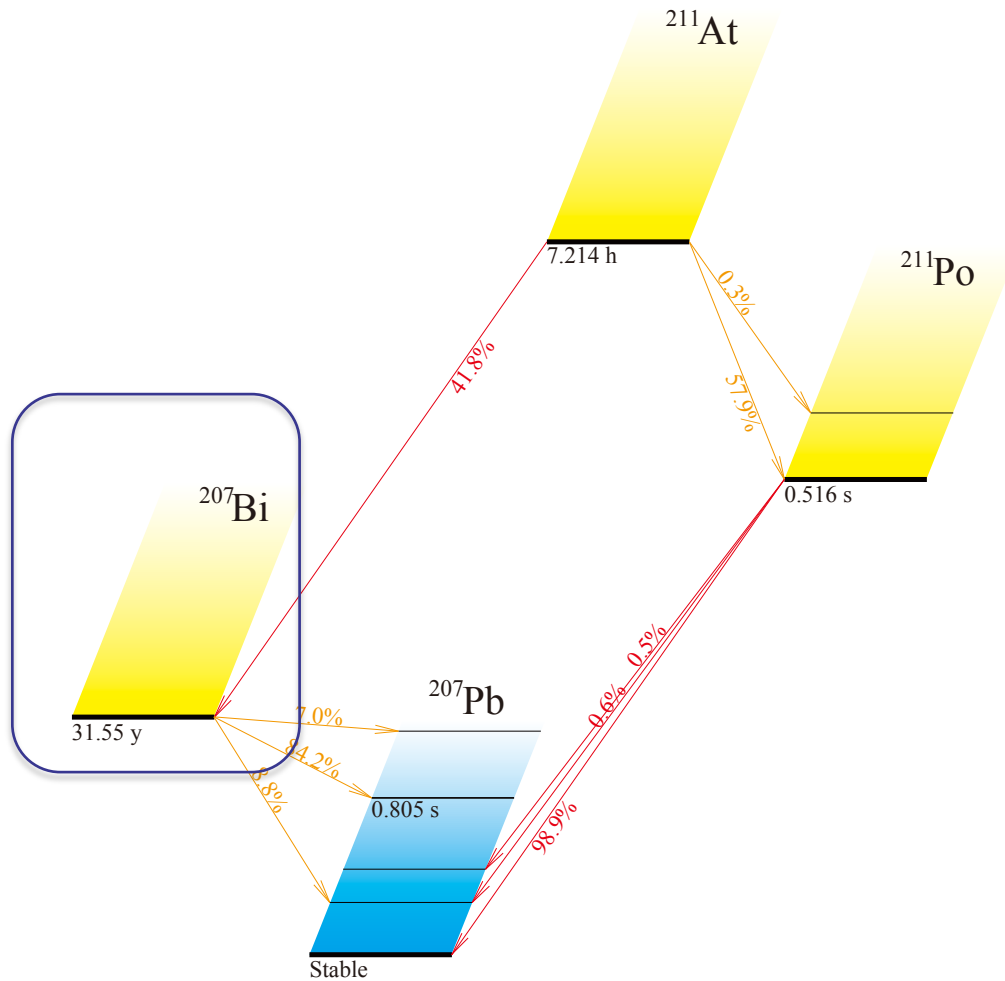
このスライドは、ここでは非公開とします。

引用元スライドは  
「大阪大学 医理核連携事業 新規医療イノベーションのためのシンポジウム」  
ホームページで公開されています。

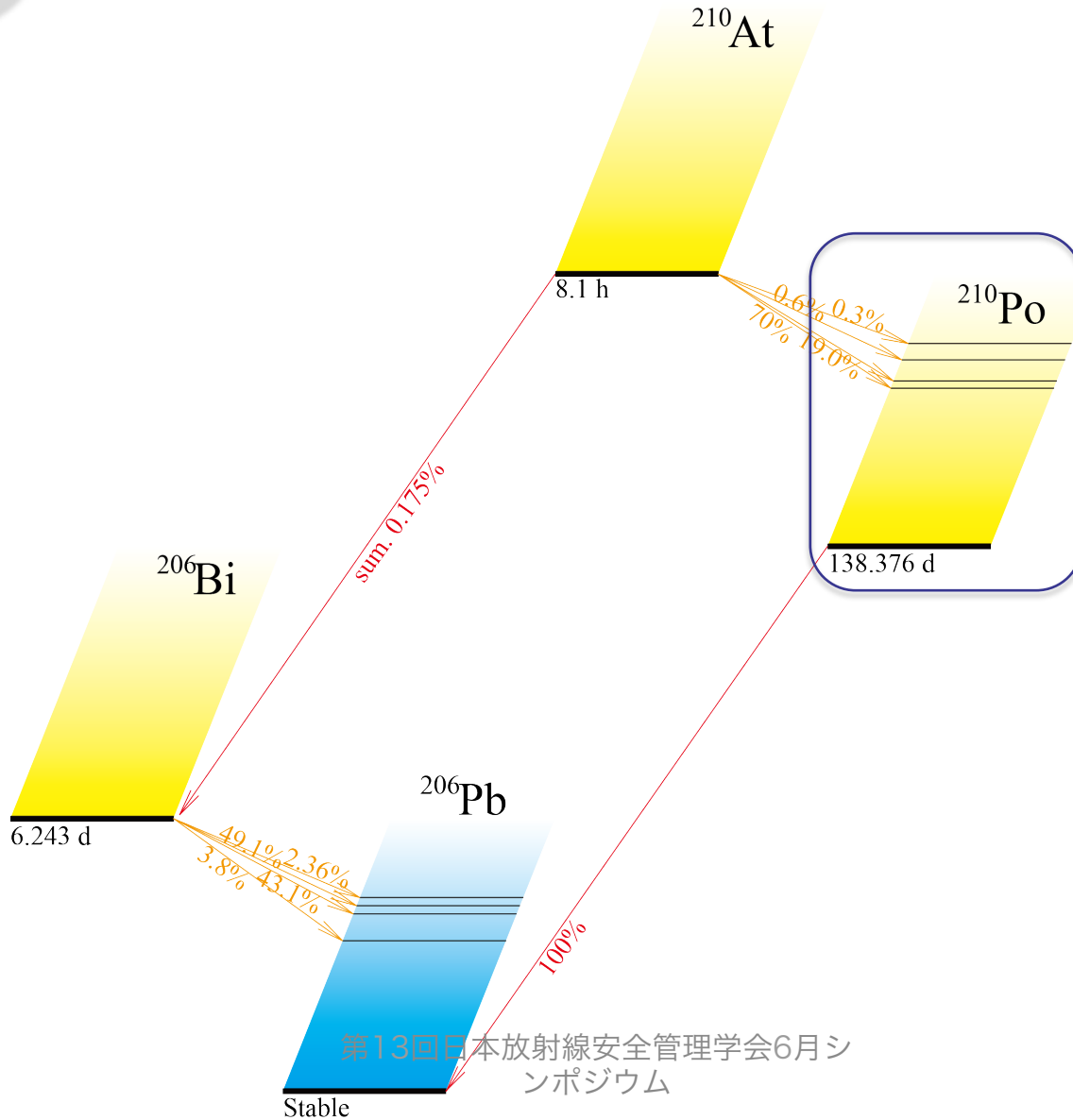
このスライドは、ここでは非公開とします。

引用元スライドは  
「大阪大学 医理核連携事業 新規医療イノベーションのためのシンポジウム」  
ホームページで公開されています。

# アスタチン-211



# アスタチン-210





# 本支援プラットフォームの目的

OSAKA UNIVERSITY

研究用RIの年間を通じた安定な供給とその安全な取り扱いのための技術的な支援を行う。

- 日本アイソトープ協会などから購入できない短寿命RIの供給.
- 世界最高レベルの加速器施設の連合体による速やかで安定な供給.
- 共同利用・共同研究拠点である阪大RCNPに窓口を一元化、利便性を格段に改善し、利用者を拡大.
- 幅広い分野の基礎研究の推進を支援：**次世代PET用プローブの開発**、**次世代RI治療薬の開発**、**生体微量元素の代謝研究**など.







# 中核及び連携機関の役割

- 共同利用・共同研究拠点を中核とした有機的な連携.

支援内容	阪大・RCNP	理研・RIBF	東北大・CYRIC	東北大・ELPH
ポジトロン放出核種の供給	○	○	◎	○
シングルフォトン核種の供給	◎	○	—	◎
ベータ線放出核種の供給	○	○	○	○
アルファ線放出核種の供給	◎	◎	○	—
中性子過剰放射性核種の供給	—	—	—	◎
重元素放射性核種の供給	—	◎	—	—
RI技術支援人材育成	—	—	◎	◎



# 実施計画

- WEBページ及びメーリングリストを用いて、関連分野へ広く支援事業への応募を呼びかける。
- 春と秋の年2回、課題選択委員会を開催し、支援課題を選択する。
- 利用実績をWEBページで公開する。
- 年間に阪大5件、理研6件、東北大CYRIC5件、東北大ELPH5件の選択課題にRI供給支援を行う。
- 技術指導講習会を年に2回開催する（初年度は東北地区で開催予定）。
- 月に一度、中核及び連携機関の間でインターネット会議を開催する。



# 短寿命RI利用と $\alpha$ 線廃棄物（まとめ）

OSAKA UNIVERSITY

- 大阪大学では核物理研究センターが所有するAVFサイクロトロンを利用することで非常に多くの核種を生成することができる。
- 大阪大学では、医学系研究科、理学研究科、核物理研究センター、ラジオアイソトープ総合センターが協力した医理核連携プロジェクトを進めており、その目玉は $^{211}\text{At}$ によるアルファ線内用療法である。
- 大阪大学核物理研究センター、理化学研究所仁科加速器研究センター、東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター、東北大学電子光理学研究センターが連携した短寿命RI供給プラットフォームがスタートした。アスタチン同位体を含む日本アイソトープ協会が販売しない短寿命核種の研究目的の供給が可能になる。
- 特にアスタチン-211の廃棄物の集荷を希望する。