



核医学・核工学シンポジウム
がんを制する人工核種をつくる
～内用療法向け α 放出核生成技術の最前線～

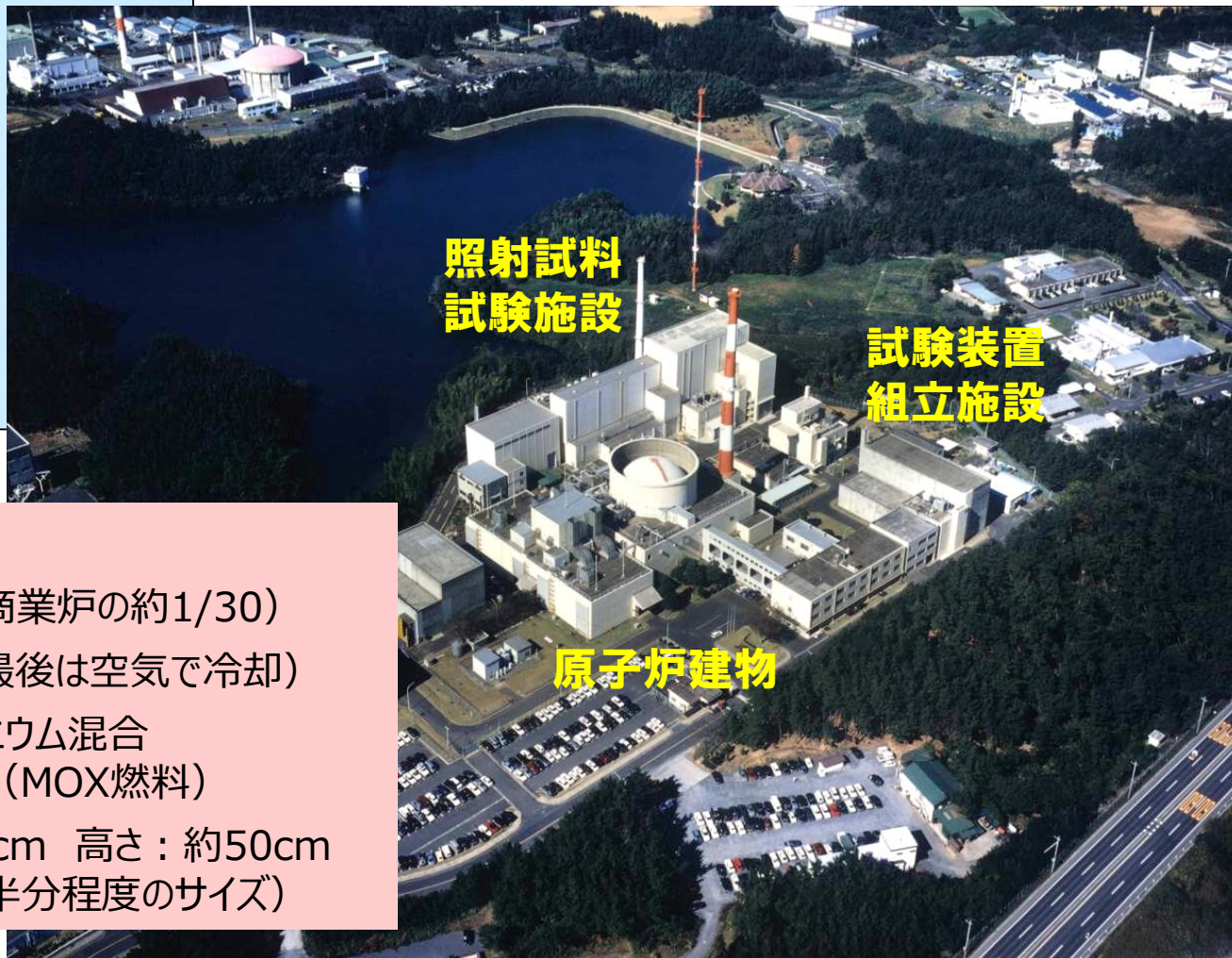
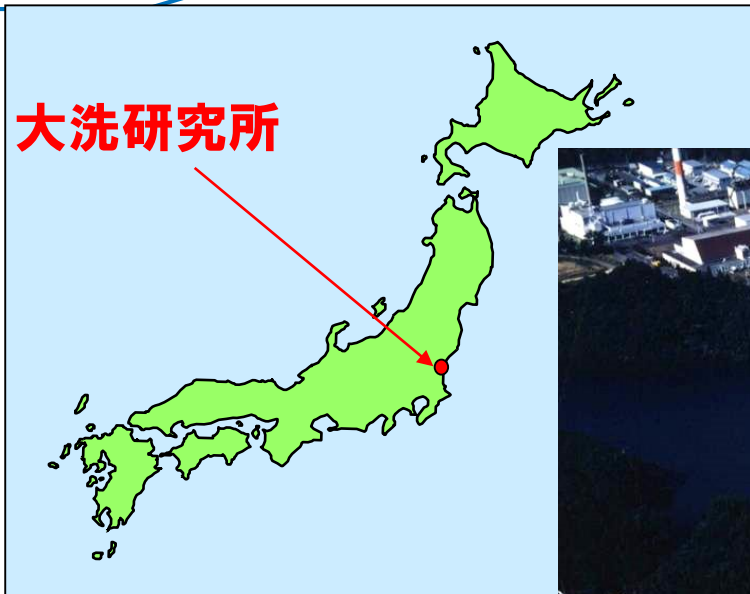


高速実験炉「常陽」による Ac-225生成

日本原子力研究開発機構 大洗研究所
高速炉サイクル研究開発センター
高速実験炉部 高速炉照射課
前田 茂貴

高速実験炉「常陽」

大洗研究所



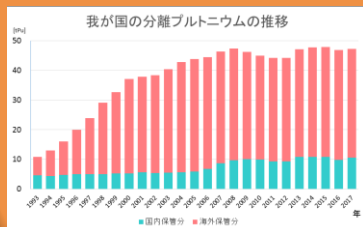
主要仕様

- 熱出力 100MW (商業炉の約1/30)
- 冷却材 ナトリウム (最後は空気で冷却)
- 燃料 ウラン・プルトニウム混合
酸化物燃料 (MOX燃料)
- 炉心 直径: 約78cm 高さ: 約50cm
(ドラム缶の半分程度のサイズ)

～カーボンニュートラルを実現するイノベーションと
エネルギーセキュリティの確保を目指して

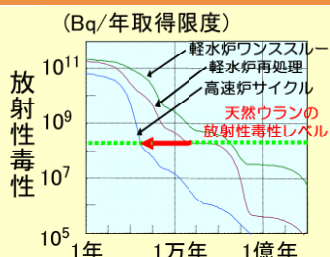
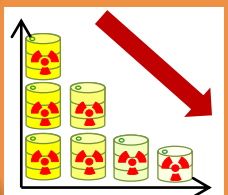
～核拡散・核テロの脅威の無い
世界を目指す

- プルトニウム燃焼
- プルトニウム燃焼炉の開発
- 核不拡散革新技術の実証



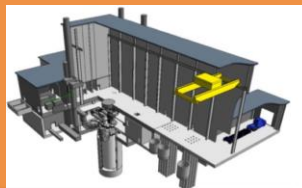
保有プルトニウムの削減

- マイク-アクチドを燃料に混ぜて燃焼
- 長寿命核分裂生成物の短寿命化



～持続可能な原子力利用へ

- 小型炉、次世代炉開発(NEXIP)
- 民間のイノベーション技術開発
- 新燃料・材料開発、安全性向上
- 米仏協力（開発、協働）

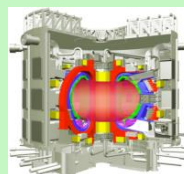


米国多目的
研究炉 VTR



高速実験炉「常陽」

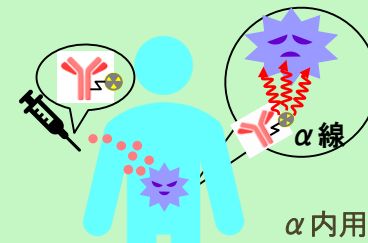
- 基礎基盤研究・多目的利用
- 大学利用、国際貢献
- 核融合炉開発
- 加速器駆動
未臨界炉(ADS)開発



～原子力のポテンシャルの追求

～医療・産業のイノベーション創出

- 治療・診断用アイソトープ製造
- 工業用アイソトープ製造



- 大学・高専との連携
- 海外技術者の受け入れ



学生実習



海外研究者の
インターシップ研修

～未来を担う原子力技術者の育成

「常陽」でのRI製造の特徴・メリット

□ 広範なエネルギーの中性子照射が可能

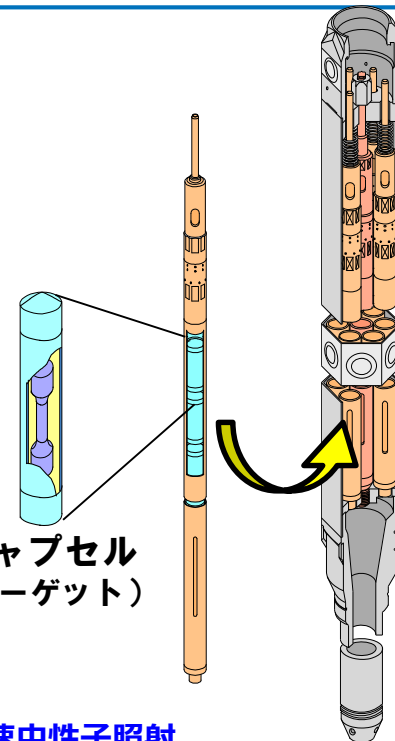
✓ 多様なRI製造が可能

- 燃料領域 : $(n, 2n)$ 反応 (高速中性子) による製造
Ac-225 ← 高速炉で効率的
- 反射体領域 : (n, γ) 反応 (中低速中性子) による製造
Mo-99、Ir-192、Au-198、I-125

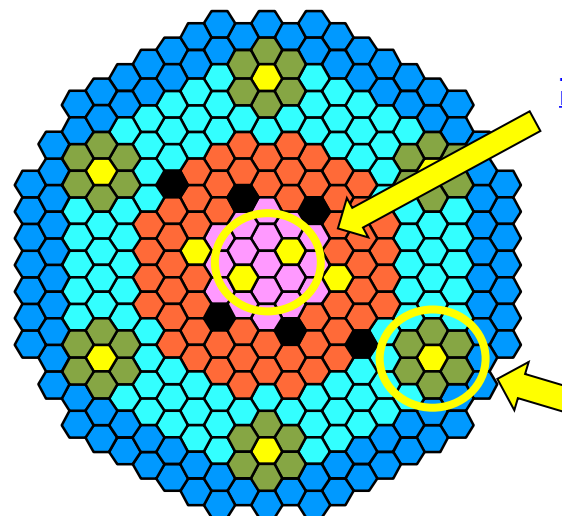
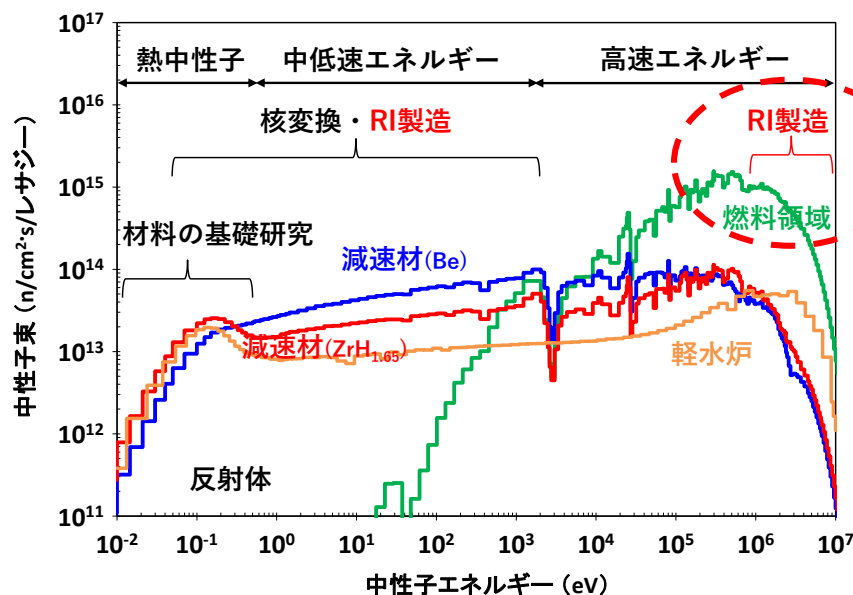
高速炉ならではの

□ 高中性子束・大容量の中性子照射が可能

✓ 大量製造が可能



キャプセル
(ターゲット)



高速中性子照射

- 燃料領域 (Fuel region)
- 反射体領域 (Reflector region)
- の活用 (Utilization)
- 照射装置 (Irradiation device)

中低速中性子照射

- 反射体領域に (In the reflector region)
- 減速集合体 (Moderator assembly)
- 照射装置 (Irradiation device)
- を装荷 (Load)

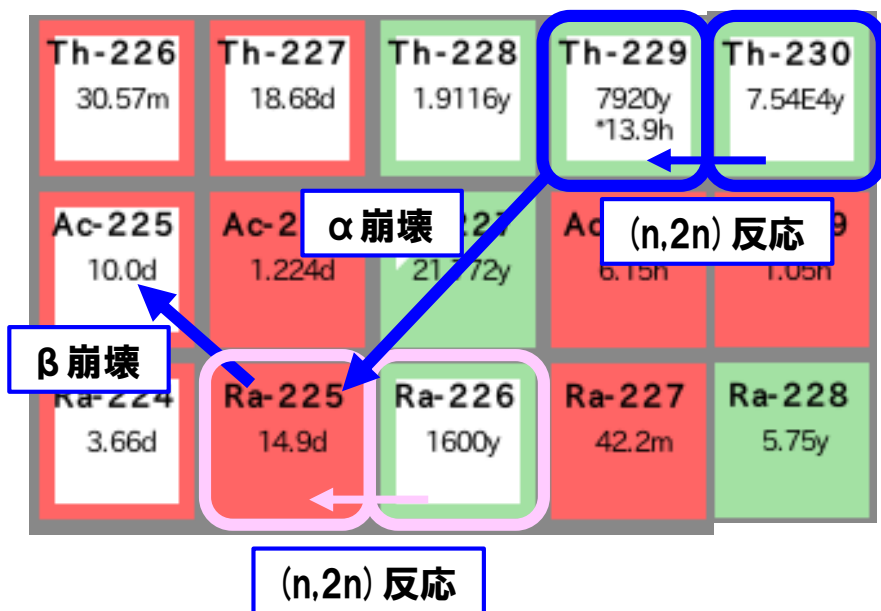
多様な中性子照射場

Advanced Reactor Research and Development



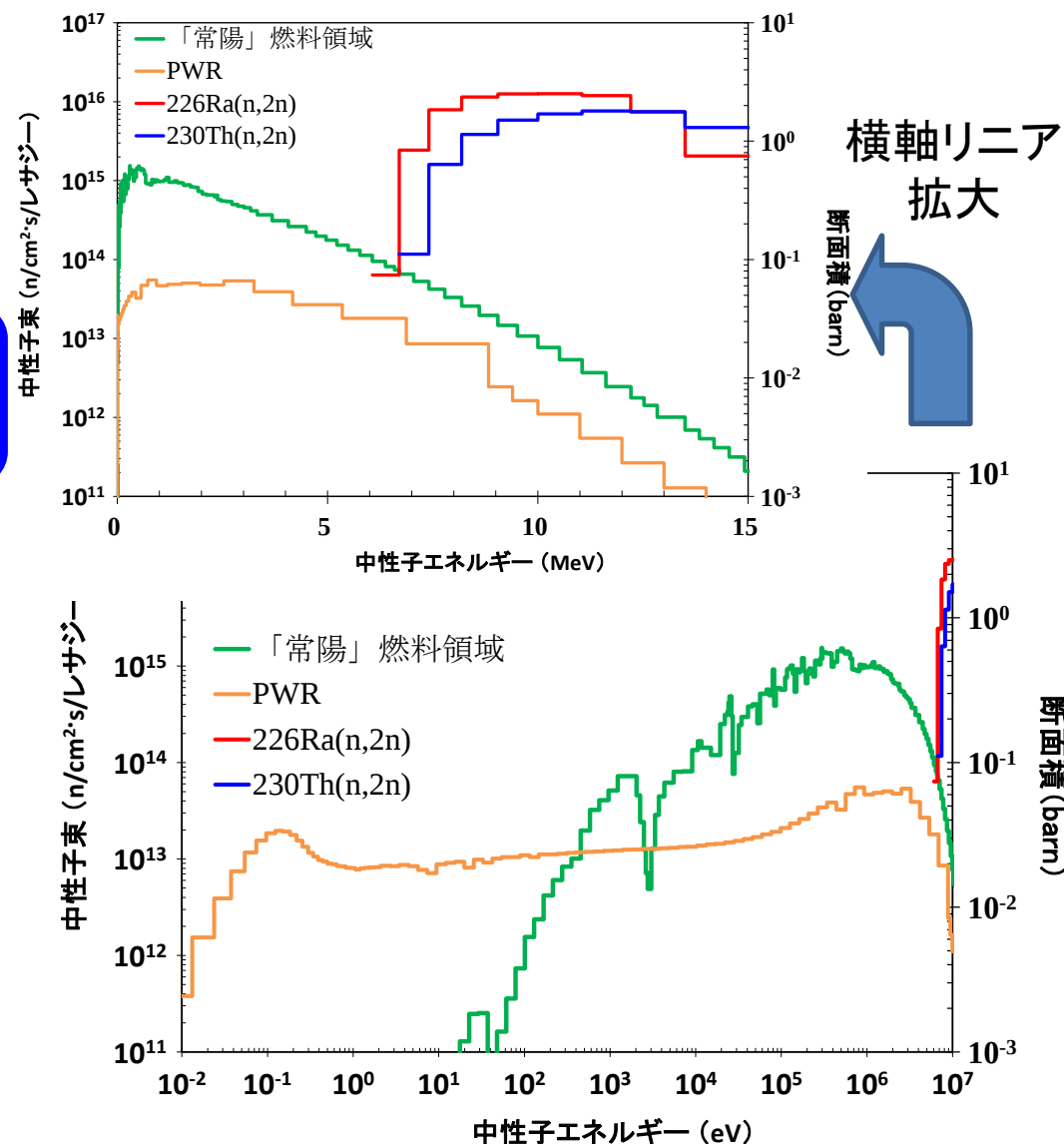
^{230}Th 照射法

$^{230}\text{Th}(n,2n)^{229}\text{Th} (^{225}\text{Ac}$ ジェネレータ)



^{226}Ra 照射法

$^{226}\text{Ra}(n,2n)^{225}\text{Ra} \xrightarrow{\beta \text{崩壊}} \text{Ac-225}$



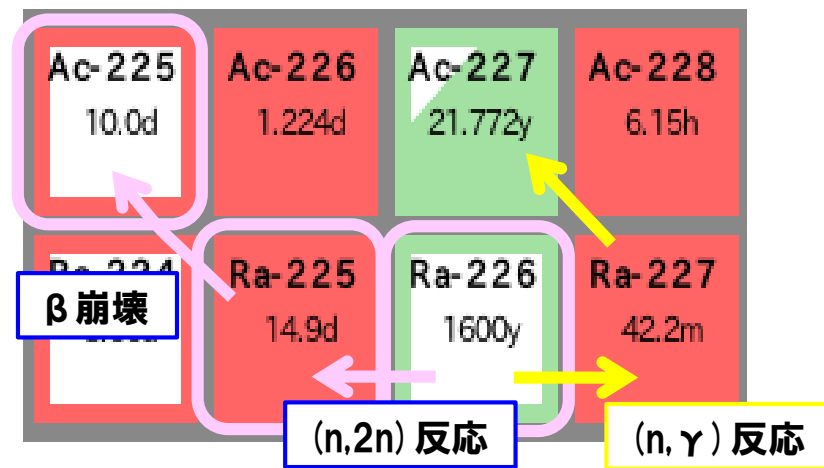
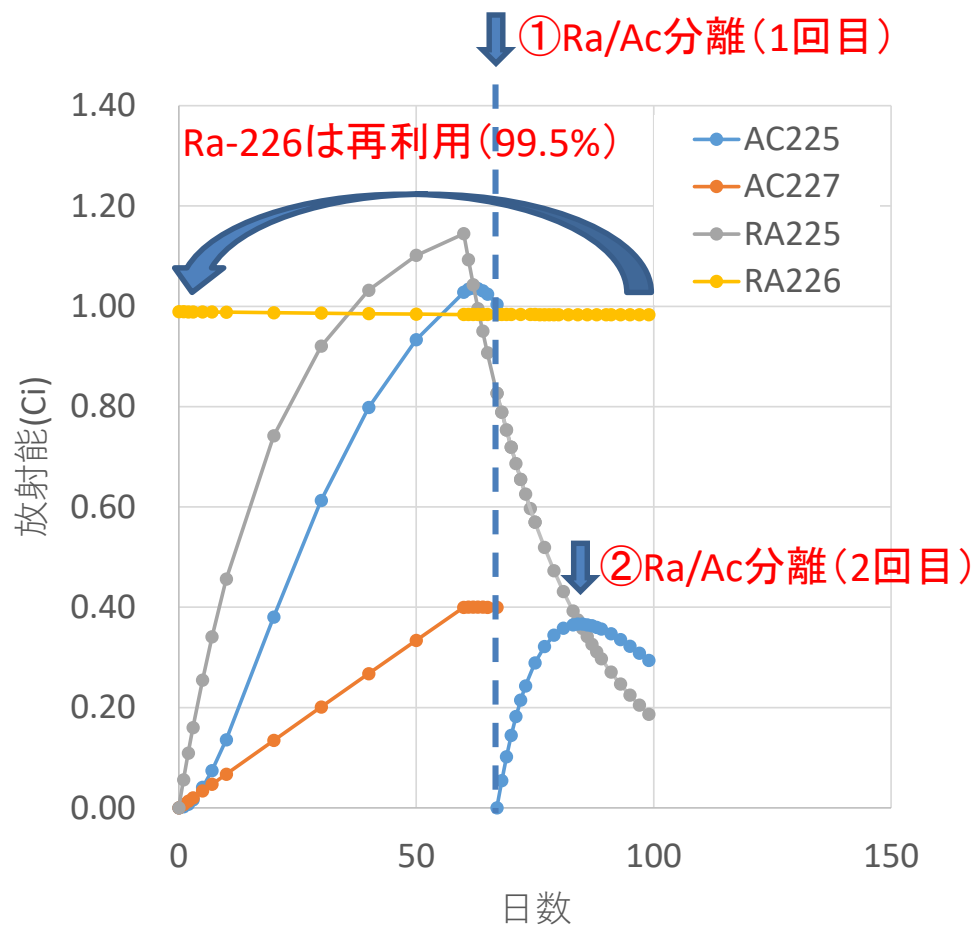
『2 g』の ^{226}Ra を1 cy (60日) 照射 → ①Ac-225 2.0 Ci (74 GBq) 生成

②Ac-225 0.7 Ci (26 GBq) 生成

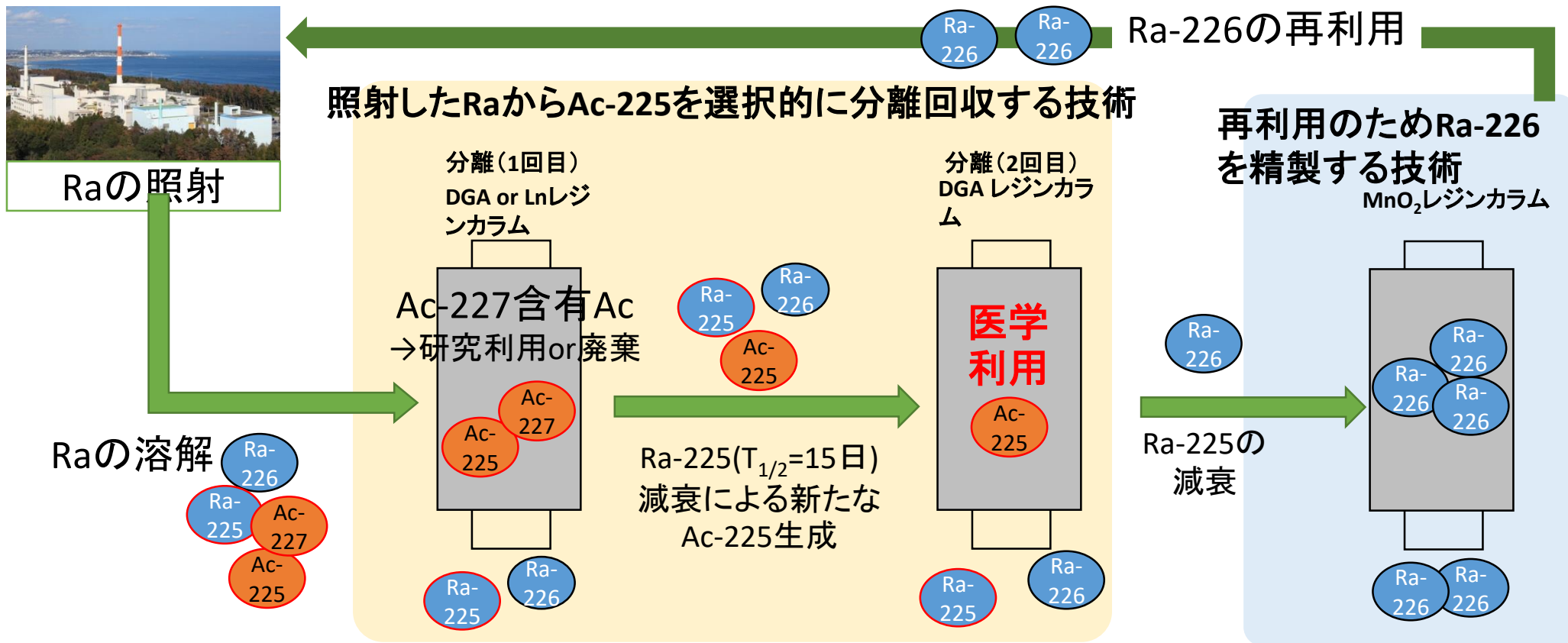
(現在の世界供給量 2 Ci (74 GBq/y))

Ac-227
混入

Ac-227
混入なし



Ra-226(1g)照射によるAc-225製造
(燃焼計算コードORIGEN2.2の計算結果)



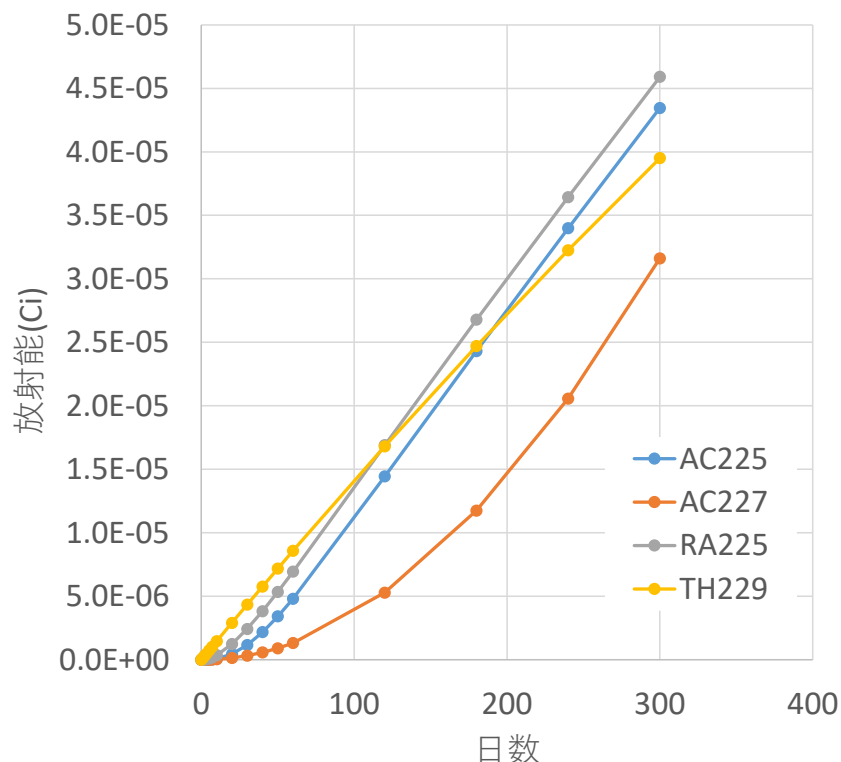
Ac,Ra分離の主な例: Ac(III) , Ra(II) イオンの原子価の違いを利用

^{230}Th 照射による ^{229}Th (ジェネレータ)の製造

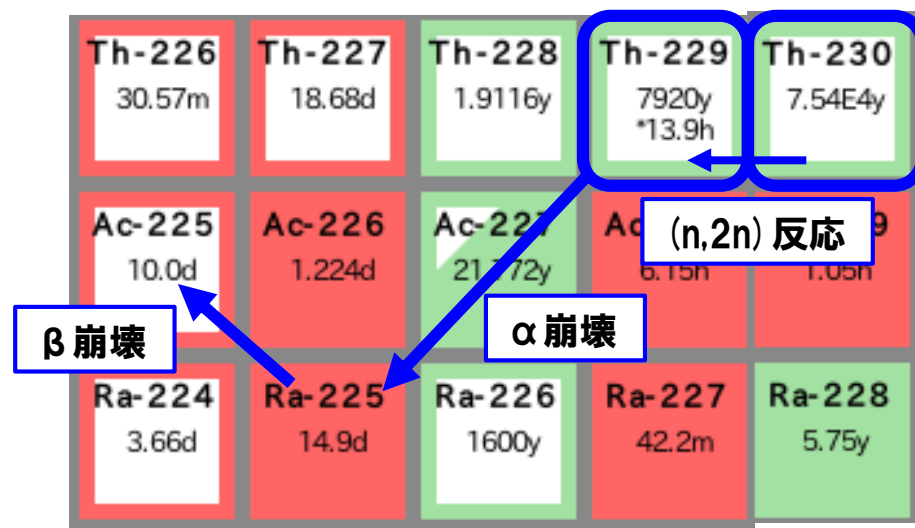
『1kg』の ^{230}Th を5cy(300日)照射 $\rightarrow$ ^{229}Th 0.040Ci(0.19g)生成

『0.19g』の ^{229}Th から年間12回、合計0.24Ci(8.9GBq)の ^{225}Ac を毎年生成可能

(現在の世界供給量 2 Ci (74 GBq/y))



Th-230 1g照射による
Th-229 (Ac-225ジェネレータ) 製造
(燃焼計算コードORIGEN2.2の計算結果)



その他の副次的な反応、核分裂による生成物(FP等)もできてしまう。

→化学処理に再処理技術の応用が必要

- 日本原子力研究開発機構(「常陽」、JRR-3、HTTR)、京都大学(KUR、KUCA)、近畿大学(近大炉)が保有
- 中性子照射後の取扱施設(照射試験施設)を有するのは「常陽」、JRR-3
 - 原子炉から取り出した試料の放射線を遮蔽でき、かつ、マニピュレータ等で遠隔操作できる特殊な建物、設備が必要(単独のメーカ、大学では持ちえない施設)
- 新規制基準適合性審査
 - 合格: JRR-3、HTTR、KUR、KUCA、近大炉
 - 審査中: 「常陽」



- アイソトープ製造の可能性
 - 原子炉内の複数の場所でアイソトープ製造が可能
 - さまざまなアイソトープ製造が可能
 - 国内需要を担える製造量の見込み
 - 高速中性子を利用しAc-225を生成できるのは「常陽」のみ
- 「常陽」の現状
 - 新規制基準適合性確認の審査中
 - 通常運転時の安全性確認は終了、過酷事故(シビアアクシデント)時の安全性を審査中
 - 同じ敷地内のHTTRが合格
 - 自然現象(地震、竜巻、津波)等の共通事項の審査は実質終了
- 課題
 - 高速炉開発専用との誤解(中性子を用いた研究への貢献)
 - 照射ターゲット(Ra-226、Th-230)の調達
 - 法令対応

本研究は文部科学省原子力システム研究開発事業
JPMXD0220354346 の助成を受けたものです。

ご清聴ありがとうございました。

