

試験研究炉「常陽」における 医療用（治療用）ラジオアイソトープ の製造可能性

令和4年1月13日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

製造法	原理	国・施設	備考
Th-229ジェネレーターからの抽出法	核燃料U-233の壊変で生じたTh-229を使用し、Ac-225を抽出 (Th-229→Ra-225→Ac-225)	米国(ORNL) 独(JRC) 露(IPPE)	製造量はTh-229の量に依存。
加速器法	Th-232の核破砕 (Th-232(p,spall) Ra-225→Ac-225)	カナダ(TRIUMF)	製造実績報告あり。Ac-227フリーの製造が可能
	Ra-226の核変換 (Ra-226(p,2n)Ac-225)	サイクロトロン (日本ではQST+メジフィジックス)	製造実績報告あり。Ac-226混入が課題。
	Ra-226の光核反応 (Ra-226(γ,n) Ra-225→Ac-225)	線形加速器 (日本では日立+東北大ELPH、東大+東北大ELPH)	製造実績報告あり。
原子炉法	Ra-226の核変換 (Ra-226(n,2n) Ra-225→Ac-225)	露(IPPE) (日本では、都市大+JAEA)	製造実績報告なし。

- ✓ 現在、米、独、露(いずれも原料のTh-229を保有)のみがAc-225を供給。
総供給量は約2Ci/年(前立腺癌で約3000人分)。世界的な供給不足。
- ✓ 供給を増やす方法として、高エネルギー中性子の照射場がないため、世界的に加速器を指向。
- ✓ 日本は「常陽」という高エネルギー中性子照射場を保有。

- 医療用RI(特にAc-225)の国産化の期待
- RI製造インフラとしての既存施設(高速実験炉「常陽」)の活用

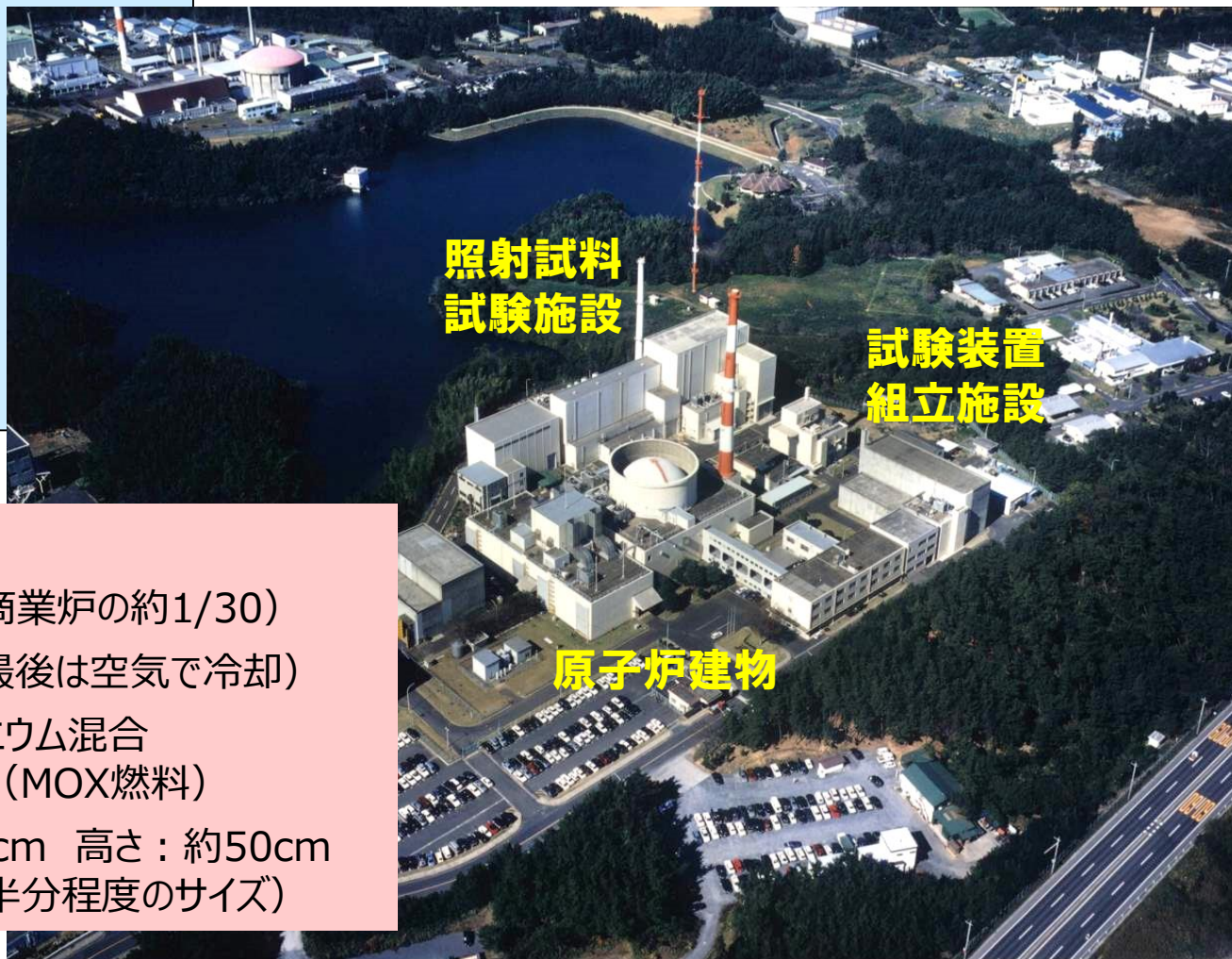


- 概念検討による技術的基礎の確認
 - 「常陽」における生成量評価
 - 既存の照射試料移送ルート of 設備による隣接照射燃料試験施設(FMF)への迅速払出し技術の概念設計
 - 照射Ra-226の化学処理手順の研究



- 実効可能性検討
 - 「常陽」及び照射後試験施設(照射燃料集合体試験施設:FMF)を用いたAc-225製造

大洗研究所

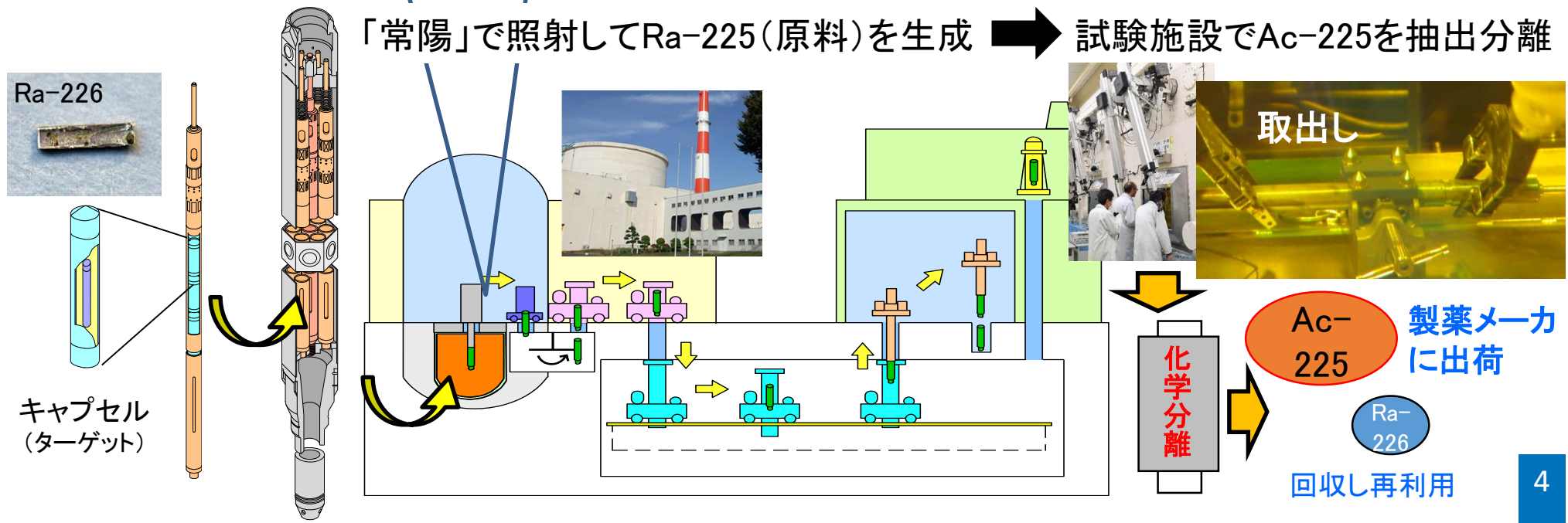
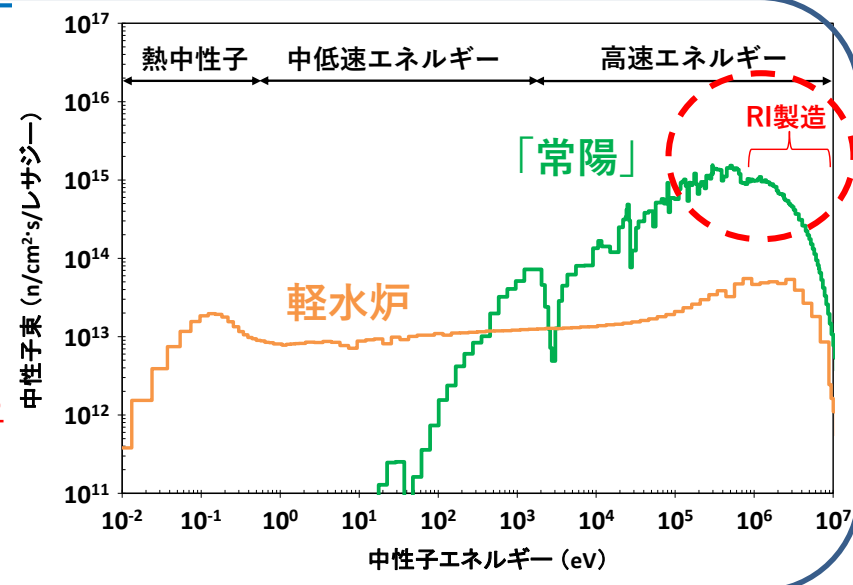


主要仕様

- 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)

「常陽」を用いたAc-225製造方法

- **高エネルギーの中性子照射が可能**
 - ✓ **Ra-225/Ac-225の製造に向いている**
- **高中性子束・大容量の中性子照射が可能**
 - ✓ **大量製造が可能**
- **定格運転日数が60日**
 - ✓ **Ra-225(半減期15日)/Ac-225(半減期10日)に適する**
- **運転中は装荷・取出し不可**
 - ✓ **原子炉停止後に迅速に払出す技術の確立**



生成量評価 (^{226}Ra 照射)

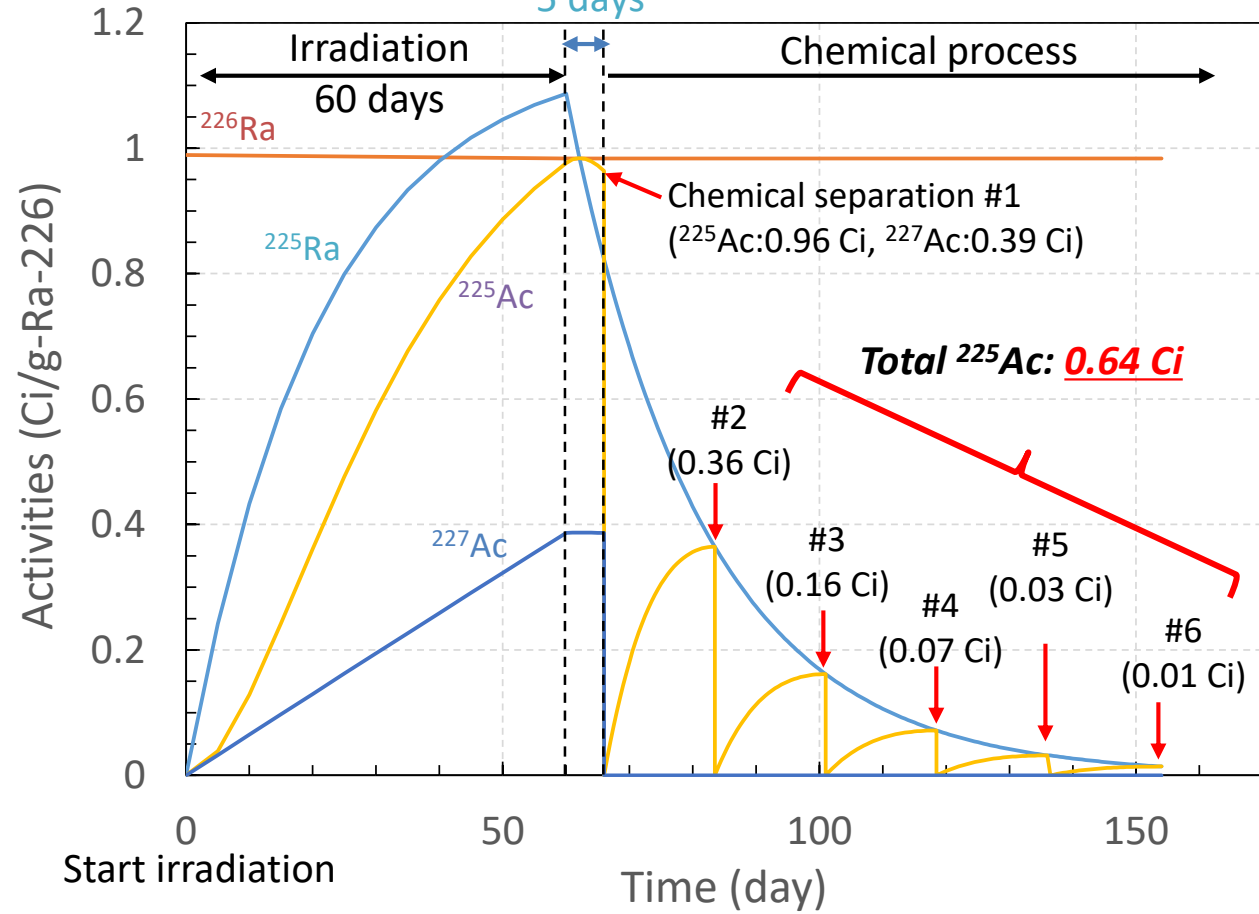
『1 g』の ^{226}Ra を1 cy (60日)照射 → #1 Ac-225 0.96 Ci (36 GBq) 生成

#2 ~ Ac-225 0.64 Ci (24 GBq) 生成

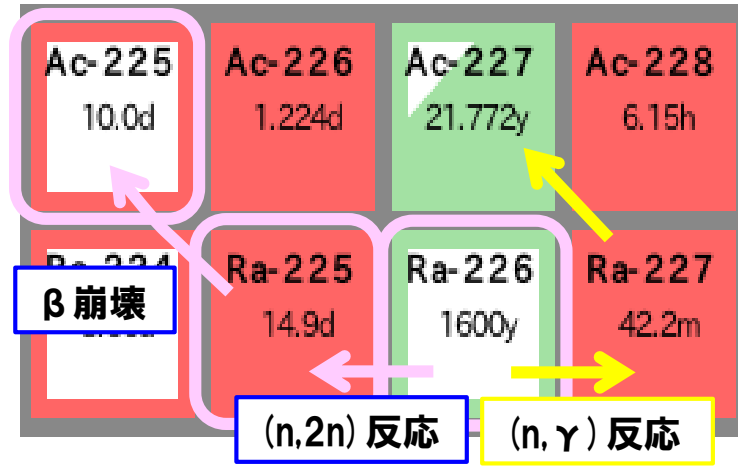
Ac-227
混入

Ac-227
混入なし

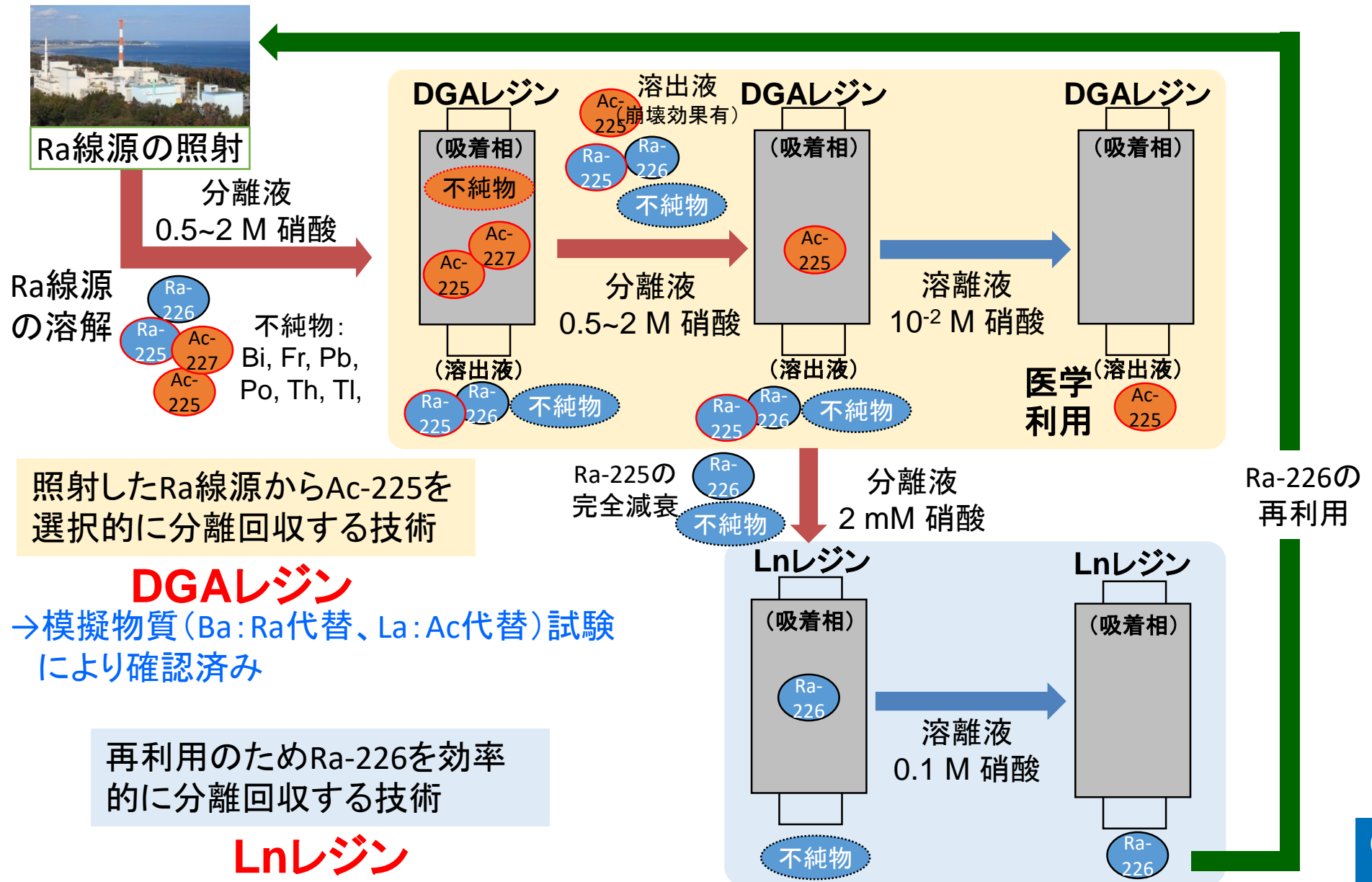
Transfer of S/A from Joyo to PIE facility
5 days



(現在の世界供給量 2 Ci (74 GBq/y))



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)



照射したRa線源からAc-225を
選択的に分離回収する技術

DGALレジンの

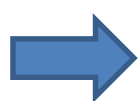
→模擬物質 (Ba:Ra代替、La:Ac代替) 試験
により確認済み

再利用のためRa-226を効率的に
分離回収する技術

Lnレジンの

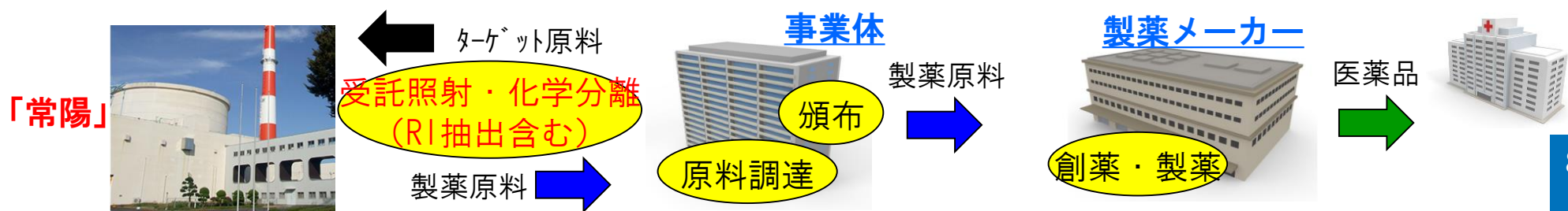
• 概念検討の結果

- ✓ 既存の燃料交換及び照射後試験施設への移送システムを改良することで、照射済み ^{226}Ra の迅速な払出し(約5日間)、化学処理への受け渡しが可能(概念設計完了)
- ✓ 模擬物質を用いたRa/Acの化学分離の実現性を確認
- ✓ 「常陽」で ^{226}Ra 1 gを1サイクル(60日)照射により、0.64 Ciの ^{225}Ac を製造可能(解析結果)。
 - ^{226}Ra 3 gを年間2サイクル照射で約3 Ci/年生成可能
(日本で前立腺がんに限った需要(試算))
照射体積は数十gにも対応可能であり、原料さえ調達可能なら更なる製造も十分可能



今後、運転再開後に「常陽」での製造量の実証(分析結果)が必要

- 照射ターゲットRa-226の調達
 - 原理～中規模レベルの実証(～0.1 Ci) 機構内保有線源を確保済
 - 大規模実証～大量製造(>1 Ci) Ra-226産出国との交渉等
→ 機構外の協力が必要
- 「常陽」の運転
 - 運転再開(新規制基準への適合性)
 - 運転継続、安定運転
- 「常陽」及び照射後試験施設の許認可(RIの使用、製造、廃棄)
- オールジャパンでの取組
 - 医療用RI供給の在り方について政策構築が必要
 - FDAのDrug Master File(米国)や原薬等登録原簿(マスターファイル:MF)(日本)への登録への助成
- 国産医療用RIの円滑な供給に向けたサプライチェーンの構築
 - 機構は保有する設備(原子炉、照射後試験施設)、技術(運転、化学処理)を施設供用制度を利用して提供。
 - ターゲットの調達、製造したRIの頒布、照射委託元には「事業体」の設置が必須



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。

「国内の原子力インフラを活用した医用RI の自給技術確立に向けた研究開発」

ご清聴ありがとうございました。

