



令和6年度 医療用等ラジオアイソトープ アクションプランフォローアップ 【Ac-225】

令和6年6月25日

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

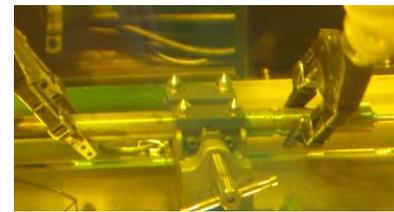
主要仕様

- 熱出力 100MW (10万kW) (空気冷却)
- 冷却材 ナトリウム (2ループ)
- 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

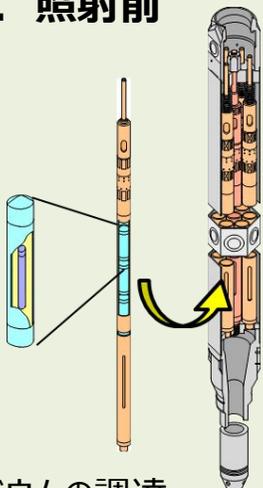


照射後、迅速に照射試料を払い出し、化学処理を行うことが可能な施設環境

解体・取り出し

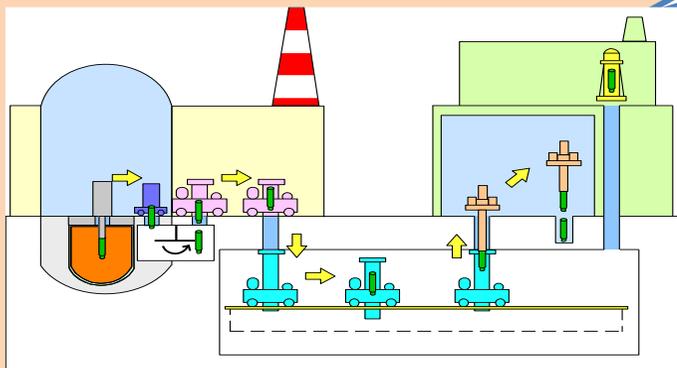


1. 照射前



- ・ラジウムの調達
- ・ターゲットの調整
- ・照射用キャプセル製作
- ・集合体部材の調達
- ・集合体組立

2. 照射/移送/解体

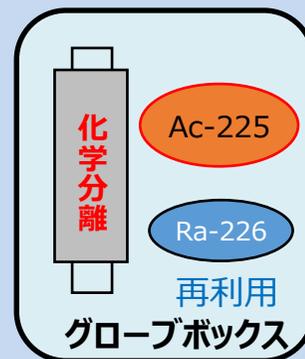


原子炉建屋

照射試料試験施設 (FMF)

- ・ターゲット照射
- ・集合体移送
 - 照射後集合体のナトリウム洗浄/乾燥
 - 最短工程での実施
- ・集合体解体、キャプセル取出し

3. 化学処理



製薬メーカーへ出荷

- ・ターゲット取出し/溶解
- ・Ac-225の単離
- ・分析(放射線計測、質量分析)
- ・Ac-225の払出し
- ・Ra-226の回収/再利用

アクションプランへの「常陽」の取り組み

年度		2023(R5)	2024(R6)	2025(R7)	2026(R8)	
Ac-225製造工程				JMTR線源 (30mg) ★ Ra受入 ★	Ra照射予定(令和8年度中) 照射 前処理等 ★ 後処理 ★ アクションプラン達成	
高速実験炉 「常陽」	JMTR Ra線源 (30mg) 受入に向けた対応		← 輸送準備 →	機構内輸送		
	「常陽」再稼働工程	▽許可取得(7/26)	新規制基準対応工事		運転再開予定(令和8年度半ば)	
	RI製造に係る 設置変更許可	▽申請(2/7)	審査	▽許可取得見込み		
	RI製造用実験装置の認可取得		▽申請	審査	▽許可取得見込み	
	照射装置製作	モックアップ試験(集合体急速な払出実証)		詳細設計	RI生産用実験装置製作	
		RI生産用キャプセル設計・製作				
	RI許可の変更	← 申請準備 →	▽申請	審査	▽許可取得見込み	
照射試料試験施設 FMF	RI許可の変更	← 申請準備 →	▽申請	審査	▽許可取得見込み	
	核燃料使用施設の許可変更		← 申請準備 →	▽申請	審査	▽許可取得見込み
	化学処理工程	照射後RI分離の概念設計		照射後RI分離の詳細設計	化学処理装置の製作・運転	
	取扱設備(グローブボックス)、化学処理装置、分析機器等の整備			区画整備		
原料調達 : Ra-226		IAEA : Global Ra-226 Management Initiative				
		国内外のRa線源の調査・ルート構築				



令和5年7月26日
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
大洗研究所

高速実験炉「常陽」原子炉施設の新規制基準への適合性確認に係る 原子炉設置変更許可の取得について (お知らせ)

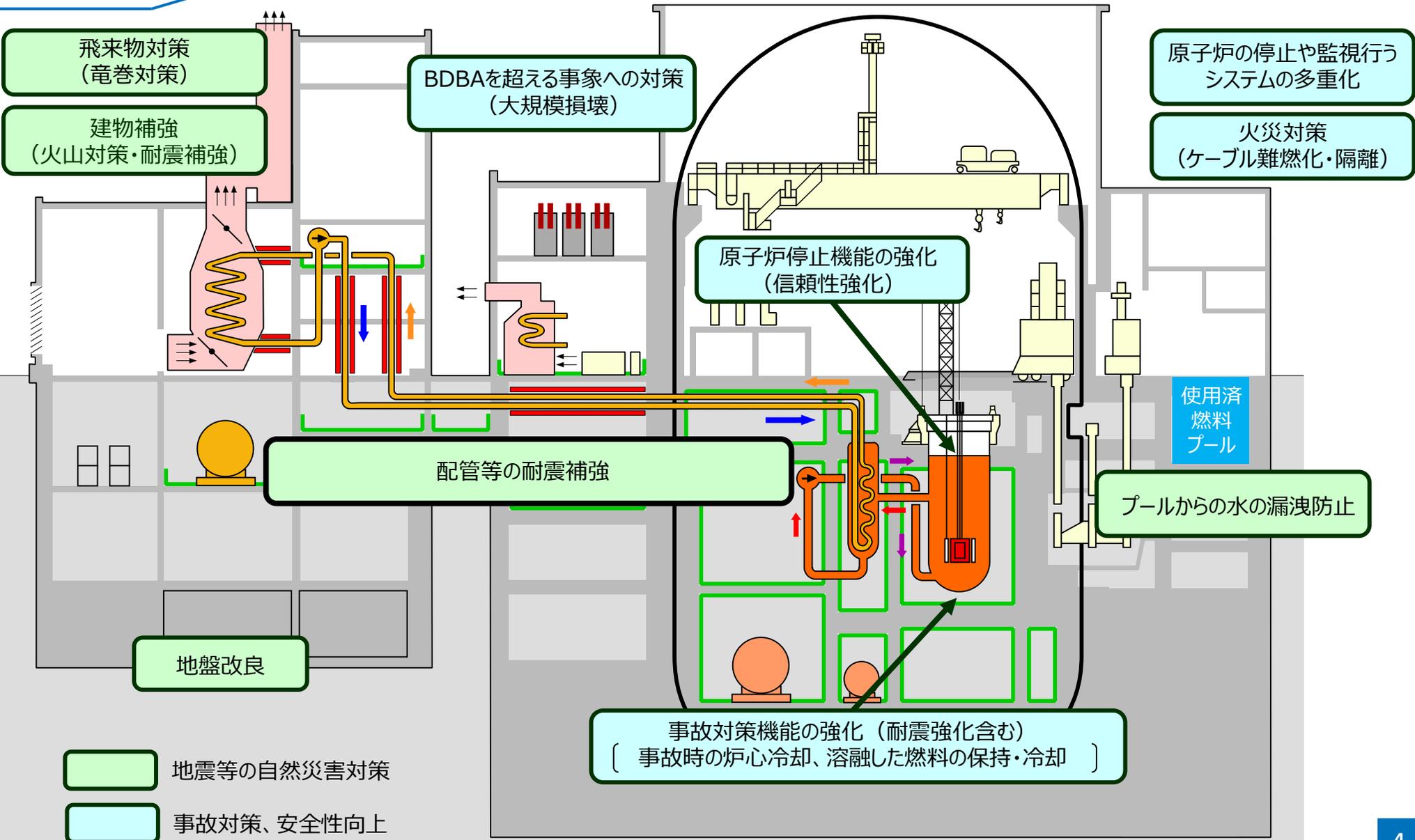
日本原子力研究開発機構は本日、高速実験炉「常陽」（最大熱出力：100MW）の新規制基準への適合性確認について、原子力規制委員会より原子炉設置変更許可を取得しました。

今後も、「常陽」の運転再開に向けて、設計及び工事の計画の認可の審査に真摯に対応するとともに、工事についても、工程を精査し、安全確保を最優先として進めてまいります。

運転再開後は、高速炉開発の在り方等を定めた「戦略ロードマップ」や「医療用等ラジオアイソトープ製造・利用推進アクションプラン」を踏まえ、実証炉のための研究開発（カーボンニュートラル、原子力の持続可能性への貢献）や、がん治療への高い効果が期待されている医療用ラジオアイソトープの製造実証に「常陽」を活用していく計画です。

資料：高速炉開発に係る国内の動向、高速炉実証炉開発への「常陽」の貢献、「常陽」運転再開後の役割について[PDF:667KB]

	年度	2023(R5)	2024(R6)	2025(R7)	2026(R8)
高速実験炉 「常陽」	「常陽」再稼働工程	▼許可取得(7/26) 			運転再開予定(令和8年度半ば) 



BDBA: 設計基準事故を超える事故

RI製造に係る設置変更許可、核燃・RI許可変更

RI製造用集合体の組立（前処理）

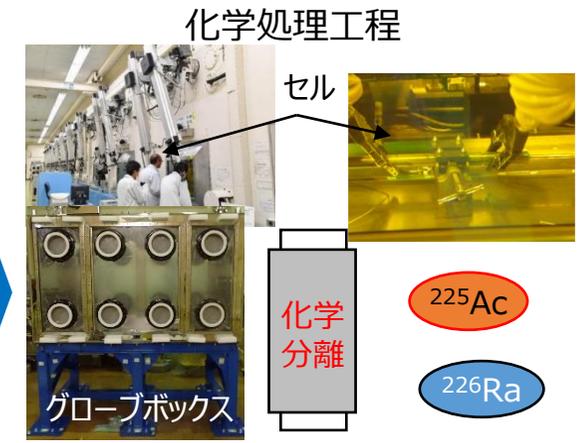
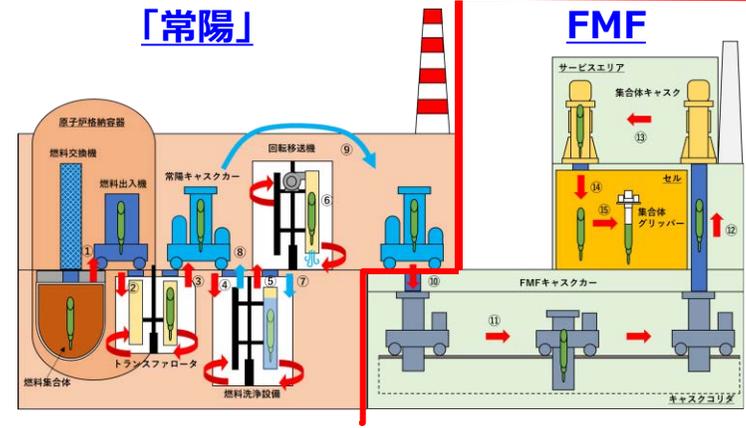
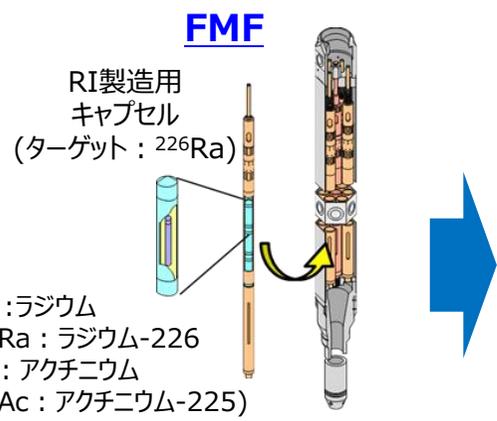
- FMF：RI施設（R6下期申請予定）
 - ・非密封Raの貯蔵・使用
- FMF:核燃施設（R6下期申請予定）
 - ・セル内でのRI製造用集合体の組立

RI製造用集合体の使用（RIの製造）

- 「常陽」：原子炉施設（R6/2申請、審査中）
 - ・使用の目的の追加
 - ・RI製造用集合体の追加
 - ・RI製造用集合体の取扱経路の一部追加
- 「常陽」：RI施設（R6下期申請予定）
 - ・非密封Raの使用

RI生産用実験装置の解体（RIの分離・取出し）

- FMF：RI施設（R6下期申請予定）
 - ・非密封Ra、Acの貯蔵・使用・廃棄
- FMF:核燃施設（R7上期申請予定）
 - ・セル内でのRI製造用実験装置の解体
 - ・グローブボックスでの核燃汚染物の許可



年度		2023(R5)	2024(R6)	2025(R7)	2026(R8)
高速実験炉「常陽」	RI製造に係る設置変更許可		▼申請(2/7) [審査]	▽許可取得見込み	
	RI許可の変更		申請準備	▽申請 [審査]	▽許可取得見込み
照射試料試験施設 FMF	RI許可の変更		申請準備	▽申請 [審査]	▽許可取得見込み
	核燃料使用施設の許可変更		申請準備	▽申請 [審査]	▽許可取得見込み

申請予定内容については一部検討中

RI製造に係る設置変更許可 —原子炉設置変更許可の申請（RI生産）—



令和6年2月7日
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
大洗研究所

高速実験炉「常陽」原子炉施設における ラジオアイソトープ生産のための原子炉設置変更許可の申請について (お知らせ)

日本原子力研究開発機構は、原子力委員会が決定した「医療用等ラジオアイソトープ製造・利用推進アクションプラン」等を踏まえ、大洗研究所に設置されている高速実験炉「常陽」（最大熱出力：100MW）を、がん治療への高い効果が期待されている医療用ラジオアイソトープの製造能力の実証に活用することを計画しています。

本日、「常陽」の「使用の目的」にラジオアイソトープ生産等を追加するため、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律に基づき、原子炉設置変更許可申請を原子力規制委員会に対して行いましたので、お知らせいたします。

今後、原子力規制委員会による審査に対応し、許可基準に適合しているとの確認をいただけるよう最善の努力を尽くしてまいります。

以上

- [参考資料（令和6年3月5日更新）](#)

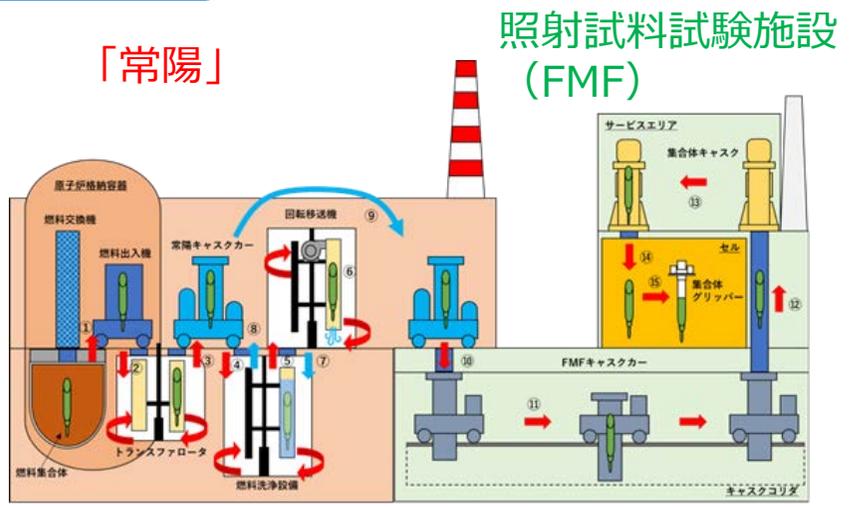
	年度	2023(R5)			2024(R6)			2025(R7)			2026(R8)		
高速実験炉 「常陽」	RI製造に係る 設置変更許可			▼申請(2/7)			▽許可取得見込み						
				審査									

RI許可の変更 — 申請準備中 —

「常陽」のRI変更許可申請の概要 (案)

密封されていない放射性同位元素		
種類 及び 数量	核種	Ra-226 (ラジウム-226)
	物理的状態	個体
	化学形等	単体及び無機化合物
	年間使用数量	80 GBq (約2.1g)
使用の目的		Ac-225 (アクチニウム-225) 製造のための照射
使用の方法		線源をステンレス鋼の管に挿入し両端を溶接・密封したRI生産用キャプセルをRI生産用実験装置に組み込み高速中性子を照射
使用の場所		原子炉容器内

年度		2023(R5)			2024(R6)			2025(R7)			2026(R8)		
高速実験炉 「常陽」	RI許可の変更	← 申請準備			▽申請			▽許可取得見込み					
					審査								
照射試料試験施設 FMF	RI許可の変更	← 申請準備			▽申請			▽許可取得見込み					
					審査								



炉外モック計画(「常陽」既存設備の適用可否)

- ・崩壊熱を考慮した、モックアップ集合体製作
- ・既存設備での乾燥性能試験の計画立案
 - Na洗浄/乾燥設備のモックアップ作成 (昨年度)
 - モックアップ試験 (R6年9月予定)

「常陽」→FMFへの払出しルート

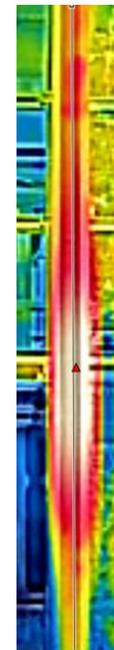
・通常：試料取り出し20日

「常陽」照射→FMF輸送→Na洗浄→自然乾燥→解体

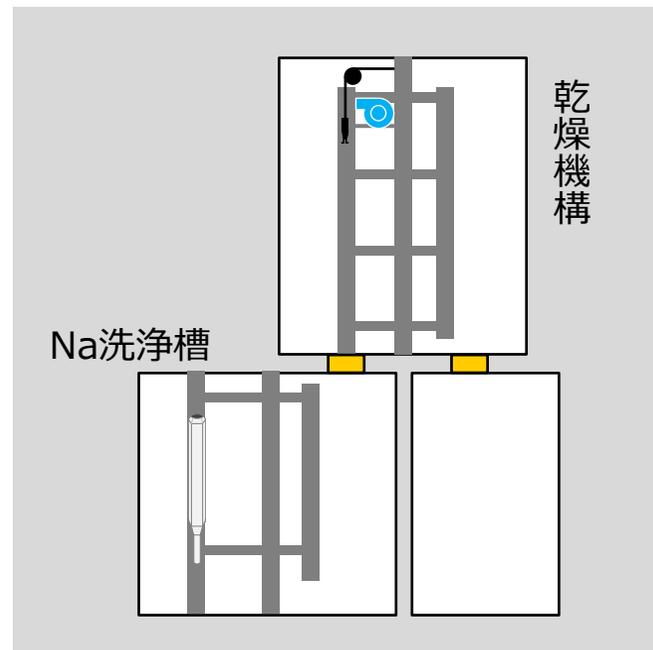
・短縮化：試料取り出し5日

照射→Na洗浄→強制乾燥→FMF輸送→解体

「常陽」でNa洗浄,乾燥させることで迅速な払出し(2日)を実現



モックアップ集合体 (ヒーター内蔵)



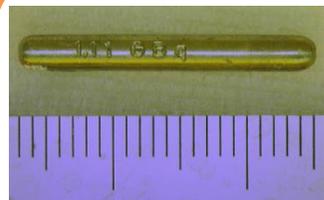
既存設備

Na：ナトリウム

年度		2023(R5)	2024(R6)
高速実験炉「常陽」	照射装置製作	モックアップ試験(集合体急速な払出実証)	詳細設計
		RI生産用キャプセル設計・製作	

照射装置製作 - RI生産用キャプセルの設計・製作 -

Raターゲットの主な調整法



Ra線源
(30mg)

開封 + 溶解

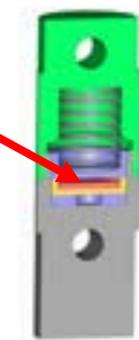


電着装置
(納品待ち)

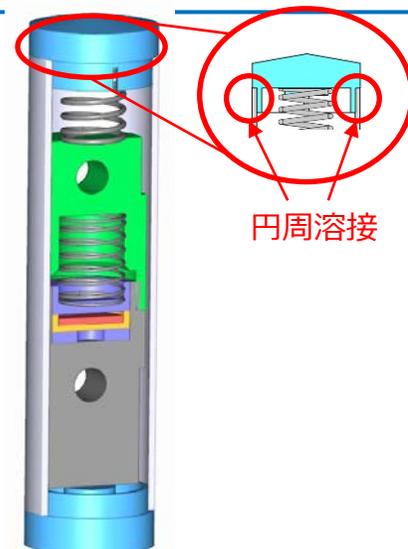
電着



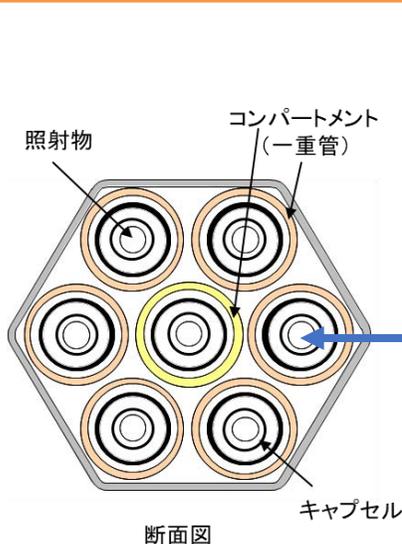
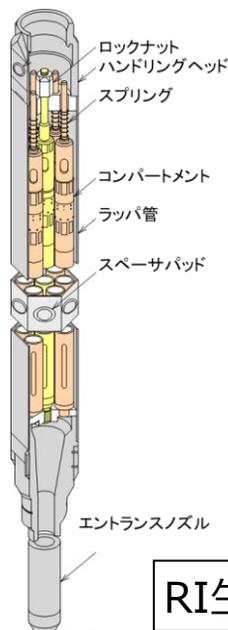
電着Raターゲット



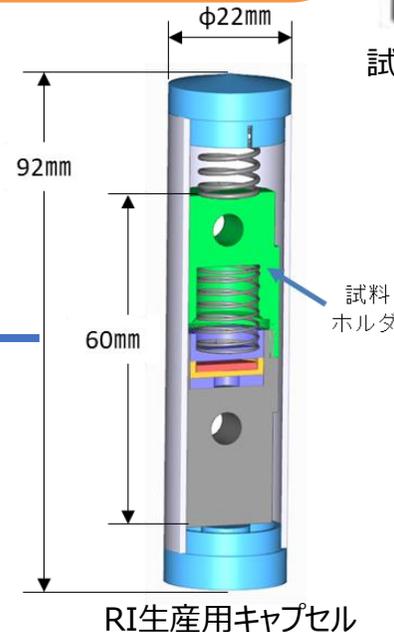
試料ホルダ



RI生産用キャプセル



RI生産用実験装置の構造



RI生産用キャプセル

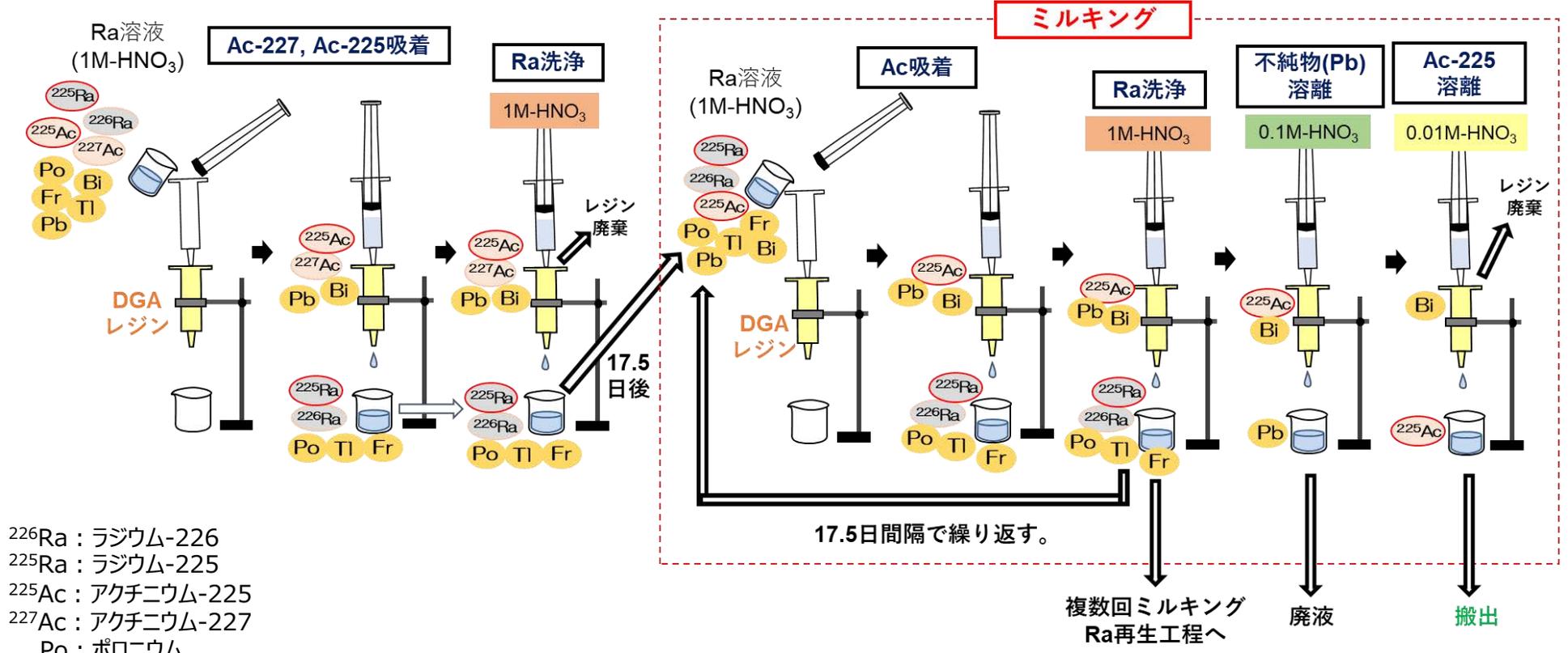
	年度	2023(R5)	2024(R6)
高速実験炉「常陽」	照射装置製作	モックアップ試験(集合体急速な払出実証)	詳細設計※
		RI生産用キャプセル設計・製作	

Ra :ラジウム
(²²⁶Ra : ラジウム-226)

※RI生産用実験装置製作

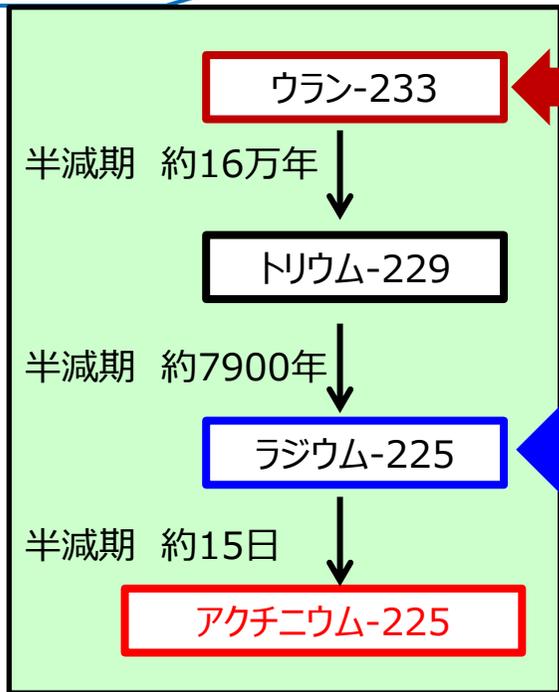
化学処理工程 - 照射後RIの概念設計 -

- ・工程の最適化（放射化物の除去、使用するレジン(樹脂)）
- ・小型ジェネレータから技術フィードバック
- ・化学処理工程の半自動化の概念設計（昨年度）
// 詳細設計（今年度）



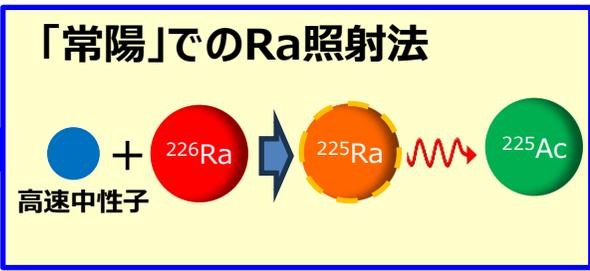
²²⁶Ra : ラジウム-226
²²⁵Ra : ラジウム-225
²²⁵Ac : アクチニウム-225
²²⁷Ac : アクチニウム-227
 Po : ポロニウム
 Fr : フランシウム
 Pb : 鉛
 Bi : ビスマス
 Tl : タリウム

	年度	2023(R5)	2024(R6)
照射試料試験施設 FMF	化学処理工程	照射後RI分離の概念設計	照射後RI分離の詳細設計
		取扱設備(グローブボックス)、化学処理装置、分析機器等の整備	



冷戦時核兵器開発の一環で製造
そのため、保有国が限られる。

アメリカ
 ドイツ
 ロシア



＜高速炉を用いた製造方法＞

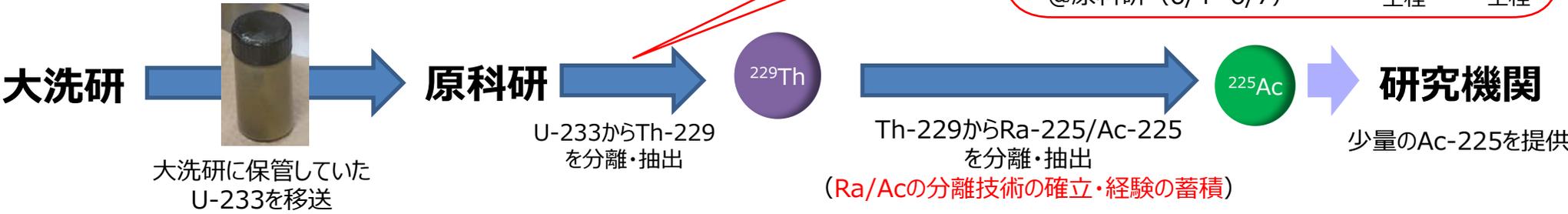
＜現在のAc-225製造方法＞

陰イオン交換樹脂 (Th-229吸着用)

Uラン(U-233)溶液

U-233とTh-229の分離 @原科研 (6/4~6/7)

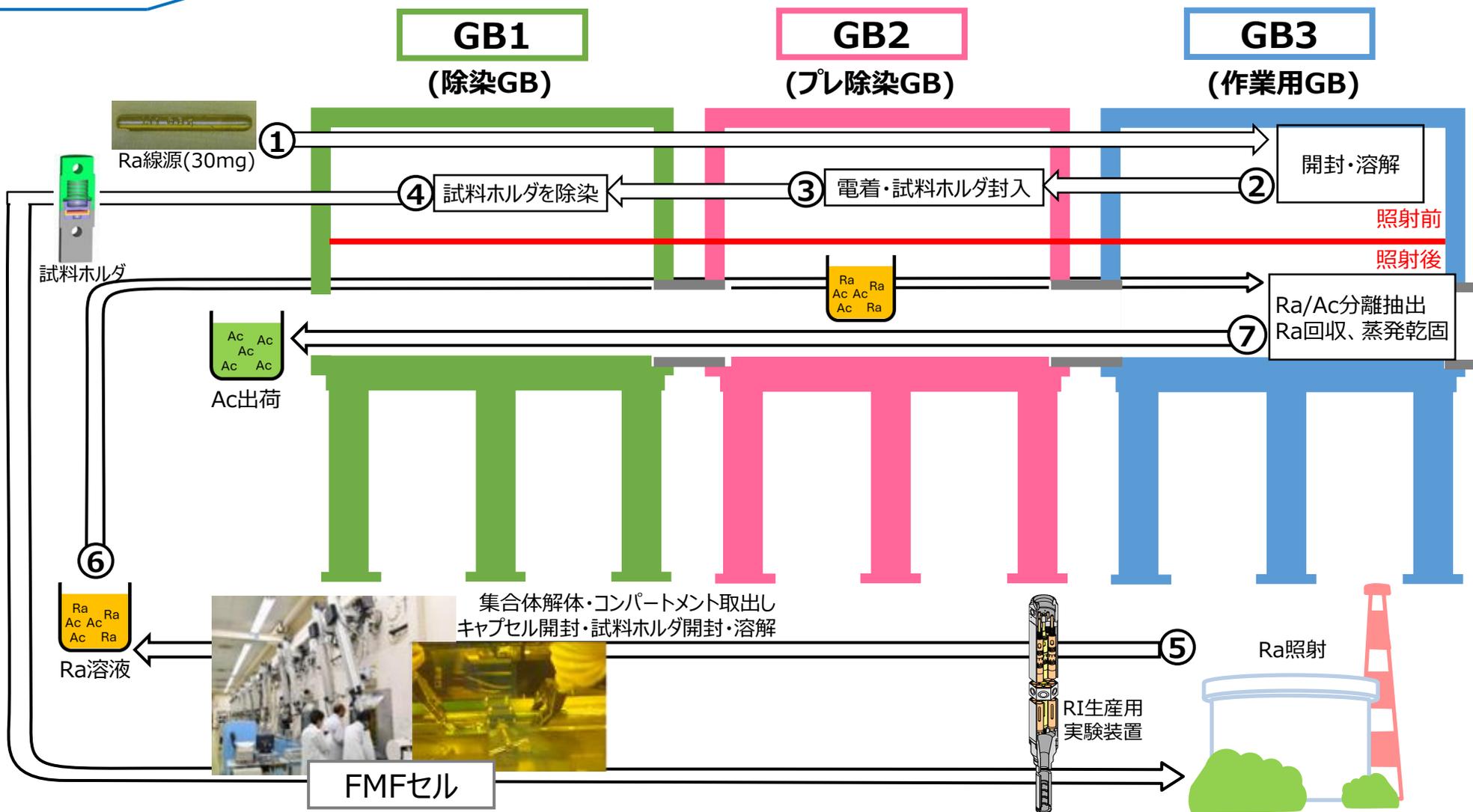
Th吸着工程 Th溶離工程



U-233 :ウラン-233
 Th-229 :トリウム-229
 Ra-225 :ラジウム-225
 Ac-225 :アクチニウム-225
 U : ウラン
 Th : トリウム

		2023(R5)	2024(R6)
照射試料試験施設 FMF	化学処理工程	照射後RI分離の概念設計	照射後RI分離の詳細設計
		取扱設備(グローブボックス)、化学処理装置、分析機器等の整備	

化学処理工程 - 取扱設備(GB)、化学処理装置等 -



Ra : ラジウム
Ac : アクチニウム
GB : グローブボックス

	年度	2023(R5)	2024(R6)
高速実験炉 「常陽」	化学処理工程	照射後RI分離の概念設計	照射後RI分離の詳細設計
		取扱設備(グローブボックス)、化学処理装置、分析機器等の整備	

項目		確認方法	備考
○ 製品			
外観		乾固後に目視	金属的不純物や樹脂/資材由来の不純物の確認
核種純度	Ac-225	HPGe (Ge半導体検出器) α線スペクトロメータ	製造の都度実施 (Ac-225の定量にも利用)。 α線スペクトロメータは試料作成が必要なため、精製方法が固まったタイミングなどに実施。
	Ra-226(ターゲット物質)		
	副生成核種(不純物)		
標識効率 (放射化学的純度)		+DOTA ; RadioTLC (Raytest)	Ac-225提供後の利用結果を流用。
利用した樹脂類・容器類への分布		HPGe (Ge半導体検出器) ハンディスペクトロメータ	グローブBOX内でハンディスペクトロメータによりRa-226の有無を確認 (作業負荷低減のため)。 Ra-226が残留している可能性のある物のみグローブBOXから取出してGe半導体検出器で測定。
化学的不純物		ICP-MS (質量分析装置)	標識率が悪い際などに実施。標識を阻害する可能性のある異種金属の確認。
○ ターゲット物質			
Ra-226回収量		HPGe (Ge半導体検出器)	生産計画を立てるにあたり非常に重要。



Ge半導体検出器



α線スペクトロメータ



ハンディスペクトロメータ



ICP-MS
(質量分析装置)

		年度	2023(R5)	2024(R6)
照射試料試験施設 FMF	化学処理工程		照射後RI分離の概念設計	照射後RI分離の詳細設計
			取扱設備(グローブボックス)、化学処理装置、分析機器等の整備	

実証試験用のRa-226調達及び 国内外からのRa-226調達に向けた取り組み

調達先		実施状況	保有量/購入量
国内 	機構内	大洗研 ・機構内線源の把握 (製造実証用：JMTR保管のRa-226) 輸送計画立案 (2024年) 機構内輸送 (2025年)	30 mCi (1.11 GBq)
		その他 ・その他の線源についても使用可否を確認中	220 mCi (8.14 GBq)
	機構外	・外部機関の調査による国内線源の把握 ・譲り受け候補の絞り込み	177 mCi (6.55 GBq) 候補：57 mCi (2.11 GBq)
海外 	IAEA Global Radium-226 Management Initiative	・参加登録済 ・電子メールで確認済み ・2023/6/5~9 Technical Meeting(web) ・2024/12/2~6 Technical Meeting(web)	全加入国：96 Ci (3.57 TBq) (一部、譲渡先決定含む)

	年度	2023(R5)	2024(R6)
高速実験炉「常陽」	JMTR Ra線源 (30mg) 受入に向けた対応		← 輸送準備 →
原料調達：Ra-226		IAEA : Global Ra-226 Management Initiative	
		国内外のRa線源の調査・ルート構築	

1 Ci : 37GBq



前列左から：国立がん研究センター理事長 中釜斉、日本原子力研究開発機構理事長 小口正範、原子力委員会委員長 上坂充、後列左から、国立がん研究センター先端医療開発センター機能診断開発分野長 稲木杏史、国立がん研究センター先端医療開発センター長 土井俊彦、日本原子力研究開発機構副理事長 板倉康洋、日本原子力研究開発機構理事 大島宏之）（2024年2月29日時点）



協定書

2024年2月29日

国立研究開発法人国立がん研究センター中央病院にて国立がん研究センター、原子力機構の両理事長の署名押印のもと、「放射性同位元素で標識された薬剤の研究開発等に係る協力協定」を締結した。

(ア)JAEAは、医用利用可能な放射性同位元素の製造・提供を担当する。

(イ)NCCは、JAEAから提供された放射性同位元素について、医用利用に関する基盤に係る研究を担当する。

- 実証試験

- 許認可関係

- 原子炉設置変更許可取得（新規制基準適合）（2023年7月26日）
 - ✓ 新規制基準適合に向けた工事（～2025年度）
 - 原子炉設置変更許可申請（RI生産）（2024年2月7日）
 - RI許可変更申請準備（2024年度下期申請予定）

- 照射試験関係

- 集合体急速取り出しのモックアップ試験準備（2024年9月）
 - RI生産用キャプセル・集合体の設計（2023年度～2024年度）
 - 化学処理技術の開発（2023年度～2024年度）
 - ✓ 小型ジェネレータによる化学技術の確立・経験の蓄積（2024年度～2026年度）
 - 化学処理/分析設備の整備に向けた検討（2023年度～2024年度）
 - Ra-226:30 mCi（1.11 GBq）の確保、機構内運搬準備（2025年度上期）

- Ra-226のサプライチェーン

- 世界各国のRa線源の調査継続