



高速実験炉「常陽」

－概要－

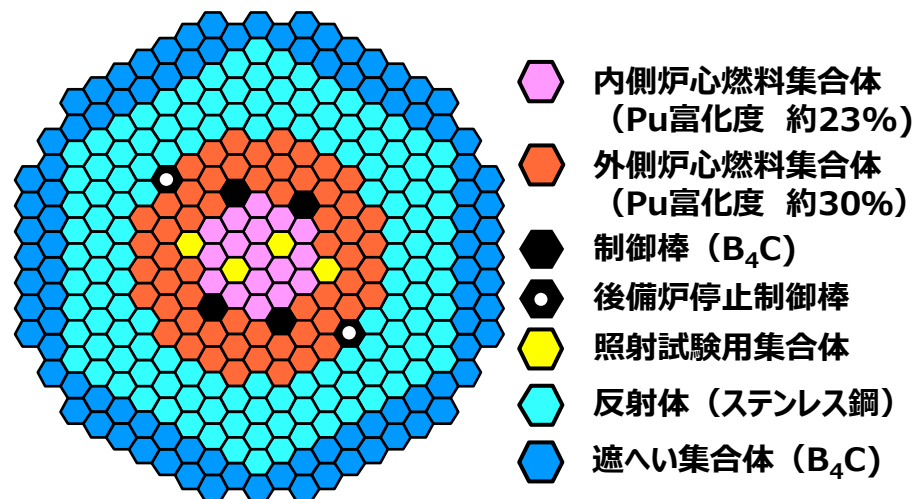
令和5年7月

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
高速炉・新型炉研究開発部門

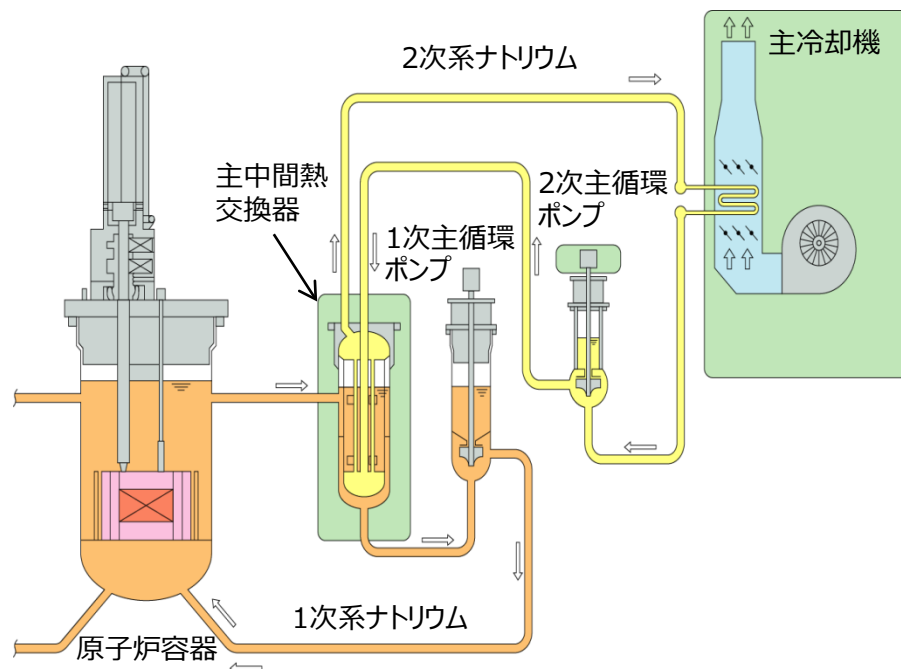
高速実験炉「常陽」の概要 (1/3)

主要仕様

- 熱出力 100MW (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



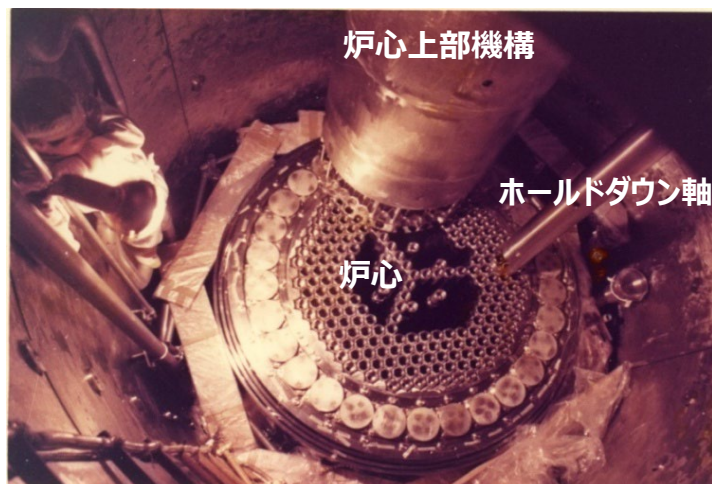
炉心構成



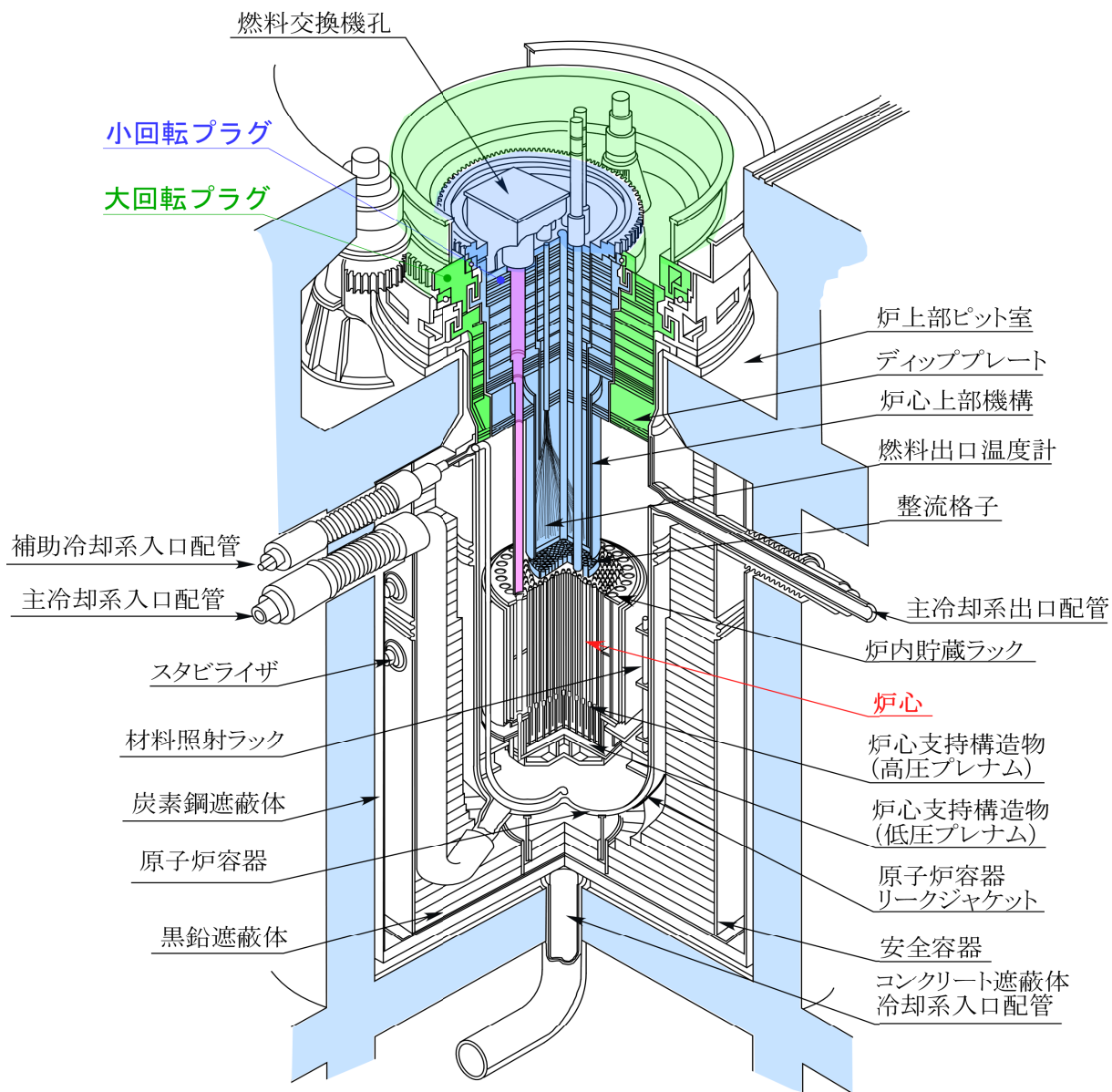
高速実験炉「常陽」の概要 (2/3)



炉上部の様子 (燃料交換時の写真)



炉内の状況 (建設時の写真)



高速実験炉「常陽」の概要 (3/3)

- ◆ 開発目的に合わせ、炉心・プラントを段階的に高性能化
- ◆ 高性能照射用炉心（MK-III炉心）での運転を2003年より開始
- ◆ 燃料交換機能のトラブル（2007年）の復旧作業を2015年に完了
- ◆ 安全要求に応えるため、新規制基準へ対応

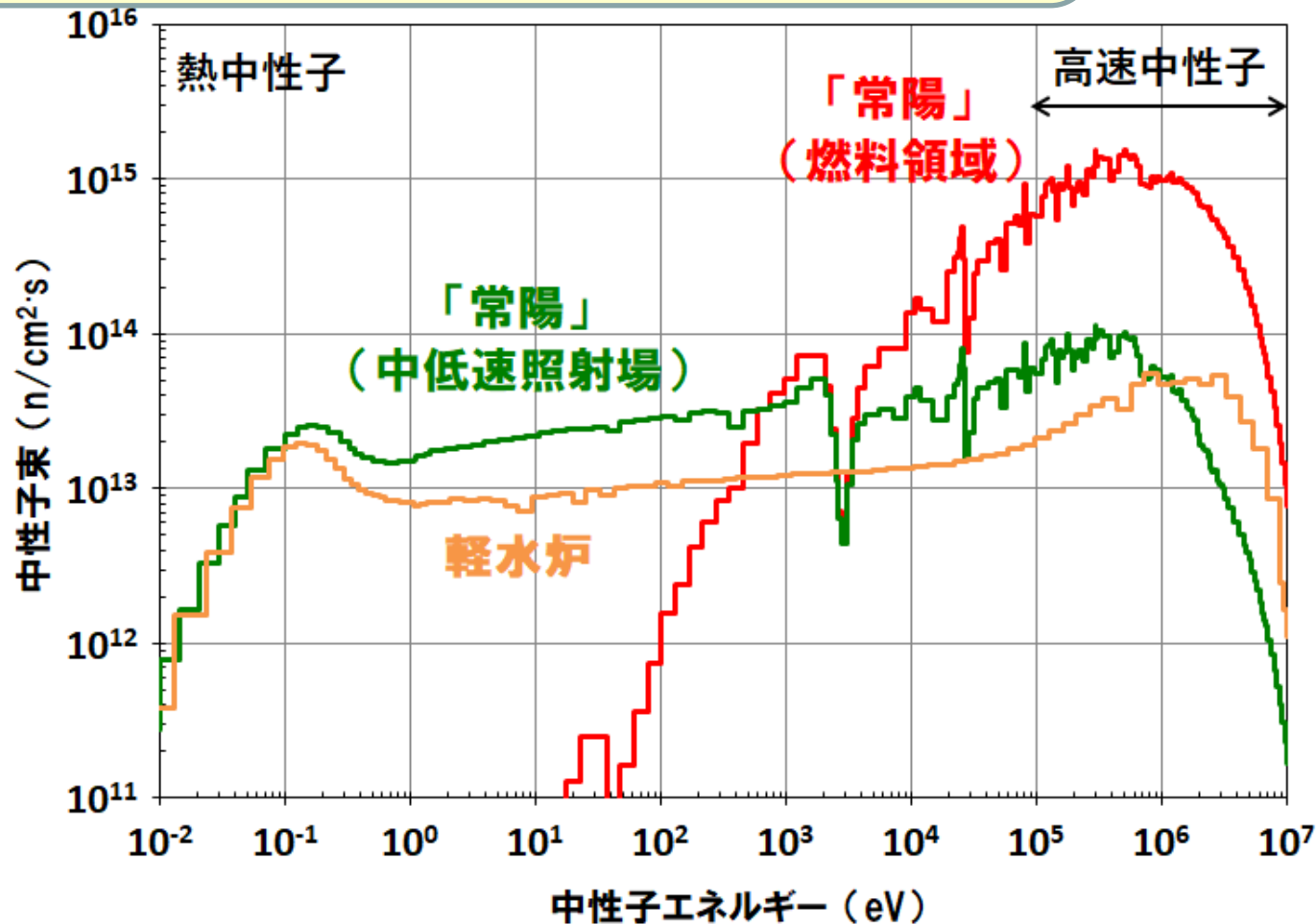
1977年 4月 ～1981年12月	M K - I 炉心	… Pu増殖性を確認するための増殖炉心
	↓	
1982年11月 ～2000年 5月	M K - II 炉心	… FBR燃料・材料の照射試験用炉心
	↓	
2003年 7月～ ～2007年 5月	M K - III 炉心	… 高性能照射用炉心としての 研究開発と外部利用
運転再開後	M K - IV 炉心	… 多目的な研究開発と外部利用

積算運転時間	約 71,000時間（プラント寿命：約131,500時間）
試験用集合体の照射実績	101体
外部利用実績（大学等）	約4万試料

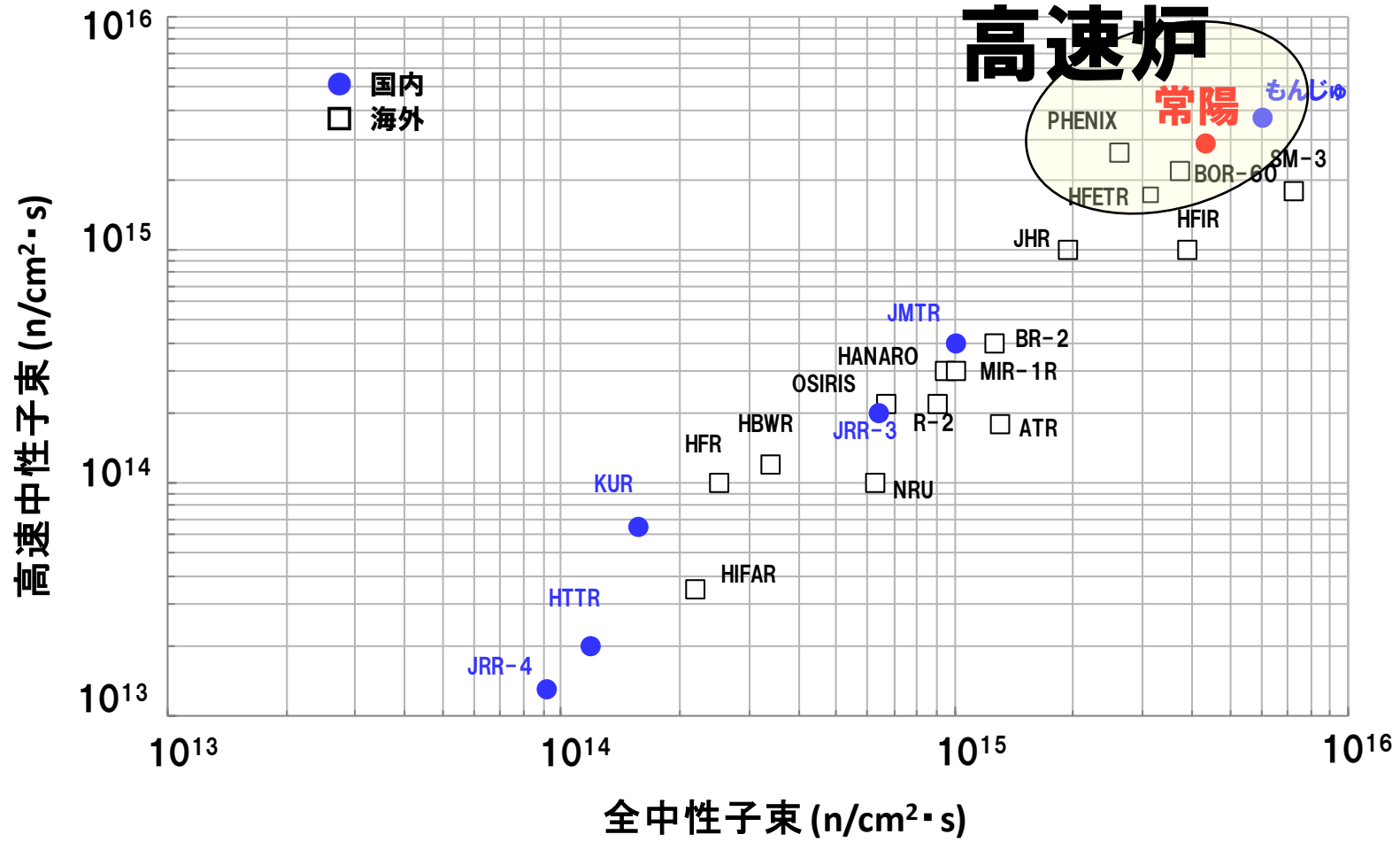
「常陽」の中性子スペクトル

- 世界トップクラスの**高速中性子照射量**
- OECD加盟国での唯一の高速中性子照射炉
- **軽水炉に近いエネルギーの中性子の照射場の提供**

高速炉開発のみならず
幅広い照射ニーズに
対応可能



世界的にも唯一の高速中性子照射炉



「常陽」と関連する研究開発施設群

- ・燃料ピン製作→照射試験(常陽)→照射後試験に関する一連の施設が隣接
- ・MA含有MOX燃料、先進燃料の研究開発を実施可能な世界的にも貴重な施設群

照射装置組立検査施設 **IRAF**



照射装置の組立

電力中央研究所との共同研究で、金属燃料ピンを製造し、照射試験再開待ちの状況



先進Pu燃料等の研究開発
・金属燃料
・炭化物燃料
・窒化物燃料

燃料研究棟 **PFRF**
(廃止措置中)



常陽

照射後試験

装荷・再装荷

燃料供給
(従来)



MOX燃料製造

プルトニウム燃料第三開発室 **Pu-3**
(核燃料サイクル工学研究所)



照射材料試験施設 **MMF**

材料の各種PIE

照射燃料集合体試験施設 **FMF**



・集合体のPIE
・照射装置の解体・再組立

MA含有燃料ピン

照射燃料試験施設 **AGF**



・燃料の各種PIE
・MA含有MOX燃料ピンの遠隔製造

「常陽」における開発実績（1/2）

● 増殖性能の確認

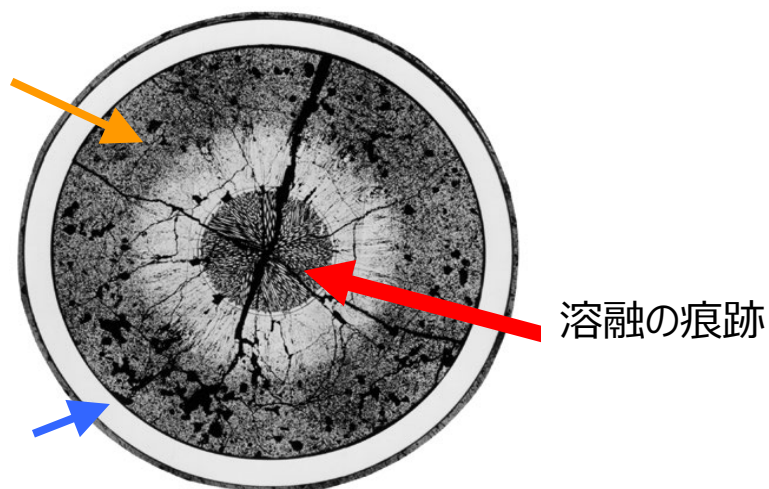
「常陽」の増殖比 : 1.03 ± 0.03 (設計 : 1.01)
(消費した以上の燃料が生成されることを確認)

● FBR核燃料サイクルの輪を完成（昭和59年9月）

使用済燃料から再処理によって取り出した核物質 (Pu,U)を燃料に加工して「常陽」に再び装荷

● 酸化物燃料の性能確認

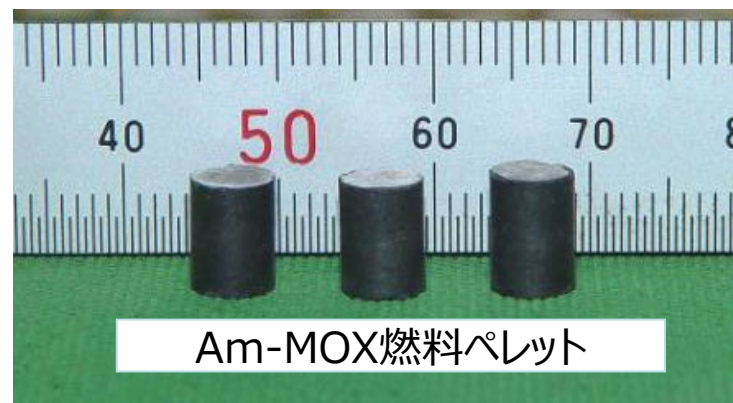
燃料ペレット



中心部を溶融させた燃料ピンの断面写真

● 燃料開発

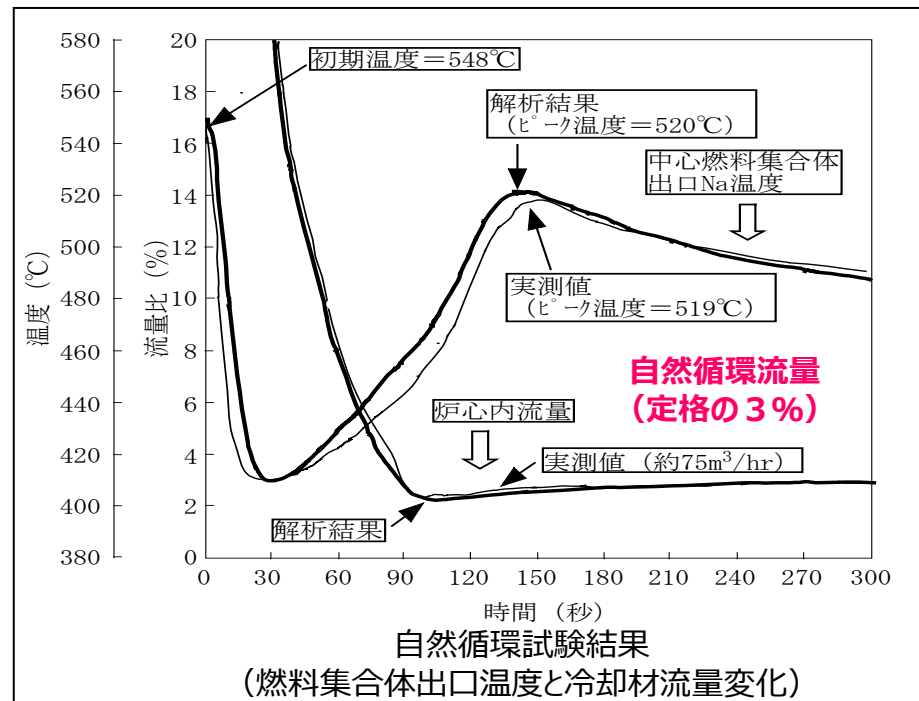
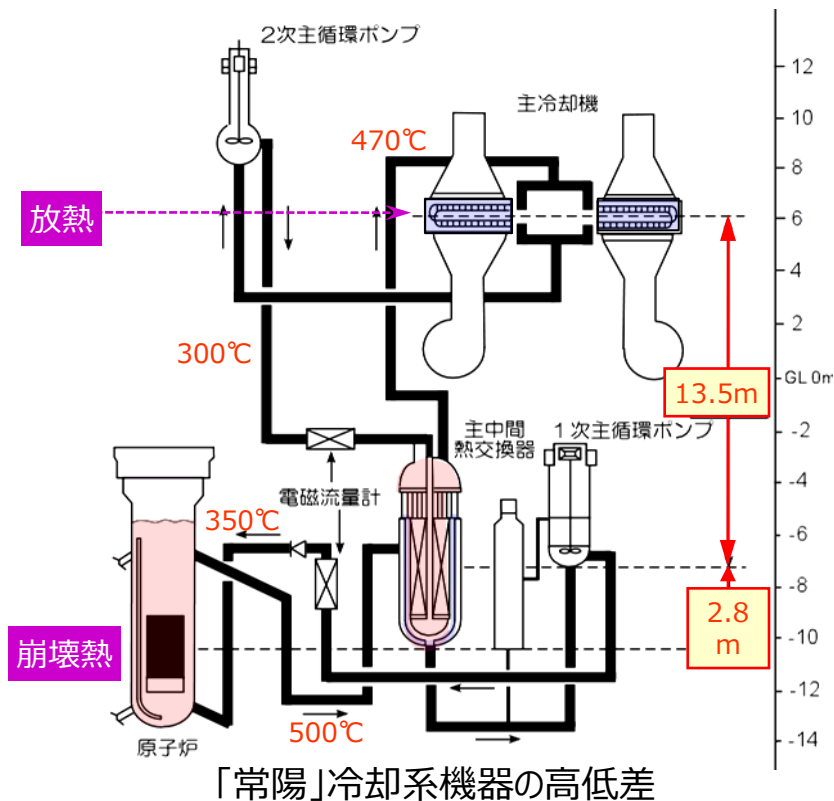
MA (マイナーアクチノイド) 含有MOX燃料開発



「常陽」における開発実績 (2/2)

FBR基礎基盤技術開発への貢献 (自然循環による固有安全性の実証)

M K - II 炉心(1986年)において、熱出力100MWで運転状態から原子炉を停止させ、炉心で発生する崩壊熱をナトリウムの自然循環 (自然対流) により除去できることを実証した。



冷却材の自然循環によりポンプ等の動力源なしに
炉心崩壊熱を冷却 ⇒ 固有安全性
(「常陽」の自然循環試験 により実証)

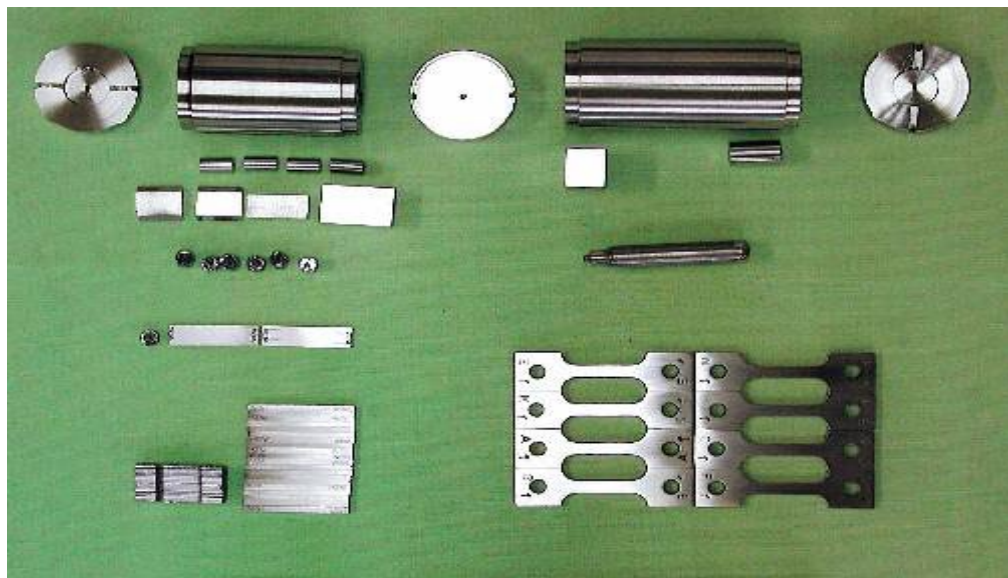
後続炉の安全設計に反映

国内外研究機関からの照射依頼への対応実績

主な研究対象（利用実績（～2008年））：約4万試料、研究120件）

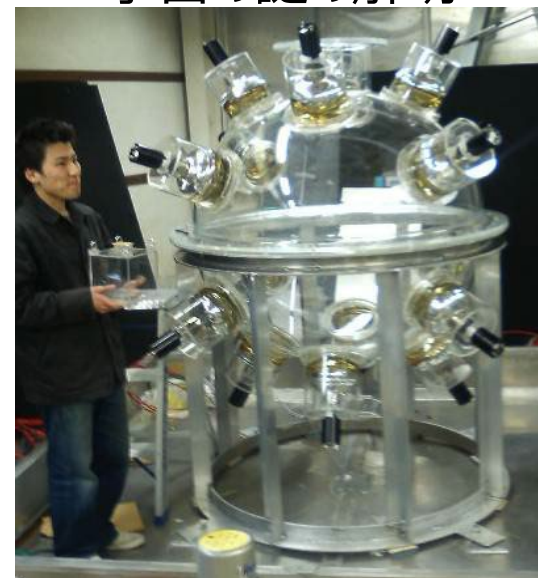
- (1) 核融合炉材料開発
- (2) 高速炉材料開発
- (3) 材料の照射損傷研究
- (4) 宇宙炉開発（宇宙船用原子炉材料照射）
- (5) 基礎物理研究（ニュートリノ実験など）
- (6) 海外研究機関からの依頼照射（仏国、米国）

核融合炉材料開発への貢献



核融合炉材料照射試料
（東北大学を中心とする大学連合）

宇宙の謎の解明



ニュートリノ検出器の
性能実験を「常陽」で実施
（KASKA実験グループ）

運転再開後の照射試験計画

◆ 国内の次世代革新炉開発（カーボンニュートラルへの貢献）

- ✓ 信頼性・経済性に優れた実証炉用燃料・材料の照射試験*1
- ✓ 放射性廃棄物の有害度を低減するための照射試験*2

*1 太径中空ペレットと長寿命被覆管を組合わせた高性能燃料の炉内健全性を実証する照射試験を計画中

*2 マイナーアクチノイド（MA）サイクル技術の小規模実証を目指し、高速炉使用済燃料の再処理に伴って得られるMAを用いた燃料による照射試験を計画中

◆ 新しい医療への貢献

- ✓ 先進がん治療のための放射性医薬品用ラジオアイソトープ（アクチニウム225）の製造
 - がん細胞だけを選択的に放射線で攻撃できる医薬品の研究開発

◆ 国際協力

- ✓ 西側諸国で唯一の高速中性子照射炉として、米国、ヨーロッパ諸国から期待されている
 - フランスとの燃料・材料照射協力、
 - 英仏伊共同出資のベンチャー企業からの材料照射 など

◆ 大学等からの受託照射（若手研究者・技術者の育成）

- ✓ 大学からの照射試験依頼への対応
 - 将来の我が国のエネルギーセキュリティ、原子炉の安全性向上を担う人材の育成

高速炉実証炉開発への「常陽」の貢献

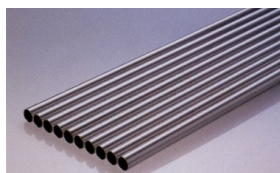
実証炉開発では、以下の項目の実証が重要

- ◆ 安全性・信頼性
- ◆ 経済性
- ◆ 環境負荷低減性

このためには以下の研究開発が必要

- ◆ 長期間安全に利用できる燃料の開発

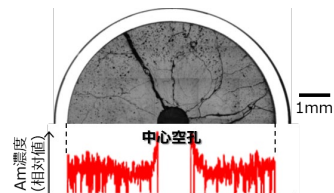
- ▣ 太径中空燃料
- ▣ 長寿命炉心材料



酸化物分散強化型（ODS）フェライト鋼
耐照射特性、高温強度に優れる
燃料被覆管の候補材

- ◆ 半減期が長い放射性物質の影響を短縮するための研究開発

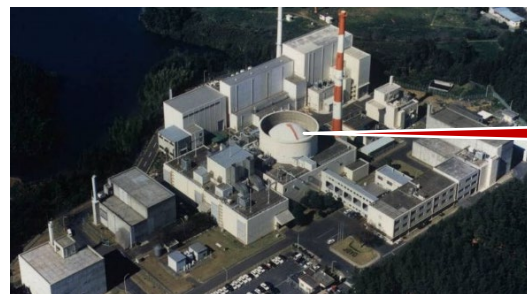
- ▣ マイナーアクチノイド（MA*）含有燃料



MA含有MOX燃料の照射挙動例

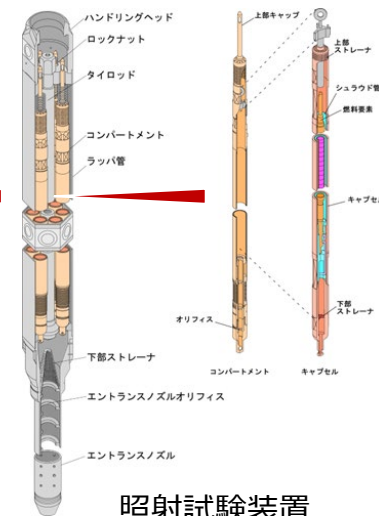
*アメリシウム、ネプツニウム等の長期に亘って放射能を持ち、発熱し続ける核種。
高速炉で燃焼させ、高レベル放射性廃棄物から除くことで環境負荷を低減

「常陽」での照射試験により、健全性や照射性能を確認・実証することが不可欠



高速実験炉「常陽」

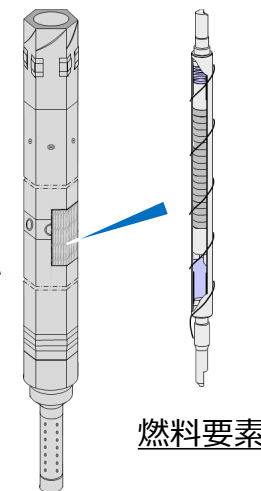
「常陽」で実証
実証炉へ反映



照射試験装置



実証炉



燃料要素

燃料集合体

(三菱重工技報 Vol.57 No.4 (2020) 原子力特集より引用)
「経済産業省委託事業 令和元年度 高速炉の国際協力等に関する技術開発」より

□ 幅広いエネルギー特性、高中性子束・大容量の中性子照射場の提供

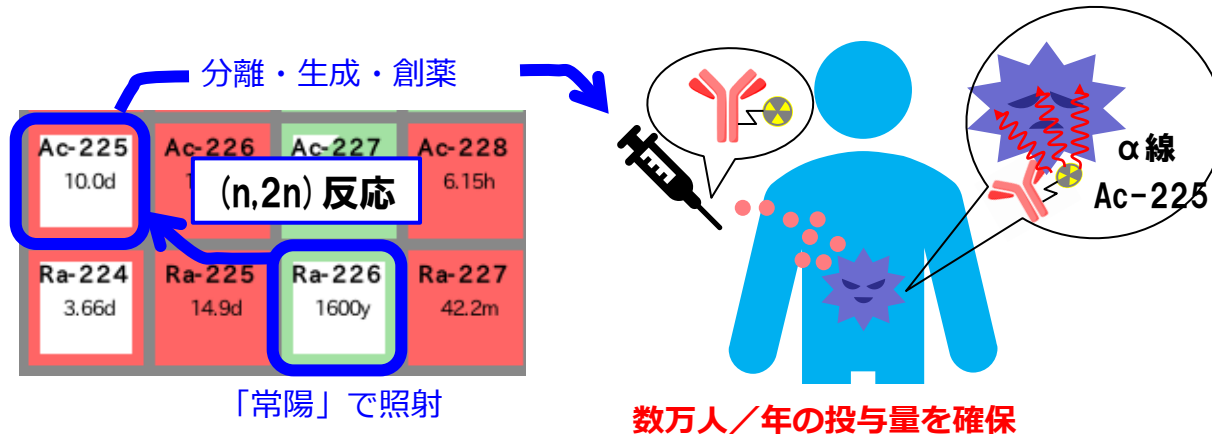
- ✓ 中性子捕獲反応（中低速～熱中性子）
 - ✓ (n,2n) 反応（高速中性子）
 - ✓ 加速器に比べ、高中性子束・大容量で大量製造が可能
- } 多様な中性子照射場により**効率的**にRIを製造

□ 100%輸入 → 工業用・医療用RIの国内製造（市場適合性等を踏まえて具体化）

- ✓ 工業用： Co-60 : 液面計、レベル計、品種改良、発芽防止 Ir-192 : 非破壊検査
 - Ni-63 : 環境分析：ガスクロマトグラフィー Fe-55 : 校正線源 等
 - ✓ 医療用： Co-60 : 滅菌、がん治療（ガンマナイフ） Ir-192 : がん治療（小線源療法）
 - Au-198 : がん治療（小線源療法） **Ac-225 : がん治療（内用療法）** ※ 等
- ※原子力委員会によるアクションプラン（2026年度での製造実証）

➡ RIの国内供給体制の確立に貢献

- ✓ Ac-225（内用療法向け）製造 → 高速中性子の活用
- ✓ 大学との連携・JAEA技術の活用

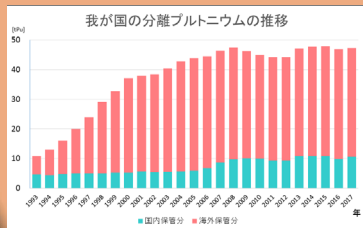


「常陽」運転再開後の役割

～脱炭素社会の実現
エネルギーセキュリティの確保

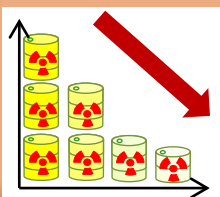
～プルトニウム利用
(核不拡散、核テロ対策)

- 分離済プルトニウムの利用・燃焼
- プルトニウム燃焼炉の開発

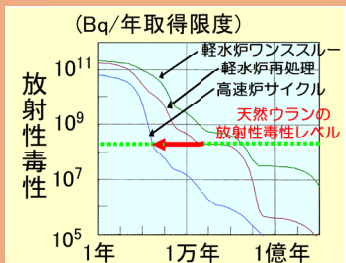


分離済プルトニウムの削減

- マイナーアクチノイドを燃料に混ぜて燃焼
- 放射性廃棄物の短寿命化



廃棄物の減容
有害度低減



- 実証炉、次世代炉開発
- 新燃料・材料開発、安全性向上
- 日米、日仏協力（開発、協働）



実証炉のプラント像※



高速実験炉「常陽」

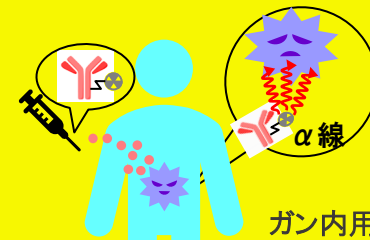
- 基礎基盤研究・多目的利用
- 大学利用、国際貢献



～原子力のポテンシャルの追求

～イノベーション創出
(医療用RI製造)

- 治療・診断用アイソトープ製造



ガン内用療法

- 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
インターンシップ研修

～原子力技術者の育成

～持続可能な原子力利用
(放射性廃棄物への対応)