



「常陽」の運転再開に向けた取組と 運転再開後の照射利用

令和7年8月18日

日本原子力研究開発機構
大洗原子力工学研究所

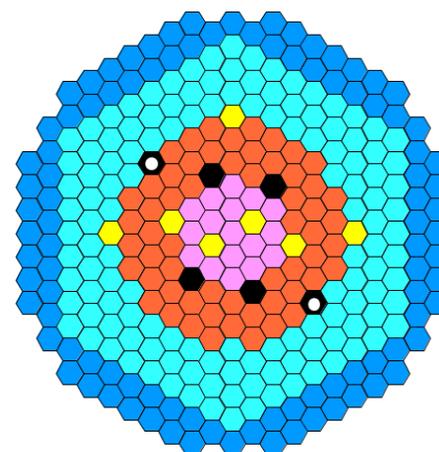
高速実験炉「常陽」の概要

概要

- 我が国初の高速炉 昭和52年に初臨界
炉心性能・ナトリウム冷却系の特性把握、高速炉用燃料・材料開発等を実施
- OECD諸国で唯一、高速中性子照射場を提供できる高速炉
- R5年7月 新規制基準への適合性確認のための原子炉設置変更許可を取得
R6年9月 茨城県・大洗町より、茨城県原子力安全協定に基づく新增設等に対する事前了解
R6年10月 医療用ラジオアイソトープ（アクチニウム225）を生産するための原子炉設置変更許可を取得

主要仕様

熱出力：100 MW（10万 kW）
 冷却材：液体金属ナトリウム
 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 78 cm 高さ 約 50 cm



炉心構成

(313体の六角形の集合体)

- 燃料集合体 (ウラン、プルトニウム)
 - 直径 78 cm
 - 高さ 50 cm
 - ドラム缶 半分くらい
- 制御棒 (材料：炭化ホウ素)
 - 中性子を吸収、原子炉を止める
- 試験用集合体 (試験装置)
- 反射体 (ステンレス鋼)
 - 以前は、ブランケット燃料 (燃えないウラン-238)
- 遮へい集合体 (炭化ホウ素)



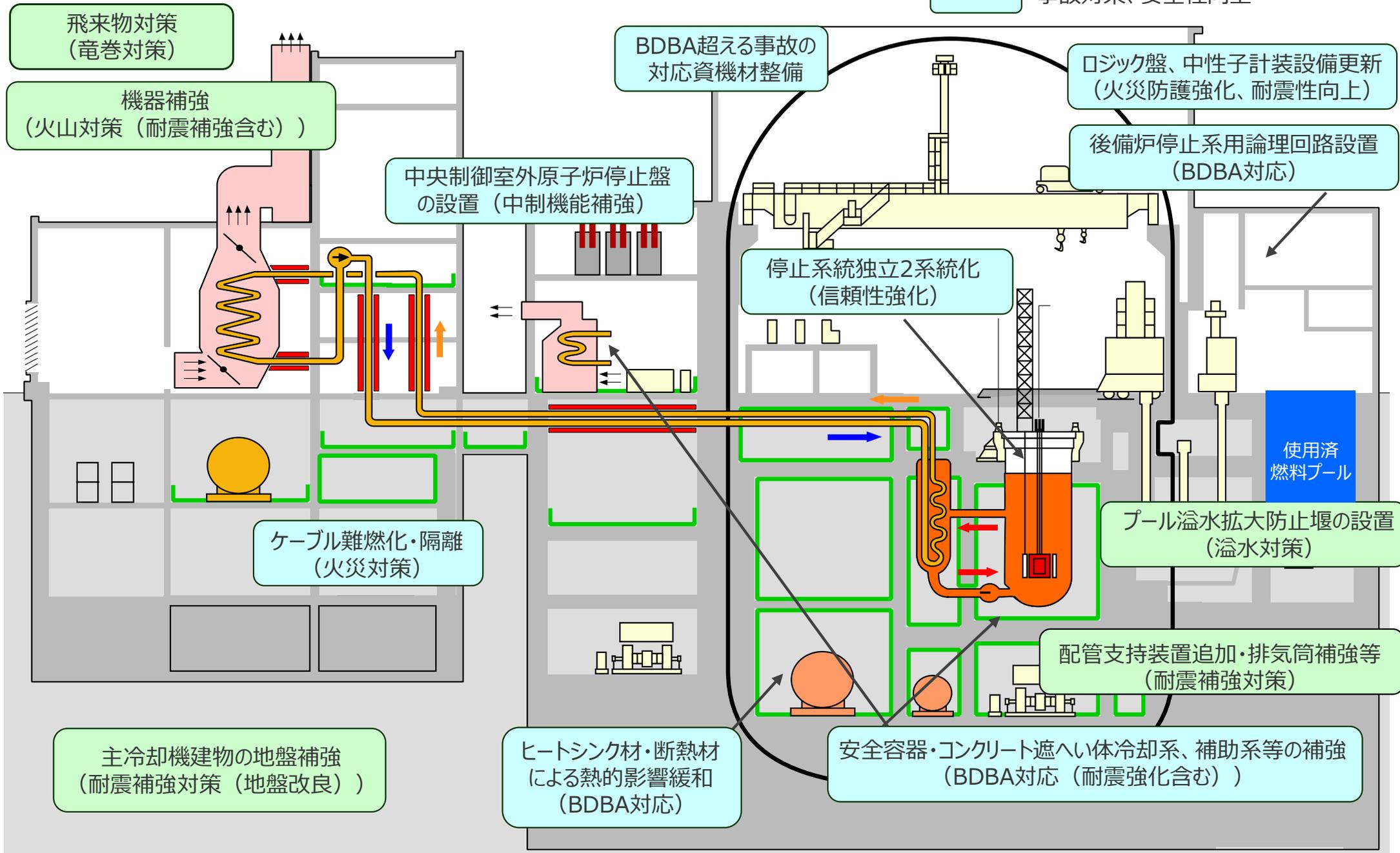
燃料集合体



試験用集合体

新規制基準対応 — 工事の概要 —

地震等の自然災害対策
 事故対策、安全性向上



安全対策工事（ナトリウム配管サポートの交換・追加）



配管支持装置の新設（メカニカル防振器）



配管支持装置の交換

ナトリウム配管サポートの交換・追加

1次系ナトリウム配管：従来 896 交換 **229** 追加 **51**

2次系ナトリウム配管：従来 519 交換 **130** 追加 **20**

安全対策工事 (地盤・建物の耐震補強)

隣接建物の耐震補強



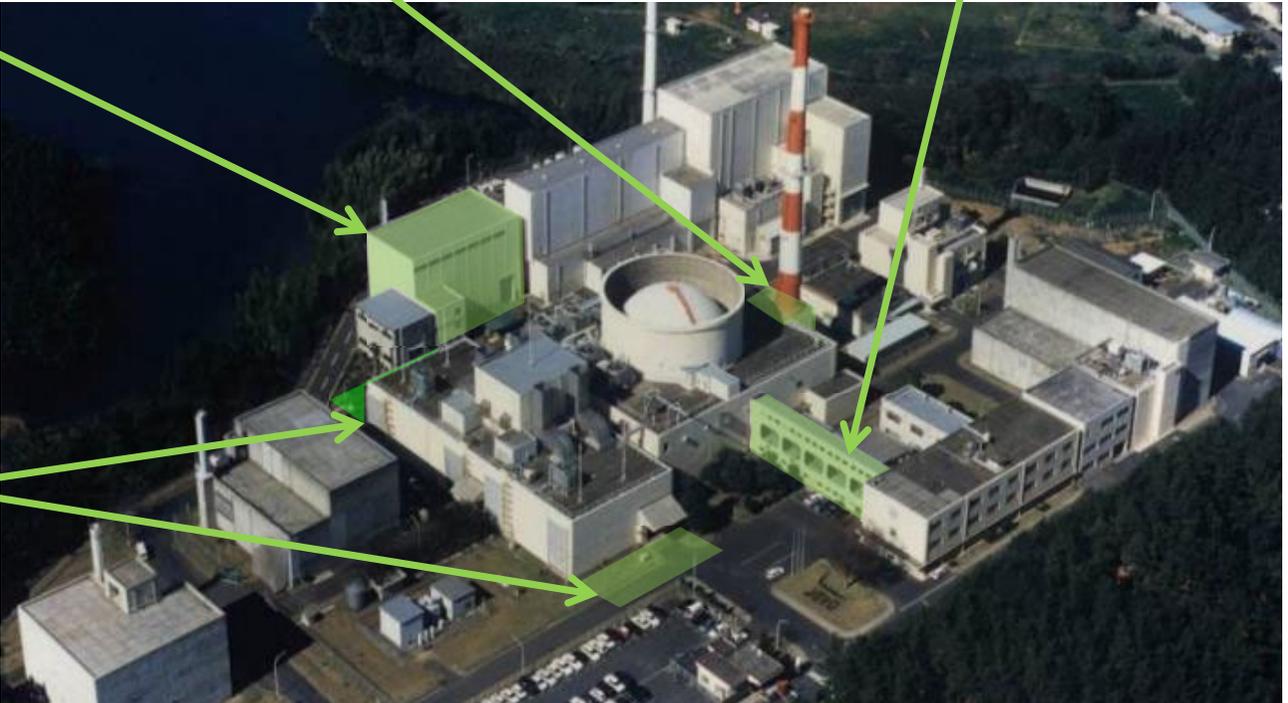
付属施設の耐震補強 (主排気筒)



(渡り廊下)



地盤改良



第7次 エネルギー基本計画（2025年2月）

- 高速炉については、**高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減**や**資源の有効利用**等に資する核燃料サイクルの効果をより高めることが期待されるとともに、空冷での安定冷却など、安全性が高い設計が可能である。
- もんじゅの取組及び**常陽の運転から得られる知見・技術については、実証炉を含む将来の高速炉研究開発において最大限有効に活用する。**
- 次世代革新炉（革新軽水炉・小型軽水炉・高速炉・高温ガス炉・フュージョンエネルギー）の研究開発等を進めるとともに、サプライチェーン・人材の維持・強化に取り組む。

「戦略ロードマップ」（2018年12月、2022年12月改訂）

「高速炉開発の方針」に基づき、研究開発政策の在り方やプレーヤーの役割を定め、開発を推進

- | | |
|---------------|-----------------------|
| ① 2023年度夏 | 概念設計の対象とする実証炉の炉概念を選定 |
| ② 2024～2028年度 | 実証炉の概念設計、研究開発の実施 |
| ③ 2028年度頃 | 実証炉の基本設計・許認可フェーズ移行の判断 |

（その後、基本設計・許認可に約10年、詳細設計・建設に約10年を想定）

高速炉開発に係る国内動向 と 「常陽」への期待 (2/2)

2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 (2021年6月)

- 2024年度以降の技術の絞り込み・重点化には、JAEAが保有する実験炉「常陽」での照射試験による検証が不可欠であり、運転再開に向けた準備を速やかに進めていく。
- 「常陽」においては、世界的にも希少な医療用ラジオアイソトープを、大量製造することが可能である。「常陽」の再稼働を進めていくことで、先進的ながん治療等への貢献が期待される。

GX 実現に向けた基本方針 ~今後 10 年を見据えたロードマップ~ (2023年2月)

- 新たな安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉の開発・建設に取り組む。



海外の新型炉スタートアップ企業からも、照射試験の問い合わせ

- 西側諸国で唯一の高速中性子照射場として関心が高い。

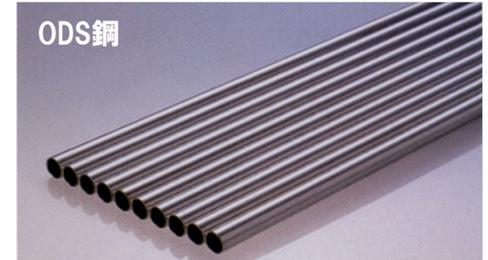
「常陽」運転再開後の照射利用

◆ 高速炉実証炉開発（カーボンニュートラル、原子力の持続可能性への貢献）

- ✓ 経済性に優れた燃料の照射試験 *1
 - 長期間安全に利用できる燃料の開発
- ✓ 放射性廃棄物の有害度を低減するための照射試験 *2
 - 半減期が長く、発熱が高い放射性物質の影響を短縮

*1 高度化燃料・材料（長寿命化等）の性能や健全性を実証する照射試験

*2 アメリシウム(Am)、ネプツニウム(Np)等のマイナーアクチノイド (MA)は、長期に放射線や熱を出すため、廃棄物対策の課題
MAサイクル技術の実証を目指し、大洗・東海の研究施設を用いて、使用済燃料からのMAの回収、MAを含んだ燃料の製造、「常陽」での照射を実施



◆ 医療への貢献

- ✓ 先進がん治療のための医療用ラジオアイソトープ（アクチニウム225）の製造 *3
 - がん細胞を選択的に放射線で攻撃できる薬剤の研究開発への貢献

*3 原子力委員会にて「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」を取りまとめ（2022年5月）

◆ 大学等との共同研究、国際協力、若手研究者・技術者の育成

高速炉実証炉開発への貢献

安全性、経済性、環境負荷低減性の実証が重要

【経済性】 高性能・高燃焼度燃料の開発

- 燃料を長期間使用（高燃焼度化）することで、燃料製造や再処理の体数を低減
- より高温で使用可能な燃料とすることで、冷却材出口温度の高温化が可能となり、発電効率が向上

【環境負荷低減性】 MA含有燃料の開発

- 放射性毒性が強く、半減期の極めて長いマイナーアクチノイド（MA）を高レベル放射性廃棄物から分離し、燃料として使用することで廃棄物の減容・有害度の低減が可能

実証炉に適用するには、「常陽」での照射試験によるデータ取得、安全性・健全性の実証が不可欠



「常陽」での照射試験



実証炉のプラント像

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

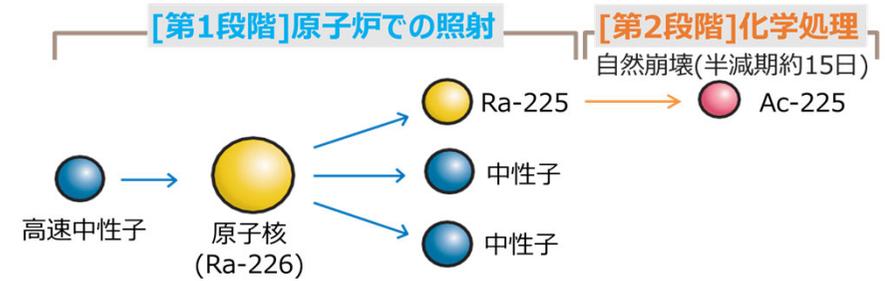
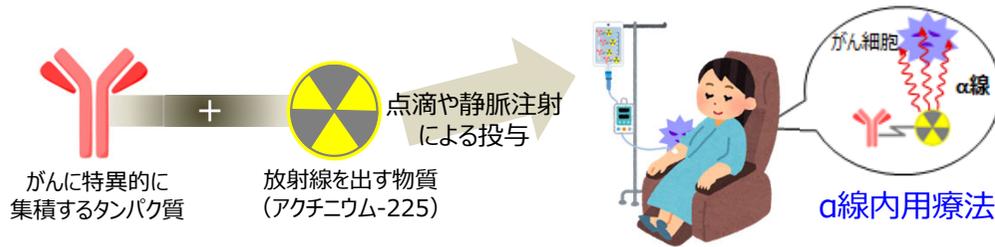
医療用ラジオアイソトープ（アクチニウム（Ac-225））への期待と「常陽」を活用したAc-225の生産について

Ac-225の特徴と動向

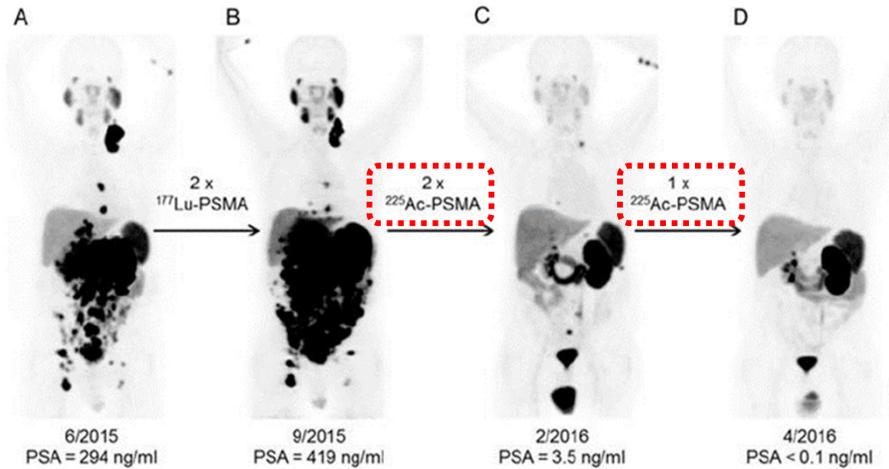
- Ac-225の治療効果は高く（4回 α線を放出）、α線の飛程は短く、遮へいも不要 → 病室の入退室制限緩和
⇒ 世界で治験・臨床研究の競争が激化
一方でAc-225は供給不足(供給量：3,000人/年分)
- 実用化に向けた治験の取得が困難

「常陽」でのAc-225生産

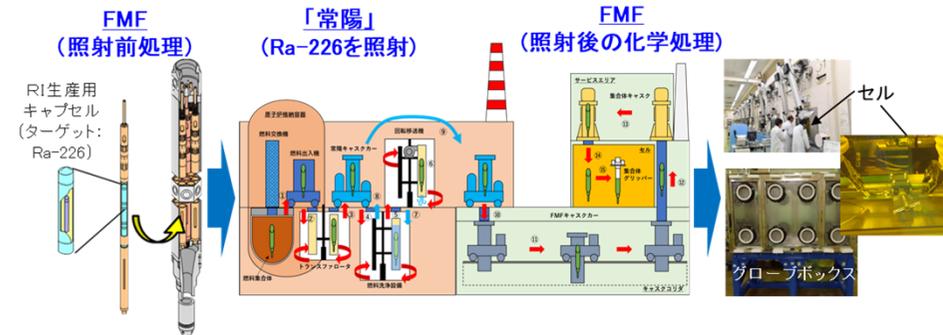
- 高速中性子（エネルギーの高い中性子）による $(n,2n)$ 反応を使用（閾値6.4MeV）
- 照射後に、隣接する照射燃料集合体試験施設（FMF）で迅速な化学処理が可能



「常陽」におけるAc-225の製造法



末期の転移性前立腺がんAc-225を使用し全奏効CR*1



「常陽」におけるAc-225製造プロセス

*1 Kratochwil, et al. ²²⁵Ac-PSMA-617 for PSMA-Targeted α-Radiation Therapy of Metastatic Castration-Resistant Prostate Cancer, JNM, July 7, 2016, 57 (12), 194-1944

「常陽」におけるAc-225の製造実証計画

令和8年度中の製造実証（原子力委員会アクションプラン）を目指す

年 度		R6 (2024)	R7 (2025)	R8 (2026)
「常陽」 照射燃料集合体 試験施設 (FMF)	「常陽」 運転計画	対策工事 ▽協定に基づく事前了解受領(9.6)		炉心改造 定期事業者検査 性能検査 アクションプラン達成 ▽ Ac-225製造実証
	「常陽」・FMF 許認可	「常陽」：設置変更許可 (RI生産研究)取得(10.22) 「常陽」・FMF：RI許可取得(6.22)	施設検査(10.E予定) ▽ RI生産用実験装置の製作に係る設工認(2.E申請)予定	使用前事業者 検査 ▽
	RI生産用 実験装置製作 FMF施設整備	RI生産用実験装置の設計・製作(部材調達含む)		
JAEA 原科研 大学等	225Ac・226Ra分離回収 精製技術の検討	共同研究開始		
国立がん研究 センター	医用利用可能な 225Acの要求仕様の検討	共同研究開始		



実証試験結果を踏まえて、2027年度以降、スケールアップ試験、研究機関への²²⁵Ac供給を検討

外部利用 - 大学の照射利用実績 : 約 40,000 試料 -

主な研究分野

(1) 核融合炉材料開発

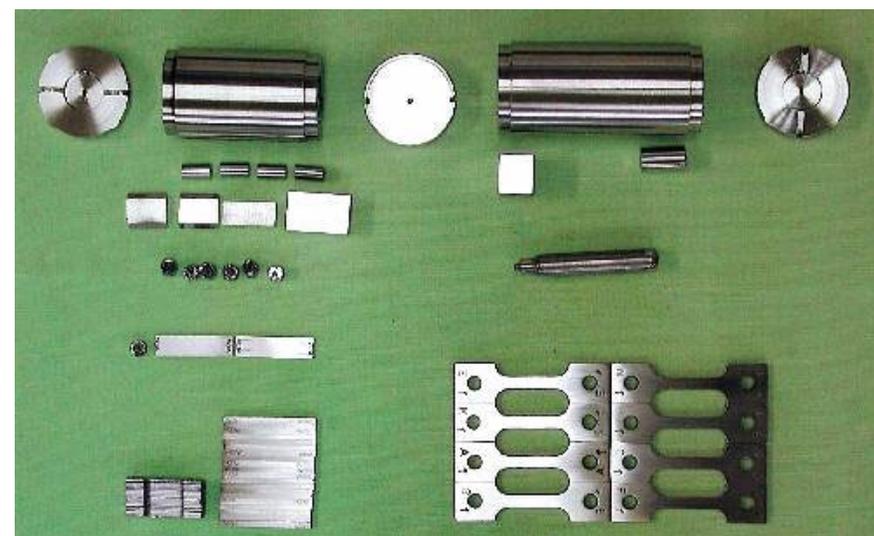
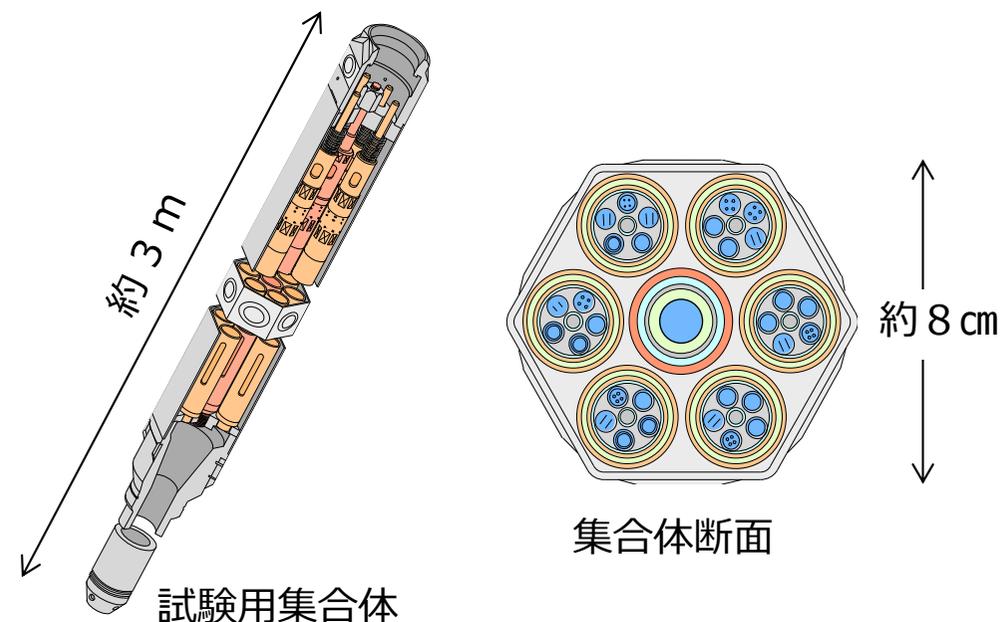
- ・バナジウム合金
- ・タングステン合金 等

(2) 高速炉材料開発

- ・フェライト系ODS鋼
- ・水素化ハフニウム 等

(3) 重照射による照射損傷研究

- ・SiC、SiC/SiC複合材料
- ・ステンレス鋼
- ・ニッケル基合金 等



材料照射試料

利 用 大 学	東北大学	東京大学
	北海道大学	東京科学大学
	京都大学	大阪大学
	九州大学	茨城大学 など

▶ 運転再開後も、大学を中心とした外部利用を着実に進める

まとめ

- 高速実験炉「常陽」は新規規制基準への適合性に係る原子炉設置変更許可をR5年7月に取得した。

R6年9月、地元自治体より新增設等計画の事前了解も取得した。
今後、安全性強化のための工事を進め、令和8年度半ばの運転再開を目指す。

- 運転再開後は、高速炉の戦略ロードマップ等に基づき、実証炉の燃料・材料等の照射試験、大学等からの受託照射を実施する。

- 医療用ラジオアイソトープ（RI）の製造に関する原子炉設置変更許可（R6年10月）、放射性同位元素の許可使用に係る変更許可（R7年6月）を取得した。

R8年度内のアクチニウム-225の製造実証を目指す。

參考資料

高速炉実証炉開発への貢献（1） - MOX燃料/経済性 -

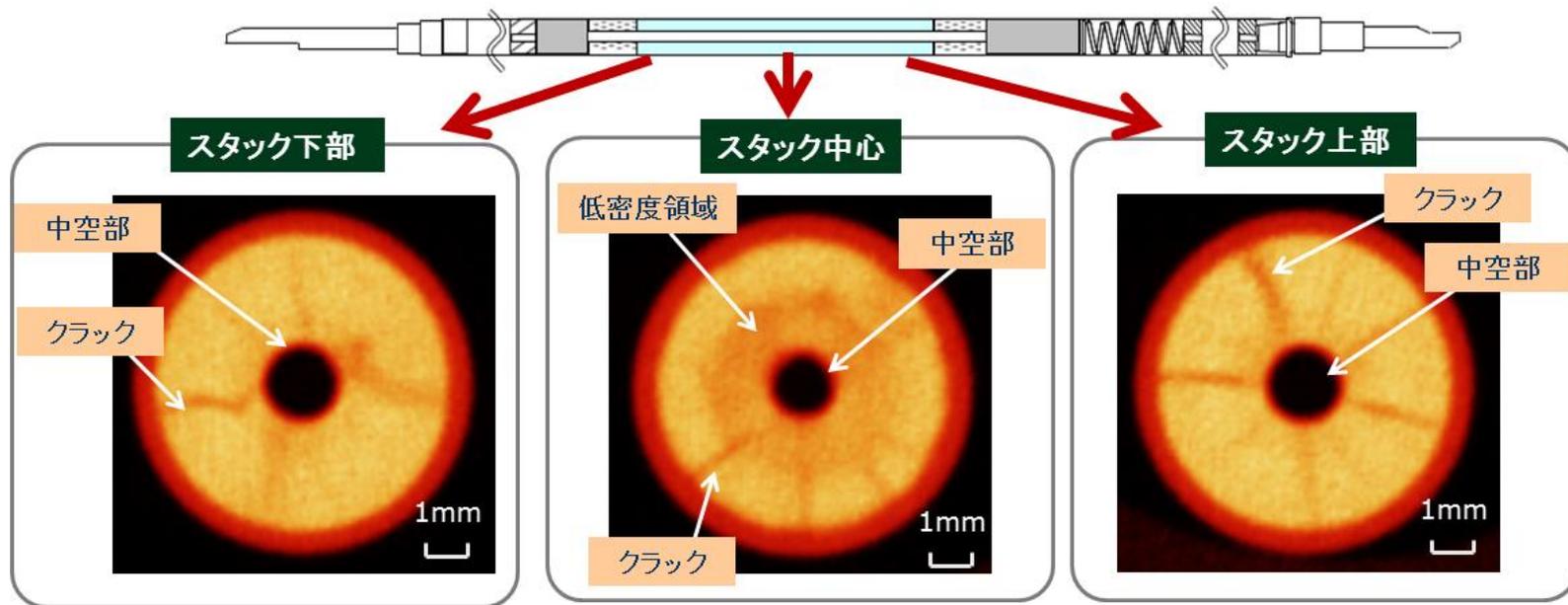
◆ 太径中空MOX燃料の性能実証

- 燃料の高燃焼度化が可能

燃料溶融防止と、燃料の膨れ（スエリング）による被覆管との機械的相互作用の抑制を両立

- 実証炉初装荷燃料からの適用を目指す

「常陽」照射試験によるデータの早期取得、実使用環境下での性能実証

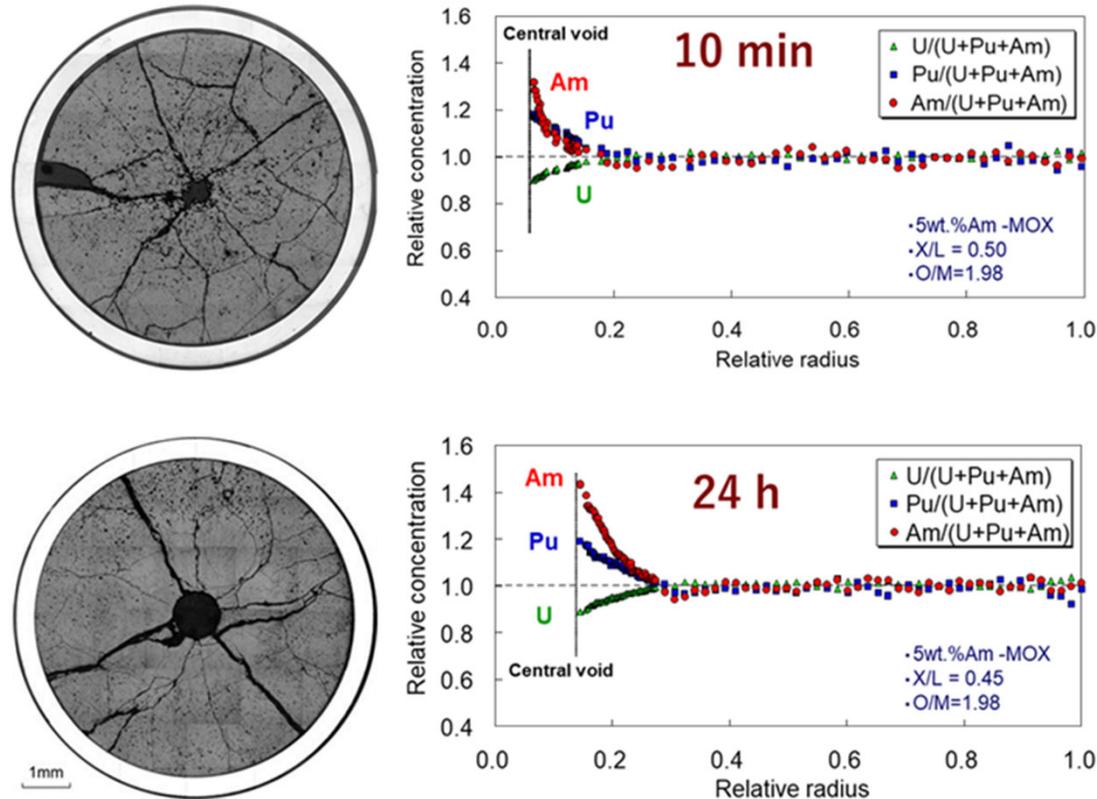


「常陽」における太径中空MOX燃料の照射挙動データの取得例
(照射後のX線CT結果)

高速炉実証炉開発への貢献（2） - MOX燃料/環境負荷低減性

◆ マイナーアクチノイド（MA）含有燃料の照射特性評価、健全性実証

- MAを燃料として使用し、高速炉サイクル内に閉じ込めることで、高レベル放射性廃棄物を減容化
- MA含有燃料の燃料設計の検証、長期照射時にMAが燃料の熱的挙動や、被覆管との化学的な相互作用等に及ぼす影響の把握、実使用環境下での健全性実証



「常陽」におけるMA含有MOX燃料の照射挙動データの取得例
(5%Am含有MOX燃料の短期（10分、24時間）照射におけるAm, Pu再分布挙動）

高速炉実証炉開発への貢献（3）

- 金属燃料/経済性、環境負荷低減性 -

◆ 金属燃料の性能実証、高性能化、環境負荷低減

- 小規模でも優れた経済性を有する燃料サイクルシステムを構築できる可能性、核拡散抵抗性が高い等の特徴がある
- 国内での技術的蓄積は限定的
- 日米共同研究（CRADA, 2024年1月締結）で得られる米国の照射実績に加え、「常陽」で金属燃料ピン（製造済）の照射試験でデータを補強することが重要



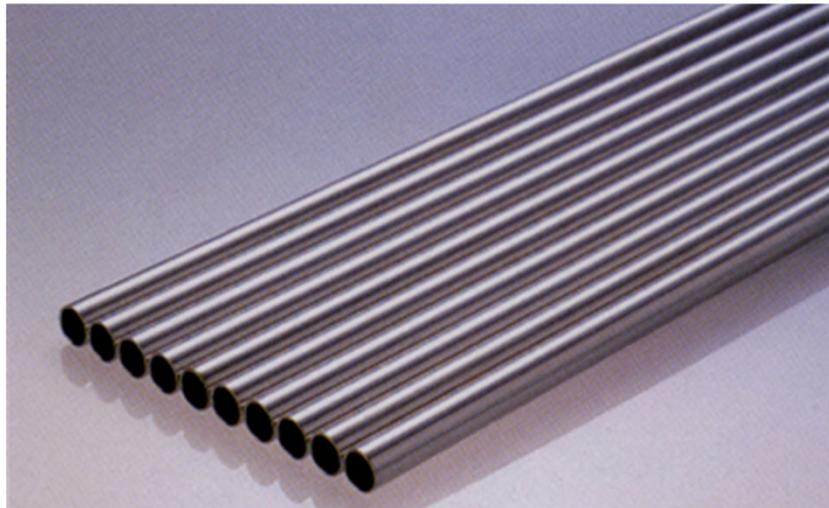
製造した金属燃料スラグ（U-20Pu-10Zr）と金属燃料ピン
（日本原子力学会和文論文誌, Vol.10, No.4 (2011)より引用）

高速炉実証炉開発への貢献（4）

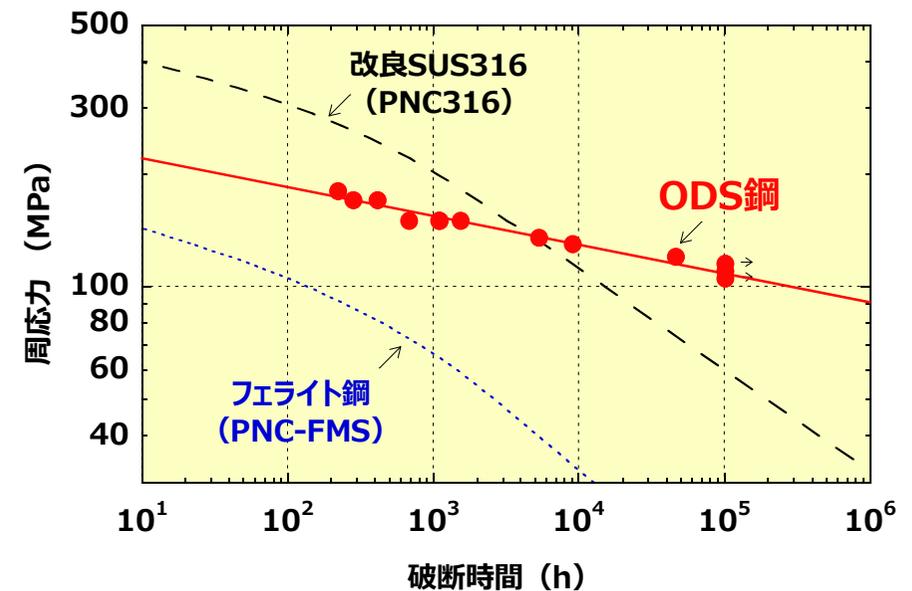
- 経済性 -

◆ 長寿命炉心材料の開発（両燃料に共通）

- 耐照射特性、高温強度に優れる酸化物分散強化型（ODS）鋼被覆管の適用により、**燃料の高燃焼度化**（取出平均燃焼度 150 GWd/t）と、**冷却材の高出口温度化**（550℃）の両立が可能
- 「常陽」照射試験によるデータ取得、実使用環境下での性能実証には長期間を要することから着実に実施することが重要



試作したODS鋼製被覆管



ODS鋼被覆管のクリープ強度