



高速実験炉「常陽」

— 施設概要 ・ 新規制基準対応 ・ 利活用 —

令和5年6月7日

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

高速炉開発に係る国内の動向

「戦略ロードマップ」（2018年12月21日決定、2022年12月23日改訂）

「高速炉開発の方針」(2016年12月)に基づき、研究開発政策の在り方やプレイヤーの役割を定めた「戦略ロードマップ」を策定し、開発を推進中。

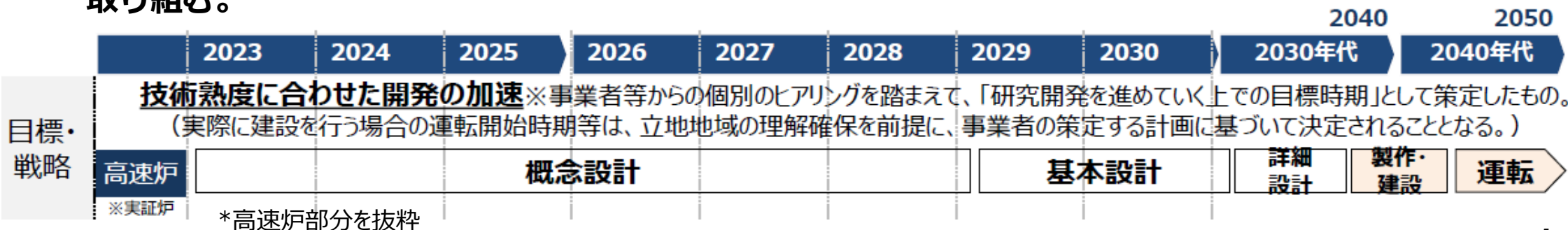
- ① 2023年度夏 概念設計の対象とする**実証炉の炉概念を選定**
- ② 2024～2028年度 **実証炉の概念設計、研究開発の実施**
- ③ 2028年度頃 **実証炉の基本設計・許認可フェーズ移行の判断**
(その後、基本設計・許認可に約10年、詳細設計・建設に約10年を想定)

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月決定）

- **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**医療用放射性同位体**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。

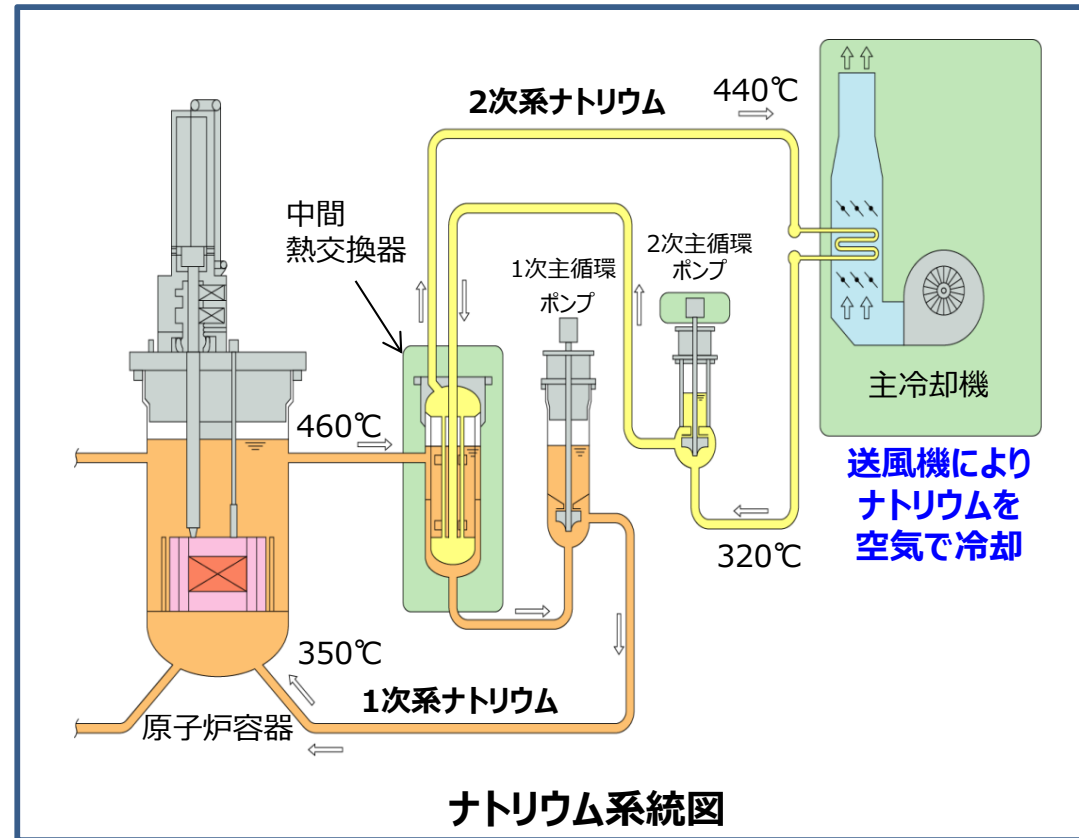
GX実現に向けた基本方針～今後10年を見据えたロードマップ～（2023年2月決定）

- 「安全性の確保を大前提として、**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。



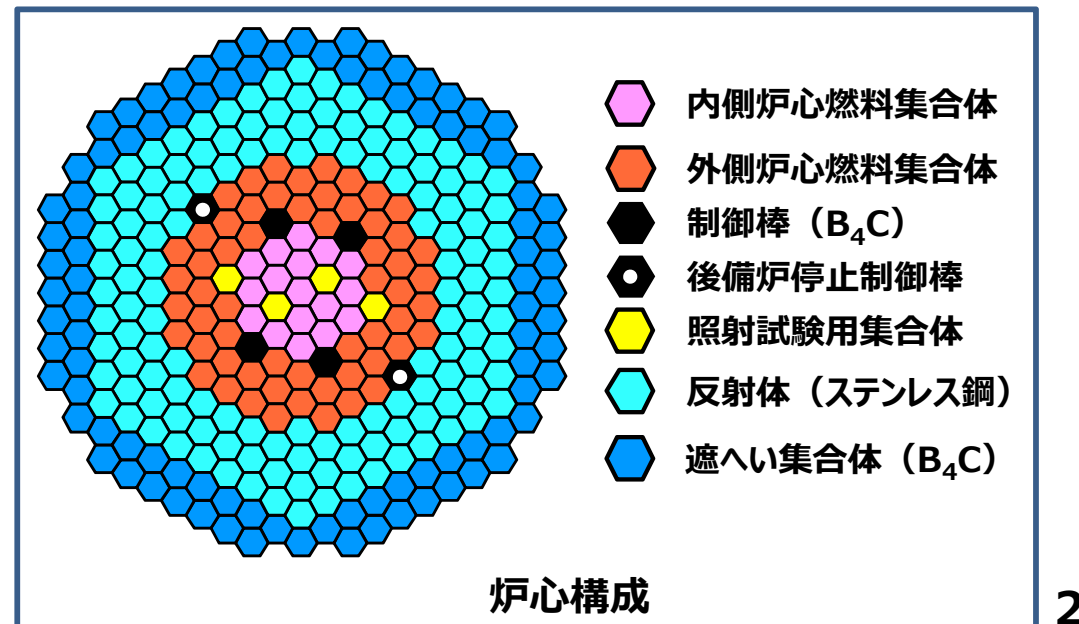
高速実験炉「常陽」の概要

- ◆ 燃料・材料の照射試験を行う実験炉
- ◆ 発電設備は無く、2次系のナトリウムは空気で冷却
- ◆ 照射した試験燃料・材料の照射後試験を行う施設が隣接



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



高速実験炉「常陽」のマイルストーン

- ◆ 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(50～75MW)	・・・Pu増殖性を確認するための増殖炉心 (増殖比 1.03 ± 0.03 を確認)
1982年11月 ～1997年 9月	M K - II 炉心(100MW)	・・・FBR燃料・材料の照射試験用炉心
1997年12月 ～2000年 5月	移行炉心(100MW)	・・・炉心を徐々に拡大して MK-III炉心 (高性能照射用炉心) に移行
2003年 7月 ～2007年 5月	M K - III 炉心(140MW)	・・・FBRの開発に係る研究開発と外部利用
今後	M K - IV 炉心(100MW) 【設置変更許可申請中の炉心】	・・・FBRの開発に係る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

(2023年6月現在)

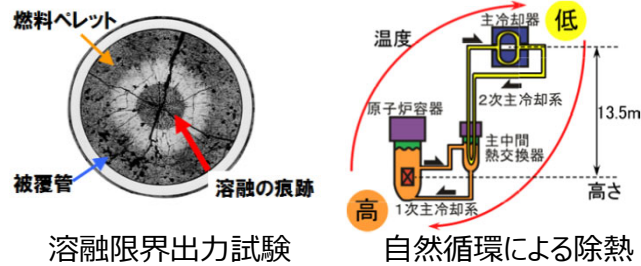
高速実験炉「常陽」における開発実績

高速炉技術の確立

- 増殖性能の確認 (1.03±0.03 (設計: 1.01))
- 炉心・プラント特性データの取得 (MK-I、MK-II、MK-III炉心)
- 核燃料サイクルの輪の実証

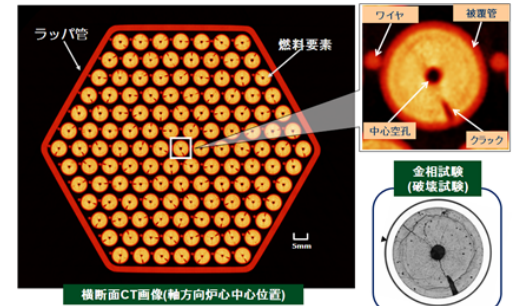
高速炉の安全性の実証

- 自然循環による崩壊熱除去の実証
- MOX燃料の性能確認 (燃料溶融試験、高燃焼度試験の実施)



照射試験・照射後試験

- 世界最高レベルの高速中性子束
- 多様なニーズに対応可能な照射試験用集合体の開発 (キャプセル型)
- 最先端の照射後試験技術 (X線CT)
- 約100体の照射試験用集合体を装荷



炉心燃料集合体 X線CT画像



「もんじゅ」、実証炉 (FaCT) への貢献

- もんじゅ・実証炉開発のための照射試験
- 高燃焼度を目指した被覆管材料 (ODS鋼) 等の照射試験
- 自己作動型炉停止機構の照射試験

運転保守経験の蓄積、データベース化

- プラントの運転・保守、定検、改造工事等を通じた高速炉プラントの運転保守技術の蓄積
- 高速炉用機器信頼性データベースへの反映
- 保守体系データベース、マニュアルの作成、技術者教育への反映



国際協力

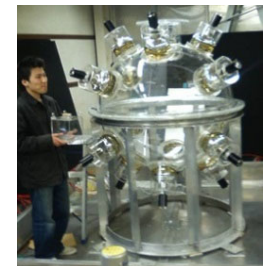
- 米国・仏国との連携・協力 (交換照射の実施、プラント運転・保守経験等の情報交換、駐在員の相互派遣)
- WANO (世界原子力発電事業者協会)、IAEA等を通じた世界各国との情報共有
- OECD/NEAコードベンチマークへの貢献

基礎・基盤研究、外部利用

- 核融合炉材料開発
- 照射損傷研究
- 基礎物理研究



核融合炉材料照射試料



ニュートリノ検出器の性能実験

「常陽」新規制基準対応の経緯と今後の見通し

これまでの経緯

【申請】（平成29年3月30日）	
【第1回補正】（平成30年10月26日）	熱出力を100MWとしたMK-IV炉心に変更
【第2回補正】（令和3年12月2日）	全国共通の標準応答スペクトルを考慮した基準地震動を追加
【第3回補正】（令和5年2月22日）	火災対策を強化
【第4回補正】（令和5年4月19日）	竜巻、火山、火災、溢水事象が発生した場合の原子炉の停止、影響及び対策等
【原子力規制委員会】（令和5年5月24日）	審査書案とりまとめ、意見聴取、パブリックコメント募集（～令和5年6月23日）を決定

今後の予定

設工認申請	許可取得後、地盤改良工事から順次申請
改造工事	令和5～6年度
運転再開	令和6年度末を目標

試験研究炉の新設置許可基準規則※の概要

※：試験研究の用に供する原子炉等の位置、構造及び設備の基準に関する規則

新規制基準への適合に向け、解析・評価、安全強化策の検討等を行いH29年3月30日に申請

＜新設置許可基準規則（主要項目）＞

多量の放射性物質等を放出する事故の
拡大の防止

溢水による損傷の防止

原子炉制御室（室外停止・監視機能）

外部電源喪失時の対策設備

通信連絡・監視設備（連絡・伝送多様
化）

火災による損傷の防止

外部からの衝撃による損傷の防止
（火山・竜巻等）

津波による損傷の防止

地盤・地震による損傷の防止

**BDBA
基準新設
設計基準
新設**

**設計基準
強化**

＜従来の規制基準（研究炉指針等）＞

原子炉制御室

外部電源喪失時の対策設備

通信連絡設備・監視設備

火災による損傷の防止

外部からの衝撃による損傷の防止

津波による損傷の防止

地盤・地震による損傷の防止

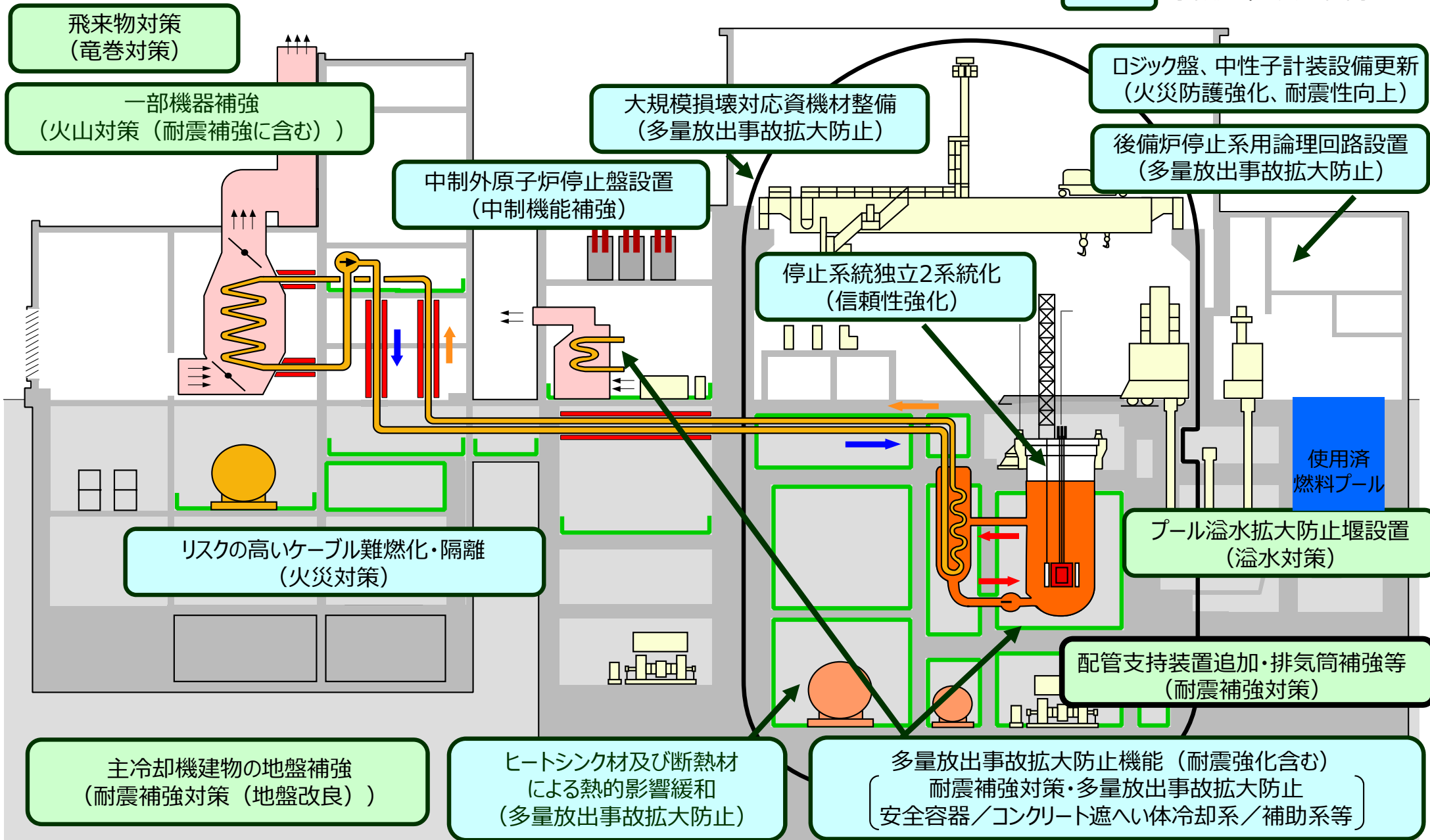
BDBA:設計基準事故を超える事故

新規制基準適合性審査概要

項目		主な内容	主な追加措置
地盤		<ul style="list-style-type: none"> ・将来活動する可能性のある断層等がない。 ・十分な支持性能を有する。 ※ 一部地盤改良を実施する。改良方法も妥当であることを確認した。 	・地盤改良
地震	基準地震動	<ul style="list-style-type: none"> ・合計7ケースの基準地震動を策定した。 水平成分（最大）：973 ガル 鉛直成分（最大）：591 ガル 	・耐震補強
	耐震重要度分類	<ul style="list-style-type: none"> ・「研究炉の耐震重要度の考え方」に基づき、構築物、系統及び機器の耐震重要度分類を決定(リスクの程度を考慮)した。 	
津波		<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉施設は、丘陵地帯の台地に位置する（T.P.30m以上）ため、津波により重大な影響を受けるおそれがない。 ※ 評価用の津波高さ：海水面から17.8m 	不要
外部事象（自然現象他）		<ul style="list-style-type: none"> ・自然現象について、以下を想定した措置を行う。 <ul style="list-style-type: none"> - 設計竜巻の最大風速:100m/s - 火山灰の層厚:50cm - 外部火災対策が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・竜巻飛来物対策 ・火山灰流入防止対策 ・防火帯の設置
火災	一般火災	<ul style="list-style-type: none"> ・火災の発生防止、感知・消火、影響軽減の措置を講じる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・重要ケーブルの難燃化 ・感知器の多様化等
	ナトリウム火災	<ul style="list-style-type: none"> ・ナトリウム漏えいを防止するため、耐震性を強化する。 ・ナトリウムとコンクリートの接触防止のため、鋼製の床ライナ・受樋を設置する。 	・耐震補強
運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故		<ul style="list-style-type: none"> ・変更した炉心（MK-IV炉心）について、試験研究炉安全評価指針、発電用原子炉安全評価指針、F B R 指針を参考として、事象を選定し、事象の評価結果が基準を満足することを確認した。 	不要
多量の放射性物質を放出する事故(BDBA)		<ul style="list-style-type: none"> ・炉心の著しい損傷に至る可能性がある異常事象、安全機能の喪失等の組み合わせ（事故シーケンス（事故進展シナリオ））を抽出し、影響の大きさ、発生確率等も考慮して、15の代表例を選定し、事故対応の有効性を評価した。 ・多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象として、大型航空機の衝突による油火災＋大規模なナトリウム火災を想定し、資機材等を整備する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・後備炉停止系等の設置 ・熱的影響の緩和措置 ・耐震補強 ・資機材の整備

新規制基準対応に係る工事の概要

- 地震等の自然災害対策
- 事故対策、安全性向上



使用済燃料の取扱いについて

- 設置変更許可申請書の使用済燃料の処分の方法として、「常陽」の使用済燃料については再処理を行うこと、国内又は海外での再処理が選択肢としてあることを記載している。
- 今回の設置変更許可申請において、記載の適正化を図ったが、当該方針に変更はない。
- 使用済燃料について、再処理のために引き渡すまで「常陽」で適切に貯蔵・管理することを明記した。
- 規制委員会の審査では「使用済燃料の処分の方法が、一定程度実現可能な計画であることを確認する。」とされており、「高レベル放射性物質研究施設（CPF）等での研究開発を通じて、高速炉燃料再処理について技術的な見通しを得ている。」こと等を説明した。

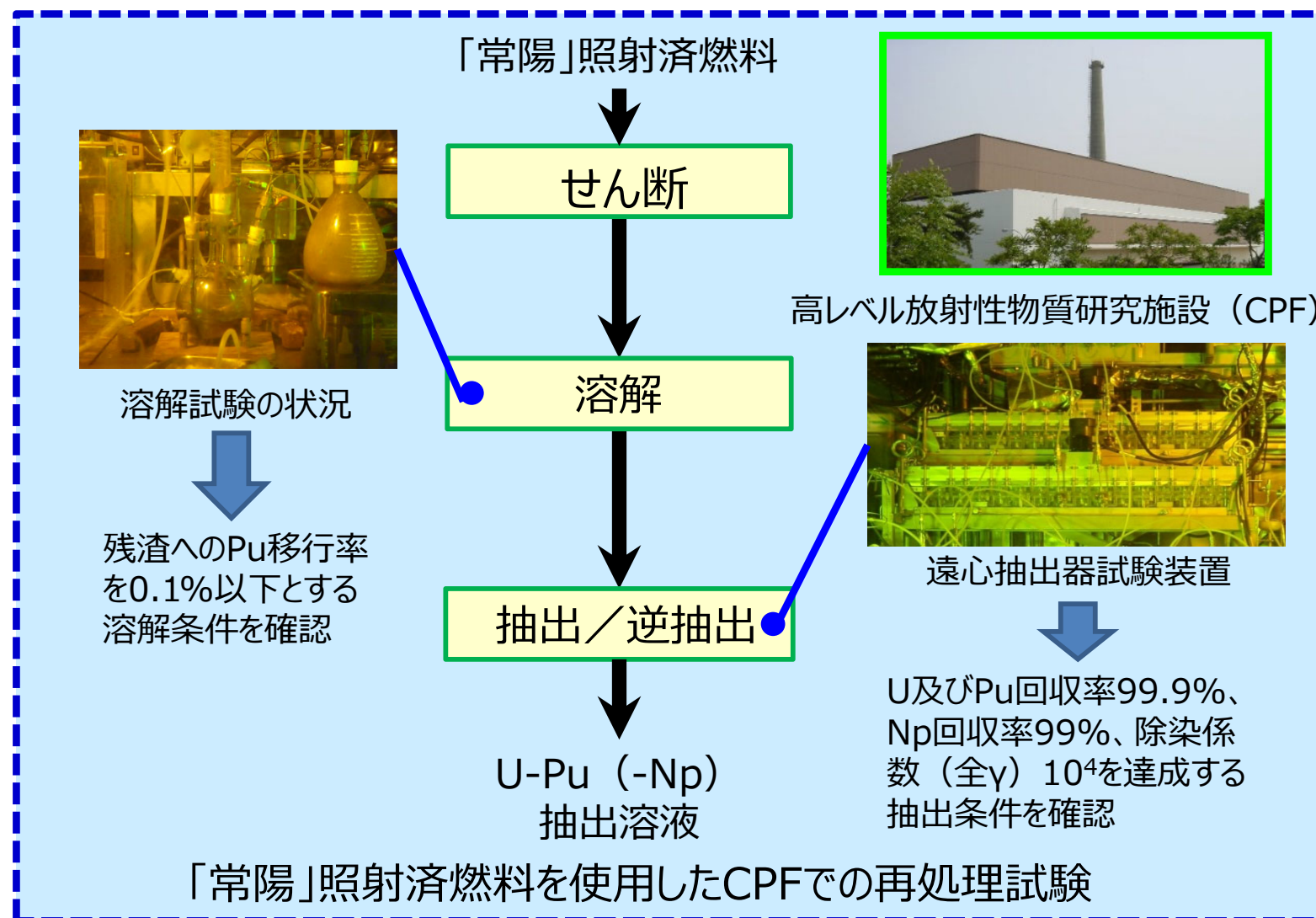
変更前	変更後
<p>8. 使用済燃料の処分の方法</p> <p>使用済燃料は、<u>独立行政法人日本原子力研究開発機構の再処理施設において、又は我が国が原子力の平和利用に関する協力のための協定を締結している国の再処理業者である United Kingdom Atomic Energy Authority 若しくは、Commissariat a l' Energie Atomique に委託して再処理を行うこととする。</u>海外再処理を行うに際しては、政府の確認を受けることとする。海外再処理によって得られるプルトニウム及び濃縮ウランは<u>国内に持ち帰ることとし、また再処理によって得られるプルトニウム、若しくは濃縮ウランを海外に移転しようとするときは、</u>政府の承認を受けることとする。</p>	<p>8. 使用済燃料の処分の方法</p> <p>使用済燃料については、<u>国内</u>又は我が国が原子力の平和利用に関する協力のための協定を締結している国において再処理を行うこととし、<u>再処理のために引き渡すまでの間、高速実験炉原子炉施設の使用済燃料貯蔵設備にて使用済燃料を適切に貯蔵・管理する。</u></p> <p>海外再処理を行うに際しては、政府の確認を受けることとする。海外再処理によって得られるプルトニウム及び濃縮ウランは、<u>国内に持ち帰る又は海外に移転する。また再処理によって得られるプルトニウム、若しくは濃縮ウランを海外に移転しようとするときは、</u>政府の承認を受けることとする。</p>

※ 「常陽」での使用済燃料の貯蔵・管理には、以下の使用済燃料貯蔵設備を用いる。

貯蔵施設/貯蔵設備	貯蔵容量	保管体数	
		燃料	燃料以外*
原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備	200体	12体	23体
第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	600体	500体	8体
第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備	350体	228体	9体
合計	1,150体	740体	40体

* 燃料集合体以外の炉心構成要素（制御棒、反射体等）についても一部保管している。

高速炉の使用済燃料の再処理について



「常陽」の照射済燃料ピン合計76本の再処理を行った実績を通じて、溶解、晶析、抽出等の主要プロセスの基本性能を把握した。

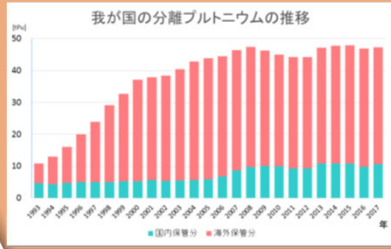
国外でもフランス等において、高速炉用燃料の再処理実績があり、基本技術の適用性が確認されている。

研究プラットフォームとしての「常陽」の役割

～脱炭素社会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

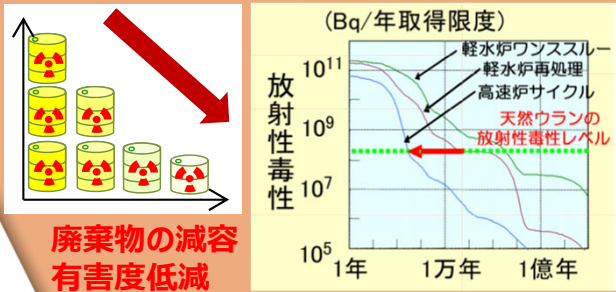
～核不拡散、核テロ対策への
取り組み

- 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



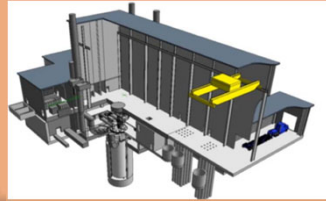
分離済プルトニウムの削減

- マイク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



～持続可能な原子力利用への
取り組み

- 実証炉、次世代炉開発(NEXIP)
- 民間のイノベーション開発への支援
- 新燃料・材料開発、安全性向上
- 日米、日仏協力（開発、協働）

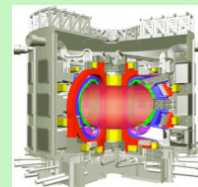


米国多目的
研究炉 VTR



高速実験炉「常陽」

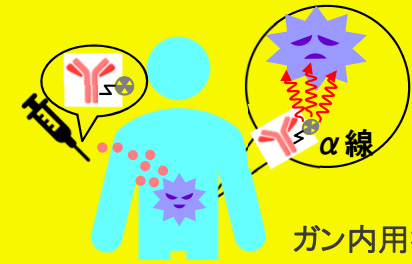
- 基礎基盤研究・多目的利用
- 大学利用、国際貢献
- 核融合炉開発
(第1壁材開発など)



～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
インターンシップ研修

～原子力技術者の育成

今後の照射試験計画

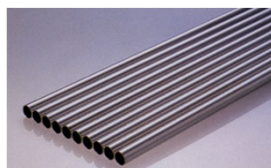
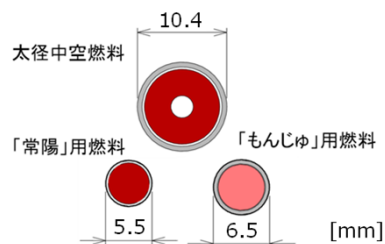
◆ 国内の次世代革新炉開発（カーボンニュートラルへの貢献）

- ✓ 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
 - 半減期が長い放射性物質の影響を短縮するための研究開発

*1 実証炉に向けて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

常陽、もんじゅ燃料と
太径中空燃料（例）の断面寸法の比較

長寿命被覆管
（酸化物分散強化型フェライト鋼（ODS鋼））



*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