



Japan Atomic Energy Agency

もんじゅ研究計画について
国際的な協力・貢献

小野 清*

日本原子力研究開発機構
高速炉研究開発部門
次世代高速炉サイクル研究開発センター
プロジェクト推進室

*) ono.kiyoshi@jaea.go.jp

日本原子力学会2014年秋の大会・新型炉部会企画セッション
2014年9月10日(水)京都大学

概要

高速増殖炉／高速炉開発に関して

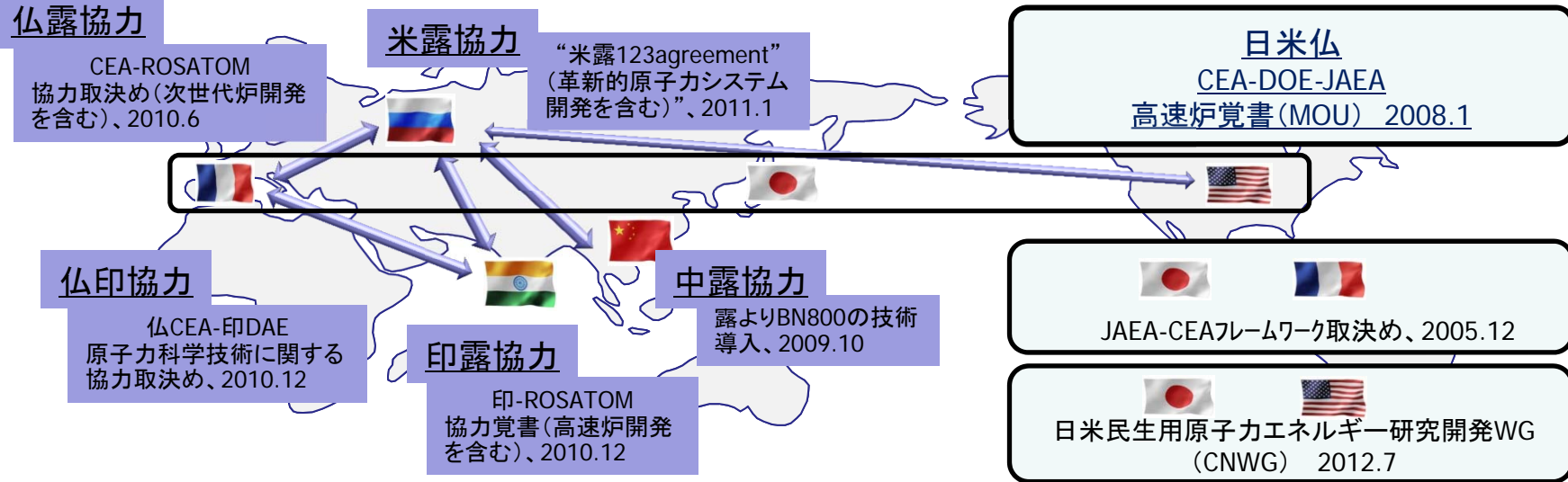
- 国際協力の意義と基本方針
- 国際協力及び研究開発の全体動向
- 「もんじゅ」における国際協力の必要性和「もんじゅ」を活用した
国際協力
- 今後の国際協力項目の案

国際協力の意義と基本方針

- 東電福島第一原子力発電所事故後も、高速増殖炉／高速炉開発を進めているフランス、ロシア、中国、インド等は、各国のエネルギーや環境事情を反映し、その開発・利用計画を維持し、アメリカやEUは将来の技術オプションとして研究を継続している。
- 開発を進める国々との技術協力は、開発や技術基盤整備のコスト削減はもとより、技術・知見の共有化や共通の安全文化の醸成などを促進し、国際的な技術水準底上げや高い信頼性確保という観点からも重要である。
- 国際協力として推進すべき項目は、
 - ① 我が国の設計・技術、基準等の国際標準化に有効なもの。
 - ② 国内単独で実施するよりも、国際協力を通じた費用分担によるコスト削減、リスク分散が期待され、効率的な研究開発が可能となるもの。
 - ③ 開発リード国として、これまでに我が国が培った技術で国際貢献に資するもの。
- 国際協力の基本は「等価交換」とする。

国際協力の全体動向

- 高速炉サイクルの開発を進める国々の間では、実用化に向けた**技術開発の国際協力が活発化**。国際的パートナーシップ競争の開始。
- 日本は、「常陽」、「もんじゅ」の設計、建設、運転及びFaCTプロジェクト等の実施により培った高い技術力を保有。**第4世代原子力システム国際フォーラム(GIF)**では、副議長国として中核的役割。
- 日本は、2カ国/3カ国間及びGIF等の多国間の国際協力の枠組みを駆使して、高速炉の安全設計クライテリアの国際標準化や**高速炉サイクルの技術開発をリード**。また、3か国協力で廃棄物低減に効果的なマイナーアクチノイドの燃焼実証プログラム(常陽、もんじゅによる燃焼)を推進中。



第4世代原子力システム国際フォーラム(GIF) [参加国: 12カ国1機関]

ナトリウム冷却高速炉(SFR)システム取決

国際原子力機関 (IAEA)

革新的原子炉および燃料サイクルに関する国際プロジェクト(INPRO, TWG-FR) [参加国: 39カ国1機関]

海外諸国が開発を進めている炉型と我が国の炉型

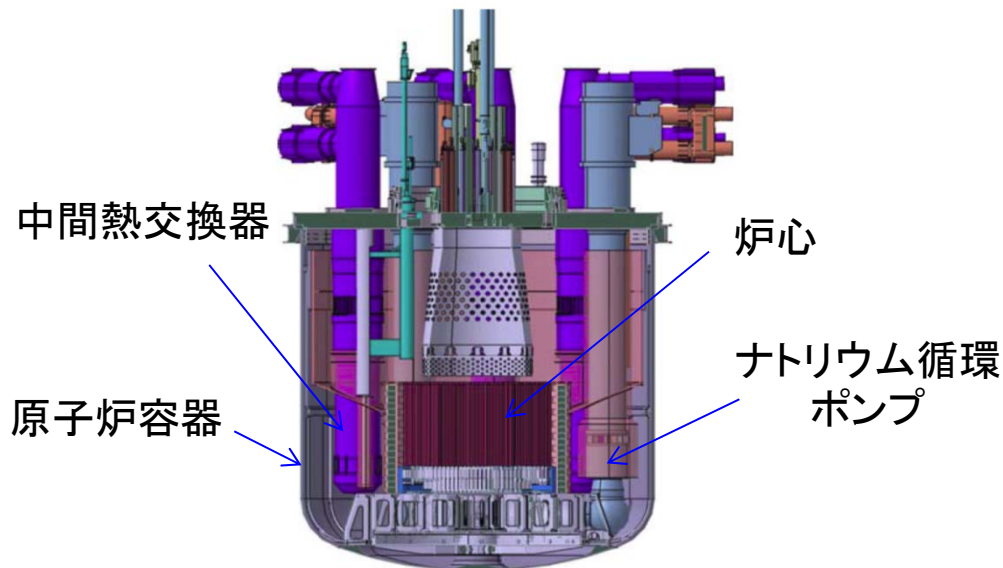
- 大型の「プール型」炉では原子炉容器が大きく、地震条件の厳しい国では、耐震性の観点で成立しない。
- かつては、コンパクト化された「プール型」の方が経済性に優れるとされ、日本以外の国が「プール型」を志向していた。

- 地震国である我が国は、プール型と比較して耐震性に優れている「ループ型」を選択している。
- 現在、我が国が開発を進めている「ループ型」の先進的な設計では、革新技術の採用により「プール型」に劣らない経済性を有する。

プール型炉 (タンク型炉)



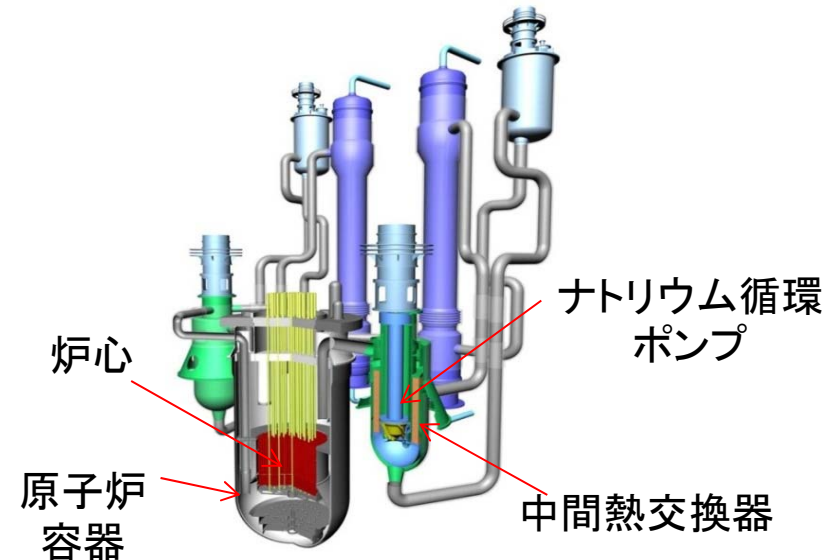
- 炉心、ナトリウム循環ポンプ、中間熱交換器を、1つの原子炉容器に収納



先進ループ型炉



- 炉心を収納した原子炉容器と、ナトリウム循環ポンプ及び中間熱交換器を配管で接続



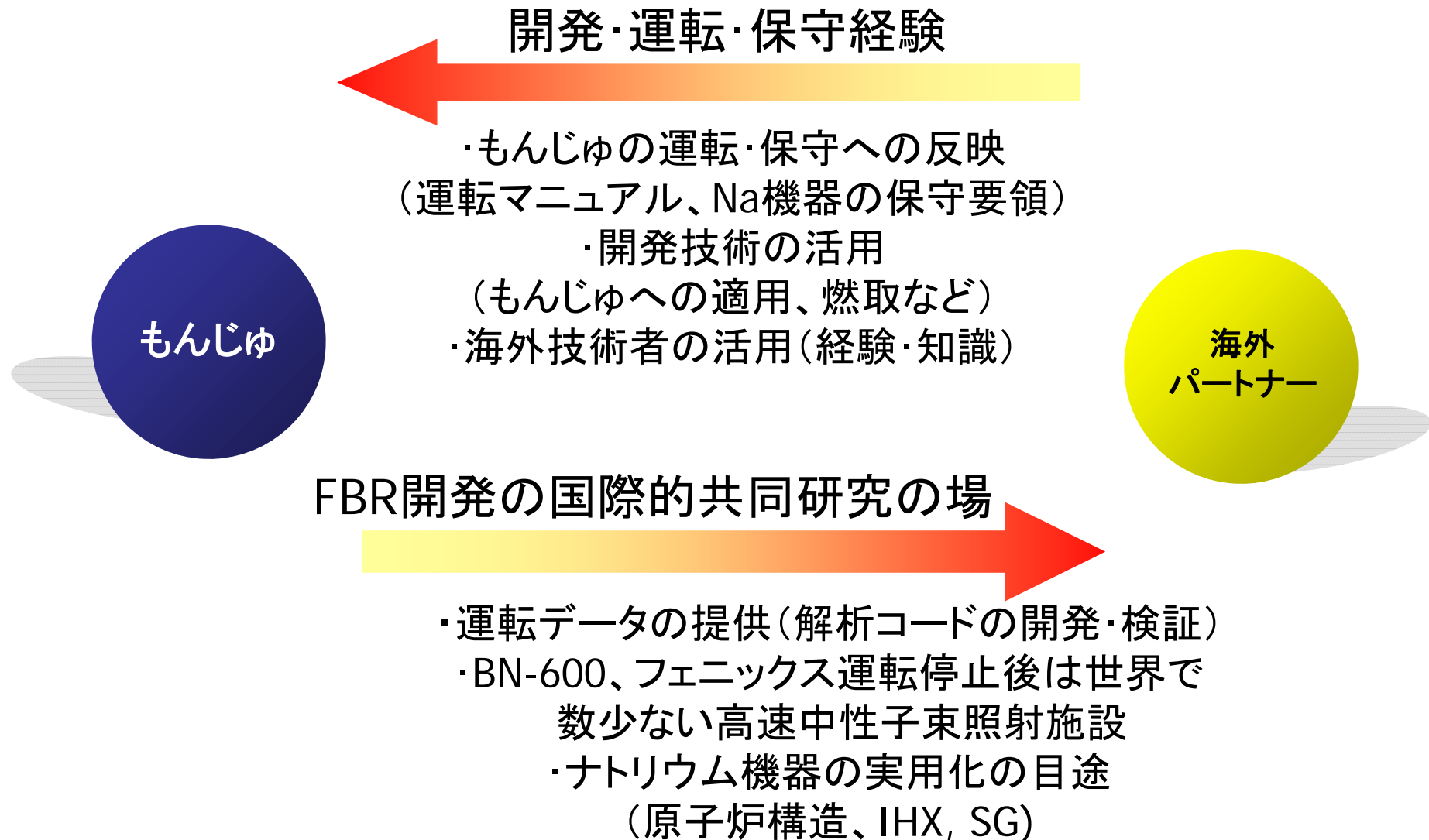
高速増殖炉／高速炉の燃料開発

世界の主な中性子照射場の現状

- 世界的に高速中性子照射場は限られる
- **特に「もんじゅ」は、実規模燃料集合体の照射が可能**

国	原子炉	炉種別	熱出力 (MW)	高速中性子束 ($10^{15}n/cm^2s$)	燃料長 (mm)	現状	照射機能の特徴	照射後試験 (PIE)施設
日	常陽	実験炉	140	4.0	500	停止中	燃料・材料各種照射、限界照射、オンライン計測、制御照射	燃料体、燃料、材料試験施設
	もんじゅ	原型炉	714	3.7	930	停止中	実規模燃料照射	燃料検査設備
露	BOR-60	実験炉	60	2.2	450	運転中	燃料・材料各種照射、限界照射、オンライン計測、制御照射	燃料体、燃料、材料試験施設
	BN-600	原型炉	1470	4.0	1030	運転中	基本的に材料照射のみ可 解体核処分で燃料照射の実績	燃料体解体・検査施設
	MBIR (BOR-60後継炉)	研究炉	150	6.0	600	2019年 運開予定	燃料・材料各種照射、限界照射、オンライン計測、制御照射	燃料体、燃料、材料試験施設
仏	Phenix	原型炉	350	2.6	850	運転終了	実規模燃料照射、限界照射	燃料体解体・検査施設
	Astrid	実証炉	1500	不明	1100 or 800/900	2025年頃 臨界予定	未定	未定

「もんじゅ」における国際協力の必要性



「もんじゅ」を活用した国際協力(1)

【具体的研究プロジェクト及び各国の個別研究開発への貢献】

① 2国間協力の強化

- 廃棄物の減容に資する照射試験
 - －米国の燃料材料を、仏国にて加工し、日本の「もんじゅ」で照射
- 海外高速炉の燃料の先行照射
 - －仏国は、ASTRIDの初装荷燃料のための照射試験を希望
- シビアアクシデント対応のための研究開発
 - －「もんじゅ」自然循環に係る詳細データ提供による設計協力

② GIF※等の多国間協力の更なる深化 ※第4世代原子力システム国際フォーラム

【将来の高速炉の安全性向上及び国際基準策定への貢献】

- 高速炉の安全基準、運転・保守ガイドラインの構築
 - －高速炉に関する国際安全基準(SDC)の策定
 - －SDCの具体化に向けた国際ガイドライン(SDG)の策定検討

③ IAEAの枠組みを活用した国際協力

【高速炉開発に係る基盤的データの共有】

- 高速炉の安全に関する公開データに基づく研究協力
 - －自然循環データ解析など(IAEA/TWG-FRの枠組を活用)
- プラント運転経験に関する情報交換
 - －公開情報レベルでの情報交換

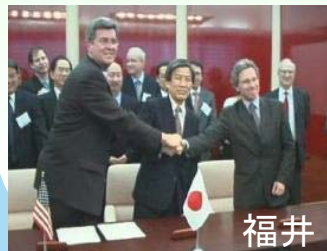
⇒安全性向上や国際基準策定に関する国際協力については、特に積極的に推進

「もんじゅ」を活用した国際協力 (2)

Gen-IV枠組みでの国際協力

SFRシステム取決め (2006年2月)

- ✓ 安全・運転性
- ✓ 先進燃料
- ✓ 機器・BOP
- ✓ GACID
- ✓ システム統合・評価



「もんじゅ」MA含有燃料燃焼 実証プロジェクト(GACID)

2007年9月プロジェクト取決め締結

福井

国際機関を通じた協力

◆ IAEA (高速炉技術WG: TWG-FR)

・もんじゅ炉上部プレナムの温度成層化データ
(40%出力運転時)のベンチマーク解析

- 日・仏・米・韓・露・印・中が参加。
- 2008年から2011年まで年一回の会合を開催し、2012年に報告書発行の予定。

◆ WANO (世界原子力発電事業者協会)

- ・1997年1月に動燃事業団(当時)として加盟
- ・ピアレビューに参加、
- ・隔年総会および1998年5月から開始されたWANO-FBRグループ会議に参加
- ・2000年以降、駐在員1名をパリセンター又はロンドン調整センターに派遣

日仏二国間技術協力



日仏協力分野(JAEA-CEA)

- ・新型燃料
- ・常陽-もんじゅ-フェニックス 他



常陽



もんじゅ



Phenix

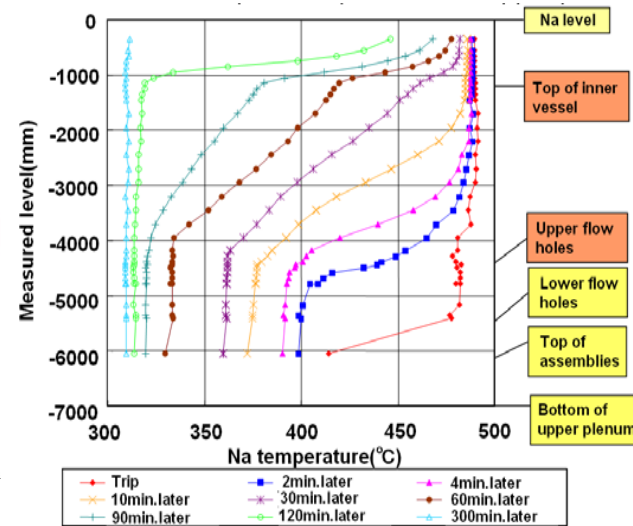
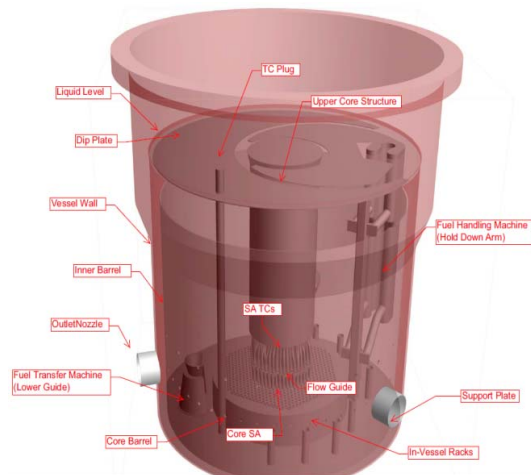


「もんじゅ」を活用した国際協力 (3)

— IAEA共同研究計画への参画 —

【目的】: 様々な炉型のナトリウム冷却炉に共通の課題である、トリップ時の炉上プレナムの温度成層化を正確に予測する解析技術を向上する

炉上部プレナム内の温度成層化データ取得
(1995年12月40%運転状態からのタービントリップ試験)は実炉では世界初



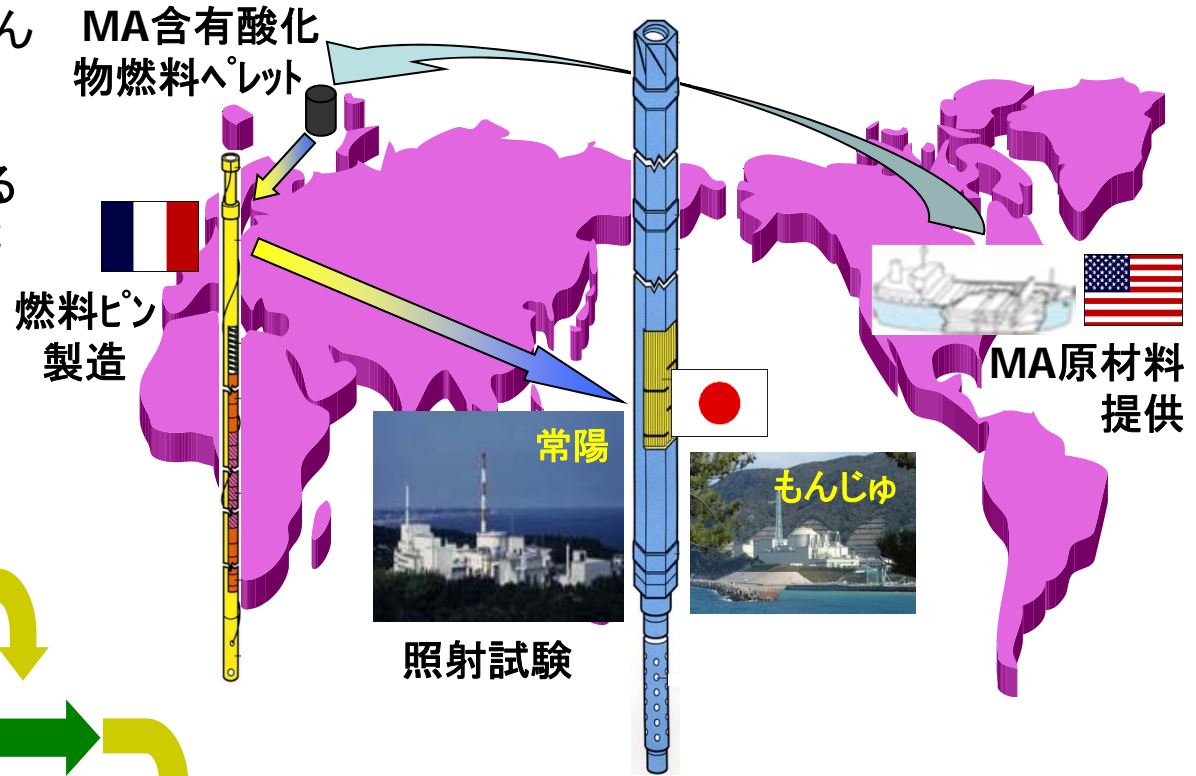
【成果】: 参加国間の多様なアプローチによって、炉上部プレナムの温度成層化に影響を与える要因が明らかになりつつある。

「もんじゅ」を利用した日仏米共同の
 高速増殖炉MA(マイナーアクチニド)燃料実証計画
 Demonstration of MA Transmutation (GACID)

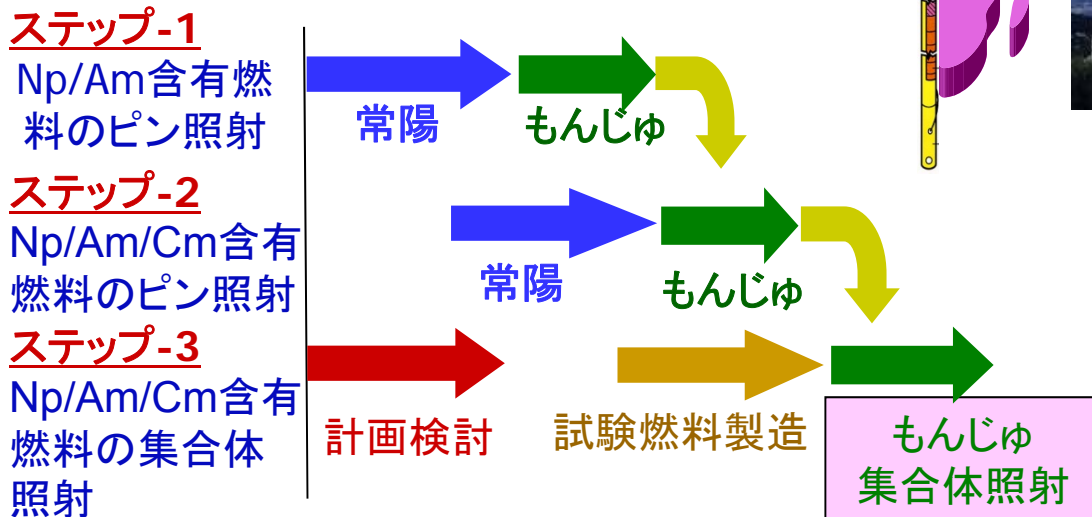
目的: 高速増殖炉の実用炉燃料として有力なマイナーアクチニド(MA)含有燃料(TRU燃料とも言う)を、「もんじゅ」及び「常陽」を利用して実証

- 高速炉(常陽・もんじゅ)で燃焼させることによりMA全量リサイクルの可能性を実証
- 3ステップで段階的に実施

Tri-lateral collaboration in GACID pin-scale tests.



GACID全体スケジュール



GACID: Global Actinide Cycle International Demonstration

- GIF/ナトリウム冷却高速炉プロジェクトの一つ

「もんじゅ」での研究者・研修生の交流



ブシャール国際特別顧問との意見交換会(福大、福工大とも連携)

研究者の駐在



フランス原子力・代替エネルギー庁 (CEA)



アメリカ エネルギー省(DOE)



原子力研究交流制度 (実習)



講義

文部科学省国際原子力安全セミナー事業
「原子炉プラント安全コース」
中国など近隣アジア諸国の原子力関係者が参加



ISI取扱実習



「敦賀『原子力』夏の大学」
仏・米国講師等による特別講座や英語討論会



日韓サマースクールに協力



日仏専門家会議



国際協カリエゾンオフィスの設置

今後の国際協力項目の案

もんじゅを用いた協力項目の案

- (1) 高速増殖炉開発の成果とりまとめを目指した研究開発
 - ・性能試験データ等を用いた解析手法検証(出力変更試験解析等)
 - ・運転・保守データ等蓄積による信頼性データベースの構築(故障率データ、保全プログラム等)
 - ・海外からの技術者派遣受け入れ(性能試験参画等)
- (2) 放射性廃棄物の減容・有害度の低減を目指した研究開発
 - ・MA添加MOX燃料の燃焼挙動確認照射(GACIDプロジェクト)
 - ・プルサーマル使用済燃料組成を模擬したMOX燃料照射(高次化Pu燃焼実証)
 - ・ASTRID燃料集合体照射
- (3) 高速増殖炉／高速炉の安全性強化を目指した研究開発
 - ・大規模システムでの自然循環による除熱能力の実証と評価手法の構築・検証
 - ・高速増殖炉/高速炉に対するシビアアクシデントマネジメント策の充実と実証的な確認

もんじゅ以外での協力項目の案

- (1) 放射性廃棄物の減容・有害度の低減を目指した研究開発
 - ・実験炉「常陽」を用いた照射試験等
- (2) 高速増殖炉／高速炉の安全性強化を目指した研究開発
 - ・AtheNA-SA試験、シビアアクシデントシナリオの統一と関連試験・評価手法整備の共同実施
 - ・安全設計クライテリア/安全設計ガイドラインの国際標準化とそのための基盤技術の強化
⇒試験施設共同利用、試験データ共有、ベンチマーク解析・評価手法共同開発
- (3) その他
 - ・技術実証炉ASTRIDに対する協力、金属燃料サイクルの総合的開発 等