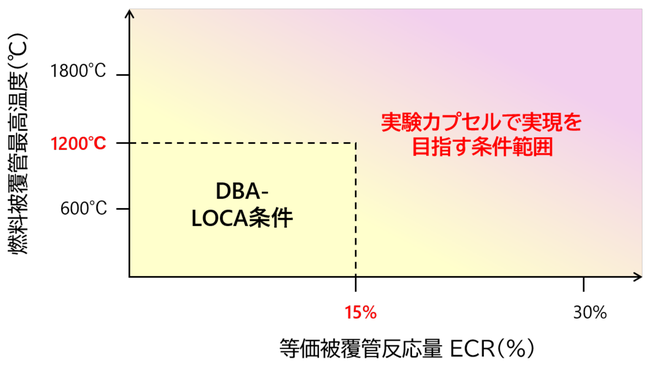
多様な燃料・過酷な事故モードに対応できる研究基盤の整備 （2）NSRR用カプセルの開発

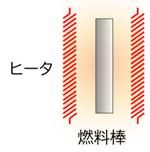
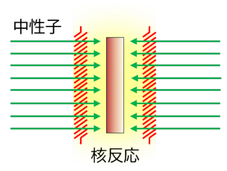
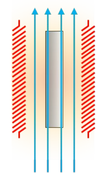
日本原子力研究開発機構　原子力安全・防災研究所　安全研究センター　馬場 勘

事業の目的と概要

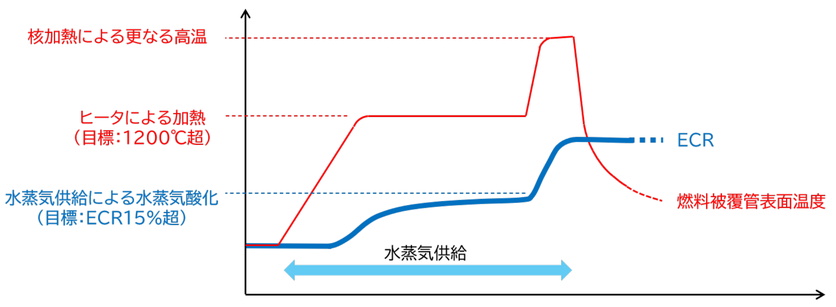
- シリーズポスター「**設計基準を超える高温条件下におけるNSRRカプセルの開発（1）実験計画及び開発**」に示したとおり、本事業では、SAコードの燃料損傷モデルの妥当性確認・高度化に資する基礎データを取得するため、基準を超える冷却材喪失事故（LOCA）条件を模擬し、高温水蒸気環境下における燃料棒の破損、形状喪失、ペレット移動等の燃料損傷挙動を把握する実験を計画している。
- 当該実験を実現するため、国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構（JAEA）では、原子力科学研究所の原子炉安全性研究炉（NSRR）を利用し、高温水蒸気実験環境を実現する実験カプセルの開発を進めている。



実験カプセルが目指す実験条件

		
ヒータ輻射熱による燃料棒の加熱（目標：1200℃超）	NSRRにおける中性子照射に起因する燃料棒自身の核反応による加熱	燃料棒直下に配置した水蒸気発生機構からの水蒸気供給

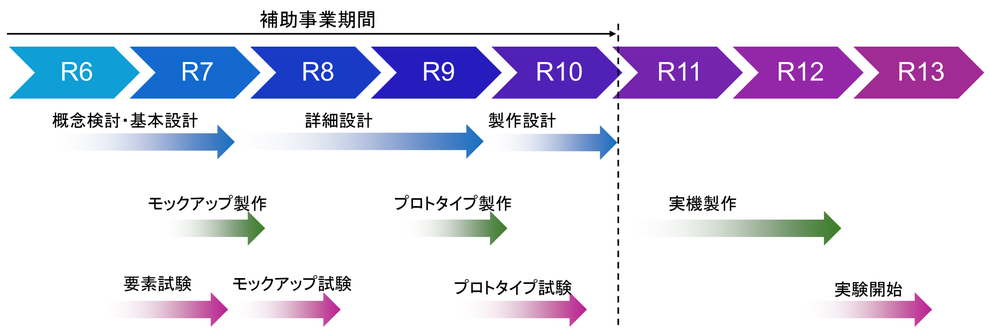
高温水蒸気環境実現のための実験カプセルのコンセプト



実験カプセルを用いた典型的な実験プロファイル

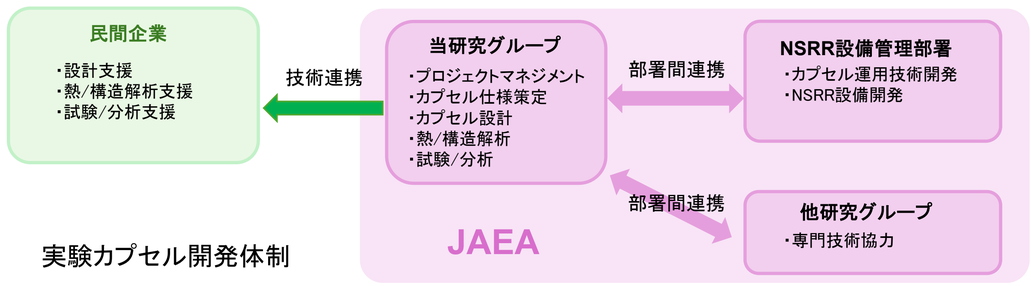
事業期間において構築される将来の規制上の研究課題に対処する技術基盤

- R6より実験カプセルの開発を開始、概念検討及び基本設計を完了、R8は詳細設計を実施中である。
- 詳細設計に基づき製作したプロトタイプカプセルを用いて検証試験を実施、実機の製作設計にデータを反映する。
- 事業最終年度（R10）には製作設計を完了し、実験カプセル製作に係る技術基盤は全て構築される見通しである。



実験カプセル開発スケジュール

- 当研究グループを中心として、JAEA内の関係部署及び外部企業と連携しながら、実験カプセルの開発を進める。
- 実験カプセルの開発を通じて、研究グループ構成員における機器設計、解析、試験技術及びプロジェクトマネジメントに関する能力の向上が期待される。



実験カプセル開発体制

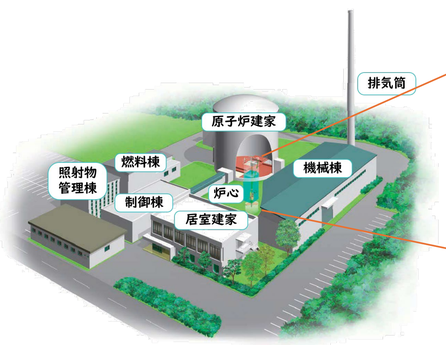
事業の成果

馬場ほか，「設計基準を超える高温条件下におけるNSRRカプセルの開発（2） NSRR用カプセルの概念検討状況」，日本原子力学会2026年秋の大会，1E14（2026）．

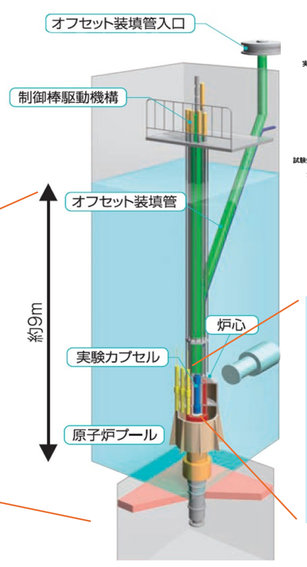
- 実験カプセルの基本構造を策定した。

【実験カプセルの基本構造】

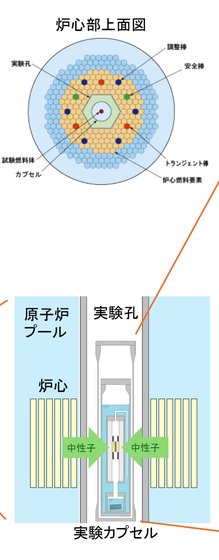
- 外部容器、内部カプセルから成る二重円筒構造。
- 内部カプセル内に試料搭載部を収納。
- 試料搭載部に燃料棒を設置。
- 燃料棒周囲のヒータを設置、燃料棒を加熱。
- NSRRから中性子を照射、燃料棒を核加熱。
- 中性子減速材として内部カプセルに冷却水を配置。
- 水蒸気発生部より水蒸気を導入。
- 余剰水蒸気、水素、FPガスは水蒸気放出管から冷却水へ。
- 余剰水蒸気は凝縮され内部カプセル内圧の上昇を抑制。
- 水素、FPガスは凝縮されず気相部に流入、内部カプセル内圧を上昇。
- 冷却水温度上昇を遅らせるため、試料搭載部に断熱材を配置。



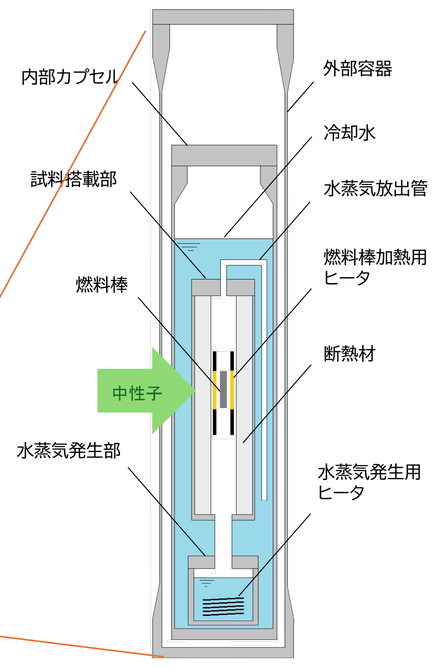
NSRR建屋群



NSRR原子炉



NSRR炉心部

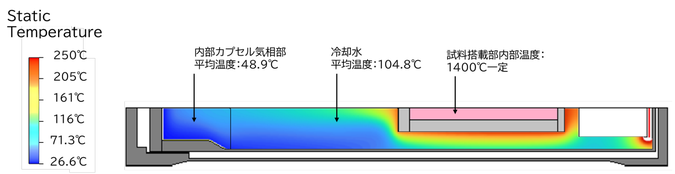


実験カプセル基本構造

- 実験中の発生ガス量、カプセル内温度変化から、実験終了時点のカプセル内圧を算出、想定するカプセル材質/寸法から試算した許容内圧よりも充分小さいことを確認、安全に実験が遂行できる見通しを得た。

◆発生ガス量
水素：4.06L
FPガス：0.10L

◆実験終了時の温度分布解析結果(1400℃,1hr)



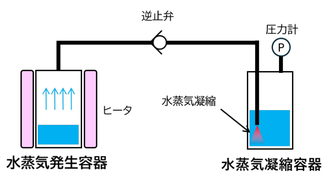
熱流体解析にはAnsys Fluentを使用

実験終了時の内圧 = 0.46MPa

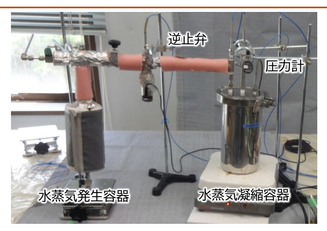
安全に実験遂行可能

想定カプセル許容内圧 = 4.6MPa

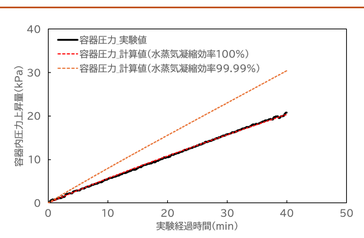
- 基本構造に採用した機構（冷却水による余剰水蒸気の凝縮）が、想定する条件にて機能することを確認した。



簡易実験系模式図



簡易実験系写真



水蒸気凝縮容器の圧力上昇量

- 概念検討の妥当性確認、カプセル部材の物性データ取得等を目的としたモックアップ試験を開始した。データを今後の設計に反映する。



整備中のモックアップ試験装置

今後の展開について

- 事業期間終了時点で製作設計が完了し、実験カプセル製作に係る技術基盤は構築される。
- 事業期間終了後は実機の製作に移行し、R13に実験を開始し、SAコードの燃料損傷モデルの妥当性確認・高度化に資する基礎データを取得する。

※本研究は、原子力規制庁の令和６及び７年度原子力規制研究技術基盤構築事業費補助金（原子力規制研究の強化に向けた技術基盤構築事業）の補助を受けたものである。