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
(1) NSRRカプセルを用いた実験の計画

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　三原 武

事業の目的と概要



本事業における目的

設計基準を超えるLOCA条件下における燃料損傷実験を将来実施するための技術基盤を整備する

研究基盤整備の必要性と本事業の位置づけ

①重大事故等対策の有効性評価には事故進展予測の信頼性向上が必要

- 事故耐性燃料（ATF）をはじめとする新型燃料や設計基準を超える事故条件に対応し、重大事故等対策の有効性を評価するには、事故進展の予測の信頼性を高めることが不可欠である。

②そのためにはSAコードの燃料損傷モデルの高度化・妥当性確認が重要

- 事故進展予測に用いるSAコードの燃料損傷モデルについて、実験データに基づく妥当性確認と高度化が重要である。

③そのためには高温水蒸気環境下での燃料損傷データが必要

- 設計基準を超えるLOCA条件下の高温水蒸気環境における燃料の破損、酸化、冷却可能形状喪失、ペレット脱落等のデータが必要である。

④本事業では将来そのデータを取得するためのNSRR実験技術基盤を整備する

- 原子炉安全性研究炉（NSRR）は、世界的にも限られた過渡照射試験施設の一つであり、中性子照射によって燃料を直接核加熱できる。この特徴を活かした燃料損傷実験の将来的な実施に向けて、加熱・水蒸気供給、計測等の試験技術基盤を整備する。

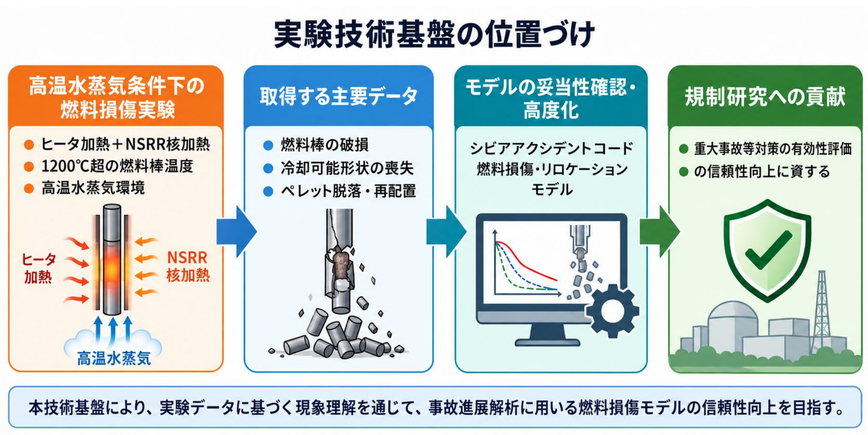
事業期間において構築される将来の規制上の研究課題に対処する技術基盤

実験技術基盤の整備

- **実験技術の開発**：ヒーター加熱とNSRRによる核加熱を組み合わせ、1200℃を超える燃料棒温度と高温水蒸気環境を実現する実験カプセルを開発する。これにより、燃料棒の破損から形状喪失、ペレット脱落に至るデータを取得する実験技術基盤を整備する。

事業終了時の達成目標

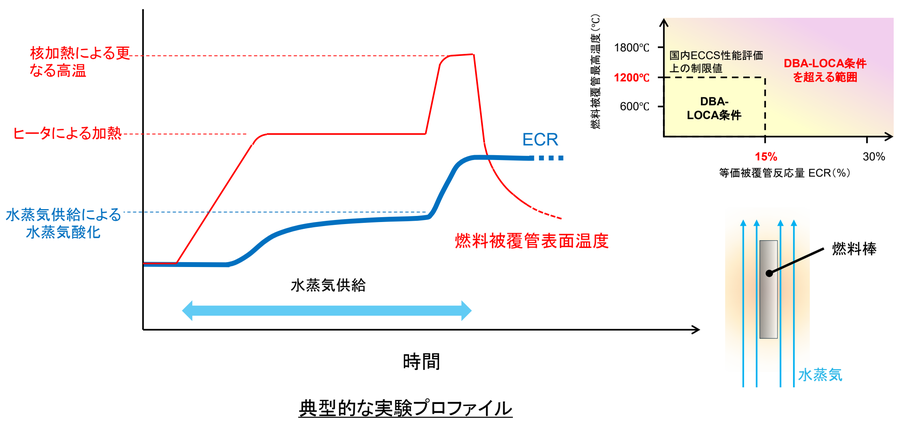
- R10年度までに実験カプセルの設計・検証等を進め、事業終了後の実機製作と燃料損傷実験に必要な技術基盤を構築する。



※実験カプセルの構造、検証試験、開発体制等の詳細は、シリーズポスター（2）に示す。

事業の成果

■ 高温水蒸気環境下での燃料損傷実験に向けて、実験コンセプトと取得すべきデータ・評価項目を具体化した。



典型的な実験プロファイル

NSRRカプセルによる冷却材喪失時模擬実験コンセプト

ヒータ加熱により燃料棒を高温状態まで予熱し、NSRRによる核加熱と組み合わせることで、設計基準を超える冷却材喪失事故時の温度履歴を模擬する実験コンセプトを整理した。
これにより、燃料棒破損から形状喪失、ペレット脱落に至る挙動を炉内で調べる実験の基本方針を具体化した

NSRRカプセルで調べる項目

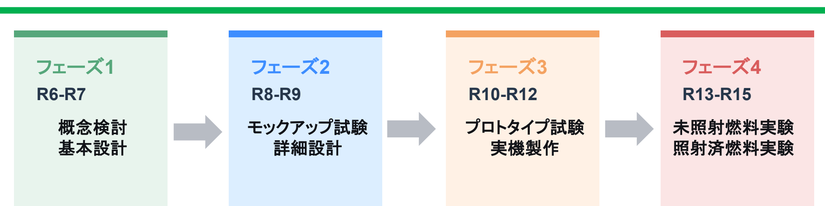
取得データ	検出項目	検討している検出方法	実験パラメータ
破損モード	破損モード（破裂、割れ、破断、溶融、キャンドリング、座屈崩落等）	温度履歴等からの推定、実験後観察（外観観察、金相等）	最高温度(> 1200°C) - 保持時間 - 昇温速度 酸化量(>ECR15%) - 水蒸気流量 軸荷重 燃料材料 （燃焼度、内圧等）
冷却形状喪失条件	冷却形状喪失時刻、当該時刻までの温度履歴、酸化量	圧力変化、AE、温度、水蒸気流量	
ペレット脱落挙動	脱落開始時刻、量、速度、形態、残存量	圧力変化、AE、温度、水蒸気流量、実験後観察（外観観察等）	
脱落燃料の粒径/形状	脱落燃料の粒径/形状	実験後観察（外観観察、金相、篩分試験等）	

燃料棒の破損、酸化、形状喪失、ペレット脱落等の損傷挙動に対し、温度、圧力、変位、AE、外観観察等の計測項目との対応を整理し、実験で取得すべきデータと評価項目を具体化した。

三原ほか，「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（1）実験計画及び開発」，日本原子力学会2026年秋の大会，1E13（2026）．

今後の展開について

■ フェーズ1の概念検討・基本設計を踏まえ、現在はモックアップ試験及び詳細設計を進める段階にある。
■ プロトタイプ試験と実機製作を経て、未照射燃料及び照射済燃料を対象とした実験を目指す。



本事業で整備する実験技術基盤を活用し、将来的に取得する燃料損傷挙動に関する実験データを通じて、SAコードの燃料損傷モデルの妥当性確認及び高度化に資することで、重大事故等対策の有効性評価の信頼性向上に貢献する。

※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。