臨界安全研究グループの研究概要

研究開発の背景

● 決定論的なアプローチ

- 設計基準内の安全裕度を明らかにする研究
  （例）中性子増倍率を算出する臨界計算手法の検証
  - 多数の臨界実験ベンチマーク計算により実験値と比較
    → 未臨界と判定するために必要な安全裕度の決定
- より合理的な安全裕度を設定する研究
  （例）臨界安全管理への燃焼度クレジット導入へ向けた研究
  - 使用済燃料は同じ燃焼度であっても、燃焼条件の違いによって異なる増倍
  - 多数の使用済燃料集合体の臨界安全管理に対して安全裕度を合理化する統一的な度合いの提示

● 臨界安全評価の特徴

- プロセス条件と、
- 増倍率と、
  （実機で測定不可。解析のみ。）
- 影響が、

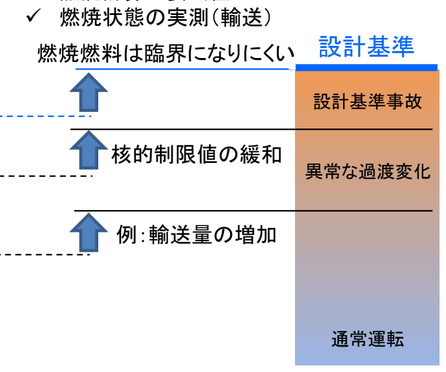
単純な関係にない。

管理量（右図縦軸）が局面で変わる。

評価時：
増倍率
設計基準内：
プロセス条件
事故時：
臨界継続性、影響、等

● 安全裕度の明確化
（例：臨界解析コードの検証）
- ✓ 臨界実験（唯一、増倍率=1の状態とプロセス条件を実測で結び付けられる）

● 設計基準内における安全裕度の合理化（例：燃焼度クレジット導入）
- ✓ 様々な燃料履歴の燃料集合体
- ✓ 貯蔵・輸送時の様々な配列パターン
- ✓ 安全評価時の代表例の選定
- ✓ 燃焼計算の妥当性
- ✓ 燃焼状態の実測（輸送）



● 福島第一原子力発電所（1F）廃炉に向けて

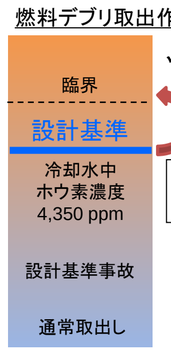
- 臨界安全研究への確率論的な考え方の導入
  - 1F燃料デブリは現在、中性子毒物を含まない水により冷却
  - デブリ取出し時に水を排除できれば確実な臨界防止が可能
  - しかし、切削部位冷却、放射性物質飛散低減、放射線遮へいなどに水が必要とされる可能性がある
  - 毒物を含む冷却水保持バウンダリー確保が困難な場合、毒物濃度維持の不確かさを考慮する必要がある
  - 臨界となる条件と確率及びその影響の評価が安全評価の要点

→ 作業条件がリスクの観点で許容できることを確認

● 核的制限値や設計基準から逸脱した時（重大事故時）の臨界リスク評価
- ✓ 影響評価・緩和策
  例：総核分裂数、遮へい、閉じ込め
  Pu希薄溶液は総核分裂数が大きくなる可能性
- ✓ 事故を想定する工程の拡大
  例：Pu溶液系
- ← 工学的安全設備による総核分裂数制限（環境影響緩和）
- ✓ 設計基準を超えて臨界に至る頻度の評価・防止策

臨界防止

● （参考）TMI-2の場合



- ✓ 臨界監視
- ✓ 臨界リスク解消（監視なし）

● 核的制限値が設定できない場合の臨界リスク評価
（1F燃料デブリ取出し）

✓ 許容できるリスクに対応して何を管理するか？

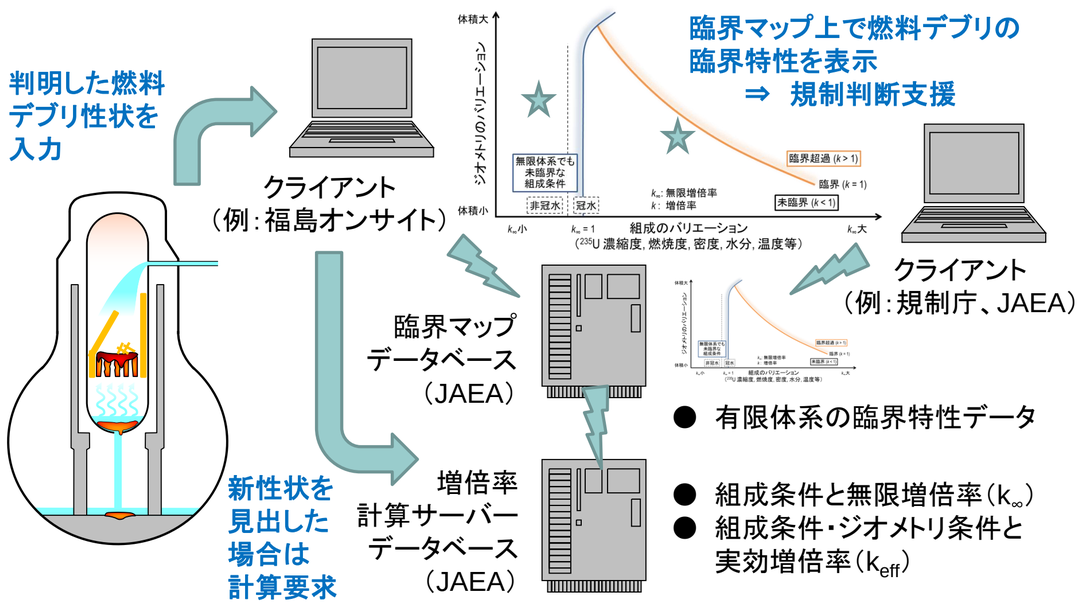
- ✓ 影響評価（確率分布）
- ✓ 臨界検知・収束手段の有効性
- ✓ 変化し得る範囲（確率分布）
  - 外的事象（地震）
  - 取出工法（冠水、切削）
- ✓ 現状評価・把握（確率分布）

取り組んでいる研究開発

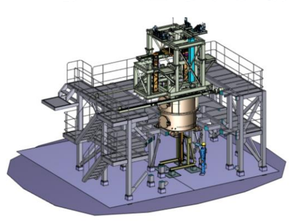
● 受託事業のもの

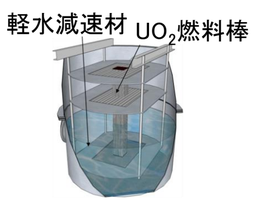
【成果反映】 燃料デブリの取出し、その後の保管、輸送等における臨界評価・管理の妥当性判断

- 計算コードによる燃料デブリ臨界特性解析と解析結果のデータベース化
  - 今後実際のデブリ性状が見出された際の迅速な臨界安全評価支援と、評価に用いるデータのトレーサビリティ確保のため、多様な性状の臨界特性データを効率的に計算・集積・参照可能とするデータベースを開発・整備する

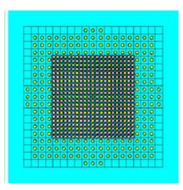


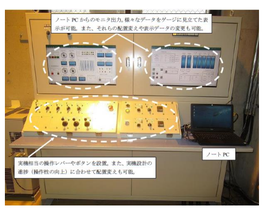
- 定常臨界実験装置STACYを用いた解析手法検証のためのデブリ模擬臨界実験の準備
  - 燃料デブリの臨界特性解析に用いる解析コード・核データを検証するための最適な炉心構成を検討するとともに、実験に必要な機器類を整備する


定常臨界実験装置STACY

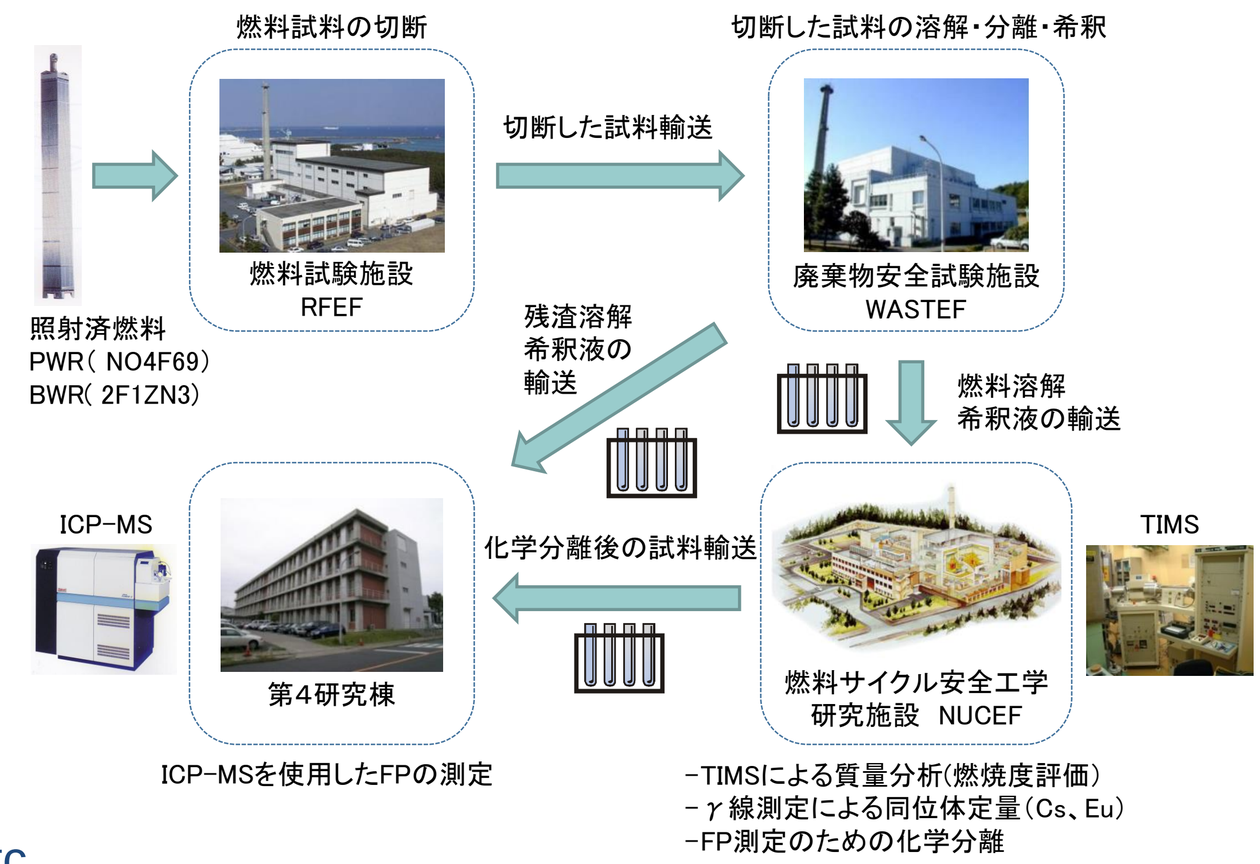


炉心概念図


実験炉心の検討


運転シミュレータの開発

● 運営費交付金によるもの

- 燃焼計算手法（燃焼チェーン）の再検討
- 乱雑組成分布の反応度効果
- 使用済燃料プールの過酷事故（SA）時の再臨界評価 etc.

- 臨界リスク 評価手法の整備
  - 1F燃料デブリ取出し時等の安全評価に資するため、臨界リスク評価手順及びリスク評価に必要な環境影響評価手法を整備し、それらを効率的に利用可能とするためのリスク評価支援ツールを開発する
- 燃料デブリの乱雑な組成分布を取扱える計算コードの開発
  - 従来の臨界計算コードでは解析困難なデブリの乱雑な組成分布を取り扱うための新しい計算手法・モデルと、それらを実装する連続エネルギーモンテカルロコードを開発する
- 使用済燃料中の核分裂生成核種の組成測定試験
  - 1F燃料デブリ中の燃焼燃料組成を把握するための燃焼計算コードの検証に資するとともに、今後の実際の燃料デブリ試料分析へ向けた分析技術を検討する