FPUR2022 研究用原子炉を用いた原子核素粒子物理学 2022年5月30日

もんじゅサイト新試験研究炉の 炉心設計の現状



》国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 新試験研究炉準備室





▶ もんじゅサイト試験研究炉概念設計(基本方針) で

未来へげんき To the Future / JAEA

多種多様な試験研究炉の設置、運転、管理の実績から得た知見を反映するとともに、 グレーデッドアプローチの考え方に基づき、炉の安全性を合理的、体系的に計画し、 プラント全体としての機能向上を図る。

基本方針

①高い安全性

- ・ハザードポテンシャル(潜在的リスク)の最小化
- ・ 炉心冠水維持、崩壊熱除去の容易さ
- 安全機能の多重化、多様化

②安定性(高稼働率)の確保

- ・ 燃焼度の確保による長期連続運転
- ・最小限のスクラム要求、堅固な設計によるトラブル回避
- ・保守の容易さ、点検期間の短縮化

③経済性に優れた設計

- 既存の技術の応用、高価な構成要素の低減、汎用品の活用
- ・設置予定地の省スペース化、設備・機器のユニット化、パッケージ化
- ・ ランニングコスト、メンテナンスコスト、ユーティリティコストの低減
 ④利便性
 - 利用者のアクセス性の確保、核セキュリティ上の安全確保など合理的な配置
- ・実験装置の搬出入の容易さ、補助的実験・計測装置及び利用スペースの充実 ⑤将来性
 - 新たな研究提案に対応できる柔軟な実験環境
 - ・低濃縮高密度ウラン燃料の採用、使用済燃料の処理処分の方策



新試験研究炉概念設計スケジュール

未来へげんき To the Future / JAEA



(44) もんじゅサイト試験研究炉概念設計(令和2年度実績)

未来へげんき To the Future / JAEA

- 10MW試験研究炉の能力を把握するためのサーベイ調査を実施した。 ・簡易な炉心計算モデルを作成し、炉心仕様の違いに応じた中性子束を評価
 - ・国内外の試験研究炉を調査し、中性子束を比較



(主な用途) 熱中性子:散乱実験、ラジオグラフィ、放射化分析など 高速中性子:材料照射研究、新型炉の開発、RI製造など

 ▶ もんじゅサイト試験研究炉(10MW)では、炉心内部の中性子束は1~2×10¹⁴n/cm²sと推測。
 ▶ 最新の知見を反映し、最適なスペクトルの生成及び輸送効率の向上を図ることで、ニーズに 対応した中性子供給を目指す。





項目	現状の目標	現状の達成見通し	備考 (JRR-3参考値)
・熱中性子束	10 ¹⁴ (n/cm²/s) 以上	達成見込み	1.0~2.0×10 ¹⁴ n/cm²/s
• 運転持続日数	400日以上	達成見込み	約370日
• 燃焼度(燃料要素1体)	80 GWd/t 以上	達成見込み	約100 GWd/t







》炉心形状および燃料配置の検討

未来へげんき To the Future / JAEA

下記の燃料要素体配置を想定し、燃焼特性、中性子束等の計算を実施。



c12炉心 (12体)



c13炉心 (13体)



4x4炉心

(16体)

5x5炉心 (25体)



(16体)

x17炉心 (17体)



ce20炉心 (20体) ■ 燃料要素体
アルミニウム (照射孔を想定)

燃料領域(軽水冷却)の 周囲に重水を配置





未来へげんき To the Future / JAEA



炉心概念検討:燃焼解析結果

日数

(心) 炉心概念検討:制御要素および配置検討

未来へげんき To the Future / JAEA

制御棒の方式としては、主に次の2種類がある。

① 燃料要素体は全て固定で、その隙間に平板の吸収体を入れて駆動させる方式 ・・・ OPAL、JRR-4など ② 燃料要素体の上部に吸収体を取付けたものを上下に駆動させる方式(フォロワ型燃料)・・・ JRR-3など

◇ ①の平板型制御棒の例



	利点	欠点
平板型	・構造的にはシンプルで操作も容易。 ・特別な燃料要素は不要。	・炉心体積が大きくなり、炉心から取り 出す熱中性子束が減少。
フォロワ型	・炉心をコンパクトにできる。 ・JRR-3、JMTRでの実績が豊富。	 ・通常の燃料要素とは別の制御棒一体型の燃料要素が必要。



- ▶ 炉心
 - ✓ 板状燃料要素を前提に、熱的評価に必要な核特性評価(臨界性、出力ピー キング係数、出力分布、出力密度等)。
 - ✓ 核特性評価を基に、燃料要素の熱的評価(燃料芯材温度、限界熱流束等)。
 - ✓ 制御要素(フォロワ型、板状型)の比較検討(配置位置、吸収体の検討、 各制御棒位置が中性子束分布に与える影響の検討等)を実施し、仕様決定。
 - ✓ 安全解析に必要な核的制限値(反応度停止余裕、反応度添加率、過剰反応 度等)の検討と予備的安全解析の実施。









【臨界計算結果(213日運転時点の組成使用)】 ・臨界位置: h = 44cm (keff= 1.0050 ±0.0004) ・制御棒価値(0cmと70cmのkeffの差からの簡易計算) : 7.492 ±0.006 %Δk/k

・フォロワ型制御棒4本を炉心内に設置した場合の制御棒価値を評価し、炉停止に必要 な反応度価値が得られることを確認した。





□ 燃料領域の周囲には重水タンクを配置。

□ 燃料領域は5×5格子に標準燃料16体、フォロワ燃料4体、照射孔5本を配置。

中性子束計算結果(Ce20ベース炉心)





(注意:フラックスは相対強度)









- □ 燃料領域の周囲には重水タンクを配置。
- □ 燃料領域は5×5格子に標準燃料16体、フォロワ燃料4体、照射孔5体を配置。
- □ 燃料領域周囲1辺に照射孔(Φ100mm、Φ50mm)を増設。



》中性子束計算結果(Ce20照射孔増設炉心)









(注意:フラックスは相対強度)



中性子束計算結果(Ce20照射孔増設炉心/Ce20ベース炉心)



① ① 「炉心中心」及び④ (図の炉心上側)の中性子強度はほぼ変わらない。
 □ 増設した照射孔の右側⑤は、高速中性子が2.5倍に増加、熱中性子は2分の1に減少
 □ 増設した照射孔の反対側の重水領域③では、1割程度中性子強度は増加する。
 □ 炉心コーナーの照射孔②は、熱中性子が2割程度減少する。



設置スペースは地質調査の結果をもとに確定する。

方向性: 主要設備(炉室、ビームホール、ホットラボ)を隣接しコ ンパクトにする。 その他の付属施設は焼却場用地に配置する。

写真の赤枠内に主要施設を設置することを想定









✓ 炉室に設置できる実験装置
 ✓ ビームホールに設置できるビームライン:5~6本
 ✓ ホットラボに設置できるホットセル
 : コンクリートセルの場合8基、鉛セルの場合20基