

## 新型転換炉「ふげん」データベース

## 設計／研究開発／プラント特性

## [熱水力]

技 術 資 料		
開示区分	レポ ー ト No.	受 領 日
T	J1409 97-012	9.6.19
この資料は技術管理室保存資料です 閲覧には技術資料閲覧票が必要です 動力炉・核燃料開発事業団 技術協力部技術管理室		

1997年3月

株式会社ペスコ

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒107 東京都港区赤坂1-9-13

動力炉・核燃料開発事業団

技術協力部 技術管理室

© 動力炉・核燃料開発事業団 1997

# 新型転換炉「ふげん」データベース 設計／研究開発／プラント特性 [熱水力]

武田 宏\*  
澤井 定\*  
石上 俊\*

## 要 旨

### 1 開発成果・設計・運転経験の反映

開発成果、設計・運転経験など、プロジェクトで得られた全ての知見は、主として下記に反映される。

- ① 現在のプラント運転の安全性・信頼性の向上
- ② 現在のプラントの改良設計
- ③ 次のプラントの設計

### 2 “設計／研究開発／プラント特性データベース”構築の考え方

“設計／研究開発／プラント特性データベース”は、上記の目的に活用できるように構築する。

#### (1) 設計と研究開発を融合したデータベース

プロジェクトの研究開発は、設計技術根拠、即ち、設計方針、設計基準、許容設計限界値、設計の検証などの確立が主体であることを考慮して研究開発と設計の各データベースを融合したデータベースを構築する。

#### (2) プラント特性の組み入れ

プラント設計は安全裕度を入れて行うが、プラントはその固有の実力性能、即ち、安全率なしで稼働する。

従って、下記の発展が効果的にできるよう、プラント特性（特に初期特性）をデータベースに組み入れた。

- ① 設計と実力性能を比較評価して、適切な安全裕度を設定
- ② 定期検査データとカップルした劣化度評価
- ③ 燃料の燃焼・組成変化に伴う特性変化の解明
- ④ 実際のプラント特性に基く技術と設計の高度化

### 3 “設計／研究開発／プラント特性データベース”の構成

以上の評価を基に、本データベースを下記の構成にした。

- ① 設計基本事項 (表-1)
- ② 設計関連技術情報（設計技術根拠） (表-2)
- ③ プラント特性 (表-3)

---

本報告書は、(株)ベスコが動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

契約番号：080C0259

事業団担当部課室および担当者：動力炉開発推進本部 新型転換炉技術総括グループ 主務 成尾 一輝 殿

\*株式会社ベスコ

# 目 次

表-1	設計基本事項	1-1
	1. 設計方針・基準・指針	1-1
	2. 設計条件	1-2
	3. 設計（仕様）・安全裕度	1-3
表-2	設計関連技術情報	2-1
	1. 熱除去関係特性	2-1
	2. 流動関係特性	2-3
	3. 熱水力設計解析コード	2-5
	4. 熱水力設計関係関連技術情報	2-6
表-3	プラント特性関連技術情報	3-1
	1. 燃料装荷	3-1
	2. 初期臨界	3-1
	3. 制御棒反応度	3-2
	4. 液体ポイズン反応度	3-3
	5. 停止余裕	3-3
	6. 重水ダンプによる炉停止	3-4
	7. 冷却材温度係数	3-4
	8. 出力係数	3-5
	9. 炉心中性子束分布	3-5
	10. 炉心出力分布	3-6
	11. 炉心熱流動特性	3-7
	12. 再循環流量切替応答特性	3-8
	13. 再循環ポンプトリップ応答特性	3-9
	14. 設定点変更応答特性	3-9
	15. 主蒸気圧力設定点変更応答特性	3-10
	16. 蒸気ドラム水位設定点変更応答特性	3-11
	17. 自動制御系外乱応答特性	3-12
	18. ポイズン供給出力応答特性	3-12
	19. 制御棒スクラム時間	3-13
参考文献		参-1

表-1  
 新型転換炉「ふげん」データベース  
 設計/研究開発/プラント特性  
 [熱水力]  
 設計基本事項

項 目	設計方針・設計条件・設計等	情報の受・伝 その他
1. 設計方針・基準・指針 (1) 準拠する設計方針・基準・指針 (2) 熱除去限界 (i) 設計熱除去限界 (ii) 設計線出力密度 (iii) 燃料中心温度 (iv) 設計出力 (3) 水力学的安定性 (4) 過度変化の熱除去限界	1. 設計方針・基準・指針 (1) 準拠する設計方針・基準・指針 (i) 軽水炉の熱水力設計方針・設計基準 (ii) 軽水炉の非常用炉心冷却系安全審査指針 (2) 熱除去限界 設計出力において以下を満足すること。 (i) 燃料棒の熱流束は、設計出力分布の最大出力チャンネル（設計出力チャンネル）において、限界熱流束に対し、適切な裕度を保つこと。 最小限界熱流束比（MCHFR） $\geq 1.5$ （120%出力） (ii) 21.0Kw/ft（120%出力） 17.5Kw/ft（100%出力） (iii) 燃料融点以下 (iv) 120%出力 (3) 水力学的安定性 減巾比 $\leq 0.25$ (4) 過度変化の熱除去限界 特定の過出力あるいは事故に対し、その都度解析し、以下を満足すること。	

	<p>(i) 最小限度流束比  <math>\geq 1.0</math></p> <p>(ii) 燃料温度  <math>&lt; \text{燃料融点}</math></p> <p>(iii) 解析・評価事象  タービン発電機トリップ  再循環ポンプ電源そう失  冷水事故  その他</p>	
<p>2. 設計条件</p> <p>(1) 原子炉熱出力</p> <p>(i) 原子炉熱出力</p> <p>(ii) 冷却材に伝えられる炉心熱出力</p> <p>(iii) 重水発熱等</p> <p>(iv) 遮蔽体発熱等</p> <p>(2) 原子炉設計出力・設計出力分布</p> <p>(i) 設計出力</p> <p>(ii) 設計出力分布  (最高出力チャンネル)</p> <p>(iii) 設計出力比・キック係数</p>	<p>2. 設計条件</p> <p>(1) 原子炉熱出力</p> <p>(i) 557 Mwt</p> <p>(ii) 518.7 Mwt</p> <p>(iii) 35.1 Mwt</p> <p>(iv) 3.2 Mwt</p> <p>(2) 原子炉設計出力・設計出力分布</p> <p>(i) 120%出力</p> <p>(ii) 設置許可変更申請書  添付書類(完本)・添付書類八  第 15.2-1 図、p.62</p> <p>(iii) チャンネル出力比・キック係数 : 1.58  軸方向出力比・キック係数 : 1.35  局部出力比・キック係数 : 1.22</p>	<p>(受)ヒートバランス</p> <p>(受)ヒートバランス</p> <p>(受)ヒートバランス  (受)核設計  (受)ヒートバランス  (受)核設計</p> <p>(受)核設計</p> <p>(受)核設計  (受)核設計  (受)核設計</p>

<p>(3) 1次冷却系</p> <p>(i) 蒸気ドラム圧力</p> <p>(ii) 蒸気ドラム蒸気流量</p> <p>(4) 燃料集合体</p> <p>(i) 燃料集合体寸法仕様</p> <p>(ii) 製作公差</p> <p>(5) 圧力管集合体</p> <p>(i) 圧力管集合体寸法仕様</p> <p>(ii) 製作公差</p>	<p>(3) 1次冷却系</p> <p>(i) 68kg/cm<sup>3</sup>G</p> <p>(ii) 910 t/hr</p> <p>(4) 燃料集合体</p> <p>(i) 燃料設計参照</p> <p>(ii) 被覆管内径 14.70±0.05mm  +0  " 外径 16.46 -0.08mm  " 肉厚 最小 0.8mm  ペレット外径 14.40±0.03mm  " " 14.40±0.05mm  " 密度 95±1.5%  +1.5%  " " 95.2%  U濃縮度 1.5 %  P u f富化率 0.55 %  0.80 %</p> <p>(5) 圧力管集合体</p> <p>(i) 圧力管集合体設計参照</p> <p>(ii) 圧力管内径 117.8 +0.762mm  -0 mm</p>	<p>(受)プラント設計</p> <p>(受)燃料設計</p> <p>(UO<sub>2</sub>) (MOX) (UO<sub>2</sub>) (MOX) (UO<sub>2</sub>) (外層) (内層、中間層)</p> <p>(受)圧力管集合体</p>
<p>3. 設計 (仕様) ・安全裕度</p> <p>(1) 設計出力炉心熱水力特性 (設計出力チャンネル)</p> <p>(i) 設計出力</p> <p>(ii) チャンネル出力</p>	<p>3. 設計 (仕様) ・安全裕度</p> <p>(1) 設計出力炉心熱水力特性 (設計出力チャンネル)</p> <p>(i) 120%出力</p> <p>(ii) 4.7 MW</p>	<p>(受)核設計</p>

(iii) ファン初流量	(iii) 8.7 kg/s	(伝)核設計
(iv) 最大熱流束	(iv) $1.15 \times 10^6 \text{kcal/hr} \cdot \text{m}^2$	(伝)燃料設計 (伝)燃料設計
(v) 限界熱流束比分布 熱流束分布 (設計出力ファン初)	(v) 設置許可変更申請書 添付書類(完本)・ 添付書類八 第 15.2-1 図、p.62 82 部会参考資料、 第 8.5-2 図、p.87	(伝)安全設計 (伝)燃料設計 (伝)燃料設計 (伝)安全設計
(iv) 蒸気重量率分布 (設計出力ファン初)	(iv) 設置許可変更申請書 添付書類(完本)・ 添付書類八、 第 15.2-1 図、p.62 82 部会参考資料、 第 6.5-2 図、p.87	(伝)燃料設計 (伝)安全設計 (伝)燃料設計 (伝)核設計
(vii) 最小限界熱流束比	(vii) 1.5	
(viii) 最高炉壁温度	(viii) 2740°C	
(2) 定格出力熱水力 特性 (最大出力ファン初)	(2) 定格出力熱水力特性	
(i) ファン初出力	(i) 3.9 MW	(受)核設計
(ii) ファン初流量	(ii) 8.9 kg/s	(伝)核設計 (伝)燃料設計
(iii) 最小限界熱流速比	(iii) 1.9	
(3) 定格出力熱水力 特性	(3) 定格出力熱水力特性	
(i) 原子炉熱出力	(i) 557 MW	
(ii) 蒸気流量	(ii) 910 t/hr	
(iii) 冷却材流量	(iii) 7,600 t/hr	(伝)核設計



(iv) 冷却材炉心入口 温度	(iv) 277℃	(伝)核設計
(v) 冷却材炉心出口 温度	(v) 285℃	(伝)燃料設計 (伝)同上
(vi) 炉心出口平均蒸気 重量率	(vi) 14 %	(伝)同上
(vii) 炉心平均蒸気率	(vii) 37 %	(伝)核設計

表-2  
 新型転換炉「ふげん」データベース  
 設計／研究開発／プラント特性  
 [熱水力]  
 設計関連技術情報

項 目	技 術 根 拠 等	情報の受・伝 その他
1. 熱除去関係特性	1. 熱除去関係特性	
(1) 熱除去限界特性式	(1) 熱除去限界特性式 $q_c = (2.2-3.0 \chi)$ $q_c$ : 限界熱流束( $10^6 \text{kcal/hr} \cdot \text{m}^2$ ) $\chi$ : 蒸気重量率  (i) 熱除去限界特性式決定法 限界熱流束は、蒸気重量率、出力分布、スパーサ間隔、燃料配列、流量などに影響を受ける。 これら因子の個々の影響に関する試験と評価を基に、これらを総合的に評価するため、設計認可申請仕様の実物大燃料集合体、圧力管仕様で行った熱除去試験結果を、流量をパラメータに $q_c - \chi$ 線図と表にまとめ、下限界で熱除去限界特性を決定した。 { 105 部会・参考資料、 第 8.3-8 図、p8-14 } { 82 部会・参考資料、 第 6.5-1 図、p86 } 尚、主要因子の限界熱流束におよぼす影響特性は以下のようなものである。  (ii) 局所出力分布の影響 { 105 部会・参考資料、 第 8.2-11 図、p8-25 }  (iii) 軸方向出力分布の影響 { 105 部会・参考資料、 第 8.2-14 図、p8-27 }	(伝)燃料設計 (伝)安全設計

<p>(2) 熱伝達特性式</p>	<p>(iv) スペーサ間隔の影響</p> <p>{ 105 部会・参考資料、 第 8.2-12 図、p8-25 第 8.3-5 図、p8-38 }</p> <p>(v) 燃料配列・スペーサ構造の影響</p> <p>{ 105 部会・参考資料、 第 8.2-13 図、p8-26 }</p> <p>(vi) 燃料棒異常配列の影響</p> <p>{ 105 部会・参考資料、 第 8.4-1 図、p8-46 第 8.4-5 図、p8-50 第 8.4-6 図、p8-51 第 8.4-16 図、p8-16 }</p> <p>(vii) 燃料集合体偏心の影響</p> <p>{ 105 部会・参考資料、 第 8.5-8~10 図、p8-72~74 }</p> <p>(viii) 燃料棒相互接触の影響</p> <p>{ Nuclear Engineering and Design : Vol 42, No.2, 1997 Fig.-4, 6 p239 Fig. -12 p241 Fig. -13, 14 p242 }</p>	
	<p>(2) 熱伝達特性式</p> <p>(i) 強制対流熱伝達率</p> $Nu=0.023 Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4}$ <p>{ Nu : ヌッセルト数 Re : レイノルズ数 Pr : プラントル数 }</p> <p>(ii) 沸騰熱伝達率</p> $h = 1.22q^{3/4} \exp(p/63.3)$ <p>h : 熱伝達率 (kcal/hr・m<sup>2</sup>°C)</p>	

	<p> <math>q</math> : 熱流束 (kcal/hr·m<sup>2</sup>)  <math>p</math> : 冷却材圧力 (kg/cm<sup>2</sup>) </p> <p>           (iii) 被覆管・ペレット間隙熱伝達率            1000 Btu/hr·ft<sup>2</sup>·°F            (4882 kcal/hr·m<sup>2</sup>·°C) </p> <p>           (iv) ペレット熱伝導率  <math display="block">K = \frac{38.24}{T + 402.4} + 6.125 \times 10^{-13}(T + 273)^8</math> <math>K</math> : 熱伝導率 (w/cm·°C)  <math>T</math> : ペレット温度 (°C) </p> <p>           (v) クラッド熱伝導率            0.014 w/cm·°C            (付着速度 : 0.01mm/年) </p> <p>           (vi) 酸化膜熱伝導率            0.014 w/cm·°C            (付着速度 : 0.01mm/年) </p> <p>           (vii) 被覆管熱伝達率  <math display="block">K = 0.016(7.71 + 6.10 \times 10^{-13} T + 2.9 \times 10^{-6} T^2)</math> <math>K</math> : 熱伝導率 (w/cm·°C)  <math>T</math> : 被覆管温度 (°C) </p>	<p>(受)燃料設計</p> <p>(受)燃料設計</p> <p>(受)燃料設計</p> <p>(受)燃料設計</p> <p>(受)燃料設計</p>
<p>2. 流動関係特性</p> <p>(1) 単相流圧力損失特性式</p>	<p>2. 流動関係特性</p> <p>(1) 単相流圧力損失特性式</p> <p>(i) 直管部 (Nikuradse の式)</p> $\Delta P = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\gamma \cdot V^2}{2g}$ $\lambda = 0.0032 + \frac{0.221}{Re^{0.237}}$	<p>(伝)燃料設計</p> <p>(伝)安全設計</p>

<p>(2) 二相流圧力損失 特性式</p>	<p>(ii) 流路拡大部・縮小部  <math display="block">\Delta P = \lambda \cdot \frac{\gamma \cdot V^2}{2g}</math></p> <p>(iii) 曲管部          単価 L/D =          { 第2次概念設計書 (第1分冊)          6454-(11)訂 1-33 の図 }</p> <p>(2) 二相流圧力損失特性式</p> <p>(i) 直管部          (Martinelli-Nelson の式)  <math display="block">\Delta P = (\Delta P)_L \cdot \phi^2</math>         (<math>\Delta P)_L</math>: 単層流圧力損失  <math>\phi^2</math>: 二相流増倍計数</p> <p>(ii) 流路拡大部          (Romie の式)  <math display="block">\Delta P = \frac{\rho_1}{2g} V_0^2 (2\sigma)</math> <math display="block">\left[ \chi^2 \left( \frac{\rho_1}{\rho_g} \right) \left( \frac{1}{\alpha_1} - \frac{\sigma}{\alpha_2} \right) + \right.</math> <math display="block">\left. (1 - \chi)^2 \left( \frac{1}{1 - \alpha_1} - \frac{1}{1 - \alpha_2} \right) \right]</math> <p><math>\sigma</math> : 断面積比  <math>V_0</math> : ボイドない場合の流速  <math>\rho_1</math> : 水の密度  <math>\rho_g</math> : 水蒸気の密度  <math>\alpha_1</math> : 断面変化直前のボイド体積率  <math>\alpha_2</math> : 断面変化直後のボイド体積率  <math>\chi</math> : 蒸気重量率</p> </p>	
----------------------------	---	--

	<p>(iii) 流路縮小部 (Richardson の式)</p> $\Delta P = \frac{\rho_1}{2g} (1 - \alpha)^2 V_0^2 (1 + K - \sigma^2)$ <p><math>V_e</math> : 断面変化後の流速  <math>K</math> : <math>0.2(1 - \sigma^2)</math> (<math>0.125 \leq \sigma &lt; 0.5</math>)  <math>\sigma</math> : 断面積比</p> <p>(iv) 加速損失</p> $\Delta P = \frac{\sigma_1}{2g} \cdot V_e \cdot \left[ (1 - \chi_e + S \cdot \chi_e) \cdot \left( 1 - \chi_e + \frac{\rho_1}{\rho_g} \chi_e \right) - 1 \right]$ <p><math>S</math> : スリップ比  <math>\chi_e</math> : 加熱部出口蒸気重量率</p> <p>(3) スリップ比特性式</p> $S = \frac{1 - \alpha}{K - \alpha + (1 - K) \alpha^r}$ $S = \frac{\chi}{1 - \chi} \cdot \frac{\rho_1}{\alpha \rho_g}$ $K = 0.71 + \frac{0.29}{0.32062} P \times 10^{-4}$ $r = 3.53125 - 0.1875 \left[ \frac{P}{1000} \right] + 0.58594 \left[ \frac{P^2}{1000} \right]$ <p><math>P</math> : 冷却材圧力 (psia)  <math>\chi</math> : 蒸気重量率  <math>\alpha</math> : 冷却材ボイド体積率  (KAPL-2170 参照)</p>	
<p>3. 熱水力設計解析 コード</p>	<p>3. 熱水力設計解析コード “解析コードシステム” より採録 (省略)</p>	

<p>4. 熱水力設計関連 技術情報</p> <p>(1) 燃焼・燃料交換に伴う熱水力特性の変化</p> <p>(2) 熱水力設計の技術根拠（その他）</p>	<p>4. 熱水力設計関係関連技術情報</p> <p>(1) 燃焼・燃料交換に伴う熱水力特性の変化</p> <p>(i) 燃料に伴う軸方向出力分布の変化 〔 82 部会・参考資料、 第 6.6-1~2 図、p.90~91 〕</p> <p>(ii) 燃焼に伴う炉心出力分布・流量分布の変化 〔 82 部会・参考資料、 第 6.6-3~5 図、p.92~94 〕</p> <p>(iii) 燃焼に伴う局所出力ピーキング係数の変化 〔 105 部会・参考資料、 第 8.1-4 図、p.8-5 〕</p> <p>(iv) 燃焼に伴うグロス出力ピーキング係数の変化 〔 105 部会・参考資料、 第 8.1-5~6 図、p.8-7~8 〕</p> <p>(2) 熱水力設計の技術根拠（その他）</p> <p>(i) 設計出力チャンネルの熱水力特性 軸方向熱流束分布 軸方向限界熱流束比分布 軸方向蒸気重量率分布 〔 82 部会・参考資料、 第 6.5-2 図、p.87 〕 〔 設置許可変更申請書（完本） 添付書類八、第 15.2-1 図、p.62 〕</p> <p>(ii) 圧力損失特性（設計出力） PNC ZJ302 74-11 Fig. 4-4, p.4-6</p> <p>(iii) 圧力損失特性（定格出力） PNC ZJ302 74-11 Fig. 4-7, p.4-10</p>	<p>(受)核設計</p> <p>(受)核設計 (伝)核設計</p> <p>(受)核設計</p> <p>(受)核設計</p> <p>(伝)燃料設計 (伝)安全設計 (伝)核設計</p> <p>(伝)同上</p> <p>(伝)同上</p>
---	---	--

	表 p.4-11~12	
--	-------------	--



表-3  
 新型転換炉「ふげん」データベース  
 設計／研究開発／プラント特性  
 [熱水力]  
 プラント特性関連技術情報

項 目	プラント特性	情報の受伝 その他
1 燃料装荷  (1) 装荷燃料  (2) 装荷燃料仕様  (3) 燃料配置	1 燃料装荷  (1) 装荷燃料 標準燃料体 (U燃料) : 124 体 標準燃料体 (MOX燃料) : 96 体 特殊燃料体 : 4 体  (2) 装荷燃料仕様 表 1.1 : 燃料体諸元 [起動試験報告書、P-17, & 18]  (3) 燃料配置 図 1.3 : 燃料配置図 [起動試験報告書、P-20]	
2 初期臨界  (1) 臨界試験一覧  (2) 最小臨界	2 初期臨界  (1) 臨界試験一覧 表 2.1 : 臨界試験炉心特性表 [起動試験報告書、P-25]  (2) 最小臨界 (i) 最小臨界燃料体本数 22 体  (ii) 最小臨界炉心構成 図 2.2 : 最小臨界炉心の燃料配置 [起動試験報告書、P-28]  (iii) 逆増倍率曲線 図 2.3 : 逆増倍率曲線 [起動試験報告書、P-29]	

<p>(3) 100 体燃料装荷炉心臨界 (ボロン濃度調整)</p> <p>(4) 全燃料装荷炉心臨界 (ボロン濃度調整)</p>	<p>(3) 100 体燃料装荷炉心臨界 (ボロン濃度調整)</p> <p>(i) 100 体燃料装荷炉心構成        図 2.4 : 100 体燃料装荷炉心の燃料配置        [起動試験報告書、P-29]</p> <p>(ii) 逆増倍率曲線        図 2.5 : 逆増倍率曲線        [起動試験報告書、P-30]</p> <p>(4) 全燃料装荷炉心臨界 (ボロン濃度調整)</p> <p>(i) 全燃料装荷炉心構成        図 2.6 : 全燃料装荷炉心の燃料配置        [起動試験報告書、P-30]</p> <p>(ii) 逆増倍率曲線        図 2.7 : 逆増倍率曲線        [起動試験報告書、P-30]</p>	
<p>3 制御棒反応度</p> <p>(1) 試験法</p> <p>(2) 制御棒反応度測定結果</p> <p>(3) 制御棒積分反応度曲線</p>	<p>3 制御棒反応度</p> <p>(1) 試験法</p> <p>(i) 全燃料装荷炉心を形成する。</p> <p>(ii) 炉周期法で制御棒反応度値を評価する。</p> <p>(2) 制御棒反応度測定結果        図 3.1 : 制御棒反応度測定結果        [起動試験報告書、P-35]</p> <p>(3) 制御棒積分反応度曲線        図 3.1 : 制御棒積分反応度曲線        [起動試験報告書、P-36]</p>	

<p>4 液体ポイズン 反応度 (1) 試験法</p> <p>(2) 液体ポイズン 反応度</p>	<p>4 液体ポイズン反応度</p> <p>(1) 試験法</p> <p>(i) 全燃料装荷炉心を構成する。</p> <p>(ii) 制御棒は1本を除き全部引き抜き、 ポイズン濃度を調整して臨界にする。</p> <p>(iii) ポイズン除去と制御棒位置より ポイズン反応度値を評価する。</p> <p>(2) 液体ポイズン反応度 表 4.1 : 液体ポイズン反応度測定結果 [起動試験報告書、P-38]</p>	
<p>5 停止余裕 (1) 試験法</p>	<p>5 停止余裕</p> <p>(1) 試験法</p> <p>(i) 停止余裕確認試験－1 全燃料装荷炉心においてポロン濃度を 核加熱開始時の濃度に調整する。 全制御棒挿入状態から最大反応度値の 制御棒を引き抜き未臨界を確認する。</p> <p>(ii) 停止余裕確認試験－2 全燃料装荷炉心においてポロン濃度を 核加熱開始時の濃度に調整する。 全制御棒挿入状態から制御棒4本を引き 抜き、未臨界を確認する。</p> <p>(iii) 最小停止ポロン濃度確認試験 全燃料装荷炉心において最大反応度値 の制御棒を引抜き状態にし、冷温状態で 1%/Δ K/K の停止余裕を確保できる最小 停止ポロン濃度を測定する。</p>	

<p>(2) 停止余裕</p>	<p>(2) 停止余裕</p> <p>(i) 停止余裕 表 5.1 : 停止余裕測定結果 [起動試験報告書、P-40]</p> <p>(ii) 最小停止ボロン濃度測定逆増倍率 図 5.1 : 最小停止ボロン濃度測定時 逆増倍率曲線 [起動試験報告書、P-40]</p>	
<p>6 重水ダンプによる炉停止</p> <p>(1) 試験法</p> <p>(2) 重水ダンプによる炉停止</p>	<p>6 重水ダンプによる炉停止</p> <p>(1) 試験法</p> <p>(i) 全燃料装荷炉心においてボロン濃度を核加熱開始時の濃度に調整する。</p> <p>(ii) 重水水位を重水ダンプ水位に設定し、全制御棒を引抜き、未臨界を確認する。</p> <p>(2) 試験結果</p> <p>(i) 重水ダンプによる炉停止確認 表 6.1 : 重水水位降下による炉停止確認 [起動試験報告書、P-42]</p> <p>(ii) 重水水位降下における逆増倍率曲線 図 6.2 : 重水水位降下時の逆増倍率曲線 [起動試験報告書、P-43]</p>	
<p>7 冷却材温度係数</p> <p>(1) 試験法</p>	<p>7 冷却材温度係数</p> <p>(1) 試験法</p> <p>(i) 冷却材温度を、40℃、120℃、160℃、220℃に設定する。</p>	

<p>(2) 冷却材温度係数</p>	<p>(ii) 各温度において10℃の温度変化を与え、反応度変化を測定し、冷却材温度係数を評価する。</p> <p>(2) 冷却材温度係数 表 10.1 : 冷却材温度係数測定結果 [起動試験報告書、P-64] 図 10.1 : 冷却材温度係数測定結果 [起動試験報告書、P-64]</p>	
<p>8 出力係数</p> <p>(1) 試験法</p> <p>(2) 出力係数</p>	<p>8 出力係数</p> <p>(1) 試験法</p> <p>(i) 出力を一定に保持する。</p> <p>(ii) 反応度値が既知の制御棒を挿入し、出力変化を与え、反応度変化を測定し、出力係数を評価する。</p> <p>(2) 出力係数</p> <p>(i) 電気出力：25%、50%、75%、100%</p> <p>(ii) 出力係数 表 18.1 : 出力係数測定結果 [起動試験報告書、P-122 ] 図 18.1 : 熱出力と出力係数の関係 [起動試験報告書、P-123 ]</p>	
<p>9 炉心中性子束分布</p> <p>(1) 試験法</p> <p>(2) 中性子検出器の炉内配置</p>	<p>9 炉心中性子束分布</p> <p>(1) 測定法</p> <p>(i) 走行型中性子検出器（PCM）で、中性子束分布を測定する。</p> <p>(2) 中性子検出器の炉内配置</p>	

<p>(3) 中性子束分布</p>	<p>(i) P C M配置        図 15. 1 : P C M配置図        [起動試験報告書、P-105 ]</p> <p>(ii) 局所中性子検出器 ( L P M ) 配置        図 19. 1 : 中性子検出器配置図        [起動試験報告書、P-126 ]</p> <p>(3) 中性子束分布</p> <p>(i) 電気出力 : 25% 、 50% 、 75% 、 100%</p> <p>(ii) 軸方向中性子束分布        図 15. 1 : 軸方向中性子束分布        (炉心位置 : 18-72 )        [起動試験報告書、P-106 ]</p> <p>(iii) 軸方向中性子束分布        図 15. 2 : 軸方向中性子束分布        (炉心位置 : 26-64 )        [起動試験報告書、P-106 ]</p>	
<p>10 炉心出力分布</p> <p>(1) 炉心出力分布        評価フロー</p> <p>(2) 炉心出力分布</p>	<p>10 炉心出力分布</p> <p>(1) 炉心出力分布評価フロー        図 16. 1 : 出力分布・熱的制限値の計算フロー        [起動試験報告書、P-111 ]</p> <p>(2) 炉心出力分布</p> <p>(i) 電気出力 : 50% 、 75% 、 100%</p> <p>(ii) 径方向出力分布        図 16. 7 : 径方向出力分布        [起動試験報告書、P-114 ]</p> <p>(iii) 軸方向出力分布        図 16. 8 : 軸方向出力分布        [起動試験報告書、P-114 ]</p>	



	<p>(iii) スクラム後の入口管自然循環特性 (再循環ポンプ停止) 図 23.8 : スクラム後の入口管流量 [起動試験報告書、P-151 ]</p>	
<p>12 再循環流量 切替応答特性 (1) 低速→高速</p> <p>(2) 高速→低速</p>	<p>12 再循環流量切替応答特性</p> <p>(1) 低速→高速</p> <p>(i) 試験条件 電気出力：35%、40% 出力制御系自動 給水制御系手動 表 39.2 : 再循環流量切替条件 [起動試験報告書、P-217 ]</p> <p>(ii) 影響を受けるプラント状態量 再循環流量 蒸気ドラム水位・圧力 蒸気流量 中性子束 発電機出力</p> <p>(iii) 再循環流量切替応答特性－1 図 39.2 : 再循環流量切替試験結果 [起動試験報告書、p-219 ]</p> <p>(iv) 再循環流量切替応答特性－2 図 39.3 : 再循環流量切替試験結果 [起動試験報告書、P-221 ]</p> <p>(2) 高速→低速</p> <p>(i) 再循環流量切替応答特性－1 図 39.4 : 再循環流量切替試験結果 [起動試験報告書、P-223 ]</p> <p>(ii) 再循環流量切替応答特性－2 図 39.5 : 再循環流量切替試験結果 [起動試験報告書、P-225 ]</p>	



<p>13 再循環ポンプ トリップ 応答特性</p> <p>(1) 再循環ポンプ トリップ条件</p> <p>(2) 試験条件</p> <p>(3) 再循環ポンプ トリップ 応答特性</p>	<p>13 再循環ポンプトリップ応答特性</p> <p>(1) 再循環ポンプトリップ条件 表 40.1 : 再循環ポンプトリップ条件一覧 [ 起動試験報告書、P-230 ]</p> <p>(2) 試験条件 電気出力 : 50%、100% 再循環ポンプトリップ台数 : 2</p> <p>(3) 再循環ポンプトリップ応答特性</p> <p>(i) プラント状態量変化特性 表 40.3 : プラント状態量の変化 [ 起動試験報告書、P-230 ]</p> <p>(ii) 再循環ポンプトリップ応答特性-1 表 40.2 : 再循環ポンプトリップ試験結果 [ 起動試験報告書、P-230 ]</p> <p>(iii) 再循環ポンプトリップ応答特性-2 図 40.2 : 再循環ポンプトリップ試験結果 [ 起動試験報告書、P-231 ]</p>	
<p>14 出力設定点変更 応答特性</p> <p>(1) 試験条件</p>	<p>14 設定点変更応答特性</p> <p>(1) 試験条件 電気出力 : 50%、75%、100% 設定変更幅 : 5%~10% 入力ゲイン : 100 (最大設定値) 不感帯 : 0.4 秒 ON時間 : 0.3 秒 OFF時間 : 0.2 秒 一次遅れ : 0.6 秒</p>	

<p>(2) 出力設定点 変更応答特性</p>	<p>(2) 出力設定点変更応答特性</p> <p>(i) 出力設定点変更応答特性－1 表 41.1：出力設定点変更試験結果 [起動試験報告書、P-238]</p> <p>(ii) 出力設定点変更応答特性－2 表 41.2 &amp; 41.3：プラント状態量の変化 [起動試験報告書、P-239]</p> <p>(iii) 出力設定点変更応答特性－3 図 41.2：出力設定点変更試験結果 [起動試験結果、P-243] 図 41.3：出力設定点変更試験結果 [起動試験報告書、P-240]</p>	
<p>15 主蒸気圧力 設定点変更 応答特性</p> <p>(1) 試験条件</p> <p>(2) 主蒸気圧力 設定点変更 応答特性</p> <p>(3) 後備圧力調整器 引継性能</p>	<p>15 主蒸気圧力設定点変更応答特性</p> <p>(1) 試験条件 電気出力：25%、50%、75%、100% 圧力設定点変更幅：0.5 kg/cm<sup>2</sup> 降下</p> <p>(2) 主蒸気圧力設定点変更応答特性</p> <p>(i) プラント状態量変化特性 図 44.1：圧力設定点変更試験結果 [起動試験報告書、P-265] 表 44.2：プラント状態量の変化 [起動試験報告書、P-265]</p> <p>(ii) 主蒸気圧力設定点変更応答特性 図 44.2：圧力設定点変更試験結果 [起動試験報告書、P-266]</p> <p>(3) 後備圧力調整器引継性能</p> <p>(i) プラント状態量変化特性 表 44.3：プラント状態量変化 [起動試験報告書、P-265]</p>	



<p>17 自動制御系外乱 応答特性</p> <p>(1) 試験条件</p> <p>(2) 自動制御系外乱 応答特性</p>	<p>17 自動制御系外乱応答特性</p> <p>(1) 試験条件 熱出力：50% 制御棒1本部分挿入（約 -1.5 <math>\rho</math>）</p> <p>(2) 自動制御系外乱応答特性</p> <p>(i) 応答特性-1 図 41.4：自動制御系外乱応答特性 [起動試験報告書、P-241]</p> <p>(ii) 応答特性-2（概要） 中性子束：初期値より 0.7% 低下する。 約 30 秒で整定する。 蒸気流量：一時的に 430 t/hr より 10 t/hr 低下する。 約 20 秒で整定する。 発電機出力：約 1 MW 低下する。</p>	
<p>18 ポイズン供給 出力応答特性</p> <p>(1) 試験条件</p> <p>(2) 出力応答特性</p>	<p>18 ポイズン供給出力応答特性</p> <p>(1) 試験条件 電気出力：35% 炉心状態：Xe 飽和</p> <p>(2) 出力応答特性</p> <p>(i) 出力応答特性（ポイズン除去時） 図 13.5：ポイズン除去時出力応答特性 [起動試験報告書、P-90]</p> <p>(ii) 出力応答特性（ポイズン供給時） 図 13.6：ポイズン供給時出力応答特性 [起動試験報告書、P-90]</p>	



## 参 考 文 献

- (1) 新型転換炉原型炉設置変更許可申請書、添付書類（完本）、添付書類八  
（昭和 51 年 6 月）
- (2) 新型転換炉原型炉設置許可申請書、参考資料 （63 部会）  
（昭和 45 年 11 月）
- (3) 新型転換炉ふげん発電所設置変更許可申請書、参考資料 （82 部会）  
（昭和 47 年 1 月）
- (4) 新型転換炉ふげん発電所設置変更許可申請書、参考資料 （105 部会）  
（昭和 49 年 9 月）
- (5) 敦賀事業所 新型転換炉原型炉、初装荷燃料体設計認可申請書  
（昭和 49 年 11 月）
- (6) 発電用原子力設備技術基準特殊設計施設認可申請書  
（圧力管材料、圧力管、圧力管上下延長部の接合法）  
（昭和 49 年 2 月）
- (7) “原子カプラント開発の技術情報処理・活用システム”、基本システム構成  
PNC PN1410 91-043, (1991. 6)