

敦賀発電所 3 , 4 号機主要実証・検証試験の概要

敦賀発電所 3, 4 号機 主要実証・確認試験の概要

設備・機器名	炉内構造物
実施期間	平成 6 年 8 月～平成 8 年 3 月 (中性子反射体冷却性能試験) 平成 6 年 9 月～平成 9 年 3 月 (炉内構造物総合流動試験) 平成 10 年 10 月～平成 11 年 3 月 (炉内構造物総合流動試験 GT69,65 体)
試験目的	炉内構造物の流動振動に対する健全性の確認。 中性子反射体の冷却が想定どおり行われることの確認及び、中性子反射体ブロック間の微小隙間に生じる横流れが想定どおりの流れであることの確認。
試験内容	<p>1. 炉内構造物総合流動試験 炉内構造物全体(燃料集集体含む)の 1/5 スケールモデルにて、炉内構造物の流動振動を計測する。</p> <p>2. 中性子反射体冷却性能試験 (1) 中性子反射体入口流量分布測定試験 原子炉入口管台から下部炉心板までを模擬した 1/5 スケールモデルにて、中性子反射体領域に設けた導入孔に、設計目標値 95%以上が流入していることを確認する。</p> <p>(2) 冷却性能確認試験 実寸大部分モデル(1/8 セクタ)にて、中性子反射体冷却孔内の冷却流量が、設計目標値(最小流量が平均流量の 90%以上)を満足することを確認する。</p> <p>(3) ギャップリーク流量測定試験 実寸大部分モデルにて、中性子反射体ブロック間ギャップからリークするバイパス流量が設計目標値 0.8%以下となることを確認する。</p>
試験結果	<p>1. 炉内構造物総合流動試験 炉内構造物各部位の振動はいずれもランダム振動であり、有為な振動が発生していないことを確認した(図 1 参照)。 全ての構造物について、流体力による発生応力が、許容応力を十分下回っていることを確認した。</p> <p>2. 中性子反射体冷却性能試験 (1) 中性子反射体入口流量分布測定試験 導入孔流量の最小値は 97%であり、設計目標値 95%以上であること確認した(図 2 参照)。</p> <p>(2) 冷却性能確認試験 冷却孔内流量の最小値は、流量の平均値の 95%であり、設計目標値 90%以上を満足していることを確認した(図 3 参照)。</p> <p>(3) ギャップリーク流量測定試験 ギャップリーク総流量は約 0.6%であり、設計目標値 0.8%以下となることを確認した(図 4 参照)。</p>
備考	<p>出典：8th International Conference on Nuclear Engineering, April 2-6, 2000, Baltimore, MD USA.</p> <p>IAEA-SM-353-24</p>

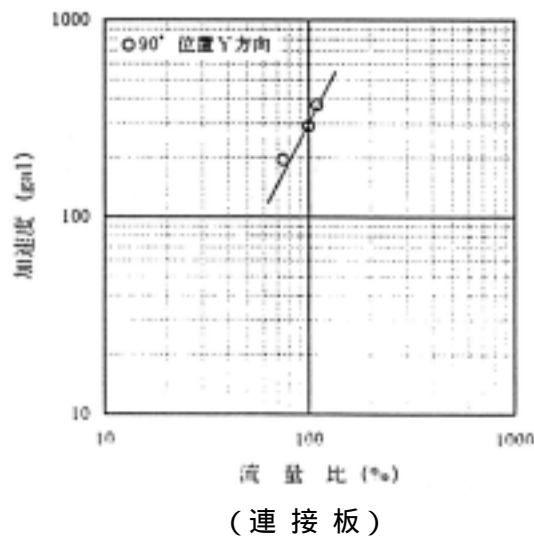
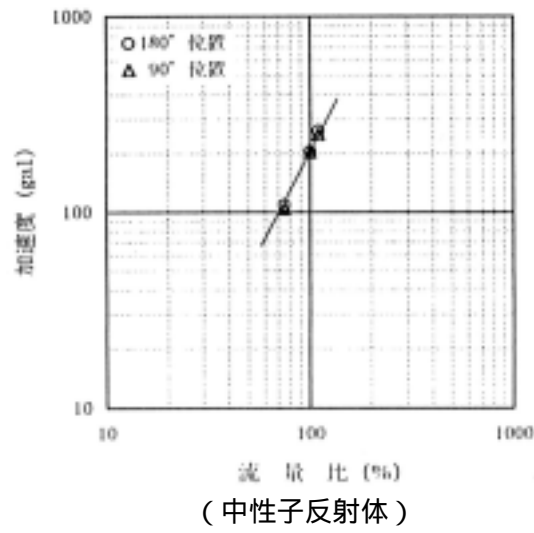
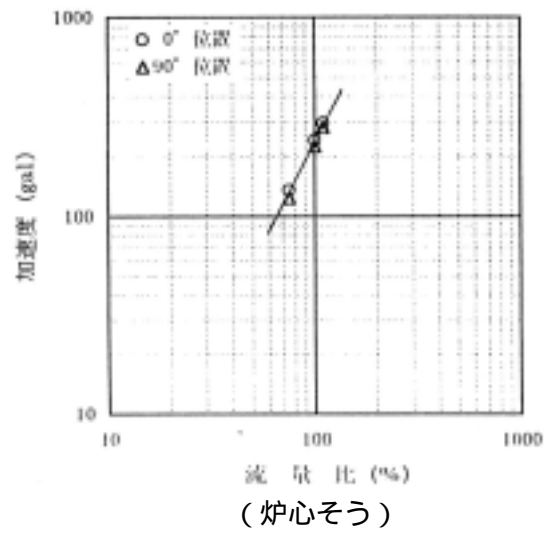


図1 総合流動試験結果(加速度)

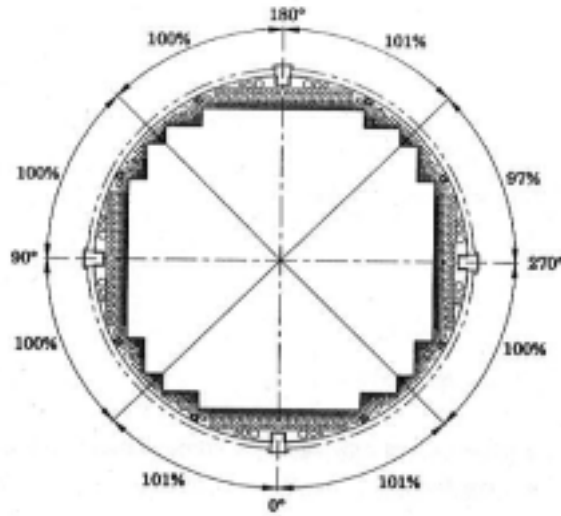


図2 中性子反射体入口流量分布

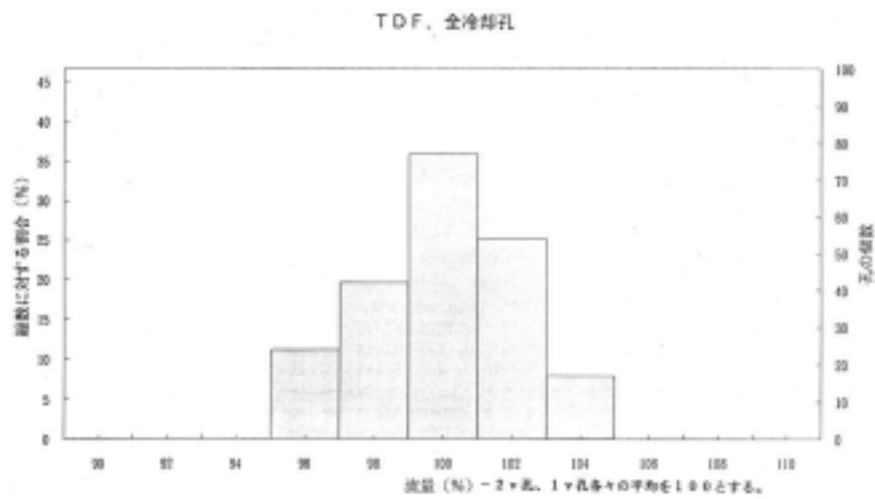


図3 中性子反射体 冷却孔流量分布

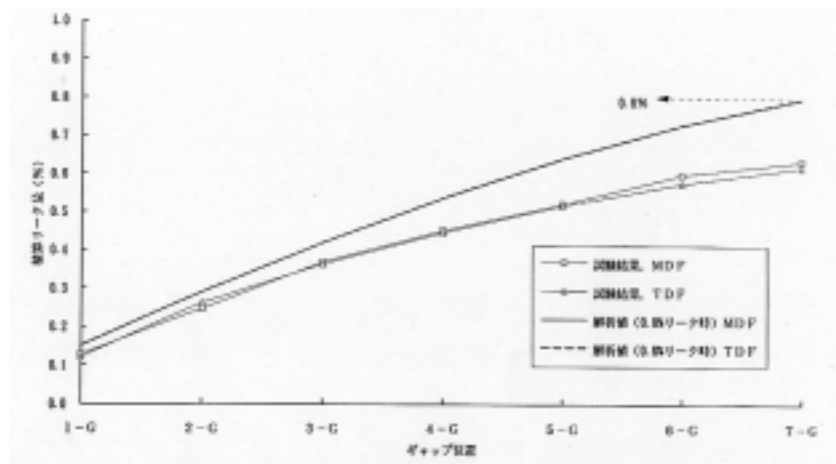
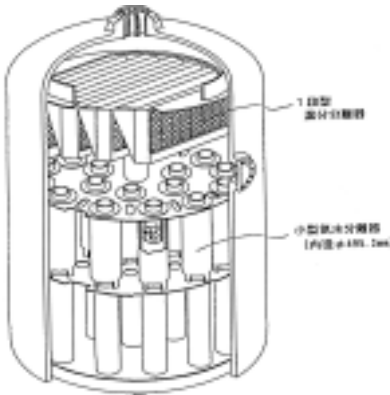
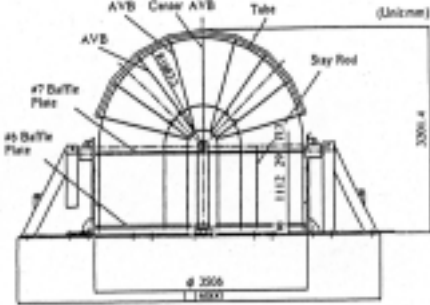
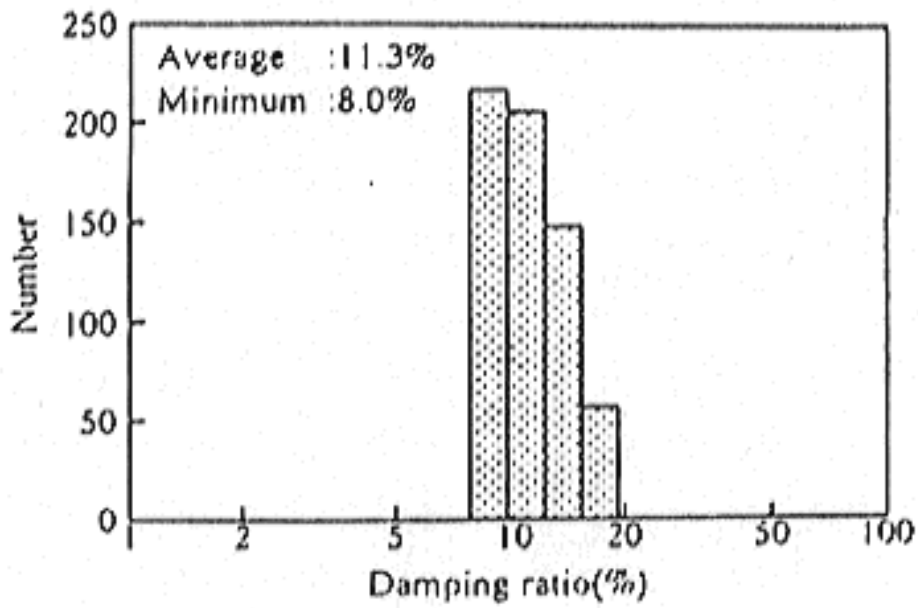


図4 中性子反射体 ブロック間ギャップリーク総流量

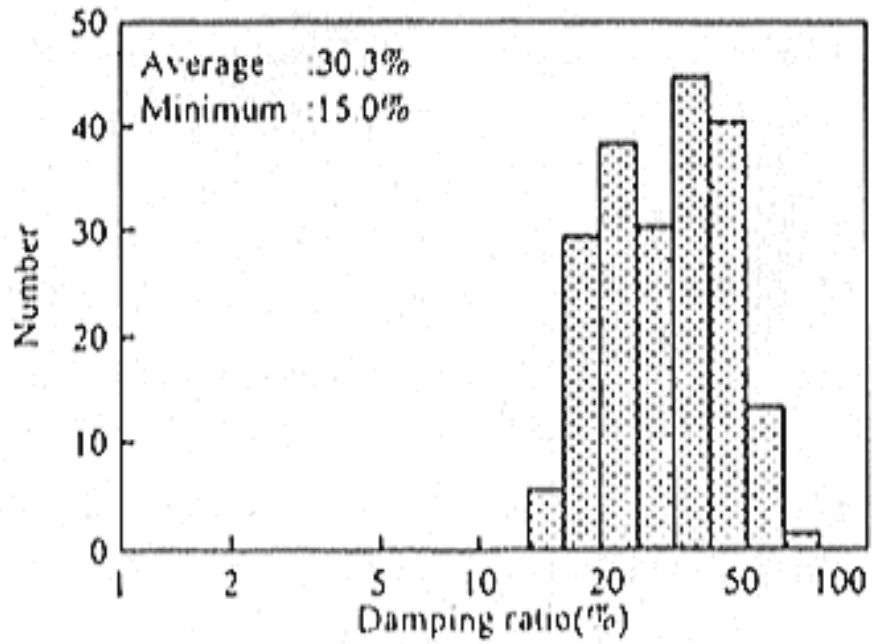
敦賀発電所 3, 4号機 主要実証・確認試験の概要

設備・機器名	蒸気発生器
実施期間	平成10年 1月 ~ 平成11年 3月 (高性能気水分離器) 平成 5年 1月 ~ 平成10年 3月 (U字型伝熱管群の高減衰性)
試験目的	1. 高性能気水分離器 高性能気水分離器でのSG出口湿分が所定の湿分を満足することを確認する。 2. U字型伝熱管群の高減衰性 U字管群の耐震設計に使用する減衰定数を実機大モデル試験により確認する。
試験内容	1. 高性能気水分離器 高性能気水分離器1体と湿水分離器を組み合わせた試験体を用いてAPWRの蒸気条件での実証試験(大型熱流動試験)を行い、取得したデータをもとに、高性能気水分離器20体と湿水分離器を組み合わせてSG出口の湿分を評価する。 2. U字型伝熱管群の高減衰性 U字管群の実機大モデル供試体を振動台に載荷し、地震波加振を行い振動特性を把握する。
試験結果	1. 高性能気水分離器 評価した結果、蒸気発生器出口での湿分は0.1%以下であり、規定値である0.25%以下を満足することを確認した。 2. U字型伝熱管群の高減衰性 U字管群の振動試験結果から、減衰定数は、面外方向には、平均11%程度、面内方向には30%以上の大きな減衰比が期待出来ることを確認した。
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>改良型PWR蒸気発生器気水分離器</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>振動試験モデル例</p>  </div> </div>
備考	<p>出典</p> <p>日本原子力発電における技術革新のあゆみ (電気評論 2000. 1)</p> <p>蒸気発生器U字型伝熱管群の高減衰性に関する実験研究 (日本機械学会論文集 (C 偏) 65 巻 637 号 1999.9)</p>

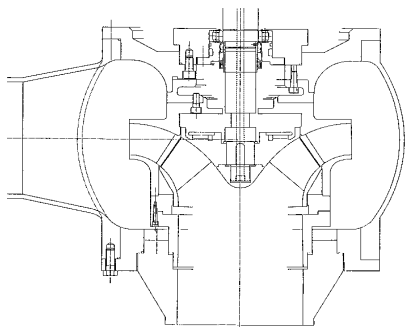
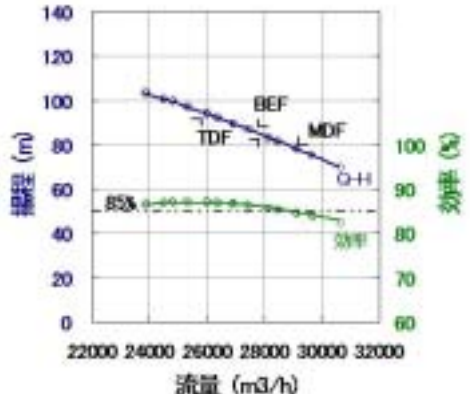
振動試験結果の例 (面外方向の減衰定数)




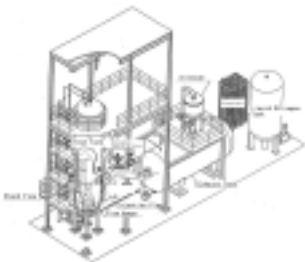
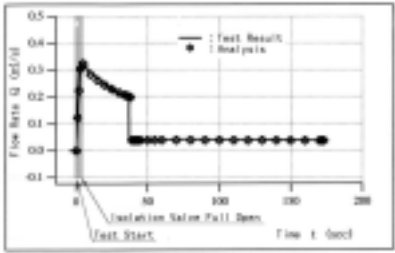
振動試験結果の例 (面内方向の減衰定数)



敦賀発電所 3, 4号機 主要実証・確認試験の概要

設備・機器名	一次冷却材ポンプ
実施期間	平成 9 年 ~ 平成 10 年
試験目的	水力特性、ポンプ効率がプラント要求仕様等を満足することを水力モデル試験にて確認し、ポンプ機器仕様の妥当性を確認する。
試験内容	水力モデル試験 実機ポンプの 1/2.5 モデル、常温での試験を実施し Q - H 特性、ポンプ効率を確認する。
試験結果	<p>水力モデル試験結果</p> <p>a . Q - H 特性 プラント要求仕様を満足することを確認した。</p> <p>b . ポンプ効率 設計要求値 8 5 % 以上を満足することを確認した。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>試験モデル断面図</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>試験結果の例</p>  </div> </div>
備考	

敦賀発電所 3, 4号機 主要実証・確認試験の概要

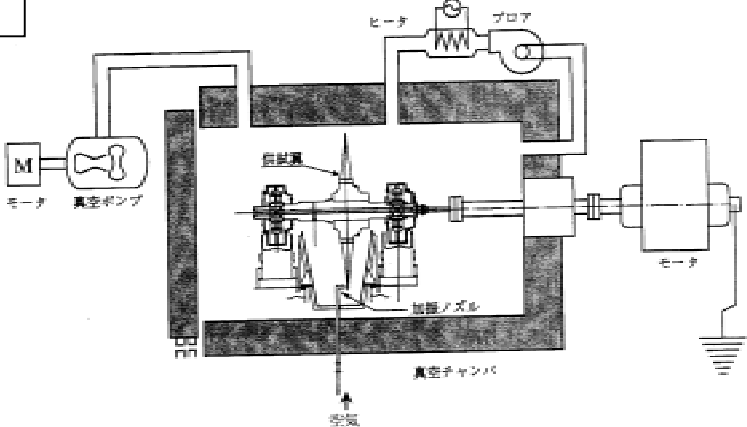
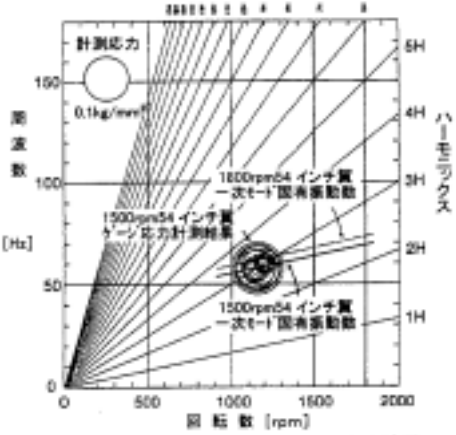
設備・機器名	高性能蓄圧タンク
実施期間	平成 6 年 4 月 ~ 平成 8 年 9 月
試験目的	高性能蓄圧タンクの大流量から小流量への流量切替え原理を確認するとともに、実機への適用性を実証する。
試験内容	<p>1. 可視化試験</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 原理確認試験：実機のうず巻きダンパの 1/8.4 モデルにて流量切替え原理を確認する。 b. 低圧注入試験：実機のうず巻きダンパの 1/5 モデルにて低圧条件での渦の発生状況を確認する。 c. スタンドパイプ入口部吸込み試験：スタンドパイプ入口部の 1/3.5 モデルにて渦防止板の効果を確認する。 <p>2. 実圧注入試験</p> <p>高さ実寸、直径 1/2 の試験装置で、実機圧力での注入特性を確認する。</p>
試験結果	<p>1. 可視化試験</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 原理確認試験：大流量から小流量への切替え、スタンドパイプ内の安定した水位形成が確認できた。 b. 低圧注入試験：大流量時、流量切替え時、小流量時において、計画通りの渦の生成状況であることを確認できた。 c. スタンドパイプ入口部吸込み試験：うず防止板により、流量切替えが鋭敏に行えることを確認できた。 <p style="text-align: center;">低圧注入試験状況</p>  <p>2. 実圧注入試験</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実機圧力条件で必要な炉心注入特性を得られること、流量特性が圧力条件によらないこと等を確認した。 ・また可視化試験結果と合わせて、流量特性がうず巻きダンパ寸法によらず、相似則が適用できることを確認した。 <p style="display: flex; justify-content: space-around;"> 実圧注入試験装置 試験結果の例 </p>  
備考	<p>出典： Design Verification of the Advanced Accumulator for the APWR in Japan, 8th International Conference on Nuclear Engineering, 2000</p>

(Rev.1)

敦賀発電所 3, 4 号機 主要実証・検証試験の概要

設備・機器名	新型中央制御盤
実施期間	平成 8 年 10 月 ~ 平成 13 年 9 月 (予定)
検証目的	新型中央制御盤監視操作画面の基本ソフトウェアの確立する。 運転員の持つ知見をソフトウェアに反映する。
検証内容	<p>1. 基本仕様の確立と検証</p> <p>a. 監視操作画面表現仕様の確立と検証 監視操作画面への情報表現を統一するための仕様の検討と検討結果の妥当性を検証する。(視認性、識別性)</p> <p>b. 監視操作画面体系の確立と検証 複数にわたる監視操作画面を体系化し、運転員が必要とする画面を容易に呼び出せる画面体系の検討と妥当性を検証する。</p> <p>c. 配置の検証 大型表示盤、運転コンソール、指令コンソールの配置基準を検討し、妥当性を検証する。(監視操作表示装置の配置含む)</p> <p>2. 模擬運転検証 シミュレータと接続した模擬運転検証を行い、検証結果を反映、改善し、再度検証を実施することを繰り返して基本ソフトウェアを確立する。運転検証は PWR プラントの運転員により実施し、運転員の知見を反映する。 模擬運転は、通常、過渡、事故の各状態ごとに実施している。</p>
検証結果	<p>1. 基本仕様の確立と検証</p> <p>a. 監視操作画面設計基準を確立した。</p> <p>b. 中央制御設備配置基準を確立した。</p> <p>2. 模擬運転検証 平成 13 年 6 月現在、3 回目の模擬運転検証を実施中である。 この結果により、新型中央制御盤の基本ソフトウェア仕様を決定する。</p>
備考	出典：

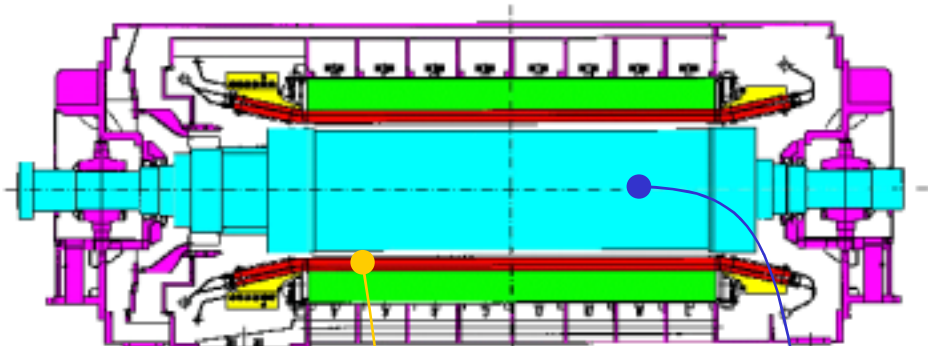
敦賀発電所 3, 4号機 主要実証・確認試験の概要

設備・機器名	タービン
実施期間	平成12年度
試験目的	54インチ翼の振動特性の確認を行う
試験内容	<p>回転振動試験</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実物翼（実機スケール：54インチ）を製作する。 ・空気攪拌による温度上昇を防止する為、試験装置内部を真空にして、タービンをモータにより定格運転回転数まで上昇させる。 ・ノズルで空気を翼の先端に吹き付け、翼を加振する。 ・定格運転回転数において、共振が回避されていることを確認する。 <p>試験装置</p> 
試験結果	<p>4インチ翼は、定格運転回転数において、共振が十分に回避されていることを確認した。</p>  <p>図-12 54インチ翼回転振動試験結果 (キャンベル線図)</p>
備考	<p>出典：次期プラント向け低圧タービン54インチ翼の開発について [火力原子力発電技術協会 北海道支部研究発表会 (2001.3)]</p> <p>また、静的な強度設計については、有限要素法による解析により、十分な強度を確保していることを確認している。(通常設計として実施)</p>

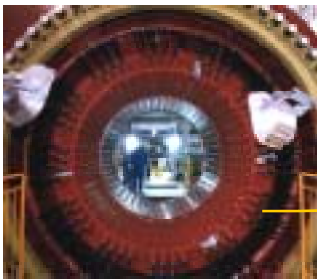
敦賀発電所 3, 4号機 主要実証・確認試験の概要

設備・機器名	タービン発電機
実施期間	平成9年12月 ~平成11年3月(試験期間は平成11年2月~3月)
試験目的	大容量発電機(1800MVA級)の信頼性検証を目的として実施
試験内容	<p>1. モデル発電機の仕様設定と設計、製作 モデル発電機は敦賀発電所3、4号機で採用を予定している発電機を検証可能な1800MVA級仕様とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・固定子直径、回転子直径は敦賀3、4号機と同一 ・固定子コイル端部についても敦賀3、4号機と同一 ・鉄心長は敦賀3、4号機の約1/4 <p>2. 検証内容</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 固定子コイル端部振動特性：加振試験、ヒートラン試験時の端部振動計測、突発短絡試験にて固定子コイル端部の振動特性、剛性、強度を確認する。 b. 絶縁特性：耐電圧試験にて絶縁性能を確認する。 c. 発電機内各部温度：ヒートラン試験にて各部温度計測を行い冷却設計が適切であることを確認する。 d. 回転子強度：定格回転数の120%過速度回転試験にて強度を確認する。
試験結果	<ul style="list-style-type: none"> a. 固定子コイル端部振動特性 <ul style="list-style-type: none"> ・加振試験の結果、固有振動数は通常運転周波数と十分離れており、共振の問題がないことを確認した。 ・ヒートラン試験時の固定子コイル端部振動計測の結果、通常運転時に生じる電磁加振力に対し十分な剛性を持つことを確認した。 ・三相突発短絡試験の結果、固定子コイル端部支持構造が短絡時に生じる過渡電磁加振力に対して十分な強度を持つことを確認した。 b. 絶縁特性 <ul style="list-style-type: none"> ・耐電圧試験を行い、絶縁性能が規格を満足することを確認した。 c. 発電機内各部温度 <ul style="list-style-type: none"> ・ヒートラン試験の結果、固定子コイル、回転子コイル、固定子コア端部の温度上昇が規格値を満足し、冷却設計が適切であることを確認した。 d. 回転子強度 <ul style="list-style-type: none"> ・回転子を定格の120%過速度回転数で2分間回転させ強度に問題のないことを確認した。 ・また、各部の発生応力が設計値とほぼ一致することを確認した。
備考	出典：三菱電機技報 Vol.74 No.8(2000.8)

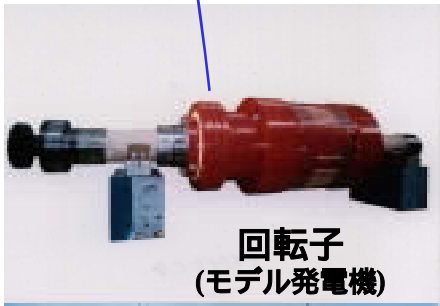
発電機検証試験



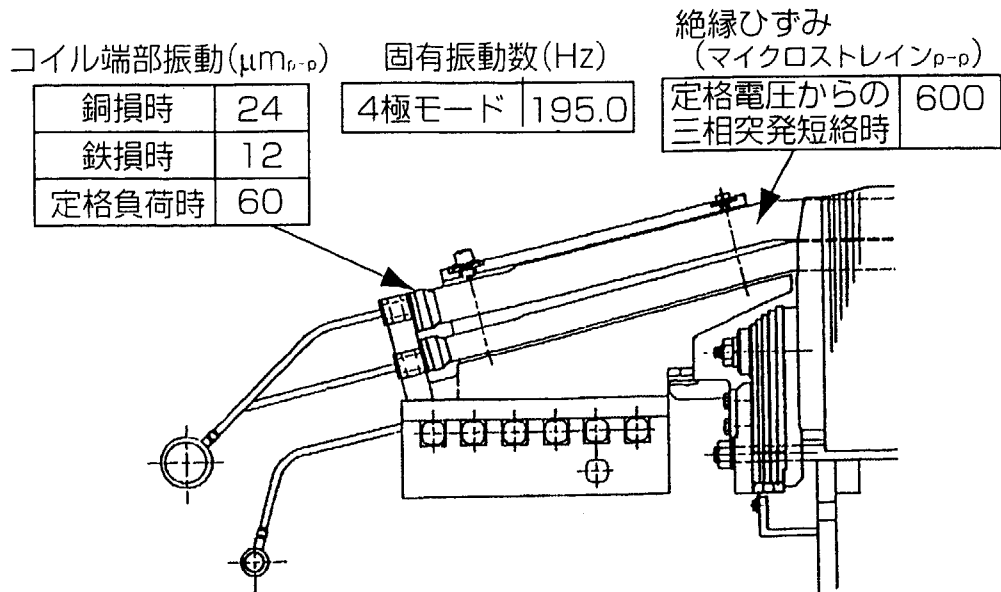
(実機断面図)



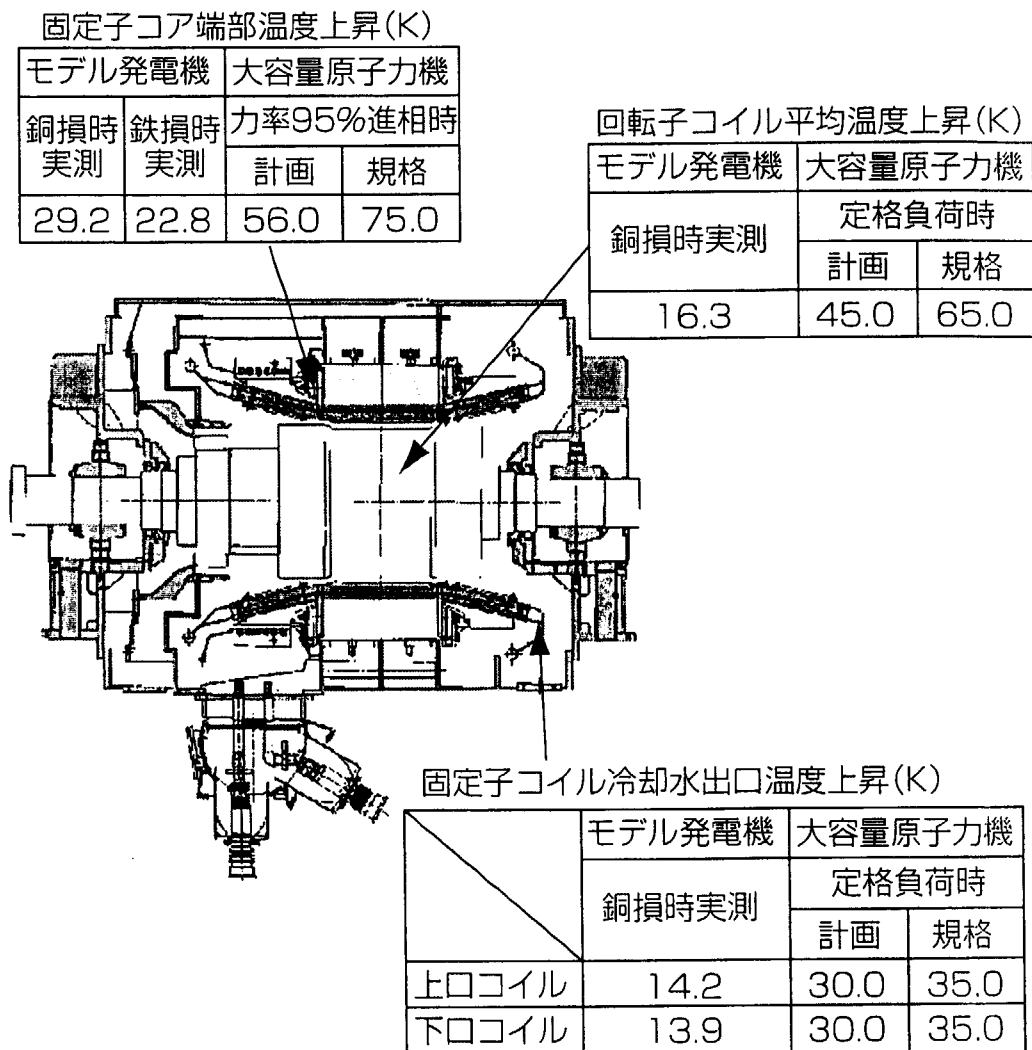
固定子
(モデル発電機)



回転子
(モデル発電機)



固定子コイル端部の振動特性計測結果



発電機内各部の温度計測結果