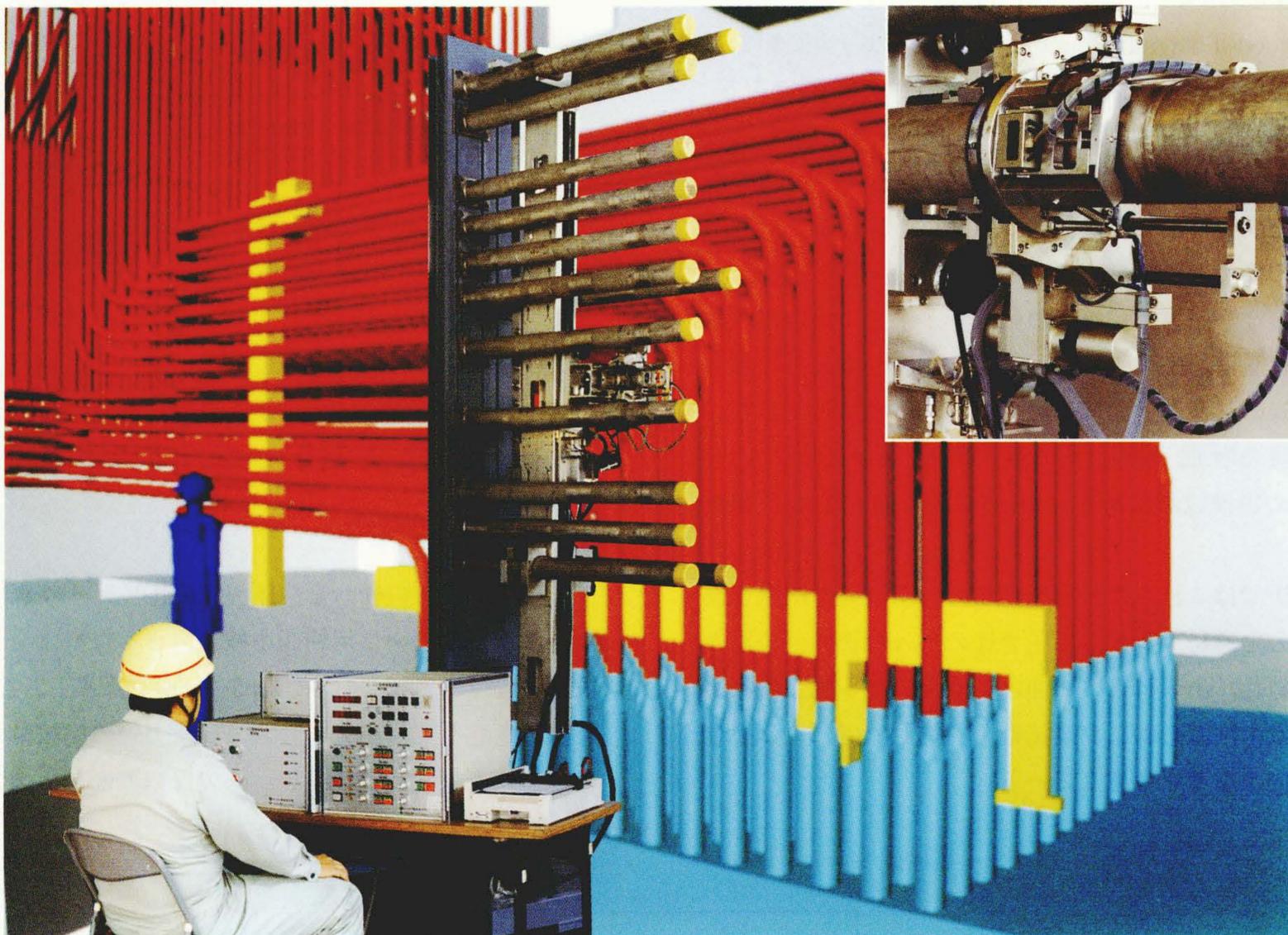


ATR実証炉の供用期間中検査技術

In-Service Inspection Equipment for the Demonstration Advanced Thermal Reactor

松下 正* *Tadashi Matsushita* 小山田次夫*** *Tsugio Oyamada*
成尾一輝** *Kazuteru Naruo* 鈴木賢一*** *Ken'ichi Suzuki*
松信 隆*** *Takashi Matsunobu*



出口管群検査装置 ATR実証炉の原子炉圧力バウンダリを構成する出口管群に対するISI(In-Service Inspection：供用期間中検査)作業を、遠隔から自動で行う装置である。

ATR(Advanced Thermal Reactor：新型転換炉)実証炉の出入口管群検査装置および圧力管検査装置は、検査員の接近が困難な出入口管と圧力管のISI(In-Service Inspection：供用期間中検査)対象部に対し、検査対象位置の確認、検査装置の誘導および所定の検査を遠隔にて自動で行うための装置である。ATR実証炉の出入口管と圧力管は、原型炉「ふげん」のそれと類似した構造であるが、炉の大型化に伴いそれぞれの員数が「ふげん」の約3倍の616本

に増加し、検査数量が増大することから、検査員が受ける放射線量の低減を図るため、検査装置の取り扱いが容易となるよう、小型・軽量化を図るとともに検査時間を短縮する必要がある。

実証炉では、これらの背景を踏まえ、軽水炉でのISI技術と「ふげん」実績をもとに、実証炉の出入口管群および圧力管に適合した検査装置の開発を進めている。

* 電源開発株式会社 原子力部 ** 動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター *** 日立製作所 日立工場

1 はじめに

原子力発電所は、所定の機能および性能を維持し、安全性および健全性を確保するため、重要な機器配管などに対しては、運転開始後も供用前検査と同様に非破壊検査技術を適用し、ISI(In-Service Inspection：供用期間中検査)を行い、その健全性を確認している。ATR(Advanced Thermal Reactor：新型転換炉)実証炉でも軽水炉と同様に定期検査時にISIを実施する計画である。

ATR実証炉のISIでは、ATRに特有な管群構造の出入口管と炉心部を構成している圧力管に対して、専用の検査装置を開発する必要がある。原型炉「ふげん」では、これらの構造上の特徴を考慮したISI装置が開発され、出入口管および圧力管用などの装置が、すでに実用化されている^{1)~3)}。実証炉では炉の大型化に伴い、出入口管および圧力管の員数が「ふげん」の約3倍に増加しており、検査数量の増加、検査装置の動作範囲の拡大など、ATR実証炉の実機設計に対応したISI装置を開発する必要がある。

実証炉ではこれらの状況を踏まえ、ISI装置の開発を推進するとともに、並行して圧力管の出入口管ノズル部の一体鍛造化、出入口管への曲げ管適用による検査対象溶接継手数の削減、および溶接継手の集中配置による検査効率の向上などを考慮している。

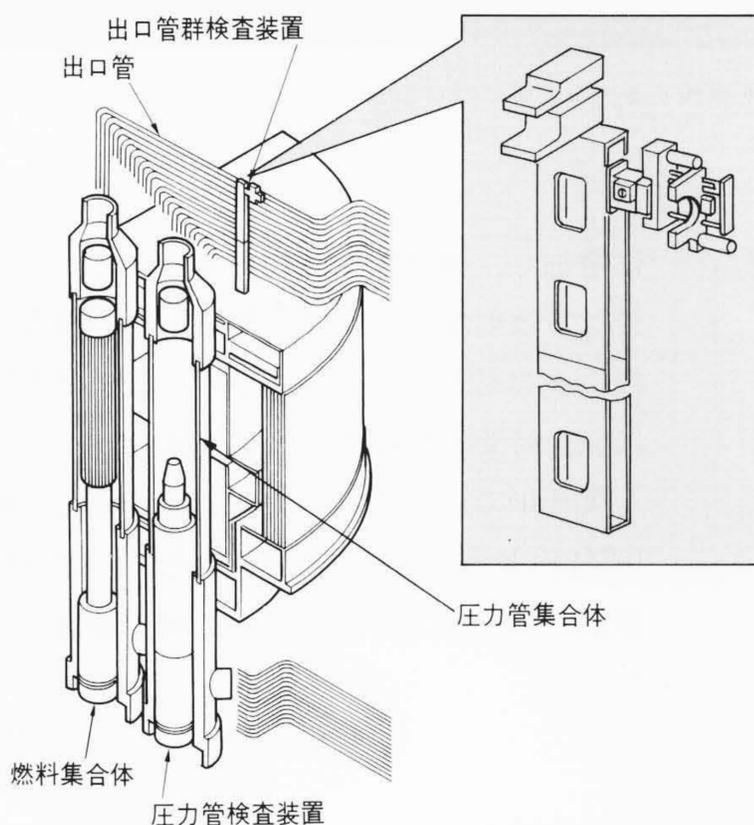


図1 実証炉用ISI(In-Service Inspection：供用期間中検査)装置
られた一定期間ごとに検査を実施し、プラントの健全性を確認する。

表1 ISI計画 ATR実証炉の原子炉圧力バウンダリを構成する
出口管群および圧力管に対するISI計画を示す。

1検査間隔(10年)当たり

対象箇所		試験方法	試験程度
出入口管	① 耐圧溶接部	体積検査	10%
	② 容器中の耐圧溶接部	体積検査	5%
圧力管	③ 異種金属溶接部	体積検査 肉眼検査	10%
	④ 容器の内部	肉眼検査	10%

ここでは、ATR技術確証試験などにより、試作、機能の確証などが行われている出入口管群検査装置、および圧力管検査装置の開発について述べる。

2 ISI装置の概念

実証炉の出入口管および圧力管のISIは、「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査」(日本電気協会 電気技術規程原子力編 JEAC4205-1986)に準拠し、ATRの特徴を考慮して、出入口管および圧力管の溶接継手には体積検査(超音波探傷)を、圧力管内表面には肉眼検査

検査対象部仕様

	寸法	材質
出口管	80A×Sch80	原子力用 SUS316
入口管	50A×Sch80	同上
圧力管	内径約117.8 m× 長さ約11.5 m	原子力用 SUS316 SUS403Mod Zr-2.5%Nb

接近が困難な検査対象部を、専用の検査装置によって法令などに定め

(テレビジョン)を適用する。検査計画を表1に、開発する装置の概念を図1に、主要開発項目を以下に述べる。さらに、圧力管本体に対しては、Zr-2.5%Nb合金を使用しているため、自主監視検査として、照射量の多い数本の圧力管に対し内径の経時変化(照射によるクリープひずみに関するデータ取得)、内面状況の観察などを行う計画である。

3 出入口管群検査装置

出入口管群検査装置は、ピッチ約110~240 mmで最大18×14のマトリックス状に配列された入口管群(口径60.5 mm)、および出口管群(口径89.1 mm)の列間に送り機構部を挿入し、探傷装置部を管群中に誘導し溶接継手部を自動的に検出して超音波探傷を行う。したがって、出入口管群検査装置には、次のような要求条件がある。

(1) 小型・軽量化

探傷を実現させるために、約113~150 mm幅の出入口管間隙に挿入可能なように小型化する必要がある。

(2) 探触子の誘導、検査精度の向上

出入口管の管群内溶接継手周辺で、探触子を精度よく周方向および軸方向に走査する機構が必要である。

(3) 検査時間短縮

取り扱いが容易なように、自動化・軽量化および出入口管群の大型化に対応したストロークの拡大を同時に実現させる必要がある。

これらの要求条件を考慮して、検査対象個所が異なる中間部用と炉上部用の2種類の出口管群検査装置を試作し、機能を確認した。試作した検査装置を図2に示す。装置の技術的な特徴は次のとおりである。

(1) 小型・軽量化技術

検査装置を小型・軽量化するため、探触子などを出口管の外面で走査する駆動機構には動力源に直流サーボモータを、駆動力伝達機構には機構を簡素化するためボールねじとウォームギヤを採用した。

(2) 検査精度向上技術

検査対象配管の位置検出機構を設け、探触子の位置決め精度を向上させた。溶接継手の検知には、溶着金属に添加されるフェライトを渦電流式センサで検出する機構を用い、溶接継手位置の検知精度を向上させた。

(3) 検査時間短縮技術

装置の搬入、取付け・取外し、搬出時の取り扱い性を高めるため、分割可能な構造とした。また、あらゆる方向の欠陥の検出を1回の走査で実施できるように、複数

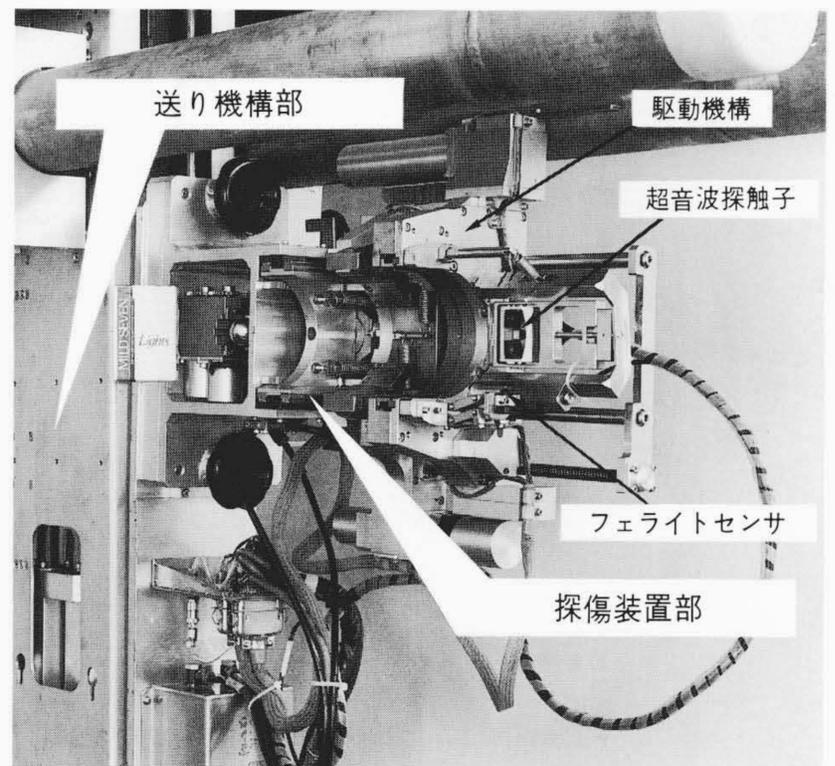


図2 出口管用探傷装置部 今回開発した出入口管群検査装置を示す。超音波探触子とその駆動機構を、出口管に適合するように小型化した点が特徴である。

の超音波振動子を組み込んだ小型のマルチ探触子を開発し使用した。装置は検査員が受ける放射線量低減の観点から、遠隔から操作可能なものとした。

上記検査装置の開発により、出口管の水平引き回し部の溶接継手および圧力管と出口管取り合い部のISI性を確保することができる。また、開発した技術の応用で、実証炉出入口管の大半の溶接継手に適用できる検査装置の製作が可能である。

4 圧力管検査装置

圧力管検査装置は、センサを検査対象部まで誘導し自動的に所定の検査を行うことから、次のような要求条件がある。

(1) 装置の小型化

検査装置には、燃料交換装置での取り扱い上約5,600 mm以下の長さで、圧力管内径約118 mmの中に挿入でき、軸方向約9,400 mm、周方向360度の検査範囲をカバーできる小型の機構が要求される。

(2) 電子部品の耐放射線性向上

検査装置は、放射線環境下で使用することから、特に、電子部品については放射線による劣化が少ないものが要求されるとともに、上記(1)に伴い小型化が必要である。

(3) 検査員が受ける放射線量の低減化

検査員が受ける放射線量を最小限にするために、段取

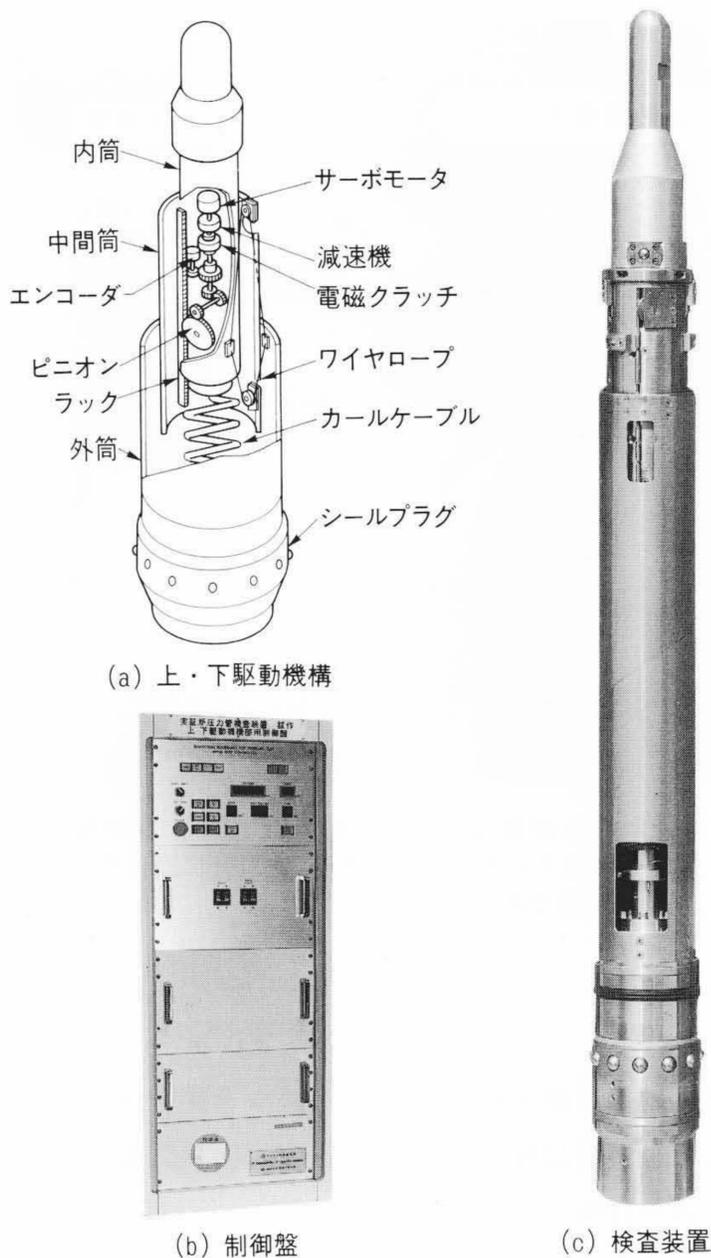


図3 三重筒構造圧力管検査装置 今回試作したラックとピニオンおよびワイヤから成る三重筒構造圧力管検査装置(全長: 4,500 mm, 外径: 115 mm, 伸縮ストローク: 5,600 mm)および制御盤の外観を示す。

り作業および検査の自動化が必要である。

これらの要求条件を考慮して、次に述べる技術開発を行っている。

(1) 装置の小型化技術

圧力管の軸方向検査範囲をカバーするため、下部側は二重筒構造、上部側は図3に示すような小型で、かつ長いストロークを持つように三重筒(内筒、中間筒、外筒)

構造にしている。

三重筒の伸縮機構は、内筒と中間筒はラック・ピニオンで、中間筒は、内筒と外筒で固定したワイヤで上・下させる機構である。そのストロークは、約5,600 mm, 高さ位置精度は±5 mmである。

現在、二重筒構造については、ストローク約1,900 mm, 高さ位置精度±2 mmを目標に試作を実施している。

(2) 電子回路の小型化および耐放射線性向上技術

三重筒構造では、内筒部に実装される電子回路の小型化が必要となる。このため、多品種の電子部品を集積し1個のICにしたハイブリッドICの開発を行い、電子回路部を小型化している。

電子回路は、放射線による劣化を最小限にするため、電子部品単品で照射(ガンマ線)試験を行い、放射線による劣化の少ない部品を選定し、これらの部品によって耐放射線の回路を開発した。その電子回路は、約 3×10^5 Gyの放射線環境下で使用できる。

(3) 検査員が受ける放射線量の低減化技術

燃料交換装置を利用して遠隔操作で検査装置を圧力管へ着脱できるよう、燃料交換装置との取り付け部は、燃料集合体と同じにしている。また、電子回路部は、部品交換が容易なようにユニット構造とし、ユニットごとに交換を行うことによってメンテナンス時間の短縮を図る。

以上の要素技術開発の成果を基に、今後、実規模の検査装置を試作し、総合での機能・性能を確認する予定である。

5 おわりに

実証炉用出入口管群検査装置および圧力管検査装置の開発成果について述べた。現在、原子力発電所のISI技術は関連する各種技術の進歩に伴い、検査時間短縮および検査員が受ける放射線量の低減に重点が置かれている。今後、これらの動向を踏まえながら、さらに高度なISI技術の実現に努力していく考えである。

参考文献

- 金子, 外: 「ふげん」のISI装置の開発と使用実績, 動燃技報, No.58(1986)
- 動力炉・核燃料開発事業団: 供用期間中検査技術研究開発, 動燃技報, No.73(1990)
- K. Naruo, et al.: Development of Pressure-Tube

Inspection Equipment and Experience in Fugen (ATR), The 1st JSME/ASME Joint International Conference on Nuclear Engineering, Vol.2 e-20, November 4-7, 1991