

高速増殖炉原型炉

「もんじゅ」用炉外中継機構モックアップ

Full Scale Mock-up of Ex-vessel Fuel Transfer Device for Fast Breeder Reactor: Monju

Development of a prototype fast breeder reactor, "Monju," is proceeding under the leadership of the Power Reactor & Nuclear Fuel Development Corporation.

The ex-vessel fuel transfer device dealt with in this report is one of the fuel-handling facilities specified for use with the Monju. It is installed in the boundary area of the containment vessel and used for relaying transfer pots containing fuel assembly from refueling machine to cask car. Recently, under a contract with the same corporation, Hitachi has completed a full Scale mock-up of this device. Its outline is introduced in the report.

佐々木正祥* Masayoshi Sasaki

西条武司* Takeji Saijō

小山隆男** Takao Koyama

1 緒言

高速増殖炉原型炉「もんじゅ」はナショナル・プロジェクトとして開発が進められており、その開発研究の一つとして動力炉・核燃料開発事業団から依頼を受けて日立製作所が炉外中継機構のモックアップを製作した。

本モックアップの設計は、「もんじゅ」炉外中継機構の実寸大模型を製作し、実寸大の移送ポットおよび燃料集合体（燃料ピンはステンレス鋼棒で模擬した）を用いて、実機同様のふんい気において新燃料の予熱、使用済燃料の冷却特性試験、駆動耐久性試験などを実施できるよう計画された。本モックアップによる各種試験を行なうのに必要な付属設備として、ポット取扱装置、ナトリウム・ループ、アルゴンガスおよび真空排気系装置などが設けられている。

2 装置の概要

炉外中継機構は「もんじゅ」用の燃料交換設備の一つである。燃料交換設備は原子炉炉心と炉外との間で、新燃料集合

体、使用済燃料集合体およびその他炉心要素の交換、移送などを行なう設備である。この交換設備は、図1に示すように燃料交換機、炉内中継機構、燃料出入機および炉外中継機構などで構成され、格納容器内外および格納容器境界部に配置される。格納容器に隣接した建屋内に燃料受入れ貯蔵設備があり、キャスクカー、燃料貯蔵槽（そう）をはじめ各種の受入れ貯蔵設備がある。

燃料取扱いの標準シーケンスは図2に示すとおりである。燃料交換、すなわち使用済み燃料と新燃料の交換は6ヶ月ごとに原子炉を停止して行なわれる。燃料交換方式は単回転プラグ固定アーム式であり、燃料交換機により炉心全域の要素を取り扱い、炉心～炉内貯蔵ラック～炉内中継機構間の燃料移送を行ない、炉内中継機構～炉外中継機構間の移送は燃料出入機によりナトリウムを充填（てん）した移送ポットをもちいて行なわれる。炉外中継機構と燃料貯蔵槽との間の移送はキャスクカーによって行なわれる。

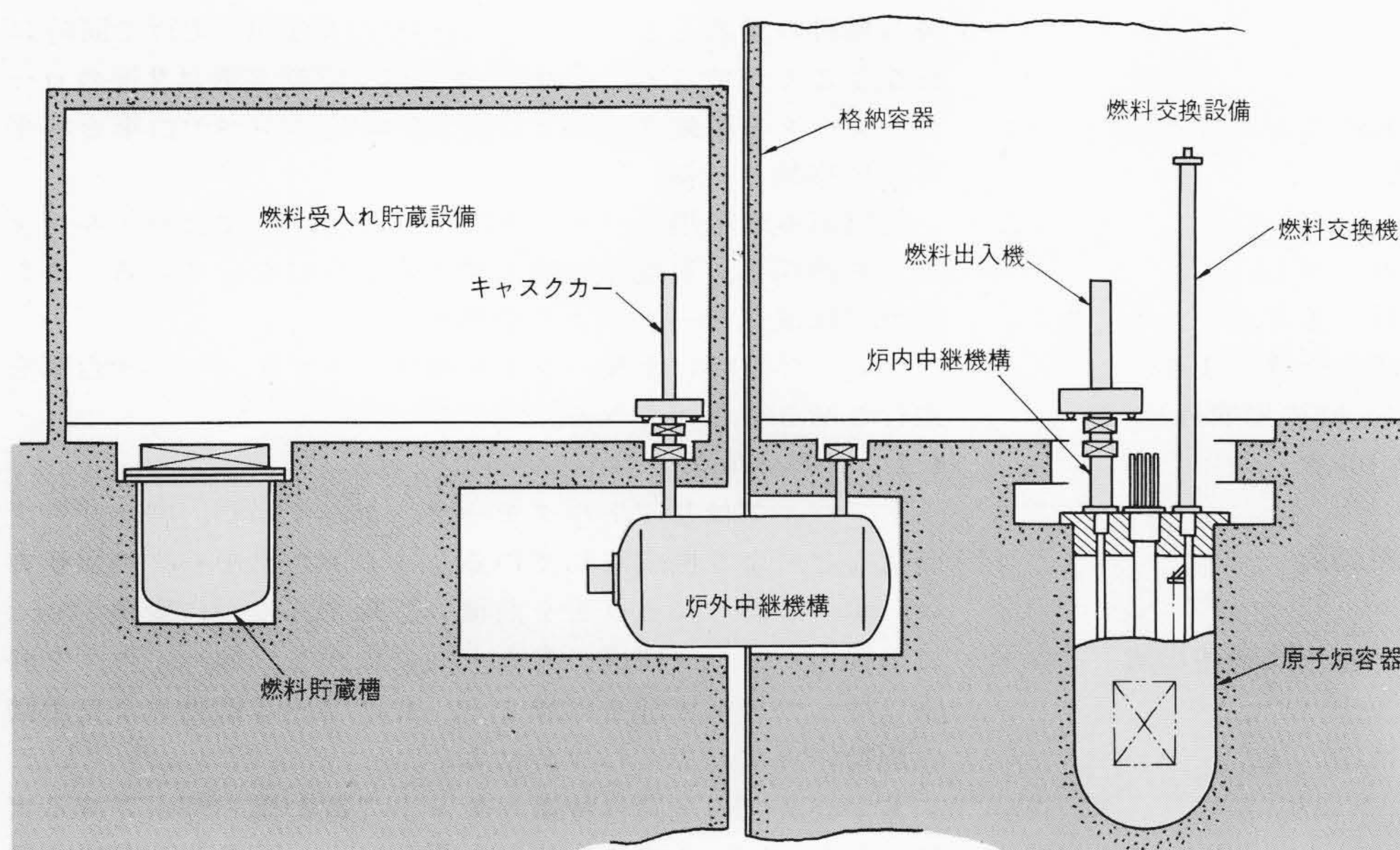


図1 燃料交換設備概略配置図

燃料交換機は、単回転プラグ固定アーム式である。また炉外中継機構は、格納容器を貫通して設置されている。

Fig. 1 Layout of Refueling Systems

*日立製作所日立工場

**日立製作所日立研究所

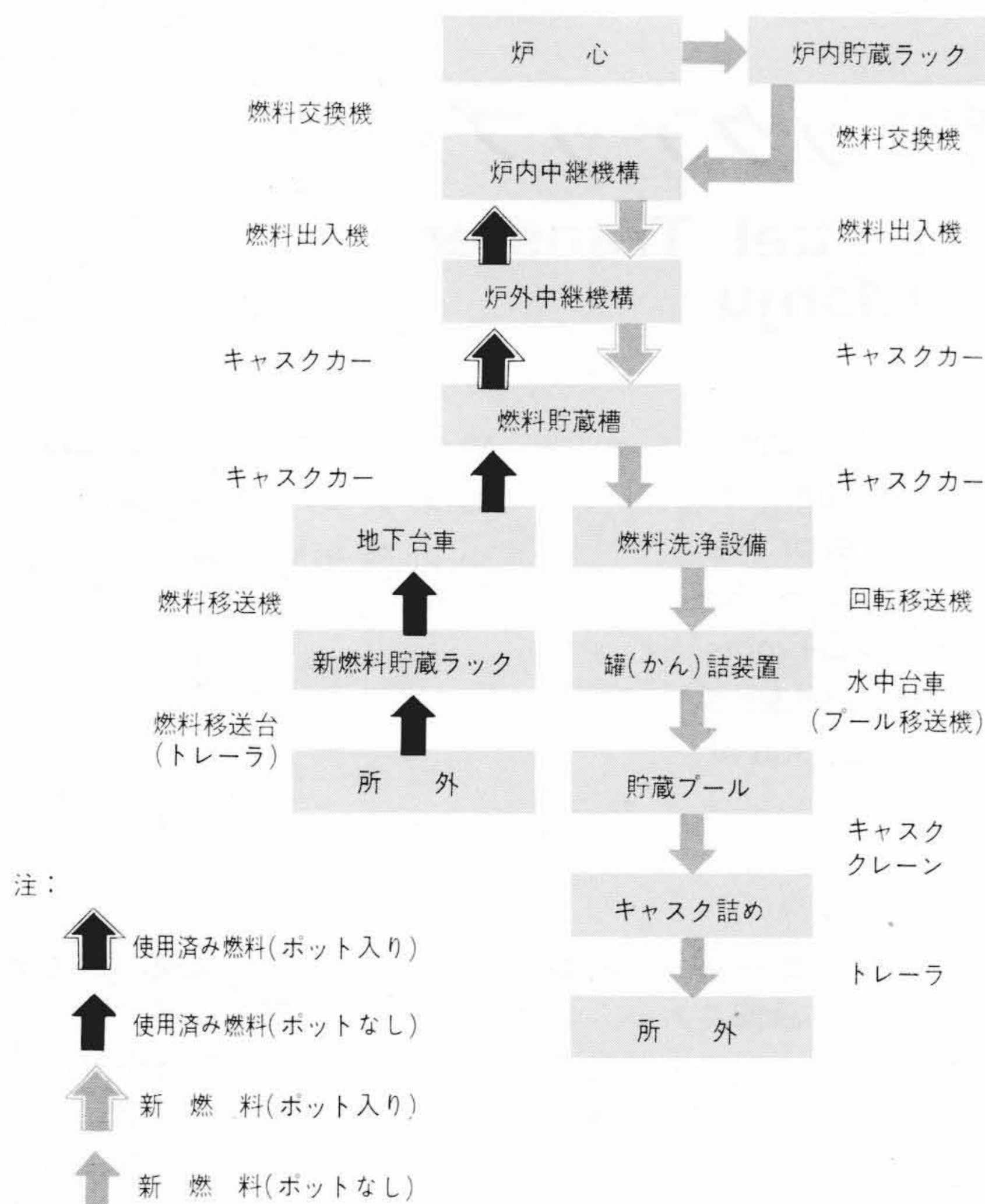


図2 燃料取扱標準シーケンス プラントに搬入された新燃料は、矢印の経路で炉内にそう入され、所定期間の燃焼後に再び矢印の経路を経て外部に搬出される。

Fig. 2 Standard Sequence of Refueling

格納容器境界部においては、アルゴンガスふんい気の炉外中継機構により格納容器内側の燃料出入機と、格納容器外側のキャスクカーとの間で新燃料の予熱または使用済み燃料の冷却状態を保持した燃料移送を行なう必要があり、この機能を満足する炉外中継機構を開発することになった。なお炉外中継機構モックアップについては、キャスクカー側の案内管およびドアバルブは燃料出入機側の案内管およびドアバルブと同一なので省略した。

3 主要仕様

本モックアップのおもな仕様は下記のとおりである。

- (1) 形式：トロリコンベヤ移送式
- (2) 設計圧力：1.0kg/cm²
- (3) 設計温度：300°C（ナトリウムループ）
- (4) 燃料集合体収納可能本数：新燃料 1本、
使用済み燃料 1本
- (5) 除熱容量（使用済み燃料炉外取出し時の崩壊熱）：
通常取出時 3kW、緊急取出時 10kW
- (6) 走行ストローク：6,050mm
- (7) 走行駆動方式：ローラチェーン駆動式
- (8) 走行速度：2m/min
- (9) 使用済み燃料冷却方式：アルゴンガス強制循環式
- (10) 新燃料予熱方式：電気ヒータ式
- (11) 操作方式：自動操作および手動操作

4 構造および機能

本モックアップの基本フロシートは図3に示すとおりである。おもな構成機器は炉外中継機構、ドアバルブおよびポッ

ト取扱装置などであり、その他ナトリウムループ、アルゴンガスおよび真空排気系装置などが設けられている。図4は、装置の外観を示すものである。ポット取扱装置は燃料出入機を、ナトリウムループのナトリウム容器は原子炉容器を模擬したものである。ナトリウム容器側から炉外中継機構側に燃料を移送する場合の基本動作は次のとおりである。

- (1) 燃料を収納した移送ポットをポット取扱装置のグリッパでつかみ、巻上げ機構の上端までつり上げポット取扱装置のドアバルブを閉じる。
- (2) ポット取扱装置を走行し、ナトリウム容器ドアバルブに接合し両方のドアバルブを開く。
- (3) ポット取扱装置の巻上げ機構で、移送ポットをナトリウム容器中にそう入する。
- (4) 移送ポットにナトリウムを充填したあと、巻上げ機構で移送ポットをポット取扱装置内につり上げ両方のドアバルブを閉じる。
- (5) ポット取扱装置を走行し、炉外中継機構ドアバルブに接合し、両方のドアバルブを開(あ)ける。
- (6) ポット取扱装置の巻上げ機構で移送ポットを炉外中継機構トロリコンベヤ台車に設けたバケット内に降ろす。
- (7) 移送ポットをグリッパからはずし、グリッパを巻き上げ、両方のドアバルブを閉じる。
- (8) 炉外中継機構のトロリコンベヤ駆動機構により、トロリコンベヤ台車を走行する。

炉外中継機構側からナトリウム容器側へ燃料を移送する場合は上記の逆の操作手順となる。

次に主要機器の構造および機能について述べる。

4.1 炉外中継機構

炉外中継機構は、中継容器、トロリコンベヤ台車およびその駆動装置、位置検出装置、走行レールなどから成っている。中継容器は内径5,200mmφの円筒横形容器で燃料集合体を収納した移送ポットを外気からしゃ断し、気密性を保つためのものである。内部はアルゴンガスで満たされ、アルゴンガス系設備により圧力制御される。

トロリコンベヤ台車にはそれぞれ使用済み燃料ポットおよび新燃料ポットを入れるバケットがあり、走行レール上を水平方向に往復走行する。2本のバケットにより新燃料と使用済み燃料の受渡しをトロリコンベヤ台車1回の走行で同時に行なうことができる。トロリコンベヤ駆動装置は2連のローラチェーンを駆動することによりトロリコンベヤ台車を水平方向に移動させる。

使用済み燃料用のバケット内には、ブロワによりアルゴンガスを循環し、崩壊熱が除去できるようになっている。また新燃料は電気ヒータにより予熱される。

なお、停電時は手動ハンドル操作でトロリコンベヤ台車を走行させることができる。

4.2 ドアバルブ

ドアバルブはリミトルクモータ、ボールねじ、弁、リンク機構などにより構成されている。リミトルクモータの回転力は、ボールねじにより弁を前後に移動する推力に変換される。この推力がリンク機構で弁を上向に動かし、弁パッキンを弁座に押しつけ気密部を形成する。弁の開閉は電動および手動の両操作いずれでも行なわれる。

ドアバルブの全開は位置リミットで電動機を停止させるポジションリミット法により、全閉はシート圧力を一定にするようにトルクリミットで電動機を停止させるトルクシート法により行なわれる。

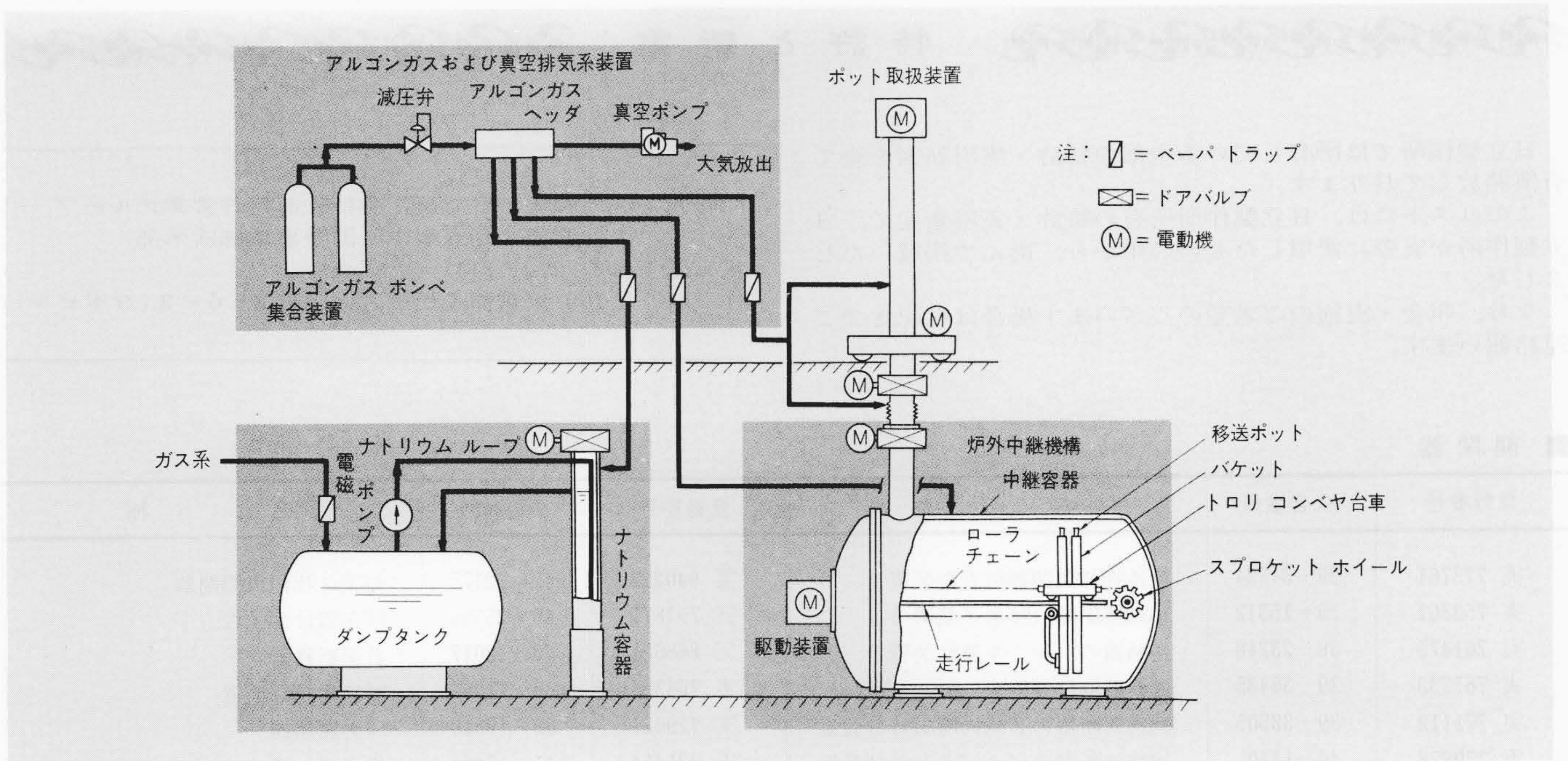


図3 炉外中継機構モックアップの基本フローシート ナトリウム容器は炉内の燃料貯蔵ラックを、ポット取扱装置は燃料出入機を模擬したものである。

Fig. 3 Basic Flow Sheet of Full Scale Mock-up

4.3 その他の設備

今回の試作開発の対象は前述の炉外中継機構とドアバルブであるが、それらの運転試験に必要な補助設備として次のものがある。

4.3.1 ポット取扱装置

ナトリウムループのナトリウム容器からナトリウムを満たした燃料移送ポットを炉外中継機構に運搬するものである。ポット取扱装置は走行台車、気密室、ドアバルブおよびポット巻上げ機構などにより構成され、実機キャスクカーの放射線しゃへい体を除外したものと同等である。

4.3.2 ナトリウムループ

ナトリウム容器、ダンプタンク、電磁ポンプ、弁類および配管などより成る。ナトリウム容器にためたナトリウムを、燃料移送ポットで汲み上げることにより、燃料移送ポットにナトリウムを供給するためのものである。

4.3.3 ガス系設備

真空ポンプ、アルゴンガスポンベ集合装置、アルゴンガスヘッダ、ベーパートラップ、配管および弁類などにより構成されている。ガス系設備は、ナトリウムループおよび中継容器内にアルゴンガスを供給するためのものである。アルゴンガスは、ナトリウムループのカバーガスおよび炉外中継機構内のふんい気ガスとして使用される。

5 結 言

以上、高速増殖炉原型炉「もんじゅ」用燃料交換設備の一つである炉外中継機構モックアップについてその概要を紹介した。今回製作したモックアップは、「もんじゅ」二次設計の段階で定められた仕様を満足するものであるが、今後「もんじゅ」の設計が進むにつれて、炉外中継機構への要求仕様が多少追加されることも予想される。したがって、今後本モックアップの運転試験を行なうにあたっては、それらの仕様追加をも考慮した試験を行ない、実機的设计製作に万全の体制を整えたいと考えている。

最後に本モックアップの設計製作に際して終始ご指導いただいた動力炉・核燃料開発事業団の北川、斉藤の両氏をはじめ、高速増殖炉開発担当の各位に深く謝意を表わす次第である。

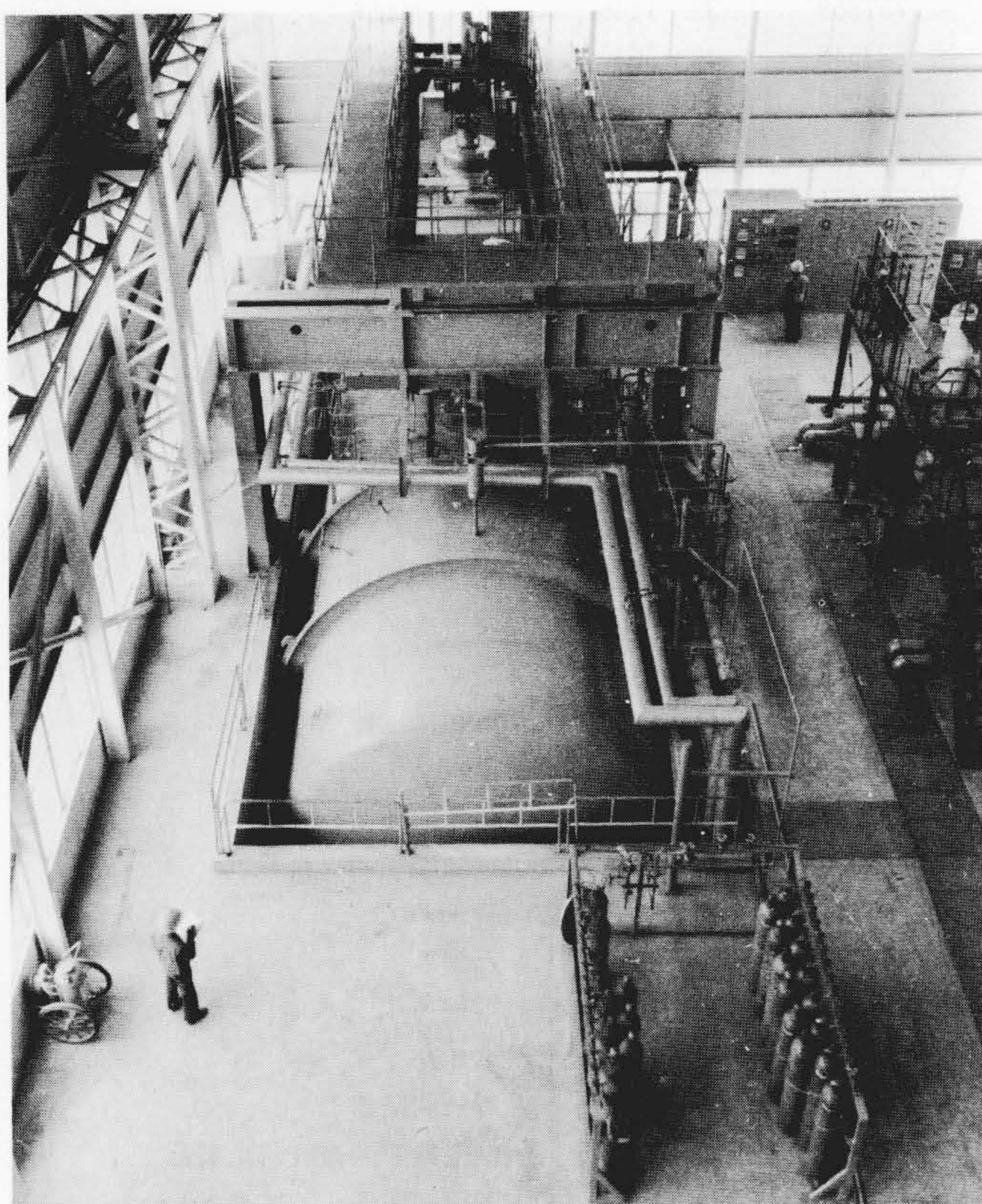


図4 炉外中継機構モックアップ 上部に見えるのはポット取扱装置、中央の容器は中継容器、手前はアルゴンガスポンベ集合装置である。

Fig. 4 General View of Full Scale Mock-up