

<概要>

高速増殖炉の燃料交換システムでは、炉心が透明でない液体ナトリウムに浸かっており、ナトリウム液面は水分との化学反応を防止するため不活性カバーガスで覆われているなどの理由で、燃料の取り扱いを遠隔操作で行うという特別な技術が要求される。燃料交換システムは燃料交換機、燃料出入機、回転プラグによって構成される。燃料交換機は、原子炉容器内に装荷されている燃料集合体等を所定の位置へ移動させる機能を持ち、燃料出入機は、新燃料を原子炉容器内へ移送及び使用済燃料を炉外へ搬出するために使用する。使用済燃料はナトリウムが付着しているので洗浄したのち使用済燃料貯蔵プールに貯蔵保管される。

<更新年月>

1996年03月

<本文>

高速増殖炉の燃料交換システムは、燃料交換の際、新燃料を炉心の所定の位置に装荷し、また使用済燃料を掴み、引き上げ、移送して使用済燃料貯蔵プールに貯蔵する一連の燃料取扱用の機器を指す。使用済燃料は、燃料集合体に付着したナトリウムを窒素ガスでブローダウンして払拭した後、窒素混入水蒸気で洗い、さらに水で洗浄して貯蔵される。

燃料交換システムで、軽水炉と異なる点は、液体ナトリウムが不透明で、かつ、空気中の水分と化学的に反応するので、軽水炉の燃料交換作業のように原子炉容器の蓋を取り外して大気中に開放しカナルを移送してプールに貯蔵するといった方式を採用できない。このため高速増殖炉では、燃料交換に当たって、密閉された雰囲気中で遠隔操作によって行わねばならないことである。また、燃料集合体は出力密度が高いため、残留熱も大きいので、移送中でも不活性ガスによる除熱が必要となる。

図1に高速増殖原型炉「もんじゅ」の燃料集合体の取扱設備と貯蔵設備の外観を示す。また、図2に「もんじゅ」の燃料集合体の移送経路全体を示す。図3に原子炉内での燃料交換と移送を示す。これらの移送設備はすべて遠隔操作で行われるので精密な機械工作精度が要求され、また操作は自動化されているので高度な電子制御技術によって裏付けされている。

以下に燃料集合体の炉心の装荷、炉心からの装脱を行うための回転プラグを用いた燃料交換機の炉心への位置決め作業や炉外への移送、貯蔵までの経路についてそのシステムを説明する。

1. 燃料交換機グリッパーの燃料集合体への位置決め

新燃料を炉心に装荷する場合、また逆に使用済燃料を炉心から取り出す場合にまず必要なのは、所定の位置の燃料集合体に燃料交換機グリッパーを正確に位置決めすることである。この位置決めには回転プラグと燃料交換機との組み合わせで行われる。

1) 二重回転プラグ方式

二重回転プラグ方式は、原子炉容器上部の放射線遮蔽蓋の役割を持つ回転プラグが大回転プラグと小回転プラグの二つで構成され、回転軸を偏心させておくと、夫々の回転角度の組み合わせで小回転プラグ上に搭載させた燃料交換機グリッパーを炉心上の任意の位置に移動させることができる。高速実験炉「常陽」とフランスのスーパーフェニックスはこの二重回転プラグ方式を採用している。

2) 単回転プラグ固定アーム方式

単回転プラグ固定アーム方式の場合は、プラグ上の搭載された燃料交換機の固定アームが回転できるようになっているので、両者の回転角度の組み合わせで同様に炉心位置を選択できる。

2. 燃料集合体炉外移送方式

使用済燃料集合体を炉内から炉外へ運び出す場合に、一度炉外燃料貯蔵槽へ収納する。この場合の燃料集合体の移送には台車方式と斜シュート方式がある。

1) 台車方式

「もんじゅ」が採用した方式で、使用済燃料集合体は一端移送のための中継ポットに納められ、燃料出入機によって炉外に引き揚げられ、燃料出入機によって移動し炉外燃料貯蔵槽に吊り下ろされる方式である（[図3](#)参照）。

2) 斜シュート方式

炉心及び炉外燃料貯蔵槽内に夫々傾斜した燃料集合体中継ポットが移送用シュートとして設けられている。この場合、斜めに引き揚げられた燃料集合体を一度、燃料出入機で受けて運ぶ斜シュート移送セル方式と、[図4](#)に示すスーパーフェニックスが採用しているようなA型フレームスウィング方式とって、燃料出入機を使わず直接スウィングさせる方式がある。

3. 炉外移送

燃料集合体を炉外に移送する方式には幾つかあるが、いずれにせよ炉外燃料貯蔵槽に一旦使用済燃料は貯蔵され、残留崩壊熱が低下するまで仮置され、冷却される。使用済燃料は所定の冷却期間を経て、使用済燃料貯蔵プールに移送され、貯蔵される。

4. 貯蔵前洗浄

使用済燃料貯蔵プールに長期貯蔵する前には、使用済燃料集合体に付着しているナトリウムを洗浄しておく必要がある。初期洗浄は窒素ガス雰囲気中で窒素ガスでブローダウンして払拭した後、窒素混入水蒸気で行い、最終洗浄は水で行う。

5. 使用済燃料貯蔵プール

洗浄された使用済燃料は使用済燃料貯蔵プール内の所定の位置に置かれ、[再処理](#)のために搬出されるまで同所で貯蔵される。貯蔵プール内での燃料集合体の間隔は[臨界](#)にならないよう、厳しく定められている。また、核物質管理上も厳しい管理下に置かれる。

<関連タイトル>

[高速増殖炉のプラント構成 \(03-01-02-02\)](#)

[高速増殖炉の構造設計 \(03-01-02-05\)](#)

[高速増殖炉の燃料集合体 \(03-01-02-13\)](#)

<参考文献>

- (1) 動力炉・核燃料開発事業団 動力炉開発部門編：動き出した高速増殖原型炉 -もんじゅ-その歩みと今後の展開，原子力工業，Vol.40，No.6（1994）
 - (2) 中西征二：高速増殖炉工学基礎講座 システム（その1），原子力工業，Vol.36，No.10（1990）
 - (3) 基礎高速炉工学編集委員会（編）：基礎高速炉工学、日刊工業新聞社（1993年10月）
 - (4) 科学技術庁、（財）原子力安全安全研究協会（編）：高速増殖炉「もんじゅ」のしくみと安全性
 - (5) G.Vendryes：Les Sugrénérateurs，P64，Presses Universitaires de France，2362（1987）
-

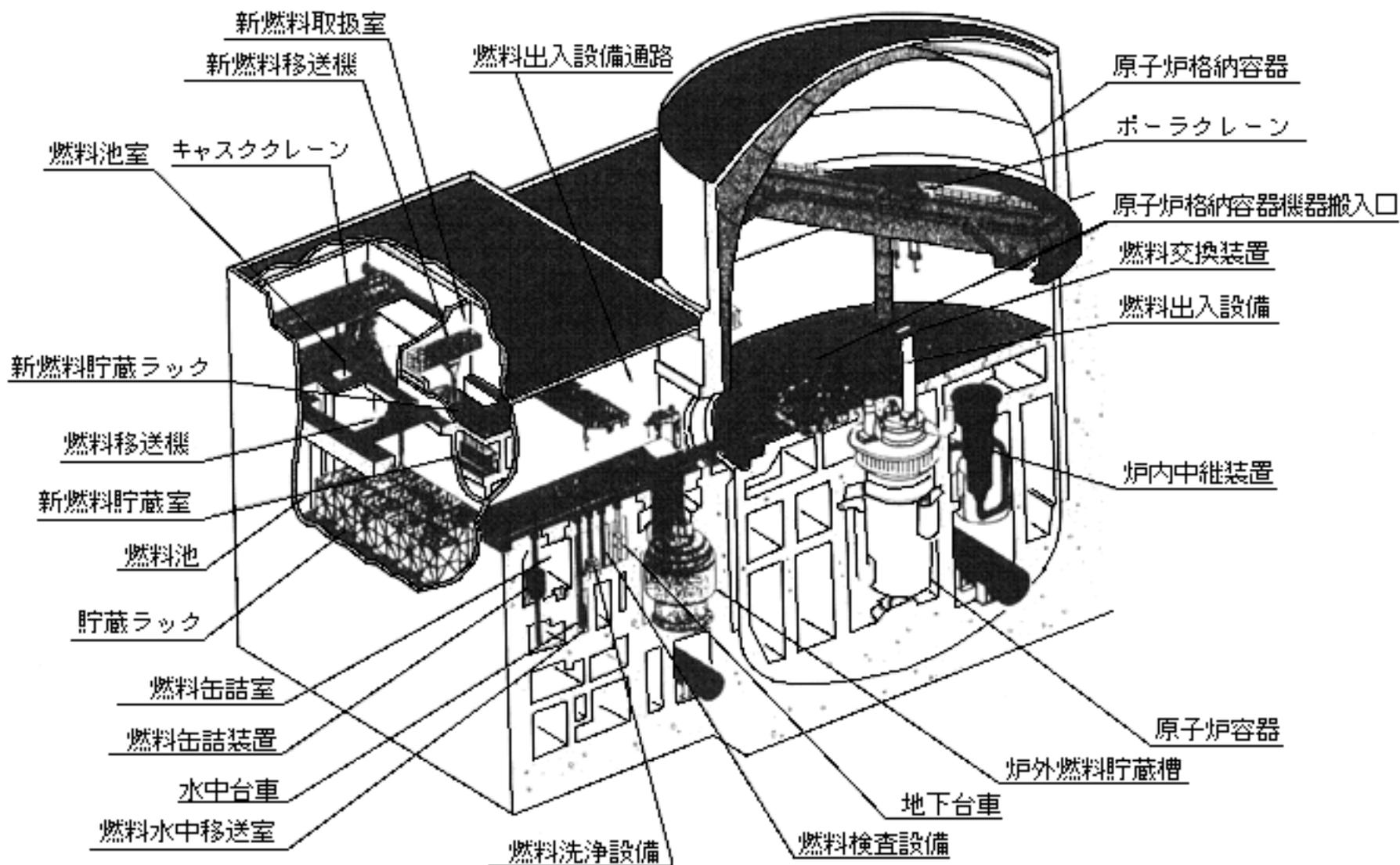


図1 燃料取扱と燃料貯蔵の設備説明図

[出典] 動力炉・核燃料開発事業団：高速増殖炉もんじゅ発電所設置許可申請書、
 昭和55年12月

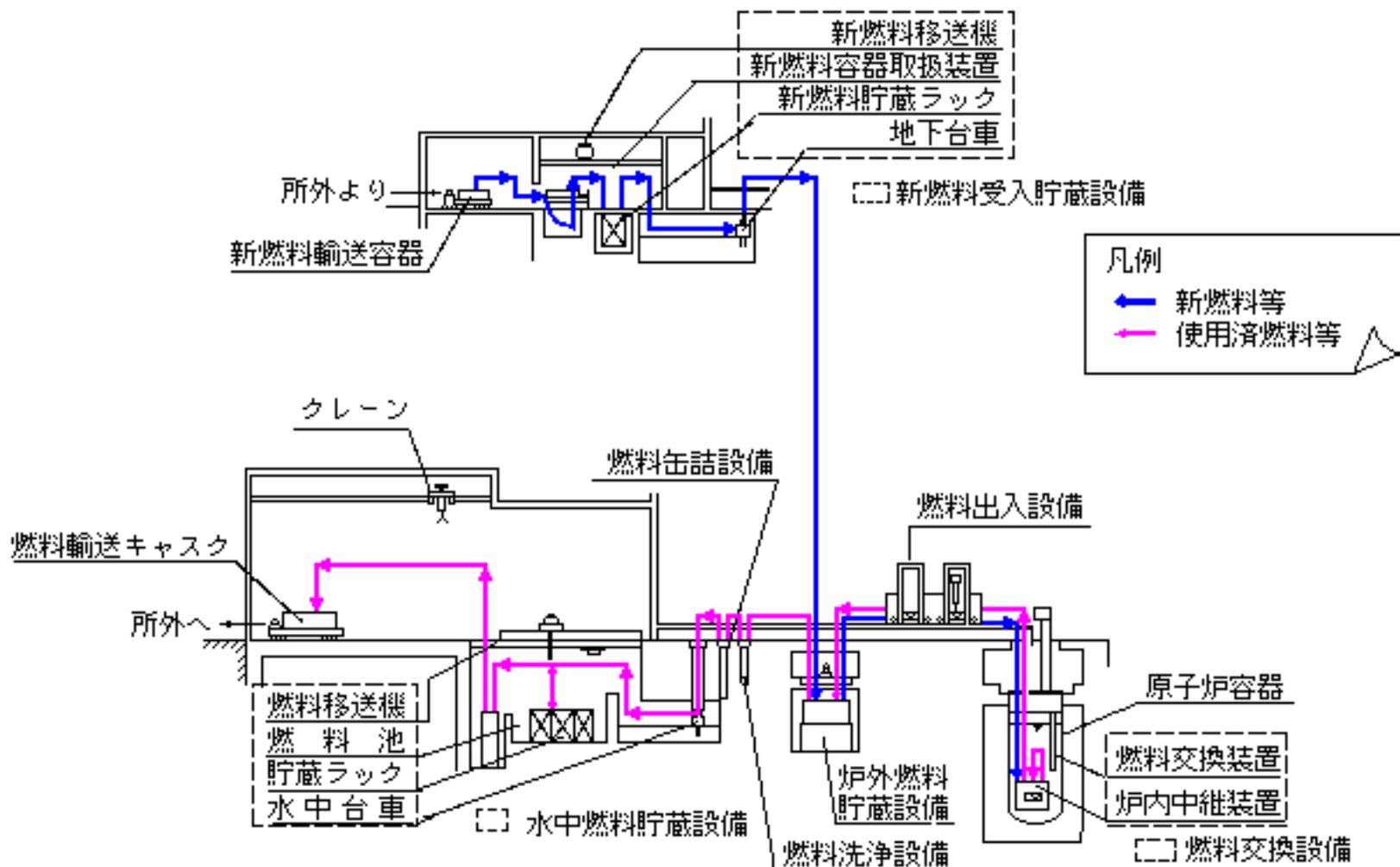


図2 燃料移送経路全体説明図

〔出典〕動力炉・核燃料開発事業団高速増殖炉もんじゅ建設所：高速増殖原型炉もんじゅー設計・建設・試運転の軌跡一、1994年7月

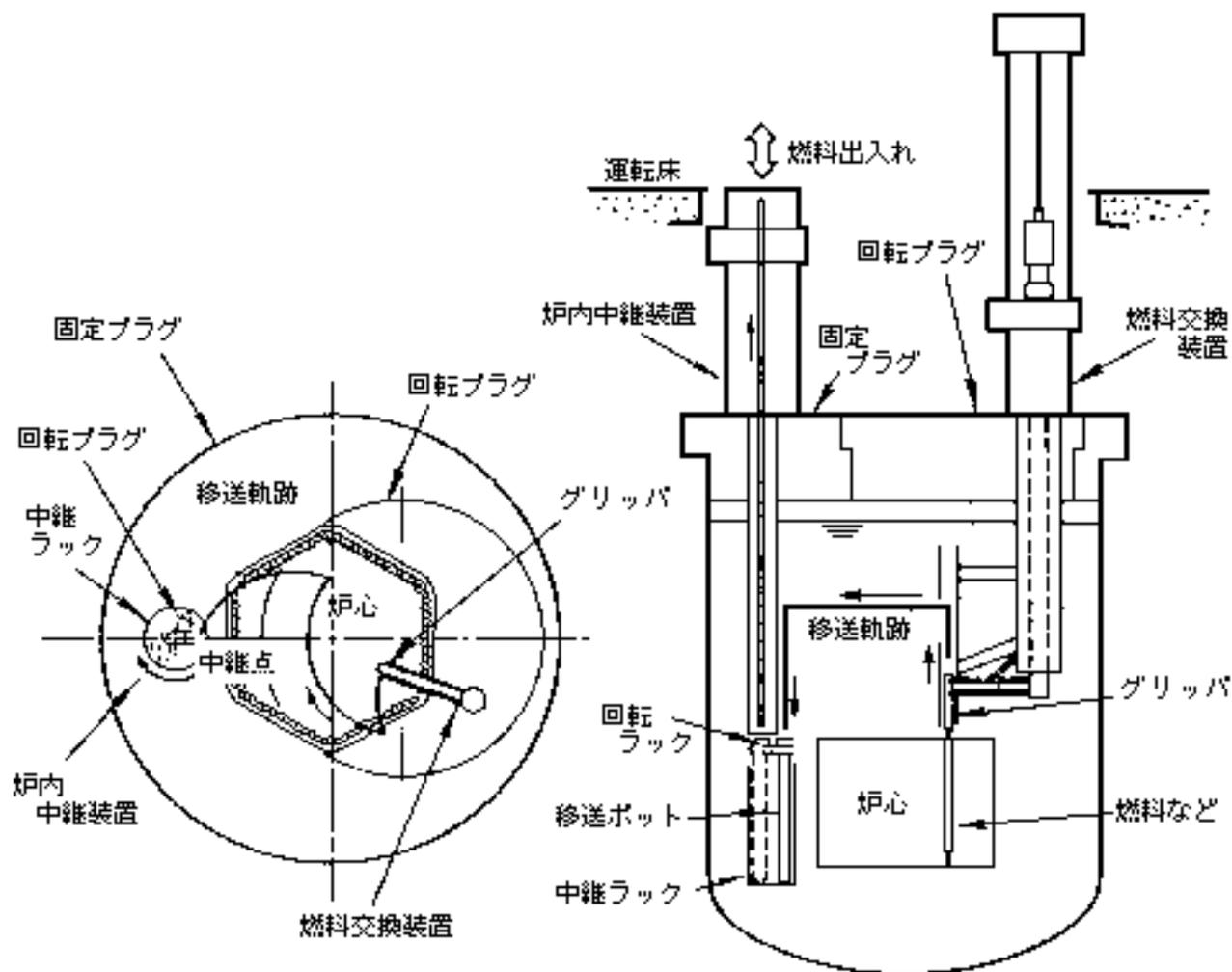


図3 原子炉内での燃料交換と移送

[出典] 山崖佳昭ほか：高速増殖炉もんじゅ発電所の原子炉上部機器、東芝レビュー、Vol.45, No7(1990)

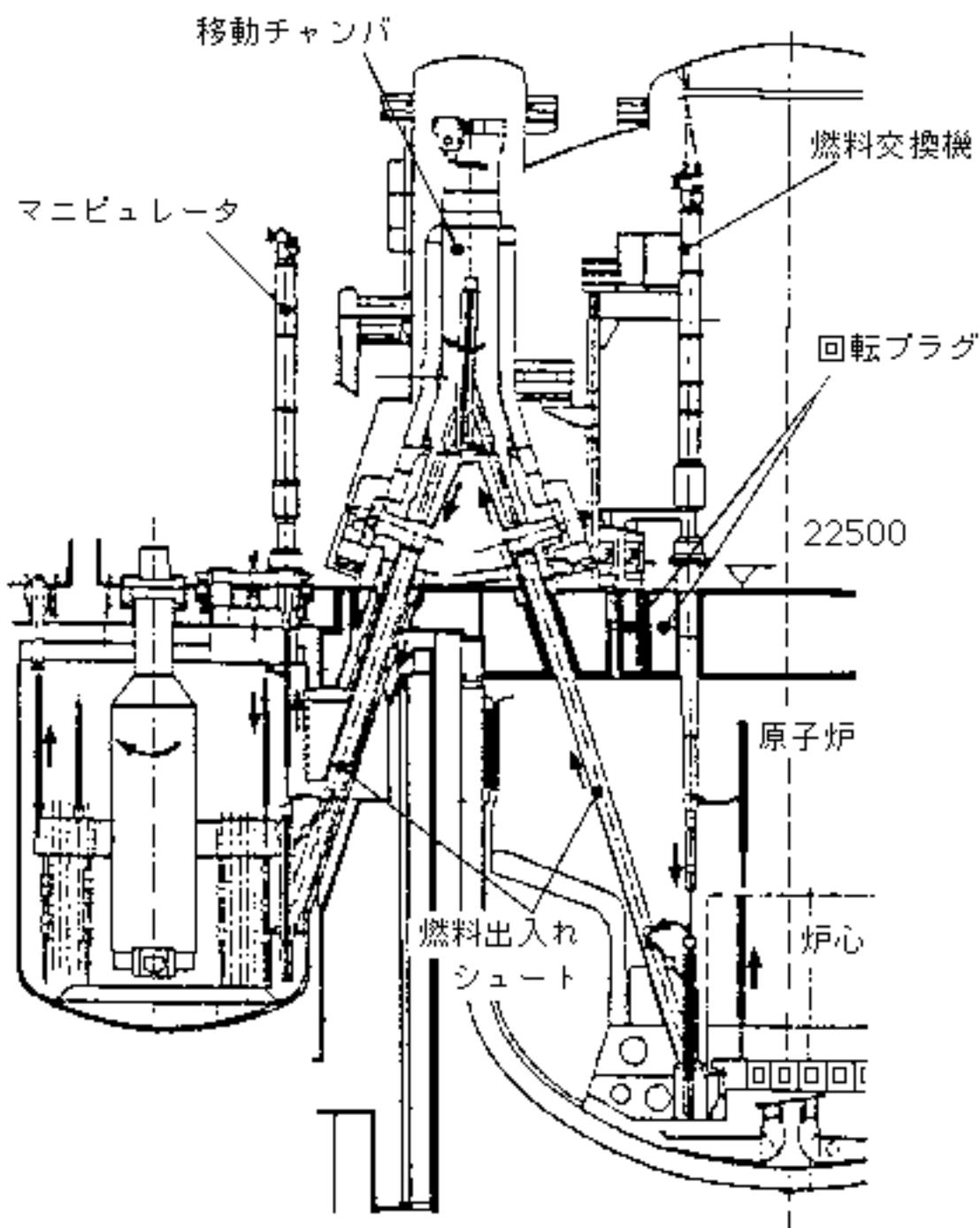


図4 スーパーフェニックスの燃料交換装置

[出典] 動力炉・核燃料開発事業団:高速増殖炉研究開発の現状-平成元年、1989年