

# 高速増殖原型炉「もんじゅ」の 炉内中継機構の研究開発

北川晴也 \* 飯田精一 \*\*

## 1. 緒言

高速増殖炉の燃料交換方式は大きく分けて、ホットセル方式とアンダーサブラグ方式がある。

ホットセル方式は原子炉容器の上に燃料を取扱うための大きな部屋（セル）を設け、交換のさいに容器の蓋を取外しセルの直上から交換機を挿入し目視しながら燃料交換を行う方法である。本方式の利点は上記したごとく、交換中燃料を直接目視することが可能である事だが、その反面この上部に設けられたセル内の強度の放射能およびナトリウム蒸着に対する対策について考慮せねばならないという不利な面をともなう。

一方、アンダーサブラグ方式は原子炉容器上部の蓋を水平方向に回転させるかまたはこの蓋に取付けられた燃料交換機の回転によって炉内の燃料のいかなる位置にも到達出来、燃料交換が可能なる方法である。この方法はナトリウム蒸気および放射能に関する問題は軽減されるが、交換作業を直接目視することは出来ない。

世界の高速増殖炉ではその多くがこのアンダーサブラグ方式を採用しており、ホットセル方式を採用したのはGE社の建設および運転によるSEFORのみである。

わが国の高速炉においても実験炉「常陽」および原型炉「もんじゅ」共にアンダーサブラグ方式を採用した。

このアンダーサブラグ方式において、新燃料と使用済燃料の移送は、これらそれぞれの移送ルートを持つことにより独立に取扱いが出来ることが燃料交換時間の短縮に繋がることはい

までもない。

しかし炉容器内のスペース、炉容器の蓋（プラグ）上の面積および格納容器内のスペースの制限および建設価格などの面から、普通これら新燃料および使用済燃料の移送は1つのルートで共用する。この場合、交換時間の短縮をはかるため、「もんじゅ」の設計では炉容器内に新燃料と使用済燃料各1ヶのポットを設け、この2ヶのポットを炉内で180度回転することにより出入機と交換機の待機する時間を短縮させる方式を採用した。

「もんじゅ」では炉外からこの炉内で回転させる装置すなわち炉内中継機構を挿入するためさらにそのプラグ上の面積を小さくする目的から炉外で折りたたんでいる装置を炉内で開き、次いで新燃料と使用済燃料がそれぞれ出入機および交換機からポットに挿入された後、水平に180度回転するという方式を考案した。

炉内においてこのような作動を確認するため昭和46年度より炉内中継機構を製作し、大気中における試験を行い、昭和48年度にナトリウム中試験を完了した。さらに昭和49年度に材料試験を行った。これらの結果を以下に報告する。

## 2. 炉内中継機構のモックアップ試験体および同試験装置の製作

### 2.1 炉内中継機構モックアップ試験体の製作

本機の製作は三菱原子力工業(株)と(株)日立製作所が行った。以下それぞれ三菱試験体および日立試験体と呼ぶことにする。

三菱試験体は図1にその下部を示したが、炉外では下部のポットを入れる部分ラックが垂直

\* 動力炉・核燃料開発事業団高速増殖炉開発本部

\*\* 動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター



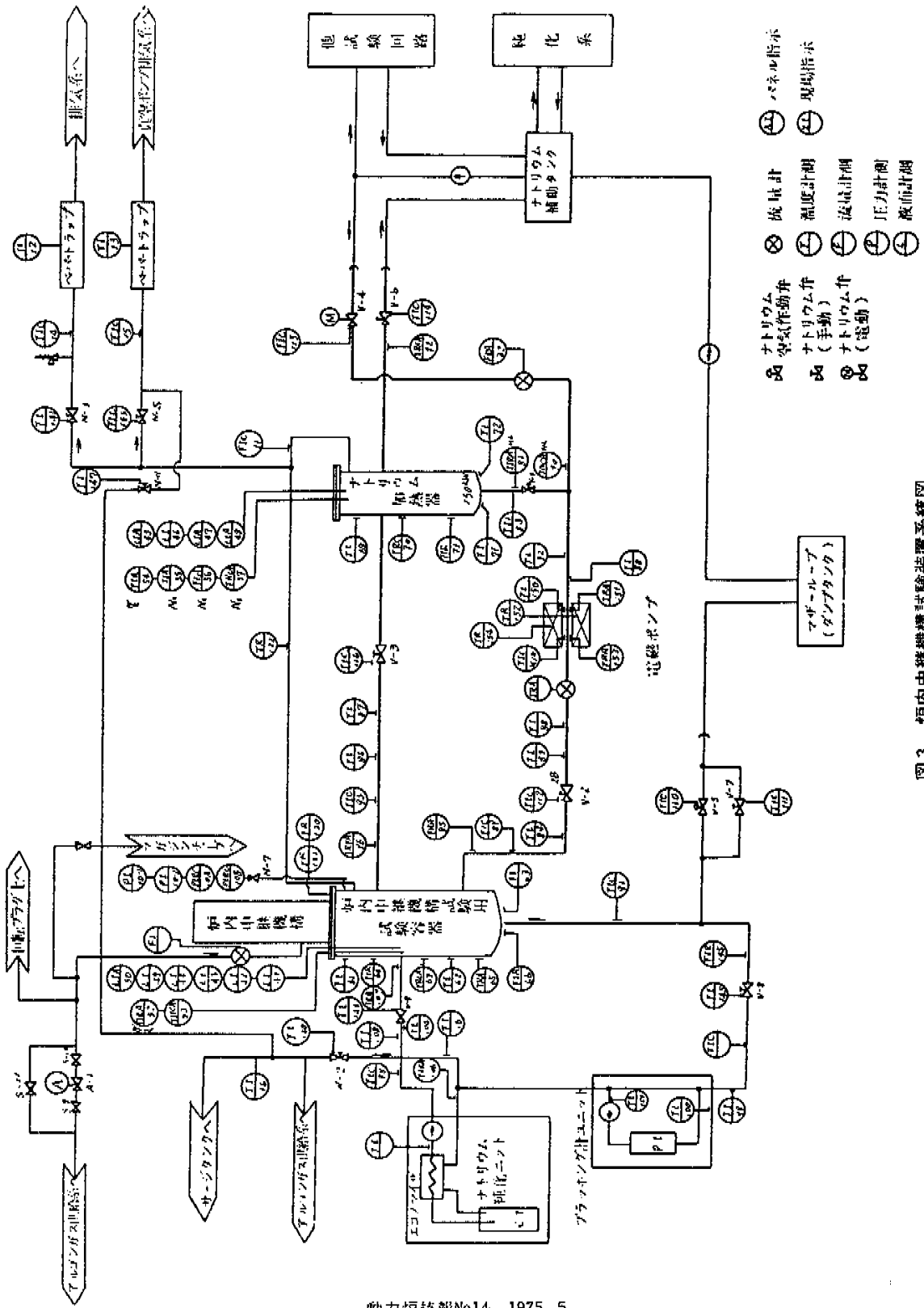


図3 炉内中継機構試験装置系統図

方向に折りたたまれており、炉内に挿入後これを水平方向に開く機構となっている。

一方、日立試験体は図2に示すごとく炉外では2つの軸に取付けられたおのおのラックの部分に2枚重ね合せたままになっており、炉内に挿入後それらの内の1つが180度水平方向にひらく機構となっている。したがって炉内においては2つのラックがそれぞれの回転軸に取り付けられて回転する。

なお、両社に共通する実機の荷重に等しく、ただし縮小した寸法のポットを2個製作し、試験に供した。

### 2.2 炉内中継機構モックアップ試験装置

本装置は当初高速実験炉「常陽」の燃料交換機および出入機モックアップの研究開発を行うために設けられたが、この試験終了後、試験容器の取り替え、およびその周囲の配管などを改造し、高速原型炉「もんじゅ」の燃料交換機パンタグラフ機構の部分モックアップの開発試験に供したものである。さらに当初使用した試験容器を若干改造し再使用し本試験設備に転用した。なお、本試験設備の製作改造は富士電機製造㈱が担当した。本装置の系統は図3に示すごとくである。

## 3. 炉内中継機構モックアップの試験

試験は昭和48年6月より第1回は三菱原子力工業㈱の試験体を用い、第2回は㈱日立製作所製のそれを用いて行った。

### 3.1 試験条件

上記燃料中継機構試験設備のループを250°±50°Cに予熱し、次いで280°Cとナトリウムをチャージした。チャージ時のプラグング温度は204°Cであった。その後純化運転により試験開始時のループ状態は以下の通りである。

試験容器ナトリウム温度	約280°C
ナトリウム流量	約100ℓ/分
ナトリウム中酸素濃度	10ppm
容器内カバーガス圧力	110mmAqAr

### 3.2 ナトリウム中試験

試験は単体試験と組み合わせ繰り返し試験に分けて行われた。

#### 3.2.1 機器単体試験

単体試験は組合せ試験を行う準備段階として「もんじゅ」実機と同様のナトリウム雰囲気中における各機器の単体についての機能を確認するために以下5項目の試験について行った。(ただし日立試験体のみ)

- (1) 本体ドアバルブの作動試験
- (2) 取扱装置ドアバルブの作動試験
- (3) 試験体の作動試験
- (4) 試験体の着脱試験
- (5) 模擬ポットの着脱試験

#### 3.2.2 組合せ繰り返し試験

##### (1) 試験モードI

本試験は主として試験体の着脱に関するものであり、試験体取扱装置を本体ドアバルブ上に取り付けられた状態で、中継機構本体および試験体取扱装置を用いて図4および5に示すような試験サイクル(本体および取扱装置ドアバルブの開閉、試験体の着脱そしてトランスファラックの回転、トランスファラックのセッティング)を繰り返して合計130回行った。

##### (2) 試験モードII

本試験は主として試験体のトランスファラックの回転と模擬ポットの着脱に関するものであり、ポット取扱装置を本体ドアバルブ上に据え付けた状態で中継機構本体およびポット取扱装置を用いて図6、7に示すような試験サイクル(本体および取扱装置ドアバルブの開閉、模擬ポットの着脱およびトランスファラックの回転)を繰り返して合計10回、ただし模擬ポットを装着したラックの回転は合計1000回行った。

## 4. 試験結果と検討

### 4.1 機器単体試験

#### (1) 試験体ドアバルブおよび取扱装置ドアバルブの作動試験

ドアバルブの開閉を10回行い、モータの入力電圧、駆動電流、入力電力および駆動トルクの測定を行い、その結果を図8、図9に示す。試験体ドアバルブは試験開始当初の駆動電流に多少バラツキがあったが、以後はほぼ一定となった。取扱装置ドアバルブの駆動電流

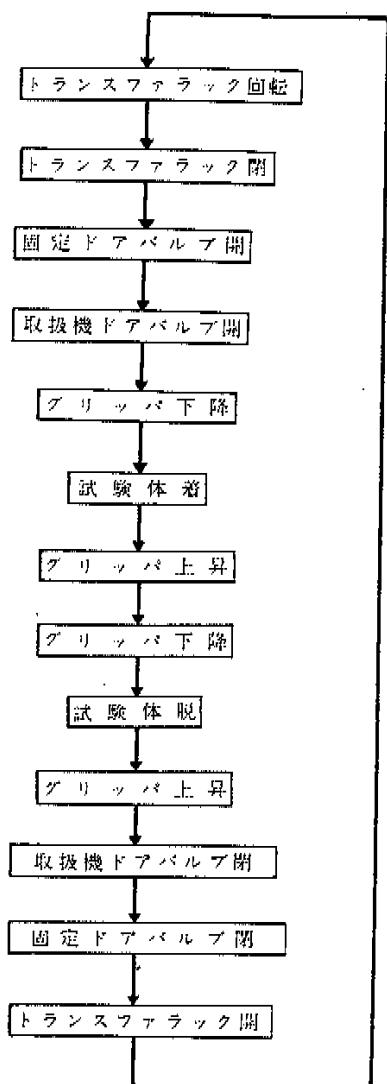


図4 三菱試験体による試験モードI

は試験開始当初よりほぼ一定であった。

(2) 試験体の作動試験

(1)のドアバルブの作動試験と同様、モータの入力電圧、駆動電流、入力電力および駆動トルクの測定を行い、その結果を図10に示す。駆動トルクのラック回転の方向による差は7回以後はほとんど安定した。なお、本試験ではポットを負荷していない。

(3) 試験体の着脱試験

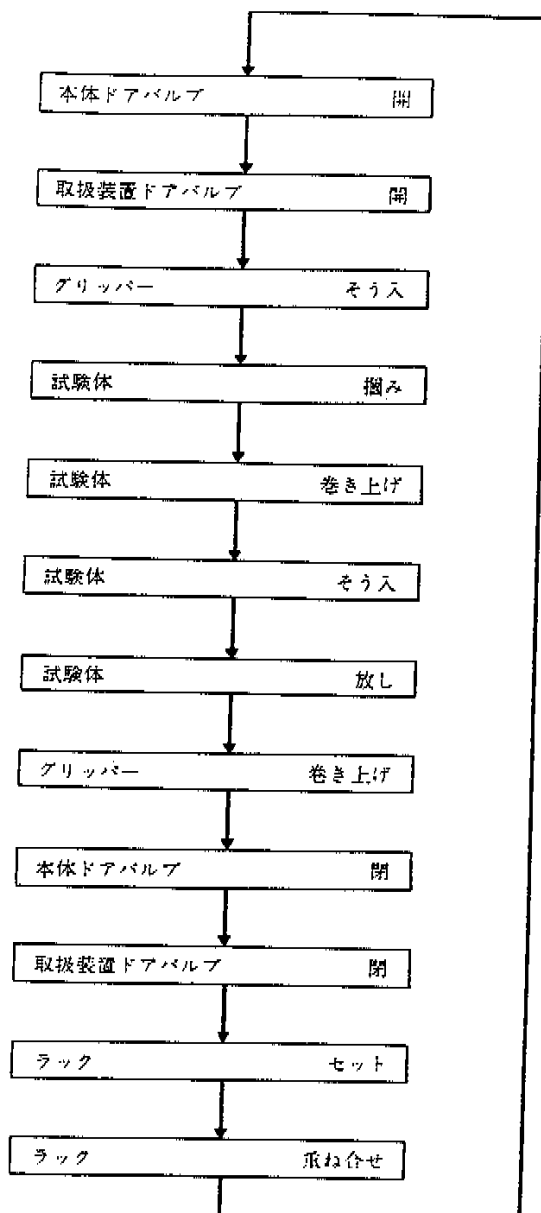


図5 日立試験体による試験モードI

本試験はグリッパのみの昇降、試験体をつけた状態および試験体の掴み放しの状態と3種類前2者については各10回、後者については7回行った。これらの駆動トルク、所要時間、入力電力、電流および電圧の測定した。この内試験体の掴み放しの試験結果を図11に示す。

(4) 模擬ポットの着脱試験

本試験はグリッパのみの昇降、ポットをつけた状態の昇降およびポットの掴み放しの状態

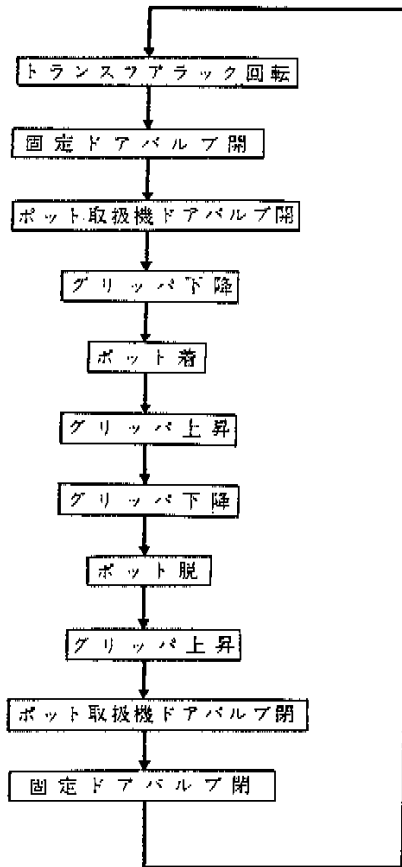


図6 三菱試験体による試験モードII

と3種類、各10回行った。これらの結果の内ポットの掴み放しの結果を図12に示すが電流などの変化はほとんどなかった。

この試験の途中においてグリッパーに取り付けてあったワイヤーロープ旋回装置が作動不良を起し、その結果グリッパーの爪の開閉が不可能となったため試験を一時中止した。

その後、ワイヤーロープ旋回装置の取り付け位置をグリッパーが挿入完了の位置にあるときにもナトリウム液面よりも上方に位置するように改造して再試験を行った。改造後の旋回装置の作動は良好であった。

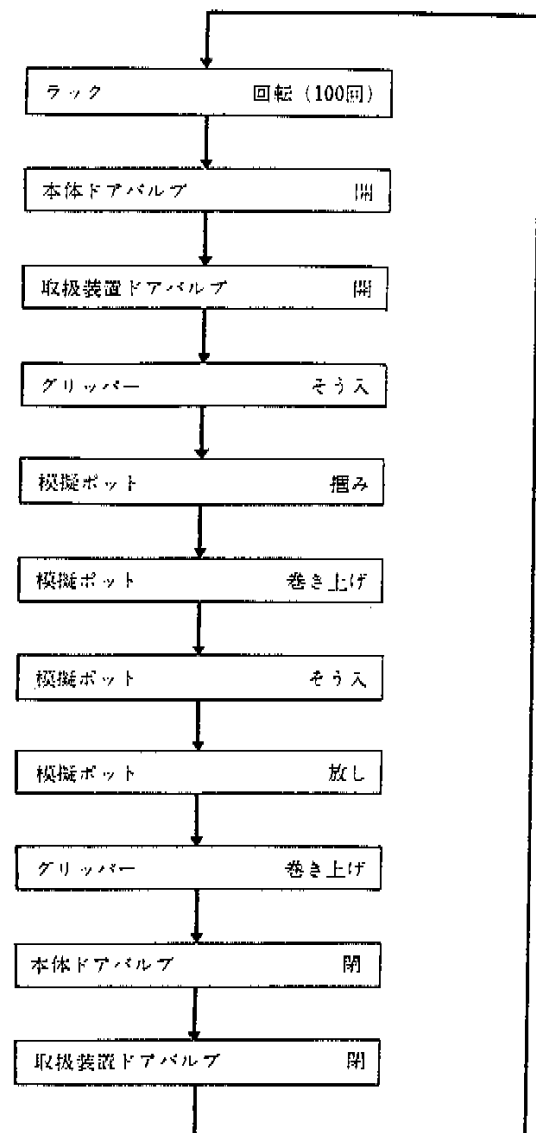


図7 日立試験体による試験モードII

#### 4.2 組み合せ繰り返し試験

##### 4.2.1 試験モードI

###### (1) 三菱試験体による試験

図4に示すような試験モードを用いて行った試験の結果を表1、2、3、4、5、6、および7に示す。

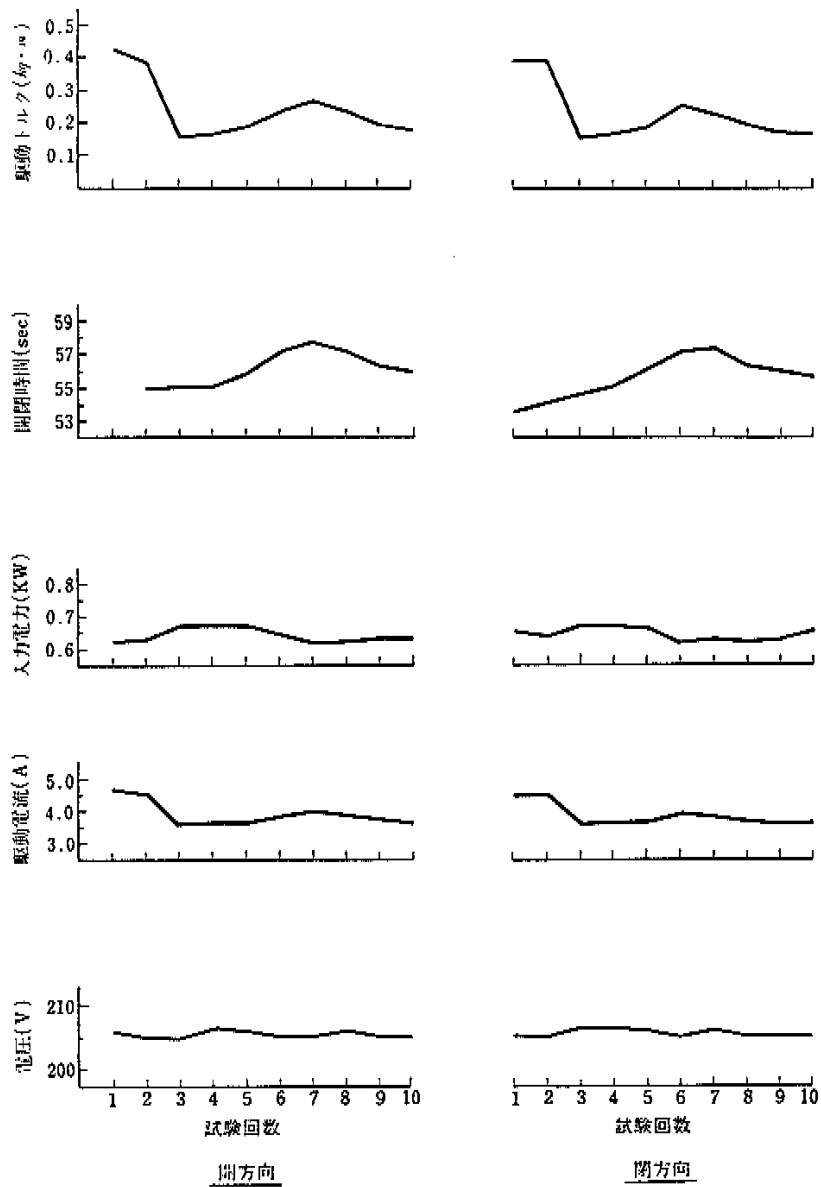


図8 本体ドアバルブの作動試験結果

ラック回転試験においては、試験開始当初の抗力は増加し、所要時間がやや長かったが、以後はほぼ平均化している。駆動電流の変化はほとんどなかった。

ラック開閉試験においては、駆動電流および所要時間も3回目に高い値を示しているが、その時のブラシング温度が200℃以上であったことからナトリウム中の不純物の影響か、あるいは駆動系の不具合によるものか明らかではない。

ドアバルブ開閉試験においては、駆動トルクは平均すると、試験体取扱装置ドアバルブ開で40～50kg-cm、閉で30～40kg-cm、固定ドアバルブ開で70～75kg-cm、閉で50～70kg-cmである。

グリッパー昇降試験においては、負荷時および無負荷時も試験回数が増すごとに駆動電流および所要時間はやや減少する傾向があった。

(2) 日立試験体による試験

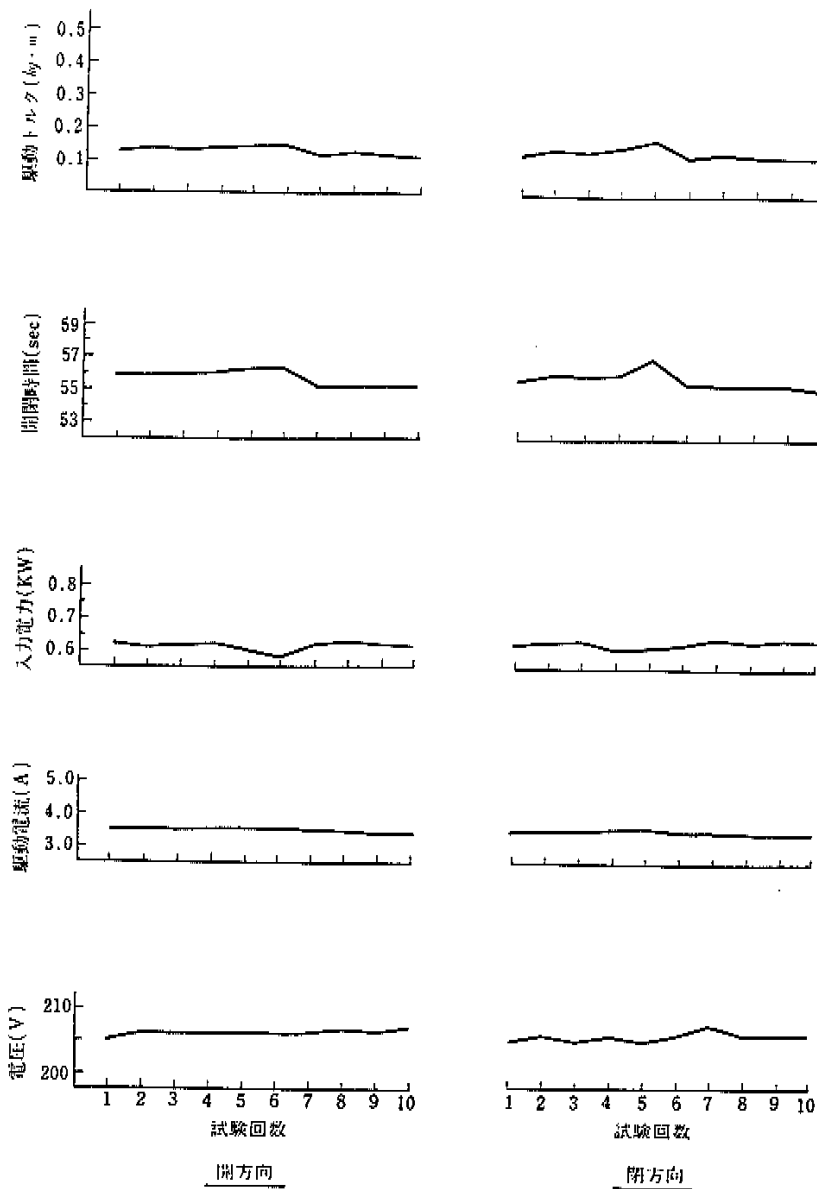


図9 取扱装置下アバルブの作動試験結果

図5に示すような試験モードを用いて行った試験結果を図13、14、15、16、17、および18、に示す。

ラックの回転試験においては試験回数60回ごろまでは駆動トルクの変動は少なかったが、以後変動が見られた。これは電圧変化によると思われる。ラックの回転方向による差はほとんど見られない。またラックの重ね合せについてもなんら異常は見られなかった。

試験体の着脱試験においては負荷時および無負荷時とも単体試験結果とほとんど同様であった。

#### 4.2.2 試験モードII

##### (1) 三菱試験体による試験

図6に示すような試験モードを用いて行った試験結果を表8、9、10、に示す。

ラック回転試験においてはポット負荷時も無負荷時同様、抗力は逆転時にやや高い値を示し

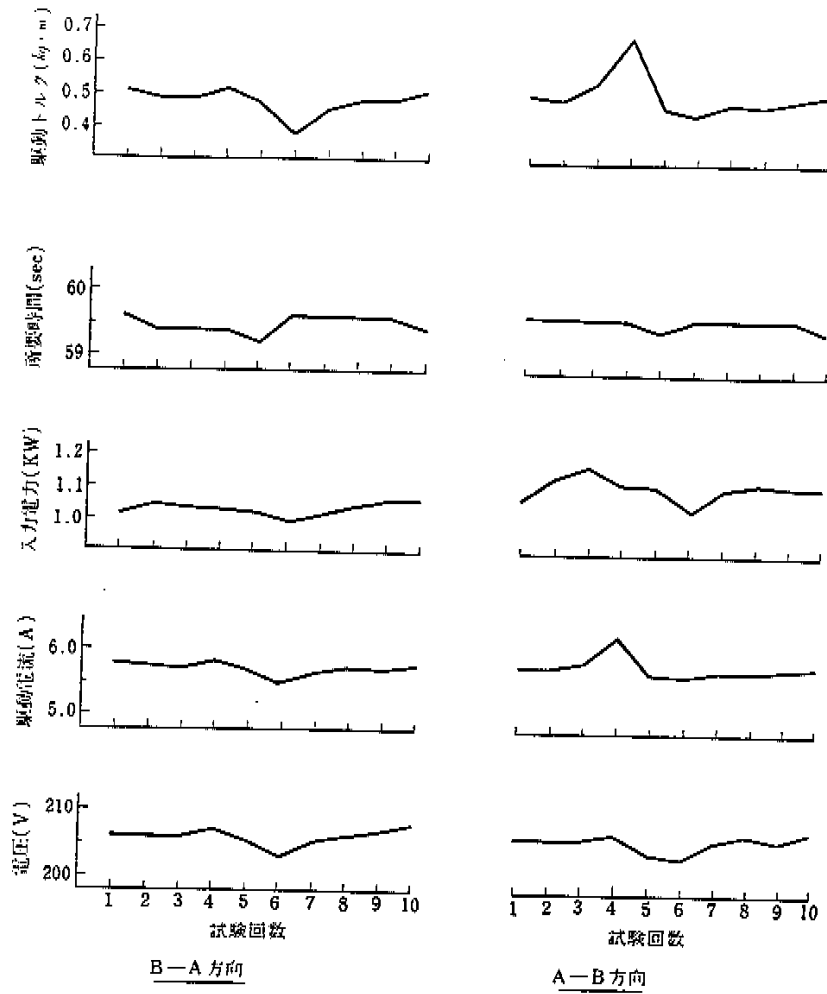


図10 試験体の作動試験結果 (負荷時のラックの回転)

た。これはブッシュ内面の摩耗状況から判断してスリーブとの摺動の差によるものと思われる。

しかし、1000回以上の作動試験において、振動、異音等の発生はまったく無く、正常に作動した。

ポット着脱試験においては、その準備段階でグリップ付着ナトリウムが酸化し、凝固したため、グリップが作動不良となったが、点検、補修後は順調に作動した。

ドアバルブ開閉試験においては、各ドアバルブの使用箇所が比較的低温部であり、ナトリウム中の高温機器が通過するため、ナトリウム蒸気の影響が懸念されたが、特に問題はなく作動は正常であった。

(2) 日立試験体による試験

図7に示すような試験モードIIを用いて行った試験の結果を図19に示す。

ラックの回転試験においては、試験回数400回ごろから駆動電流および駆動トルクが増加し、試験体駆動機構内部から異常音が発生し、試験を500回で中断した。この試験体駆動機構の補修後、ナトリウム中試験を再度行う前に機動確認のため常温のアルゴンガス中でトランスファラックのセッティングおよび重ね合せ試験を繰り返して10回、トランスファラックの回転作動試験を100回行った。

そこで再度ナトリウム中試験のモードIIを続けたが、試験サイクルを1回、すなわちラック

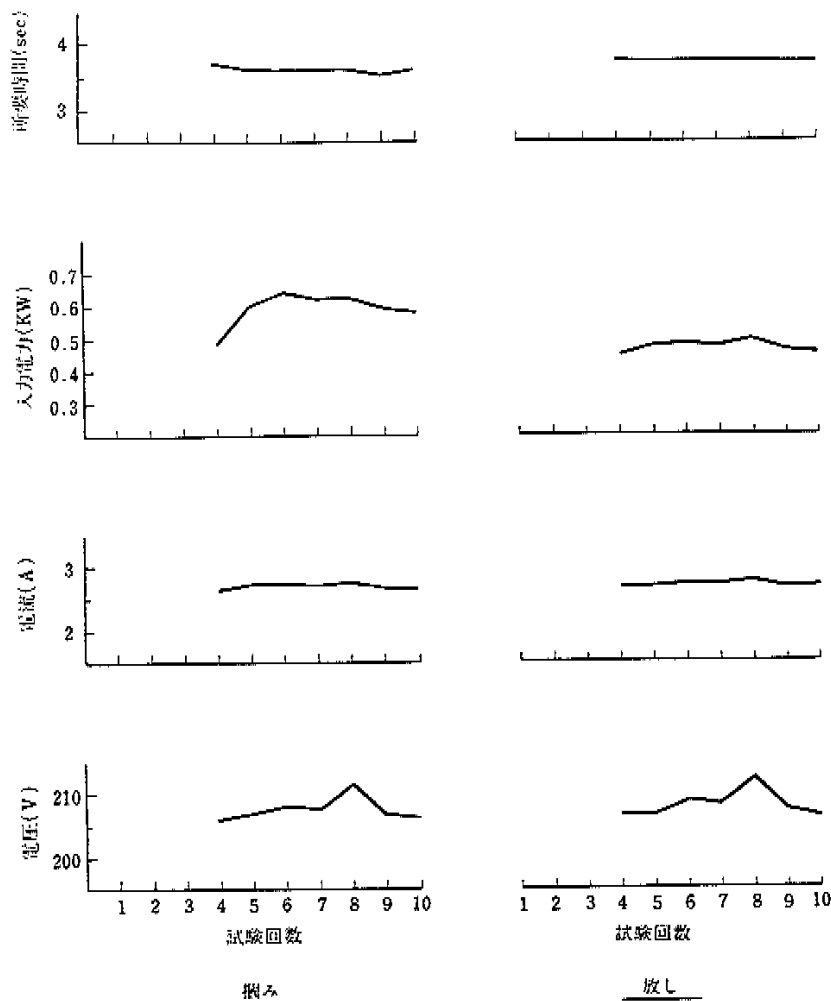


図11 試験体の着脱試験結果（試験体の掴みおよび放し）

の回転100回と模擬ポットの着脱を1回終了し、2回目のサイクルを始めたところで再び試験体駆動機構内部から異常音が発生したため試験を中止した。

## 5. 問題点とその対策

### 5.1 ポット取扱装置のグリッパーの作動不良

単体試験において模擬ポットを吊り上げるワイヤーロープとグリッパー開閉用ワイヤーロープがからみ合い、グリッパーの爪の開閉が不能となった。

その原因は、グリッパーがナトリウム中に入ったとき、グリッパーに取り付けてあるワイヤーロープ自身のねじれによるグリッパーの回転防

止機構であるワイヤーロープ旋回装置の細隙部にナトリウムが入り込み本装置の作動が不能となり、この結果、グリッパーが案内管中のグリッパーガイドの無い所で回転し、これと平行して取付けられているグリッパー開閉用ロープとが互いにかみ合い、開閉動作が不能となったと考えられる。

その対策として、この旋回装置の取り付け位置を常にナトリウム液面よりも上方に位置するように配置すると共に、ワイヤーロープ旋回装置とグリッパーの間はリンクによって連結させる構造に改造した。改造状態を図20に示す。

### 5.2 ラック回転中の異常音

試験体駆動装置を所定の位置よりも押し込み