

# 高速実験炉「常陽」特殊試験結果報告書

照射用炉心平衡サイクルでの炉心内流量分布測定試験

区 分 変 更	
変更後資料番号	PNC TN941 85-154
決裁年月日	平成 10年 3月 26日

1985年10月

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター

この資料は動燃事業団の開発業務を進めるため限られた関係者だけに配布するものです。したがってその取扱いには充分注意を払って下さい。なお、この資料の供覧、複製、転載引用等には事業団の承認が必要です

## 高速実験炉「常陽」特殊試験結果報告書

### 照射用炉心平衡サイクルでの炉心内流量分布測定試験

小 倉 賢 治\* , 庄 野 彰\*  
深 見 明 弘\*\* , 玉 山 清 志\*  
池 上 哲 雄\*

#### 要 旨

高速実験炉「常陽」の照射用炉心（MK-II炉心）の定格第7サイクル終了後に第4回炉心内流量分布測定試験を実施した。

前回までの試験と同様に高流量分布試験（90%流量）と低流量分布試験（20%流量）を実施すると共に、今回新たに極低流量分布試験（6%試験）とポンプ停止時流量分布試験を実施した。

本試験の結果、以下のことが確認された。

- (1) 炉心管理に用いている計算コードは十分な精度を持っている事が確認された。
- (2) ポンプ停止時には燃料集合体での流量は、その崩壊熱に比例する事が実測された。
- (3) 90%流量に比べ6%流量では、炉心燃料全体に対する中心集合体での流量割合は若干減少する事が判明した。
- (4) 炉心燃料の集合体流量は炉内装荷後、時間と共に減少する傾向が見られたが、その集合体流量の減少割合は燃焼度に対して $-8.53 \times 10^{-8} / \text{MW}^D / \text{T}$ 、炉内滞在日数に対して $-2.12 \times 10^{-6} / \text{day}$ と小さなものであった。

---

\* 実験炉部・技術課

\*\* 原子力システム課

"JOYO" Special Test Report

In-core flow rate distribution measurement test of  
the irradiation core equilibrium cycle

Kenji Ogura\*, Akira Shono\*,  
Akihiro Fukami\*\*, Kiyoshi Tamayama\*  
and Tetsuo Ikegami\*

Abstract

In-core flow rate distribution measurement test is conducted after the seventh duty cycle of experimental fast reactor "JOYO" irradiation core (MK-II core).

The high flow rate test (90% flow rate) and the low flow rate test (20% flow rate) are conducted, which are the same as previous tests. Furthermore, the very low flow rate test (6% flow rate) and also the test at pump-stop condition are newly conducted.

The test results are as followings.

- (1) It is confirmed that the analysis code which is used for the core management is verified with satisfactory accuracy.
- (2) In the case of the test at pump-stop condition, it is measured that the flow rate of the fuel subassembly is proportional to each subassembly's decay heat.
- (3) It is found that the ratio of center fuel subassembly flow rate to the total fuel flow rate at the 6% flow rate test is smaller than the ratio at the 90% flow rate test.
- (4) The fuel subassembly flow rate slightly decreased by the lapse of time after loading in the core. The decreasing ratio to the burn-up is  $-8.53 \times 10^{-8}$ /MW D/T and the ratio to the lapse day in the core is  $-2.12 \times 10^{-6}$ /day.

---

\* Reactor Technology Section, Experimental Reactor Division.

\*\* Nuclear Engineering System Inc.

## 目 次

1. 緒 言 .....	1
2. 試 験 目 的 .....	2
3. 系統設備の概要 .....	3
3.1 原子炉本体 .....	3
3.2 流量調節機構 .....	3
3.3 炉内冷却材流路 .....	5
4. 試 験 の 概 要 .....	14
4.1 炉心内流量分布測定試験 .....	14
4.2 制御棒流動効果確認試験 .....	14
4.3 試験の経過 .....	15
5. 試 験 の 方 法 .....	22
5.1 試験の条件 .....	22
5.2 炉心内流量分布測定 .....	22
5.3 補正計算について .....	24
6. 試 験 結 果 .....	31
6.1 再現性チェック試験 .....	31
6.2 流量計直線性確認試験 .....	31
6.3 高流量分布測定試験 .....	31
6.4 低流量分布測定試験 .....	32
6.5 極低流量分布測定試験 .....	33
6.6 ポンプ停止時流量分布測定試験 .....	33
7. 検 討 .....	61
7.1 炉心内流量分布測定試験の全体についての考察 .....	61
7.2 MK-II 性能試験時の炉心内流量分布測定試験(3)データとの比較 .....	61
7.3 集合体圧損の経時変化 .....	62
7.4 第5列反射体の流量補正方法について .....	62
8. 結 言 .....	72
9. 謝 辞 .....	73
10. 参 考 文 献 .....	74

11. 付 録

Appendix-A .....	75
3次元熱流動解析コード“COMMIX-1A”を用いた周辺 集合体による流量変化の補正	
Appendix-B .....	87
流量配分計算コード“JOYFL-2”の概要	
Appendix-C .....	91
“COMMIX-1A”によるポンプ停止時の流速ベクトル図	

## 目 次

図 3.1	原子炉断面図	6
図 3.2	炉心内流量分布測定試験時の炉心構成	7
図 3.3	炉心構造物	8
図 3.4	炉心燃料集合体及び炉心領域オリフィス諸元、位置	9
図 3.5	反射体（スリットなし）	10
図 3.6	中性子源	10
図 3.7	制御棒	11
図 3.8	スリット付反射体	11
図 3.9	炉内貯蔵ラック部	12
図 3.10	炉内冷却材流路	13
図 4.1	高流量分布測定試験時の測定点	16
図 4.2	低流量分布測定試験時の測定点	17
図 4.3	極低流量分布測定試験時の測定点	18
図 4.4	ポンプ停止時流量分布測定試験時の測定点	19
図 4.5	炉心内流量分布測定試験にいたる「常陽」原子炉出力の経過	20
図 4.6	炉心内流量分布測定試験の経過	21
図 5.1	崩壊熱解析結果	30
図 6.1	再現性試験結果	55
図 6.2	直線性試験結果	56
図 6.3	高流量分布測定時の炉心流量配分（実測値と予測値）	57
図 6.4	低流量分布測定時の炉心流量配分（実測値と予測値）	58
図 6.5	極低流量分布測定時の炉心流量配分（実測値と予測値）	59
図 6.6	ポンプ停止時流量分布測定時の炉心流量配分（実測値と予測値）	60
図 7.1	1次系主流量の違いによる流量配分	64
図 7.2	ポンプ停止時流量分布と崩壊熱の比較	65
図 7.3	MK-II性能試験時と今回測定時の高流量分布データの比較	66
図 7.4	MK-II性能試験時と今回測定時の低流量分布データの比較	67
図 7.5	1次系主流量の違いによる流量分布	68
図 7.6	集合体流量の燃焼度依存性	69
図 7.7	集合体流量の炉内滞在日数依存性	70
図 7.8	反射体第5列を測定中の流量検出ポール	71

## 目 次

表 3.1	炉心領域オリフィス緒元, 位置	9
表 5.1	解析対象集合体と流量	27
表 5.2	解析結果	28
表 5.3	周辺流量比 (RQ 3)	29
表 6.1	再現性試験結果	34
表 6.2	高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (1)	35
表 6.3	高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (2)	36
表 6.4	高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (3)	36
表 6.5	高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (4) その-1	37
表 6.6	高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (4) その-2	37
表 6.7	高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (5)	38
表 6.8	高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (6)	38
表 6.9	高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (7)	38
表 6.10	高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (8)	39
表 6.11	高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (9)	39
表 6.12	高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (10)	40
表 6.13	高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (11)	40
表 6.14	高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (12)	40
表 6.15	高流量分布測定試験の補正值と予測値及び誤差	41
表 6.16	低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (1)	42
表 6.17	低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (2)	42
表 6.18	低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (3)	42
表 6.19	低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (4)	43
表 6.20	低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (5)	43
表 6.21	低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (6)	43
表 6.22	低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (7)	43
表 6.23	低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (8)	44
表 6.24	低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (9)	44
表 6.25	低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (10)	44
表 6.26	低流量分布測定試験の補正值と予測値及び誤差	45
表 6.27	極低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (1)	46



表 6.28	極低流量分布測定試験データ	流量補正結果 (2)	46
表 6.29	極低流量分布測定試験データ	流量補正結果 (3)	46
表 6.30	極低流量分布測定試験データ	流量補正結果 (4)	47
表 6.31	極低流量分布測定試験データ	流量補正結果 (5)	47
表 6.32	極低流量分布測定試験データ	流量補正結果 (6)	47
表 6.33	極低流量分布測定試験データ	流量補正結果 (7)	47
表 6.34	極低流量分布測定試験データ	流量補正結果 (8)	48
表 6.35	極低流量分布測定試験データ	流量補正結果 (9)	48
表 6.36	極低流量分布測定試験データ	流量補正結果 (10)	48
表 6.37	極低流量分布測定試験データ	流量補正結果 (11)	48
表 6.38	極低流量分布測定試験の補正值と予測値及び誤差		49
表 6.39	ポンプ停止時流量分布測定試験データ	流量補正結果 (1)	50
表 6.40	ポンプ停止時流量分布測定試験データ	流量補正結果 (2)	50
表 6.41	ポンプ停止時流量分布測定試験データ	流量補正結果 (3)	51
表 6.42	ポンプ停止時流量分布測定試験データ	流量補正結果 (4)	51
表 6.43	ポンプ停止時流量分布測定試験データ	流量補正結果 (5)	51
表 6.44	ポンプ停止時流量分布測定試験データ	流量補正結果 (6)	52
表 6.45	ポンプ停止時流量分布測定試験データ	流量補正結果 (7)	52
表 6.46	ポンプ停止時流量分布測定試験データ	流量補正結果 (8)	52
表 6.47	ポンプ停止時流量分布測定試験データ	流量補正結果 (9)	52
表 6.48	ポンプ停止時流量分布測定試験データ	流量補正結果 (10)	53
表 6.49	ポンプ停止時流量分布測定試験データ	流量補正結果 (11)	53
表 6.50	ポンプ停止時流量分布測定試験の補正值と予測値		54
表 7.1	極低流量分布試験結果の検討表		63

## 1. 緒 言

本報告では、高速実験炉「常陽」の照射用炉心(MK-II炉心)の平衡サイクルでの炉心内流量分布測定試験の結果を報告する。

前回の試験(昭和58年1~2月実施)では、MK-II照射用炉心において炉心内流量分布が設計流量を満足しており、100MW定格出力時の除熱能力が十分であることを確認した。

今回の炉心内流量分布測定試験では、これまで行ってきた高流量分布試験<sup>(注1)</sup>ならびに低流量分布測定試験<sup>(注2)</sup>のほかに、極低流量分布試験<sup>(注3)</sup>及びポンプ停止時流量分布測定試験<sup>(注4)</sup>を実施し、データを採取した。

この採取したデータから、MK-II照射用炉心での流量分布の炉心燃料の燃焼に伴う集合体圧損の経時変化を求めるとともに、実際の炉心内流量分布が1次系主流量の低域から高域にわたって、予測流量と、どの程度一致しているかの比較・検討を行った。

また、ポンプ停止時流量分布データから、自然循環時の炉心内流量分布を確認した。

---

(注1) 高流量分布測定試験

1次冷却材流量を90%とした時に実施した流量分布測定試験

(注2) 低流量分布測定試験

1次冷却材流量を20%とした時に実施した流量分布測定試験

(注3) 極低流量分布測定試験

1次冷却材流量を6%とした時に実施した流量分布測定試験

(注4) ポンプ停止時流量分布測定試験

1次系主ポンプA、Bの両ポンプを停止させて1次冷却材流量が0%と推定される時に実施した流量分布測定試験

## 2. 試 験 目 的

「常陽」MK-II照射用炉心の定格第7サイクル終了後に、高流量分布測定試験、低流量分布測定試験、極低流量分布測定試験ならびにポンプ停止時流量分布測定試験を実施し、MK-II初期時の試験（昭和58年1～2月実施）の炉心内流量分布データと比較することにより集合体圧損の経時変化を測定する。

また、炉心内流量分布計算コード計算値<sup>(注5)</sup>との比較を行い、その差を測定するとともに自然循環試験（II B、昭和60年4月実施）と同じ炉心構成での流量分布測定のデータ等を、その解析の資料とする。

---

（注5） 前回（昭和58年1～2月実施）までの炉心内流量分布測定試験のデータを比較する為に用いた炉心内流量配分計算コード“JOYFL-2”で、使用されていた圧損係数は、実測値と計算値（予測値）に大きな差を出す為に、その後の検討で修正圧損係数に改良された。この結果、実測値と計算値（予測値）は小さな差で良く合うようになっている。

本試験で登場する計算値（予測値）の算出には、この修正圧損係数を使用している。

### 3. 系統設備の概要

#### 3.1 原子炉本体

原子炉本体は図 3.1 に示す様に原子炉容器およびその内部に配合した燃料集合体、反射体、炉心上部機構ならびに原子炉容器上部に配置した回転プラグなどにより構成される。

炉心部は図 3.2 に示すように配置した 67 本の炉心燃料集合体とその周辺を取り囲む反射体によって構成され全体としてはほぼ円柱形をなす。

図 3.3 に炉心構造物の断面を示す。原子炉容器下部プレナムに流入した冷却材は上部プレナムへ流れるものと炉心支持構造物のまわりに設けられている多数の整流ポートを通じて高圧プレナムに流入するものとに分岐する。前者には炉内貯蔵ラック部、補助冷却系および炉容器側壁バルクへの漏洩などが含まれる。高圧プレナムに流入した冷却材は 2 分岐し、一方は高圧プレナム内の炉心支持板連結管の側壁オリフィス孔を通じて炉心燃料集合体に流入する。もう一方は、高圧プレナムより低圧プレナムに、スリット付反射体のエントランスノズル先端部に設けられたスリットおよび各炉心構成要素エントランスノズルの連結管下部嵌合部を通じて流入し、制御棒、反射体および中性子源等の炉心構成要素に流入する。高圧プレナムから上部プレナムへの漏洩が、炉心構成要素の球面座およびガス抜孔を通じて少量流れる。炉心構成要素から流出した冷却材は炉心上部機構の整流格子により混合を促進されながら、上部プレナムの出口配管に至る。上部プレナムからは、オーバーフロー系への流出と等量の戻入がある。

#### 3.2 流量調節機構

##### (1) 炉心燃料集合体

「常陽」の全ての炉心構成要素は炉心支持板連結管に自立する構造であり、集合体上部での固定機構はない。炉心燃料集合体は必要とする冷却材流量が多く、流体圧による浮上りを防止するため、高圧プレナムからの冷却材流入を連結管側壁に設けるオリフィス孔により導く水力保持（ハイドロリックホールドダウン）の方式を採用している。

炉心燃料集合体の流量調節機構は、連結管のオリフィス孔と集合体エントランスノズルのオリフィス孔との組合せにより、各オリフィス領域での流量配分を満すようにオリフィス寸法、形状を定め、以下に示す方針によって行なわれた。

- ① 流量調節部における圧損をできるだけ小さくする。
- ② 炉心燃料集合体側のオリフィスは全て同一とし、連結管側のオリフィスを各領域毎に変えることにより流量調節を行なう。
- ③ 流量配分は集合体出口温度をできるだけ均一にするように行なう。
- ④ 将来、炉心体系が変わり、流量配分計画が変更された場合でもその変更を容易にさせる。

これらの方針にもとづき決定したオリフィス形状・寸法を表 3.1 及び図 3.4 に示す。

## (2) 反 射 体

反射体は発熱量が小さく、必要流量はきわめて少ない。冷却材は低圧プレナムより流入し、口径 6 mm、厚さ 1 mm 拡流角度 90° のオリフィスにより流量を調節させている。

概略を図 3.5 に示す。

## (3) 中 性 子 源

中性子源は低圧プレナムから冷却材を流入させる。しかし、必要流量に対する発熱体部の圧損およびガンマ線源支持部での圧損評価の結果からオリフィスはつけていない。概略を図 3.6 に示す。

## (4) 制 御 棒

制御棒については低圧プレナムから冷却材を流入し、流量調節は、図 3.7 に示すように、下部案内管エントランスノズル先端に設けられたフローホール(16mm $\phi$ ×4)により行なう。

## (5) スリット付反射体

高圧プレナムと低圧プレナム間の流量調節は、図 3.8 に示すように、反射体エントランスノズルの先端に 6mm $\phi$  のスリットを 6ヶ所切込んだスリット付反射体の本数を調節することにより行なう。反射体が装荷される連結管には低圧プレナムへの流路として 10mm $\phi$ ×6 のオリフィス孔が炉心支持板下面より約 175mm の位置に設けられている。減圧は連結管のオリフィスとスリット部の組み合わせにより行なうが、それぞれの圧力損失の大きさはほぼ等しい。尚、メンテナンス時の自然循環流路を確保するため、連結管に炉心第 1オリフィス領域と同じオリフィス孔が設けられているものが 6ヶ所あり(10A6, 10B6, 10C6, 10D6, 10E6, 10F6)、この位置へのスリット付反射体装荷は行なわない。

## (6) 炉内貯蔵ラック

炉内貯蔵ラックに装荷される燃料ポットへの冷却材は下部プレナムより流入する。燃料ポットには 2種類あり、脚部に 10mm $\phi$  のフローホールをもつ穴あきポットと、フローホールのないポットがある。前者は使用済燃料の炉内冷却用に、後者は使用済燃料以外の炉心構成要素の出入れに使用される。ポットへの流路を形成するラック部の減圧機構は全てのラック(30ヶ)に同じであり、ラックポットの圧力損失の大部分を占めるので、ポットの装荷および穴あきポットへの燃料集合体の装荷による流量変化はない。

## (7) 補助冷却系

原子炉の通常運転時の補助冷却系は、下部プレナムから冷却材が流入し、上部プレナムへ還流する。この時の流量は下部プレナム圧によって定まるが、流量を制限するため、補助 1次系の逆止弁との並行回路に薄刃オリフィスを 2段設けている。

### 3.3 炉内冷却材流路

炉内冷却材の流路をブロック形成にまとめたものが、図 3.10 である。

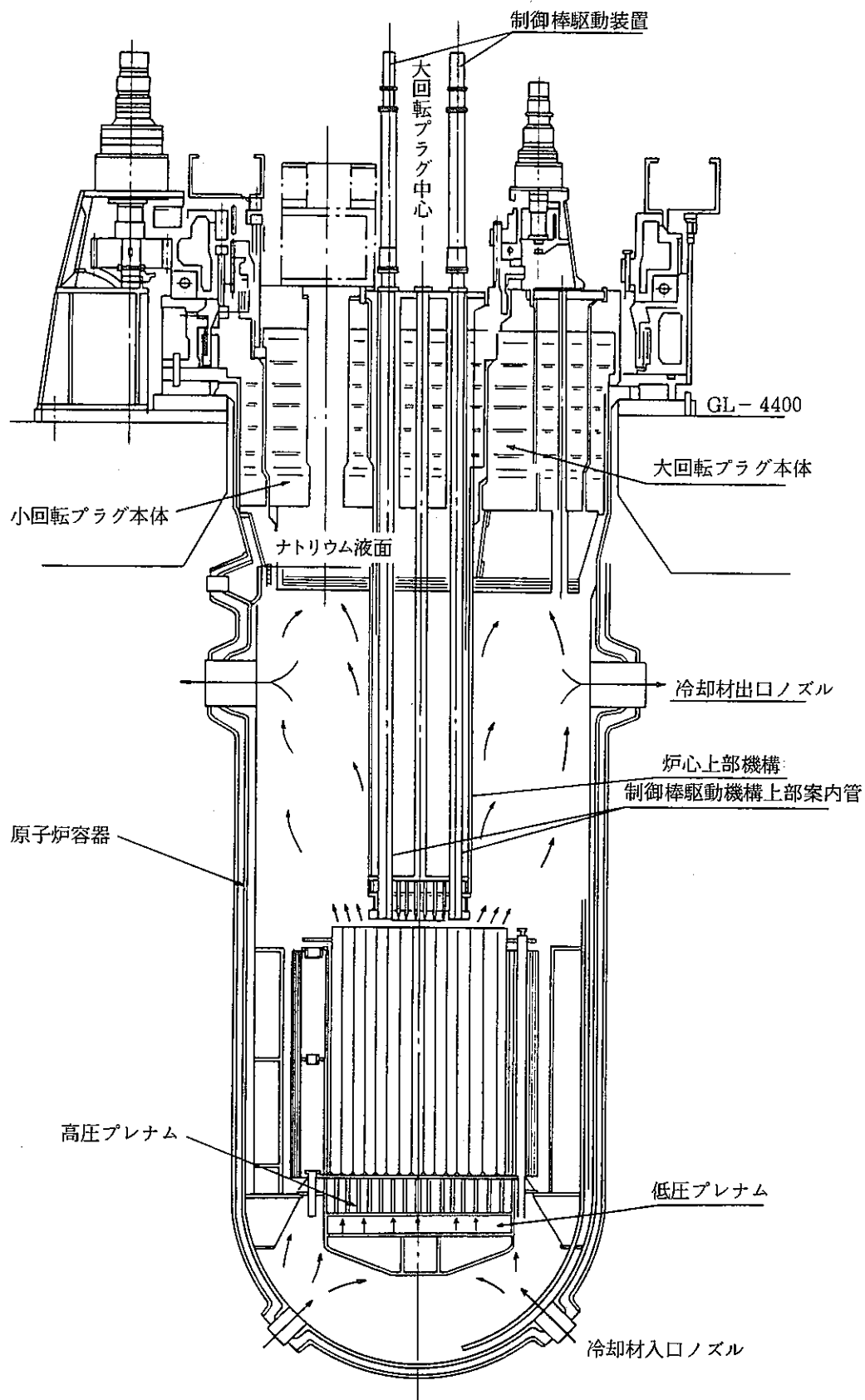
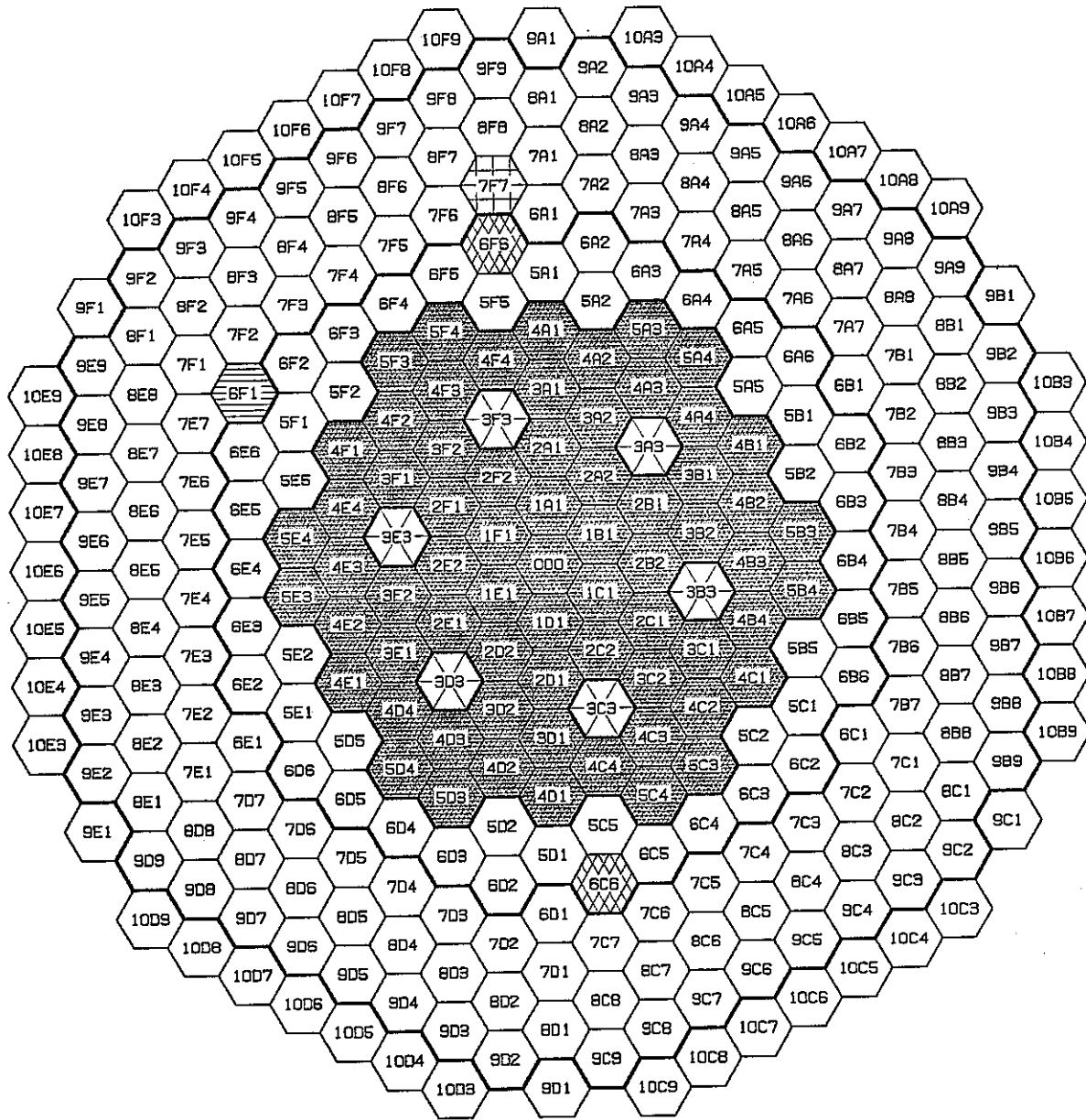


図3.1 原子炉断面図









-  炉心燃料
-  制御棒材料照射用反射体 (AMIR)
-  制御棒
-  構造材料照射用反射体 (SMIR)
-  中性子源
-  反射体

図 3.2 炉心内流量分布試験時の炉心構成



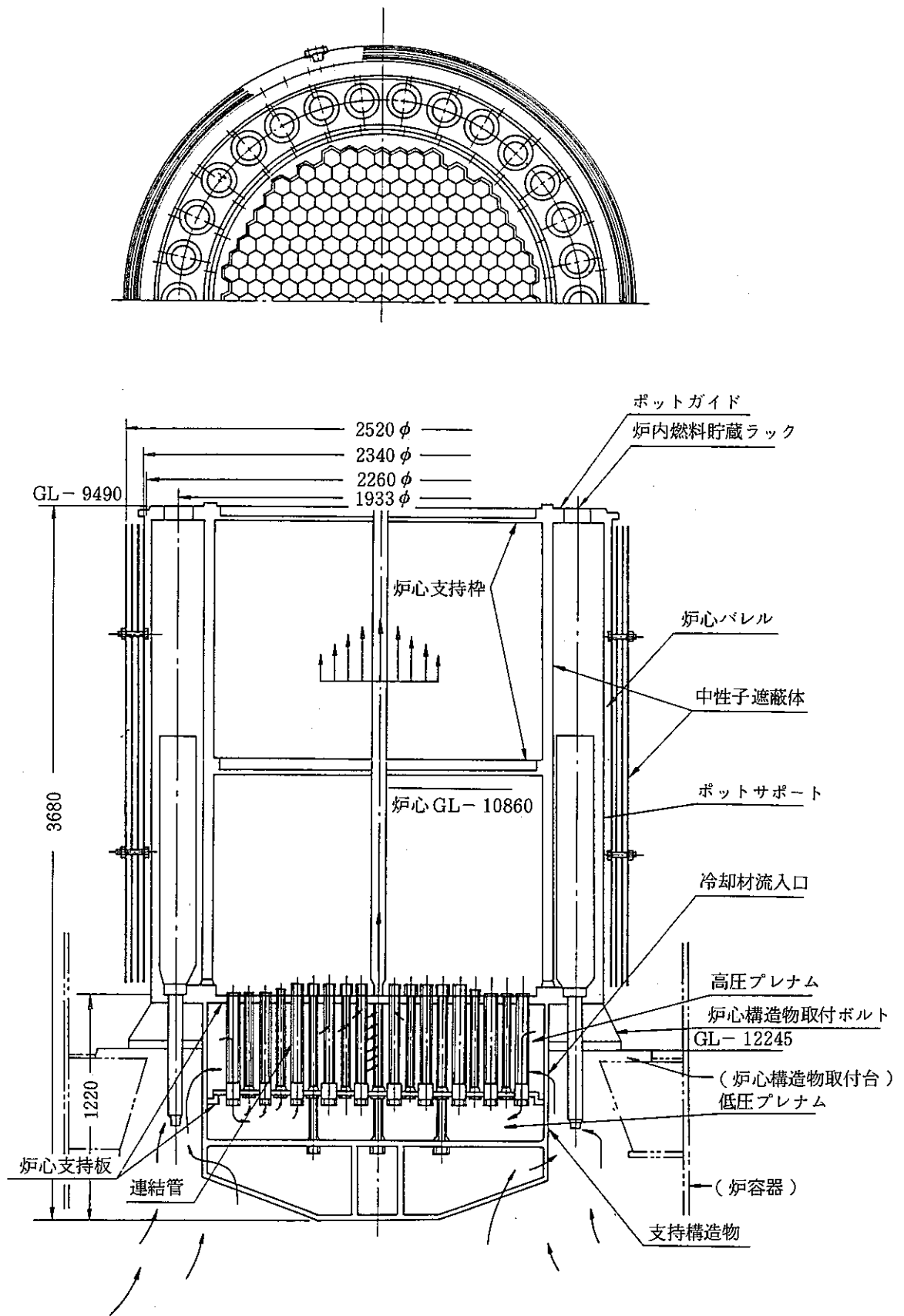


図3.3 炉心構造物

表 3.1 炉心領域オリフィス諸元, 位置

段	連結管 オリフィス孔	エントランスノズル オリフィス孔	連結管オリフィス孔の開孔位置					
			第0,1列	第2列	第3列	第4列	第5列	第6列
6	φ mm 11.5	φ mm 7.0	○					
5	10.0	6.0	○	○			○	
4	11.5	7.0	○	○				
3	10.0	6.0	○	○	○	○		
2	11.5	7.0	○		○			
1	10.0	6.0	○	○	○	○		○

注) 連結管, エントランスノズル共, 回段のオリフィス孔は同方向等間隔に6ヶ所設けられる。エントランスノズルドレン孔(5φ)は同方向2ヶ所。

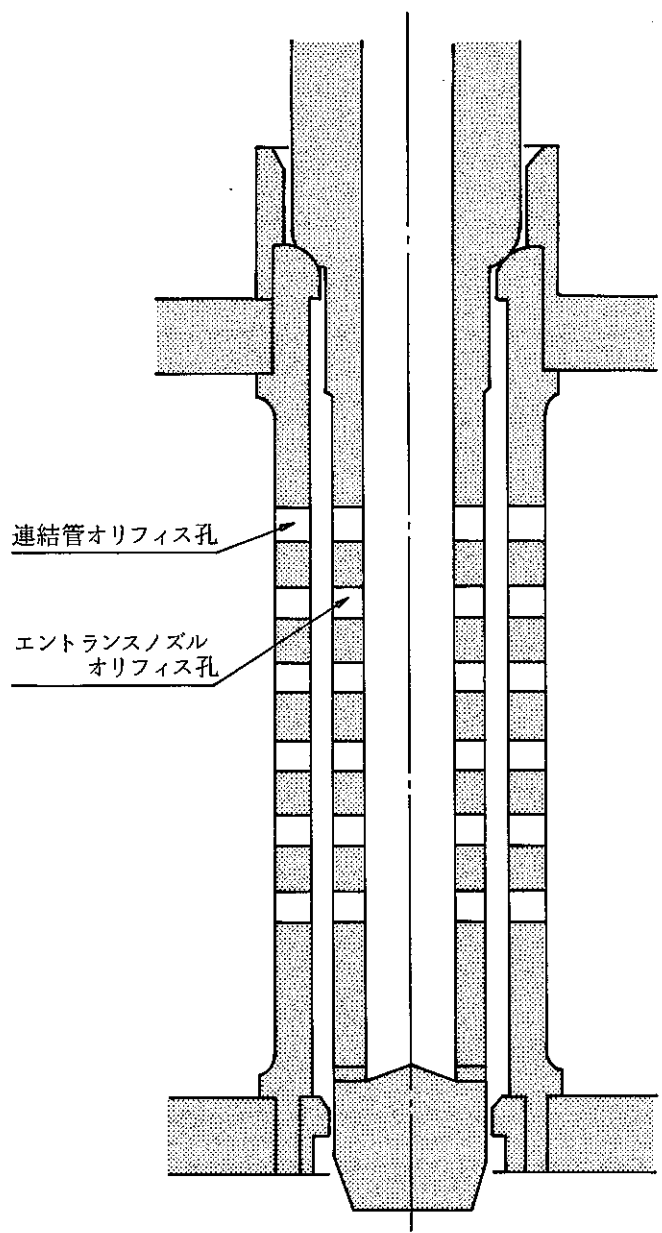


図 3.4 炉心燃料集合体及び炉心領域オリフィス諸元, 位置

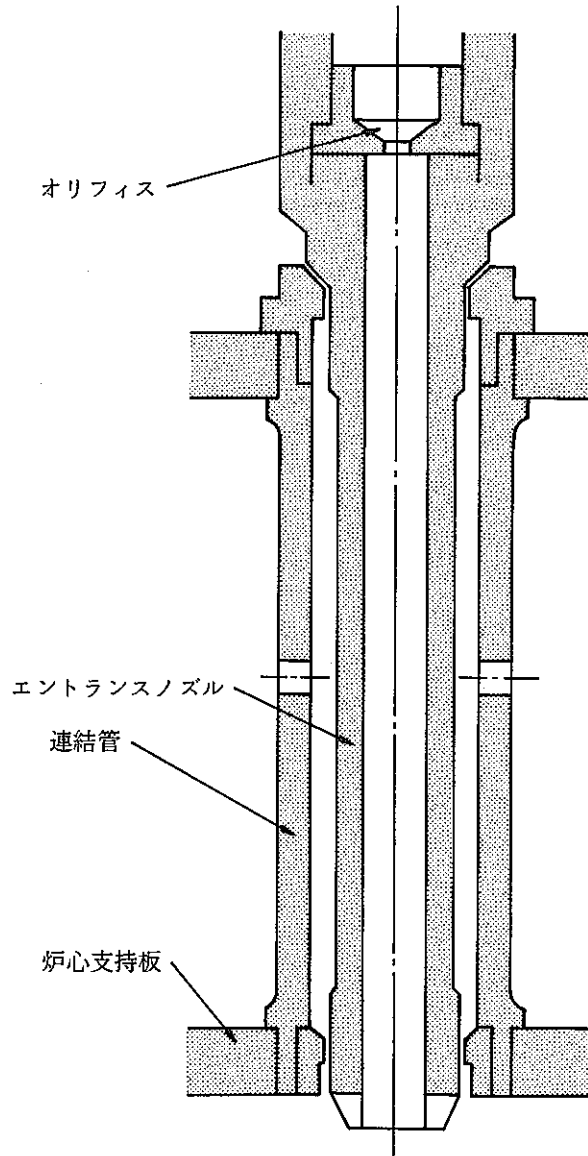


図3.5 反射体(スリットなし)

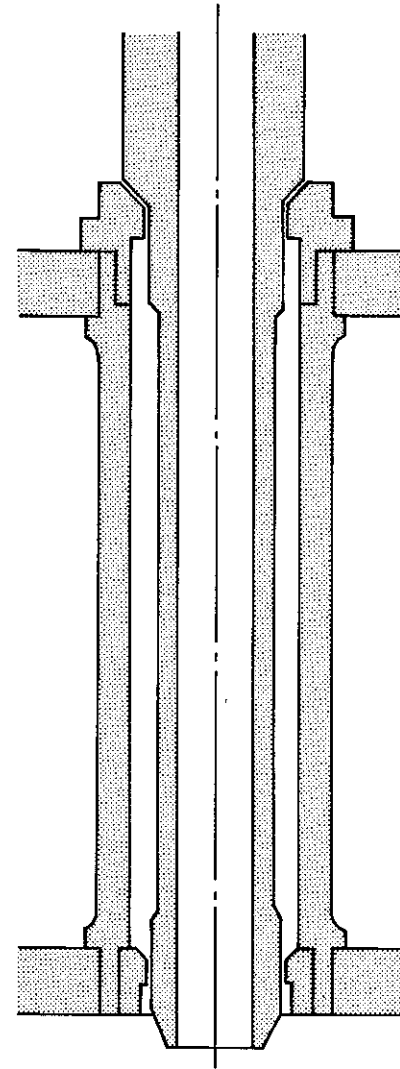


図3.6 中性子源

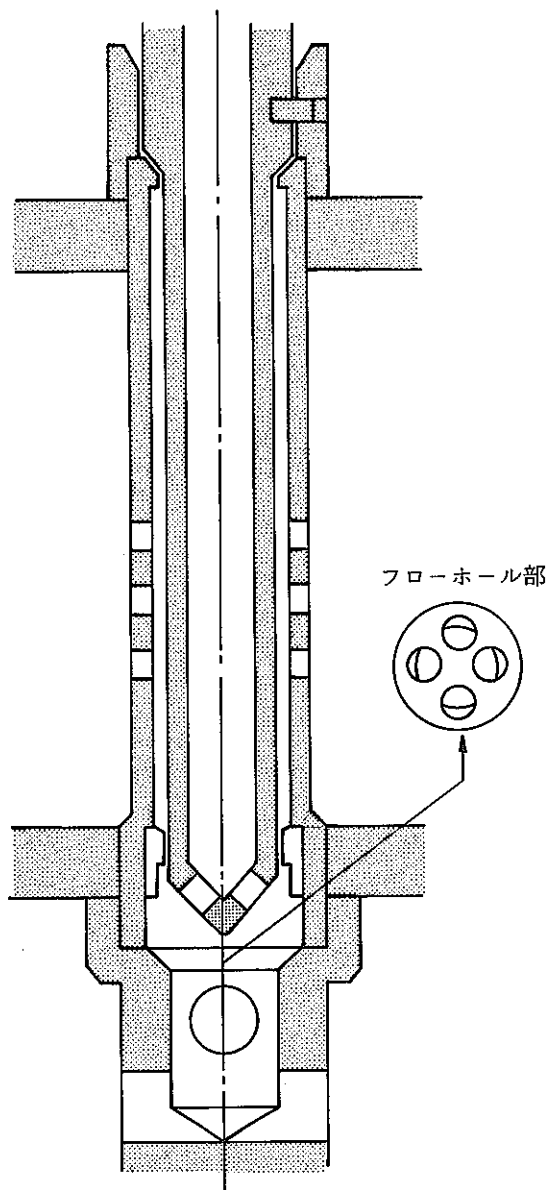


図 3.7 制 御 棒

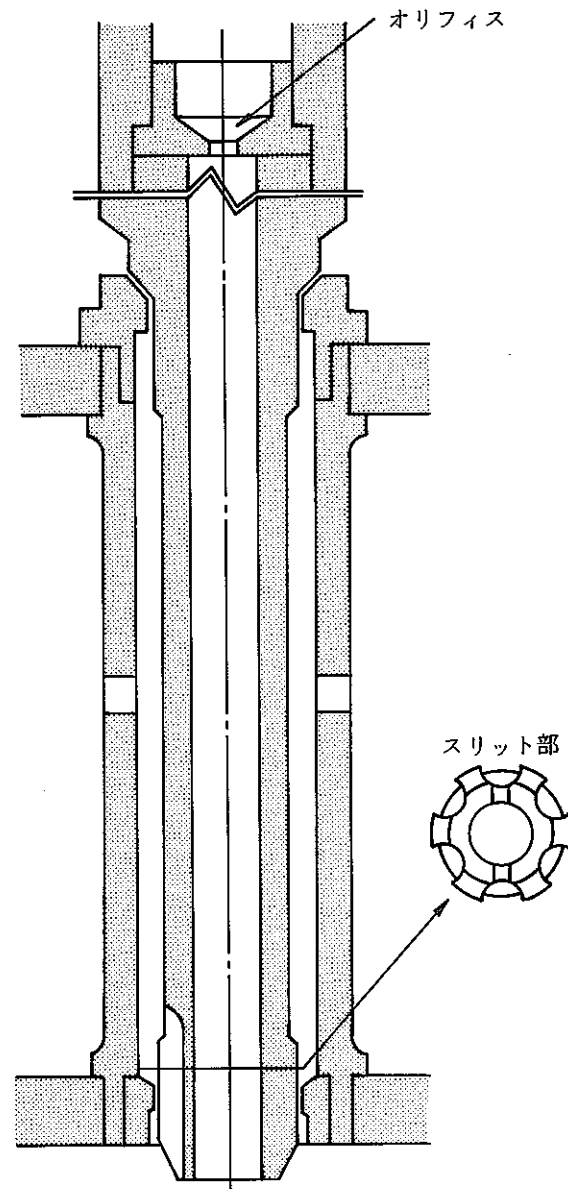


図 3.8 スリット付反射体

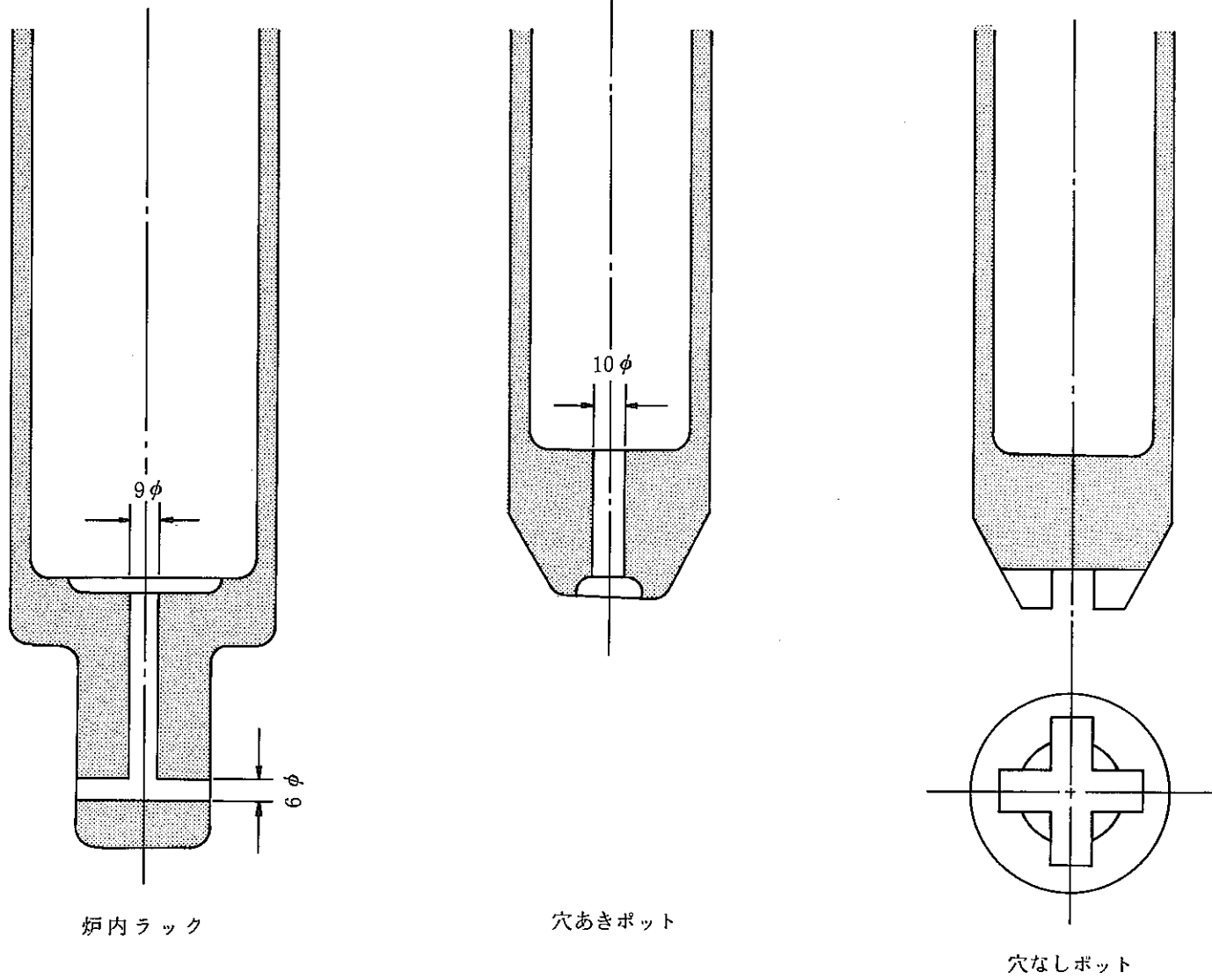


図3.9 炉内貯蔵ラック部

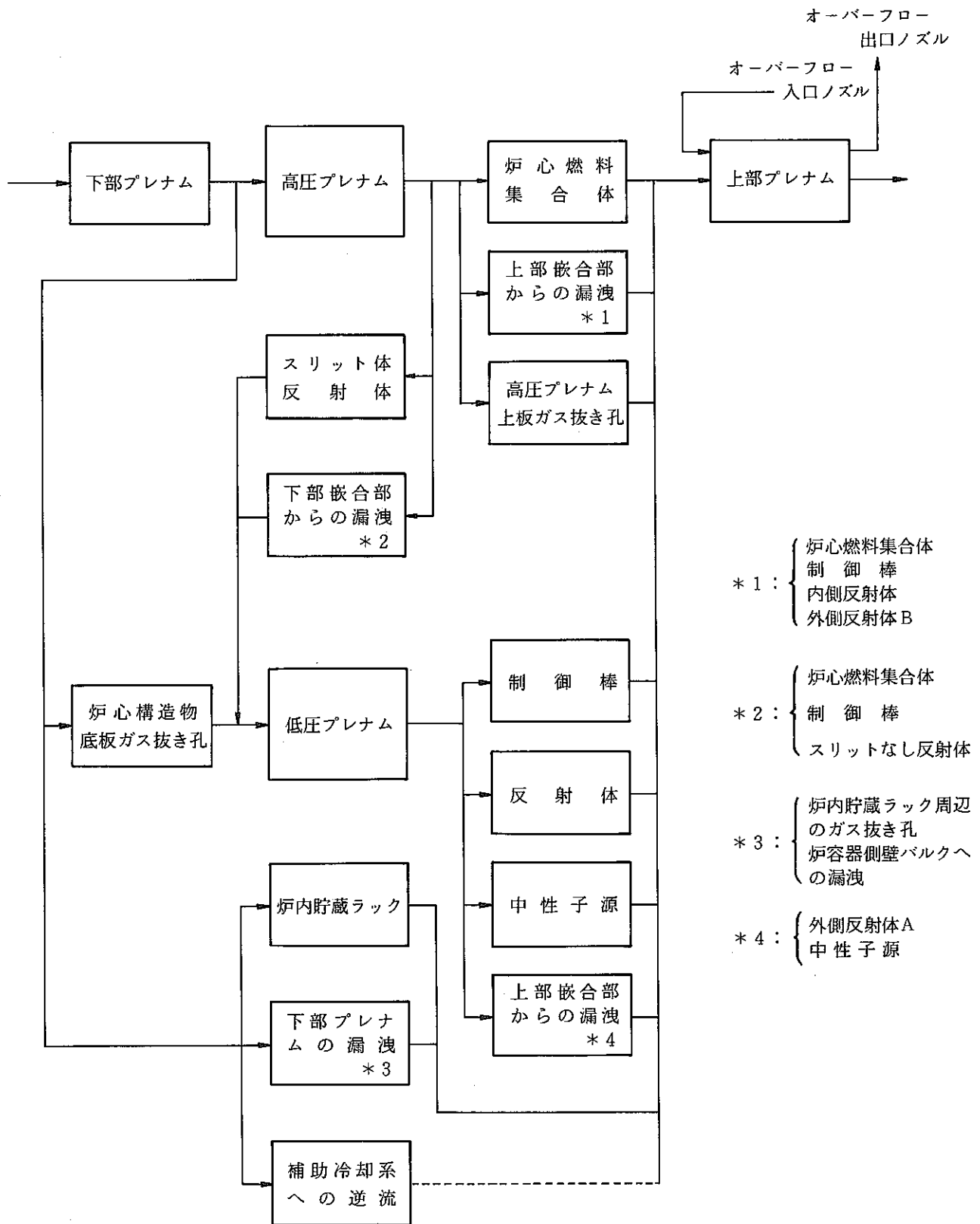


図3.10 炉内冷却材流路

## 4. 試験の概要

### 4.1 炉心内流量分布測定

#### (1) 再現性チェック試験

測定に使用する永久磁石式流量計の経時変化によって測定値が変動する可能性がある。

この為、測定の開始前と終了後に同一の中心燃料集合体〔000〕について測定を実施する。

#### (2) 流量計直線性確認試験

中心燃料集合体〔000〕頂部に流量検出ポールを位置させた状態で、1次系主流量を100%から20%へ降下させる際に、10%毎に測定を行ない1次系主流量と中心燃料集合体流量との関係を求める。

#### (3) 高流量分布測定試験

定格運転時の炉心内流量分布を確認する為に、図4.1に示す位置の集合体流量を測定する。

定格運転時では、1次系主流量は100%となるが、これまでに行なわれて来た過去3回の炉心内流量分布測定試験では、制御棒浮き上りの観点より、1次系主流量を90%にして測定を実施している。

この為、前回のデータとの比較を考慮して今回の試験もこれに順ずることとした。

高流量分布測定試験における測定点は合計95体である。

#### (4) 低流量分布測定試験

1次系主流量20%時における炉心内流量分布を確認するために、図4.2に示す位置の集合体流量を測定する。

測定点は合計30体である。

#### (5) 極低流量分布測定試験

1次系主流量6%を実現する為に、ポニーモータ1台運転(A側)、補助系停止状態とした時の炉心内流量分布を図4.3に示す集合体について測定する。

測定点は合計32体である。

#### (6) ポンプ停止時流量分布測定試験

1次主系統及び1次補助系の全てのポンプを停止し、自然循環状態での、図4.4に示す位置の集合体流量を測定する。

測定点は合計50体である。

### 4.2 制御棒流動効果確認試験

本試験は、炉心内流量分布測定試験を実施中に、回転プラグを動作させる際、制御棒がその内外を上方へ流れる冷却材ナトリウムによって浮き上りが発生するような現象が生じないことを確

認するものであり、従来の3回の炉心内流量分布測定に先立って、毎回実施してきたものである。

これを確認しておくことは回転プラグならびに炉心の健全性を保証する意味できわめて重要であるが、今回の試験においては実施する必要性なしと判断し、特に測定による確認は行なわなかった。この理由を以下の3点に示す。

① 前回の炉心内流量分布測定時に、MK-II炉心において本試験を1次系主流量100～105%で実施しており、制御棒の浮き上りは発生しないことが確認されている。

さらに、今回の制御棒チャンネル流量は前回とほとんど変化がないことが計算により得られている。

② 今回の炉心流量分布測定（回転プラグ操作を含む試験）は1次系主流量90%以下にて実施する。

③ 炉外で行なわれた水中試験<sup>\*2</sup>により、制御棒の浮き上りは、定格流量（1次系主流量100%）の約2.6倍で初めて発生することが、MK-II制御棒について確認されている。

#### 4.3 試験の経過

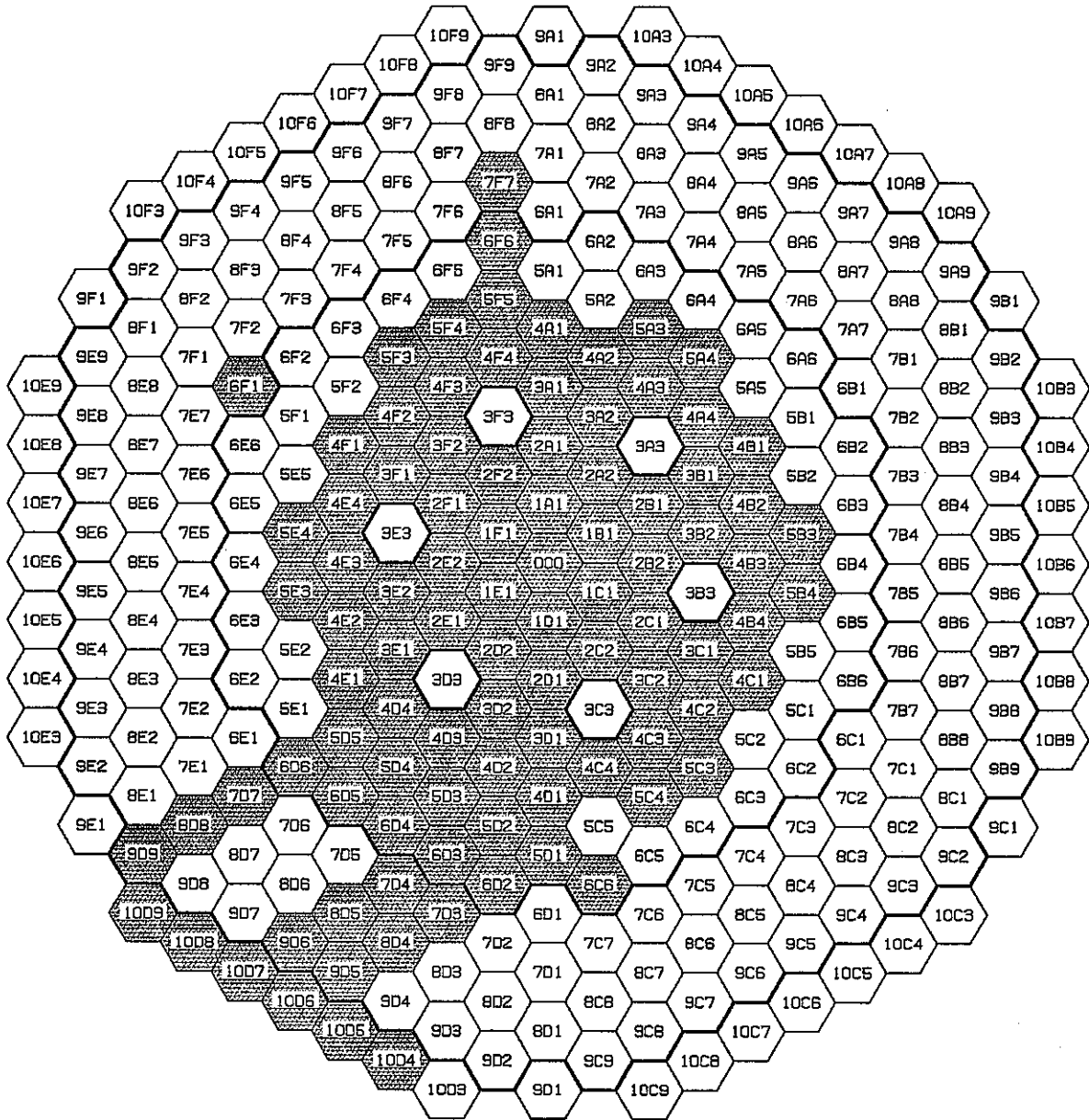
「炉心内流量分布測定試験」はMK-II第7サイクル終了後に実施された「自然循環試験II-B」に引き続き行なわれた。

第7サイクルEOCから炉心内流量分布測定試験終了までの経過を図4.5に示す。

又、図4.6に試験の経過を示す。



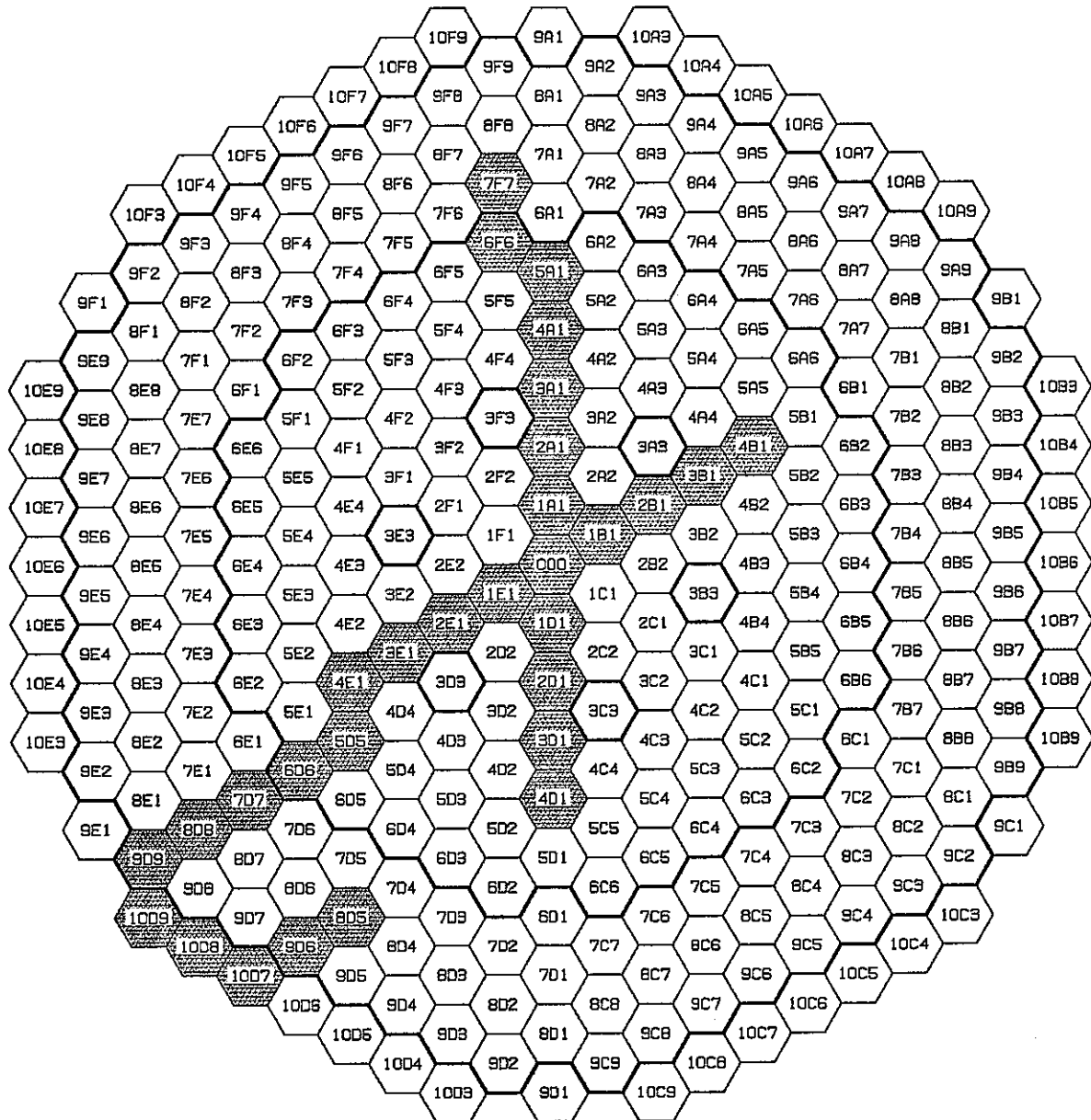
基本方位 (トランスファロータ)



塗りつぶしたところが測定点

図 4.1 高流量分布測定試験時の測定点

基本方位（トランスファーロータ）

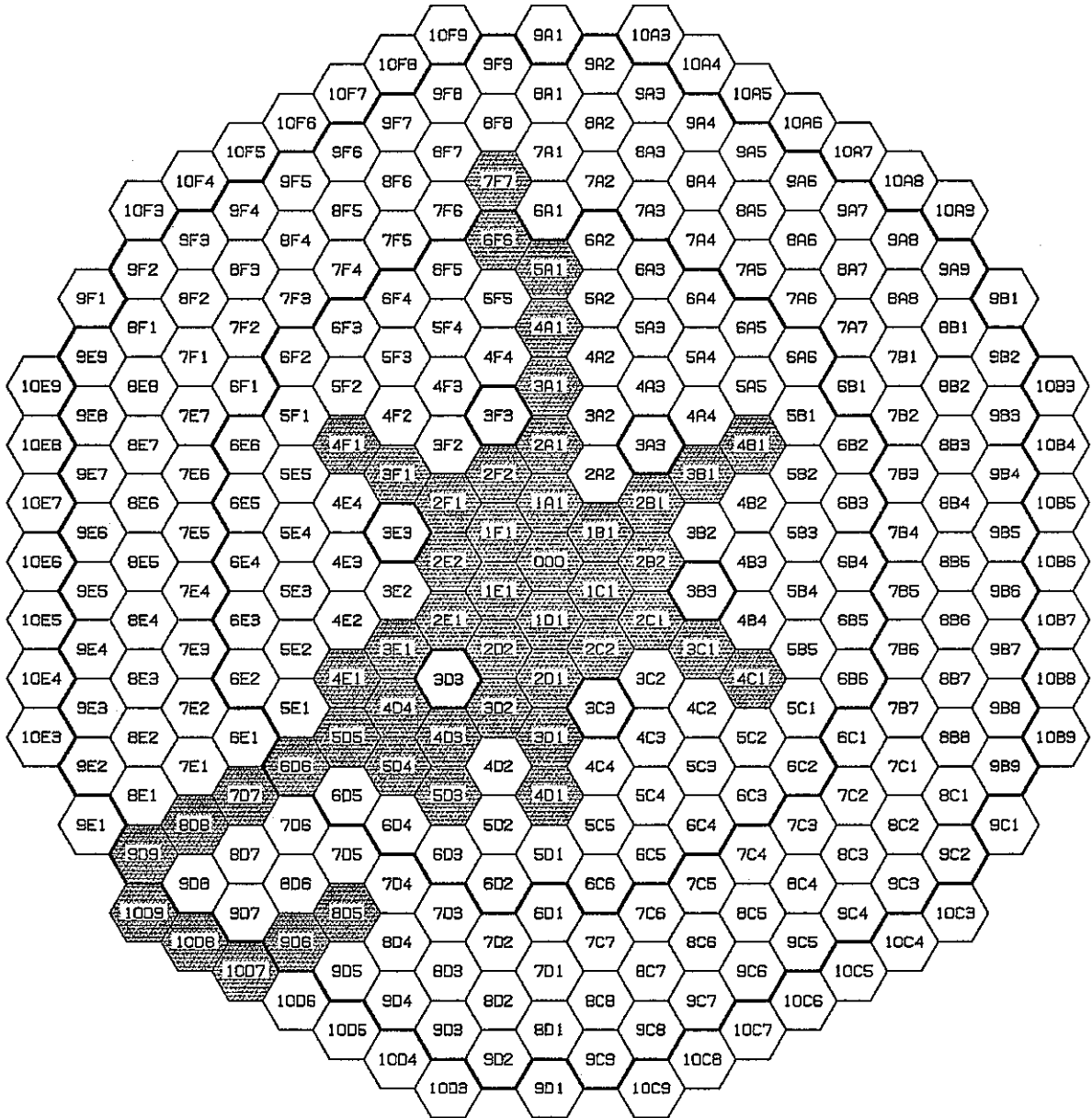


塗りつぶしたところが測定点

図 4.2 低流量分布測定試験時の測定点



基本方位 (トランスファロータ)



塗りつぶしたところが測定点

図 4.4 ポンプ停止時流量分布測定試験時の測定点

(1985/3/26 1:0 ~1985/5/7 0:0)

PNC SN941 85-154

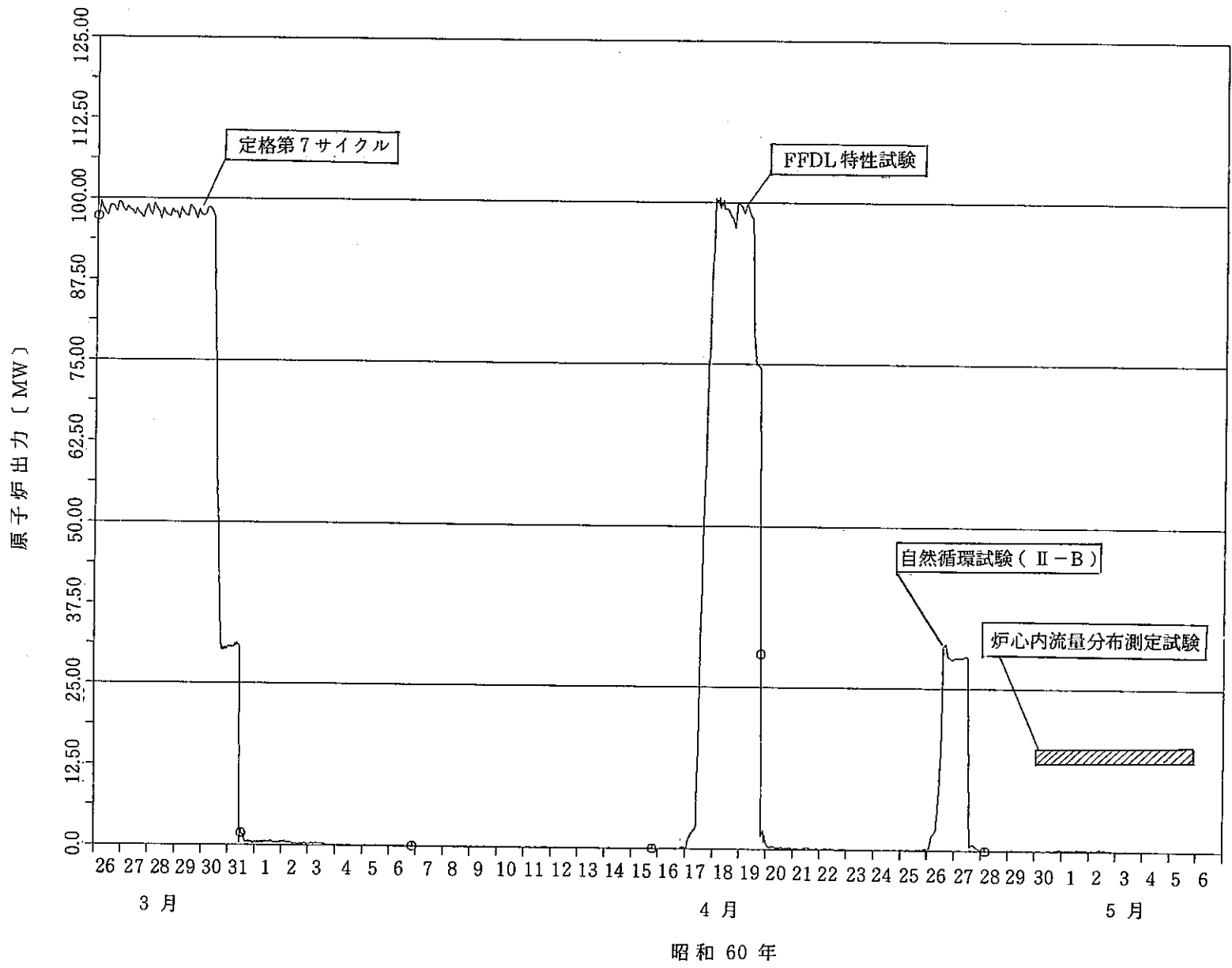
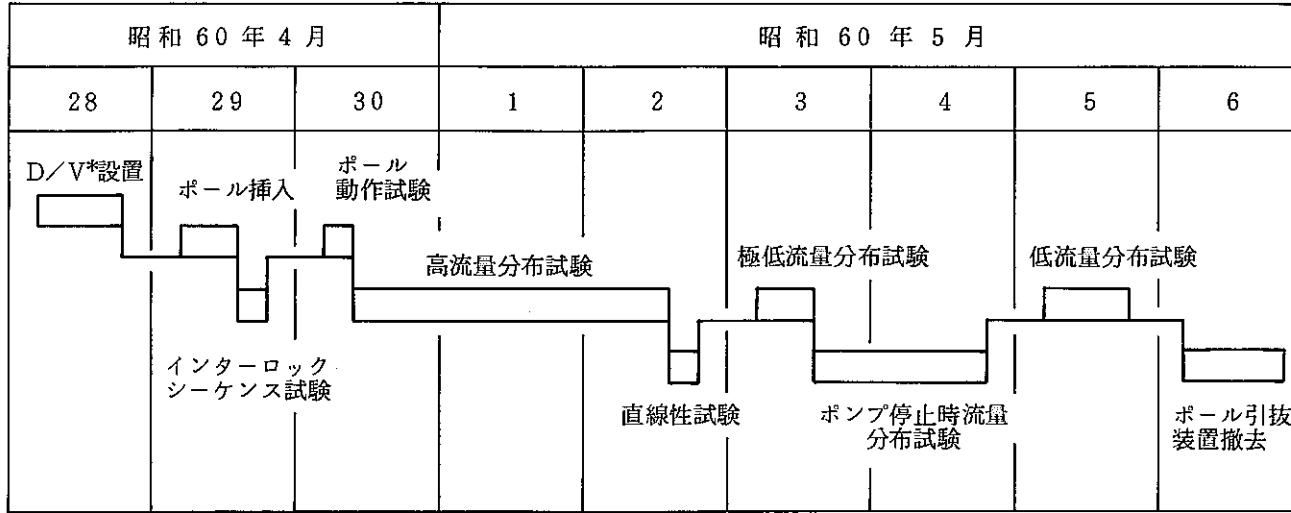


図 4.5 炉心内流量分布測定試験にいたる「常陽」原子炉出力の経過



\* ドアバルブ

図 4.6 炉心内流量分布測定試験の経過

## 5. 試験の方法

### 5.1 試験の条件

本試験は下記の条件で実施した。

1次系統温度	約 250℃
1次系主流量	0, 6, 20 及び 90%
原子炉運転モード	燃交モード
炉心燃料数	67体
スリット付反射体数	1体
AMIR	2体
SMIR	1体
回転プラグ状態	ジャッキアップ

### 5.2 流量分布測定

炉心内流量分布測定装置は、駆動装置と流量検出ポールより構成されており、流量検出ポール先端には永久磁石式小型流量計が組み込まれている。

炉心内流量分布測定は、流量検出ポールを燃料交換機孔を通して炉内へ挿入し、流量計を燃料集合体のハンドリングヘッド頂部に密着させることによって測定を行なう。

測定する燃料集合体の位置決めは、通常の燃料交換の場合と同様に大・小回転プラグを回転させることにより行なう。

測定においては、流量検出ポールから出力される流量信号を50倍もしくは100倍に増幅し、また熱電対温度信号は補償導線を通してケーブリングラック上におかれた0℃基準温度装置に接続された後に、中央制御室設置の流速計監視装置に入力される。

本試験の測定系全体の概略ブロック図を、図5.1に示す。中央制御室の流速計監視装置は、システムの制御装置であるマイクロコンピュータのプログラムを変更することにより、炉心内流量分布測定のためのデータ収録装置となる。この装置において、流量信号及び1次系主流量関係の信号に関しては、1秒周期でサンプリングし、100回の平均値をデータとして採用する。また、温度信号に関しては、前述の平均計算の前後の2点平均値をデータとして採用する。

採用したデータは、データテープ等の外部記憶装置へ保存すると共に、プリンタへデータテーブルを出力する。

又、以上のシステムとは別に格内オペフロ上において、流量信号(増幅前)をデジタルボルトータで、流量計温度をデジタル温度指示計で監視すると同時に、ペンレコーダにて記録を取る様に構成されている。

(1) 再現性チェック試験

本測定 of 再現性の精度を求めるために、測定期間中毎日の測定の開始前と終了時に中心燃料集合体〔000〕の流量を測定する。

(2) 流量計直線性確認試験

中心燃料集合体〔000〕頂部に流量検出ポールを位置させて1次系主流量を、100、75、70、60、50、40、30、20%と降下させて行く段階で、測定を実施する。

又、75%に1次系主流量を変化させるのは、80%流量において1次系主流量低の警報が出る為である。

(3) 高流量分布測定試験

高流量分布測定試験の測定点を示す図(図4.1)に従って大小回転プラグを動作させ、流量検出ポールを移動して目的の炉心構成要素上に位置させる。

流量検出ポールの駆動ハンドルにて目的の炉心構成要素のハンドリングヘッドにポールを密着させる。

中制計算機室の流速計監視装置で、データの収録を行なうと共に、オペフロ上においてもデータの採取を実施する。

なお、炉心構成要素1体を測定するのに必要な時間は約5分程度である。

1次系主流量は90%、測定点は95体である。

(4) 低流量分布測定試験

試験の方法は、前述の高流量分布に準ずる。

1次系主流量は6%、測定点は30体である。(図4.2参照)

(5) 極低流量分布測定試験

試験の方法は、前述の高流量分布に準ずる。

極低流量分布測定試験の設定流量である1次系主流量6%を実現させる為、1次主ポンプ(B)を停止し、1次主ポンプ(A)のポニーモータを低回転数で運転した。

なお、ポニーモータにて低回転数運転を行なう為、以下に示す項目について監視を行なった。

- ① 1次系主ポンプ回転数
- ② 1次系主ポンプ振動
- ③ 1次系主ポンプ軸受温度

1次系主流量は6%、測定点は32体である。(図4.3参照)

(6) ポンプ停止時流量分布測定試験

試験の方法は、前述の高流量分布に準ずる。

ポンプ停止時における流量分布測定試験は、原子炉内への冷却材流入を防止する為、1次主ポンプA、Bを停止させ、補助系出入口バルブを閉とする。



崩壊熱計算コード“FPGS-3.5”によれば、原子炉の崩壊熱は100 kw程度発生していると推定され、この崩壊熱(図5.1参照)による自然循環流量が存在すると考えられる。

なお、崩壊熱による炉心温度上昇等を監視する為、以下に示す各信号を監視した。

- ① S/A 出口温度(回転プラグ上で測定)
- ② 原子炉出入口温度
- ③ 補助系 IHX 出入口, EMP ダクト温度
- ④ 1次主ポンプ軸受温度

1次系主流量は0%, 測定点は50体である。(図4.4参照)

### 5.3 補正計算について

#### (1) 目的

炉心内流量分布試験において採取された流量データはそのままでは、炉心内の流量を正確に表わしているとはいえない。

これは、流量検出ポール自体の圧損、ホールドダウン軸内に流入し周辺流量効果として寄与する冷却材流量等に原因があり、補正を行なう前の原データは全て実際に流れると考えられる流量よりも低くなっている。

又、これまでに行なわれて来た3回の流量分布試験データとの整合性を保つ為にも以下に示す補正計算を行なう必要がある。

#### (2) 流量補正式について

流量検出ポール内永久磁石式流量計の信号は電圧(mV)で出力される。この信号を工学単位(kg/s)に変換し、圧損及び周辺流量効果等の補正を行なって炉心内流量分布データとする。

以下に変換の過程と変換式を示す。

- ① 永久磁石式流量計の較正曲線\*<sup>2</sup>から導びかれる式-Iを用いて電圧信号(mV)より、流量データ(ℓ/min)へ変換する。

$$Q = 4.4799 \times 10^{-3} \times E^3 - 9.3379 \times 10^{-2} \times E^2 + 3.5044 \times 10^1 \times E - 2.5308 \times 10^1$$

…………… 式-I

但し、Q = 流量(ℓ/min)及びE = 電圧(mV)とする。又、この式に至る過程で、温度補正も行なう。

- ② 流量検出ポールの装荷による外乱の補正

流量検出ポールを集合体頂部に装荷することにより、集合体内部の圧損が増加し測定される流量は流量検出ポールを装荷していない状態よりも少ない量になってしまう。

これに加えてハンドリングヘッド部からの漏洩流量も存在しており、実測流量の減少効果に含まれている。

以上の効果をこれまでの報告書\*<sup>3</sup>に示されている式により補正する。

$$\Delta P_0(Q_0) = \Delta P_0(Q_1 + Q_2) + \Delta P_1(Q_1) \quad \dots\dots\dots \text{式-II}$$

ここで、

- $Q_0$  : 流量検出ポール未装荷状態での集合体流量
- $\Delta P_0$  : 流量検出ポール未装荷状態での集合体圧損
- $Q_1$  : 流量検出ポール装荷時ポール内流量
- $Q_2$  : 流量検出ポール装荷時ハンドリングヘッド部漏洩流量
- $\Delta P_1$  : 流量検出ポール装荷時ポール圧損

とする。そして  $\Delta P_0$ ,  $Q_2$  は下式で与えられる為、式-II を解くことにより  $Q_0$  を求める。

$$\Delta P_0 (\text{kg/cm}^2) = K (\gamma_0/\gamma)^{n-1} \times (\nu_0/\nu)^{n-2} \times ((10^3 \times \gamma/60) \times Q)^n \times 10^{-4}$$

$$\Delta P_1 = Q_1^2 \left\{ 4.547 \times 10^{-4} + \underbrace{\left( \frac{4.15 \times 10^{-3} \gamma}{0.7 - 1.65 \log Re + (\log Re)^2} \right)}_{\text{流量計内圧損}} \right. \\ \left. + \underbrace{\left( \frac{1.65 \times 10^{-3} \gamma}{0.7 - 1.65 \log Re + (\log Re)^2} \right)}_{\text{検出ポール内圧損}} + 3.81 \times 10^{-5} \times \gamma \times RQ_3 \right\} \dots\dots\dots \text{式-III}$$

$$Q_2 = \left( \frac{\Delta P_1}{0.5213 \times \gamma \times \nu \times 0.038} \right)^{\frac{1}{1.962}} \dots\dots\dots \text{式-IV (炉心領域)}$$

$$= 0.074 \times Q_1 \quad (\text{反射体領域})$$

ここで、

- $\gamma$  : 冷却材密度 (kg/m<sup>3</sup>)
- $\gamma_0$  : 370℃での冷却材密度
- $\nu$  : 動粘性係数 (m<sup>2</sup>/s)
- $\nu_0$  : 370℃での動粘性係数
- $RQ_3$  : 周辺流量比\*4
- $n$  :  $\Delta P$  と  $Q$  の関係式である  $\Delta P = KQ^n$  の指数部で実験的に求められる値である\*3

$$(RQ_3 = 1 + \frac{\text{周辺6体の集合体よりホールダウン軸内に流入し上部まで達する流量}}{\text{検出ポール内の流量}})$$

④ 周辺集合体による流量変化の補正

被測定集合体の周辺6体の集合体よりホールダウン軸内に流入し上部まで達する流量については、3次元熱流動解析コード COMMIX-1A により計算した。

解析対象として選んだのは、中心燃料集合体をはじめとして、周辺集合体との流量配分が特徴的な9集合体である。解析対象集合体と周辺集合体の流量を解析ケースごとに表5.1に示す。

解析は、メッシュ数低減のため周辺集合体を示している。解析の結果を表 5.2 に示す。本結果を元に、式-Vより求めた周辺流量比  $RQ_3$  を表 5.3 に示す。

なお、本解析の詳細を Appendix - A に示す。

⊖ 主 1 次冷却材流量の補正

高流量分布測定時の主 1 次冷却材流量は約 90 %であった為、100%に変換する。主 1 次冷却材流量のデータは A, B 両ループの流量計信号 (mV) より流量計の較正曲線を用いて流量に変換して使用する。

以上の様に流量検出ポールを用いての原データに対する工学単位への変換及び補正は、3 段階 (高流量分布以外では(3)を除いた 2 段階) で流量データとなる。

この変換及び補正はマイクロコンピュータのプログラム化されておりデータ採取系のマイクロコンピュータ (HP-9835) のデータテープより原データを読み込んで自動的に計算を行う方法となっている。

表 5.1 解析対象集合体と流量

解析ケース	中心集合体 流量(kg/s)	周辺 6 体 集 合 体 流 量 (kg/s)						
		1	2	3	4	5	6	
CASE 1	0 0 0	1 A 1	1 B 1	1 C 1	1 D 1	1 E 1	1 F 1	
	8.86	8.86	8.86	8.86	8.86	8.86	8.86	
CASE 2	-1	3 A 1	3 F 3	4 F 4	4 A 1	4 A 2	3 A 2	2 A 1
		7.56	2.73	6.86	6.86	6.86	7.56	8.39
	-2	3 A 1	3 F 3	4 F 4	4 A 1	4 A 2	3 A 2	2 A 1
		7.56	2.73	6.86	6.86	6.86	7.56	8.39
	-3	3 A 1	3 F 3	4 F 4	4 A 1	4 A 2	3 A 2	2 A 1
		7.56	2.73	6.86	6.86	6.86	7.56	8.39
CASE 3	-1	4 A 1	3 A 1	4 F 4	5 F 5	5 A 1	5 A 2	4 A 2
		6.86	7.56	6.86	0.14	0.14	0.14	6.86
	-2	4 A 1	3 A 1	4 F 4	5 F 5	5 A 1	5 A 2	4 A 2
		6.86	7.56	6.86	0.14	0.14	0.14	6.86
CASE 4	5 A 3	4 A 2	5 A 2	6 A 3	6 A 4	5 A 4	4 A 3	
	5.74	6.86	5.74	0.14	0.14	0.14	6.86	
CASE 5	4 F 4	3 F 3	4 F 3	5 F 4	5 F 5	4 A 1	3 A 1	
	6.86	2.73	6.86	5.74	0.14	6.86	7.56	
CASE 6	5 A 2	4 A 1	5 A 1	6 A 2	6 A 3	5 A 3	4 A 2	
	0.14	6.86	0.14	0.14	0.14	5.74	6.86	
CASE 7	5 B 1	5 A 5	6 A 6	6 B 1	6 B 2	5 B 2	4 B 1	
	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	6.86	
CASE 8	6 A 4	5 A 3	6 A 3	7 A 4	7 A 5	6 A 5	5 A 4	
	0.14	5.74	0.14	0.14	0.14	0.14	5.74	
CASE 9	7 A 3	6 A 2	7 A 2	8 A 3	8 A 4	7 A 4	6 A 3	
	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	

(注) 太い線の各組がモデル化した集合体

上段	アドレス
下段	流量

表 5.2 解 析 結 果

解析ケース	被測定集合体		周辺集合体流量(kg/s)			周辺流量比(RQ3)
	名 称	流量(kg/s)	No. 1	No. 2	No. 3	
C A S E 1	炉心燃料 (中心)	8.86	8.86	8.86	8.86	1.345
CASE-2	-1 炉心燃料 (3A1)	7.56	7.56(3A2)	8.39(2A1)	2.73(3F3)	1.359
	-2 炉心燃料 (3A1)	7.56	8.39(2A1)	2.73(3F3)	6.86(4F4)	1.304
	-3 炉心燃料 (3A1)	7.56	2.73(3F3)	6.86(4F4)	6.86(4A1)	1.186
CASE-3	-1 炉心燃料 (4A1)	6.86	0.14(5A1)	0.14(5A2)	6.86(4A2)	1.202
	-2 炉心燃料 (4A1)	6.86	7.56(3A1)	6.86(4F4)	0.14(5F5)	1.398
C A S E 4	炉心燃料 (5A3)	5.74	5.74(5A2)	0.14(6A3)	0.14(6A4)	1.206
C A S E 5	炉心燃料 (4F4)	6.86	5.74(5F4)	0.14(5F5)	6.86(4A1)	1.189
C A S E 6	内側反射体 (5A2)	0.14	5.74(5A3)	6.86(4A2)	6.86(4A1)	45.004
C A S E 7	内側反射体 (5B1)	0.14	0.14(6B2)	0.14(5B2)	6.86(4B1)	30.735
C A S E 8	内側反射体 (6A1)	0.14	5.74(5A4)	5.74(5A3)	0.14(6A3)	40.461
C A S E 9	外側反射体 A(7A3)	0.14	0.14(6A2)	0.14(7A2)	0.14(8A3)	1.744

表5.3 周辺流量比 (RQ3)

アドレス	CASE No	R Q 3	アドレス	CASE No	R Q 3	アドレス	CASE No	R Q 3
0 0 0	1	1.345	3 F 2	2-1	1.359	6 D 4	7	30.735
1 A 1	1	1.345	4 A 1	3-1	1.202	6 D 5	7	30.735
1 B 1	1	1.345	4 A 2	5	1.189	6 D 6	9	1.744
1 C 1	1	1.345	4 A 3	2-1	1.359	6 F 6	9	1.744
1 D 1	1	1.345	4 A 4	5	1.189	6 F 1	9	1.744
1 E 1	1	1.345	4 B 1	3-1	1.202	7 D 3	9	1.744
2 A 1	2-1	1.359	4 B 2	5	1.189	7 D 4	9	1.744
2 A 2	2-1	1.359	4 B 3	2-1	1.359	7 D 7	9	1.744
2 B 1	2-1	1.359	4 B 4	5	1.189	7 F 7	9	1.744
2 B 2	2-1	1.359	4 C 1	3-1	1.202	8 D 4	9	1.744
2 C 1	2-1	1.359	4 C 2	5	1.189	8 D 5	9	1.744
2 C 2	2-1	1.359	4 C 3	2-1	1.359	8 D 8	9	1.744
2 D 1	2-1	1.359	4 C 4	5	1.189	9 D 5	9	1.744
2 D 2	2-1	1.359	4 D 1	3-1	1.202	9 D 6	9	1.744
2 E 1	2-1	1.359	4 D 2	5	1.189	9 D 9	9	1.744
2 E 2	2-1	1.359	4 D 3	2-1	1.359	10 D 4	9	1.744
2 F 1	2-1	1.359	4 D 4	5	1.189	10 D 5	9	1.744
2 F 2	2-1	1.359	4 E 1	3-1	1.202	10 D 6	9	1.744
3 A 1	2-1	1.359	4 E 2	5	1.189	10 D 7	9	1.744
3 A 2	2-1	1.359	4 E 3	2-1	1.359	10 D 8	9	1.744
3 B 1	2-1	1.359	4 E 4	5	1.189	10 D 9	9	1.744
3 B 2	2-1	1.359	4 F 1	3-1	1.202			
3 C 1	2-1	1.359	4 F 2	5	1.189			
3 C 2	2-1	1.359	4 F 3	2-1	1.359			
3 D 1	2-1	1.359	4 F 4	2-1	1.359			
3 D 2	2-1	1.359	5 A 1	7	30.735			
3 E 1	2-1	1.359	5 A 2	6	45.004			
3 E 2	2-1	1.359	5 A 3	4	1.206			
3 F 1	2-1	1.359	5 A 4	4	1.206			

崩壊熱計算コード“FPGS-3.5”による。

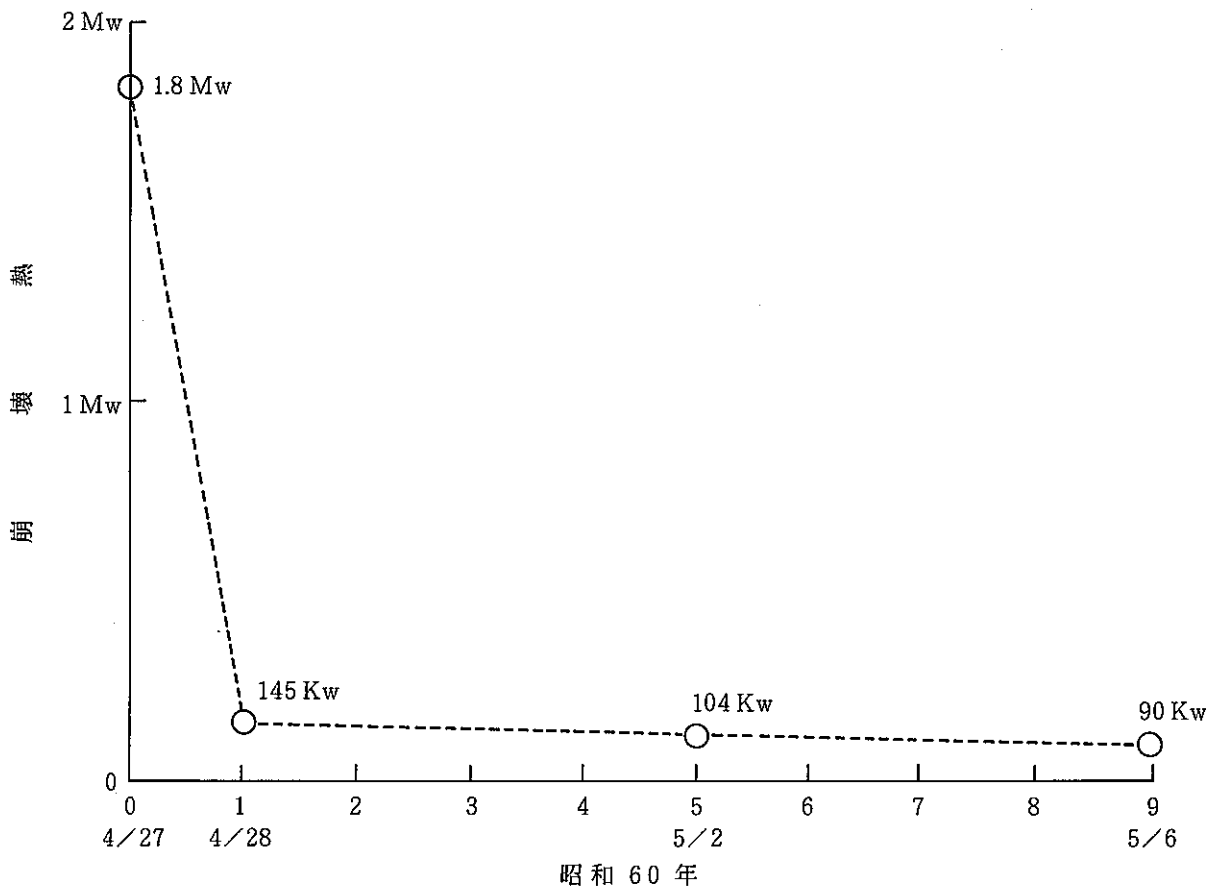


図5.1 崩壊熱解析結果

## 6. 試験結果

### 6.1 再現性チェック試験

流量検出ポールをNa中に浸漬してからの中心燃料集合体〔000〕の測定流量の変化を誤差(%)にして表6.1に示す。

再現性チェック試験は高流量分布試験と同時に行なっている為、該当するデータのみ表にして示した。

この表6.1を図にしたものが、図6.1である。図より判る様に平均値よりの変動は、 $\pm 0.7\%$ 程度となっている。

一方、炉心内流量分布測定における再現性チェック試験では、流量検出ポールをNa浸漬後、徐々に流量信号が増加する傾向を示している。

図6.1を観察すると、2番目のデータのみが減少の方向に動いている。これは、第1回炉心内流量分布測定の報告書で述べられている現象が、再現されたと考えられる。この減少以後は、徐々に増加する傾向を示している。

これらの現象についての原因として考えられるのは、まず、減少現象については、流量計内壁が酸化物の薄膜で覆われ、これが接触抵抗として働いている為と考えられる。この減少以後の増加現象の原因については明らかにできなかったが、その誤差は $\pm 0.7\%$ 程度と小さく採取データに影響を与えるほどではないと判断した。

### 6.2 流量計直線性確認試験

1次系主流量を横軸に、中心燃料集合体〔000〕の補正流量を縦軸に配置した場合の特性を図6.2に示す。

図からも明らかな様に、1次系主流量100%～20%における流量計の直線性は良好である。

### 6.3 高流量分布測定試験

高流量分布測定試験において採取したデータの補正結果を表6.2から表6.14に示す。

高流量分布測定試験では1次系主流量を90%に設定して試験を行ったが、これまでの3回の炉心内流量分布測定試験における高流量分布の測定では1次系主流量が100%になる様に補正を行っており、今回の流量補正時においても、整合性を保つ為に同様の補正(第5章5.3項参照)を行った。

本試験における炉心構成要素各列の流量配分を表6.15と図6.3に示す。

図6.3中の「△」で示されている値は、流量配分計算コード“JOYFL-2”にて計算された予測値である。“JOYFL-2”は、集合体(あるいは流路)単位毎の流動特性値と集合体単位毎の



発熱量が与えられている場合に、原子炉入口冷却材温度及び流量を境界条件として、原子炉容器内の流量配分を計算するコードで、

- ① 集合体（あるいは流路）単位の流量。
- ② 各プレナムの圧力。

等を計算する。

なお、本解析の概要を Appendix - B に示す。

図からも明らかな様に予測値（JOYFL-2 計算結果）と実測値（高流量分布測定データの補正平均値）は、0～5列の燃料部については、実測値が予測値よりやや高い傾向があるが、その誤差は約2%程度であり、両者はよく一致していると言える。

一方、以前よりの炉心内流量分布測定試験において問題になっている、炉心-反射体境界領域での補正計算を精度良く行なうことが今回の試験結果のデータにおいても実施できなかった。

（この原因については、第7章にて詳しく述べる）

この為、特に周辺流量効果の高い内側反射体5列の、測定・補正流量は参考値とし、データとしては採用しないこととする。

高流量分布測定試験から、以下のことが判った。

- (イ) 炉心構成要素の0～5列では計算値より2%程度高い値を示す。
- (ロ) 炉心5列の反射体流量は流量計の構造等に問題があり、この為測定誤差が大きくなり、データとして精度が低い。（第7章）

#### 6.4 低流量分布測定試験

低流量分布測定試験において採取したデータの補正結果を表6.16より表6.25までに示す。これらの表のデータは、5.3項で述べられている流量計出力信号の補正式により流量(kg/s)に補正してある。

表6.26には炉心内流量配分計算コード“JOYFL-2”にて計算を行った結果と実測値及び両者の差を示してある。

“JOYFL-2”の計算結果は、前述の高流量分布測定試験の結果と同様に、1次主冷却材流量を20%として計算した結果である。

この表6.26を図にして示したのが、図6.4である。低流量分布測定試験の結果から以下のことが判る。

- (イ) 炉心内流量配分計算コード“JOYFL-2”の計算値に対して、炉心燃料部で約+2%と非常に良く合っている。
- (ロ) 全体的な流量配分は、高流量時のパターンに類似しており、1次系主流量が20%に低下しても炉心構成要素の流量配分は、あまり変化しない。

## 6.5 極低流量分布測定試験

極低流量分布測定試験において採取したデータの補正結果を表 6.27 から表 6.37 までに示す。これらの表のデータは、5.3 項で述べられている流量計出力信号の補正計算式により流量 (kg/s) に補正してある。

表 6.38 には炉心内流量配分計算コード “JOYFL-2” にて計算を行った結果と実測値及び両者の差を示してある。

“JOYFL-2” の計算結果は、前述の高流量分布測定試験の結果と同様に、1 次主冷却材流量を 6% として計算した結果である。

この表 6.38 を図にして示したのが、図 6.5 である。極低流量分布測定試験の結果から以下のことが判る。

- (イ) 炉心内流量配分計算コード “JOYFL-2” の計算値に対して、炉心燃料部で約 +6% と非常に良く合っている。
- (ロ) 全体的な流量配分は、高流量時のパターンに類似しており、1 次系主流量が 6% に低下しても炉心構成要素の流量配分は、あまり変化しない。

## 6.6 ポンプ停止時流量分布測定試験

ポンプ停止時流量分布測定試験において採取したデータの補正結果を表 6.39 から表 6.49 に示す。これらの表のデータは、5.3 項で述べられている流量計出力信号の補正計算手法を用いて、実流量に補正した補正流量 (kg/s) となっている。

ポンプ停止時の流量分布測定試験は、一連の流量分布測定において始めて実施された試験である為、蓄積されたデータが存在しない。

この様な理由から、計算機による予測計算を行ってポンプ停止時の流量補正データの解析・評価の指針とした。予測計算は、崩壊熱計算コード FPGS-3.5” にて試験時の崩壊熱計算を行い、この計算結果を 3 次元熱流動解析コード “COMMIX-1A” にて流量に変換して出力する。

表 6.50 に、5.3 項で述べた補正計算手法を用いて、実流量に補正した補正流量 (kg/s) と、上記の予測計算手法により出力した値を示す。この表のデータを、図 6.6 に示す。

“COMMIX-1A” にて計算を行う際に、ポンプ停止時流量分布測定の条件である 1 次系主ポンプ停止を考慮に入れた、原子炉入口流量 0 m<sup>3</sup>/h と、原子炉入口温度についての断熱境界条件を設定している。この為、図 6.6 の予測流量で、反射体部 10 列の流量が大きくなってしまおうと燃料部全体の流量が、実測値に対して一定の幅を持って高目になる傾向が判る。

ポンプ停止時流量分布測定の試験結果から以下のことが判る。

- (イ) 実測値は “COMMIX-1A” の予測計算に対して多少の差はあるものの、全般的にはよく一致している。

Appendix-C に “COMMIX-1A” によるポンプ停止時の流速ベクトル図を示す。

表6.1 再現性試験結果表

番号	測定日	経過時刻 (時:分)	補正流量 (kg/cm <sup>2</sup> )	誤差 (%)
1	S 60/04/30	00:00	9.072	-0.341
2	S 60/04/30	00:06	9.051	-0.571
3	S 60/04/30	04:47	9.076	-0.297
4	S 60/05/01	21:41	9.088	-0.164
5	S 60/05/01	29:15	9.115	-0.132
6	S 60/05/02	45:47	9.147	-0.483
7	S 60/05/02	51:04	9.169	-0.725

本表に記載されている基準値との相対差について、その算出方法を以下に示す。

○ 基準値との相対差は、次の式にて導出する。

$$\bar{S} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \quad \text{.....} \rightarrow \text{式(I)}$$

$$A_i = \frac{(S_i - \bar{S})}{\bar{S}} \quad \text{.....} \rightarrow \text{式(II)}$$

A<sub>i</sub>: 基準値との相対差

S<sub>i</sub>: 絶対誤差

表 6.2 高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (1)

&lt; 炉心燃料 ( 0, 1 列 ) &gt;

整理番号	測定時間	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
1	4.30 11:36	000	9.072E+00	1.487E+01
2	4.30 11:42	000	9.051E+00	1.484E+01
3	4.30 13:38	1A1	9.242E+00	1.517E+01
4	4.30 13:51	1B1	9.156E+00	1.505E+01
23	4.30 16:23	000	9.076E+00	1.494E+01
24	5. 1 9:17	000	9.088E+00	1.500E+01
30	5. 1 10:10	1F1	9.250E+00	1.526E+01
69	5. 1 16:51	000	9.115E+00	1.503E+01
70	5. 2 9:23	000	9.147E+00	1.507E+01
84	5. 2 10:52	1E1	9.223E+00	1.520E+01
85	5. 2 11:00	1D1	9.214E+00	1.519E+01
86	5. 2 11:09	1C1	9.322E+00	1.537E+01
102	5. 2 14:40	000	9.169E+00	1.511E+01

表 6.3 高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (2)

&lt; 炉心燃料 (2列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
5	4.30 14:01	2A2	8.602E+00	1.423E+01
6	4.30 14:11	2B1	8.702E+00	1.440E+01
16	4.30 15:23	2A1	8.810E+00	1.458E+01
29	5. 1 10:01	2F2	8.697E+00	1.445E+01
31	5. 1 10:19	2E2	8.762E+00	1.455E+01
32	5. 1 10:27	2F1	8.820E+00	1.464E+01
43	5. 1 11:45	2E1	8.747E+00	1.453E+01
81	5. 2 10:33	2D1	8.824E+00	1.463E+01
83	5. 2 10:45	2D2	8.690E+00	1.441E+01
87	5. 2 11:16	2C2	8.641E+00	1.434E+01
88	5. 2 11:23	2C1	8.746E+00	1.450E+01
101	5. 2 14:24	2B2	8.715E+00	1.446E+01

表 6.4 高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (3)

&lt; 炉心燃料 (3列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
7	4.30 14:20	3B1	7.836E+00	1.309E+01
15	4.30 15:15	3A2	7.807E+00	1.305E+01
17	4.30 15:30	3A1	7.793E+00	1.303E+01
28	5. 1 9:54	3F2	7.983E+00	1.338E+01
33	5. 1 10:34	3F1	7.835E+00	1.315E+01
42	5. 1 11:38	3E2	7.838E+00	1.314E+01
44	5. 1 13:20	3E1	7.855E+00	1.317E+01
80	5. 2 10:27	3D1	7.793E+00	1.306E+01
82	5. 2 10:39	3D2	7.998E+00	1.340E+01
89	5. 2 11:29	3C2	7.738E+00	1.297E+01
93	5. 2 13:35	3C1	7.851E+00	1.316E+01
100	5. 2 14:19	3B2	7.814E+00	1.310E+01

表 6.5 高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (4) - その 1

&lt; 炉心燃料 (4列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
8	4.30 14:28	4B1	7.242E+00	1.220E+01
9	4.30 14:35	4A4	7.092E+00	1.195E+01
13	4.30 15:01	4A3	7.122E+00	1.200E+01
14	4.30 15:08	4A2	7.216E+00	1.216E+01
18	4.30 15:36	4F4	7.181E+00	1.209E+01
19	4.30 15:44	4A1	7.189E+00	1.212E+01
27	5. 1 9:46	4F3	7.117E+00	1.204E+01
34	5. 1 10:41	4F2	7.108E+00	1.203E+01
35	5. 1 10:49	4F1	7.157E+00	1.211E+01
37	5. 1 11:05	4E4	7.033E+00	1.191E+01
40	5. 1 11:25	4E3	7.180E+00	1.214E+01
41	5. 1 11:32	4E2	7.122E+00	1.206E+01
45	5. 1 13:27	4E1	7.074E+00	1.197E+01
68	5. 1 16:39	4D3	7.109E+00	1.201E+01

表 6.6 高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (4) - その 2

&lt; 炉心燃料 (4列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
94	5. 2 13:41	4C1	7.294E+00	1.232E+01
95	5. 2 13:48	4B4	7.087E+00	1.197E+01
97	5. 2 14:00	4B3	7.084E+00	1.196E+01
99	5. 2 14:13	4B2	7.204E+00	1.218E+01
71	5. 2 9:32	4D4	7.221E+00	1.221E+01
73	5. 2 9:45	4D2	7.237E+00	1.223E+01
75	5. 2 9:56	4D1	7.250E+00	1.225E+01
79	5. 2 10:21	4C4	7.220E+00	1.220E+01
90	5. 2 11:35	4C3	7.179E+00	1.212E+01
92	5. 2 13:28	4C2	7.205E+00	1.217E+01

表 6.7 高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (5)

&lt; 炉心燃料 (5列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
10	4.30 14:43	5 A 4	5.979E+00	1.018E-01
11	4.30 14:50	5 A 3	6.009E+00	1.023E-01
12	4.30 14:54	5 A 3	5.983E+00	1.019E-01
25	5. 1 9:30	5 F 4	5.882E+00	1.005E-01
26	5. 1 9:38	5 F 3	6.020E+00	1.029E-01
38	5. 1 11:11	5 E 4	5.954E+00	1.018E-01
39	5. 1 11:18	5 E 3	6.025E+00	1.030E-01
67	5. 1 16:30	5 D 4	5.975E+00	1.021E-01
72	5. 2 9:38	5 D 3	5.959E+00	1.017E-01
78	5. 2 10:14	5 C 4	5.977E+00	1.020E-01
91	5. 2 13:20	5 C 3	6.031E+00	1.029E-01
96	5. 2 13:54	5 B 4	5.960E+00	1.017E-01
98	5. 2 14:06	5 B 3	5.952E+00	1.016E-01

表 6.8 高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (6)

&lt; AMIR (6列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
21	4.30 16:03	6 F 6	3.086E-01	5.285E-01
77	5. 2 10:08	6 C 6	3.052E-01	5.241E-01

表 6.9 高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (7)

&lt; SMIR (7列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
22	4.30 16:10	7 F 7	3.176E-01	5.436E-01

表 6.10 高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (8)

&lt; 内側反射体 (5, 6列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
20	4.30 15:56	5F5	1.841E-02	3.808E-02
46	5.1 13:40	5D5	-2.630E-03	2.797E-03
47	5.1 13:50	6D5	7.035E-02	1.260E-01
48	5.1 13:57	6D6	1.042E-01	1.839E-01
64	5.1 16:11	6D2	1.118E-01	1.966E-01
65	5.1 16:18	6D3	7.803E-02	1.390E-01
66	5.1 16:24	6D4	4.784E-02	8.798E-02
74	5.2 9:50	5D2	1.683E-02	3.548E-02
76	5.2 10:02	5D1	5.390E-02	9.820E-02

表 6.11 高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (9)

&lt; 外側反射体 A (7, 8, 9列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
49	5.1 14:04	7D7	1.140E-01	2.004E-01
50	5.1 14:11	8D8	1.184E-01	2.079E-01
51	5.1 14:18	9D9	1.156E-01	2.033E-01
55	5.1 14:43	9D6	1.157E-01	2.033E-01
57	5.1 14:56	9D5	1.175E-01	2.065E-01
60	5.1 15:47	8D4	1.200E-01	2.105E-01
61	5.1 15:53	8D5	1.143E-01	2.009E-01
62	5.1 15:59	7D4	1.133E-01	1.993E-01
63	5.1 16:05	7D3	1.160E-01	2.038E-01



表 6.12 高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (10)

&lt; 外側反射体B-I (10列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
53	5. 1 14:31	10D8	1.135E-01	1.997E-01
56	5. 1 14:50	10D6	1.161E-01	2.042E-01
59	5. 1 15:40	10D4	1.241E-01	2.175E-01

表 6.13 高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (11)

&lt; 外側反射体B-II (10列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
52	5. 1 14:25	10D9	9.834E-02	1.739E-01
54	5. 1 14:37	10D7	9.617E-02	1.701E-01
58	5. 1 15:34	10D5	9.314E-02	1.651E-01

表 6.14 高流量分布測定試験データ 流量補正結果 (12)

&lt; 中性子源 (6列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
36	5. 1 10:57	6F1	6.650E-01	1.133E+00

表 6.15 高流量分布測定試験データの補正值と予測値及び誤差

流 路		補正流量 (kg/s)	予測流量 (kg/s)	誤差 (%)
炉 心 燃 料	0 列	9.103	9.12	- 0.187
	1 列	9.235	9.12	+ 1.245
	2 列	8.730	8.65	+ 0.916
	3 列	7.845	7.74	+ 1.338
	4 列	7.163	7.09	+ 1.019
	5 列	5.977	5.87	+ 1.790
反 射 体 ・ そ の 他	5 列	0.169	0.097	+ 42.604
	6 列	0.169	0.097	+ 42.604
	AMIR (6列)	0.307	0.292	+ 4.886
	N.S (6列)	0.665	0.648	+ 2.556
	7 列	0.114	0.106	+ 7.018
	SMIR (7列)	0.318	0.297	+ 6.604
	8 列	0.118	0.083	+ 29.661
	9 列	0.116	0.083	+ 28.448
	10 列	0.107	0.083	+ 22.430

第 6.16 低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (1)

&lt; 炉心燃料 (0, 1列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
1	5. 5 9:10	0 0 0	1.790E + 00	3.078E + 00
2	5. 5 9:23	1 B 1	1.809E + 00	3.112E + 00
12	5. 5 10:17	1 A 1	1.811E + 00	3.114E + 00
13	5. 5 10:28	1 E 1	1.817E + 00	3.126E + 00
30	5. 5 13:53	1 D 1	1.807E + 00	3.108E + 00
31	5. 5 14:03	0 0 0	1.787E + 00	3.074E + 00

表 6.17 低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (2)

&lt; 炉心燃料 (2列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
3	5. 5 9:29	2 B 1	1.730E + 00	2.985E + 00
11	5. 5 10:12	2 A 1	1.737E + 00	2.996E + 00
14	5. 5 10:33	2 E 1	1.732E + 00	2.989E + 00
29	5. 5 13:47	2 D 1	1.741E + 00	3.003E + 00

表 6.18 低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (3)

&lt; 炉心燃料 (3列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
4	5. 5 9:34	3 B 1	1.592E + 00	2.762E + 00
10	5. 5 10:07	3 A 1	1.584E + 00	2.749E + 00
15	5. 5 10:38	3 E 1	1.584E + 00	2.750E + 00
28	5. 5 13:42	3 D 1	1.578E + 00	2.737E + 00

表 6.19 低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (4)

&lt; 炉心燃料 (4列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
5	5.5 9:39	4 B 1	1.475E + 00	2.573E + 00
9	5.5 10:02	4 A 1	1.472E + 00	2.566E + 00
16	5.5 10:43	4 E 1	1.448E + 00	2.525E + 00
27	5.5 13:36	4 D 1	1.488E + 00	2.595E + 00

表 6.20 低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (5)

&lt; AMIR (6列) &gt;

整理番号	測定時間	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
7	5.5 9:51	6 F 6	5.282E - 02	1.011E - 01

表 6.21 低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (6)

&lt; SMIR (7列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
6	5.5 9:46	7 F 7	5.499E - 02	1.050E - 01

表 6.22 低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (7)

&lt; 内側反射体 (5, 6列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
8	5.5 9:57	5 A 1	7.791E - 03	2.104E - 02
17	5.5 10:48	5 D 5	-1.918E - 03	3.833E - 03
18	5.5 10:54	6 D 6	1.558E - 02	3.494E - 02

表 6.23 低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (8)

&lt; 外側反対体A (7, 8, 9列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
19	5. 5 10:59	7D7	1.460E-02	3.321E-02
20	5. 5 11:05	8D8	1.632E-02	3.625E-02
21	5. 5 11:10	9D9	1.743E-02	3.825E-02
25	5. 5 13:24	9D6	1.431E-02	3.269E-02
26	5. 5 13:29	8D5	1.363E-02	3.148E-02

表 6.24 低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (9)

&lt; 外側反射体B-I (10列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
23	5. 5 11:21	10D8	1.833E-02	3.984E-02

表 6.25 低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (10)

&lt; 外側反射体B-II (10列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
22	5. 5 11:16	10D9	1.387E-02	3.191E-02
24	5. 5 13:19	10D7	1.322E-02	3.075E-02

表 6.26 低流量分布測定試験データの補正值と予測値及び誤差

	流 路	補正流量 (kg/s)	予測流量 (kg/s)	誤 差 (%)
炉 心 燃 料	0 列	1.789	1.76	+ 1.65
	1 列	1.829	1.76	+ 3.92
	2 列	1.735	1.70	+ 2.06
	3 列	1.585	1.55	+ 2.26
	4 列	1.471	1.45	+ 1.45
	5 列	—	1.20	—
反 射 体 ・ そ の 他	5 列	—	0.0199	—
	6 列	—	0.0199	—
	AMIR (6列)	0.053	0.0583	- 9.38
	N.S (6列)	—	0.0134	—
	7 列	0.015	0.0214	- 42.67
	SMIR (7列)	0.055	0.0594	- 8.00
	8 列	0.0163	0.0121	+ 34.71
	9 列	0.0151	0.0121	+ 24.79
10 列	0.0135	0.0121	+ 11.57	

表 6.27 極低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (1)

&lt; 炉心燃料 (0, 1列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
1	5. 3 9:50	0 0 0	5.494E-01	9.631E-01
2	5. 3 10:11	1 B 1	5.549E-01	9.726E-01
13	5. 3 11:16	1 A 1	5.569E-01	9.761E-01
14	5. 3 11:28	1 E 1	5.616E-01	9.842E-01
33	5. 3 14:46	1 D 1	5.638E-01	9.879E-01
34	5. 3 14:56	0 0 0	5.576E-01	9.774E-01

表 6.28 極低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (2)

&lt; 炉心燃料 (2列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
3	5. 3 10:18	2 B 1	5.354E-01	9.404E-01
12	5. 3 11:10	2 A 1	5.410E-01	9.501E-01
15	5. 3 11:33	2 E 1	5.425E-01	9.528E-01
32	5. 3 14:40	2 D 1	5.475E-01	9.614E-01

表 6.29 極低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (3)

&lt; 炉心燃料 (3列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
4	5. 3 10:24	3 B 1	5.033E-01	8.871E-01
11	5. 3 11:04	3 A 1	5.006E-01	8.825E-01
16	5. 3 11:39	3 E 1	5.039E-01	8.882E-01
31	5. 3 14:34	3 D 1	5.058E-01	8.914E-01

表 6.30 極低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (4)

&lt; 炉心燃料 (4列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
5	5. 3 10:30	4 B 1	4.744E-01	8.375E-01
9	5. 3 10:55	4 A 1	4.763E-01	8.408E-01
17	5. 3 11:46	4 E 1	4.715E-01	8.325E-01
30	5. 3 14:29	4 D 1	4.860E-01	8.579E-01

表 6.31 極低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (5)

&lt; 炉心燃料 (5列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
28	5. 3 14:16	5 D 4	4.193E-01	7.439E-01
29	5. 3 14:22	5 D 3	4.074E-01	7.230E-01

表 6.32 極低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (6)

&lt; AMIR (6列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
7	5. 3 10:43	6 F 6	1.186E-02	2.829E-02

表 6.33 極低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (7)

&lt; SMIR (7列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
6	5. 3 10:38	7 F 7	1.198E-02	2.853E-02



表 6.34 極低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (8)

&lt; 内側反射体 (5, 6列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
8	5. 3 10:49	5A1	-7.167E-04	5.947E-03
18	5. 3 13:17	5D5	2.279E-03	1.128E-02
19	5. 3 13:23	6D6	4.009E-03	1.436E-02

表 6.35 極低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (9)

&lt; 外側反射体 (7, 8, 9列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
20	5. 3 13:29	7D7	2.088E-03	1.094E-02
21	5. 3 13:34	8D1	2.520E-03	1.171E-02
22	5. 3 13:40	9D9	2.021E-03	1.082E-02
26	5. 3 14:04	9D6	1.747E-03	1.033E-02
27	5. 3 14:10	8D5	2.198E-04	7.610E-03

表 6.36 極低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (10)

&lt; 外側反射体B-I (10列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
24	5. 3 13:53	10D8	2.828E-03	1.225E-02

表 6.37 極低流量分布測定試験データ 流量補正結果 (11)

&lt; 外側反射体B-II (10列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
23	5. 3 13:46	10D9	8.283E-04	8.696E-03
25	5. 3 13:59	10D7	1.983E-03	1.075E-02

表 6.38 極低流量分布測定試験データの補正值と予測値及び誤差

流 路		補正流量 (kg/s)	予測流量 (ka/s)	誤 差 (%)
炉 心 燃 料	0 列	0.554	0.526	+ 5.23
	1 列	0.559	0.526	+ 6.27
	2 列	0.542	0.514	+ 5.45
	3 列	0.503	0.475	+ 5.89
	4 列	0.477	0.453	+ 5.30
	5 列	0.413	0.374	+10.43
反 射 体 ・ そ の 他	5 列	—	0.00443	—
	6 列	0.00401	0.00466	-16.21
	AMIR (6列)	0.0119	0.0126	- 5.88
	N.S (6列)	—	0.0299	—
	7 列	0.00209	0.00197	+ 6.09
	SMIR (7列)	0.0120	0.0129	- 7.50
	8 列	0.00234	0.00197	+18.78
	9 列	0.00188	0.00197	- 4.79
	10 列	0.00188	0.00197	- 4.79

表 6.39 ポンプ停止時流量分布測定試験データ 流量補正結果 (1)

&lt; 炉心燃料 (0, 1列) &gt;

整理番号	測定時間	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
1	5. 3 17:25	0 0 0	3.877E-02	7.546E-02
2	5. 3 17:36	1 A 1	3.744E-02	7.318E-02
12	5. 3 18:37	1 B 1	3.503E-02	6.897E-02
15	5. 3 19:00	1 F 1	3.297E-02	6.541E-02
16	5. 3 19:08	0 0 0	3.696E-02	7.245E-02
17	5. 4 9:23	0 0 0	4.851E-02	9.251E-02
26	5. 4 10:18	1 E 1	3.746E-02	7.318E-02
38	5. 4 11:34	0 0 0	-3.856E-02	4.190E-02
47	5. 4 14:12	1 D 1	3.970E-02	7.711E-02
49	5. 4 14:27	1 C 1	3.771E-02	7.365E-02
54	5. 4 15:09	0 0 0	3.856E-02	7.516E-02

表 6.40 ポンプ停止時流量分布測定試験データ 流量補正結果 (2)

&lt; 炉心燃料 (2列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
3	5. 3 17:41	2 A 1	3.072E-02	6.144E-02
11	5. 3 18:31	2 B 1	2.835E-02	5.728E-02
13	5. 3 18:44	2 A 2	2.421E-02	4.998E-02
14	5. 3 18:53	2 F 2	2.857E-02	5.768E-02
18	5. 4 9:30	2 F 1	3.809E-02	7.435E-02
21	5. 4 9:49	2 E 2	3.254E-02	6.460E-02
25	5. 4 10:13	2 E 1	3.245E-02	6.444E-02
28	5. 4 10:32	2 D 2	3.307E-02	6.552E-02
46	5. 4 14:06	2 D 1	3.412E-02	6.736E-02
48	5. 4 14:19	2 C 2	3.092E-02	6.177E-02
50	5. 4 14:35	2 B 2	3.600E-02	7.075E-02
51	5. 4 14:42	2 C 1	3.163E-02	6.306E-02

表 6.41 ポンプ停止時流量分布測定試験データ 流量補正結果 (3)

&lt; 炉心燃料 (3列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
4	5. 3 17:47	3 A 1	2.057E-02	4.357E-02
10	5. 3 18:25	3 B 1	2.023E-02	4.296E-02
19	5. 4 9:36	3 F 1	3.072E-02	6.142E-02
22	5. 4 9:55	3 E 2	3.094E-02	6.180E-02
24	5. 4 10:07	3 E 1	2.566E-02	5.249E-02
43	5. 4 13:45	3 D 2	3.196E-02	6.356E-02
45	5. 4 13:58	3 D 1	2.796E-02	5.653E-02
52	5. 4 14:48	3 C 1	2.059E-02	4.361E-02

表 6.42 ポンプ停止時流量分布測定試験データ 流量補正結果 (4)

&lt; 炉心燃料 (4列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
5	5. 3 17:53	4 A 1	3.710E-03	1.378E-02
9	5. 3 18:19	4 B 1	3.326E-03	1.310E-02
20	5. 4 9:42	4 F 1	1.860E-02	4.007E-02
23	5. 4 10:01	4 E 1	1.248E-02	2.927E-02
27	5. 4 10:26	4 D 4	1.314E-02	3.043E-02
42	5. 4 13:39	4 D 3	2.235E-02	4.664E-02
44	5. 4 13:52	4 D 1	1.240E-02	2.912E-02
53	5. 4 14:56	4 C 1	7.693E-03	2.083E-02

表 6.43 ポンプ停止時流量分布測定試験データ 流量補正結果 (5)

&lt; 炉心燃料 (5列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
40	5. 4 13:26	5 D 3	1.121E-02	2.703E-02
41	5. 4 13:33	5 D 4	1.110E-02	2.683E-02

表 6.44 ポンプ停止時流量分布測定試験データ 流量補正結果 (6)

&lt; AMIR (6列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
7	5. 3 18:05	6 F 6	-5.481E-03	-2.530E-03

表 6.45 ポンプ停止時流量分布測定試験データ 流量補正結果 (7)

&lt; SMIR (7列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
8	5. 3 18:11	7 F 7	-6.501E-03	-4.346E-03

表 6.46 ポンプ停止時流量分布測定試験データ 流量補正結果 (8)

&lt; 内側反射体 (5, 6列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
6	5. 3 18:00	5 A 1	-2.485E-03	2.790E-03
29	5. 4 10:39	5 D 5	1.999E-03	1.078E-02
30	5. 4 10:45	6 D 6	-1.097E-03	5.267E-03

表 6.47 ポンプ停止時流量分布測定試験データ 流量補正結果 (9)

&lt; 外側反射体A (7, 8, 9列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
31	5. 4 10:51	7 D 7	-9.188E-04	5.586E-03
32	5. 4 10:57	8 D 8	-1.183E-03	5.116E-03
33	5. 4 11:05	9 D 9	-3.315E-03	1.317E-03
37	5. 4 11:29	9 D 6	-3.001E-03	1.875E-03
39	5. 4 13:19	8 D 5	-2.254E-03	3.210E-03

表 6.48 ポンプ停止時流量分布測定試験データ 流量補正結果 (10)

&lt; 外側反射体B-I (10列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
35	5. 4 11:17	10D8	-7.502E-03	-6.144E-03

表 6.49 ポンプ停止時流量分布測定試験データ 流量補正結果 (11)

&lt; 外側反射体B-II (10列) &gt;

整理番号	測定時刻	アドレス	補正流量 (kg/s)	流量計出力 (mV)
34	5. 4 11:11	10D9	-7.333E-03	-5.845E-03
36	5. 4 11:23	10D7	-6.157E-03	-3.751E-03

表 6.50 ポンプ停止時流量分布測定試験データの補正值と予測値

流 路		補正流量 (kg/s)	予測流量 (kg/s)
炉 心 燃 料	0 列	0.0407	0.05228
	1 列	0.0367	0.04830
	2 列	0.0317	0.04153
	3 列	0.0261	0.03343
	4 列	0.0171	0.02901
	5 列	0.0116	0.01950
反 射 体 ・ そ の 他	5 列	—	0.00358
	6 列	-0.00110	—
	AMIR (6列)	-0.00548	—
	N.S (6列)	—	—
	7 列	-0.00919	-0.00185
	SMIR (7列)	-0.00650	—
	8 列	-0.00172	-0.00348
	9 列	-0.00316	-0.00570
	10 列	-0.00700	-0.04020

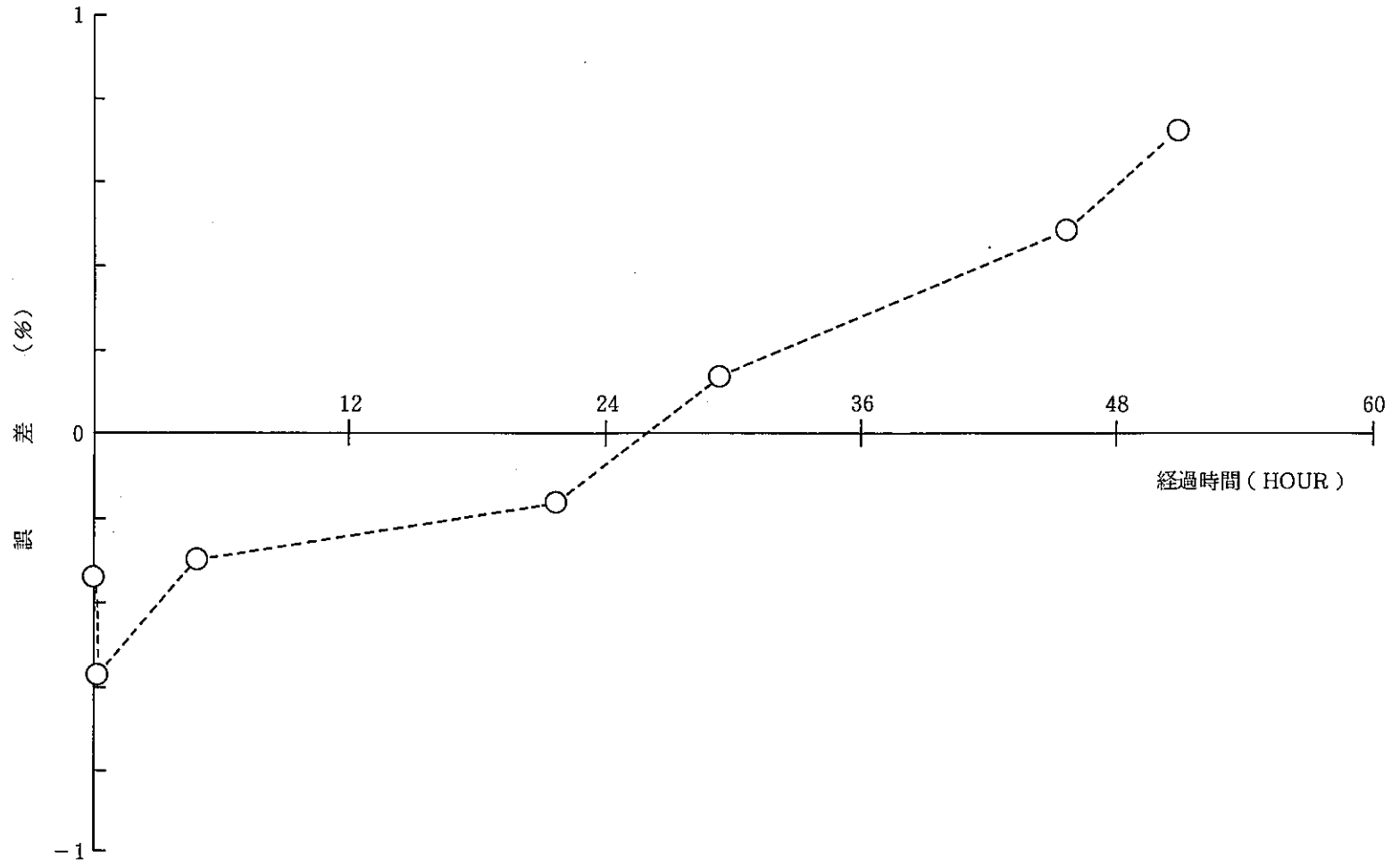


圖 6.1 再現性試驗結果



1次系主流量 2520 m<sup>3</sup>/h が 100% に相当する。

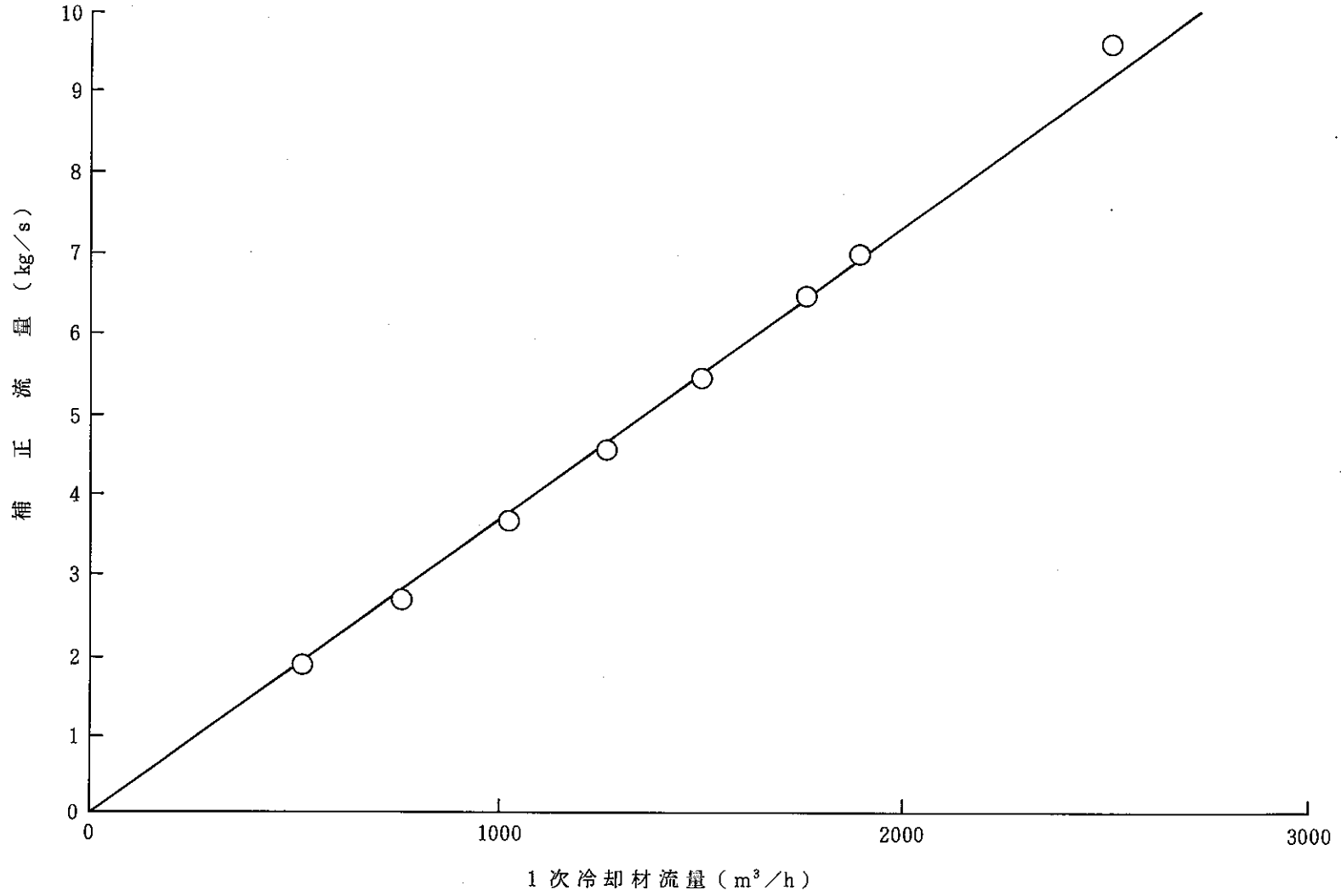


図6.2 直線性確認試験結果

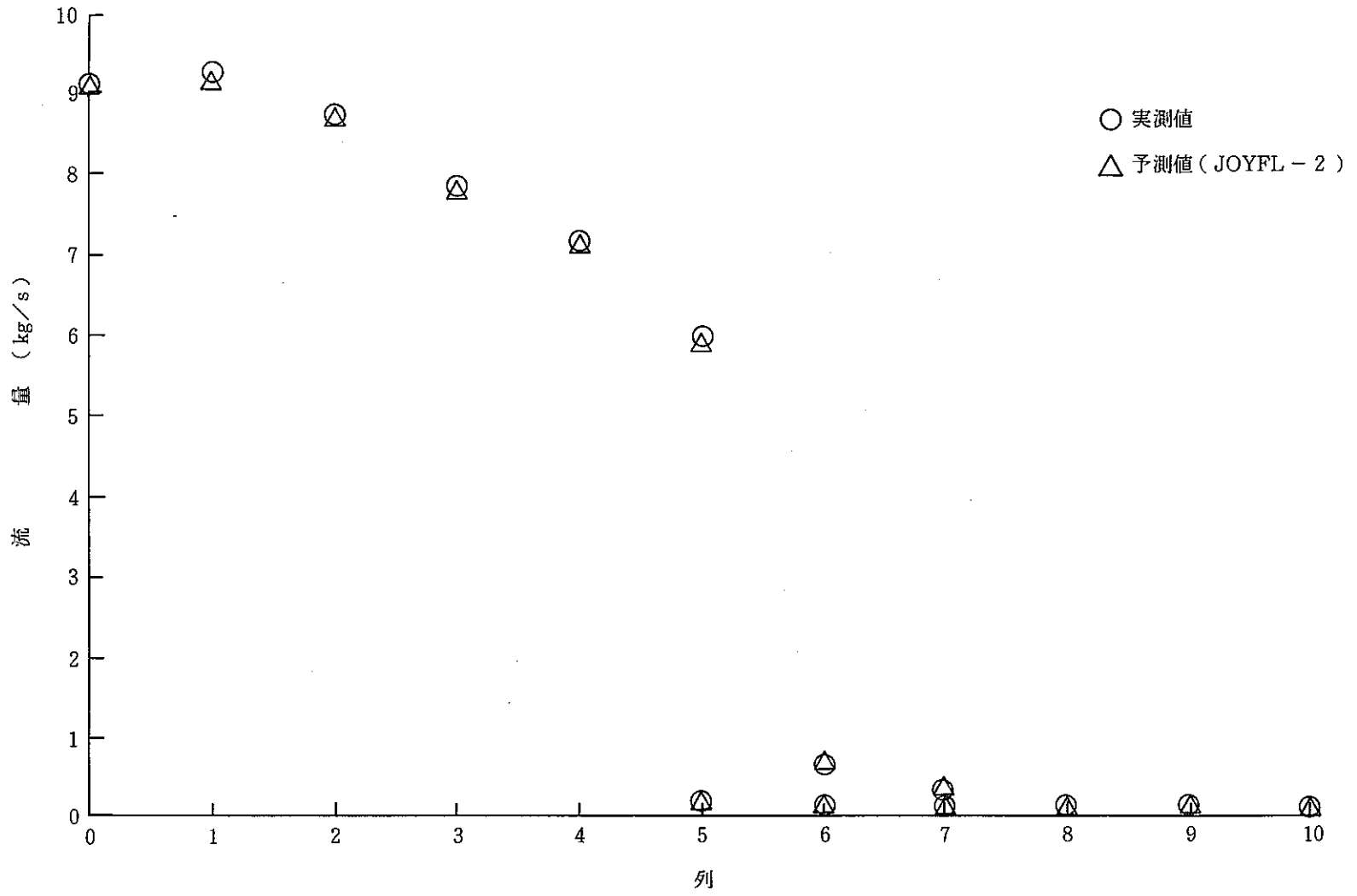


図 6.3 高流量分布測定時の炉心流量配分 (実測値と予測値)

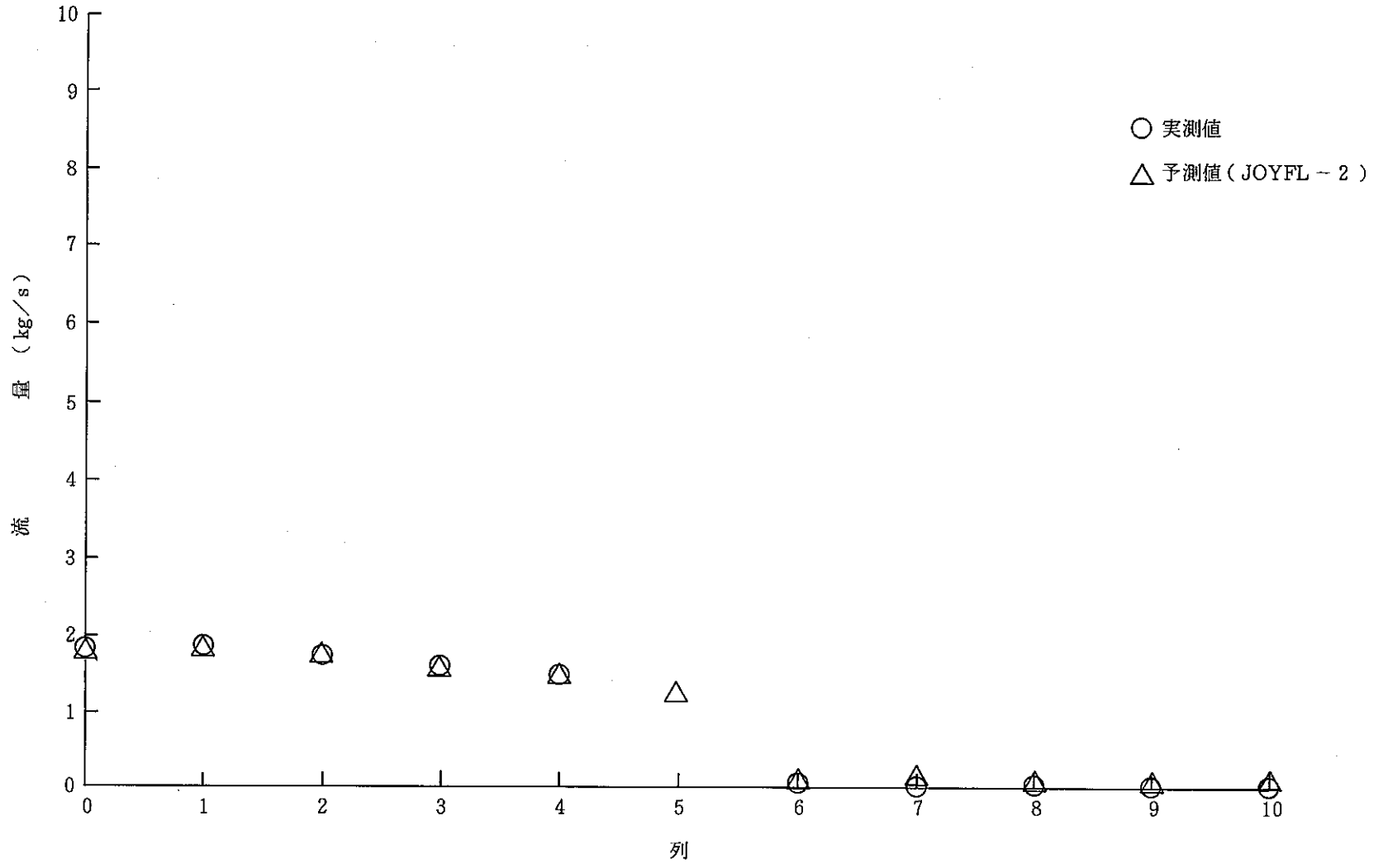


図 6.4 低流量分布測定時の炉心流量配分 (実測値と予測値)

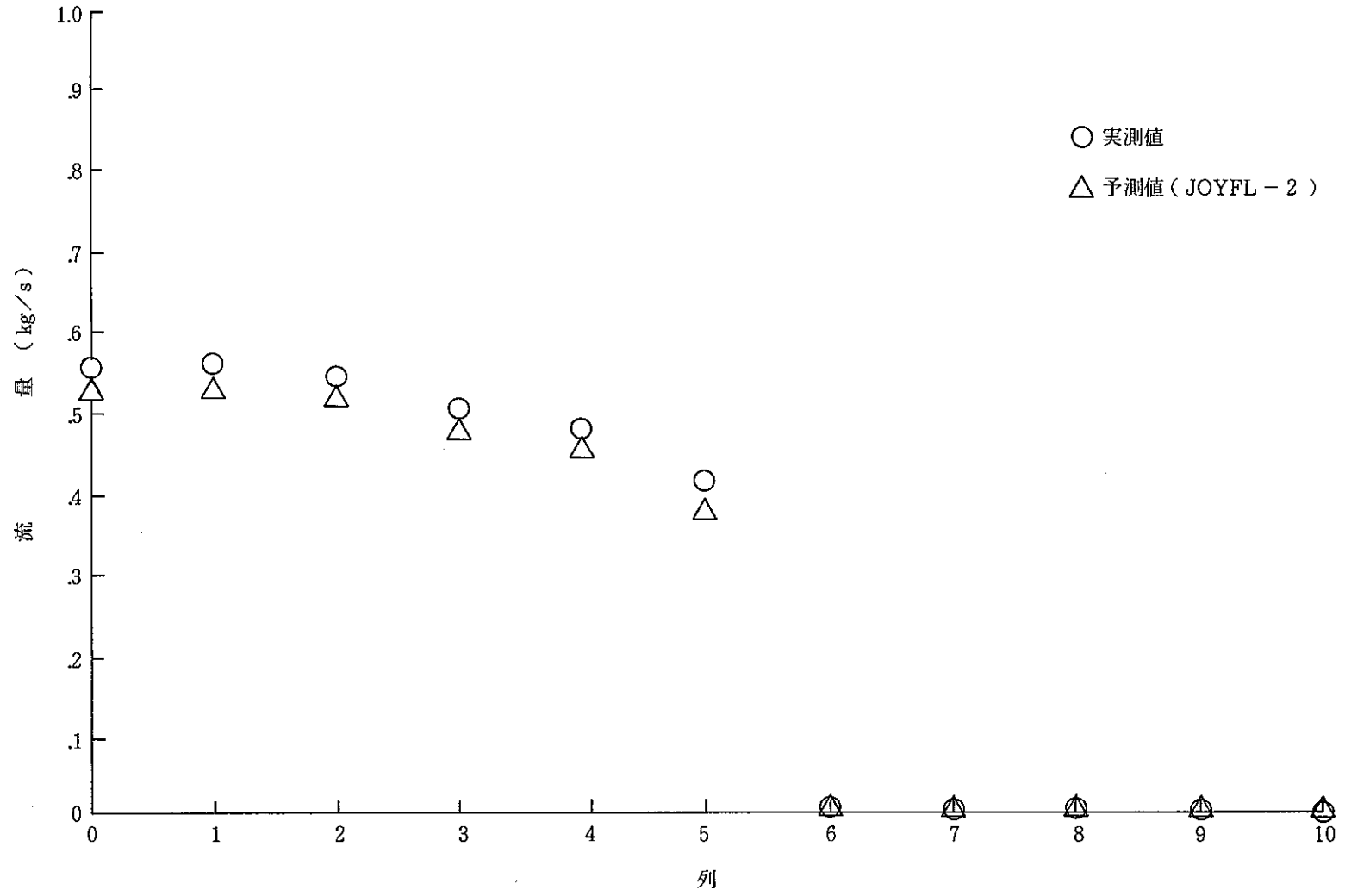


図 6.5 極低流量分布測定時の炉心流量配分 (実測値と予測値)

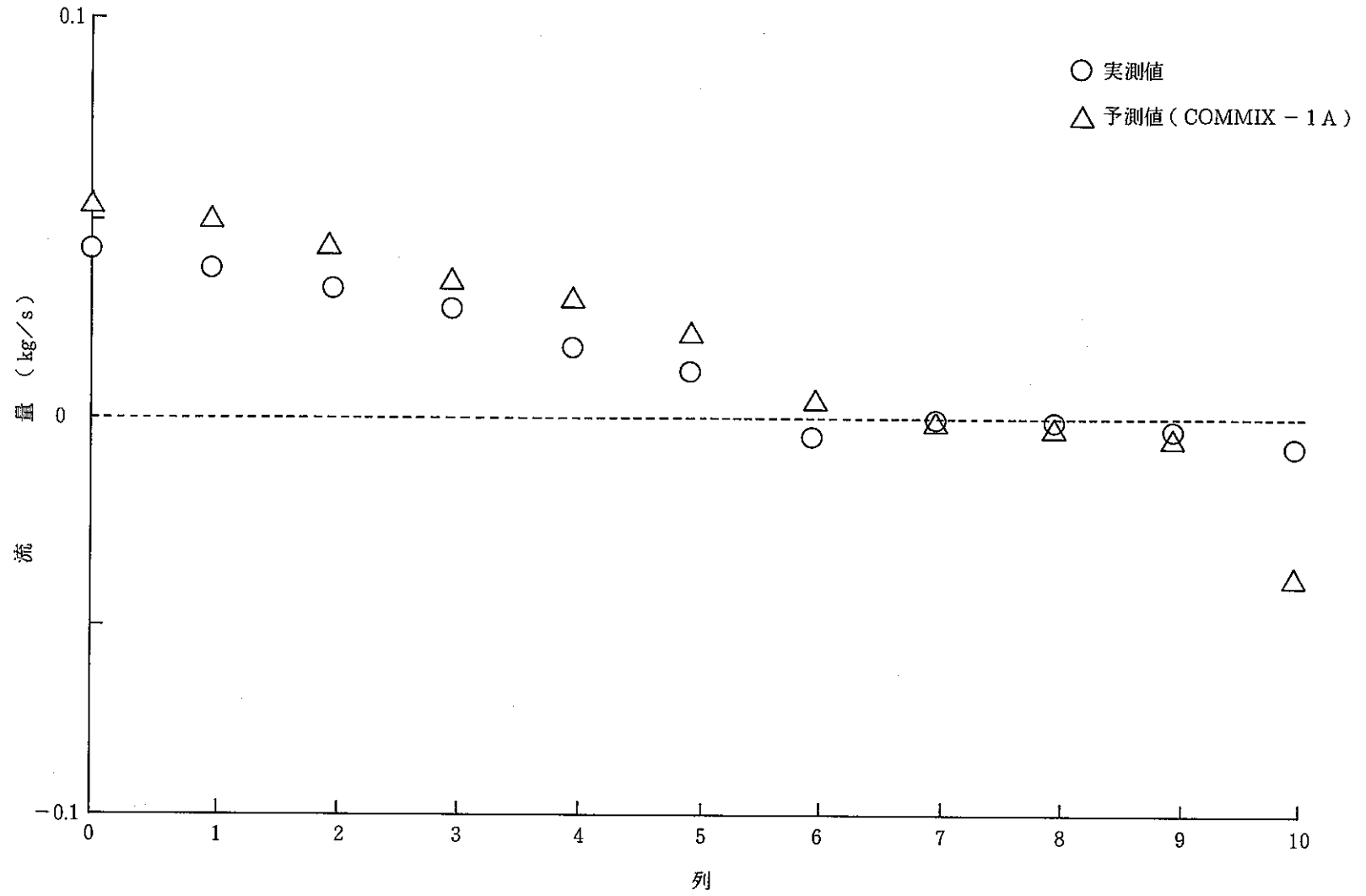


図 6.6 ポンプ停止時流量分布測定時の炉心流量配分 (実測値と予測値)

## 7. 検 討

炉心内流量分布測定試験(4)で、検討が必要と考えられるものを以下に示す。

- (1) 流量分布測定試験の全体についての考察。
- (2) MK - II 性能試験時の炉心内流量分布測定試験(3)データとの比較。
- (3) 集合体圧損の経時変化。
- (4) 第 5 列反射体の流量補正方法について。

### 7.1 流量分布測定試験の全体についての考察

今回の炉心内流量分布測定試験において行なった 4 つの試験（高流量分布，低流量分布，極低流量分布，ポンプ停止時流量分布）を比較する為に横軸を列番号，縦軸を流量（kg/s）とした図を作成した。

この図 7.1 に示された各試験のデータを観察すると，高流量分布から順に 1 次主系統流量が小さくなるに従って，全体の流量配分の比はあまり大きな変化はせずに，レベルが変化する傾向が見える。

この傾向の中で，特に燃料部に注目して見る為，極低流量分布時の流量配分と高流量分布との流量配分を比べた表を作成した。この表 7.1 に示される比を見ると，極低流量分布時には高流量分布時よりも燃料部各列の流量は，やや平坦化すると考えられる。

しかし，この傾向はポンプ停止時流量分布データにおいては異なったものとなっているが，この様な異なった傾向を示す要因としては，1 次系主ポンプの停止がある。

1 次系主ポンプの停止により，冷却材を駆動する力として残るのは，炉心内部の崩壊熱が主なものとなる。

崩壊熱計算コード“FPGS - 3.5”によって出力された炉心燃料各列の熱量と，補正流量とを比較する為に両データを規格化してプロットしたものを図 7.2 に示す。

この図を観察すると，ポンプ停止時の炉心燃料部の流量分布は明らかに炉心燃料の崩壊熱に影響を受けていることが判る。

第 6 章の試験結果の 6.6 項，ポンプ停止時流量分布で示した図 6.6 にある様に，反射体の 8 ～ 10 列では流量が逆に流れている様に計算されたが，その絶対値が非常に小さく，誤差範囲内であり逆流があるとは判定できなかった。

### 7.2 MK - II 性能試験時の炉心内流量分布測定試験データとの比較

図 7.3 は，高流量分布測定試験データの MK - II 性能試験と今回測定時を比較したもので，図 7.4 は，低流量分布測定試験時のものである。

MK-II性能試験時のデータは、今回実施した炉心内流量分布の補正計算とやや異なる考え方で補正してあった為、今回あらたに本測定データと同じ補正計算を行なって、データをプロットした。

炉心燃料の構成がやや異なっているが図 7.3 と図 7.4 から判る様に、高低流量時にわたり、非常に良い再現性を示している。

図 7.5 は、MK-II性能試験時の高流量分布と低流量分布データを比較する為に、横軸を列番号、縦軸を流量 (kg/s) としたもので、図 7.5 と図 7.1 を比較してみると両者の変化のパターンが非常に良く合っていることが判る。

### 7.3 集合体圧損の経時変化

実体は必ずしも明確でないが集合体圧損には経時変化ということが、これまでいわれて来ている。

今回の測定では炉心燃料については 67 体が測定されたが、これらの燃料は第 0 サイクルに炉心へ装荷されたものから、第 7 サイクルに装荷されたものまで混在している。

そこで集合体流量の違いを燃料度依存性及び炉内滞在日数依存性という 2 つの観点で整理したものを図 7.6 と図 7.7 に示す。

両図とも縦軸には平均値に対する比をとった (この操作は各流路領域毎に行なっている。)

また 67 点のデータを 1 次式に最小自乗フィットしたものを実線で示した。

図 7.5 と図 7.6 より集合体流量は燃料度と共に、また炉内滞在日数と共に減少する傾向がみられるが、その依存性は小さく、

$$\text{燃焼度に対して} \dots\dots\dots - 8.53 \times 10^{-8} / \text{day}$$

$$\text{炉内滞在日数に対して} \dots\dots - 2.12 \times 10^{-6} / \text{day}$$

であった。

MK-I 炉心においても同様の測定例がある。

今回の測定結果及び MK-I 炉心での測定結果を総合して以下に示す 2 点が判る。

- (イ) MK-II 炉心の経時変化は、MK-I のそれに比して約 1 桁小さい。
- (ロ) 燃焼度依存性の方が炉内滞在日数依存性よりも大きい。(単なるナトリウム中浸漬時間よりも出力運転状態の方が集合体圧損増には効果がある)

集合体圧損の経時変化の原因については現在明確にはなっていないが、上記の 2 つの特徴から集合体内ピンバンドルの変形に伴うものである可能性が強い。

### 7.4 第 5 列反射体の流量補正方法の問題点

第 5.3 項の補正計算の説明にて述べた方法により補正した流量は反射体第 5 列の内、炉心燃料に三方を囲まれた反射体については、補正計算が精度良く行なえなかった。この原因として考え

られるものを以下に示し、それぞれについて検討を行なって見た。

本装置を使用して流量を測定する場合に、直接炉心構成要素頂部からの流出冷却材に接する部分としては、流量検出ポール先端部と、ホールドダウン軸の先端部である。図 7.8 は、炉心-反射体境界領域にある第 5 列の反射体部に流量検出ポールを位置させた時の流量検出ポールとホールドダウン軸を炉心上部より見たものである。

図を観察すると、ホールドダウン軸内に測定対象以外の炉心構成要素からの強い流量と、弱い流量の冷却材が流入することが判る。

ホールドダウン軸の内径が 169mm で集合体の配列ピッチが 81.5mm であるので、ホールドダウン軸内には周辺 6 体の流量の  $1/2$  が流れ込むと考えられる。

ホールドダウン軸の横穴は上部に 4 個、下部に 4 個あり、周辺流量が小さいと、ホールドダウン軸内に流入した流体は、そのほとんどは上部の横穴からプレナム部に流出する。一方、周辺流量が大きくなり、ホールドダウン軸内の圧力が高くなると、下部の横穴からも同様に始め、更には周辺入口流量は圧力の高いホールドダウン軸内に入れなくなると考えられる。

流量検出ポール内を流れる被測定対象流量は、電磁流量計を通過した後に、ポールの横穴を通してホールドダウン軸内に流出する。

炉心-反射体境界領域においては、ホールドダウン軸内部に、ポール内部の流体が非常に流出しにくくなっていると推定されるが、この流出をさまたげる力の度合いが測定する炉心-反射体境界領域第 5 列の各集合体で異なるとすると、採取したデータに大きな差が出来る原因の説明となる。

すなわち、5.3(2)で説明した周辺流量比  $RQ_3$  が大きい場合は補正流量の誤差は非常に増大することになる。

表 7.1 極低流量分布試験結果の検討表

流 路	実 測 流 量 (kg/s) "A"	定格流量時実測流量 (kg/s) "B"	A / B
0, 1 列	0.538	9.18	0.059
2 列	0.523	8.76	0.066
3 列	0.484	7.88	0.061
4 列	0.458	7.19	0.064
5 列	0.395	6.00	0.066



(注) 本図は各データの比較をより簡単に行なえるように  
実測値が無い部分は計算値で補っている。

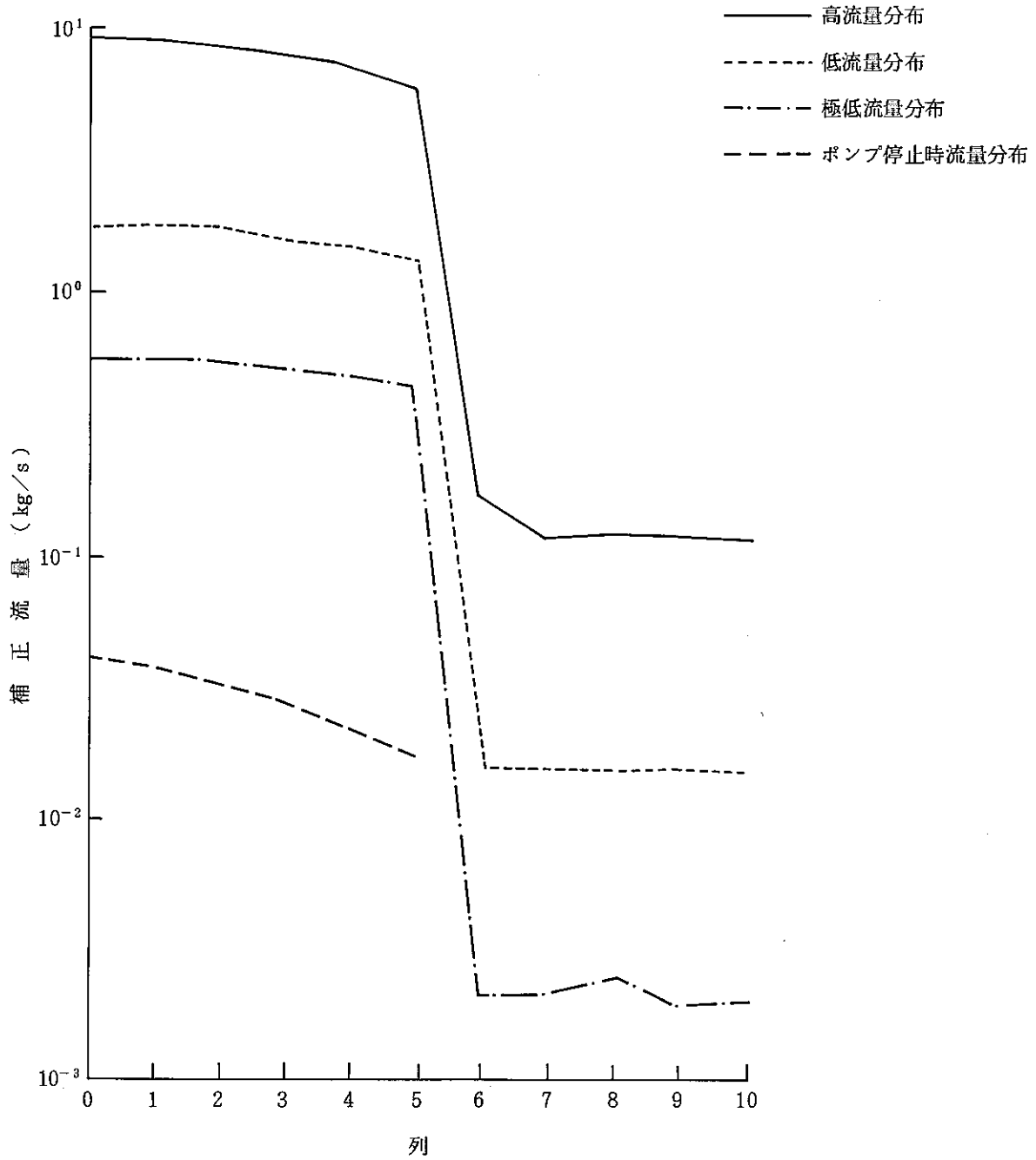


図 7.1 1次主冷却材流量の違いによる流量配分

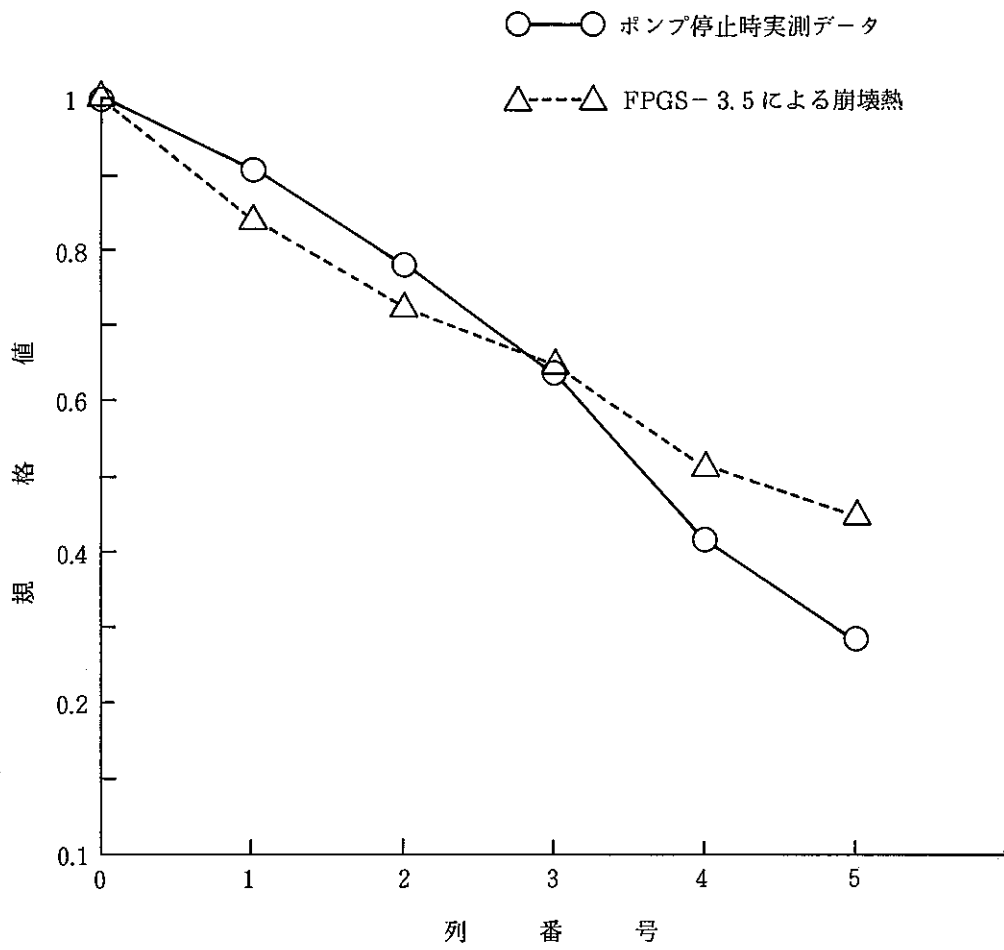


図 7.2 ポンプ停止時流量配分と崩壊熱の比較

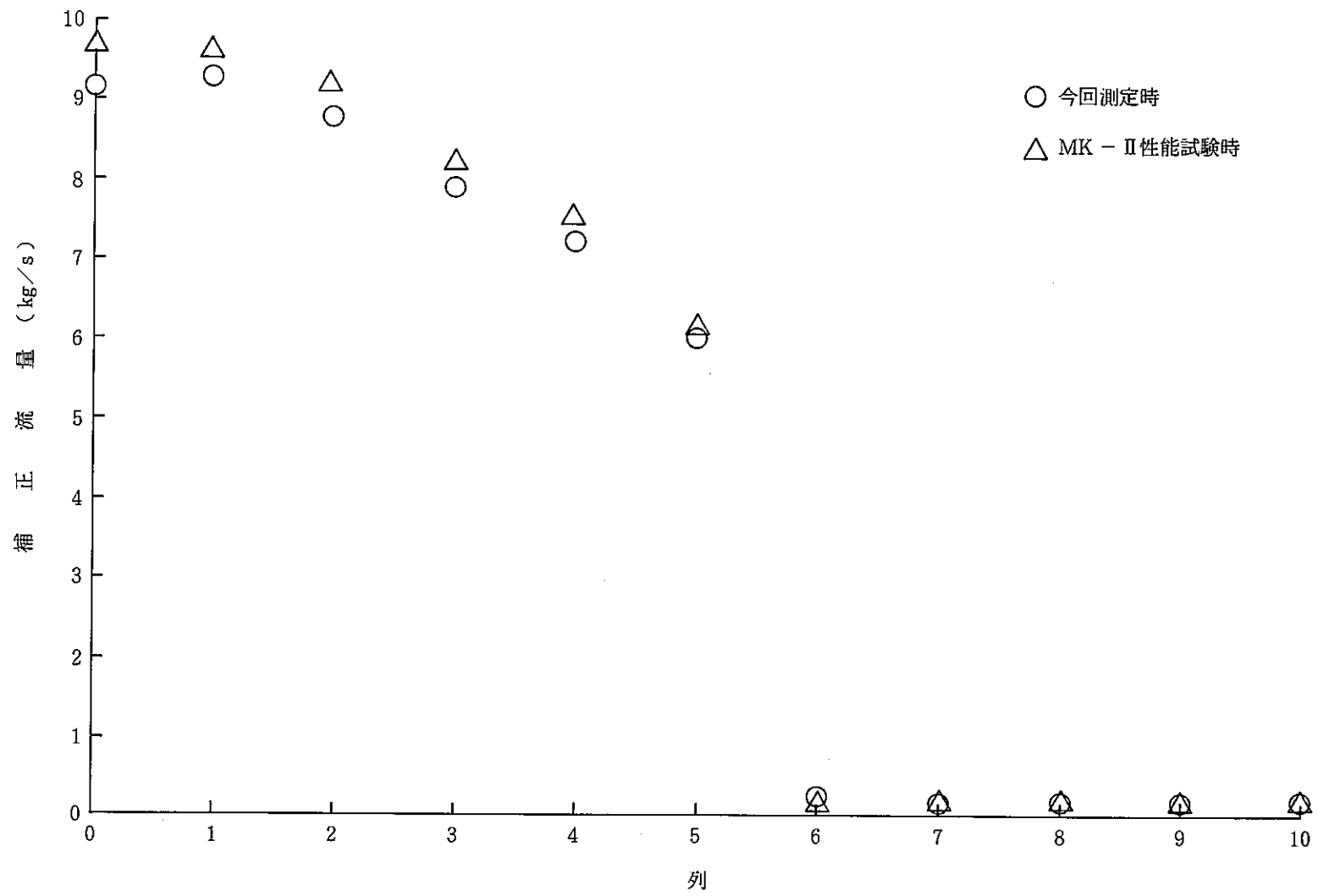


図 7.3 MK-II性能試験時と今回測定時の高流量分布データの比較

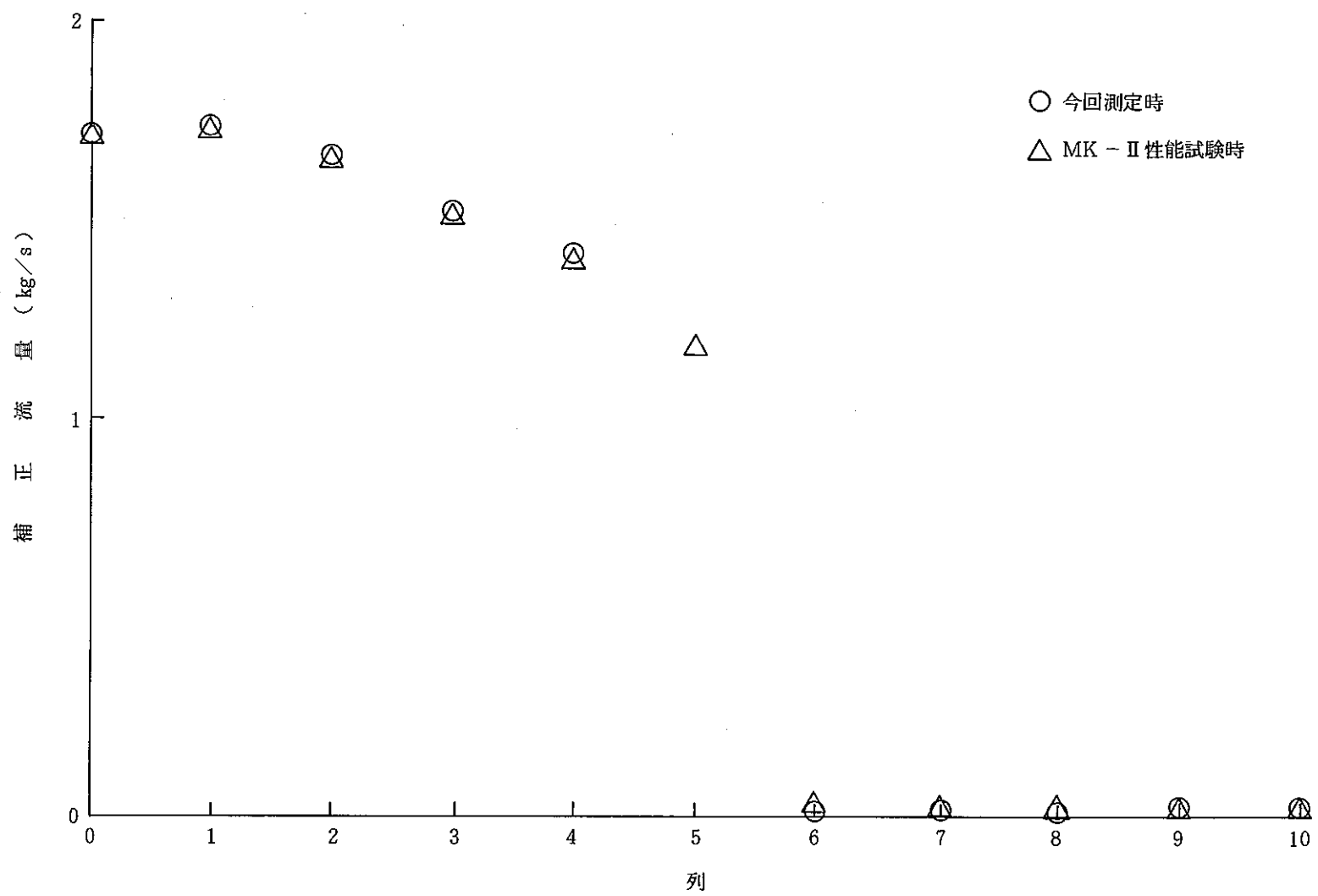


図 7.4 MK-II性能試験時と今回測定時の低流量分布データの比較

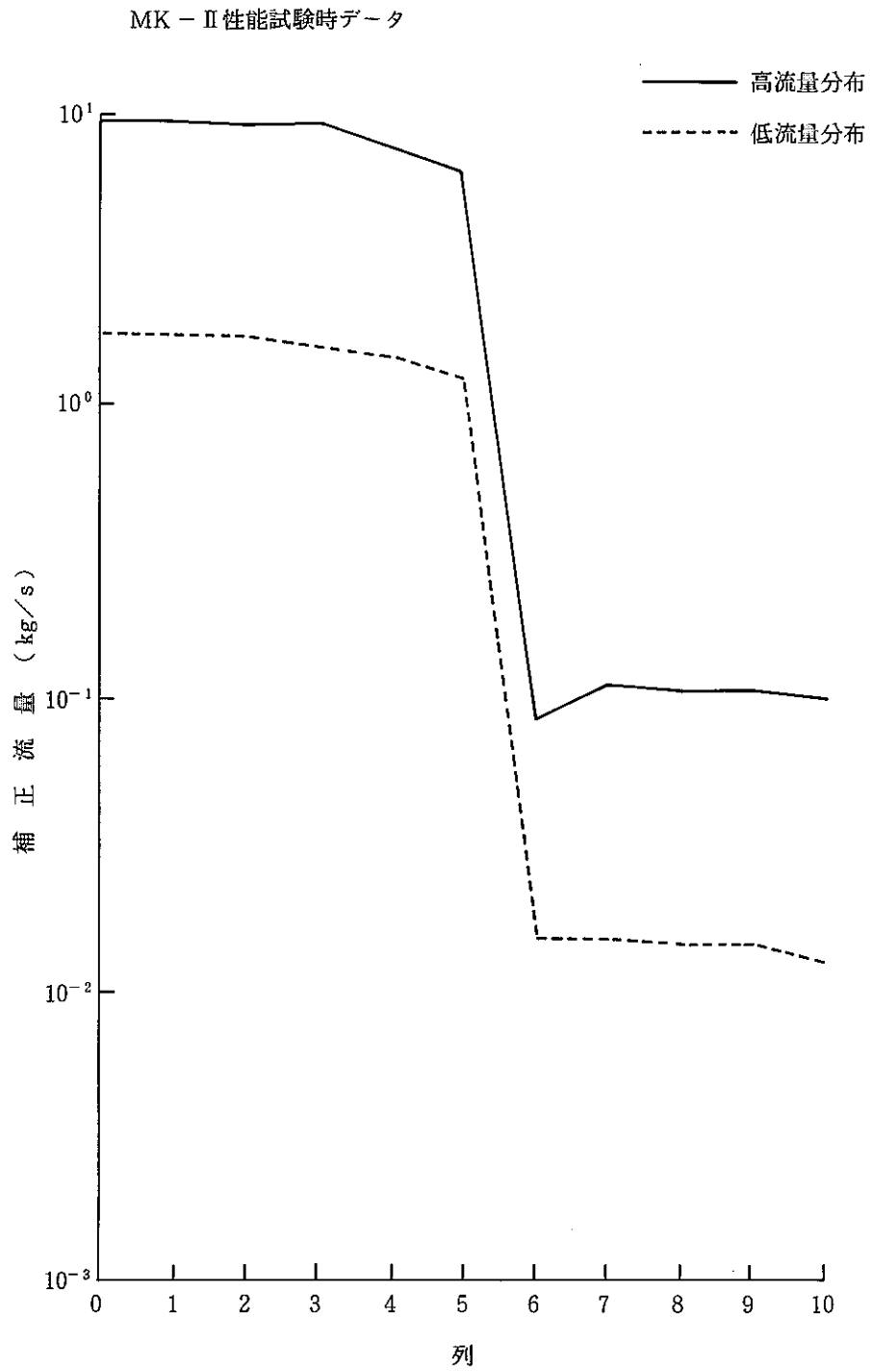


図 7.5 1次主冷却材流量の違いによる流量配分

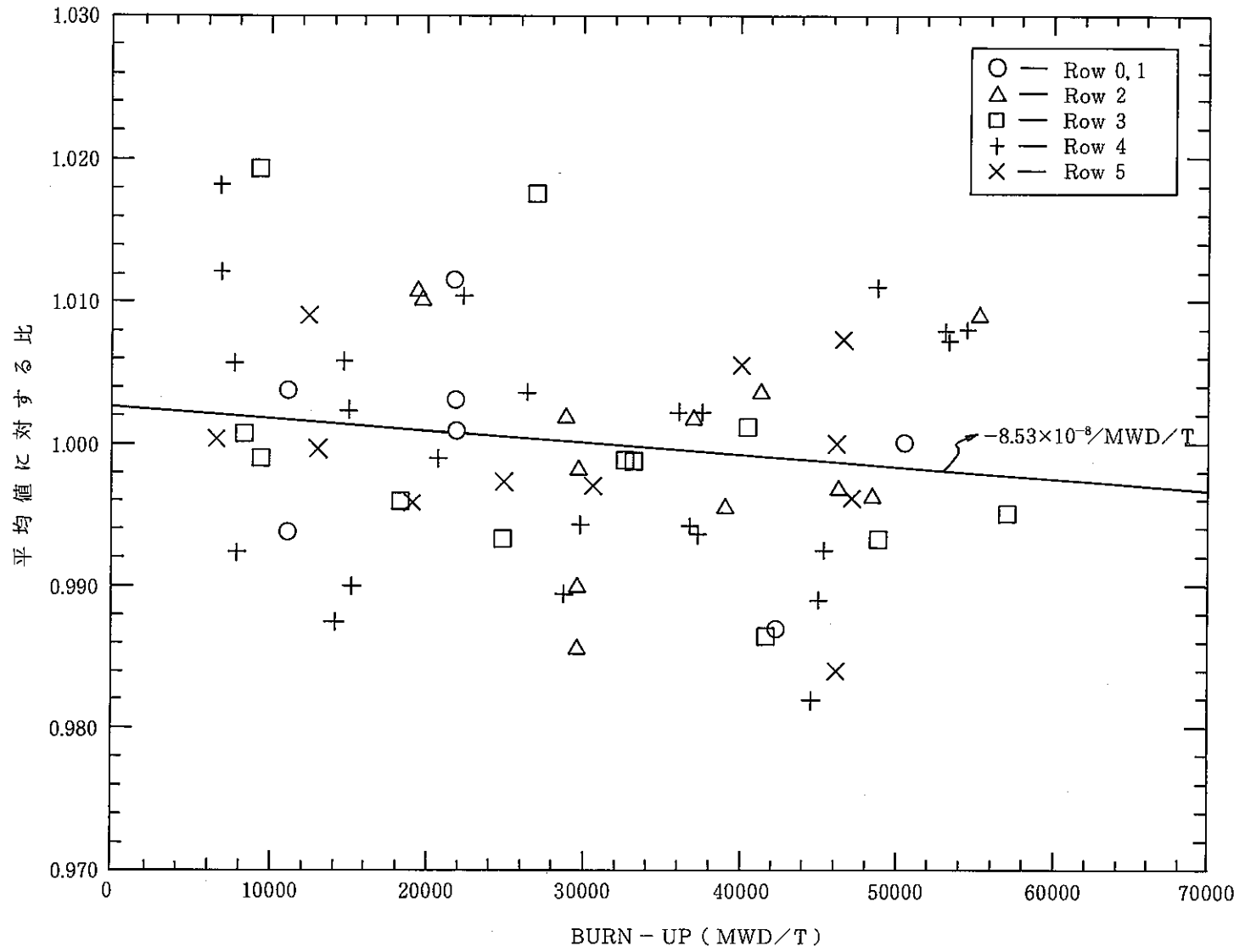


図 7.6 集合体流量の燃焼度依存性

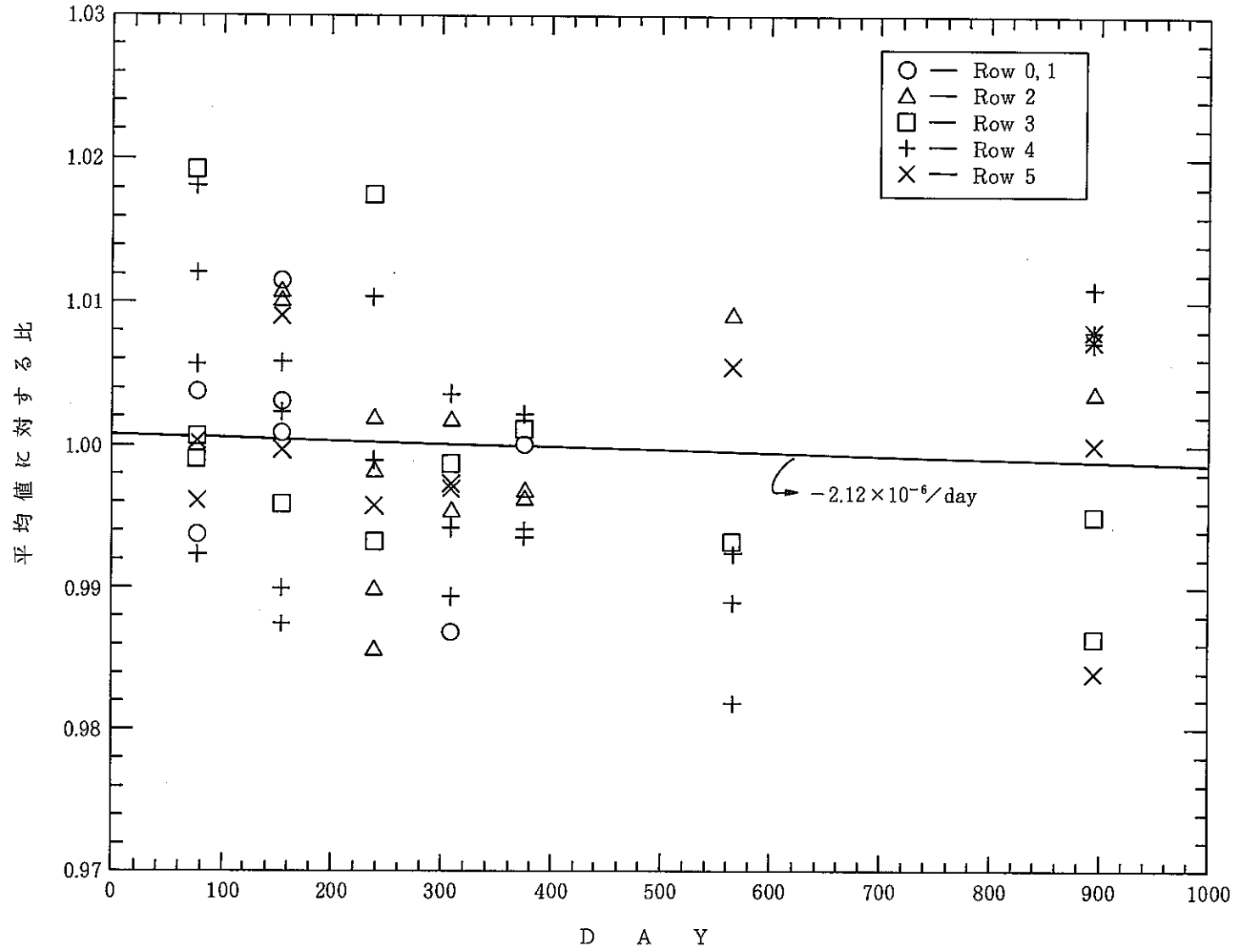
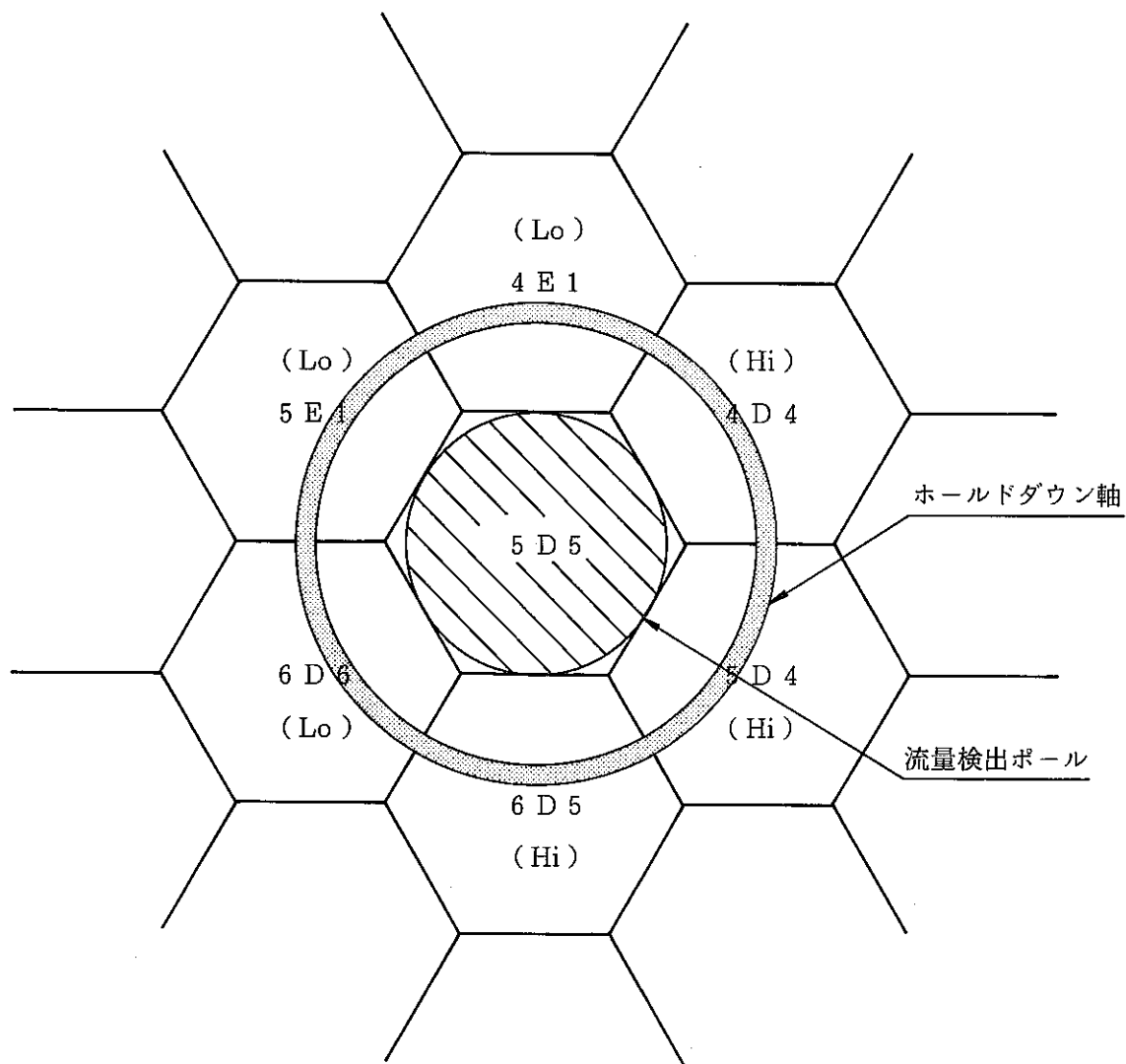


図7.7 集合体流量の炉内滞在日数依存性



(Hi) 強い流量

(Lo) 弱い流量

図 7.8 反射体第 5 列を測定中の流量検出ポール



## 8. 結 言

炉心内流量分布測定(4)のデータ採取及び解析・検討の結果、明らかになった事項を以下に列記する。

- (1) 高流量分布測定の結果では、燃料部で予測値と実測値の差が2%程度と非常に良好な結果が得られた。
- (2) 低流量分布測定については、前回までは定格流量の予測値の20%の値を予測値として比較していたが、今回は直接20%流量にて予測計算を行って、比較を行った結果、燃料部で2%程度と非常に良く合っている。
- (3) 極低流分布測定の結果では、燃料部で予測値と実測値の差が6%程度の一致の度合であることが判明した。
- (4) 今回初めて行ったポンプ停止時流量分布測定の結果では、予測計算を行ってデータの妥当性を確認した。
- (5) 高流量分布、低流量分布、極低流量分布の燃料部での流量分布を比較すると、高流量より低流量の方が、流量分布が平坦化しているといえる。
- (6) 第5列反射体の流量は、測定条件が好ましくない為、測定誤差はやや大きいものと考えられる。
- (7) MK - II 性能試験時の測定結果との比較では、良好な再現性が得られた。

## 9. 謝 辞

本試験の実施にあたり、御協力いただいた実験炉部・1課の燃取Gr、運管Gr及び運転員の方々に感謝の意を表します。

流量分布測定装定装置の洗浄作業を実施して頂いた2課の方々と、本作業の放射線管理を実施していただいた放管、氏福氏、堤氏に感謝の意を表します。

又、本試験データの解析・評価上において、流量補正計算を行って頂いた技術課・徳安氏、JOYFL-2による予測計算を行って頂いた技術課・原氏、FPGS-3.5による崩壊熱計算を行って頂いた技術課・生田目氏、COMMIX-1Aによる自然循環時流量予測計算を行って頂いた技術課・村田氏に感謝の意を表します。

## 10. 参 考 文 献

### 参 考 資 料

- \* 1 SJ 201 85-09  
「常陽」MK-II 改造型制御棒炉外試験  
—水中機能試験と使用後検査—  
成 果 報 告 書
  
- \* 2 PNC-N 941 82-57  
「常陽」炉内流量分布測定用電磁流量計の炉外校正
  
- \* 3 PNC-N 941 79-190  
高速実験炉「常陽」性能試験報告書～炉心内流量分布
  
- \* 4 PNC-941 83-06  
高速実験炉「常陽」特殊試験結果報告書  
炉心内流量分布測定試験(2)

## Appendix—A

3次元熱流動解析コード“COMMIX—1A”を用いた周辺集  
合体による流量変化の補正

## 1. 解析モデル

### (1) メッシュ分割

モデル化した構造物は、ホールドダウン軸、流量検出ポール、被測定集合体出口部及び周辺集合体出口部である。これらを図A. 1及び図A. 2に示す様にモデル化しメッシュ分割を行ったが、周方向についてはメッシュ数を低減するため180°部分のみをモデル化した。このため、モデル化の対象となる周辺集合体は3体のみとなるが、必要に応じて解析対象を変更することにした。

メッシュ分割数は、11 (r方向) × 6 (θ方向) × 38 (Z方向)である。

### (2) 流動抵抗

流動抵抗として、ホールドダウン軸及び流量検出ポール管壁部の摩擦抵抗並びに拡流部、オリフィス部、集合体出口部における局所抵抗を考慮した。COMMIX-1Aでは、流動抵抗を次式のように流速の2乗に比例するものとして扱っている。

$$\Delta p = \frac{1}{2} \rho \xi u^2 \text{ (局所抵抗)}, \quad \Delta p = \frac{1}{2} \rho f \frac{L}{D} u^2 \text{ (摩擦抵抗)}$$

ここで  $u$  は流速、 $\rho$  は密度、 $L$  は代表長さ、 $D$  は水力等価直径、 $\xi$  は局所抵抗係数、 $f$  は摩擦抵抗係数である。今回の解析で使用した流動抵抗係数評価式を表A. 1に示す。

## 2. 解析条件

表A. 2に解析条件を示す。また解析の対象とした集合体は図A. 3に示す9体である。周辺集合体については、太枠で囲んだ集合体についてモデル化して解析を行ったが、ケース2及び3ではすべての集合体について検討を行い、集合体を選択する上での影響について調べた。

## 3. 解析結果

解析結果の1例としてケース9の流況を図A. 4及び図A. 5～7に示す。周辺集合体を出た冷却材は、ホールドダウン軸と流量検出ポール間を上昇し、流量検出ポール出口部に達する。この流量を被測定集合体出口部流量に対する比  $W_o/W_{IN}$  として表わすと表A. 4のようになる。

ただし、

$W_o$  : 周辺集合体から流出して流量検出ポールとホールドダウン軸間を上昇し、流量検出ポール出口窓部まで達する流量

$W_{IN}$  : 被測定集合体出口流量

である。

表A.1 流動抵抗係数評価式

名 称	メッシュ番号			水力等価直径	抵 抗 係 数	抵抗の分類
	I	J	K			
流量計測部 直管	1	1 6	1 25	0.04	$0.396 Re^{-0.3} + 0.0054$	摩擦
拡流部	1	1 6	25	0.04	0.61	局所
オリフィス部	C <sub>1</sub>	4 5	2 32 36	0.04969	2.7778	局所
	C <sub>2</sub>	8 5	2 35 36	0.04		
	C <sub>3</sub>	8 5	2 20 21	0.04		
集合体出口部	6 9	1 6	1	0.056	0.09	局所
2重管部	5 7	1 6	5 34	0.069	$0.32347 Re^{-\frac{1}{4}}$	摩擦
ホールダウン 外側	9	1 6	5 34	0.187	$0.3164 Re^{-\frac{1}{4}}$	摩擦
拡流部後流部 直管	3	1 6	25 31	0.0854	$0.3164 Re^{-\frac{1}{4}}$	摩擦

(注)  $Re = \frac{D \cdot u}{\nu}$  (レイノズル数)

表A.2 解析条件

番号	項 目	条 件
1	解析コード	COMMIX-1A
2	炉心構成	流量分布測定試験時に対応
3	解析モデル	3次元(r・θ・Z)
4	冷却材温度	250℃等温状態
5	流量配分	100%流量時の流量配分を適用

表 A. 3 解析対象集合体と流量

解析ケース	中心集合体 流量(kg/s)	周辺 6 体 集 合 体 流 量 (kg/s)						
		1	2	3	4	5	6	
CASE 1	0 0 0	1 A 1	1 B 1	1 C 1	1 D 1	1 E 1	1 F 1	
	8.86	8.86	8.86	8.86	8.86	8.86	8.86	
CASE 2	-1	3 A 1	3 F 3	4 F 4	4 A 1	4 A 2	3 A 2	2 A 1
		7.56	2.73	6.86	6.86	6.86	7.56	8.39
	-2	3 A 1	3 F 3	4 F 4	4 A 1	4 A 2	3 A 2	2 A 1
		7.56	2.73	6.86	6.86	6.86	7.56	8.39
	-3	3 A 1	3 F 3	4 F 4	4 A 1	4 A 2	3 A 2	2 A 1
		7.56	2.73	6.86	6.86	6.86	7.56	8.39
CASE 3	-1	4 A 1	3 A 1	4 F 4	5 F 5	5 A 1	5 A 2	4 A 2
		6.86	7.56	6.86	0.14	0.14	0.14	6.86
	-2	4 A 1	3 A 1	4 F 4	5 F 5	5 A 1	5 A 2	4 A 2
		6.86	7.56	6.86	0.14	0.14	0.14	6.86
CASE 4	5 A 3	4 A 2	5 A 2	6 A 3	6 A 4	5 A 4	4 A 3	
	5.74	6.86	5.74	0.14	0.14	0.14	6.86	
CASE 5	4 F 4	3 F 3	4 F 3	5 F 4	5 F 5	4 A 1	3 A 1	
	6.86	2.73	6.86	5.74	0.14	6.86	7.56	
CASE 6	5 A 2	4 A 1	5 A 1	6 A 2	6 A 3	5 A 3	4 A 2	
	0.14	6.86	0.14	0.14	0.14	5.74	6.86	
CASE 7	5 B 1	5 A 5	6 A 6	6 B 1	6 B 2	5 B 2	4 B 1	
	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	6.86	
CASE 8	6 A 4	5 A 3	6 A 3	7 A 4	7 A 5	6 A 5	5 A 4	
	0.14	5.74	0.14	0.14	0.14	0.14	5.74	
CASE 9	7 A 3	6 A 2	7 A 2	8 A 3	8 A 4	7 A 4	6 A 3	
	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	

(注) 太い線の各組がモデル化した集合体

上段	アドレス
下段	流量

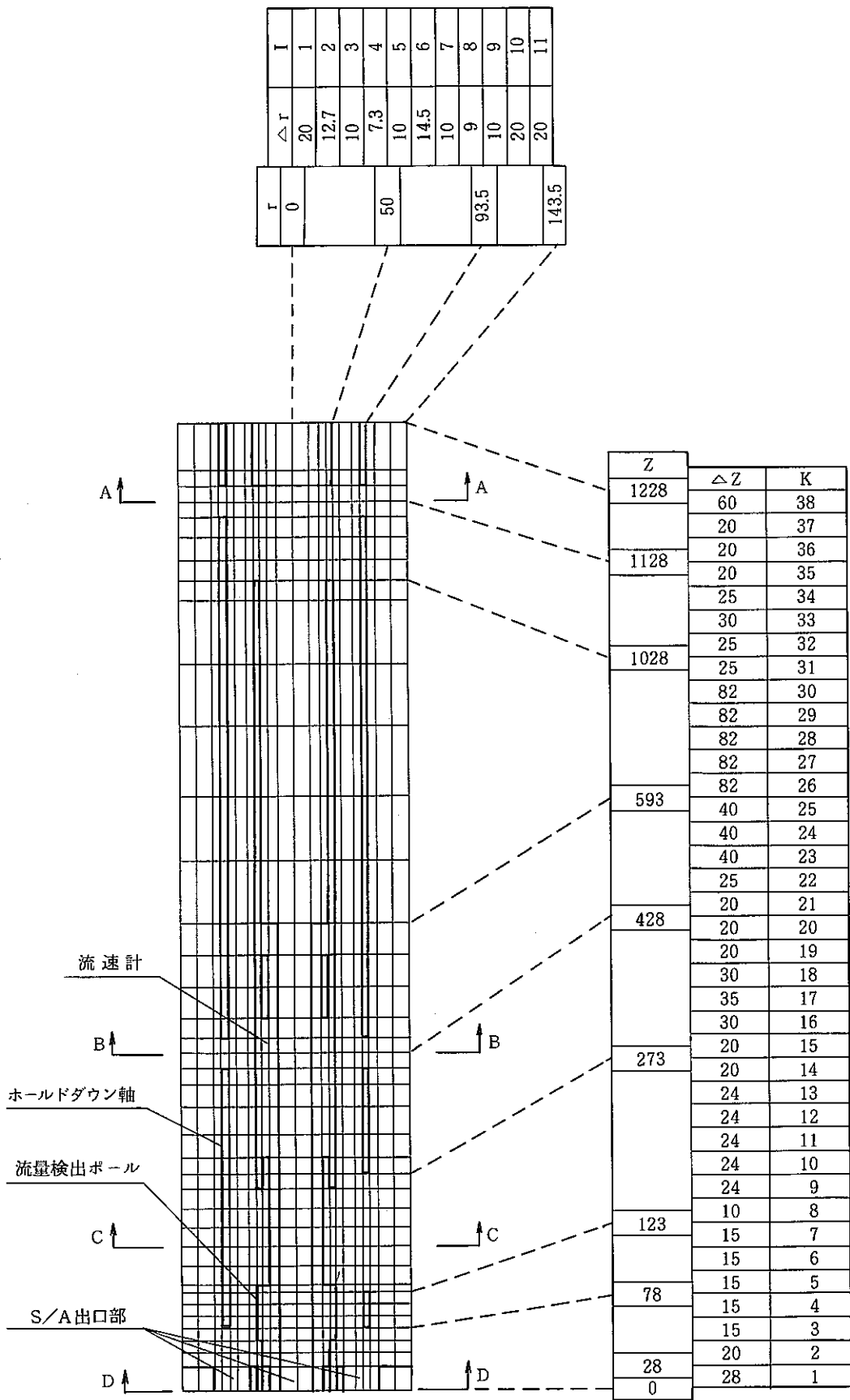
表A.4 解析結果

解析ケース	被測定集合体		周辺集合体流量 (kg/s)			流量検出ポール出口まで達する流量割合	
	名称	流量 (kg/s)	No. 1	No. 2	No. 3	$M_o / M_{IN}$	
CASE 1	炉心燃料(中心)	8.86	8.86	8.86	8.86	0.344	
CASE 2	-1	炉心燃料(3A1)	7.56	7.56(3A2)	8.39(2A1)	2.73(3F3)	0.361
	-2	炉心燃料(3A1)	7.56	8.39(2A1)	2.73(3F3)	6.86(4F4)	0.304
	-3	炉心燃料(3A1)	7.56	2.73(3F3)	6.86(4F4)	6.86(4A1)	0.186
CASE 3	-1	炉心燃料(4A1)	6.86	0.14(5A1)	0.14(5A2)	6.86(4A2)	0.204
	-2	炉心燃料(4A1)	6.86	7.56(3A1)	6.86(4F4)	0.14(5F5)	0.398
CASE 4	炉心燃料(5A3)	5.74	5.74(5A2)	0.14(6A3)	0.14(6A4)	0.206	
CASE 5	炉心燃料(4F4)	6.86	5.74(5F4)	0.14(5F5)	6.86(4A1)	0.188	
CASE 6	内側反射体(5A2)	0.14	5.74(5A3)	6.86(4A2)	6.86(4A1)	44.034	
CASE 7	内側反射体(5B1)	0.14	0.14(6B2)	0.14(5B2)	6.86(4B1)	27.859	
CASE 8	内側反射体(6A4)	0.14	5.74(5A4)	5.74(5A3)	0.14(6A3)	39.461	
CASE 9	外側反射体A(7A3)	0.14	0.14(6A2)	0.14(7A2)	0.14(8A3)	0.743	

$W_o$  : 周辺集合体から流出して流量検出ポールとホールドダウン軸間を上昇し、流量検出ポール出口窓部まで達する流量

$W_{IN}$  : 被測定集合体流量

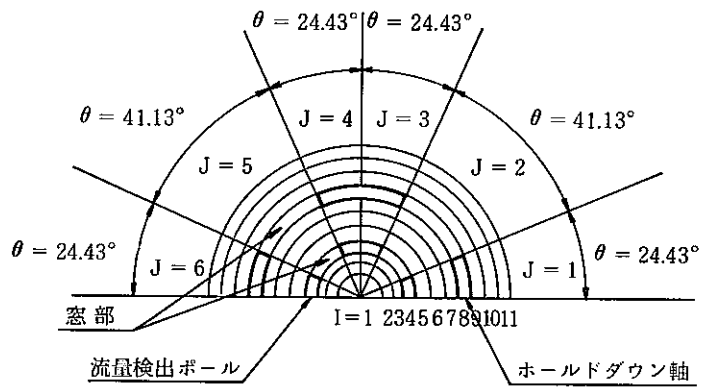




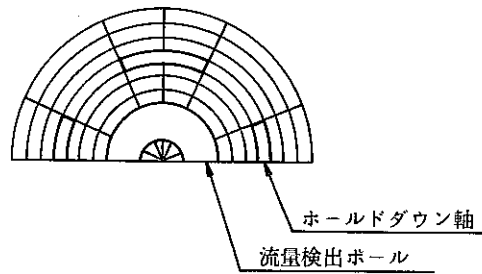
図A.1 メッシュ分割図(r-z方向)

断面 A-A

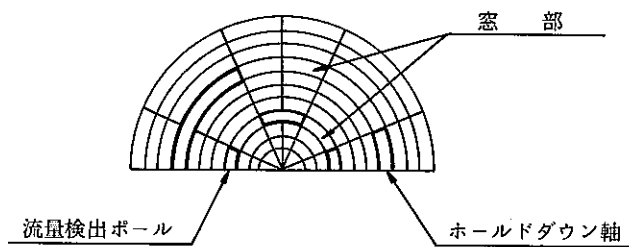
(注) 窓部の面積はパーミアビリティにより実面積と一致させた。



断面 B-B



断面 C-C



断面 D-D

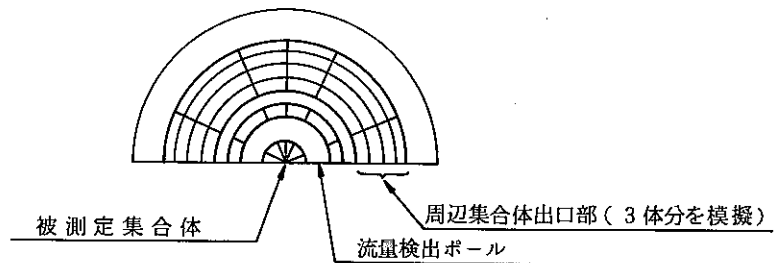
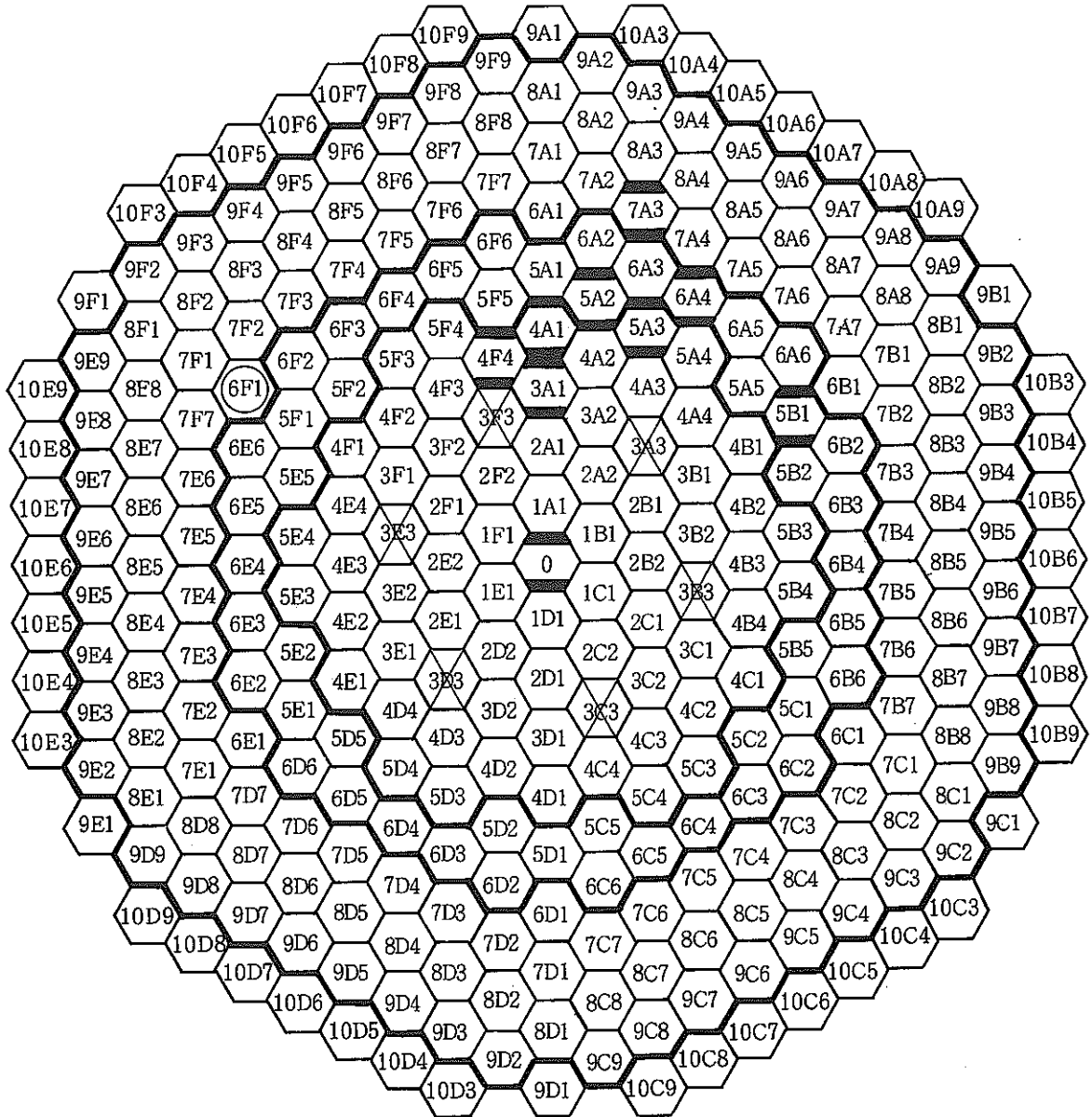





図 A.2 メッシュ分割図 ( $r-\theta$  方向)


炉内照射位置





 : 炉心燃料


 : 内侧反射体

 : 制御棒

 : 外侧(A)反射体

 : 中性子源

 : 外侧(B)反射体

 : 解析对象集合体


 : 材料照射用集合体

图 A. 3 解析对象集合体

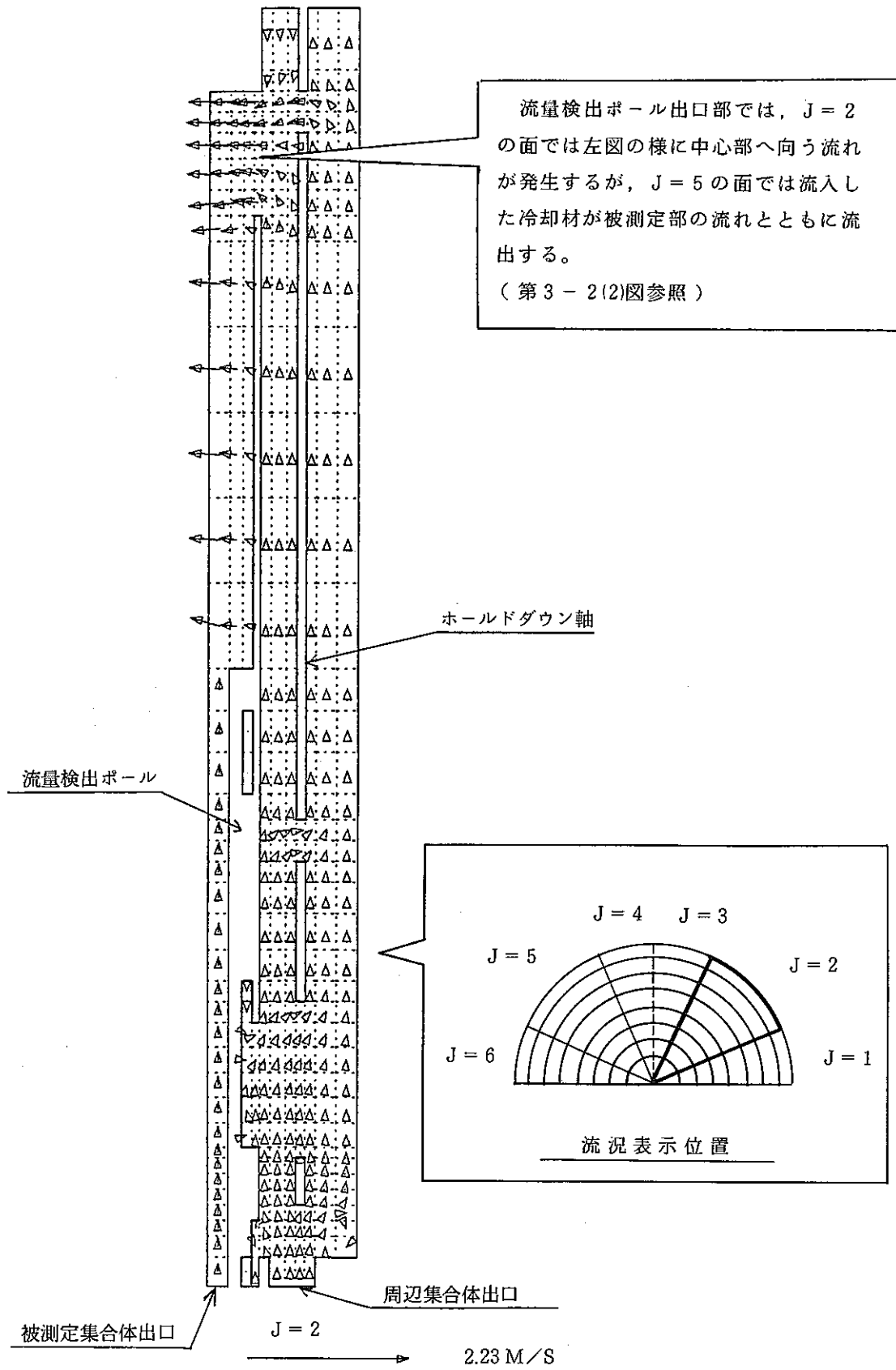


図 A. 4  $r-Z$ 方向流況 (ケース9)

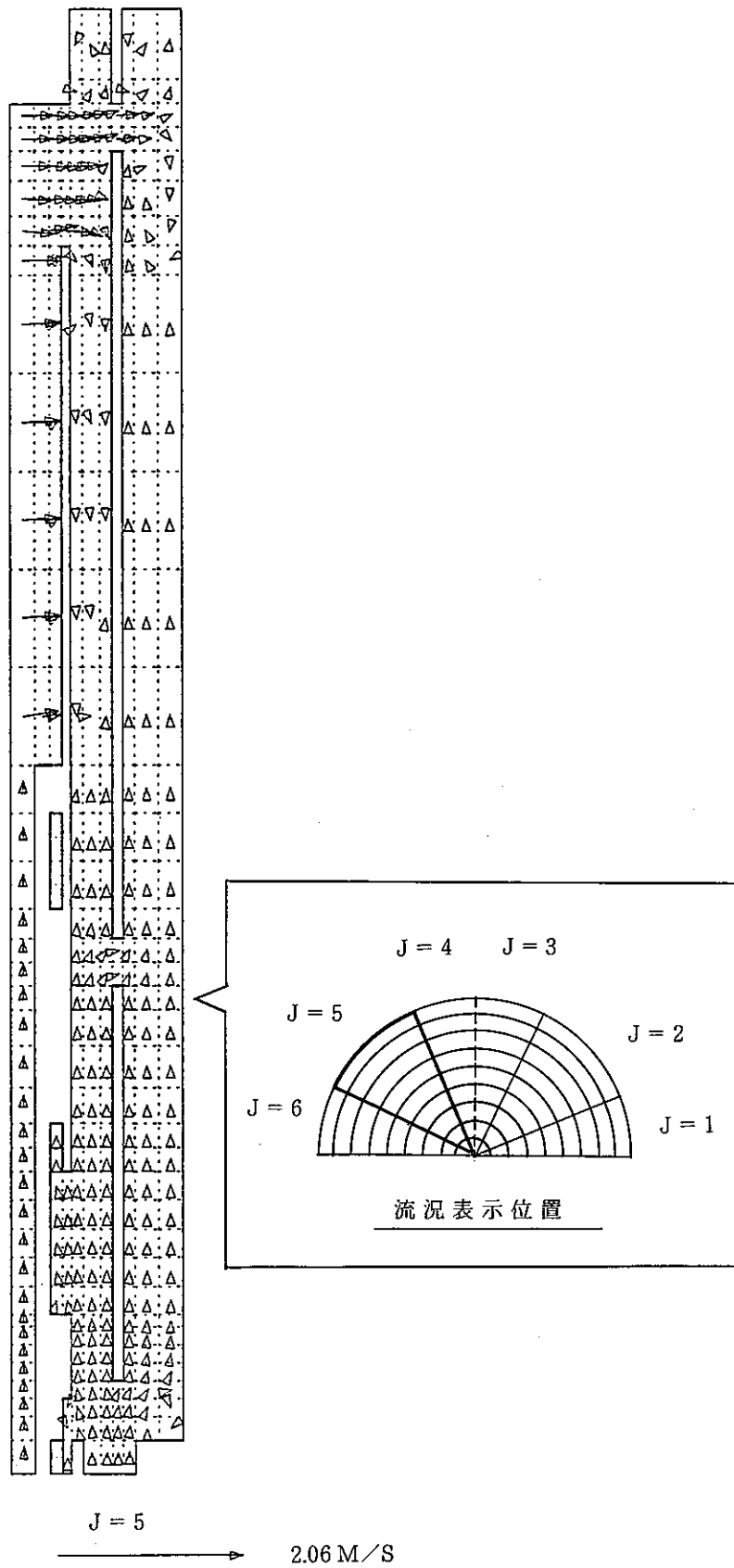


図 A. 5  $r$ - $Z$ 方向流況(ケース9)

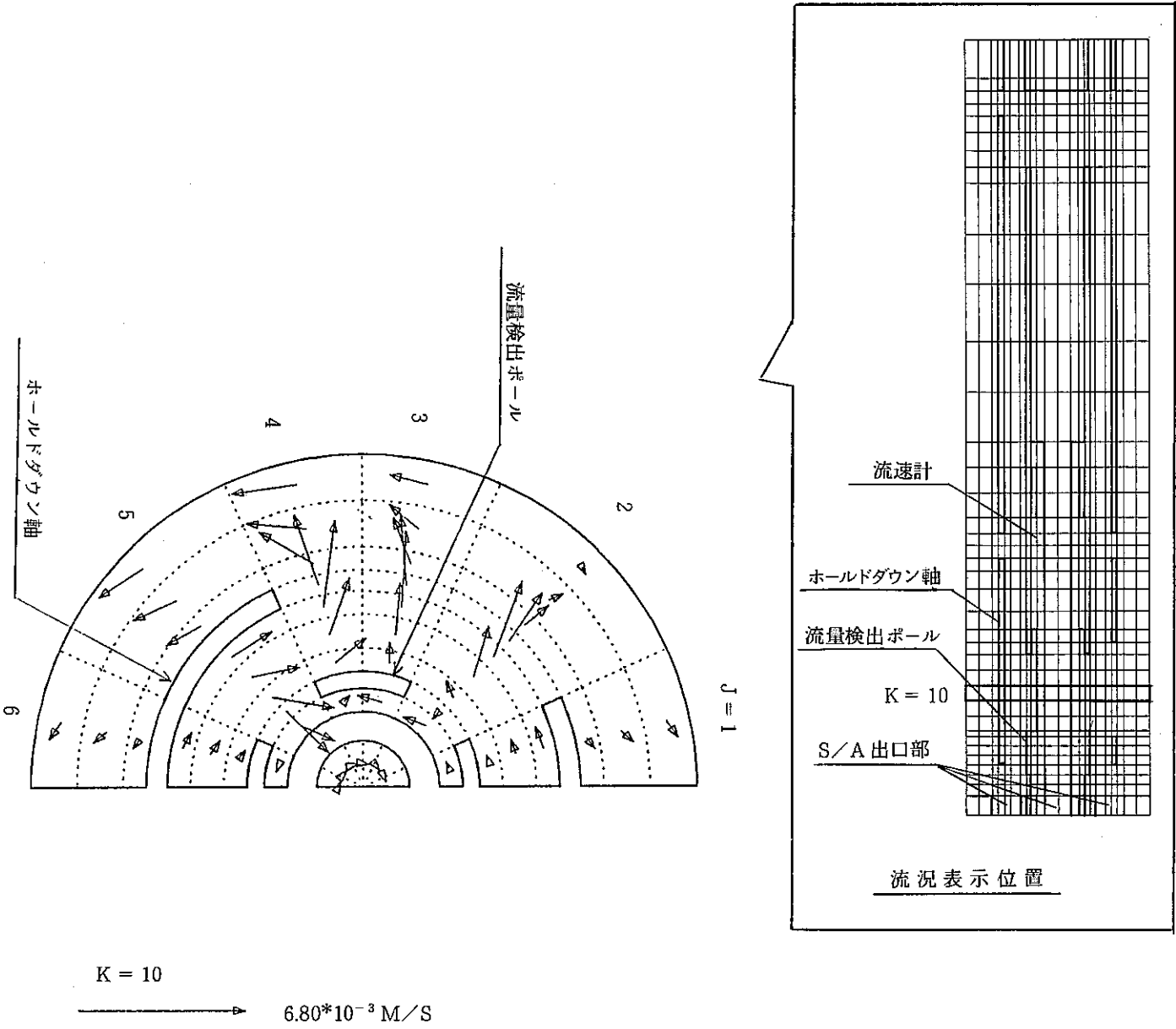


図 A. 6 r-θ 方向流況 (ケース 9)

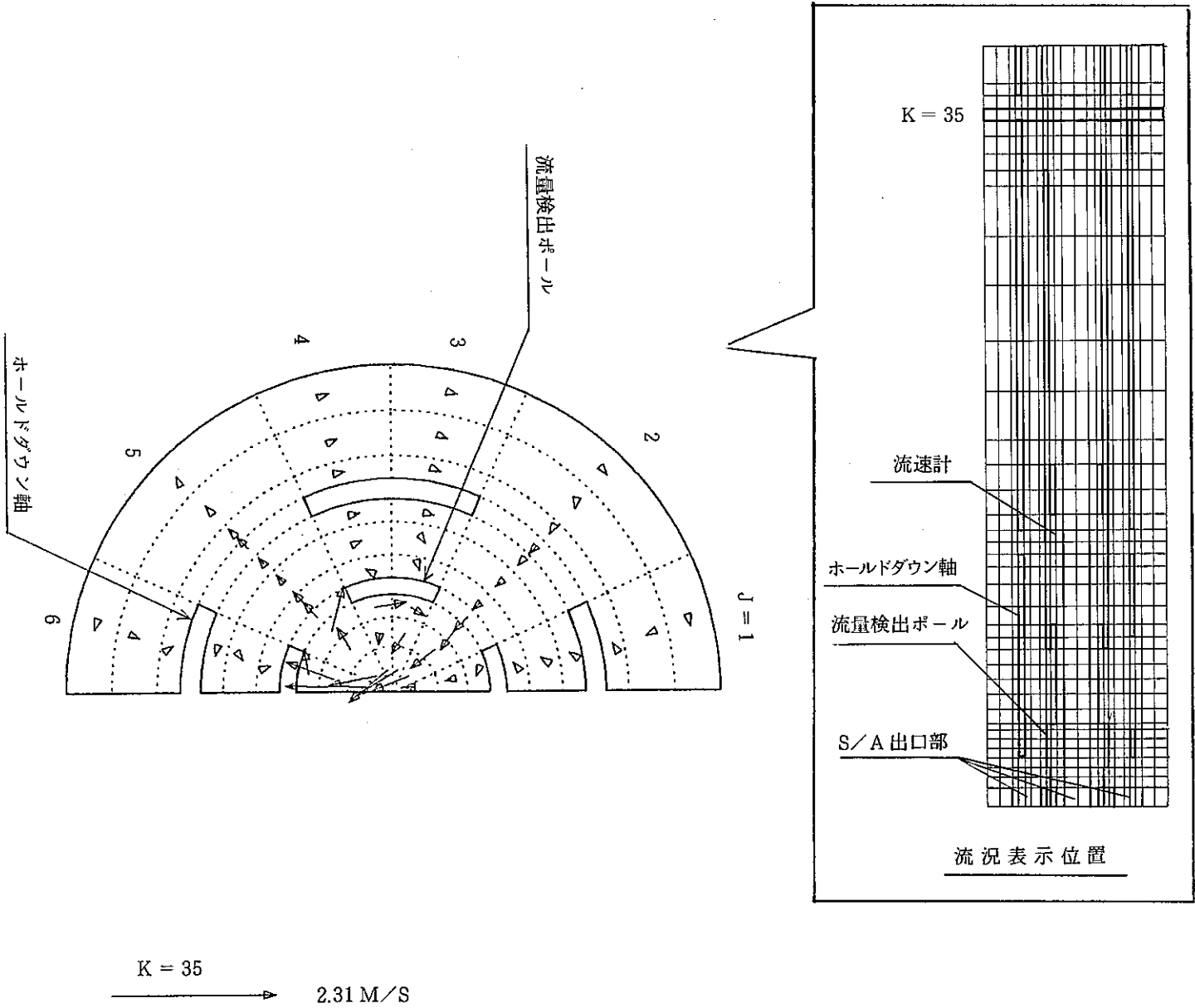


図 A. 7  $\gamma-\theta$  方向流況 (ケース 9)

## Appendix—B

流量配分計算コード“JOYFL—2”の概要



## 1. 計算モデルの設定

原子炉容器内の流路を図B.1の様にモデル化した。同図に示した記号は、以下本節の説明で使用することにする。Uは、高圧プレナムから上部プレナムに流れる流量の総和を示しており、この中には、集合体内を流れる流量はもちろん、上部嵌含部のリーク流量と、ガス抜き穴流路も含んでいる。他の記号W, V,  $Q_H$ ,  $G_L$ ,  $G_p$ も該当する流路を流れる流量の総和を意味している。PP,  $P_H$ ,  $P_L$ は、各プレナムの圧力を意味している。但し、単位は、上部プレナム圧力を0とした場合の水頭差を含む圧力である。

計算上、次の2つの仮定を設けた。

仮定1：炉容器内の流量配分は、各々のプレナム内の圧力が一点で代表される4つのプレナム間の圧力バランスから成り立っている。

仮定2：各プレナム間の流量は、プレナム圧力差と各流路圧損係数により一義的に求まるものとする。

## 2. 基礎式

図B.1の記号に従って説明する。

下部プレナム、高圧プレナムおよび低圧プレナムに於ける質量保存則より、次式が成立つ。

$$Q = Q_H + G_p + G_L$$

$$Q_H = U + V$$

$$W = V + G_L$$

各プレナムの圧力が既知だとすると、仮定1と2より直ちに、各プレナム間の流量が求まる。

$$Q_H = \sum_{i=1}^{N_H} f_{H_i} \quad (PP - P_H)$$

$$G = \sum_{i=1}^{N_p} f_{p_i} \quad (PP)$$

$$G_L = \sum_{i=1}^{N_L} f_{L_i} \quad (PP - P_L)$$

$$U = \sum_{i=1}^{N_U} f_{U_i} \quad (P_H)$$

$$V = \sum_{i=1}^{N_V} f_{V_i} \quad (P_H - P_L)$$

$$W = \sum_{i=1}^{N_W} f_{W_i} \quad (P_L)$$

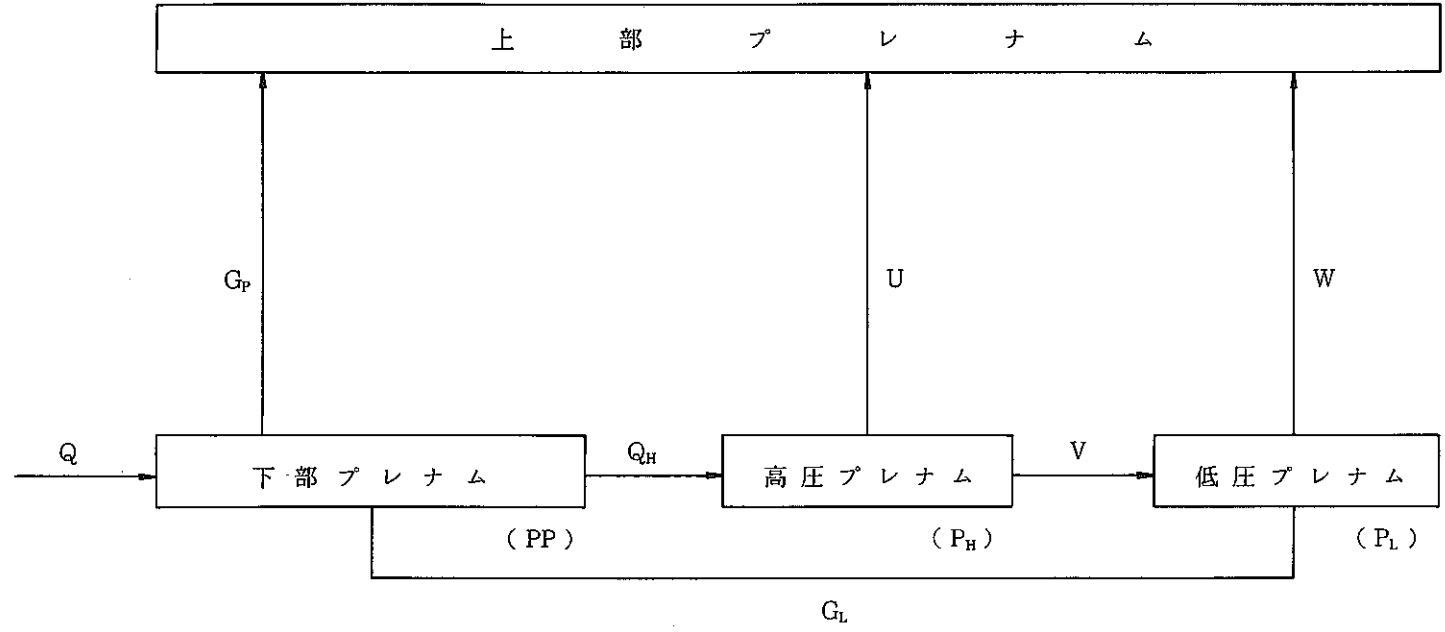
ここに

$f_{H_i}, \dots, f_{W_i}$  ; 圧力差から流量への変換関数

$N_H, \dots, N_W$  ; 各プレナム間流路要素数

とする。圧力差を与えて、流量を算出する交換関数は既知関数である。

上の9個の式を解けば、各プレナムの圧力及び各流路の流量が定まる。本コードでは上式を繰り返し法で解いている。



Q : 原子炉入口流量

$Q_p, U, W,$   
 $Q_H, V, G_L$  } ; 上図で示されるプレナム間流量

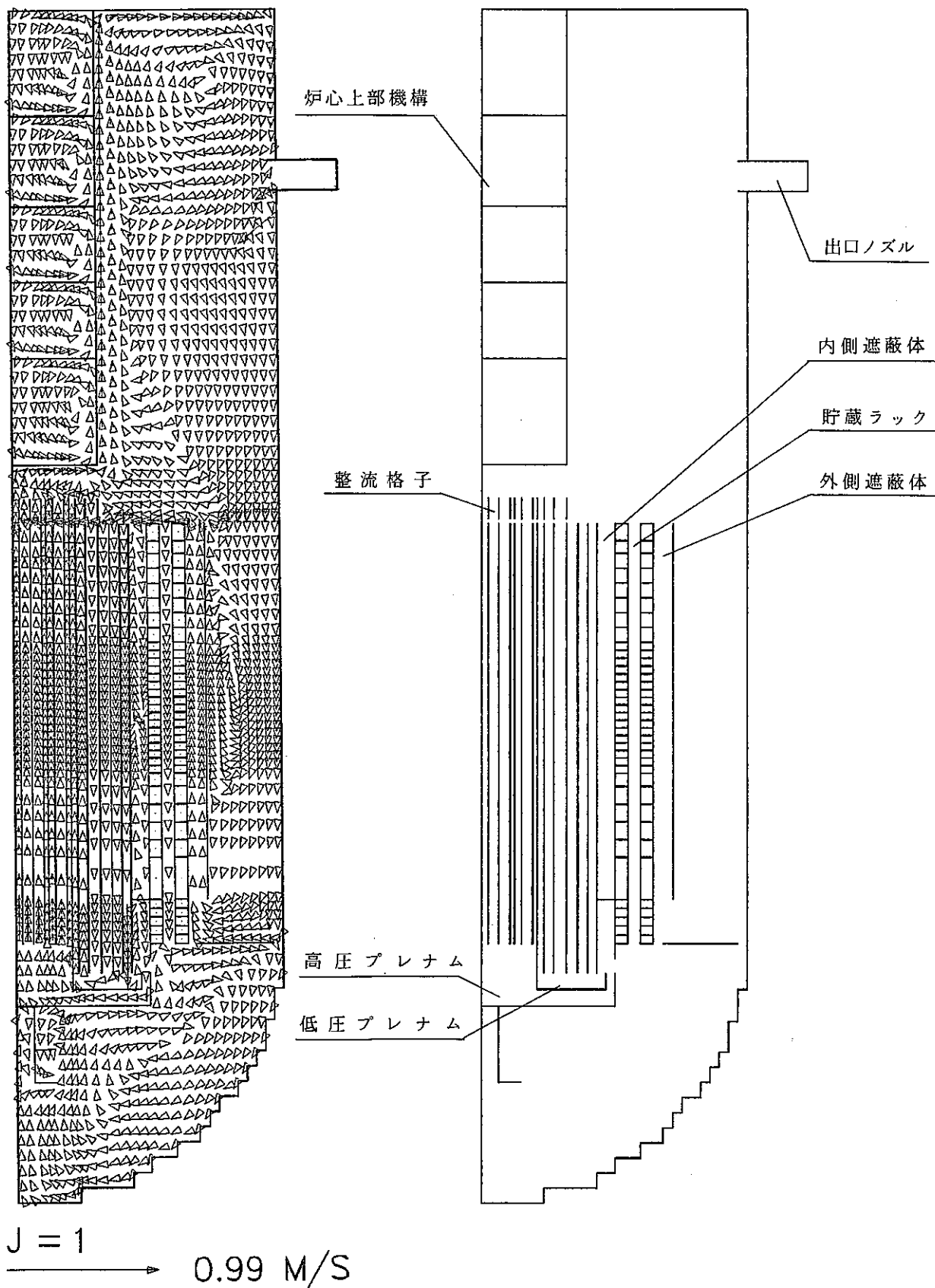
$PP, P_H, P_L$  ; 上図で示されるプレナム圧力

(上部プレナム圧力を0とした場合の水頭差を含む圧力)

図B.1 CALCULATION MODEL OF FLOW DISTRIBUTION

## Appendix—C

“COMMIX—1 A” によるポンプ停止時の流速ベクトル図



図C.1 ポンプ停止時における流速ベクトル図