

JAERI-M
82-020

JMTRにおける燃料中心温度測定実験(Ⅳ)
— 第2次試料の予備実験 —

1982年3月

河村 弘・安藤 弘栄・小向 文作
新見 素二

JAERI-Mレポートは、日本原子力研究所が不定期に公開している研究報告書です。
入手の間合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.
Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Section
Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura,
Naka-gun Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1982

編集兼発行 日本原子力研究所
印刷 (株)原子力資料サービス

JMTRにおける燃料中心温度測定実験(Ⅳ)

—第2次試料の予備実験—

日本原子力研究所 大洗研究所 材料試験炉部

河村 弘・安藤 弘栄・小向 文作

新見 素二

(1982年2月9日受理)

JMTR既設の水ループOWL-1を用いて実施される燃料中心温度測定実験は、第1次試料がすでに照射済であり、第2次試料は、昭和56年9月末から照射されている。JMTRにおける本試料の発熱量(燃料棒線出力)を評価するため、JMTR臨界実験装置(JMTRC)を用いて予備実験を行った。この予備実験により、燃料棒の出力分担比、軸方向の熱中性子束分布と軸方向のピーキング係数を求めた。さらに、OWL-1試料部の水平方向熱中性子束分布を一次平面近似することにより、平面上、3カ所に配置した自己出力型中性子検出器(SPND)出力の相対中性子束から、各燃料棒の出力分担比が十分な精度で求められることを確認した。

Fuel Centerline Temperature Measurement Experiment in JMTR (IV)
(Preliminary Experiment of the Second Test Assembly)

Hiroshi KAWAMURA, Hiroei ANDO, Bunsaku KOMUKAI
and Motoji NIIMI

Division of JMTR Project, Oarai Research Establishment, JAERI

(Received February 9, 1982)

The first experiment for the fuel centerline temperature experiment using the water loop facility OWL-1 in JMTR have been already irradiated, and the second is to be irradiated from the end of September in 1982. For the second, we made a preliminary experiment using the JMTR critical facility (JMTRC), in order to estimate the heat generation of the second experiment (the linear heat rate of the fuel rods) in JMTR. By this preliminary experiment, we obtained the heat generation ratio of each fuel rod, the axial distribution of the thermal neutron flux and the axial peaking factors. Further, we ascertained that the heat generation ratio of each fuel rod is obtained with sufficient accuracy from the self-powered neutron detector (SPND) output (i.e. relative thermal neutron flux) arranged at three points horizontally by approximating the horizontal distribution of the thermal neutron flux at the fuel position in OWL-1 to the simple plane.

Keywords: LWR Fuel, Fuel Centerline Temperature, Local Linear Power, Preliminary Experiment, JMTRC, Foil Activation Method, Thermal Neutron Flux Distribution

目 次

1. 序 論	1
2. 実験目的	2
2.1 線出力評価法	2
2.2 一次平面近似計算の適用方法とその必要性	3
3. 実 験	4
3.1 J M T R C の炉心配置及び制御棒位置	4
3.2 実験に用いた燃料棒及びその集合体	4
3.3 D_y の放射化による熱中性子束の相対測定	4
4. 実験結果	5
4.1 軸方向の熱中性子束分布及びピーキング係数	5
4.2 出力分担比	5
4.3 O W L - 1 の水平方向熱中性子束分布の一次平面近似評価結果	5
5. 結 論	7
謝 辞	7
参考文献	7

CONTENTS

1. Introduction	1
2. Experimental Object	2
2.1 Linear Heat Rate Estimate Method	2
2.2 Apprication and Necessarity about the Simple-plane- Approximating Calculation	3
3. Experiment	4
3.1 Reactor Core Arrangement and Control Rod Position of JMTRC	4
3.2 Fuel Rods and Assembly Used for Experiment	4
3.3 Relative Measurement of Thermal Neutron Flux by Dy-activation	4
4. Experimental Result	5
4.1 Axial Thermal Neutron Flux Distribution and Peaking Factor	5
4.2 Heat Generation Ratio	5
4.3 Simple-Plane-Approximating Estimate Result about OWL-1 Horizontal Thermal Neutron Flux Distribution	5
5. Conclusion	7
Acknowledgements	7
References	7

1. 序 論

燃料中心温度測定実験は、JMTRに設置されている水ループOWL-1を用いて行われるもので、第1次から第3次までの3試料の照射実験を計画した。第1次試料については、すでに実験が終了している^{1), 2)}。第1次試料から第3次試料までの主要な実験目的は、炉内計装技術の確立及び通常時燃料ふるまいコードの検証である。各次の実験概要は、次のようである。

① 第1次実験

試料として4本バンドル集合体 77LF-33Jを用い、8×8型BWR用標準燃料棒でペレット-被覆管のギャップをパラメータにしたもので、JMTRで2サイクル照射された¹⁾。

② 第2次実験

試料として3本バンドル集合体 78LF-35Jを用い、8×8型BWR用標準燃料棒で被覆管仕様を、PCI/SCC^{*} Remedy 燃料としてCuバリヤ付とZrライナー付のものにして、昭和56年9月下旬から照射実験が行われる。JMTRで3サイクル照射する(図1)。

③ 第3次実験

試料として3本バンドル集合体 79LF-39Jを用い、8×8型BWR用標準燃料棒で、ペレット-被覆管ギャップのガス成分とガス圧仕様を変えて、高燃焼度時のギャップガス状態を模擬し、さらに濃縮度を従来より高くして高線出力にした。57年3月から5サイクル照射される予定である。なお、各試料の内容及び主要な計装品について表1に概説する。

本報告書では、燃料中心温度測定実験の第2次実験の予備実験(核的模擬実験)について述べる。実験試料として、78LF-35J核的模擬体(78LF-35JNM)を用いる。78LF-35JNMは、燃料棒3本からなる集合体であり、その概要を図2に示す。この燃料棒の主要構成物(UO₂ペレット、アルミナ断熱ペレット、被覆管、管状タイロッド、計測線案内管等)は、78LF-35Jと同一仕様である。また、この予備実験は、JMTR付属のJMTR臨界実験装置(JMTRC)を用いて行われる。JMTRCは、JMTRの炉心配置及び炉心構成を模擬することによって、JMTRの核的特性(中性子束分布、中性子スペクトル)を把握できるように考慮されている。

本予備実験では、D_y箔(フォイル又はテープ)を用いた箔放射化法により、熱中性子束の相対測定を行った。まず、燃料棒に直接、D_yフォイル又はD_yテープを巻いて、それらの放射化により、軸方向の熱中性子束分布、軸方向ピーキング係数及び出力分担比を求めた。次に、各自己出力型中性子検出器(SPND)位置に挿入されたSPND模擬物に巻かれたD_yテープの放射化により求められた熱中性子束相対値を用いて、OWL-1試料部の水平方向熱中性子分布を一次平面で近似することにより、間接的に出力分担比を求めた。そして、2つの方法で求めた出力分担比を比較検討することにより、一次平面近似計算の適用性を確かめた。この方法を用いることができると、JMTRC実験を実施せずに、より簡便に燃料棒の線出力(発熱量)を評価できるようになる。これら上記の結果を、ここに報告する。

* ペレットと被覆管の相互作用によっておこる応力腐食割れのこと。
(Pellet Cladding Interaction/Stress Corrosion Cracking)

2. 実験目的

JMTRCで実施した核的模擬実験の目的は、次の3つである。

- ① 燃料棒の軸方向熱中性子束分布及び軸方向ピーキング係数 (F_z) を求める。
- ② 各燃料棒 (3本) の出力分担比 (F_H) を求める。
- ③ OWL-1 燃料試料位置の水平方向熱中性子束分布を一次平面で近似し、SPND出力から各燃料棒の出力分担比を求めることができるかを確かめる。

通常時燃料ふるまいコードの検証のため、出力上昇ステップ中の線出力と燃料中心温度について良質のデータが必要になる。

以下に、JMTRC実験で得られた F_z 、 F_H などを用いて、OWL-1 試料の線出力を評価する方法について述べる。

2.1 線出力評価法

熱中性子束の軸方向ピーキング係数 F_z 及び各燃料棒の出力分担比 F_H は、次式に示すように、OWL-1 試料の線出力評価の際に必要な因子である。²⁾

$$Q_x^i = \frac{Q_{50}^i \cdot (\text{SPND})_x^i}{(\text{SPND})_{50}^i} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

$$Q_{50}^i = \frac{P_{50}^{\text{Loop}} \cdot F_z^i \cdot F_H}{M \cdot L^i} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

ただし、

Q	;	線出力	(W/cm)
(SPND)	;	SPND指示値	(-)
P_{50}^{Loop}	;	JMTR 50MW 定常運転時の OWL-1 での試料総発熱量 (W)	
F_z	;	軸方向ピーキング係数	(-)
F_H	;	出力分担比	(-)
M	;	燃料棒本数 (= 3)	(-)
L	;	スタック長	(cm)

また、添字は、

x	;	JMTR 出力 x MW 時の値
50	;	JMTR 出力 50 MW 時の値
i	;	燃料棒番号 ($i=1, 2, 3$)

(2.2) 式より、JMTR 出力 50 MW 定常運転時の OWL-1 での試料総発熱量を求め、その値と (2.1) 式より、燃料棒番号 i の出力上昇中の JMTR 出力 x MW での線出力を求めることができる。なお、 P_{50}^{Loop} は JMTR の OWL-1 プロセス計装によって測定された冷却水温度、冷却水圧力等のデータから決定され、 F_z 及び F_H^i は、前に述べたように、本 JMTRC 核的模擬実験

によって求められる。

2.2 一次平面近似計算の適用方法とその必要性

OWL-1 試料部の水平方向熱中性子束分布を一次平面近似し、SPND出力から燃料棒の出力分担比又は熱中性子束絶対値を求めることができれば、前述のような核的模擬体によるJMTRC実験を実施しなくても線出力を評価できるという利点がある。その線出力評価方法として、次の2通りの方法がある。

- ① 各燃料棒のJMTR出力 x MWでの線出力 Q_x を求めるために(2.1)式及び(2.2)式を用いるが、各燃料棒の出力分担比 F_H^i は、JMTRC実験で求めた値を用いず、JMTR実験でのSPND相対出力から一次平面近似計算により求めたものを用い、中性子束の軸方向ピーキング係数 F_z^i は、JMTRで常用されている炉運転中の熱中性子束変動図⁵⁾を用いて求める。
- ② ①の方法でも、OWL-1のプロセス計装がなければ、試料発熱量(線出力)が評価できない。そこで、燃料集合体に計装されている計装の指示値だけから、線出力を評価するのが、この②の方法である。まず、JMTR実験で測定されるSPND相対出力とSPNDの感度から、SPND位置の熱中性子束(絶対値)を求める。そして、OWL-1試料部の水平方向熱中性子束分布を一次平面で近似することにより、各燃料棒位置の熱中性子束が求められる。その値を次式に代入して、JMTR出力 x MW時の出力を求める。

$$Q_x^i = (\bar{\phi}_p^i)_x \cdot \bar{\Sigma}_f \cdot K \cdot S \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

ただし、

$\bar{\phi}_p^i$: 燃料棒番号 i のペレット内の平均熱中性子束 (n/cm²·sec)

$\bar{\Sigma}_f$: 核計算によって求められたペレット内の平均マクロ核分裂断面積
(1/cm)

K : 試料の1核分裂当りのエネルギー (W·sec)
(= 2.82 × 10⁻¹¹)

S : UO₂ペレットの横断面積 (cm²)

なお、

$$\bar{\phi}_p^i = k \cdot \bar{\phi}_s^i \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

k : 核計算によって求められる比例定数

$\bar{\phi}_s^i$: JMTR実験でSPND出力により求められた燃料棒Na iの表面平均熱中性子束 (n/cm²·sec)

このように、OWL-1試料部での水平方向熱中性子束分布が一次平面で近似できると、より簡便な方法で線出力を評価できるようになる。

3. 実 験

3.1 JMTRCの炉心配置及び制御棒位置

JMTRCの炉心配置は、図3に示すとおり、通常の実験で用いられる標準炉心である。OWL-1の挿入孔（照射孔）は、反射体第2層目（D-7）であり、制御棒の動きにより、比較的中性子束分布が変動しやすいので、JMTRの出力上昇時の制御棒位置を模擬した実験を行った。すなわち、図3に示したJMTRC炉心配置において、制御棒SA-1, 3（JMTRの微調整棒SR-1, 2に相当）を650mmに引抜き、炉心装荷²³⁵U量を減らすことにより、反応度を調節して、粗調整棒SH-1, 2（JMTRの粗調整棒SH-1, 3に相当）の臨界点を719mmとし、核的模擬実験を実施した。JMTRCのすべての制御棒の吸収体の長さは、JMTRより50mm長い。そのため、JMTRCの粗調整棒SH-1, 2の臨界点719mmは、JMTRのSH-1, 2相当制御棒SH-1, 3の669（=719-50）mmに相当する。この制御棒位置を選択したのは、表2に示すように、JMTRの出力上昇時の粗調整棒SH-1, 3位置が、550～800mmであるからである。

3.2 実験に用いた燃料棒及びその集合体

本実験に用いた78LF-35JNM試料（3本バンドル）は、78LF-35J試料と核的特性がかわらないように、ほぼ同一の仕様（材料、寸法等）になっており、分解組立が可能である。試料の概要を図2に示す。

3.3 Dyの放射化による熱中性子束の相対測定

熱中性子束分布（相対値）及び出力分担比を、Dy（ディスプロシウム）のフォイルとテープを用いて、箔放射化法により求めた。そのフォイルとテープを貼布した位置（測定点）を図4に示す。なお、DyフォイルNo.40～No.53と、Dyテープ#1～#6の軸方向貼布位置は、燃料中心温度測定用熱電対の先端位置（炉中心から-33mm）である。また、DyフォイルNo.1～No.39は、軸方向の熱中性子束分布及びピーキング係数を求めるためのものであり、Dyテープ#1～#3（SPND位置）は、一次平面近似計算に用い、Dyテープ#4～#6は、出力分担比を求めるために用いられる。Dyテープ#1～#3は、本JMTRC実験では、本物のSPNDに巻かずに、模擬SPND（SUS304シースの補償導線）に巻いた。計測器は、NaI(Tl)ウェル・シンチレーションカウンタを用いた。

出力分担比測定用のDyテープ#4～#6は、照射後、約3mm[□]に切断してから計測された。今回の測定は、相対測定であるので、単位質量当りの計数率でデータを処理した。Dyテープ#1～#3は、照射後切断せず、そのまま計測された。軸方向の熱中性子束分布及びピーキング係数

は、各燃料棒について有意な差はないことを確認するために、Rod.1とRod.2について、それを測定した。

4. 実験結果

4.1 軸方向の熱中性子束分布及びピーキング係数

軸方向の熱中性子束分布を図5に示す。同図に示す3本の曲線について、軸方向平均値が1.0になるように規格化した軸方向の熱中性子束分布を図6に示す。その図から、各々の燃料棒のピーキング係数(規格化された曲線のピーク値)を求めた。その結果を以下に示す。

<軸方向ピーキング係数>

Rod. 1 (炉心反対側)	1.27
Rod. 1 (炉 心 側)	1.31
Rod. 2	1.30

4.2 出力分担比

出力分担比を求めるために各燃料棒のまわりに巻いたD_yテープ(長さ39mm)を15分割して、それらの比放射能と燃料棒まわりの相対距離との関係をプロットした。図7に示す。各々の測定点を曲線でフィッティングして、その面積を求め、その面積の比が出力分担比を示す。その値を下に示す。

<出力分担比>

Rod. 1	0.85
Rod. 2	1.11
Rod. 3	1.04

4.3 OWL-1の水平方向熱中性子束分布の一次平面近似評価結果

まず、OWL-1ループの燃料試料位置における水平方向熱中性子束分布を一次平面で近似すると(図8参照)、

$$\begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & z_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & z_3 & 1 \end{vmatrix} = 0 \quad \dots\dots\dots(4.1)$$

なお、

- (x , y) ; 燃料棒の座標
- (x_i , y_i) ; SPND No. i の座標

は、各燃料棒について有意な差はないことを確認するために、Rod.1とRod.2について、それを測定した。

4. 実験結果

4.1 軸方向の熱中性子束分布及びピーキング係数

軸方向の熱中性子束分布を図5に示す。同図に示す3本の曲線について、軸方向平均値が1.0になるように規格化した軸方向の熱中性子束分布を図6に示す。その図から、各々の燃料棒のピーキング係数(規格化された曲線のピーク値)を求めた。その結果を以下に示す。

<軸方向ピーキング係数>

Rod. 1 (炉心反対側)	1.27
Rod. 1 (炉心側)	1.31
Rod. 2	1.30

4.2 出力分担比

出力分担比を求めるために各燃料棒のまわりに巻いたD_yテープ(長さ39mm)を15分割して、それらの比放射能と燃料棒まわりの相対距離との関係をプロットした。図7に示す。各々の測定点を曲線でフィッティングして、その面積を求め、その面積の比が出力分担比を示す。その値を下に示す。

<出力分担比>

Rod. 1	0.85
Rod. 2	1.11
Rod. 3	1.04

4.3 OWL-1の水平方向熱中性子束分布の一次平面近似評価結果

まず、OWL-1ループの燃料試料位置における水平方向熱中性子束分布を一次平面で近似すると(図8参照)、

$$\begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & z_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & z_3 & 1 \end{vmatrix} = 0 \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

なお、

(x, y) ; 燃料棒の座標
(x_i, y_i) ; SPND No. i の座標

ただし, z と z_i は, 熱中性子束の大きさを示す。

また, (4.1)式を円筒座標に変換するため,

$$\left. \begin{aligned} x &= r \cos \theta, & y &= r \sin \theta, & z &= \phi \\ x_1 &= r \cos \theta_1, & y_1 &= r \sin \theta_1, & z &= \phi_1 \\ x_2 &= r \cos \theta_2, & y_2 &= r \sin \theta_2, & z &= \phi_2 \\ x_3 &= r \cos \theta_3, & y_3 &= r \sin \theta_3, & z &= \phi_3 \end{aligned} \right\} \dots\dots (4.2)$$

ただし,

ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 : SPND 1, 2 及び 3 位置に装荷された模擬物のまわりに巻かれた D_y テープの放射化量
(J.M.T.R.C 実験により求めた。)

r_0 : SPND 配置半径 (SPND 1, 2 及び 3 は, 同心円上にある。)
(= 2.9 cm)

(r, θ): 燃料棒の座標 (Rod. 1, 2 及び 3 も同心円上にある。)
($r = 1.9$ cm)

θ : (r, θ) 点の熱中性子束 (相対値)

によって, (4.2)式を(4.1)式に代入して, $\theta_1 = 0$ とすると,

$$\begin{aligned} & \left\{ (\phi_3 - \phi_1) \sin \theta_2 - (\phi_2 - \phi_1) \sin \theta_3 \right\} (r \cos \theta - r_0) \\ & + \left\{ (\phi_2 - \phi_1) (\cos \theta_3 - 1) - (\phi_3 - \phi_1) (\cos \theta_2 - 1) \right\} \cdot r \sin \theta \\ & + \left\{ (\sin \theta_3) (\cos \theta_2 - 1) - (\sin \theta_2) (\cos \theta_3 - 1) \right\} (\phi - \phi_1) r_0 = 0 \end{aligned} \dots\dots (4.3)$$

(4.3)式に,

$$\begin{aligned} r_0 &= 2.9 \text{ (cm)}, & \theta_2 &= \frac{4}{3} \pi, & \theta_3 &= \frac{2}{3} \pi \\ \phi_1 &= 4884 \text{ (cps/mg)}, & \phi_2 &= 5079 \text{ (cps/mg)}, \\ \phi_3 &= 6510 \text{ (cps/mg)} \end{aligned}$$

と, Rod. 1 の座標 $(1.9, \frac{5}{3} \pi)$ あるいは
Rod. 2 の座標 $(1.9, \pi)$ あるいは
Rod. 3 の座標 $(1.9, \frac{\pi}{3})$

を代入すると, Rod. 1, Rod. 2 または Rod. 3 の位置に対する ϕ (熱中性子束相対値) が求められ, それらの値から, 燃料棒の出力分担比 F_H が次式により求められる。

$$F_H^i = \frac{\phi_{\text{Rod. } i}}{\frac{\sum_{i=1}^3 \phi_{\text{Rod. } i}}{3}} \dots\dots (4.4)$$

ただし

$\phi_{\text{Rod. } i}$: Rod. i の熱中性子束相対値 ($i=1, 2, 3$)

4.2 で求めた値と, 上記の一次平面近似計算により求めた値を表 2 に示す。

5. 結 論

本78LF-35JNM試料を用いたJMTRC実験で得た値及び検討結果を以下にまとめる。

(1) 軸方向の熱中性子束分布及びピーキング係数

軸方向の熱中性子束分布は、通常時燃料ふるまいコードFREG-4の入力データとして必要であり、軸方向のピーキング係数は、OWL-1プロセス計装から得られたデータを用いて線出力を評価する際に用いる。両者とも、図6のいずれの曲線を採用しても±2%程度で一致しており、OWL-1ループを用いた実験の熱的挙動解析上、有意な差はないと思われるので、軸方向ピーキング係数は、1.31、そして、軸方向熱中性子束分布は、図6中のRod. 1（炉心側）の曲線を採用することにした。

(2) 出力分担比

燃料棒に直接D_yテープを巻いて、JMTRC実験により得られた値は、

Rad. 1	0.85
Rad. 2	1.11
Rad. 3	1.04

となった。

(3) OWL-1の水平方向熱中性子束分布の一次平面近似

OWL-1の水平方向熱中性子束分布の一次平面近似計算と、前記の直接、JMTR（実験により求めた値との比較（表2））の結果、±5%で一致した。これにより、JMTR実験での線出力評価にも十分一次平面近似が適用できると思われる。

謝 辞

本実験を実施するにあたり、計画課長 佐藤雅幸氏及び計画課諸氏に御支援をいただいた。また、千代田メンテナンス株式会社の照沼光男氏と堀田 隆氏には、実験に使用したD_yテープとD_yフォイルの加工と重量測定をしていただいた。以上、記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 安藤 弘栄, 他; 私信 (JMTRにおける燃料中心温度測定実験(I)-実験の位置づけと実験計画-)
- 2) 安藤 弘栄, 河村 弘, 他; "JMTRにおける燃料中心温度実験(II)-第1次燃料試料の実験解析-"; JAERI-M 9202, (Nov. 1980).
- 3) 荒瀬 功, 永岡 芳春; 私信 (JMTRC炉心の核的模擬性)

5. 結 論

本78LF-35JNM試料を用いたJMTRC実験で得た値及び検討結果を以下にまとめる。

(1) 軸方向の熱中性子束分布及びピーキング係数

軸方向の熱中性子束分布は、通常時燃料ふるまいコード FREG-4 の入力データとして必要であり、軸方向のピーキング係数は、OWL-1プロセス計装から得られたデータを用いて線出力を評価する際に用いる。両者とも、図6のいずれの曲線を採用しても±2%程度で一致しており、OWL-1ループを用いた実験の熱的挙動解析上、有意な差はないと思われるので、軸方向ピーキング係数は、1.31、そして、軸方向熱中性子束分布は、図6中のRod. 1（炉心側）の曲線を採用することにした。

(2) 出力分担比

燃料棒に直接D_yテープを巻いて、JMTRC実験により得られた値は、

Rad. 1	0.85
Rad. 2	1.11
Rad. 3	1.04

となった。

(3) OWL-1の水平方向熱中性子束分布の一次平面近似

OWL-1の水平方向熱中性子束分布の一次平面近似計算と、前記の直接、JMTR（実験により求めた値との比較（表2））の結果、±5%で一致した。これにより、JMTR実験での線出力評価にも十分一次平面近似が適用できると思われる。

謝 辞

本実験を実施するにあたり、計画課長 佐藤雅幸氏及び計画課諸氏に御支援をいただいた。また、千代田メンテナンス株式会社の照沼光男氏と堀田 隆氏には、実験に使用したD_yテープとD_yフォイルの加工と重量測定をしていただいた。以上、記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 安藤 弘栄, 他; 私信 (JMTRにおける燃料中心温度測定実験I) - 実験の位置づけと実験計画 -)
- 2) 安藤 弘栄, 河村 弘, 他; "JMTRにおける燃料中心温度実験(II) - 第1次燃料試料の実験解析 - "; JAERI-M 9202, (Nov. 1980).
- 3) 荒瀬 功, 永岡 芳春; 私信 (JMTRC炉心の核的模擬性)

5. 結 論

本78LF-35JNM試料を用いたJMTRC実験で得た値及び検討結果を以下にまとめる。

(1) 軸方向の熱中性子束分布及びピーキング係数

軸方向の熱中性子束分布は、通常時燃料ふるまいコード FREG-4 の入力データとして必要であり、軸方向のピーキング係数は、OWL-1プロセス計装から得られたデータを用いて線出力を評価する際に用いる。両者とも、図6のいずれの曲線を採用しても±2%程度で一致しており、OWL-1ループを用いた実験の熱的挙動解析上、有意な差はないと思われるので、軸方向ピーキング係数は、1.31、そして、軸方向熱中性子束分布は、図6中のRod. 1（炉心側）の曲線を採用することにした。

(2) 出力分担比

燃料棒に直接D_yテープを巻いて、JMTRC実験により得られた値は、

Rad. 1	0.85
Rad. 2	1.11
Rad. 3	1.04

となった。

(3) OWL-1の水平方向熱中性子束分布の一次平面近似

OWL-1の水平方向熱中性子束分布の一次平面近似計算と、前記の直接、JMTR（実験により求めた値との比較（表2））の結果、±5%で一致した。これにより、JMTR実験での線出力評価にも十分一次平面近似が適用できると思われる。

謝 辞

本実験を実施するにあたり、計画課長 佐藤雅幸氏及び計画課諸氏に御支援をいただいた。また、千代田メンテナンス株式会社の照沼光男氏と堀田 隆氏には、実験に使用したD_yテープとD_yフォイルの加工と重量測定をしていただいた。以上、記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 安藤 弘栄, 他; 私信 (JMTRにおける燃料中心温度測定実験I)-実験の位置づけと実験計画-
- 2) 安藤 弘栄, 河村 弘, 他; "JMTRにおける燃料中心温度実験(II)-第1次燃料試料の実験解析-"; JAERI-M 9202, (Nov. 1980).
- 3) 荒瀬 功, 永岡 芳春; 私信 (JMTRC炉心の核的模擬性)

- 4) 瀬崎 勝二, 他; "JMTR と JMTRC の対応性 (No. 34 cy 実験)"; JAERI-M 6688, (Aug. 1976).
- 5) 永岡 芳春; "JMTR 運転中の熱中性子束変動の評価"; JAERI-M 6661, (Aug. 1976).

表1 燃料中心温度測定実験用試料概要

試料名		77LF-33J				78LF-35J			79LF-39J		
項目		1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
燃料棒番号		1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
照射スケジュール		S.54.11.12 ~ 55.2.10 (48, 49サイクル)				S.56.9.24~57.2.13 (55~57サイクル)			S.57.3.13~58.3.13 (58~62サイクル)		
燃料棒仕様	ペレット被覆管 直径 ϕ (μm)	100	200	300	400	200			200		
	被覆管仕様	Normal				Normal	Cuバ 付	Zr 付	Normal		
	封入ガス成分	He 100%				He 100%			He100%	He75%	He20%
	燃料濃縮度 (w/o)	1.5				1.5			2.3		
主な計装品	燃料中心温度 測定用熱電対	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	燃料棒伸び計	○				○	○	○		○	○
	FPガス圧計			○					○		
	SPND	ミッ Rh	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ミッ Co									○	○	○
燃料仕様	L/D*	1.03	1.04	1.05	1.06	1.04			1.04		
	密度	95% T.D.									
	O/U比	2.005				2.009			2.01		
	ペレット形状	端面フラット									

* ペレットの高さ/ペレットの直径

表2 原子炉起動時の制御棒位置と熱出力

<53サイクル>

	熱出力 MW	SH-1 mm	SH-2 mm	SH-3 mm
前半	14.3	584.9	-17.9	584.6
	19.7	629.9	-17.6	630.3
	31.4	640.0	-17.6	640.1
	39.9	737.4	-17.6	736.4
	50.2	802.5	73.9	801.7
後半	15.1	527.6	-17.4	527.6
	21.3	528.9	-18.2	529.9
	29.4	529.2	-18.2	530.1
	39.8	572.9	-18.5	572.3
	44.9	623.8	-18.7	624.5
	50.6	705.7	-18.5	705.1

<54サイクル>

	熱出力 MW	SH-1 mm	SH-2 mm	SH-3 mm
前半	15.0	560.3	-17.6	559.7
	21.3	608.4	-17.9	608.6
	30.3	621.5	-18.2	622.2
	39.3	661.3	-18.2	661.9
	50.0	724.5	-17.6	723.8
後半	12.9	802.3	27.9	801.4
	18.4	704.6	-17.9	703.2
	31.0	680.3	-17.6	680.0
	40.3	802.3	102.1	801.1
	45.3	802.3	137.8	801.7
	50.1	802.5	137.6	801.4

表3 出力分担比の評価比較

燃料棒 番号	出力分担比	CF 実験値 ^x	一次平面近似計算値 ^{xx}
Rod. 1		0.85	0.89
Rod. 2		1.11	1.07
Rod. 3		1.04	1.04

x 燃料棒に巻いた Dy テープの放射化量により CF 実験で直接求められたもの。

xx SPND 位置の模擬棒に巻いた Dy テープの放射化量を用いて一次平面近似計算により求めたもの。

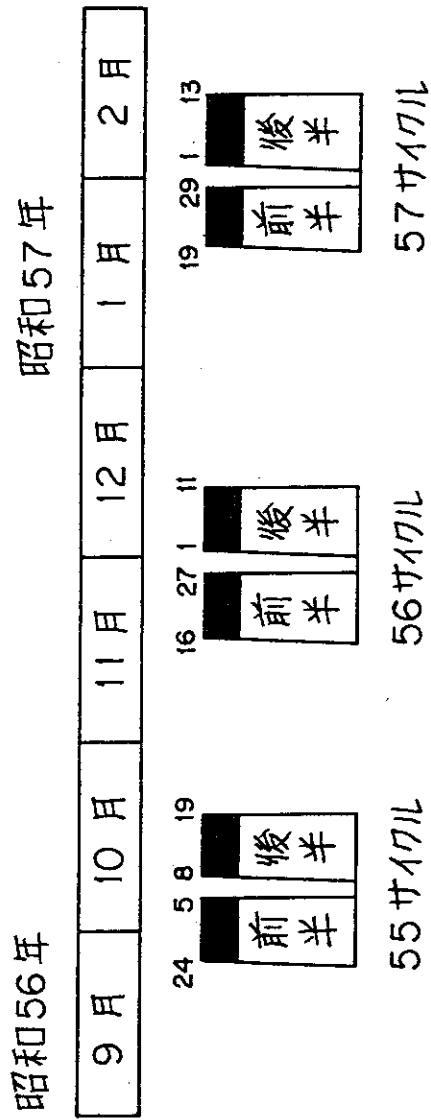
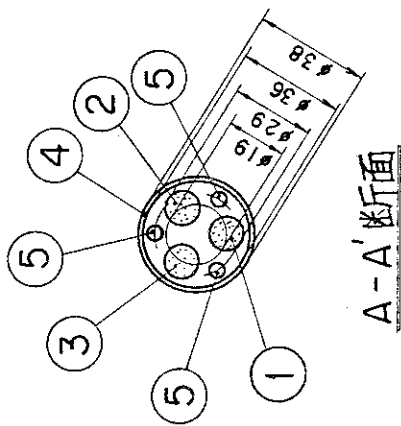
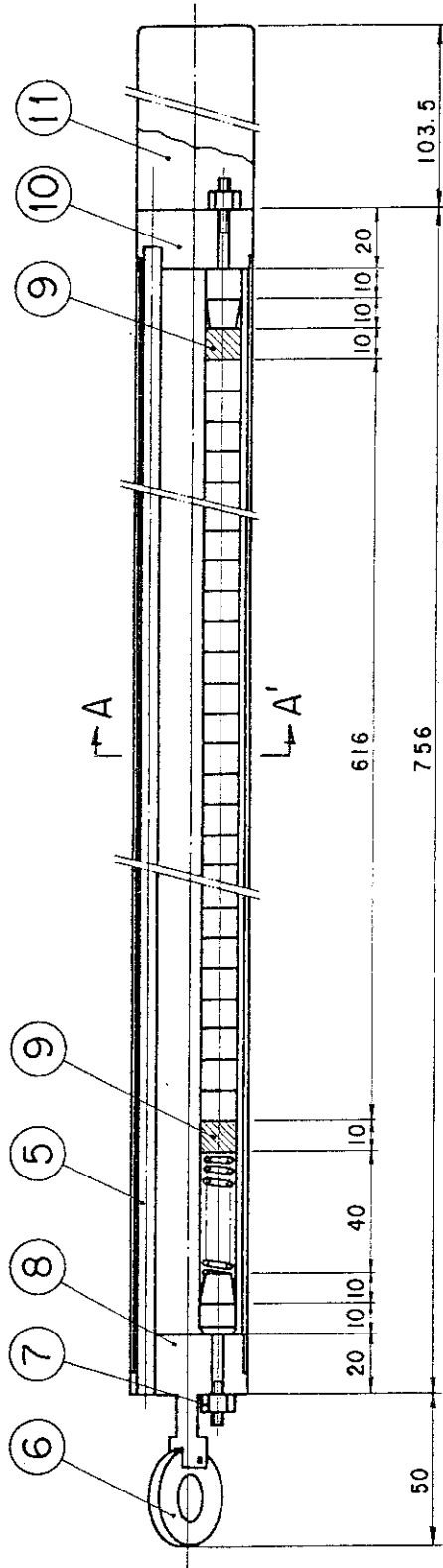
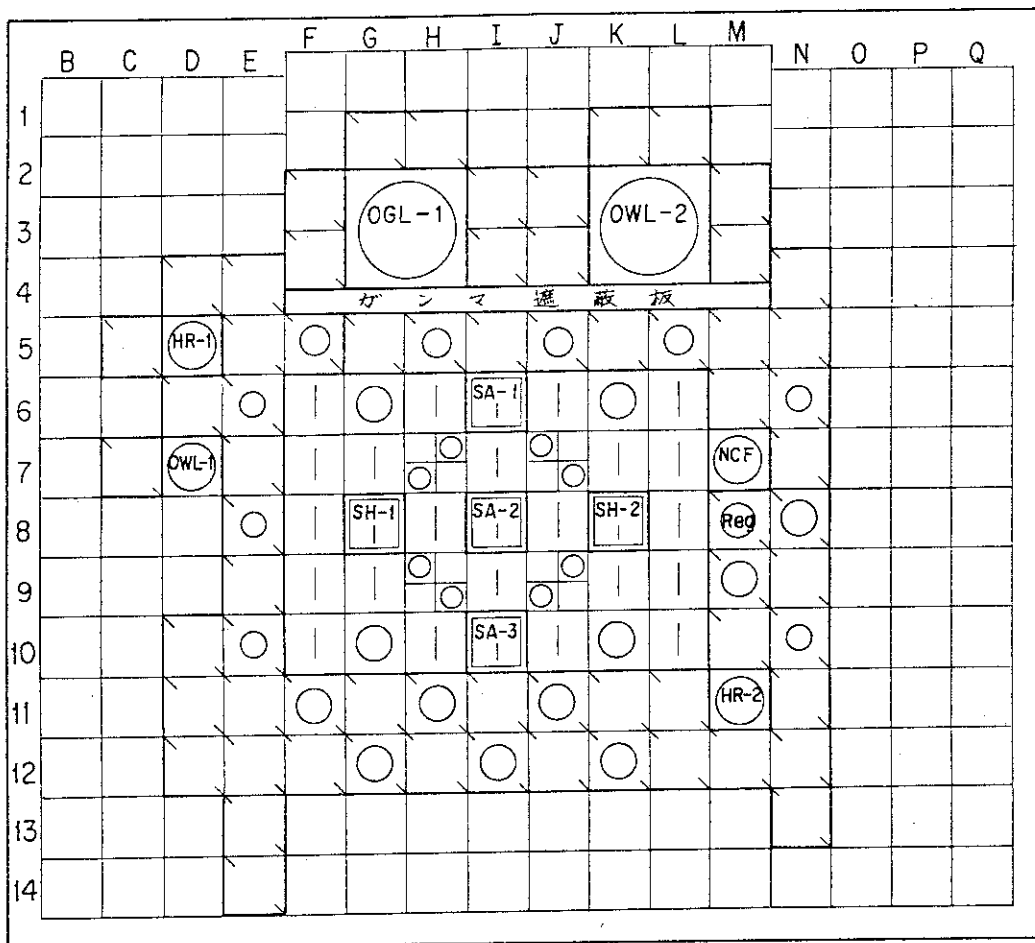


図 1 78LF-35Jの照射スケジュール (JMTR運転サイクル)



番号	部名	個数	材質	備考
11	アダプター	1	A5052	
10	下部タイフレット	1	SUS304	
9	断熱ハレット	2	Al ₂ O ₃	
8	上部タイフレット	1	SUS304	
7	六角ナット	6	SUS304	
6	ハンドリング用把手	1	SUS304	
5	計測線案内管	3	SUS304	SPND 検出管 長さ 106
4	管状タイロッド	1	SUS304	
3	燃料棒 NO.3	1		
2	燃料棒 NO.2	1		
1	燃料棒 NO.1	1		

図 2 78LF-35JNM 試料



凡例











- | | | |
|---|---|--|
|  燃料要素 |  燃料フォロー付
制御棒
(SA:安全棒, SH:粗調整棒) |  微調整棒
(ベリリウム要素ベリリウムフォロー) |
|  ベリリウム要素 |  $\phi 30\text{mm}$ 模擬照射キャセル | |
|  アルミニウム要素 |  $\phi 36\text{mm}$ 模擬照射キャセル | |
|  4孔アルミニウム要素 |  $\phi 40\text{mm}$ 模擬照射キャセル | |
|  模擬照射装置
(OWL:ホープ, OGL:ガスルプ, HR:水カラビット, NCF:縦駆動照射設備) | | |

図3 JMTRC 炉心配置図

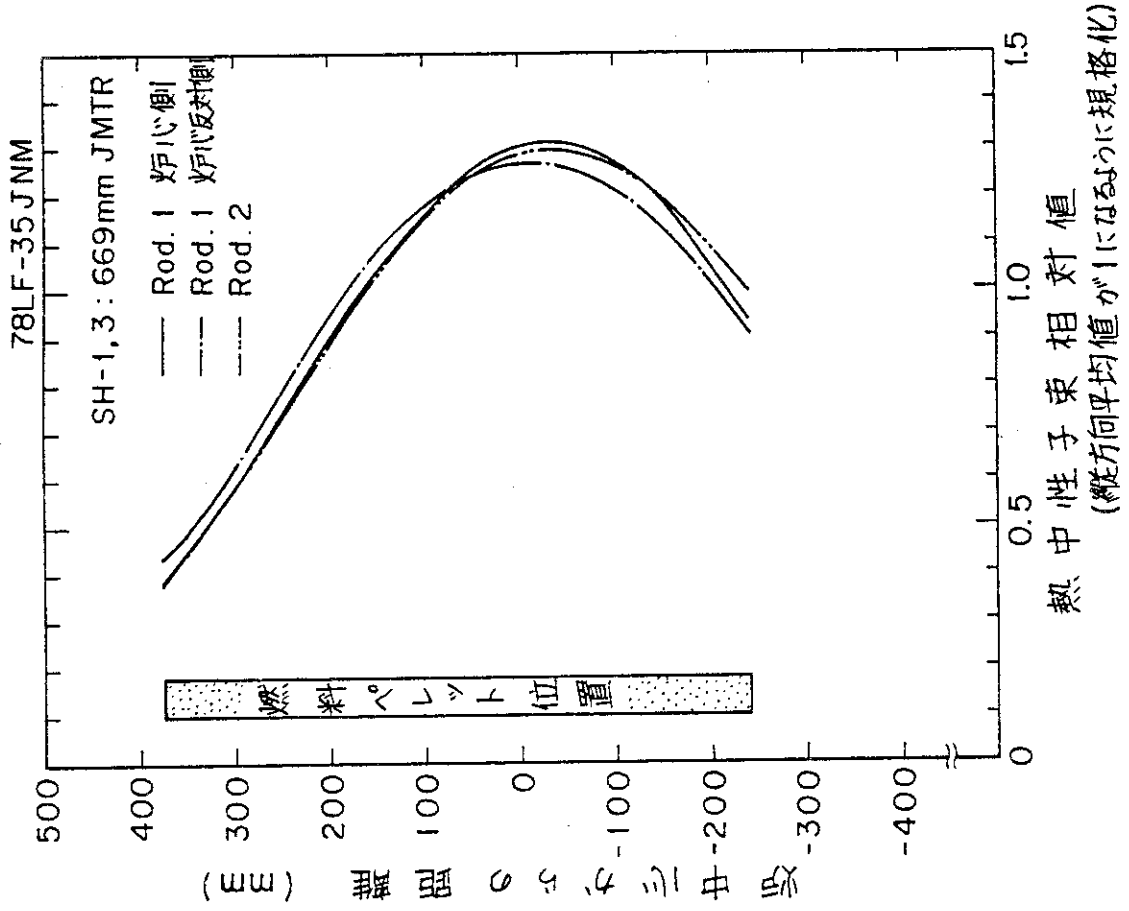


図5 軸方向の熱中性子束分布

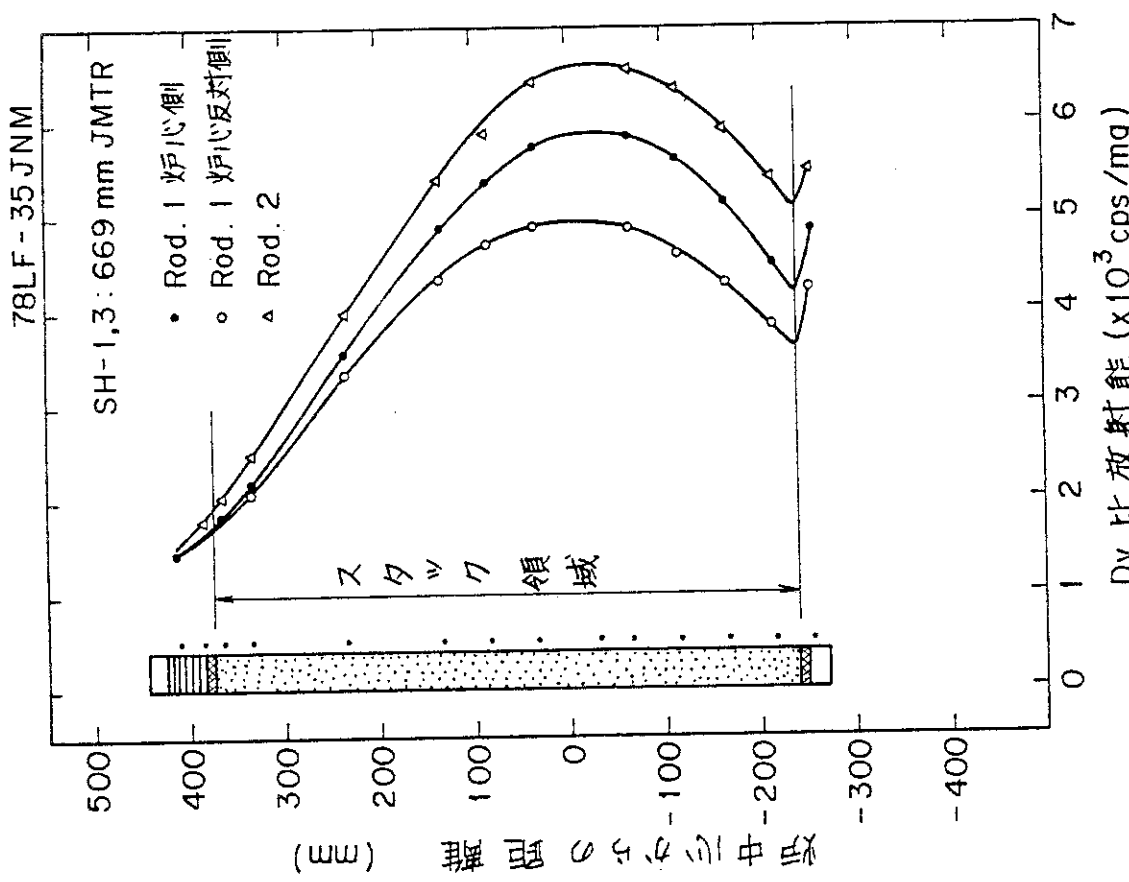


図6 軸方向の熱中性子束分布

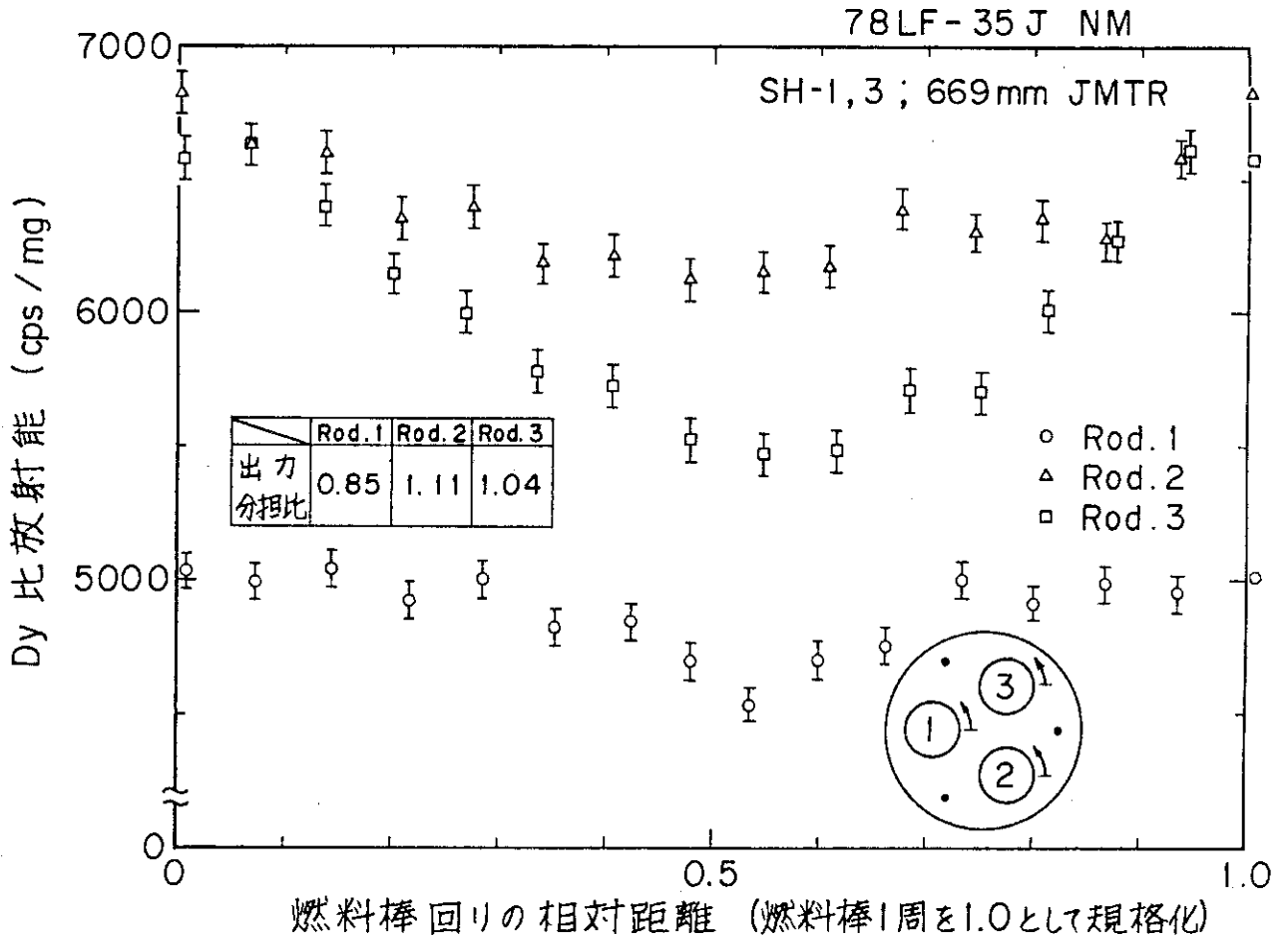
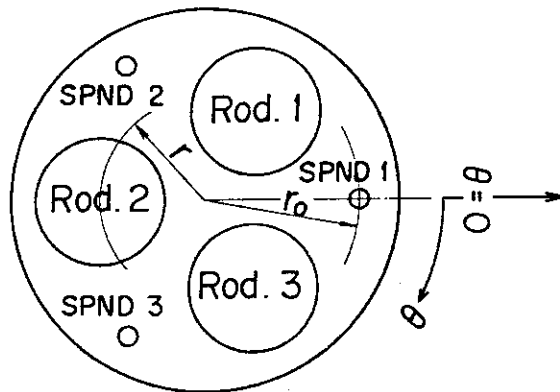


図7 出力分担比評価



(*)注
SPND位置には、模擬棒を装荷した。

図8 OWL-1装荷試料配置図