

**公開 JAERI-memo**

この memo は、日本原子力研究所でなされた研究の、所内における検討と利用のために作成された報告書を、とりあえず公開するもので、研究所としての最終報告ではありません。複製・入手あるいは引用・転載は、茨城県東海村日本原子力研究所技術情報部に問い合わせてください。

**JAERI-memo**

The document contains the results of research works carried out in JAERI. It was prepared for use by JAERI personnel.

It is published temporarily, considering its use by the public; it is not a formal report from JAERI. Requests for the additional copies, or its reproduction, and for its citation and transmission in the literature, may be made to the Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Ibaraki-ken.

JAERI-memo

4337

(公開)

臨界実験装置における速中性子束の測定

I ガラス線量計の適用性の検討

(共同研究)

1971年1月

野村正之・横田良助\*・今川 宏\*

武藤雄平\*・富島 広\*

日本原子力研究所  
Japan Atomic Energy Research Institute

## 臨界実験装置における速中性子束の測定

### 要 旨

固体飛跡検出器の一種である核分裂性物質を混入したメタ燐酸塩ガラスは、低い照射線量でも単色エネルギーについては、速中性子束の測定が可能であることが確かめられているが、エネルギースペクトル分布のある場での速中性子束測定の可能性は確かめられていない。このため核分裂性物質として、天然ウラニウム、劣化ウラニウムおよびトリウムを混入した検出器により、エネルギースペクトル分布のある場でしかも低出力炉である J M T R C (最大炉出力：10ワット)における速中性子束測定実験をおこなった。その結果1MeV以上の速中性子束に換算して $10^9$  n/cm<sup>2</sup>・sec を±30%の精度で測定できることが明らかとなった。

1971年1月

大洗研究所，材料試験炉部，原子炉第1課

野 村 正 之

\*横 田 良 助

\*今 川 宏

\*武 藤 雄 平

\*富 島 広

Measurement of the fast neutron fluxes in an experimental  
critical assembly (I) Feasibility study of the doped glass  
dosimeter

Abstract

The meta-phosphate glass doped with fissionable material, a kind of fission track detector, is capable of measuring mono-energetic fast neutron fluxes even at a low dose rate. The applicability of this method, however, is not confirmed yet for fast neutron fluxes having an energy distribution. In the present study, the same detector, but doped with natural uranium, depleted uranium or thorium, has been prepared. With this detector, the fast neutron fluxes over an energy range were measured in the JMTRC of low power (Max. 10W) with neutron energy distribution. The detector developed was found to be able to measure the fluxes with an accuracy of  $10^6 \text{ n/cm}^2 \cdot \text{sec} \pm 30\%$  corresponding to the flux of energy over 1MeV.

January 1971

Reactor Section 1, JMTR

M. Nomura

\* R. Yokota

\* H. Imagawa

\* Y. Mutō

\* H. Tomishima

# 目 次

1. まえがき	1
2. 実験概要	1
2.1 ガラス線量計とその校正	1
2.2 速中性子束測定	3
2.3 照射実験	5
3. 実験結果と検討	14
4. 結論	20
5. あとがき	20
参考文献	20

## 1. ま え が き

従来速中性子束とそのスペクトルを測定する方法として、しきい検出器による放射化法が主として用いられてきた。<sup>(1)</sup> この方法は、核データが整備されてきたことと検出器の入手の上から比較的簡単に精度良く測定できるようになった。しかし一般にしきい反応断面積が小さく、検出器の種類によって反応率が大きく異なるため、照射条件の決定が煩さである。また有意な測定をおこなうためには、中性子束は  $10^{10} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{sec}$  は必要であるため臨界実験装置 JMTR<sup>0</sup><sup>(注1)</sup> のごとき低出力炉での測定はおこなえなかった。ここにおいて核分裂性物質を混入したメタ磷酸塩ガラス(ガラス線量計)は、単色エネルギーの速中性子束に対して較正された結果、感度が高いことが確認された。このため  $\text{UO}_2$  混入ガラスと  $\text{ThO}_2$  混入ガラスとを用いて、まずエネルギースペクトル分布のある低出力炉で、ガラス線量計の速中性子束測定への適用性を検討したので報告する。

## 2. 実 験 概 要

### 2.1 ガラス線量計とその較正

ガラス線量計のベースは、 $\text{LiPO}_3$ 、 $\text{Mg}(\text{PO}_3)_2$ 、 $\text{Al}(\text{PO}_3)_3$ を成分としたメタ磷酸塩ガラスであり、これに核分裂性物質として天然  $\text{UO}_2$ 、劣化  $\text{UO}_2$  および  $\text{ThO}_2$  をそれぞれ単独にまたは2種以上混入して検出器とする。その特徴は、

- (1) 感度が高い
- (2) 混入する核分裂性物質の量がある程度自由に変えることができる。(感度を変化できる。)
- (3) 照射後生じた核分裂片による飛跡は、フェーディングを起ささないため、測定は何時でもできる。
- (4)  $\beta$ 線、 $\gamma$ 線の影響を受けない。

等があげられる。<sup>(2)</sup> 今回用いたガラス線量計は、大きさ  $10\text{mm} \times 10\text{mm} \times 1\text{mm}$  に成形研磨されたもので組成の割合は第1表に示す。混入した核分裂性物質量は、ベースガラスを100として重量百分率で表わした。

注1) 最大炉出力 10ワット

最大熱中性子束  $6 \times 10^7 \text{ n/cm}^2 \cdot \text{sec}$

第 1 表 ガラス線量計の性状

ガラスの成分	UO <sub>2</sub> 混入ガラス*	ThO <sub>2</sub> 混入ガラス
LiPO <sub>3</sub>	35w/o	40w/o
Mg(PO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	15	10
Al(PO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	50	50
核分裂性物質量	3, 10	5, 10, 40

\* 天然UO<sub>2</sub>, 劣化UO<sub>2</sub>とも核分裂性物質の割合は同じ。

照射したガラスは、苛性ソーダ溶液中で表面処理をおこない、核分裂片により生じた飛跡を、エッチビットとして計数し照射線量を求めた。

核分裂性物質がガラスに混入されているため、核分裂片による核分裂飛跡（フィッショントラック）は、ガラス中に分散して存在する。このフィッショントラック数は、反応率と照射時間に依存し(1)式であらわされる。ただし中性子束は時間変化に対して一定と仮定している。

$$F = k_a t \int_0^{\infty} \phi(E) \sigma(E) dE \quad (1)$$

ここに

- F: 単位体積あたりのフィッショントラック数 (fission tracks/cm<sup>3</sup>)
- t: 照射時間 (sec)
- φ: 中性子束 (neutrons/cm<sup>2</sup>·sec)
- E: 中性子エネルギー (MeV)
- σ: 核分裂反応断面積 (cm<sup>2</sup>)
- k<sub>a</sub>: 反応率とフィッショントラック数の結合係数 (fission tracks / neutron·cm<sup>3</sup>)

フィッショントラックから直接に中性子束を求めることはできないため、検出器にエッチングによる表面処理を施し、フィッショントラックをガラス表面に生ずるエッチビットとして観測した。このとき、一度エッチングにより生じたエッチビットは、エッチングが続いている間はエッチングされ、ある時間 T (sec) に厚さ X (cm) エッチングが進めば、0 ~ X (cm) までの厚さの中に生じていたフィッショントラックは、すべて X (cm) エッチングの進んだガラス表面上に蓄積されて観測することができる。以上より(2)式によりフィッショントラックとエッチビットを結びつけることができる。

$$P = k_b F$$

$$= k_b \cdot k_a t \int_0^{\infty} \phi(E) \sigma(E) dE \quad (2)$$

$$k = k_b \cdot k_a$$

$$= k_a \cdot k_c X(T) \quad (3)$$

ここに

- $P$ : 単位面積あたりのエッチピット数 (etch-pits/cm<sup>2</sup>)
- $k_b$ : フィッショントラックとエッチピットの結合係数 (etch-pits·cm/fission tracks)
- $k_c$ : 単位時間エッチングされたときフィッショントラックから生ずるエッチピットの割合 (etch-pits/cm<sup>3</sup>)
- $x(T)$ : 時間  $T$  の間にエッチングされた厚さ (cm)

ここで、(2)式の係数  $k$  を求めるため、14.1 MeV の単色エネルギーの中性子束に対してガラス線量計の校正をおこなった。(1)式、(2)式および(3)式より

$$P(14.1) = k_a t \int_0^{\infty} \delta(14.1 - E) \phi(E) \sigma(E) dE \quad (4)$$

$$P(14.1) = k t \int_0^{\infty} \delta(14.1 - E) \phi(E) \sigma(E) dE \quad (5)$$

ただし(14.1)は14.1 MeVを示し、 $\delta$ は衝撃関数である。ここにおいて $\phi(E)$ 、 $\sigma(E)$ および $t$ は実験をおこなうときに既知であり、 $P$ はエッチングにより観測される量であり、 $k$ を求めることができる。この $k$ は、(3)式からもわかるがエッチングの進み具合、すなわちエッチング時間に依存して変化する量で、第1~2図に実験値を示す。実験値の時間に対する $k$ の直線性のずれは、エッチングにより溶解したガラスが、ガラス表面でエッチングを妨げるようにはたらくためと考えられる。実際の計測に際しては、エッチング条件は、60°C、30%苛性ソーダ溶液中で30分間のエッチングをおこなうものと全ガラス線量計について一定とした。混入した核分裂性物質は一定ではないので、核分裂性物質質量変化に対する $k$ を知る必要があり、ThO<sub>2</sub>について図示したのが第3図である。 $k$ は核分裂性物質が少ないときは気線的に増加するが、核分裂性物質が多くなると、エッチングが進みにくくなること、また溶解したガラスがガラス表面でエッチングを妨げるようにはたらくため、 $k$ は直線性よりずれてくることが確認できた。

以上の方法で校正したガラス線量計により、次の2.2で述べるようにして速中性子束を測定した。

## 2.2 速中性子束測定

速中性子束の測定方法は、従来のしきい検出器による方法と根本的な差は無い。従ってガラス線量計による速中性子束の測定は、混入する核分裂性物質の核分裂反応断面積にも依るが、しきい検出器の場合と同様に扱える。

### (1) ThO<sub>2</sub> 混入ガラス線量計

<sup>232</sup>Th は、速中性子とのみ核分裂反応を起こすため、しきい検出器の場合と全く同様に扱える。

(1)式、(2)式および(3)式より

$$\int_0^{\infty} \phi(E) \sigma(E) dE = \frac{P}{k t} \quad (6)$$

現在しきい検出器による測定により、JMTR のスペクトルはフィッションスペクトルに近いことが測定されているので、<sup>(3)</sup> JMTRCでもフィッションスペクトルであると仮定して以下考える。

フィッションスペクトルに対して

$$\int_0^{\infty} \phi(E) \sigma(E) dE = \sigma_0 \int_E^{\infty} \phi(E) dE \quad (7)$$

となるように、有効しきい断面積  $\sigma_0$ 、有効しきいエネルギー  $E$  を決定すると(6)、(7)式より積分速中性子束は(8)式で求められる。

$$\int_E^{\infty} \phi(E) dE = \frac{P}{k \sigma_0 t} \quad (8)$$

実験値は速中性子束の値を検出器によらず同一尺度で比較したいため、(8)式から  $E = 1 \text{ MeV}$  となるように換算して比較した。<sup>(4)</sup>

(2)  $UO_2$  混入ガラス線量計

ウラニウムは、 $^{235}\text{U}$  と  $^{238}\text{U}$  とから成り、 $^{238}\text{U}$  は速中性子により核分裂を起こすが、 $^{235}\text{U}$  は熱中性子から速中性子までのエネルギーの中性子により核分裂を起こす。原子炉で照射した場合、 $^{238}\text{U}$  の核分裂反応効果を考慮して、全エッチビット数  $P'$  は、(9)式で表わされる。

$$P' = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \quad (9)$$

- ここに
- $P_1$  :  $^{235}\text{U}$  と熱中性子によるエッチビット数
  - $P_2$  :  $^{235}\text{U}$  と熱外中性子によるエッチビット数
  - $P_3$  :  $^{238}\text{U}$  と速中性子によるエッチビット数
  - $P_4$  :  $^{238}\text{U}$  と速中性子によるエッチビット数

速中性子束測定の上から第4項のみを扱いたいわけで次のようにして $^{235}\text{U}$ の核分裂反応効果を取り除いた。すなわち、 $^{238}\text{U}$ 量一定で $^{235}\text{U}$ 量の異なる試料を同一条件で照射し、 $^{235}\text{U}$ 量零の場合を外挿し、グラフ的に(9)式の第4項に相当する量を求め、(8)式により速中性子束を算出した。なお、照射時には熱中性子の影響を軽減するため試料にはカドミウムフィルタを施した。

計算上参考にした核分裂反応断面積と核データを第4～6図および第2表に載せた。

第 2 表 核分裂反応断面積

核分裂性物質	有効しきいエネルギー E (MeV)	しきい断面積** $\sigma_0$ (barn)
$^{235}\text{U}$	*	—
$^{238}\text{U}$	1.55	0.606
$^{232}\text{Th}$	1.40	0.140
$^{237}\text{Np}$	0.87	1.5

\* 熱中性子, 熱外中性子および速中性子と反応し, しきい値は無い。

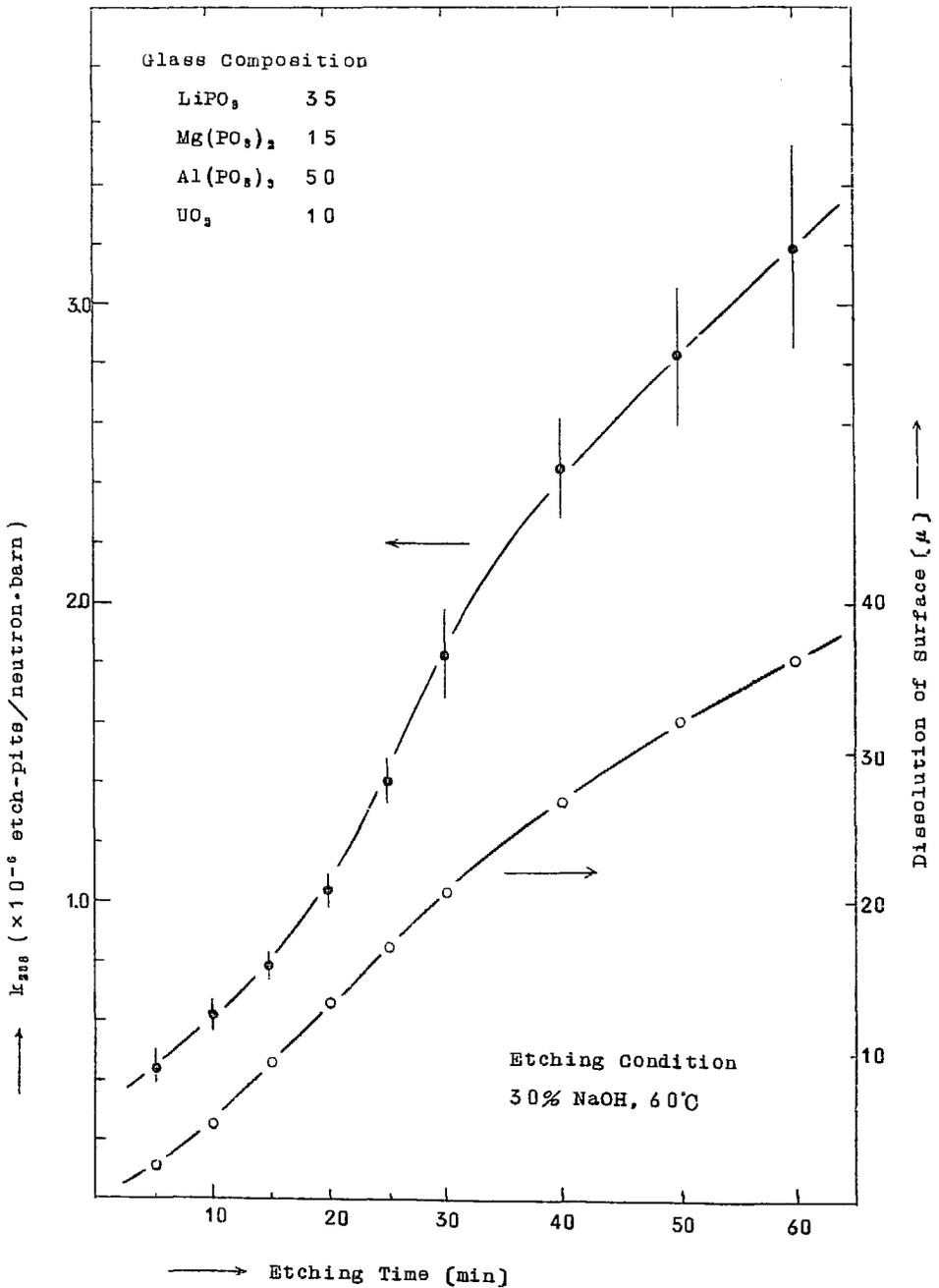
\*\*  $\sigma_0$  は次式で定義される。

$$\int_0^{\infty} \phi(E) \sigma(E) dE = \sigma_0 \int_0^{\infty} \phi(E) dE$$

$\phi(E)$ : fission spectrum

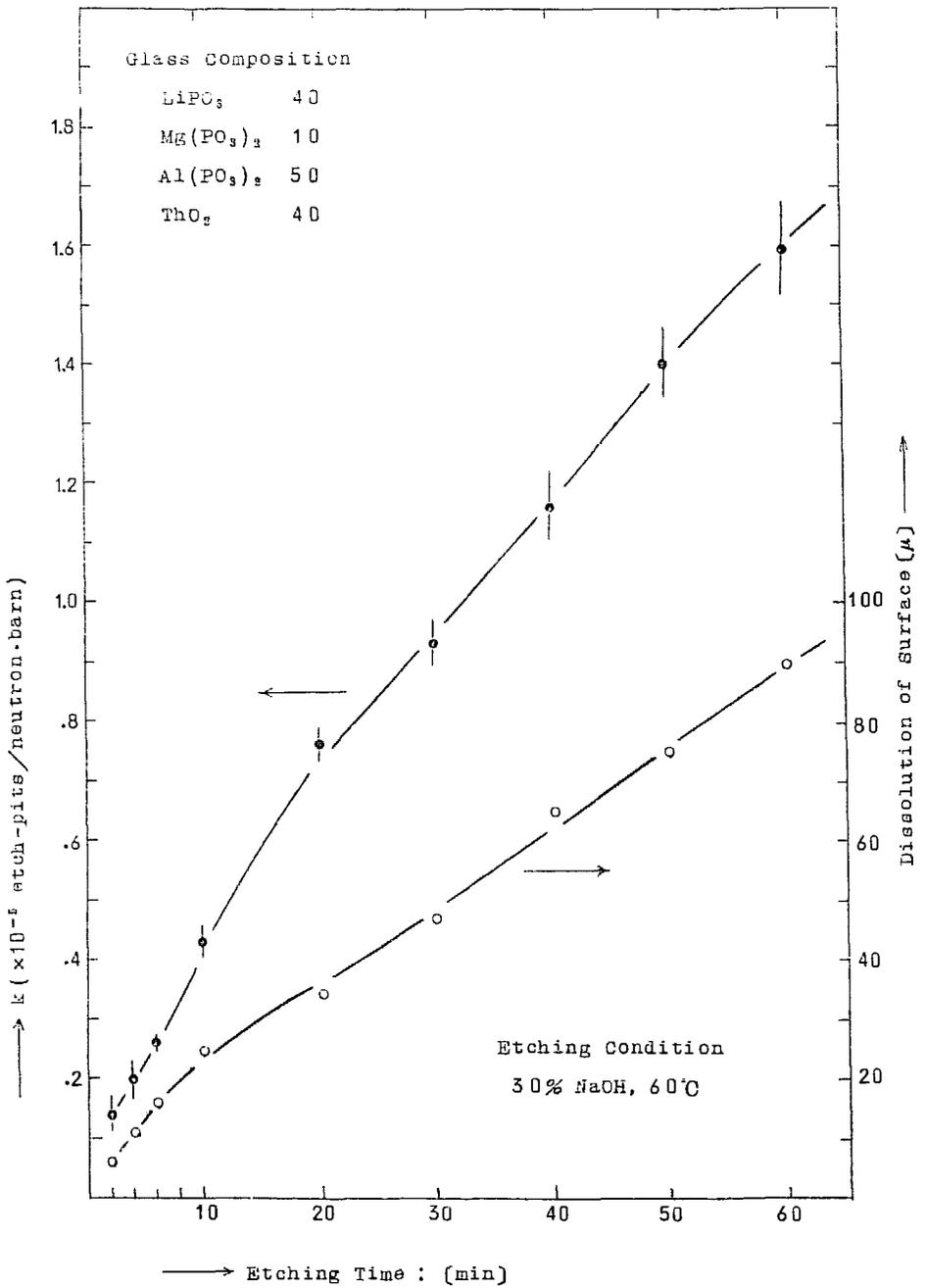
### 2.3 照射実験

照射時の JMTRC 炉心は, 第 2 サイクル炉心と呼ばれ, その炉心構成は第 7 図の通りである。実験は, 昭和 44 年 8 月 28 日～29 日におこなった。照射位置として選んだのは, H-7-4, I-11 および水力ラビット位置 (D-5) で, 特に水力ラビット位置は, 今後とも JMTR でも比較的簡単に測定できることから, JMTR と JMTRC との測定値を比較するため選んだ。ガナス線量計は (第 8 図参照), 照射する時は, ポリエチレンで包装しアクリル板上にセットして炉心に挿入した。照射量は,  $\text{UO}_2$  混入ガラスについては, 5 ワット 2 時間,  $\text{ThO}_2$  混入ガラスについては, 1 ワット 1 時間を与えた。照射位置は, 炉心縦方向で炉中心および  $\pm 150$  mm でおこなった。後でしきい検出器からの中性子束と比較する時は, しきい検出器は炉中心で照射しているため, 以下の方法で全て炉中心での値に換算した。すでに JMTR での炉心縦方向速中性子束分布測定値<sup>(3)</sup>があるので,  $\pm 150$  mm で測定した値と分布図とを比較して, 炉中心での値を推定した。(第 10 図参照) JMTR で測定した時と今回の測定とは, 炉心構成が異なるが, JMTR で炉心差による速中性子束の変化を検討した結果  $\pm 10\%$  以内に収まっていることがわかっている。従って今回 JMTRC で測定した速中性子束の値は, しきい検出器による JMTR での測定値と比較して信頼性を調べた。

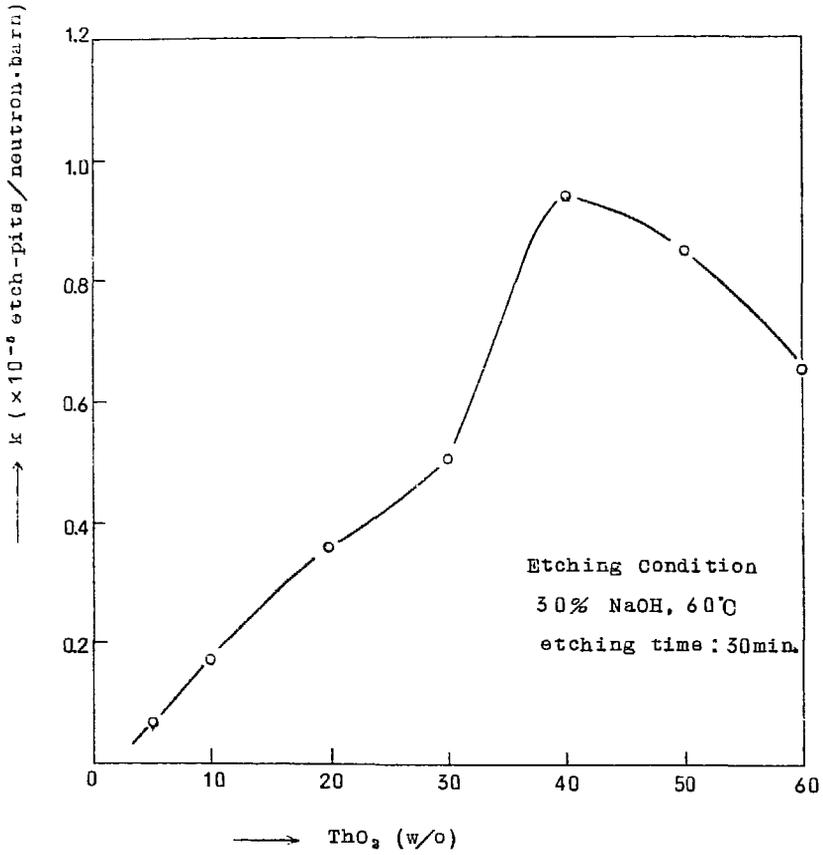


第1図 UO<sub>2</sub> 10%混入ガラスのエッチング時間に対するk曲線

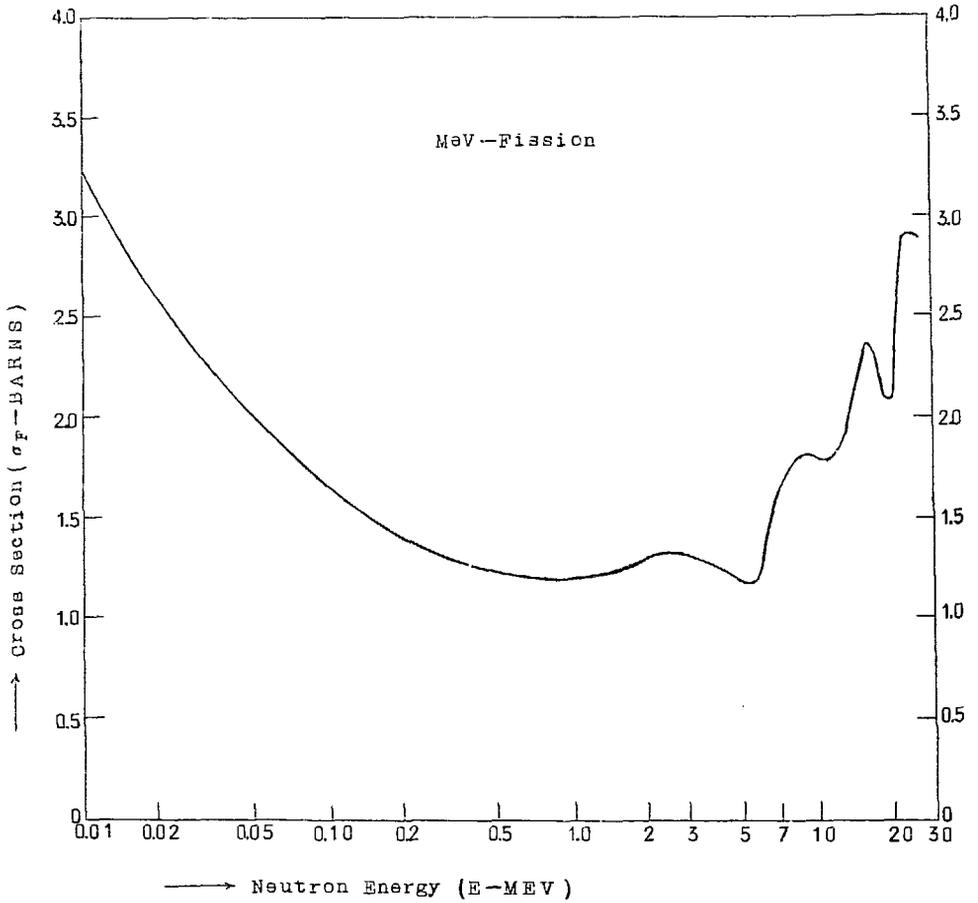
( $k_{238}$ : <sup>238</sup>Uのk曲線  
<sup>238</sup>Uのk曲線  $k_{238} = 7.25 \times 10^{-8} k_{238}$ )



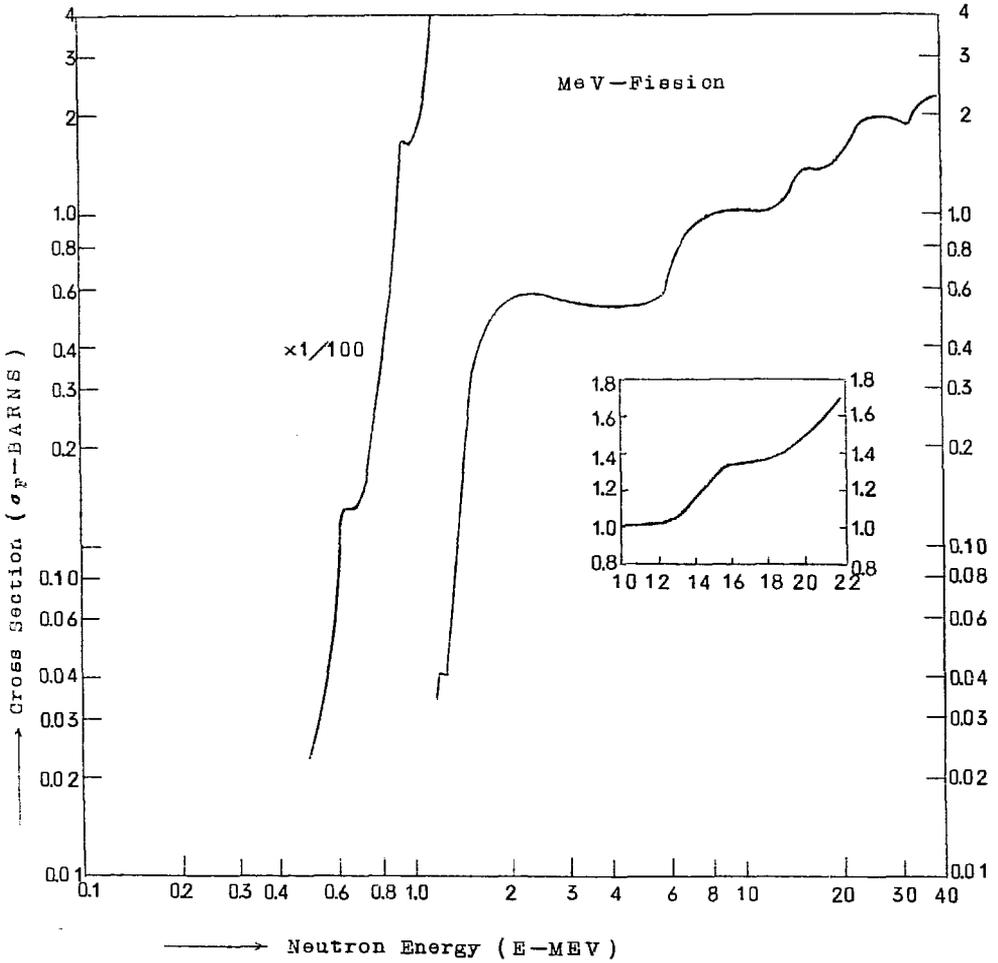
第2図  $\text{ThO}_2$  40%混入ガラスのエッチング時間に対するk曲線



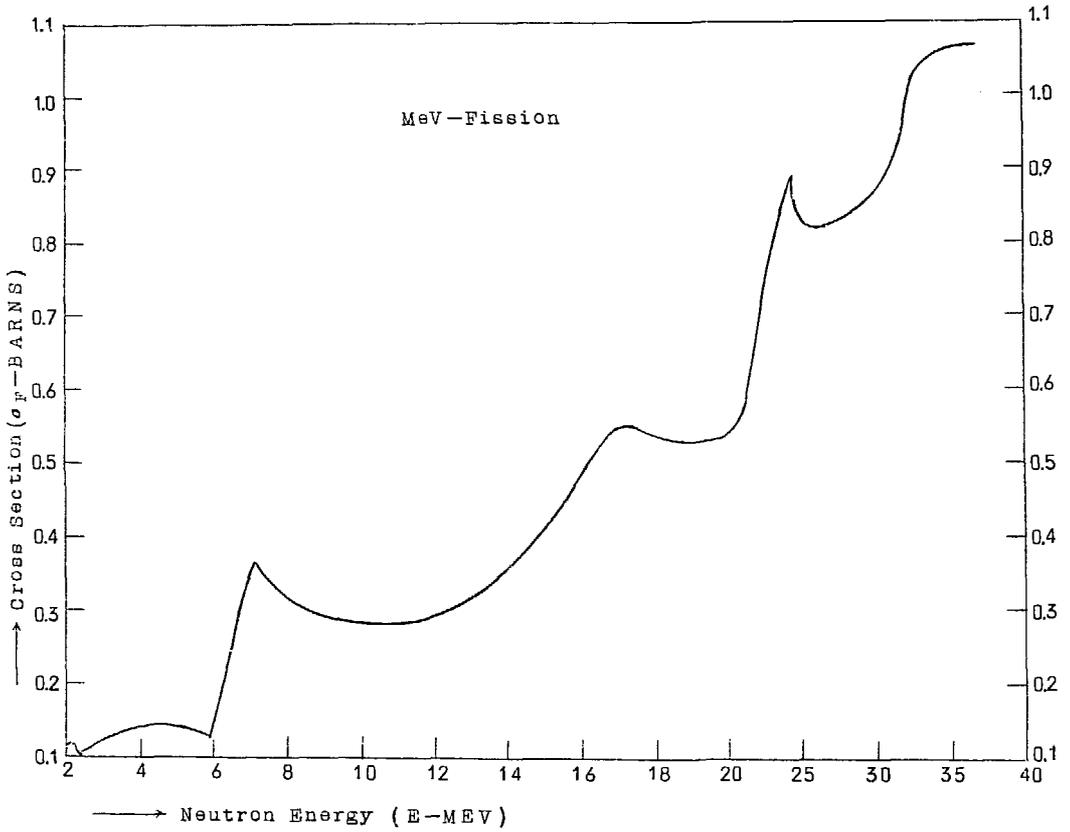
第 3 図 混入量変化に伴う k 変化曲線 (ThO<sub>2</sub>)



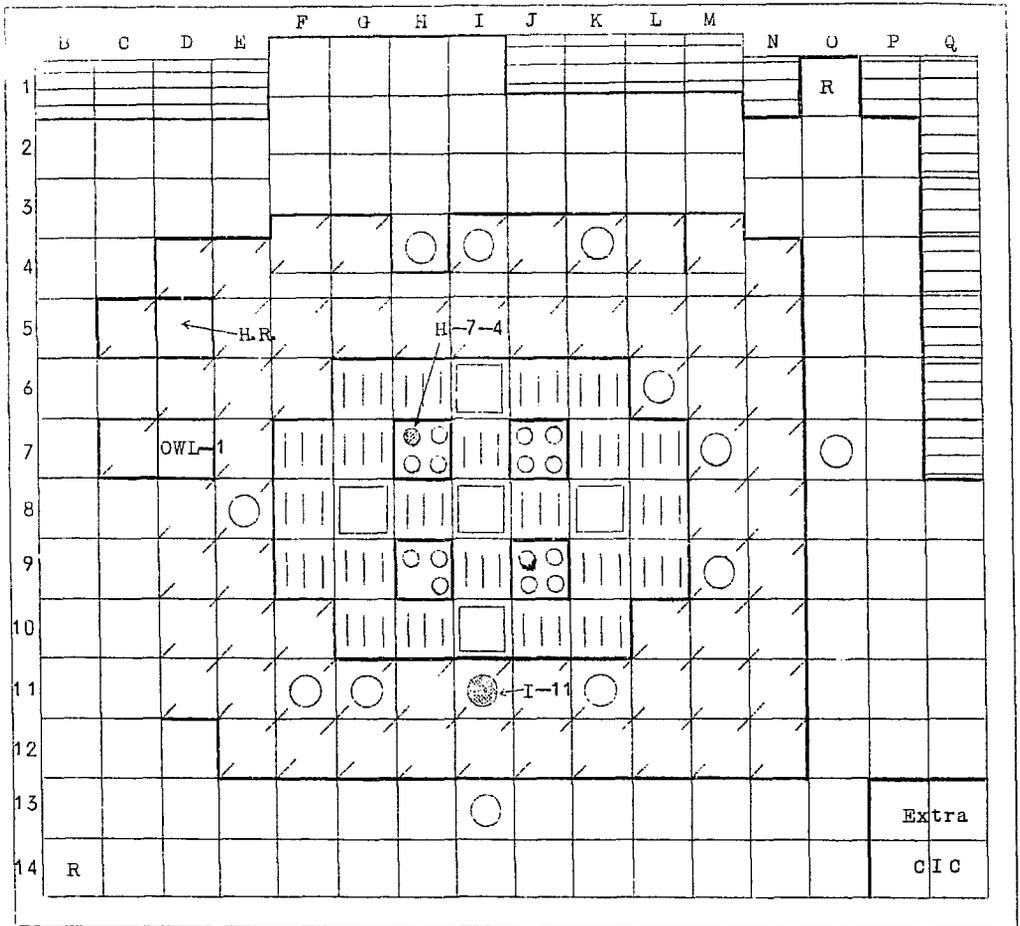
第4図  $^{235}\text{U}$  の核分裂反応断面積  
(中性子エネルギー - 0.01 MeV 以上)



第5図  $^{238}\text{U}$  の核分裂反応断面積



第 6 図  $^{232}\text{Th}$  の核分裂反応断面積



制 御 棒



キャプセル挿入位置



燃 料 要 素



試料挿入場所 ( 何れも各格子の中心 )



Be 反 射 体



水



Al 反 射 体

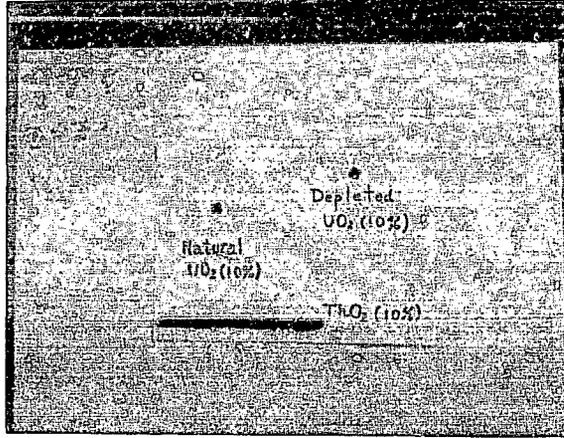
OWL-1 照 射 ル ープ

H. R. 水 力 ラ ビ ッ ト

R 原 子 炉 起 動 系

Extra CIC 出 力 モ ニ タ 用 検 出 器

第 7 図 第 2 サ イ ク ル 炉 心 構 成 図 と 試 料 照 射 場 所



第 8 図 ガラス線量計  
(ThO<sub>2</sub> は透明のためはっきりしない)

### 3. 実験結果と検討

照射したガラス線量計のエッチピット計数結果が第3表で、これによるとエッチピット数は  $\text{ThO}_2$  混入ガラスで  $10^3 \sim 10^4$  Etch-pits/cm<sup>2</sup>,  $\text{UO}_2$  混入ガラスで  $10^3 \sim 10^4$  Etch-pits/cm<sup>2</sup> である。エッチピットを精度良く数える上からは、 $10^4$  Etch-pits/cm<sup>2</sup> 程度が望ましいが、 $\text{ThO}_2$  混入ガラス線量計照射結果は、その1/10以下であった。さらに今回のエッチピット数の計数は1cm<sup>2</sup> 全面を走査して計数したのではなく、10mm×10mmのガラス線量計表面を数箇所に分けて計数して平均したため、統計上の誤差を生じている。1cm<sup>2</sup> 全面にわたり走査して計数すれば、よりデータ精度は上ったものと思われる。

第3表 測定結果

Etching条件：30%NaOH, 60℃, 30分Etching

1.  $\text{UO}_2$  混入ガラス(0.22%劣化  $\text{UO}_2$ , 天然  $\text{UO}_2$ )

照射条件：原子炉出力 5ワット

照射時間 2時間

照射場所	照射位置	核分裂性物質種類	混入量 (w/o)	P (Etch-pits/cm <sup>2</sup> )
H-7-4	+150	Dep. $\text{UO}_2$	5	$9.39 \times 10^3$
	+150	Nat. $\text{UO}_2$	3	$1.68 \times 10^4$
	-150	Dep. $\text{UO}_2$	3	$1.52 \times 10^4$
	-150	Nat. $\text{UO}_2$	3	$2.43 \times 10^4$
I-11	+150	Dep. $\text{UO}_2$	10	$2.28 \times 10^4$
	+150	Nat. $\text{UO}_2$	10	$3.67 \times 10^4$
	-150	Dep. $\text{UO}_2$	10	$3.11 \times 10^4$
	-150	Nat. $\text{UO}_2$	10	$4.38 \times 10^4$
D-5	+150	Dep. $\text{UO}_2$	10	$2.43 \times 10^3$
	+150	Nat. $\text{UO}_2$	10	$3.73 \times 10^3$
	-150	Dep. $\text{UO}_2$	10	$3.13 \times 10^3$
	-150	Nat. $\text{UO}_2$	10	$5.20 \times 10^3$

2. ThO<sub>2</sub> 混入ガラス

照射条件 : 原子炉出力 1ワット

照射時間 1時間

照射場所	照射位置	混入量 (w/o)	P (Etch-pits/cm <sup>2</sup> )
H-7-4	+150	10	1.12 × 10 <sup>3</sup>
	-150	10	1.90 × 10 <sup>3</sup>
	0	5	7.80 × 10 <sup>2</sup>
	0	5	9.54 × 10 <sup>2</sup>
I-11	+150	10	6.06 × 10 <sup>2</sup>
	-150	10	1.30 × 10 <sup>3</sup>
	+150	10	5.95 × 10 <sup>2</sup>
	-150	10	8.33 × 10 <sup>2</sup>
	0	5	3.46 × 10 <sup>2</sup>
D-5	+150	40	3.09 × 10 <sup>2</sup>
	-150	40	1.69 × 10 <sup>2</sup>

<sup>235</sup>Uによるエッチピットと<sup>238</sup>Uによるエッチピットを分離するため図示したのが第9図である。2.2項の(2)で述べた方法によりP<sub>4</sub>を求めたが、<sup>235</sup>U量を2点しか変化していないため、<sup>235</sup>U量零の場合のエッチピット推定精度は望めなく、濃縮ウラニウムを追加して使用すれば推定精度は上ったものと思われる。カドミウムにより熱中性子の影響は避け得ても、<sup>235</sup>U量零の場合と比較して第4表に示すように、天然ウラニウムも0.22%劣化ウラニウムも熱外および速中性子による影響を受け、特に天然ウラニウムでは(P<sub>1</sub> + P<sub>2</sub> + P<sub>3</sub>)がP<sub>4</sub>と同程度となることを確認した(第4表)。またカドミウムでガラス線量計を包むことは、検出器が大きくなり局所的な測定ができなくなる。実際10mm × 10mm × 1mmのガラス線量計をカドミウムで包んだ場合、大きさが15mm × 30mm × 3mm程度になった。

第4表 U<sup>235</sup> と U<sup>238</sup> とによるエッチピットの分離

照射場所	照射位置	U <sup>235</sup> 量零に相当する P(0)*	P <sub>1</sub> /P(0)**	P <sub>2</sub> /P(0)**
H-7-4	+150	6.0 × 10 <sup>3</sup>	2.8	1.6
	-150	1.1 × 10 <sup>4</sup>	2.2	1.4
I-11	+150	1.7 × 10 <sup>4</sup>	2.2	1.3
	-150	2.5 × 10 <sup>4</sup>	1.8	1.2
D-5	+150	2.0 × 10 <sup>3</sup>	1.9	1.2
	-150	2.0 × 10 <sup>3</sup>	2.6	1.6

\* 第9図より外挿して求めた。

\*\* P<sub>1</sub> : 天然UO<sub>2</sub>のエッチピット数 (Etch-pits/n.barn)  
 P<sub>2</sub> : 劣化UO<sub>2</sub>のエッチピット数 ( " )

第5表に各線量計より求めた速中性子束の値を示すが、D-5位置を除いてほぼ $10^6$  n/cm<sup>2</sup>・sec・watt程度である。これらの値の信頼性を見るため炉中心で1MeV以上の速中性子束値に換算して、しきい検出器からの値と第6表で比較した。炉中心の値への換算は、第1.0図より-150 cm位置と炉中心位置の中性子束の比0.93を求め、-150 cmでの測定値から換算した。1MeV以上の中性子束の換算は、しきいエネルギーを基に、<sup>238</sup>Uについて1.35<sup>(4)</sup>、<sup>232</sup>Thについて1.24<sup>(4)</sup>を第5表の中性子束値に乗じた。第6表の結果で、ThO<sub>2</sub>混入ガラスによる速中性子束測定値は、しきい検出器で測定した値に対して±20%で一致することを確認した。ただしD-5についてはエッチピットの統計量が少ないため、倍以上のばらつきを示し、以下では検討をしなかった。測定精度は、kの測定に±10%、計数テータのばらつきが、H-7-4について±10%、I-11について±20%程度あり合計でそれぞれの位置で±(20~30)%と考えられる。テータのばらつき±(10~20)%については、炉心挿入時の試料位置精度、炉出力の変動および複数個のテータ相互のばらつきに対する誤差も含まれている。なおUO<sub>2</sub>混入ガラスは、<sup>238</sup>Uと<sup>235</sup>Uとによるエッチピットの分離で誤差が加わり、さらに精度は下がるものと思われるが、今回は実験データが少ないためその程度は判然としな

第5表 速中性子束測定値

1. UO<sub>2</sub> 混入ガラス

照射量 :  $3.60 \times 10^4$  (watt・sec)

$\sigma_0 = 0.606$  (barn)

E = 1.55 (MeV)

照射場所	照射位置	UO <sub>2</sub> 量 (w/o)	k (Etoh-pits/n.barn)	$\phi_f$ (n/cm <sup>2</sup> ・sec・watt)
H-7-5	+150	3	$0.55 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^5$
	-150	3	$0.55 \times 10^{-6}$	$9.2 \times 10^5$
I-11	+150	10	$1.82 \times 10^{-6}$	$4.3 \times 10^5$
	-150	10	$1.82 \times 10^{-6}$	$6.3 \times 10^5$
D-5	+150	10	$1.82 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^4$
	-150	10	$1.82 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^4$

2. ThO<sub>2</sub> 混入ガラス

照射量 :  $3.60 \times 10^3$  (watt·sec)

$\sigma_0 = 0.140$  (barn)

E = 1.40 (MeV)

照射場所	照射位置	ThO <sub>2</sub> 量 (w/o)	k (Etch-pits/n·barn)	$\phi_f$ (n/cm <sup>2</sup> ·sec·watt)
H-7-4	+150	10	$1.80 \times 10^{-6}$	$1.2 \times 10^6$
	-150	10	$1.80 \times 10^{-6}$	$2.1 \times 10^6$
	C	5	$0.80 \times 10^{-6}$	$1.9 \times 10^6$
	C	5	$0.80 \times 10^{-6}$	$2.3 \times 10^6$
I-11	+150	10	$1.80 \times 10^{-6}$	$6.7 \times 10^6$
	-150	10	$1.80 \times 10^{-6}$	$1.4 \times 10^7$
	+150	10	$1.80 \times 10^{-6}$	$6.6 \times 10^6$
	-150	10	$1.80 \times 10^{-6}$	$9.2 \times 10^6$
	C	5	$0.80 \times 10^{-6}$	$8.5 \times 10^6$
D-5	+150	40	$9.40 \times 10^{-6}$	$6.5 \times 10^4$
	-150	40	$9.40 \times 10^{-6}$	$3.6 \times 10^4$

第 6 表 高速中性子束測定値の比較

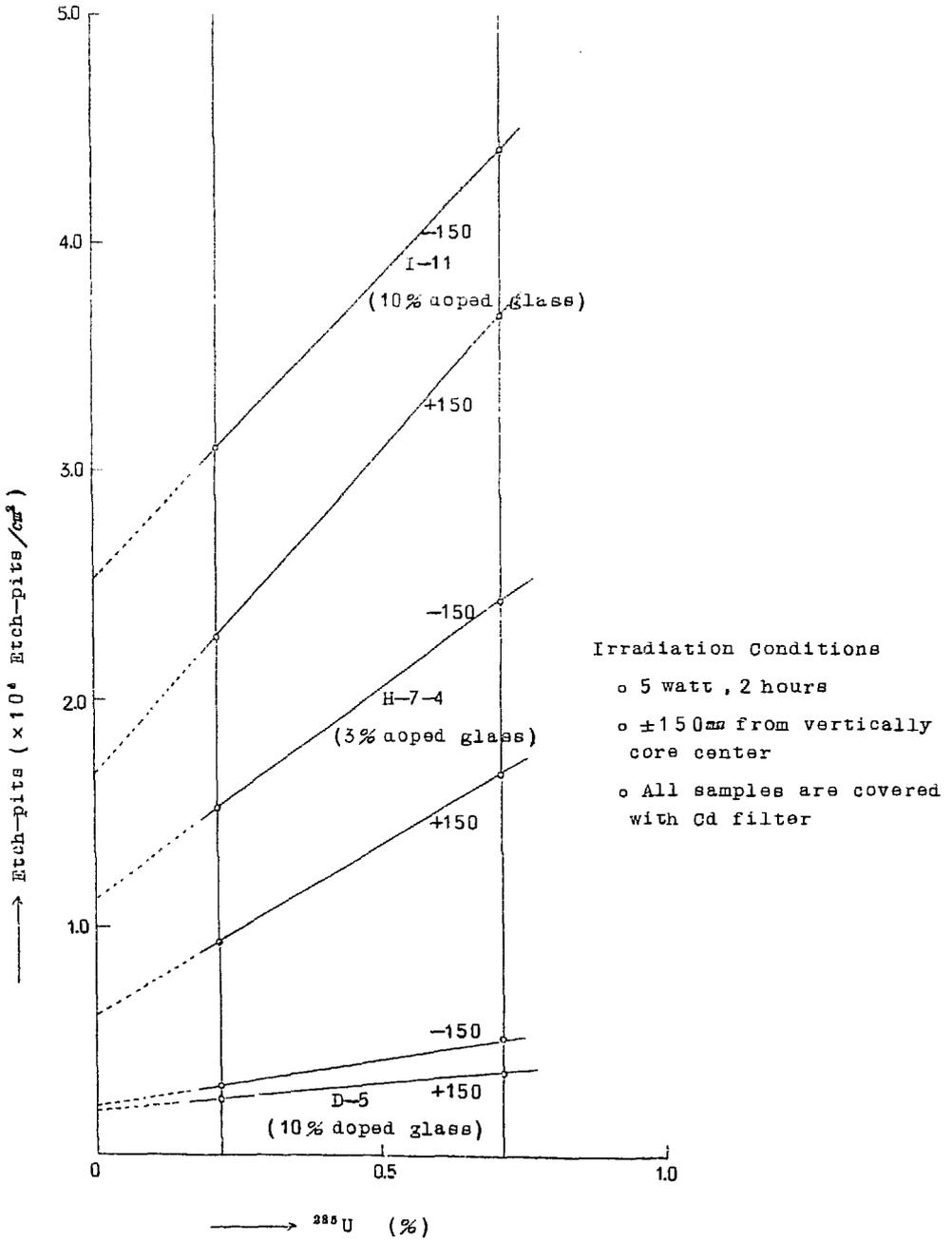
(炉中心位置に換算,  $\phi_f > 1 \text{ MeV, n/cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{watt}$ )

照射場所 \ 検出器	UO <sub>2</sub> 混入ガラス	ThO <sub>2</sub> 混入ガラス	しきい検出器*
H-7-4	$1.2 \times 10^6$	$2.7 \times 10^6$	$(3.28 \pm 0.25) \times 10^6$
I-11	$7.4 \times 10^6$	$1.1 \times 10^7$	$(1.05 \pm 0.08) \times 10^6$
D-5	$6.7 \times 10^4$	—	$(6.90 \pm 0.62) \times 10^4$

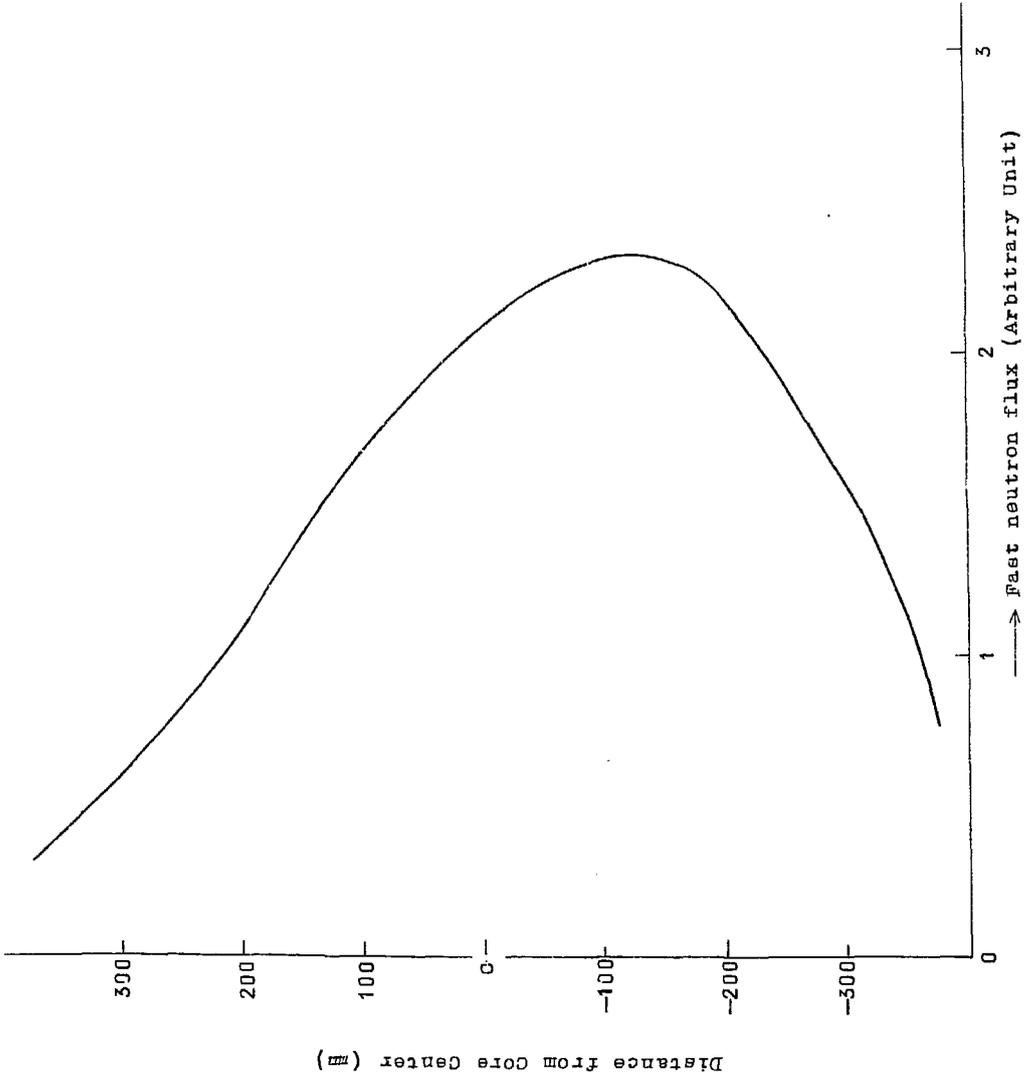
\* J M T R 相当位置での測定値

以上から ThO<sub>2</sub> 混入ガラス線量計による速中性子束測定が可能であることが明らかとなったが UO<sub>2</sub> 混入ガラスでは <sup>238</sup>U の影響が大きくなり、より劣化したものを使用しなければ精度良い測定はできないことを確認した。

ThO<sub>2</sub> 混入ガラス線量計は、照射量を 10~20 ワット時 ( $3 \sim 5 \times 10^8 \text{ n/cm}^2$ ) とすれば、エッチピット数にして  $10^4$  Etch-pits/cm<sup>2</sup> を得ることができより測定精度をあげることができ、非常に有用であることが明らかとなった。



第 9 図 <sup>235</sup>U の核分裂反応の影響を示す図



第 1 0 図 速中性子束の炉心内縦方向分布

## 4. 結 論

今回の結果からは、特に精度の良い測定はできなかったが、 $10^6 \text{ n/cm}^2 \cdot \text{sec}$  程度の中性子束があれば、次の点に注意すれば、エネルギースペクトル場でガラス線量計が十分適用できることが明らかとなった。

- (1)  $\text{ThO}_2$  混入ガラス線量計については、より広範囲にわたりエッチピットを計測し統計量をあげる。
- (2) 照射条件として最低  $10^9 \text{ n/cm}^2$  を与える。

また、 $\text{UO}_2$  混入ガラス線量計は、 $^{235}\text{U}$  の核分裂反応の影響があり、測定位置での熱および熱外中子を常に考慮しなければならないので測定が煩瑣になり、局所的な場所での速中性子束測定は好ましくないことが確認できた。

## 5. あとがき

本報告は、東芝との共同研究「ガラス線量計による速中性子束測定に関する研究」のうちガラス線量計の適用性につきまとめたもので、昭和45年3月、原子力学会で発表したものとしている。報告書のまとめは、野村正之が担当した。

本報告をまとめるにあたり、実験の便宜をはかっていたいただいた材料試験炉部計画課の皆様には謝意を表わします。また全般にわたり御指導いただいた材料試験炉部原子炉第1課の八巻治恵氏に謝意を表わします。

## 参 考 文 献

- (1) 例えば W. G. Cross : Neutron Dosimetry vol. 1 (1963) p. 389~398
- (2) R. Yokota, S. Nakajima and Y. Mutō : Nuclear Instruments and Methods 61 (1968) p. 119~120
- (3) JMTR資料-139
- (4) ANL-5800 (1963)

その他

- (5) Y. Nishiwaki, T. Tsuruta, T. Ōno, K. Yamazaki, Y. Fukano and M. Maruyama : Bulletin of the Tokyo Institute of Technology 4683 (1968) p. 131~142
- (6) 鶴田隆雄 : 照射計測専門委員会資料 4610