

論	文
---	---

## 近畿大学炉の内部黒鉛反射体におけるボイド反応度の測定

三木良太, 伊藤哲夫, 上田晴英\*,  
杉野英信\*, 戸高政人\*, 土橋敬一郎\*\*

### Measurement of Void Reactivity in the Internal Graphite Reflector of Kinki University Research Reactor, UTR-KINKI

Ryota MIKI, Tetsuo ITOH, Haruhide UEDA\*, Hidenobu SUGINO\*  
Masahito TOTAKA\* and Keiichiro TSUCHIHASHI\*\*

(Received August 1, 1986)

Kinki University Reactor, UTR-KINKI, has 46cm-separated two-slab fuel arrangement. Between the two separated cores of UTR-KINKI, there exists a wide internal graphite reflector of 46cm thick, and a vertical graphite stringer, 9.6cm or 16.4cm square and 122cm long, at the center of internal reflector can be withdrawn to provide an experimental hole. A series of critical experiments have been performed by introducing thorium and natural uranium assemblies in this void region. Also, the space is useful for miscellaneous irradiation experiments and kinetic experiments because the central part of it has almost uniform neutron flux distribution and excellent 1/E neutron spectrum. Accordingly, the measurement of void reactivity effect in the center of internal graphite reflector is essential to both reactor management and experiment. Analytical calculations on the void reactivity effect of this region was carried out by JAERI Thermal Reactor Standard Code System (SRAC Code System). Calculated void reactivity agreed very well to measured values.

#### KEYWORDS

void reactivity, positive period method, UTR-KINKI, SRAC Code System.

#### 1. 緒 言

近畿大学炉は、2つの燃料領域部(燃料タンク)が、幅46cmの内部黒鉛反射体によって隔てられた2分割炉心構造をもっており、内外の反射体が黒鉛であるため、一般の熱中性子炉に比べて、中性子漏洩率が高い特徴をもった国内ではユニークな存在のゼロ出力研究

炉である。この大きな内部反射体を利用して、その中心にある中央垂直黒鉛ストリンガーを引き抜いた空間に、種々の実験体系を組み込んで臨界実験を行なった<sup>1)~2)</sup>、空間自体を照射場や各種の特性試験用の中性子場として利用することが多い。この空間は2分割炉心の中心にあるので、中性子束の勾配が極めて小さく、中性子スペクトルの方向依存性も少ないことが、種々の特性測定実験<sup>3)~10)</sup>とSRACコード・システム<sup>11)</sup>による解析計算の結果を通じて確認されている<sup>12)</sup>。このような利用状況に対応するために、内部黒

\*近畿大学理工学部原子炉工学科

\*\*日本原子力研究所

鉛反射体のこの領域におけるボイド反応度効果を的確に把握しておくことは、炉の安全管理上、また実験計画を進める上でも重要である。今回、この領域のボイド反応度効果特性について詳細な測定を実施すると共に、SRACコード・システムによる解析計算を行なったところ、実験値と良く一致した計算結果がえられ、この種の特異な体系に対するSRACコード・システムの適用性を確認することができた。

## 2. 実験の概要

近畿大学炉は、平板状MTR型90%濃縮ウラン燃料を使用する熱出力1Wの軽水減速・黒鉛反射型の変形アルゴノート炉で、大きな内部黒鉛反射体によって隔てられた2分割炉心をもち、内部反射体の中央部にある9.6cm角または16.4cm角、122cm長の垂直黒鉛ストリンガーを引き抜くことができる。このストリンガーを引き抜いた空間の上下または下部のみに、種々の高さの黒鉛ブロックを挿入することにより、任意の寸法の空洞または実験孔を設けることが可能である。近畿大学炉の炉心平面図をFig. 1に示す。

今回のボイド反応度の測定においては、ボイドの体積を様々に変化させるため、既に実施したトリウム臨界実験<sup>1),2)</sup>において使用したものと同一の中空アルミ角ケース(5.4cm角,73cm長)を、拡大垂直黒鉛ストリンガーを引き抜いた空間に3行×3列、合計9本挿入し、角ケース内部に黒鉛角板を下から順次積み重ねて、ボイドの体積を連続して変え、また黒鉛角板層の間にアルミ板製のスペーサを挟んで部分的ボイドを設け、その位置と体積を変更して、それぞれのボイド反応度効果を、正ベリオド法によって測定した。なおアルミ角ケースの下部には、24.5cmの黒鉛ブロックを常に置いたが、上部の黒鉛ブロックは、置いた場合と取り去って開放した場合の双方について測定した。この部分の概念図をFig. 2に示す。

## 3. SRACコード・システムによる解析計算

SRACコード・システム(JAERI Thermal Reactor Standard Code System)は、日本原子力研究所で開発された原子炉設計・解析用の熱中性子炉体系標準核設計コード・システムで、核データ・ライブラリー、群定数ライブラリーとそのため処理コード、中性子スペクトルの計算ルーチンおよび各種の輸送計算

コード、1, 2, 3次元拡散ルーチンや動特性パラメータおよび格子燃焼ルーチンなどから成っており、これまでに多くのベンチマーク計算や複雑な炉心構造をもつ研究炉の解析計算を通じて、その適用性が広く利用者から高い評価を受けている。

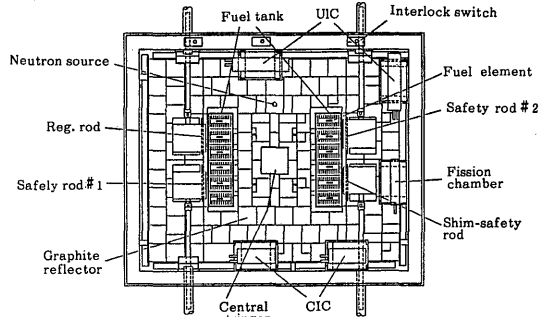


Fig. 1 Reactor core plan of UTR-KINKI

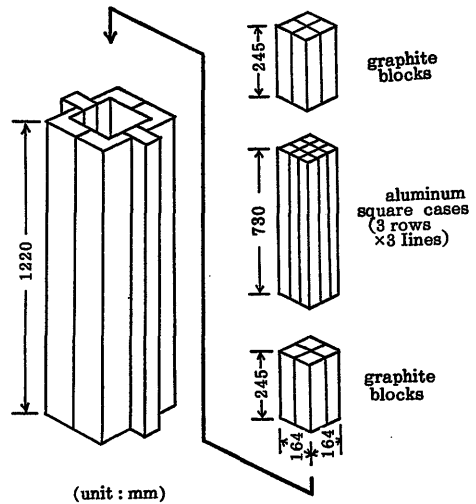


Fig. 2 Details of enlarged vertical stringer and experimental space

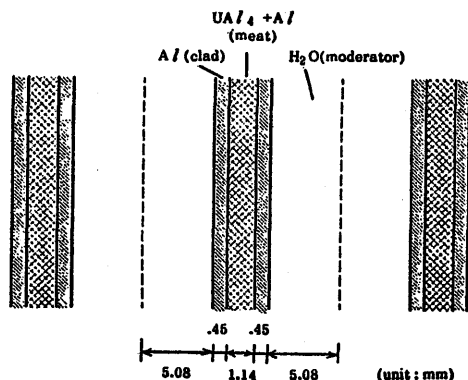


Fig. 3 Cell calculation model for fuel region

2分割の特異な炉心構造を有し、黒鉛を内外の反射体としているため、一般の研究炉に比べて中性子漏洩率がかなり高い特徴をもつ近畿大学炉についても、これまでに SRAC コード・システムを用いて、実効増倍係数(固有値)や中央反射体中心部に組み込んだトリウム体系の反応度効果および中性子束分布など種々の解析計算を実施した結果、実測値と極めて良い一致が得られており、この種の複雑な炉心体系の計算における SRAC コード・システムの実用性が確認されている。

ポイドの解析計算は、以下のようにして行なった。なお使用した核データ・ライブラリーは、日本原子力研究所において行なわれた種々の体系に関するベンチマーク計算において、実験値に対して最も良い結果が得られた JENDL-2 (U-238, Al-27), ENDF/B-V (U-235) および ENDF/B-IV (前記以外の核種) の組み合わせを採用した。

(1) fast 74群, thermal 48群, 合計122群の核データ・ライブラリーから、多群定数(高速中性子領域22群, 熱中性子領域31群)を作成するため、単一燃料合金部、被覆材および冷却材から成る燃料領域モデルにつき、1次元スラブ体系で衝突確率計算コードを用いてセル計算を実施した。セル計算のために使用した燃料領域モデルを Fig. 3 に示す。

(2) 全炉心に対する少数群計算は、上下の非対称性を考慮して2次元輸送コード(TWOTRAN-R, Z)を用いて行なった。この計算では、炉心構造をリング状にモデル化した。計算に使用したリング構造炉心モデルを Fig. 4 に示す。

ルを Fig. 4 に示す。エネルギー群構造は、高速中性子領域5群, 熱中性子領域5群とした。

#### 4. 実験および計算結果

内部反射体中心の拡大中央ストリンガーを抜いた空間に挿入した9本のアルミ角ケースに黒鉛角板を完全に積み込んだ状態を基準として、上部に黒鉛ブロックを置いた場合と黒鉛ブロックを取り去って開放した場合の双方について、連続的にポイドの体積を増加させた時の反応度差の実験値を、2D-TWOTRAN (R, Z) による解析計算の結果と比較した図を Fig. 5 に示す。

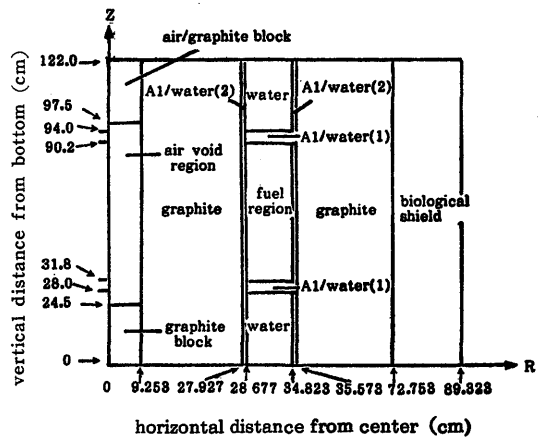


Fig. 4 Cylindrical ring core model of UTR-KINKI for TWOTRAN (R, Z) calculation

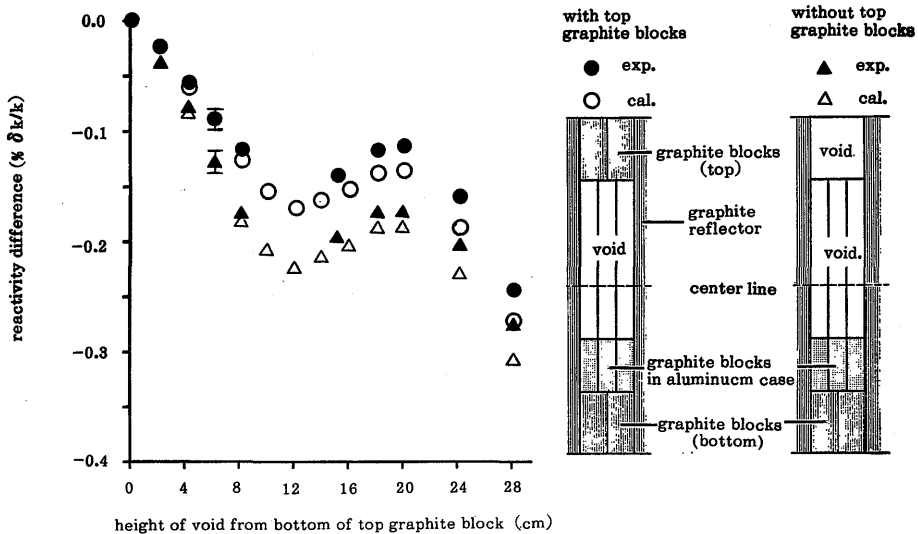


Fig. 5 Reactivity change with increment of continuous vertical void (1)

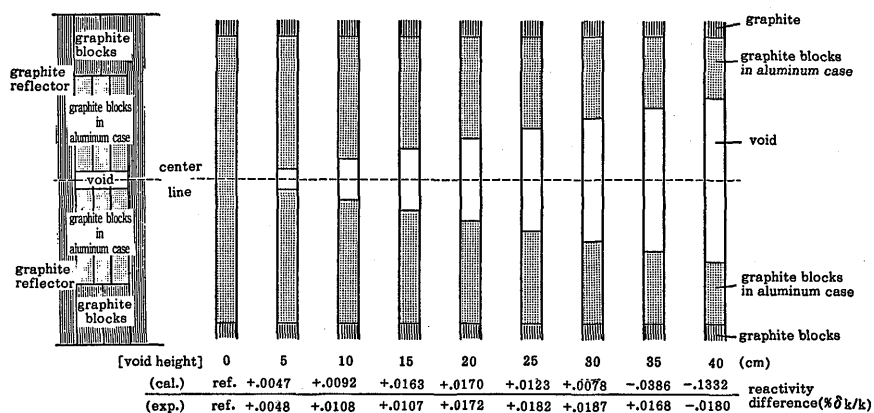


Fig. 6 Reactivity change with increment of continuous vertical void (2)

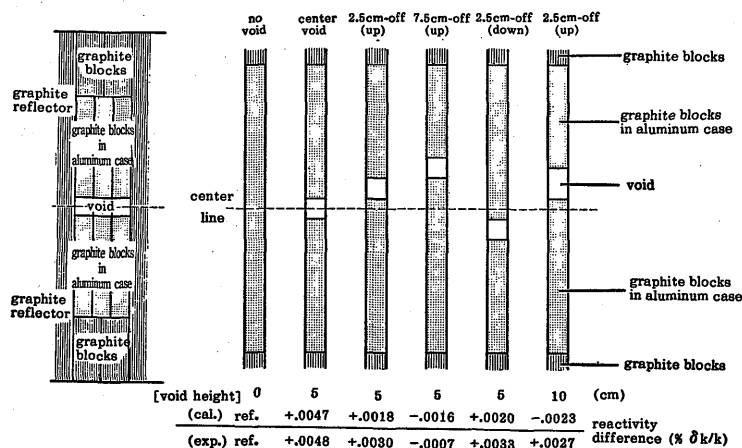


Fig. 7 Reactivity change due to various partial voids

また同様に中心部のボイドの体積を増加した時および部分的なボイドの位置を種々変えた時の実験値と計算結果を Fig. 6~7 に示す。何れの場合も実験値と計算結果は良く一致しており、この種の漏洩率が高い体系に対する SRAC コード・システムの適用性が実証された。

近畿大学炉の内部黒鉛反射体中のボイド反応度効果の実験結果で注目されるのは、ボイドが上下の中心から約  $\pm 7.5$ cm の範囲で、わずかではあるが正の反応度効果をもつことである。これはボイド部分の黒鉛反射体の欠如による負の反応度効果に対して、ボイドによる 2 分割炉心間の結合度の増加がもたらす正の効果の方が上回っていることを示している。

また中心に対して上下同じ距離にある同一の体積のボイドの反応度効果を比較すると、若干下部のボイドの方が大きい値となり、中性子の漏洩が寄与している

ことを示唆している。更に、上部の黒鉛ブロックの有無による反応度差は、ボイドの位置および体積によって異なるが、約 0.11~0.16%  $\delta k/k$  で、上方へ中性子の漏洩がかなり大きくなる。中性子の異方性が問題となる実験や反応度マージンの評価に当たって、この点を考慮することが必要である。

## 5. 結 言

近畿大学炉の 2 分割炉心の中央にある内部黒鉛反射体中心の垂直黒鉛ストリンガー領域におけるボイド反応度効果を詳細に測定し、上下の中心から約  $\pm 7.5$ cm の範囲では、わずかに正の反応度効果をもつことを明らかにした。また SRAC コード・システムによる解析計算を行ない、実験値と極めて良く一致した計算結果をえた。

## 謝 辞

本研究は、日本原子力研究所協力研究「高漏洩率原子炉の臨界実験と解析並びに核分裂中性子場に関する設計計算」の一部として実施したもので、解析計算に当り色々とお世話になった日本原子力研究所原子炉工学部炉物理実験研究室の方々には厚く謝意を表します。

## 参 考 文 献

- 1) 三木良太他；近畿大学炉におけるトリウム体系の臨界実験と解析，文部省科研費エネルギー特別研究，「トリウム燃料に関する総合的研究」報告書（1985）
- 2) 伊藤哲夫他；近畿大学炉におけるトリウム体系の臨界実験と解析，近畿大学原子力研究所年報，Vol. 22, p.p. 15~21 (1985)
- 3) 木村逸郎他；近大炉を用いた標準中性子場の研究近畿大学原子炉共同利用研究経過報告書（昭和55年度），p.p. 20~24 (1980)
- 4) 木村逸郎他；近大炉を用いた標準中性子場の研究近畿大学原子炉共同利用研究経過報告書（昭和56年度），p.p. 4~8 (1981)
- 5) 木村逸郎他；近大炉を用いた標準中性子場の研究近畿大学原子炉共同利用研究経過報告書（昭和57年度），p.p. 1~4 (1982)
- 6) 木村逸郎他；近大炉における炉内中性子分布の測定，日本原子力学会昭和58年年会，B-39 (1983)
- 7) 木村逸郎他；近大炉を用いた標準中性子場の研究近畿大学原子炉共同利用研究経過報告書（昭和58年度），p.p. 1~4 (1983)
- 8) 木村逸郎他；近大炉標準中性子場における中性子断面積の測定，近畿大学原子炉共同利用研究経過報告書（昭和59年度），p.p. 1~6 (1984)
- 9) 小林捷平他；近畿大炉の標準的な 1/E 中性子スペクトル場における共鳴積分の測定，日本原子力学会昭和60年年会，D-3 (1985)
- 10) 三木良太他；近畿大炉を用いた標準中性子場の開発に関する研究( I )，日本原子力学会昭和60年秋の分科会，B-29 (1985)
- 11) K. Tsuchihashi et al.; SRAC: JAERI Thermal Reactor Standard Code System for Reactor Design and Analysis, JAERI 1285 (1983)
- 12) R. Miki et al.; Standard 1/E Spectrum Neutron Field installed in UTR-KINKI, p.p. 386~392, NEANDC(J) 120/U, JAERI-M-86-080 (1986)