

論	文
---	---

近畿大学炉における天然ウラン体系の臨界実験 (I)

伊藤 哲夫, 三木 良太, 土橋 敬一郎*,
 小林 圭二**, 石原 信二**, 林 正俊**,
 代谷 誠治**, 神田 啓治**

Critical Experiment on Natural Uranium Assembly in Kinki University Reactor— UTR-KINKI (I)

Tetsuo ITOH, Ryota MIKI, Keiichiro TSUCHIHASHI*, Keiji KOBAYASHI**
 Shinji ISHIHARA**, Masatoshi HAYASHI**, Seiji SHIROYA**
 and Keiji KANDA**

(Received July 30, 1986)

Integral critical experiments on natural uranium assemblies (3×3 elements) which are set up in the central region of the enlarged central vertical stringer, 16.4×16.4×122cm, located at the center of internal graphite reflector between two fuel tanks of Kinki University Research Reactor, UTR-KINKI, has been performed as a complement to the experiment in Kyoto University Critical Assembly, KUCA, to check and evaluate calculation methods of critical experiment and analysis on thorium assembly in UTR-KINKI. Enlarged natural uranium assemblies are composed of square natural uranium metal plates and square graphite plates.

The experiments include the followings: (1) Measurement of reactivity of various enlarged natural uranium assemblies (2) Measurement of relative neutron flux distribution (Au foil reaction rate distribution) in various enlarged natural uranium assemblies.

Experimental results on reactivity effect of natural uranium and thorium assemblies show different tendency, but the neutron flux distribution in various natural uranium and thorium assemblies have similar pattern.

KEYWORDS

integral critical experiment, natural uranium assembly, natural uranium metal plate, UTR-KINKI, neutron flux distribution, reactivity.

1. 緒 言

近畿大学炉において、トリウム燃料原子炉の設計計

算の検証に必要なトリウムの核的性質に関するデータの蓄積を目的とし、トリウムを種々の混合比で黒鉛と混ぜ、反応度効果および相対中性子束分布についての臨界実験を行ない、さらにその体系の解析計算を実施してきた。その結果、両者がかなりよく一致するところまで到達した。

*日本原子力研究所東海研究所
 **京都大学原子炉実験所

近畿大学炉における天然ウラン体系の臨界実験は、トリウム体系の臨界実験の延長としてトリウムの代わりに核データのよく知られた天然ウランを用いて同様の実験と解析計算を行ない、トリウム体系の場合と比較することにより計算手法の信頼性の向上を図ることを目的としている。今回は、天然ウラン体系の臨界実験についてのみ報告する。近畿大学原子炉（UTR-

KINKI）は、90%濃縮ウラン軽水減速黒鉛反射非均質型熱中性子炉であり、炉心が互いに46cm隔てられた2分割型炉心であるため、2つの炉心に挟まれた領域（中央黒鉛反射体部）が広く、熱中性子束もこの領域ではほぼ平坦な分布をしている。従ってこの領域の照射場を利用して原子炉物理実験用の種々の体系を組み込むことが可能である。近畿大学原子炉の炉心平面図をFig. 1に示す。

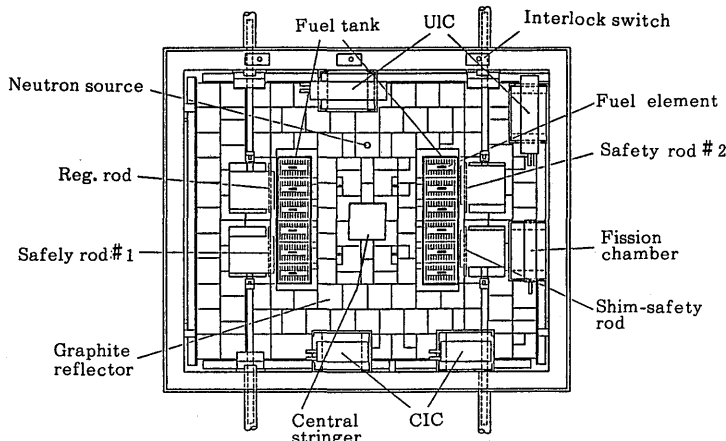


Fig. 1 Reactor core plan of UTR-KINKI and position of enlarged Natural Uranium assembly

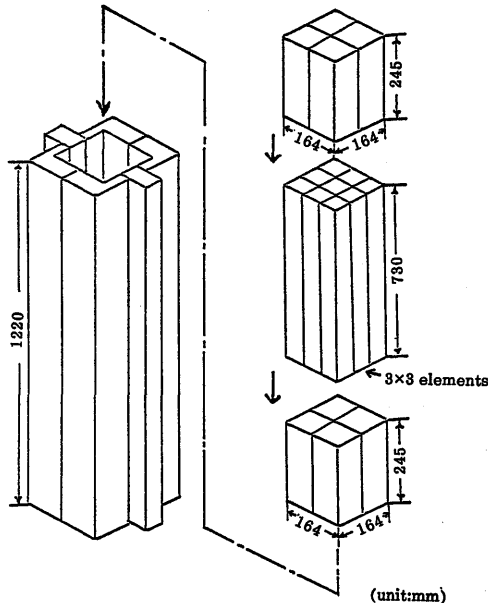


Fig. 2 Enlarged central stringer and Natural Uranium assembly (3x3 elements)

UTR-KINKIにおける実験と京都大学原子炉実験所臨界集合体（KUCA）における一連の種々の天然ウラン臨界実験とは互いに相補的な関係にあり、本研究は、Fig. 1に示すUTR-KINKI中央黒鉛反射体部に新たに設けた16.4cm×16.4cm×122cmの拡大ストリンガーを引き抜いた領域に、KUCAにおける天然ウラン臨界実験で使用されたものと同一寸法のアルミ角ケースを、3行×3列、合計9本挿入し、アルミ角ケースの内部に種々の天然ウラン体系を組み込んで臨界実験を行ない、

反応度効果及び中性子束分布を測定した。炉心中心の拡大ストリンガーを引き抜いた領域の拡大図をFig. 2に示す。

2. 実験方法

実験に用いた天然ウラン体系は、アルミ角ケース内に天然ウラン金属板（2"×2"×1mm）3枚1組と黒鉛板（2"×2"×1/2", 1", 2"）を種々組み合わせ、天然ウラン金属板間隔を1/2", 1", 2", 3"及び4"としてそれぞれ5回繰り返したパターンがアルミ角ケースの中心に位置するように装填したもので、天然ウラン金属板は各ケースすべて5組（15枚）、合計45組（135枚）とした。3行×3列の9本のアルミ角ケース内はすべて同じ配列である。各天然ウラン体系の天然ウラン金属板と黒鉛板の装填図をFig. 3に示す。

(1) 反応度効果の測定

臨界実験による反応度効果の測定は、NU-1～NU-5体系を炉心に組み込んだ場合の原子炉の持つ余剰反応度（ ρ_{ex} ）を正ペリオド法によって測定し、天然ウラン金属板を含まない黒鉛基準体系と比較することによ

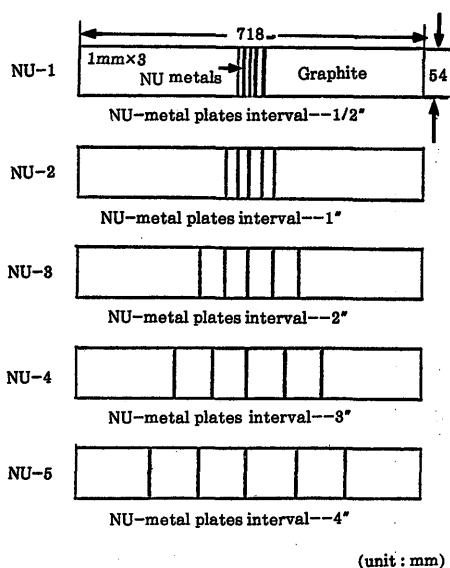


Fig. 3 Loading patterns of graphite plates and Natural Uranium metal plates in each Natural Uranium assembly unit

り、反応度効果を求めた。

(2) 中性子束分布の測定

中性子束分布は、Fig. 3 に示す NU-2, NU-3, NU-4, NU-5 体系および天然ウラン金属板を含まない黒鉛体系について、裸の金箔を用いて全エネルギーでの中性子の相対反応率として求めた。照射は、裸の金箔(直径9mm, 厚さ50 μ)を各体系のアルミ角ケース中心から1"間隔で、3行 \times 3列天然ウラン体系の中央のケースの中心に貼り付け、原子炉熱出力1.0Wで1.5時間行なった。金箔の測定は、ウエル型シンチレーションカウンターを用いた。

3. 実験結果

(1) 各天然ウラン体系の反応度効果

天然ウラン金属板無し、アルミ角ケース無しの場合の k_{eff} を基準にして、各天然ウラン体系 (NU-1~NU-5) を組み込んだ場合の k_{eff} との差 (Δk) とした実験値を Fig. 4 に示す。天然ウラン金属板間隔が狭いほど Δk が小さく、これよりも間隔が広がると Δk は増加するという結果となった。

反応度効果の実験は、再現性を確認するため2回実施した。実験の誤差等を考慮するとかなり良い一致を示した。

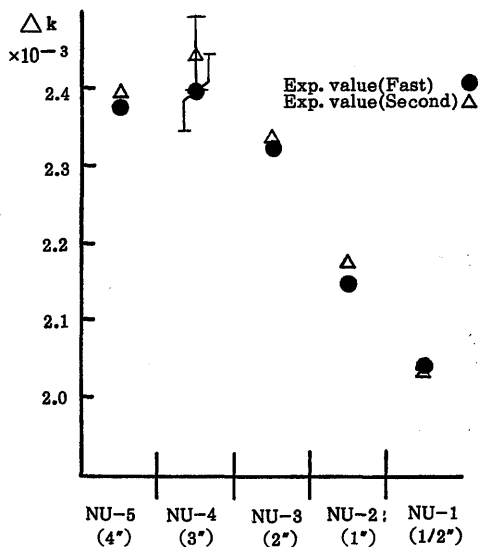


Fig. 4 Reactivity differences between each Natural Uranium assembly and standard (no Natural Uranium) assembly

(2) 各天然ウラン体系の中性子束分布

天然ウラン金属板を含まない黒鉛体系及び各天然ウラン体系 (NU-2, NU-3, NU-4, NU-5) の体系中心の垂直方向相対 Au 箔反応率分布の実験結果を、Fig. 5~Fig. 9 に示す。図中の○印は、各体系中心において金箔を1"間隔に配置して照射した実験値である。実験値を相対的に比較するため、体系の上下方向の中心を規格点とした。なお、実験値の誤差は、計数誤差、重量測定誤差等を含め最大 $\pm 2\%$ 程度である。

4. 結論

各天然ウラン体系の反応度効果は、天然ウランが中性子吸収体であると同時に核分裂性物質であるため、各天然ウラン体系を炉心に組み込んだ場合、いずれも反応度効果は正となり、また天然ウランを黒鉛で希釈するほど反応度効果は大きくなるという結果をえた。すでに報告した各トリウム体系の反応度効果の場合と大きく異なる傾向を示した。

天然ウランを含まない黒鉛体系および天然ウラン体系の相対中性子束分布測定は、すでに報告した各トリウム体系の相対中性子束分布測定と比較して、類似した傾向を示した。

現在、近畿大炉における天然ウラン体系の臨界実験を実施した各体系について、SRACコード・システム

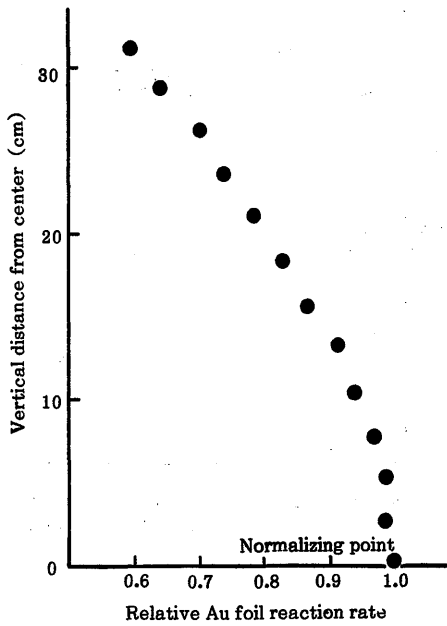


Fig. 5 Experimental relative Au foil reaction rate distribution in graphite assembly (no Natural Uranium)

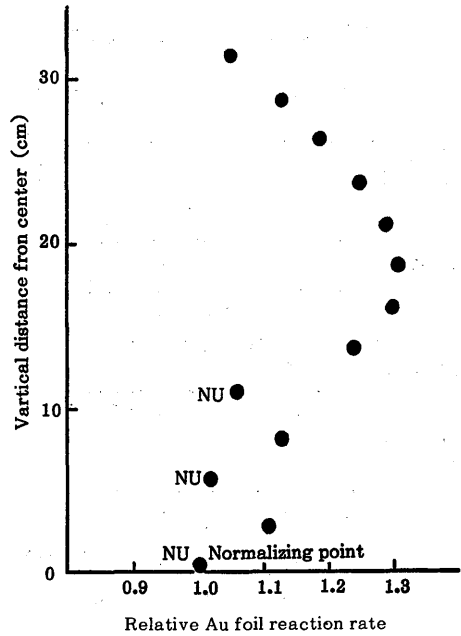


Fig. 7 Experimental relative Au foil reaction rate distribution in NU-3 assembly (NU metalplates interval— 2-in.)

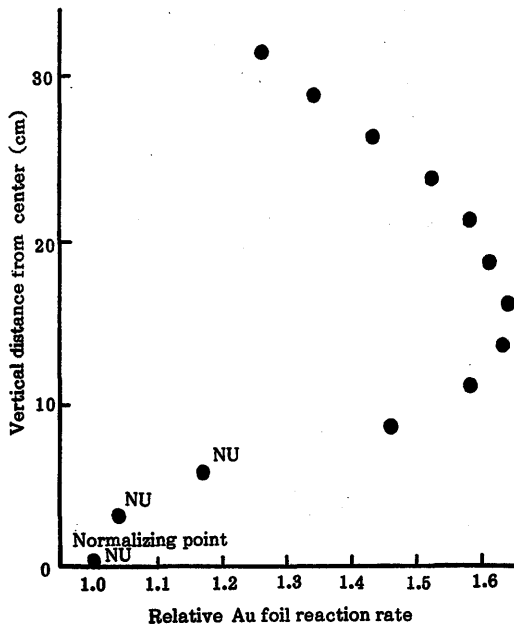


Fig. 6 Experimental relative Au foil reaction rate distribution in NU-2 assembly (NU metal plates interval— 1-in.)

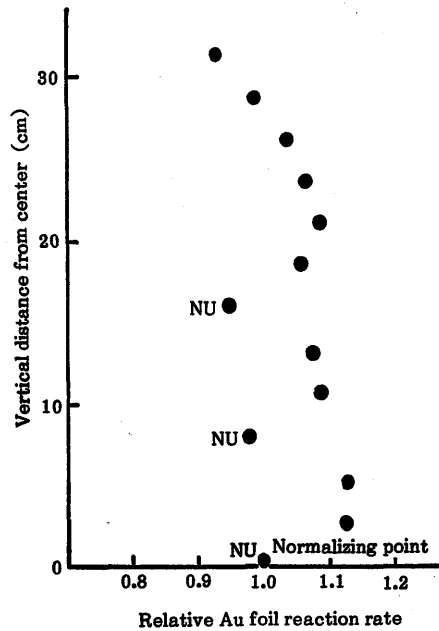


Fig. 8 Experimental relative Au foil reaction rate distribution in NU-4 assembly (NU metal plates interval— 3-in.)

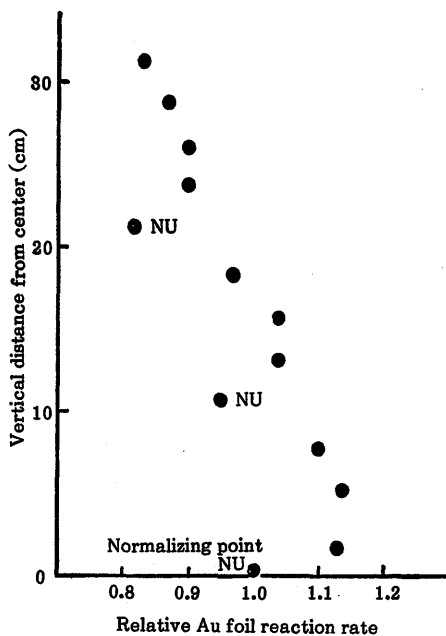


Fig. 9 Experimental relative Au foil reaction rate distribution in NU-5 assembly (NU metal plates interval— 4-in.)

を用いた炉心解析計算を進めている。実験結果と比較して核データの適用性と計算手法の妥当性について検討する予定である。

本研究は、文部省科学研究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」(代表者 柴田俊一京大教授)の一部として実施したものである。

参考文献

- 1) R. Miki and T. Itoh, Experiment on a small thorium assembly in UTR-KINKI. "Research on Thorium Fuel" SPEY 9 (Jan. 1984)
- 2) K. Tsuchihashi et al., SRAC: JAERI Thermal Reactor Standard Cord system for Reactor Design and Analysis. JAERI 1285 (Jan. 1983)
- 3) K. Kanda et al., CRITICAL EXPERIMENT WITH THORIUM USING KUCA. "THORIUM FUEL REACTORS" The Atomic Energy Society of Japan (Feb. 1985)
- 4) 伊藤哲夫, 三木良太他: 近畿大炉におけるトリウム体系の臨界実験(I), 日本原子力学会「昭和59年秋の分科会」要旨集, B65 (1984)
- 5) 三木良太, 伊藤哲夫: 近畿大炉におけるトリウム臨界実験と解析, 文部省科学研究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)
- 6) 伊藤哲夫, 三木良太他: 近畿大炉におけるトリウム体系の臨界実験(II), 日本原子力学会「昭和60年秋の分科会」要旨集, B30 (1985)
- 7) 伊藤哲夫, 三木良太他: 近畿大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, 22, 15 (1985)