3. 国内研究用原子炉の照射場の特性[†]

鈴木達郎

鹿児島大学教育学部地学教室

890 鹿児島市郡元 1-20-6

Key Words: research reactor, irradiation facility, activation analysis, thermal neutron flux, neutron temperature, cadmium ratio, fast neutron flux, irradiation capsule

中性子照射のために原子炉を利用するとき、実験計画の立案、有効的な照射場の選択、既存のデータの評価・再検討のために、照射場の特性についての基礎データが必要である。放射化分析においては予想されるガンマ線スペクトルのシミュレーションを行って、あらかじめそれぞれの元素定量における得失を評価するということも考えられる。しかし照射場に関するデータ¹⁾⁻⁴⁾は現在未だ少ない。

ここでは主としてフィッシュントラック年代測定値の標準化という観点から、現在一般利用可能な日本原子力研究所の JRR-2・JRR-4・JRR-3M および立教大学原子力研究所の TRIGA Mark II のそれぞれの照射設備について比較検討してきたデータ(表1)を基に照射場を利用する立場からの問題点を整理する。

1. 熱領域

熱中性子束はふつう熱領域の中性子スペクトルをマックスウェル分布とみなして算出されている。このとき中性子温度は一定の値と仮定して、真の中性子束とするか、または 20.4 °C とみなして便宜的な中性子束として出されている。ここでは Au による便宜的な中性子束と、Lu を利用して推定した中性子温度とを掲げた。¹⁷⁷Lu の生成反応は $1/v$ 則からはずれる程度が大きく、サブカドミウム領域で $1/v$ 則に従

う ^{176m}Lu との放射化反応率比から、 $1/v$ 則からはずれる程度を示す Westcott の g 値⁵⁾を求めて、マックスウェル分布を仮定した場合の中性子温度⁶⁾を推定したものである。このとき共鳴領域の $1/E$ スペクトルの寄与をも考慮すると g 値はマックスウェル分布だけを仮定した場合と比べてやや小さくなる。熱/熱外中性子束比の最も小さい照射場では、中性子温度にして 10-20 °C 程度高く見積っていることになる。より厳密にはいくつかの核種の反応率から最適値を求めることも考えられるが、一般の照射場ではここに示した値にほぼ近いものといえる。

2. 共鳴領域

共鳴領域のパラメータとして、ふつう Au のカドミウム比がだされている。しかし多くの場合試料の厚さの補正がなされていないため、そのままでは熱/熱外中性子束比の推定はできない。ここでは厚さ 1 mm のカドミウムを用いた場合のきわめて希薄な試料 (Au) でのカドミウム比を掲げた。

3. 高速領域

速中性子束はフィッシュンスペクトルを仮定し、しきい反応によってだされている。そのときフィッシュンスペクトルに対しての平均値として示されることが多い。ここに示した値は In の有効しきいエネルギー (1.12 MeV) 以上の積分値である。

一般の照射利用の立場からは、原子炉中性子の中性子束、エネルギースペクトルだけではな

[†] 3. Characteristics of irradiation facilities of research reactors in Japan. Tatsuo SUZUKI: Department of Geology, Faculty of Education, Kagoshima University, 1-20-6, Korimoto, Kagoshima-shi 890, Japan.

表1 原研東海炉 JRR-2・JRR-4, JRR-3M, 立教炉 TRIGA Mark II の照射設備の特性

照射設備	原子炉内の位置	熱中性子束[Au] ($\text{n}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$)	カドミウム比 [Au]	中性子温度 [Lu] ($^{\circ}\text{C}$)	速中性子束(In) ($\text{n}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$)
JRR-2					
Pn (2 インチ)	重水タンク	$(4.72-4.50) \times 10^{13}$	3.32	77	1.13×10^{12}
JRR-4					
Pn (1 インチ)	黒鉛反射体	$(3.63-3.06) \times 10^{13}$	2.45	103	2.63×10^{12}
LT (Pn)	熱中性子柱	$(1.83-1.64) \times 10^9$	398	45	n.d.
JRR-3M					
PN-3 (Pn)	重水タンク	$(9.79-9.26) \times 10^{12}$	214	51	6.08×10^9
TRIGA Mark II					
F24C	燃料要素内	$(2.03-1.67) \times 10^{12}$	2.09	302	5.66×10^{11}
RSR No.1	黒鉛反射体	$(4.59-4.34) \times 10^{11}$	2.54	255	5.23×10^{10}
54φ	軽水タンク	$(1.49-1.45) \times 10^{11}$	4.59	120	7.22×10^9
T.C. (60 cm)	熱中性子柱	$(2.92-2.70) \times 10^9$	285	96	7.23×10^5

Pn：気送管 LT：リドタンク

図1 一般照射設備における中性子フルエンスの範囲と照射可能な試料の大きさ
熱中性子束のデータは公称値によったが、そのカドミウム比はAu箔の厚さを補正した。また放射化分析の範囲は地質試料による場合を想定した。

く、運転時間内での安定性、照射可能な試料の大きさ、利用できる中性子フルエンスの範囲、照射とその後の試料の取り出し方の容易さ、なども重要な特性である。そのなかでも実験内容を大きく制限する照射キャプセルの内径と利用できる中性子フルエンスの範囲との関係を図1

に示した。

照射場の特性に関連して、一般照射利用における現在の問題点は次のようにまとめられる。

(1) 現在利用可能な国内の研究用原子炉もその照射設備も限られたものであるが、十分に熱化された純熱中性子照射場はさらに少ない。

(2) 試料の大きさによっては、既存の照射施設では利用可能な中性子フルエンスの範囲が狭く、フィッシュントラック年代測定や放射化分析に制限が生じている。

(3) 放射化分析など一般照射利用に際し、より正確な分析値を得るためには、照射場の特性や運転上の特性について今後より詳細なデータが整備される必要がある。

文 献

- 1) 神田啓治, 他: KURRI-TR-60 (1969)
- 2) 白崎正弘, 高見保清: IAERU-7801 (1978)
- 3) 小林捷平, 他: KURRI-TR-278 (1987)
- 4) 日本原子力研究所: 共同利用通信, No. 36 (1993)
- 5) Westcott, C. H.: CRRP-960 (1960)
- 6) Schmid, L. C. and Stinson, W. P.: HW-66319 (1960)

I・2 放射化分析の動向

1. 放射化分析の自動化と汎用化[†]

鈴木章悟, 岡田往子, 平井昭司

武蔵工業大学原子力研究所
215 神奈川県川崎市麻生区王禅寺 971

Key Words: instrumental neutron activation analysis, gamma-ray spectrometry, gamma-ray spectrum analytical program, personal computer

1. はじめに

原子炉中性子を利用し, Ge 半導体検出器と多重波高分析器による γ 線スペクトロメトリと電子計算機によるデータ処理を利用する放射化分析法は機器中性子放射化分析(INAA)とよばれている。INAA の出現により, 分析化学者のものであった放射化分析が, 一般の研究者にも親しみやすいものになり, 環境科学, 材料科学, 地球化学, 考古学などで多元素分析に広く利用されるようになった。放射化分析の自動化

と汎用化のための, 市販のパーソナルコンピュータ(以下「パソコン」という)と直結した γ 線スペクトロメトリシステムについて述べる。

2. γ 線スペクトロメトリの構成

小型コンピュータを主体とした γ 線スペクトロメトリシステムを開発・製作した一例として武蔵工業大学原子力研究所(武蔵工大原研)のGAMA システムがある。放射化分析専用の γ 線スペクトロメトリであるGAMA (Gamma-Spectra Analysis of Musashi Institute of Technology, Atomic Energy Research Laboratory)システムは5号機まで設計・製作されている¹⁾⁻³⁾。どのシステムも基本設計は同一になっており, 図1にGAMA-IV システム(4号機)の構成を示す。収集部と解析部に2台のパソコンを用いており, データ収集は8192

[†]I・2 Trend of NAA. 1. Automatization and generalization of activation analysis. Shogo SUZUKI, Yukiko OKADA and Shoji HIRAI: Atomic Energy Research Laboratory, Musashi Institute of Technology, 971, Ohzenji, Asao-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa-Pref. 215, Japan.