

## 近畿大学原子炉を用いた金の中性子自己吸収の実験的評価

村田祥全・小村和久

〒923-1224 能美市和気町オ 24 金沢大学自然計測応用研究センター・低レベル放射能実験施設

Yoshimasa Murata and Kazuhisa Komura: Experimental evaluation of neutron self-absorption on gold using UTR-KINKI

[はじめに]

金の安定同位体である  $^{197}\text{Au}$  の中性子捕獲反応 ( $^{197}\text{Au}(n, \gamma)^{198}\text{Au}$ ) を利用する中性子検出器は、電気およびメンテナンスが不要であり、コストパフォーマンスや携帯性に優れ、あらゆる場所に設置可能であるという大きな利点がある。金沢大学低レベル放射能実験施設が保有する、尾小屋地下測定室に導入した極低バックグラウンド高純度ゲルマニウム半導体検出器を利用することにより、環境中の中性子束レベル (約  $10^{-2} \text{ n}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) の照射でも、生成する  $^{198}\text{Au}$  を測定することが可能になった。しかし、 $^{197}\text{Au}$  の反応断面積の大きさゆえに、中性子の自己吸収があり、 $^{198}\text{Au}$  生成量から中性子束を計算する際に、過小評価するという問題が生じるため、 $^{198}\text{Au}$  を中性子検出器として実際に利用する際には、中性子の自己吸収の程度をあらかじめ把握し、これを補正する必要がある。

中性子自己吸収の評価には、MCNP などのモンテカルロ法を用いた計算による方法と実際に金を中性子照射する実験による方法がある。報告者らは、金板を用いた後者による方法を試み、近畿大学原子炉周辺および環境中で実験を行ってきた。しかし、金板を用いた場合、後方からの中性子の影響を無視できず、金板の厚さが増加しても  $^{198}\text{Au}$  放射能が指数関数的な減少を示さないことも多かった。

そこで、本研究では、近畿大学原子炉を用いて粒径の異なる金粒および後方をカドミウムで覆った金板の中性子放射化を行った。生成する  $^{198}\text{Au}$  の金 1 g あたりの放射能を比較することにより、金の厚みによる自己吸収の影響について評価した。

[実験方法]

直径 0.8~3.4 mm、重量 6~400 mg の粒径の異なる 7 個の純金粒を選び、近畿大学原子炉内の中央ストリンガー付近 (熱中性子束:  $1 \times 10^7 \text{ n}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) で約 5 分間中性子照射を行った。また、 $42 \times 200 \times 0.15 \text{ mm}$  の純金板 1 枚 (重量 25 g) と約  $39 \times 150 \times 0.12 \text{ mm}$  (重量約 13 g) の純金板 4 枚を重ねたものを原子炉外生体遮蔽外壁 (熱中性子束:  $10 \text{ n}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) に鉛直方向と平行になるように設置し、後方からの中性子の照射を避けるために Cd 板で覆い、生体遮蔽外壁から漏洩する中性子による照射を 6 時間行った。

照射後、尾小屋地下測定室に設置した 3 台の高純度井戸型 Ge 検出器を用いて、金粒は 10 分間、金板は 3 日間  $^{198}\text{Au}$  の放射能をそれぞれ測定した。壊変補正を行い、金 1 g あたりの相対的な放射能を計算した。

[実験結果]

金粒を用いた実験結果を図 1 に示す。最も粒径の小さい 0.86 mm の金粒の  $^{198}\text{Au}$  放射能を 1 としたときの相対放射能の値を粒径に対してプロットしている。粒径の増加とともに、中性子の自己吸収により  $^{198}\text{Au}$  の生成量がほぼ指数関数的に減少しているという結果を得た。直径 3.4 mm の金粒は、直径 0.86 mm の金粒の約半分の生成量であった。グラフにプロットした点を結ぶ直線の傾きから、金の粒径が 1 mm 増加すると  $^{198}\text{Au}$  の生成量が約 25 % 減少することがわかった。一方、金板を用いた実験結果を図 2 に示す。生体遮蔽外壁に最も近い No.1 の  $^{198}\text{Au}$  放射能を 1 (厚み: 0.15 mm) とし、以降は No.1 および 2 を併せた放射能 (0.15+0.12 mm)、No.1~3 を併せた放射能 (0.15+0.12+0.12 mm) として厚みに対してプロットした。今回得た金粒と金板の結果を過去のデータと比較するため、過去に行った近畿大学原子炉および環境中で行った中性子自己吸収評価の結果をまとめて図 3 に示す。それぞれ照射した中性子束が異なるため、各実験の最小の厚みの試料の放射能を 1 としてある。今回の金粒試料は、最小の粒径が 0.86 mm と他の金板で行っ

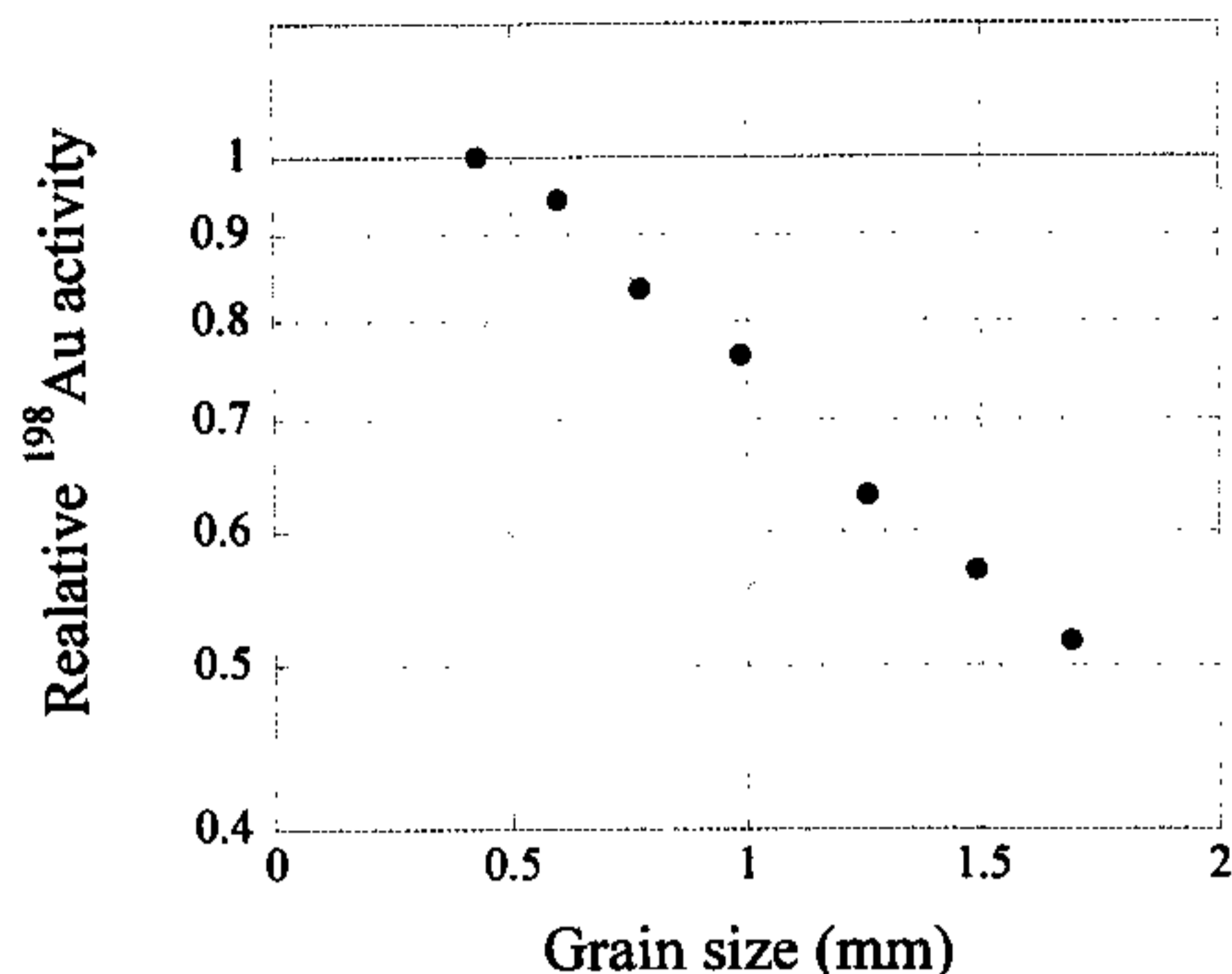


図1 金粒を原子炉内で中性子放射化した場合の、粒径に対する<sup>198</sup>Au 相対放射能

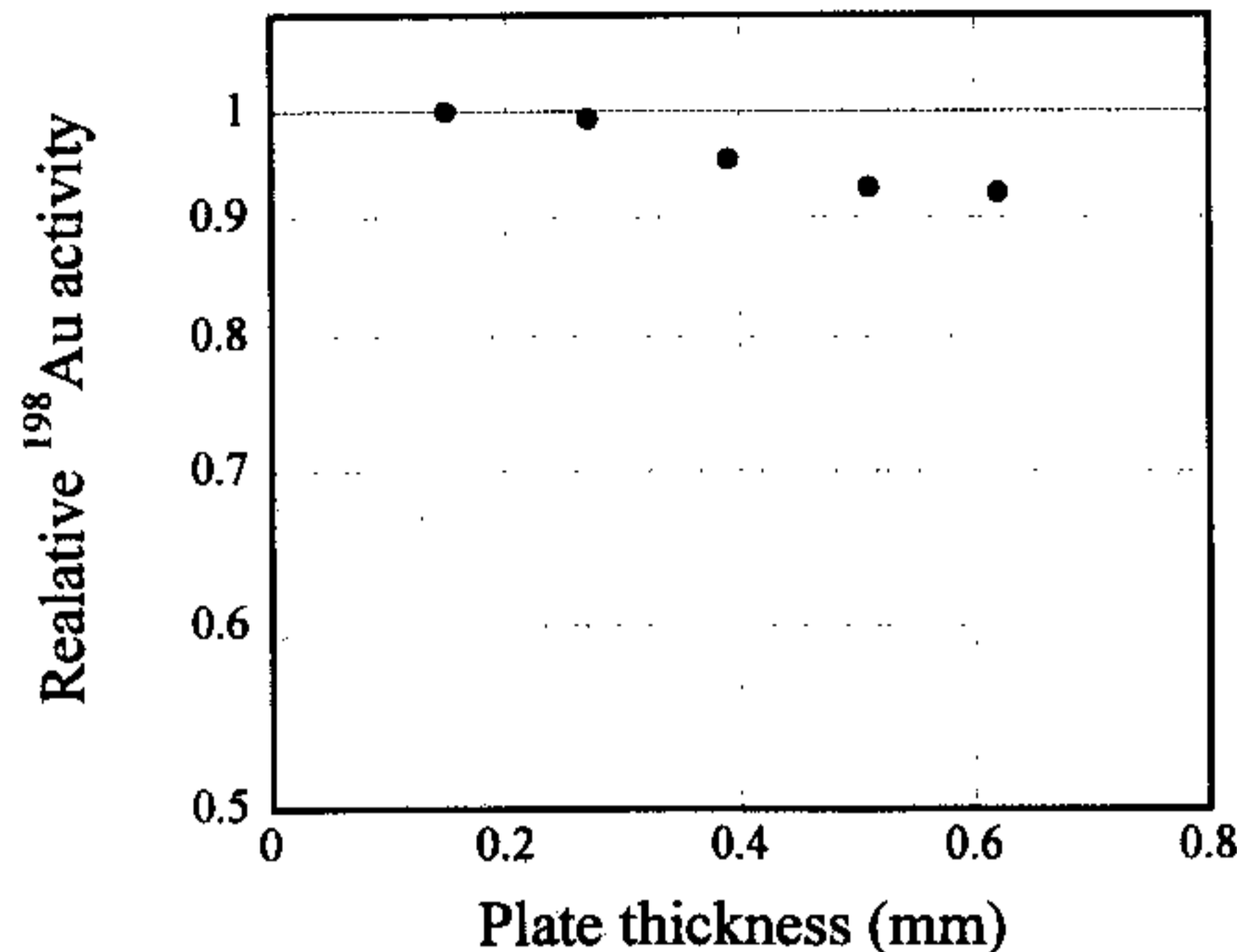


図2 金板を原子炉外生体遮蔽外壁で中性子放射化した場合の、金板の厚さに対する<sup>198</sup>Au 相対放射能

た実験の厚みに比べて大きいと、プロットから得た直線を外挿し、0.11 mm に相当する値を1とした。金粒および金板のデータともに、過去の実験データと比較的よく一致していることがわかる。近畿大学実験の<sup>198</sup>Au 放射能の値が、環境中性子実験の値と比べて高いのは、中性子のエネルギースペクトルが異なっているためであろう。過去の近畿大学実験はすべて金板試料を用いたが、そのデータおよび今回の金板試料のデータを見ると、試料の厚さが増すにつれて<sup>198</sup>Au 放射能の減少の程度が小さくなり、指数関数的な減少にはなっていない。これは、先述したように中性子の後方からの回り込みが原因ではないかと考えられ、今回はカドミウム板を用いてそれを防ごうとしたが、有効でなかったと思われる。一方金粒試料は、球形をしている上に個別に厚みを持っているため、どのような方向から中性子が来ても、通過する金の厚さは粒径に比例する。したがって粒径の増加とともに、ほぼ指数関数的に<sup>198</sup>Au 放射能が減少していると考えられる。以上のことから、今回の金粒を用いた実験により、中性子自己吸収の評価に有益な情報を得たと言えよう。今後は、MCNPを用いた計算によるシミュレーションと比較し、金を中性子束測定器として用いる際の自己吸収の評価を決定したい。

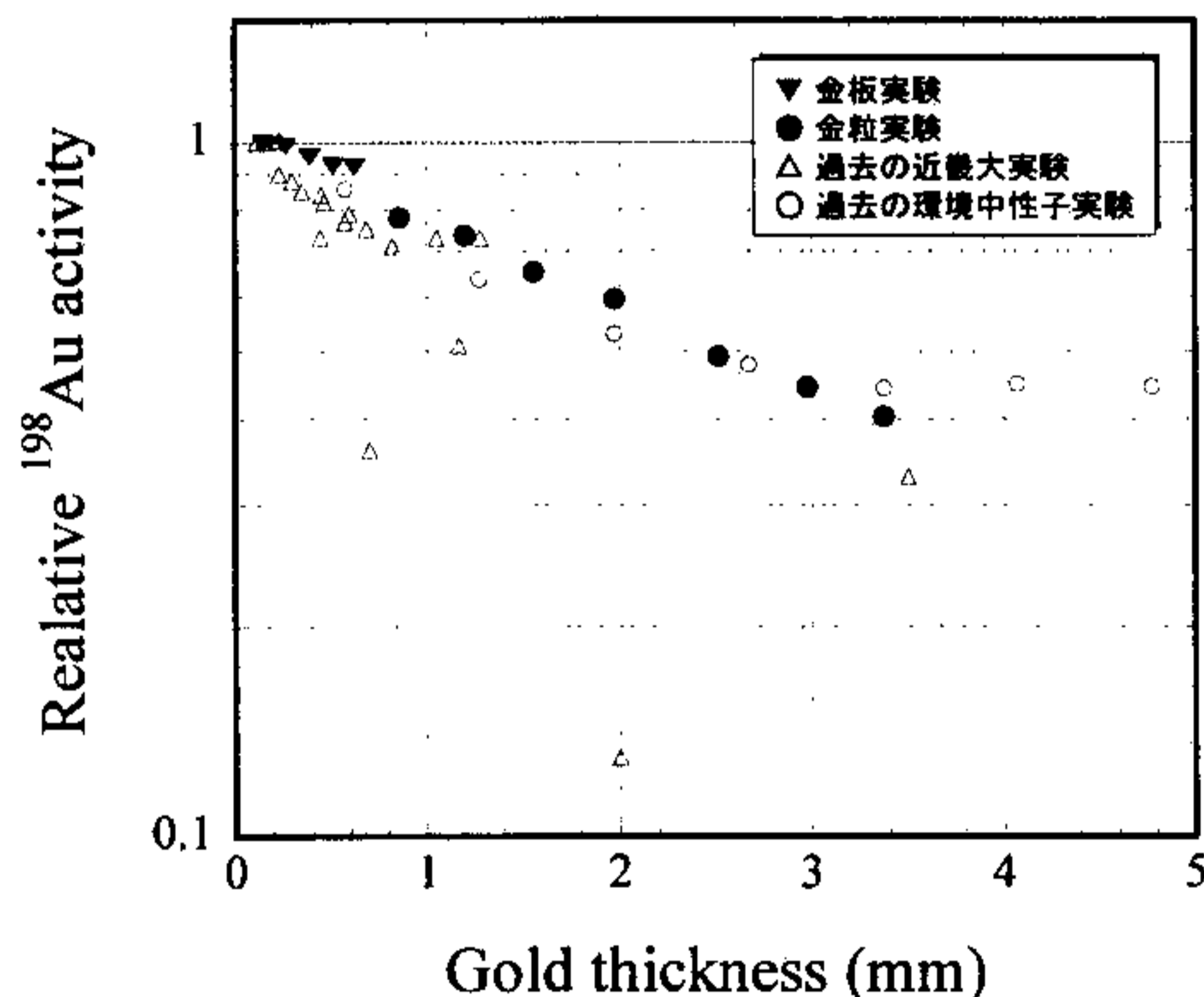


図3 金の厚さ（粒径）に対する<sup>198</sup>Au 相対放射能の今回の実験および過去の実験で得た全データ

### 謝辞

本研究は、「平成16年度近畿大学原子炉等利用共同研究」として行われ、実験の際には近畿大学原子炉研究所・森嶋彌重 所長ならびに古賀妙子 教授にご協力をいただいた。