

金の放射化を利用した環境中性子測定

村田祥全・小村和久

〒923-0962 能美郡辰口町和気オ 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: Measurements of natural neutron flux using activation of gold

金の安定同位体である ^{197}Au (同位体存在度: 100%) は、熱中性子および熱外中性子捕獲反応断面積が 98.8 barn と大きい。また、中性子捕獲反応により生成する ^{198}Au が、2.695 日という適度な半減期を持ち、411.8 keV の γ 線を放出率 96 % で放出することにより定量が容易であるため、原子炉などの中性子束の指標として、金は用いられてきた。しかし、地表の環境レベルの中性子束 ($10^{-2} \text{ n}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) では、 ^{198}Au 生成量が少なく、定量が困難なうえに、 ^3He 中性子カウンターなどの検出器を用いる方が検出感度は高いために、金は環境中性子束の測定に用いられていなかった。金を中性子束測定に用いることは以下のような利点がある。①中性子束測定時に電気を必要としない。②金の化学的安定性ゆえに高温(低温)、水中などの水に直接接触する場所などの通常検出器を設置することが困難な環境でも中性子束が測定可能である。③故障することがなく、メンテナンスを必要としない。④設置に必要な場所が小さく、持ち運びも容易である。⑤ ^3He 中性子検出器と比べると、費用が安価ですむ。以上の理由から、検出感度の問題を解決すれば、金はすぐれた環境レベルの中性子検出器となりうる。金沢大学低レベル放射能実験施設が 10 年前から構築してきた極低バックグラウンド γ 線測定が可能な尾小屋地下測定室(水深換算: 270 m) を利用することにより、環境レベルの中性子束における ^{198}Au 定量が可能となった。1999 年の東海村臨界事故時には、臨界発生地点より約 1500 m の範囲で漏出した中性子により生成した ^{198}Au が検出された。中性子モニタリングポストの数が十分でなく、シミュレーションによる被曝線量評価の際に必要な実測値が不足していたため、尾小屋地下測定室を利用した ^{198}Au の定量結果は非常に貴重であった。本研究では、金を環境中性子束測定の検出器として将来用いるための基礎研究として、環境レベルより 3 桁高い中性子束が得られる近畿大学原子炉(出力: 1 W) の原子炉室およびその周辺に金試料を設置し、 10^{-2} から $10 \text{ n}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ までの範囲の中性子束における ^{198}Au 生成量を調べた。また、 ^3He カウンターによる測定も併せて行い、 ^{198}Au 生成量との比較を行った。

金板 (1.5 cm \times 4 cm \times 0.4 mm、約 8 g) および金粒 (直径 2 mm、約 20 g) を近畿大学原子炉壁の周囲 1 地点ならびに、原子力研究所敷地内 8 地点、近畿大学構内 4 地点に設置した。設置地点の炉心からの距離は、2 m から 303 m の範囲であった。原子炉壁の周囲に設置した金試料は、原子炉が稼動している 2 日間被曝させた後、その他の金試料については約 30 日間被曝させた後回収した。尾小屋地下測定室の極低バックグラウンド Ge 検出器を用いた γ 線スペクトロメトリーにより、 ^{198}Au の放出する 411.2 keV の γ 線を計数し、生成した ^{198}Au 原子数を見積もった。また、原子炉稼動中に、原子炉室内、原子力研究所敷地内および近畿大学構内の計 13 地点で、 ^3He 中性子検出器を用いて計数を測定した(原子炉からの距離 2~270 m)。測定は、厚さ 2 cm のポリエチレンで検出器を覆った場合と覆わない場合の 2 種類行った。

γ 線スペクトロメトリーにより得られた各金試料中に生成した ^{198}Au 原子数を表 1 に、 ^{198}Au 原子数を炉心からの距離に対してプロットしたものを図 1 に示す。炉心からの距離の増加とともに、 ^{198}Au 生成数は減少するが、50 m を過ぎるとほぼ横ばいである。これにより、炉心から 50 m 以遠は、原子炉由来の中性子の影響が環境中の中性子に比べて無視できることがわかる。

^3He 中性子検出器の計数を、炉心からの距離に対してプロットしたものを図 2 に示す。原子炉に最も近い試料番号 0 の金試料中の ^{198}Au 原子数が ^3He 中性子検出器の計数と比べて相対的に少ないが、これは他の金試料の被曝期間が 30 日であるのに対し、この試料のみ 2 日間と短いためである。照射時間の補正をすれば、 ^{198}Au 生成数と ^3He 中性子検出器の計数の結果は矛盾しておらず、 ^{198}Au 生成数が中性子束を反映していることが示された。金による中性子の自己吸収により、金の厚みの増加とともに 1g あたりの ^{198}Au 生成数は減少するため、 ^{198}Au 生成数から直ちに中性子束を評価することは困難であるが、自己吸収の問題さえ解決すれば、金は優れた環境中性子検出器として利用可能である。

表 1 金試料中に生成した ^{198}Au 原子数

試料番号	試料の形状	被曝位置	炉心からの距離 (m)	^{198}Au 原子数 (n/g-Au)
0	板	原子炉外壁	2	1074 ± 47
1	板	試料準備室窓	13	670 ± 59
2	板	共同研究室扉	25	176 ± 30
3	板	共同研究室窓	28	192 ± 23
4	粒	モニタリングポスト I	42	114 ± 11
5	粒	コンクリート壁	48	63 ± 19
6	粒	モニタリングポスト II	63	92 ± 27
7	粒	動物飼育棟扉	50	42 ± 11
8	粒	モニタリングポスト III	41	66 ± 15
9	粒	薬草園プレート裏	99	57 ± 13
10	粒	正門そば掲示板裏	303	51 ± 15
11	粒	駐車場裏の木	250	46 ± 8
12	粒	グラウンド隣の物置	91	39 ± 8

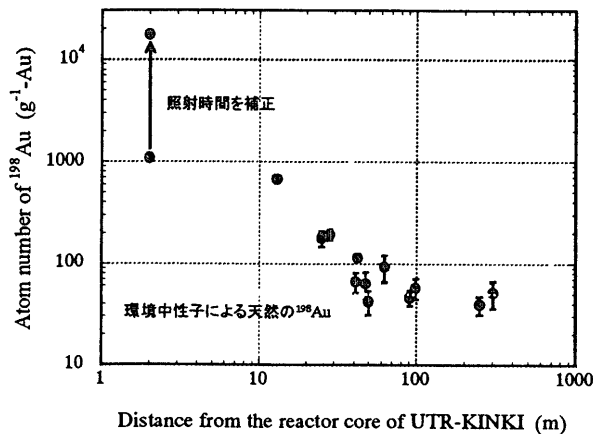


図 1 原子炉からの距離に対する ^{198}Au 原子数

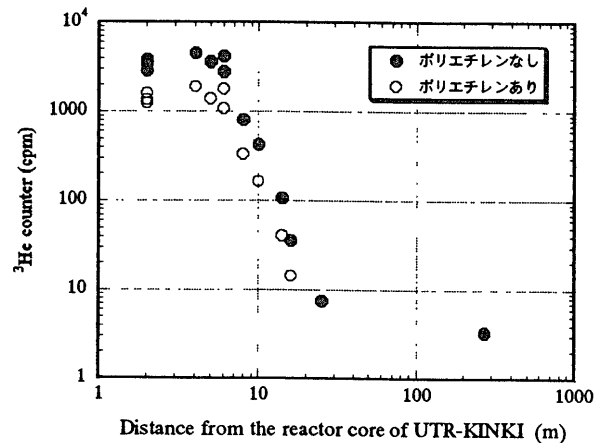


図 2 原子炉からの距離に対する ^3He 中性子検出器の計数値

謝辞

本研究は、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力研究所・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。