

小型核融合中性子線源を用いた放射化法による放射性物質の形成 Formation of radioactive materials by activation method using a small fusion neutron source

藤田朗人¹, 高原優¹, 山縣宥介¹, 渡邊響¹, 松寄大吾¹, 渡部政行²
A.Fujita¹, Y.Takahara¹, Y.Yamagata¹, H.Watanabe¹, D.Matuzaki¹, M.Watanabe²

日大院量子¹, 日大量科研²
QST-Nihon-Univ¹, IQS-Nihon Univ².

1. 研究背景と目的

医学や工学, また生物科学など様々な分野に放射性同位体が利用されている. この放射性同位体は崩壊を伴うため自然界に存在する割合が低く, 原子炉や大型の加速器を用いて製造されることが一般的である. しかしながら, 原子炉の停止や輸入の不安定化等で放射性同位体の供給事情に現状で問題が生じている. そこで本研究では核融合反応を用いた小型中性子線源を用いて放射化法による放射性同位体の形成およびその評価を検討している. 講演では実際に行った物質の放射化実験や, より効率よく物質を放射化するためのポリエチレンブロックの厚さの最適化などの実験結果に関して報告する.

2. 小型核融合中性子源

本実験で使用する小型核融合中性子源は核融合反応を起こすために, 電極部にリング状の陰極 (以下:リング陰極) を用いている. 実験装置の中心部にリング陰極を配置し, それを挟むように左右に陽極を設置している. リング陰極に高電圧を印加し, リング陰極と陽極間で重水素ガスをプラズマ化する. 重水素原子核はリング陰極の中心部に向かって加速され, リング中心部を通過後, リング陰極の電場により減速され, 再びリング陰極の方向に加速される. リング陰極に印加する電圧が -10kV 以上において重水素ガス同士の核融合反応が生じ, 中性子が発生し始める.

3. 実験結果

本実験ではまず, 放射化に適した物質であるインジウム (In) に対する中性子線の照射実験を行った. 核融合反応で発生した 2.45 MeV の中性子をポリエチレンブロックで減速し, インジウム板に4時間照射した. 中性子線照射により放射化された $^{116\text{m}}\text{In}$ から発生する γ 線を Ge 半導体検出器で1時間計測した. また, 放射化したインジウム板の計測を行う前に, 密封放射線源から放出される γ 線を用いて Ge 半導体検出器のエネルギー校正を行った. 実験で使用した密封線源はコバルト 60 とセシウム 137 である. 校正結果を用いて In から放射される γ 線のエネルギー分布を計測した. その結果と環境放射線 γ 線スペクトルを比較した図1を以下に示す.

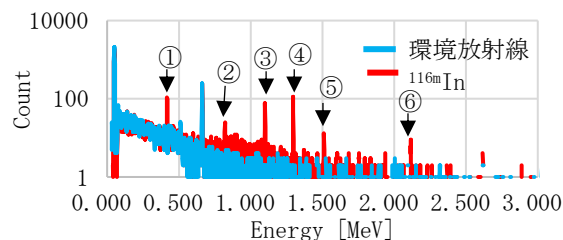


図1 $^{116\text{m}}\text{In}$ の γ 線スペクトル

① : 0.417 ; ② : 0.819 ; ③ : 1.097 ; ④ : 1.294 ;
⑤ : 1.507 ; ⑥ : 2.112

比較の結果, 環境放射線では観測されていない6つのピークを検出することができた. これは $^{116\text{m}}\text{In}$ の γ 線エネルギーの放出割合と一致する.

また, ポリエチレンブロックを置いた際, 各エネルギー帯での In に入射する前の中性子数と In の後方に出てくる中性子数に変化があるか放射線挙動解析シミュレーション PHITS を用いて比較を行った. その結果と ^{115}In の中性子捕獲断面積と組み合わせたグラフを図2に示す. これらの結果に関して講演で報告する.

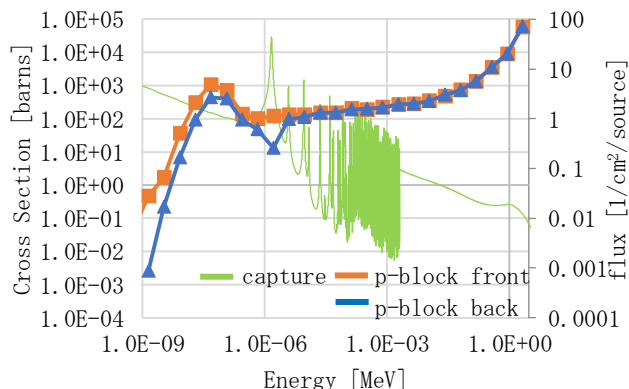


図2 ^{115}In の中性子捕獲断面積 (左軸) 及びポリエチレンブロック前後の flux (右軸) とエネルギーとの関係

4. 参考文献

- [1] Tatsuhiko Sato, Yosuke Iwamoto et al : Features of Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS) version 3.02, J. Nucl. Sci. Technol. 55(5-6), 684-690 (2018)