IP と放射化法を利用したエネルギー選択中性子イメージングの研究

A study on energy selective neutron imaging using IP and activation method

*上本 龍二[1]，鵜野 浩行[1]，日塔 光一[2]，上松 幹夫[2]，加美山 隆[3]，佐藤 博隆[3]，鬼柳 善明[4]
[1]住重アテックス，[2]東芝テクニカルサービスインターナショナル，
[3]北海道大学，[4]北海道大学名誉教授

加速粒子とターゲットとの反応で放出される高速中性子ビームを用いた転写法イメージングによって、熱中性子で遮蔽される Gd 化合物やγ線で遮蔽される Pb を同時に透過して可視化することが可能になった。さらに、同じ加速器中性子源で転写法による熱中性子と直接法によるγ線のイメージングを可能にした。

キーワード：中性子イメージング、高速中性子、閾値反応、放射化法、転写法、イメージングプレート

1. 緒言

これまで、加速器中性子源で発生させた高速中性子を被写体に照射し、その後方に設置した間接イメージング用金属コンバータと透過中性子の閾値反応を利用して、高速中性子イメージングを行ってきた。金属コンバータは閾値反応により放射化し、γ線或いはβ線を放出する。これらの放射線を X 線イメージングプレート(IP)に転写することで、閾値以上の高速中性子成分のみで被写体の透過イメージングを行うことができるものである。本研究では、Al コンバータの(n, α)反応(閾値約 3.25 MeV)を利用した高速中性子イメージングだけでなく、Dy コンバータの(n, γ)反応を利用した熱中性子イメージング及び直接 IP 撮影によるγ線イメージングも比較し、それぞれの画像の特性を評価した。

2. 陽子サイクロトロンを用いたイメージング

測定には、p-Be 反応で発生する高速中性子ビーム、モデレータからの熱中性子ビームおよびγ線を用いた。モデル試料として材質が異なる厚さが 5 段階のステップウェッジ(SW: Fe, Cu, Mo, Pb, W, WHA, GOS 樹脂, GOS 無垢)を準備して実施した。WHA はタングステンヘビーアロイ、GOS 無垢は Gd_2O_2S のセラミック焼結体で、GOS 樹脂は砕かれた焼結体をエポキシ樹脂で固めた物である。ターゲット出口にはこの GOS 樹脂で成形されたコリメータ L/D:40(東芝試作)とφ5 mm、厚さ 5 mm の穴のあいた W プレートを設置した。サイクロトロンの運転条件は、エネルギー18 MeV、電流(γ線実験時:16 μA, 中性子実験時:50 μA)で、γ線の直接 IP 撮影の照射時間は 10 min、熱中性子用 Dy コンバータの照射時間は 10 min、高速中性子用 Al コンバータの照射時間は 180 min であった。

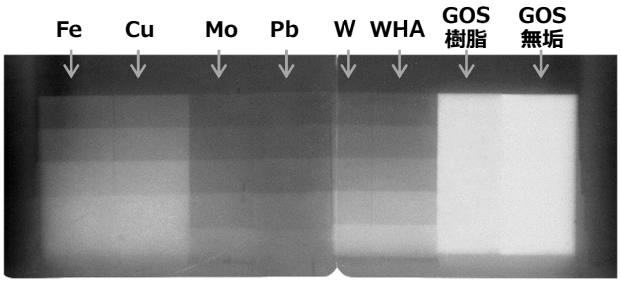

図１ ステップウェッジの Dy コンバータ撮影画像（熱中性子イメージング）

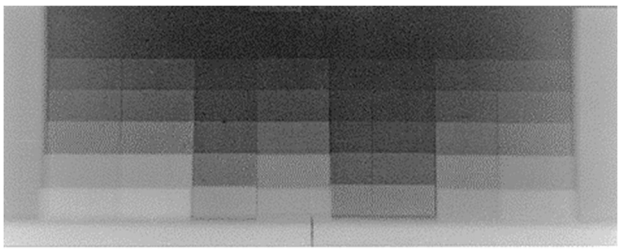
図２ ステップウェッジの Al コンバータ撮影画像（高速中性子イメージング）

3. 測定結果とまとめ

図 1 に熱中性子の、図 2 に高速中性子の透過画像を示す。高速中性子の画像からは、熱中性子吸収断面積の大きい Gd を含む GOS 60 mm でも、γ線が透過しにくい Pb 60 mm でも画像が黒くなっており、高速中性子が透過していることが分かる。更に散乱線の影響も少なく、複雑な構造体でも鮮明に撮像できることを確認した。また、熱中性子では濃淡の差が小さかった Mo と Pb が、高速中性子では判別が容易になっており、エネルギー選別画像の効果が表れている。発表ではグラインダーや電池サンプルの撮像結果も紹介する。

*Ryuji Uemoto[1], Hiroyuki Uno[1], Koichi Nittoh[2], Mikio Uematsu[2], Takashi Kamiyama[3], Hirotaka Sato[3] and Yoshiaki Kiyanagi[4]
[1]SHI-ATEX Co., Ltd., [2]Toshiba Technical Services International Corp., [4]Hokkaido Univ. and [5]Professor Emeritus of Hokkaido Univ.