

損失アルファ粒子計測のためのガンマ線イメージング用コリメータ設計 Design of a Collimator for Lost Alpha Diagnostics Based on Gamma-ray Imaging

土居謙太¹, 西浦正樹², 谷池晃³, 松本拓也³, 島添健次⁴, 堀木一成⁴, 長坂琢也², 藤本靖⁵,
藤岡加奈⁵, 田中照也², 木崎雅志², 山岡人志⁶, 松本新功⁷, 粕谷俊郎¹, 和田元¹
DOI Kenta¹, NISHIURA Masaki², TANIIE Akira³, MATSUKI Takuya³ *et al.*

¹同志社大理工, ²核融合研, ³神戸大, ⁴東大院工, ⁵大阪大, ⁶理研SPRING-8, ⁷徳島文理大
¹Doshisha Univ., ²NIFS, ³Kobe Univ., ⁴Univ. of Tokyo, ⁵Osaka Univ., ⁶RIKEN, ⁷Tokushima Bunri Univ.

核融合生成アルファ粒子等の高エネルギー粒子損失の空間分布を計測することは高エネルギー粒子閉じ込めや炉壁保護の観点から重要である。核融合反応生成荷電粒子は炉心より放出されて炉壁と衝突すると、高エネルギーであることから深刻な炉壁損耗に繋がる。従来、シンチレータプローブを用いた損失アルファ粒子計測法が検討されてきた。しかし、炉内第一壁近傍に検出器系を挿入する手法は、耐放射線性の問題などからITERや実用炉などの核燃焼場への適用が困難である。そこで、我々はアルファ粒子が閾値以上のエネルギーで⁹Be第一壁に衝突する際の⁹Be(α , $n\gamma$)¹²C反応により誘起される4.44 MeVガンマ線をイメージ化することでアルファ粒子の損失分布を計測する手法を提案している。本手法では、検出系を炉内に挿入する必要がなく、第一壁から一定の距離の場所に設置することが可能となるため、放射線による損傷が低減される。

ガンマ線カメラの開発のため、PET (Positron Emission Tomography) 用ガンマ線イメージ検出器を改良し、⁹Be(α , $n\gamma$)¹²C誘起4.44 MeVガンマ線イメージング実験を行った。検出器はLuAG (Lu₃Al₅O₁₂) によるシンチレータアレイ (12 × 12 pixel) および同ピクセル数のAPD (Avalanche Photodiode) の組み合わせで構成される。実験結果から4.44 MeVガンマ線を検出可能であることを確認した。しかし、高い検出効率を保ちつつ十分な位置分解能でイメージングを行うには、コリメータの寸法および形状の最適化が必要である。そこで、EGS5 (Electron Gamma Shower Version 5) コード [1] を用いたコリメータの設計、評価を継続中である。

EGS5シミュレーションコードは、光電効果や電子対生成、コンプトン散乱、レイリー散乱の反応を取り扱うことができ、3次元シミュレーションモデルを定義することで、光子および電子の輸送計算が可能である。本研究では、4.44 MeVガンマ線を放射する厚みのない線状線源を仮定し、1 m離れた位置に設置したガンマ線イメージ検出器により計測される光子数分布イメージを評価した (Fig. 1)。得られたXY面のガンマ線イメージ (Fig. 2) から得られる半値幅を用いてピンホールコリメータの性能評価を行った。

発表では、シミュレーション結果とともに、これまでに取得したガンマ線イメージング実験結果について紹介する。

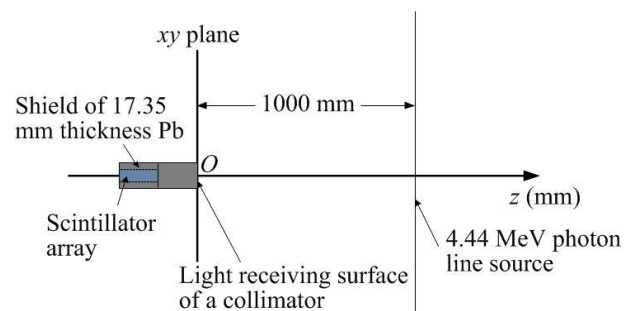


Fig. 1. Simulation model based on line source FWHM.

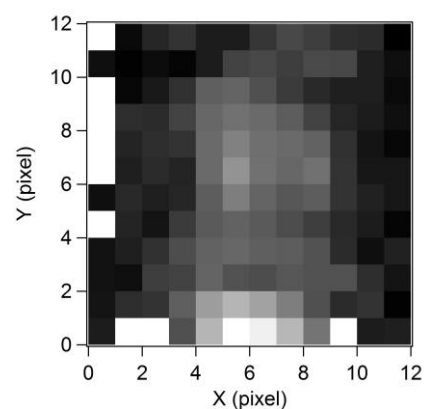


Fig. 2. Imaging simulation result with a pinhole collimator.