

重水素プラズマにおける核弾性散乱効果の検証のためのガンマ線ノイズ評価

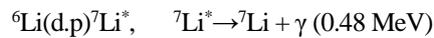
Evaluation of gamma-ray noise for verifying nuclear elastic scattering in deuterium plasmas

九大院工 ○ 西村洋介, 松浦秀明, 川本靖子

Yousuke NISHIMURA, Hideaki MATSUURA, Yasuko KAWAMOTO

1. 緒言

核弾性散乱は核融合プラズマ中のイオン間における重要なエネルギー輸送過程の一つである。散乱によりイオンの速度分布は歪み、核融合反応率係数へ影響を与えるなど様々な効果を及ぼす[1]。特に D^3He プラズマにおいてはその炉心成立性に影響する可能性がある。しかし核弾性散乱効果の実験的検証は今まで十分にこなされておらず、今後実験炉での検証を行う必要がある。その効果の検証方法として核融合プラズマ中に少量の 6Li を混入させ、下記の反応を利用する方法が考えられている[2]。



ガンマ線計測を行うにあたって、ノイズの評価を行う必要がある。本研究では現行の実験炉での重水素プラズマ実験におけるガンマ線ノイズを評価し、核弾性散乱効果の検証実験に必要なガンマ線生成量を示した。

2. 計算体系

体系はトカマク型実験炉を断面が正円のトーラス形状で模擬した簡易モデルを使用した(図1左)。体系の大きさは、大半径:3.0 m 小半径:1.5 m プラズマ領域体積:133 m³である。計測の際に使用するコリメーターは検出面へのガンマ線の入射角度を限定することで再現した(図1右)コリメーターの直径は2 cmとした。遮蔽ブランケットの構造は JT-60SA[3]を参考にした(C:25mm, SUS316L:39 mm, B-H₂O:140 mm, SUS316L:24 mm)。

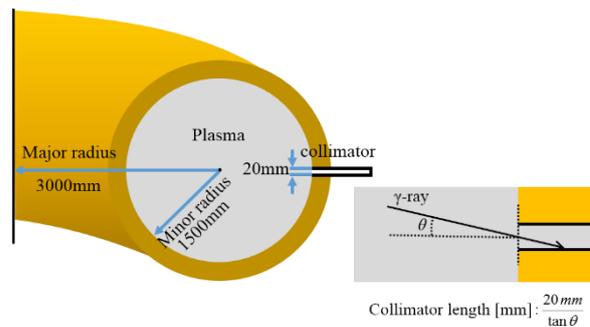


図1. トーラス断面及びコリメーター模式図

3. 結果

連続エネルギーモンテカルロコード MVP[4]を使用し、3次元モンテカルロ計算を行った。今回の検討ではプラズマ中心で多くの中性子が発生することを考慮し、平均温度 2 keV の Maxwell 分布に従った 2.45 MeV 中性子をプラズマ中心から発生させた。図2に壁付近プラズマ領域におけるガンマ線及び中性子束のエネルギースペクトルを示す。中性子束には 2.5 MeV のピークが見られ、減速によって低エネルギー側に広く分布している。ガンマ線は 1 MeV 以下の低エネルギー側に多く分布している。ガンマ線の多くはプラズマ側ステンレス鋼及びボロン水層から発生しており、特に 0.85 MeV ではステンレス鋼中の Fe のピークが大きく現れている。一様なプラズマを仮定すると 0.48 MeV 付近でのノイズの平均発生率は $3 \times 10^3 \text{ cm}^{-3} \text{ sec}^{-1}$ となる。コリメーターへのガンマ線の入射角度を 0.3° 以下に限定したとき、ノイズは 5 桁程度、シグナルは 2 桁程度下がるので、計測を行うには $3 \times 10^1 \text{ cm}^{-3} \text{ sec}^{-1}$ 以上のガンマ線生成率が必要である。また、発表ではブランケット構造と計測ノイズの関係についても議論する。

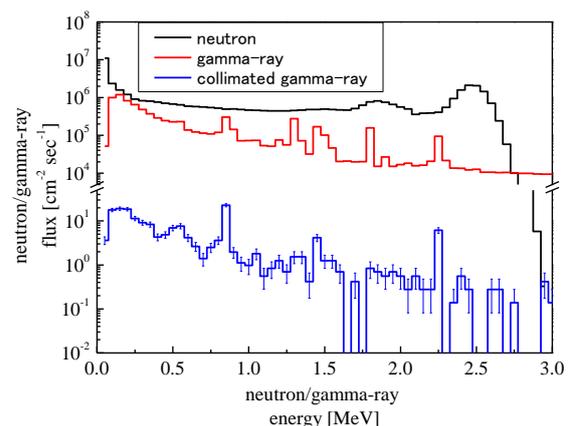


図2. 検出面付近でのガンマ線及び中性子束

[1] H.Matsuura, et al., Phys. Plasmas **14**, 054504 (2007).[2] H.Matsuura, et al., Plasma Fusion Res., **2**, S1078 (2007).[3] A.M.Sukegawa, et al., Fusion Eng. Des. **82**, 2799 (2007).

[4] Y.Nagaya et al., JAERI-1384(2005).