

ガンマ線カメラを用いた損失アルファ粒子計測法の開発
 Development of lost alpha diagnostics based on gamma-ray camera

土居謙太¹, 西浦正樹², 粕谷俊郎¹, 和田元¹
 K. Doi¹, M. Nishiura², T. Kasuya¹, M. Wada¹

同志社大学¹, 核融合研²
 Doshisha Univ.¹, NIFS²

DT 核融合反応により生成される, 初期エネルギー3.52 MeV のアルファ粒子は, 炉心プラズマの自己加熱のため, その閉じ込めを調査することが重要となる. プラズマ中での減速が不十分な状態で, 炉壁方向へ損失されると, プラズマの自己加熱効率が低下するだけでなく, 炉壁との衝突による損傷・劣化が懸念される. 炉壁へのアルファ粒子の損失を理解するために損失アルファ粒子計測法の開発が進められてきた. 核燃焼プラズマにおける計測法の1つとして, シンチレータプローブを用いる方法が検討されてきた. この方法では, 損失アルファ粒子が炉内に挿入したシンチレータに入射することで, ピッチ角およびエネルギーの計測が可能になるというものであったが, 実際の核燃焼プラズマではシンチレータが放射線により損傷を受けるため, これを用いた計測は困難となる. この問題の解決策として, Be 炉壁でのアルファ粒子との衝突による ${}^9_4\text{Be}(\alpha, n\gamma){}^{12}_6\text{C}$ 反応により誘起される 4.4MeV のガンマ線を多チャンネル検出器によってイメージ化し, 損失アルファ粒子の損失分布を計測する手法を提案し, その開発を行なっている. 本研究の手法を用いると, 多チャンネルガンマ線検出器を比較的炉心から離れた位置に設置できるため, 放射線や熱による損傷度の軽減が期待できる. また, DD 核融合炉においては, ${}^{12}_6\text{C}(\text{D}, p\gamma){}^{13}_6\text{C}$ 反応により誘起される 3.1MeV のガンマ線を検出することで, ダイバータ版などのカーボン壁への重水素イオンの損失分布も得ることができる.

我々は, BGO シンチレータおよび浜松フォトニクス製 Multi-Pixel Photon Counter (MPPC) 8×8 モジュールで構成した多チャンネルガンマ線検出器による計測システムの開発を行なっている. その開発の手始めとして, ${}^{60}\text{Co}$ および ${}^{137}\text{Cs}$ によるガンマ線を検出し, MPPC の生出力波形からエネルギースペクトルを取得した. その結果を Fig.1 に示す. ${}^{137}\text{Cs}$ の 662keV の光電ピークを検出することを確認した. ${}^{60}\text{Co}$ の場合はエネルギー分解能が十分でなく 1.173MeV と 1.333MeV を分離することができなかった. また, この計測は MPPC の出力信号をオシロスコープにより検出し, 波高分析は数値演算により行った. この方法においては通信速度が遅く, イベントの取りこぼしが頻繁に発生したため, 現在は高速演算が可能な FPGA を用いた多チャンネル取り込み回路の開発を進めている.

発表では, 我々が開発を行なっている損失アルファ粒子誘起ガンマ線計測法の開発状況について報告する.

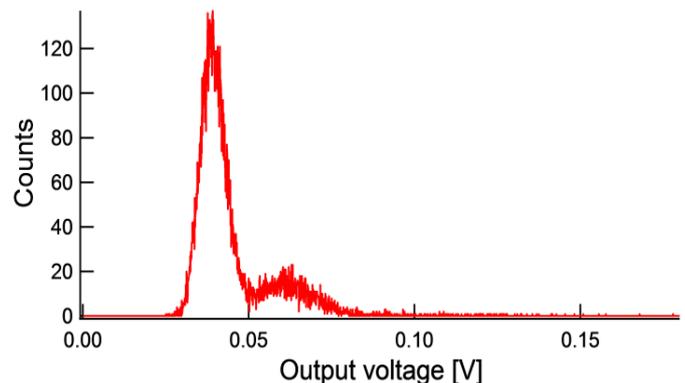


Fig.1 線源として ${}^{137}\text{Cs}$ を用いた場合のMPPCの生出力波形のヒストグラム

[1] V.G. Kiptily, Yu.F. Baranov, R. Barnsley, L. Bertalot, V. Goloborod'ko, N.C. Hawkes, A. Murari, S. Popovichev, S.E. Sharapov, D. Stork, V. Yavorskij and JET-EFDA contributors, Gamma-Ray Measurements of Fusion Alpha Particles in JET Trace (2004)