

高速点火核融合実験に用いるコンプトン散乱を用いた γ線スペクトロメーターの開発

Development of gamma rays spectrometer for The Fast Ignition Experiment

小島 完興^a, 中井 光男^a, 有川 安信^a, 長井 隆浩^a, 安部 勇輝^a, 坂田 匠平^a, 井上 裕晶^a
西村 博明^a, 波元 拓哉^a, 尾崎 哲^b, 加藤 龍好^c, 疇地 宏^a

S.Kojima, M.Nakai, Y.Arikawa, T.Nagai, Y.Abe, S.Sakata, H.Inoue,
H.Nishimura, T.Namimoto, T.Ozaki, R.Katou, H.Azechi

^a大阪大学 レーザーエネルギー学研究センター

^b自然科学研究機構 核融合科学研究所

^c大阪大学 産業科学研究所

^aInstitute of Laser Engineering, Osaka University

^bNational Institute for Fusion Science

^cThe Institute of Science and Industrial Research, Osaka University

高速点火核融合では、圧縮した燃料を高速電子により加熱する。この加熱に効率的に寄与する電子のエネルギーは1MeV付近であると言われている。このエネルギー領域の電子は、プラズマの加熱やターゲットの自己生成場、磁場による発散などの影響を受けるため、プラズマの外部から電子スペクトロメーターを用いて観測することができない。このことから電子から放出される制動放射X線のスペクトル(以下、γ線)を広範囲にわたって計測することで間接的に加熱の相互作用を観測することが考えられている。本研究の計測器は、この計画の内1MeV付近のγ線計測の役割を担うものである。計測は、1MeV付近で反応断面積が最も支配的となるコンプトン散乱を用いて発生させた反跳電子をエネルギー分解することで行う。コンプトン散乱は、角度により入射光子と反跳電子のエネルギーの割合が決定されるため、反跳電子の反跳角とそのエネルギーを測定することで元のエネルギーを知ることができる。基本的な設計は、遮蔽用鉛コリメータ(Pb 100mm)、薄板(コンプトン散乱を起こさせる材料(SiO₂ 2mm))、角度制限スリット(Al 20mm)、磁場式電子スペクトロメーター(最大磁束密度0.4T)からなっている。作成した計測器は、エネルギー分解能が10%以下、γ線からの電子への変換効率が10⁻⁷になるように設計した。反跳電子の検出部にはイメージングプレート(以下、IP)を用いる。IPはβ線以外にγ線にも感度を持つ輝点を利用した積分型の検出器である。IPの特性からIPへγ線のまま入射する場合にもB.G.信号が発生することになる。このため計測器は周辺を遮蔽体で覆い、散乱してきたγ線がIPへ入射することを抑えている。計測器内部にある変換材へ入射させるγ線についても内部へ取り入れる際、IPに直接入射しない形に光路を

制限しB.G.を抑えている。高速点火核融合実験においては、γ線だけでなくターゲットから発生する高速電子によるB.G.も取り除く必要がある。このためγ線を計測器に取り入れるための光路の先端には高速電子除去用の磁石が設置されている。この磁石によりB.G.信号を作るエネルギー領域(0~10MeV)の電子を計測器内部へと続く光路から弾き出すことができる。

計測器はCs137(β線源)を用いて計測器の性能評価を行い、設計通りの性能を確認した。

Co60(γ線源)を用いて単色γ線のスペクトル解析実験を行い、単色γ線において計測原理の実証を行ったあと、高速点火核融合実験において連続スペクトルγ線のスペクトル分解の実験を行い、連続スペクトルγ線からの信号を取得した。発表は、以上の実験結果について行う。

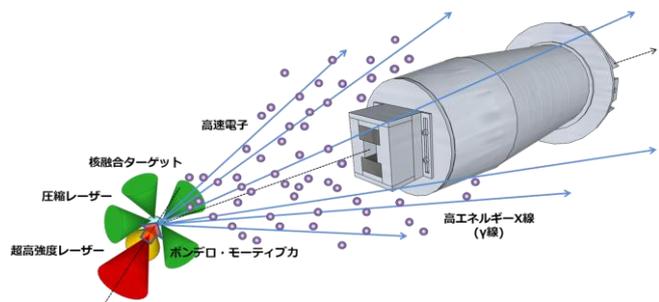


図1:高速点火核融合における加熱機構

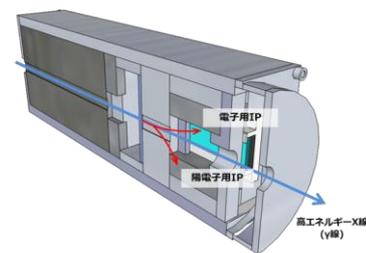


図2:計測器の基本原理