

トリチウム増殖比1領域のブランケット中性子経済の実験的検証法

Experimental Validation of Neutron Economy Measurement of Blanket at the Range of Tritium Breeding Ratio around Unity

*小西哲之¹, 笠田竜太¹, 杉山大志¹

¹京都大学エネルギー理工学研究所

簡便で小型の核融合中性子源とブランケット体系により、TBR \sim 1 を実測する装置を考案し、計算と実験を比較した。低フラックス単色核融合中性子は空間的広がりを持って発生し、フルブランケット条件と十分近い中性子束分布とスペクトルで、ほとんどすべてがブランケット体系において吸収利用される。

キーワード：トリチウム増殖比、体積中性子源、スペクトル、臨界集合体

1. 緒言

核融合炉のトリチウム燃料の自給性能の実験的検証法は知られていない。ブランケットの中性子経済は、入射中性子に対し微妙なバランスで成立しており、核分裂炉では「臨界集合体」で検証されてきたが、核融合開発にはこの過程が欠如している。本研究は、このTBR $>$ 1の実証を目的とする。

2. 中性子経済評価の概念

2-1. 原型炉ブランケット条件

フルトラスブランケットはプラズマで発生する14MeVを閉じ込め、ほぼすべて利用する。個々のモジュールで吸収されない中性子は隣接・対向するモジュールからほぼ同数が戻る。この条件は計算上は反斜壁仮定で容易に達成されるが、現実の照射実験やITER/TBMでは不可能に近い。

図1に比較するようにフルトラスではトリチウム増殖に重要な熱外・熱中中性子が半分を超える。14MeV単色中性子源からの中性子を閉じ込め、フルトラスのフラックス分布を模擬する照射体系が必要であることが中性子経済評価に必要なことである。

2-2. 照射体系の構成

以上の条件を考慮して、TBR $>$ 1領域の中性子経済の実験評価を行う体系を構成した例を図2に示す。ブランケットモジュール構造を持つ体系は厚さ方向、幅とも最低60cm程度の大きさが必要である。対向するモジュール2個の間に面的広がりを持つ中性子源を置き、周囲を十分な反射材で囲うことで、全反射仮定に近いフラックス分布をモジュール中心軸上では得ることができる。この部分を取りだし、トリチウム生成量を評価すれば発生14MeV中性子に対するTBRが実測される。

ここで必要な中性子フラックスは極めて小さい。中性子、トリチウムともに測定検出感度は高く、かつ積算的に測定可能なので、小型中性子源で十分な精度が得られる。トリチウムの流通回収を含む実用的なTBRの測定に必要なフラックスはより多いが、技術的困難は予想されない。

2-3. 予備実験

この実験概念の検証のための予備的検討として、DD放電中性子源LiPb体系ではさんだ体系での中性子分布をMCNP計算と実測で比較した。中性子フラックスの分布は、体系中でのLiPb表面でおおむね一様であり、広がりのある中性子場が実現し、測定可能であることを示した。

3. 結論

以上の一連の検討は、核融合炉の成立性において最も重要な課題の一つであるトリチウム燃料の自給可能性が、実験的に評価確認できることを示唆するものである。実際に評価を行うためにはDT中性子源と実モジュールに近い体系が必要となるが、技術的、資金的、規模的に比較的容易に構成できると考えられる。一方では、従来の点線源や原子炉照射、ITER/TBMでもTBR \sim 1領域での実験評価ができないことを考えれば、この結果は核融合炉の研究開発戦略に対しても重要な示唆を与えるものと言える。

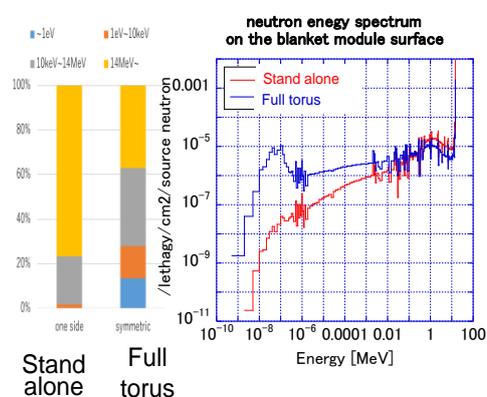


図1 独立モジュールとフルトラスのスペクトル。

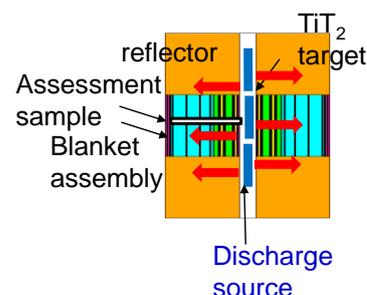


図2 中性子経済の評価実験体系。

*Satoshi Konishi¹, Ryuta Kasada¹ and Taishi Sugiyama¹

¹Kyoto University, Institute of Advanced Energy