

中性子計測を想定したプラズマ領域における中性子スペクトルの評価 —ブランケット構造が及ぼす影響—

Evaluation of neutron spectrum at plasma region for neutron measurements —Effect of blanket configuration on neutron spectrum—

岩村圭, 松浦秀明
Kei Iwamura, Hideaki Matsuura

九大院工
Kyushu Univ.

1. 緒言

核融合炉における中性子計測は、イオン温度や燃料比等プラズマ診断において重要な役割を果たす。核融合反応で発生した中性子に対し、ブランケット部で減速、発生した中性子は計測の際ノイズとなる。これまでに計測の観点から ITER を対象としてノイズを含めた中性子スペクトルの評価が行われてきた[1, 2]。ブランケット部でトリチウム生産やそれに伴う中性子の増倍が要求される原型炉以降の研究段階において、中性子スペクトルは使用する材料や冷却方法によって異なることが予想され、ブランケット構造による中性子スペクトルの違いを評価する必要がある。これまで我々は、重水素実験において発生する DT 中性子の減速スペクトルについても評価を行ってきた[3]。

本研究では、固体増殖・水冷却、LiPb、FLiBe ブランケット及び ITER における遮蔽ブランケットを想定し、ノイズを含めた中性子スペクトルの比較を行った。

2. 計算体系

中性子スペクトルの計算には、連続エネルギーモンテカルロ輸送計算コード MVP[4]を用いた。なお、今回はブランケットを構成する元素の核特性の違いによる中性子減速スペクトルの知見を得ることを目的とし、核計算のみを行った。計算体系及びブランケットモデルを図 1 に示す。計算は 3 次元体系で行い計算体系には、大半径 3500 mm、小半径 1500 mm のトーラス状のプラズマを想定し、プラズマ周囲にブランケットを設置した。中性子線源はプラズマ中心からガウス分布の DT 中性子が発生するものとした。各ブランケットは [5-8] の設計を参考にし、固体増殖ブランケットについては、トリチウム増殖材に Li_2TiO_3 、中性子増倍材に Be_{12}Ti を想定した。ブランケットはタングステン、第一壁、トリチウム増殖の層に分け、各層の内部は均質とした。構造材はフェライト鋼とし、 ${}^6\text{Li}$ 濃縮度は 90% とした。またタングステンの厚さは 0.2 mm とし、各ブランケットとも Local TBR が 1.45 となるようトリチウム増殖層の厚さを設定した。

中性子計測を想定して、図 1 に示すようにブランケットのアウトボード側赤道上的壁にほぼ垂直に入射する中性子を評価することによりノイズを含めた中性子スペクトルをブランケットごとに比較した。

3. 検討結果

上記の体系を用いて固体増殖・水冷却、LiPb、FLiBe ブランケット及び ITER における遮蔽ブランケットを想定し、ノイズを含めた中性子スペクトルの比較を行った。計算結果を図 2 に示す。

図 2 からわかるように、ITER と比較して固体増殖・水冷却、FLiBe ブランケットでは 6~12 MeV のエネルギー領域において規格化した中性子束は約 1.5~2 倍となる。これは、Be による中性子増倍の影響であると考えられる。これに対し、6 MeV 以下の領域では ITER との差はほとんど見られない。LiPb ブランケットと比較した場合、7~12 MeV のエネルギー領域では、ITER の値の約 1/2 である。これは、Pb の(n, 2n)反応により発生する中性子の内、7 MeV 以上のエネルギーを持った中性子はほとんど放出されないためであると考えられる。また、1~3 MeV の領域では ITER と比べ約 2 倍となることがわかった。

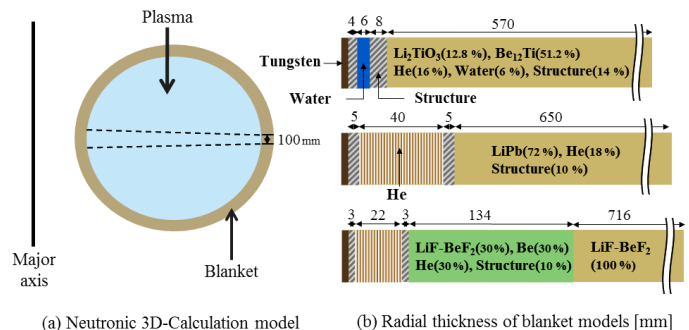


図 1 計算体系及びブランケットモデル

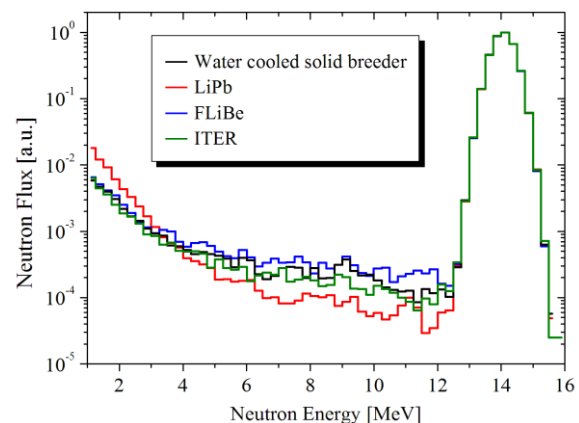


図 2 固体増殖・水冷却、LiPb、FLiBe ブランケット及び ITER 遮蔽ブランケットにおける中性子スペクトル

- [1] J. Källne, et al., Rev. Sci. Instrum. **68** (1997) 581.
- [2] F. Moro, et al., Fusion Eng. Des. **86** (2011) 1277.
- [3] H. Matsuura, et al., Plasma Fusion Res. **8** (2013) 2403064.
- [4] Y. Nagaya, et al., JAERI 1348, (2005).
- [5] K. Tobita, et al., Conceptual Design of the SlimCS Fusion DEMO Reactor, JAEA-Research 2010-019, (2010).
- [6] Y. Someya, et al., Fusion Eng. Des. **86** (2011) 2269.
- [7] I. Palermo, et al., Fusion Eng. Des. **87** (2012) 1019.
- [8] M. E. Sawan and M. Z. Youssef, Fusion Eng. Des. **81** (2006) 505.