

# 原型炉ダイバータにおける熱制御課題

星野一生

原子力機構 青森研究開発センター

原型炉設計において、ダイバータ熱制御の課題は非常に重要かつ困難な課題のひとつである。原子力機構で提案した原型炉概念SlimCSで検討されたダイバータターゲット概念（タングステンモノブロック、低放射化フェライト鋼配管、水冷却）[1]では、熱処理性能は5-7 MW/m<sup>2</sup>と評価される。プラズマ受熱面積を考慮すると、これはおよそ30MWに相当し、炉心から排出される熱（~500MW、核融合出力3 GWの場合）の90%以上を周辺・ダイバータ領域において処理する必要がある。しかし、統合ダイバータコードSONIC[2]を用いた解析では、周辺へ排出される熱の90%以上をAr不純物により放射させたとしても、ダイバータ熱負荷は16MW/m<sup>2</sup>と評価されている[3]。これは、不純物放射がダイバータの極近傍で起こっており、放射させたエネルギーがダイバータ熱負荷となってしまっているためである。また、冷却に用いる不純物ガス種やダイバータ形状についても検討を行っており、10MW/m<sup>2</sup>程度までダイバータ熱負荷を低減できることが示されている。現在、さらに熱負荷を低減させるために先進ダイバータと呼ばれる磁場配位を工夫したダイバータ概念の検討を進めているが、ダイバータ熱制御の課題解決のためには、核融合出力等の設計パラメータの変更も視野に入れる必要がある。

そこで、まずは核融合出力に着目し、ダイバータ性能に対する影響について解析を進めている。例として、核融合出力2GWの場合の結果を示す。この場合、10.5 Pa m<sup>3</sup>/sのArガスパフにより、3 GWの場合と同様に炉心から排出される熱の92%を放射させることができている。図1に示すように、外側ダイバータではストライク点近傍の電子温度は2 eV以下となり、広い範囲で非接触ダイバータプラズマが得られた。この時の外側ダイバータに沿った熱負荷分布を図2に示す。非接触ダイバータに伴い、プラズマ熱流束と不純物放射による熱負荷が低減され、トータル熱負荷はピークで6 MW/m<sup>2</sup>程度となった。つまり、現行のダイバータターゲット概念でも核融合出力を2GW以下に下げることによって運転領域が存在することが示された。

発表では、この他にもこれまでのSONICを用いた原型炉ダイバータ設計研究の結果や、原子力機構における最近の検討状況についても紹介する。

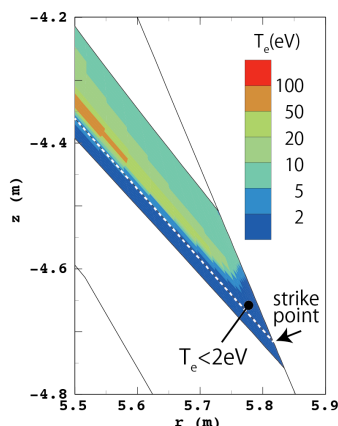


図1 外側ダイバータ近傍の電子温度分布。ストライク点近傍の広い範囲で電子温度は2eV以下になっている。

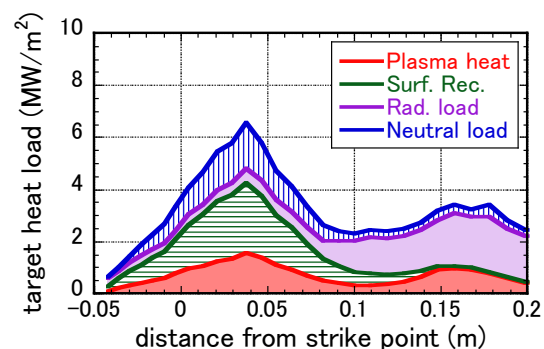


図2 外側ダイバータに沿った熱負荷。プラズマ熱流束の他に、イオンの表面再結合、不純物放射、中性粒子輸送のそれぞれに伴う熱負荷を積み上げて示している。

## 参考文献

- [1] K. Tobita, *et al.*, Nucl. Fusion **49**, 075029 (2009).
- [2] K. Shimizu, *et al.*, Nucl. Fusion **49**, 065028 (2009).
- [3] N. Asakura, *et al.*, Nucl. Fusion **53**, 123013 (2013).