

原型炉におけるダイバータ問題の解決へ向けて

原子力機構 飛田健次

ダイバータは物理と工学を両輪として成り立つものであるが、それぞれについて粒子と熱の両面の問題が絡み合っているところにこの問題の難しさがある。しかも、原型炉になると物理と工学はそれぞれの極限で取り合うことになる。このような要求の高さと比し現状技術は”immature”と認めざるをえないのだが、それ以前に原型炉へ向けたダイバータの考え方については方向どの程度明確になっているか心許ない。

図1は、ITERの延長上にあるダイバータ板の概念であるが、原型炉での冷却管の材料は耐中性子照射の観点から低放射化フェライト鋼（熱伝導率はCu合金の1/10）に限定されるため、配管厚1mmの場合ですら、熱流束は6 MW/m²程度が上限になる。SOLへの熱流束がITERの数倍であるにも拘わらずダイバータ板への熱流束はその半分でないといけない（ITERの熱流束設計値は10 MW/m²）。腐食による減肉の考慮して配管厚を2倍(2 mm)にすれば、熱流束は3 MW/m²にまで下がる。したがって、プラズマの設計ではダイバータへの熱流束を大幅に低減する必要があり、炉心プラズマからの放射促進によってSOLへの熱流入を低下させるだけでなく、ダイバータ室での相当量の放射冷却が不可欠になる。また、ダイバータ板での物理スパッタリングを抑制するためには、ダイバータプラズマ温度<10 eVとする必要があり、完全デタッチプラズマの安定維持が求められる。このようなダイバータプラズマの成立性確認のためシミュレーション研究が進められているが、その先にも出口があるかどうか現時点では定かではない。

以上は、既定路線に沿ったアプローチであるが、ダイバータ問題の打開のためには選択肢を広げていく必要がある。Super X ダイバータや snowflake ダイバータはその選択肢となりうるもので、これまでは専らプラズマの立場から研究されてきたが、炉システム、炉工学の視点から成立性検討に取り組む必要がある。一方、ダイバータ除熱技術についても、運転中の長期健全性を担保できるような概念の再構築が必要であり、この進展如何では物理と工学の取合い条件（特に、熱流束条件）も変わってくると考えられる。

本講演では、炉設計のアプローチを紹介しながら、ダイバータの問題が原型炉実現のためにいかに重大かについて考えてみたい。

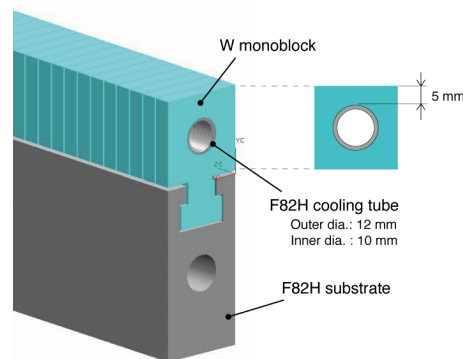


図1. 原型炉 SlimCS のダイバータ概念