

長時間放電での燃料粒子バランスにおける壁の影響

Effect of plasma facing wall on fuel particle balance in long duration discharges

花田和明¹⁾, 吉田直亮¹⁾, 長谷川真¹⁾, 畑山明聖²⁾, 岡本浩輔²⁾, 高木郁二³⁾, 平田貴大³⁾, 大矢恭久⁴⁾, 宮本光貴⁵⁾, 大宅諒⁶⁾, 四竈泰一³⁾, 出射浩¹⁾, 永島芳彦¹⁾, 中村一男¹⁾, 渡辺理⁷⁾, 恩地拓己¹⁾, 渡辺英雄¹⁾, 徳永和俊¹⁾, 東島亜紀¹⁾, 川崎昌二¹⁾, 中島寿年¹⁾, 永田貴大¹⁾, 島袋瞬¹⁾, 高瀬雄一⁷⁾, 村上 定義³⁾

Kazuaki Hanada, Naoaki Yoshida, Makoto Hasegawa, Akiyoshi Hatayama, Kosuke Okamoto, et al.

(1)九大応力研, 2)慶大理工, 3)京大工, 4)静大院, 5)島大総理工, 6)九大総理工, 7)東大新領域
1) RIAM Kyushu Univ., 2) Keio Univ., 3) Kyoto Univ., 4) Shizuoka Univ., 5) Shimane Univ.,
6) IGSES Kyushu Univ., 7) Univ. of Tokyo

1. 背景

国際熱核融合実験炉(ITER)では実験開始当初から高熱負荷領域にはタングステン(W)、それ以外ではベリリウム(Be)が採用され、研究の方向性が従来の静的吸蔵が支配的な壁から動的吸蔵へと変化している。結果として高水素リサイクリング状態に短時間で達し、プラズマ閉じ込めに影響を与える等のプラズマに対する壁の影響が報告されている。

2. 実験装置

プラズマ対向壁がすべて金属製 (Wモノブロック、大気プラズマスプレータングステン (APS-W) とSUS316L) の球状トカマクQUESTでは、高温プラズマの長時間運転を実現するため、燃料粒子バランスを制御するための高温壁 (温度制御範囲500°C~100°C) を設置している。2016年度には水素リサイクリングの制御に成功し、1時間55分の放電に成功した [1]。プラズマ暴露材料に対して実施した微視的観測は母材表面を覆っている再堆積層が粒子バランスに重大な影響を与える可能性を示唆しており、母材と再堆積層間に水素の輸送を抑制するバリア効果があることを取り込んだ水素バリアモデルにより壁吸蔵粒子数の時間変化をモデル化することに成功した。一方、壁モデルがプラズマを含む粒子バランスに与える影響についてはこれまであまり調べられておらず、今回はプラズマを含めた簡易モデルで壁のプラズマへの影響を調べることにした。

3. 計算方法と結果

プラズマ、真空領域 (プラズマとの相互作用は存在せず、中性粒子のみが滞留する領域)、壁の3つの領域に分けることとした。壁については2種類のモデルを採用した。一つはQUESTで提案している水素バリアモデル、もう一つは

完全反射モデルである。図1に計算結果を示す。計算のパラメータはQUESTで得られた1時間55分の放電に合わせてあるが、密度の反応を確認するため、供給束を1000秒で半分になっている。

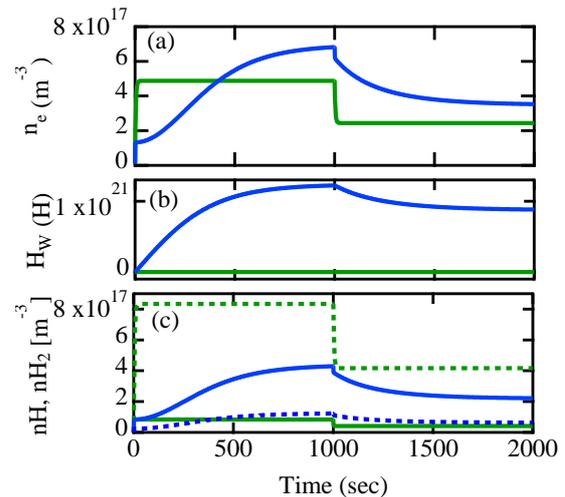


図1 モデル計算結果 (a) 電子密度、(b)壁吸蔵水素原子数、(c)真空領域での水素分子密度 (実線)、水素原子密度 (点線)。青線は水素バリアモデル、緑線は完全反射モデルでの計算。

この計算では、壁モデルによって定常状態で達成される密度が異なっている。これは壁から放出される水素が、水素バリアモデルでは分子で、完全反射モデルでは原子で真空領域に滞留し (図1 (c))、プラズマ内に侵入することで水素イオンとの荷電交換率が分子と原子で異なることから生じている。このような効果が実際の核融合炉での粒子バランスに影響するかどうかは今後の検討課題である。

参考文献

[1] K. Hanada et al Nucl. Fusion 57 (2017) 126061