

## 重相構造プラズマにおけるシース挙動のPICシミュレーション PIC simulation of sheath dynamics during vapor shielding

伊庭野 健造<sup>1</sup> Lee Heun Tae<sup>1</sup> 上田 良夫<sup>1</sup>  
Kenzo IBANO<sup>1</sup>, Heun Tae LEE<sup>1</sup>, Yoshio UEDA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>阪大工  
<sup>1</sup>Osaka Univ.

### 1. はじめに

過渡的なプラズマ負荷が炉壁に流入すると、急激な温度上昇に伴って金属壁表面の熔融、蒸発が引き起こされる。すると、壁面近傍において、固相、液相、気相、プラズマ相が相互に影響を及ぼす重相構造プラズマが形成される。重相構造プラズマにおいては衝突や放射冷却など多種の物理現象が起き、プラズマのエネルギーを散逸する。結果的に、壁面へ流入する熱を減少させる効果があり、ベーパーシールドと呼ばれる。

本研究では、壁面近傍におけるベーパーシールド現象におけるシースの役割に注目し、重み付きPICコードPIXYを用いてシミュレーションを行った。衝突や放射冷却など、それぞれの物理過程がシース挙動・ベーパーシールドに与える影響を評価した。また、得られた損耗レートから、壁材料の寿命評価を行った。

### 2. シミュレーション手法

空間1次元速度3次元のPICコードを用いて、磁力線が壁面に対し6°の角度で斜行する系において計算を行った。低温高密度(<10 eV,  $10^{20}\text{m}^{-3}$ )の定常プラズマに対し、過渡的に高温プラズマ(~1 keV,  $10^{19}\text{m}^{-3}$ )が流入した際のシース電位の変動や、壁面に流入する熱負荷を評価した。熱負荷は、壁面に流入するPIC超粒子の時間当たりの総エネルギー量の総和から求めた。中性粒子による放射冷却、またイオン-中性粒子間衝突をそれぞれ考慮した場合にシース挙動に与える影響について評価した。

### 3. 結果と考察

Be壁面近傍における電位の変動について図1に示す。100  $\mu$  秒の地点で高温プラズマが導入されている。壁面に電子が到達し、電位が上昇するが、以降電子が減速され、ポテンシャルが

定常値に落ち着いている様子がわかる。放射冷却のみを考慮した計算では、電子の冷却は起こるが、イオンは壁面に流入することから電子シースとなり、負のポテンシャルが表れている。また、放射冷却と衝突を考慮した場合はシース電位が消失している。このとき、壁面への流入が電子・イオン共に抑制されていることが分かった。

また過渡プラズマ負荷による流入熱負荷を0.5 MJ/m<sup>2</sup>-3.5MJ/m<sup>2</sup>まで変化させ、W壁面における損耗量についても評価した。得られた結果を過去の文献と比較すると、定性的な一致が見られ、10mm厚のWアーマー壁は<1 MJ/m<sup>2</sup>の熱負荷に対して10<sup>7</sup>回は耐えるが、~2 MJ/m<sup>2</sup>の熱負荷にはベーパーシールド効果を加味しても10<sup>4</sup>回程程度の寿命となることが示唆された。

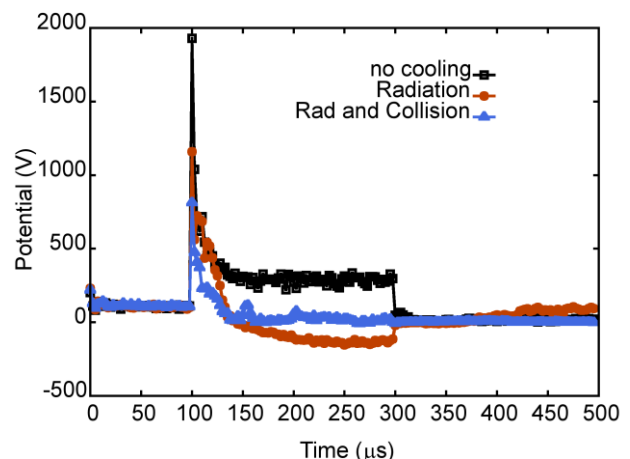


図1 : PIXYコードで計算されたBe壁に1 keV, 3 GW/m<sup>2</sup>の過渡プラズマが流入した際の壁面近傍におけるポテンシャルの変動