

## 核融合研究に必要なプラズマ・標的材相互作用データの半経験式

総合情報研究科 シミュレーション科学専攻 小野 真理、小野 忠良(小野研究室)  
同志社大学生命医科学部 剣持貴弘  
核融合研究所 川村孝弐

Keywords: シミュレーション、モンテ・カルロ法、プラズマ・表面相互作用、核融合

---

### 1. 研究目的

熱核融合炉では、炉心から出てくる高温で高流束のプラズマイオンがダイバータ板に流入し、板の構成原子がスパッタされる。スパッタ原子が炉心へ進入すると、放射により炉心のエネルギーが奪われ、炉の成立条件が厳しくなるので進入を低減する必要がある。炉心とダイバータ板の間にある薄い低温プラズマはスパッタ原子の進入を防ぐという遮蔽効果をもつが、それはスパッタ収率、スパッタ原子のエネルギーや射出方向に依存する。スパッタ収率は入射イオンの入射角にも依存する。スパッタリングデータは膨大な量になるため計算機で利用する場合、扱いにくい。従って、物理的に意味のある簡潔な式でデータを表わすことは核融合研究にとって大変有益である。以下では、スパッタ収率の入射角依存性を示す拡張半経験式とスパッタ原子のエネルギー分布を示す半経験式を紹介する。

### 2. 結果と考察

スパッタ収率の入射角依存性を表わす半経験式を得るのに必要なデータとして、入射イオンと標的原子の衝突を二体衝突で近似するモンテ・カルロ法コード(ACAT)を用いてスパッタ収率を計算した。入射イオンとして軽イオン(H, D, T, He, Li など)、標的材として高Z原子と炉壁アーマ候補材の原子などの組み合わせに対し、入射エネルギー  $E$  のイオンを広範な角度で入射させ、また、 $E$  を変えて同様の計算を繰り返した。

スパッタ収率の入射角依存性を示す半経験式として山村の式が知られているが、その式は入射エネルギーの関数とはなっていない。我々は上記 ACAT データを使ってその半経験式を  $E$  の関数となるように拡張した。この拡張式は  $E \sim 50 \sim 1$  keV で ACAT による入射角依存性のデータを精度よく良く再現できることが分った。

低温プラズマに対応する低エネルギー軽イオン入射に対するスパッタ原子のエネルギー分布を示す半経験式を、固体内での少数回衝突を仮定した反跳原子の輸送方程式から導出した。50 eV ~ 1 keV の D イオンを鉄の標的材に照射した場合の ACAT による規格化エネルギー分布とこの半経験式を比較した。50 eV では、0.5 eV 付近で一致がやや良くないが、他のエネルギーでは良く一致する。別の入射エネルギーの場合もこの半経験式はデータをよく再現することが分った。このことから、他の軽イオンと高Z材の組み合わせについても同じような結果が得られることが期待できる。