

ヘリカルプラズマにおけるイオン密度と静電ポテンシャルの変異にもたらすグローバル効果の影響

総合研究大学院大学 核融合科学専攻 藤田慶二

核融合科学研究所の大型ヘリカル装置 (LHD) において、不純物ホールと呼ばれる従来の新古典輸送理論の予測に反する不純物イオンのコアからの吐き出し現象が観測されて以来、その現象を説明するためにいくつもの試みがなされている。その一つが、静電ポテンシャルの磁気面上での変異、いわゆる Φ_1 ポテンシャルの影響を新古典輸送計算に入れることであるが、これまでの研究では磁気ドリフトの効果を無視したローカル近似のドリフト運動論モデルによる計算しか行われていなかった。しかし一部の先行研究では、 Φ_1 の評価を含め、不純物新古典輸送の計算にはグローバルなドリフト運動の影響を調べる必要があることが指摘されている。したがって本研究では、グローバルな新古典輸送シミュレーションコード FORTEC-3D を用いて、初のグローバル効果を含めた計算により Φ_1 を評価した。その結果、不純物ホールが観測される条件下では、ローカルモデルとグローバルモデルでの Φ_1 分布に著しい違いが見られることが示された。具体的には、不純物ホールを想定した低衝突プラズマでの計算では、グローバルモデルで磁気ドリフトの効果が加わると、磁気面上の Φ_1 分布の位相がローカル計算の結果から反転するような変化が見られた。これに対し、衝突周波数が高いプラズマでも磁気ドリフトの有無によって違いは生じたが、このような劇的な変化は見られなかった。径電場を両極性条件から人為的に変化させたところ、ローカルモデルでも径電場の符号が負から正に反転するのに伴い、 Φ_1 の位相が反転することが確認されたが、位相が反転するパラメータ領域が、ローカル計算では径電場が 0 のところであったが、グローバル計算では径電場が負の側にずれることが確認された。つまり、グローバルモデルの結果は、磁気ドリフトによる磁気面接線方向のドリフト効果を打ち消す分だけ径電場による $E \times B$ ドリフトに対する Φ_1 の応答がオフセットしたものと解釈できる。今回計算した Φ_1 ポテンシャルを用いた不純物イオンの新古典輸送の計算は今後の課題になるが、グローバルモデルの計算では、 Φ_1 分布自体のローカル近似計算からの違いによる影響だけではなく、バルク水素の計算と同様に磁気ドリフトを含めたガイディングセンター軌道の効果によって生じる不純物イオン分布関数の違いに起因する新古典輸送の差異も生じうることを本研究の結果は示唆しており、不純物ホール現象の新古典輸送解析を行う上で、より厳密なグローバルモデルを用いることの重要性が示された。