

準二次元プラズマ乱流と核融合

ー自己組織化、渦の非対称性、カスケード領域の分離とゾーナルフローの生成、核融合装置への応用ー

大阪大学名誉教授 長谷川晃

講演要旨：ドリフト波不安定などによって励起されるプラズマの準二次元乱流はその特異性（エネルギーとエンストロフィーの2個の保存量を持つ）からエネルギースペクトルの逆カスケード（乱流スペクトルが長波長方向に流れる）を誘発し、帯状流の発生など様々な自己組織化現象を引き起こす。この現象を詳細に調べると、中心の電荷が正（負）の渦は遠心力（求心力）によって時間と共に拡大（縮小）するという渦のダイナミックスの非対称性がエネルギーとエンストロフィーの二重カスケードを引き起こす原因であることがわかる。更に円筒プラズマでは中心（縁）付近で正の渦（負の渦）が発生し、これらの領域を分かつポテンシャルゼロの境界面が作られ、これが円周方向の帯状流を生み出していることもわかる。近年この帯状流がプラズマのエネルギー閉じ込めに関わっていることが示されて来た。しかし、乱流の逆カスケードが帯状流を作っているのであれば、長波長に集まるエネルギーを常に取り除かないと自己組織化した帯状流を安定に維持することはできない。さすれば、自己組織化で作られた帯状流はプラズマのエネルギーを閉じ込めているのではなく、プラズマの圧力プロファイルを閉じ込めていることになる。すなわち自己組織化は

$$(\partial p / \partial \psi < 0)$$

なる状態、すなわちネグントロピー状態を維持する役目を果していることになる。実際Tokamakの定常運転は中性子ビームやRFに依る加熱を継続的に行なっているため、エネルギーは閉じこもっていない。閉じこもっているのはネグントロピーである。核融合反応を定常的に持続するためには装置はエネルギー増幅器であればいいわけだから、エネルギー閉じ込めは不要であり、必要なのは上記のネグントロピー、すなわち、プラズマの圧力プロファイルの閉じ込めなのだ。ローソン条件はエネルギー閉じ込め時間ではなく、ネグントロピー閉じ込め時間で再定義する必要があるだろう。