S3-6

核融合システムにおける４相間エネルギー輸送の理解
<高磁場下での固相−液相乱流間エネルギー輸送>
Energy Transfer between Solid and Liquid Phases under Strong Magnetic Field

横峯健彦
Takehiko YOKOMINE

京都大, Kyoto Univ.

1. 強磁場下自由表面乱流における相間熱･物質移行ダイナミクス

核融合炉で考えられる液体壁の成立には、液体金属自由表面流を介するプラズマ－固体壁間熱･物質移行の把握が必須となる。この場合、核融合炉特有の強磁場による乱流渦自己組織化のみならず、異相界面変形に伴う液体内乱流構造変調など、熱・物質移行に対して個別に強いインパクトが互いに強い相関を持ち、各インパクトに関する既存の物理モデルの足し算では熱・物質移行ダイナミクスを記述できない。さらに、プラズマからの強入熱に伴い流体に導入される変動は、流体の時空間スケールとは大きく異なり、4 相間統合物理モデリングをさらに困難とする。（図 1）

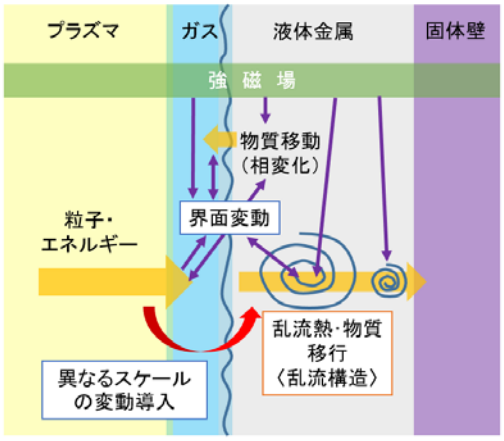

図 1　核融合炉流体壁を介した熱・物資移行

2. 外部条件（異相界面）影響化における乱流階層構造と MHD インタラクションの解明と物理モデリング

近年高レイノルズ数領域での大規模構造（large-scale structures）に関する物理機構及び工学的役割（制御・熱物質輸送効果）に関する注目が集まっている。この大規模構造は、外的境界条件（例えば、境界層厚及び相界面）の影響を受け組織的な空間構造を形成する。非磁場下の液体金属境界層内では、相似性（多重階層性）を有する乱流構造を構成することが判明している。一方磁場下では、大規模構造への磁場の影響及び微細構造へのカスケード・逆カスケード的相互作用が予測されるが、詳細な研究例はほとんど存在しない。この原因は、多重構造性といった空間スケールのスペクトルの広さに加え、磁場下といった特殊条件での実験的計測が極めて困難であることが挙げられる。

このような磁場下での大規模乱流構造は、液体壁において、熱輸送及び物質輸送に多大な影響を及ぼすことが予想されるため、その機構論的現象解明と物理モデリングは工学上も重要となっている。

3. 液体金属壁の成立可能性

物理モデルの発展として、モデル構築で得られた知見を用いて、核融合システム成立のために最もクリティカルな課題である熱制御に対し、ブレークスルーが期待されている液体金属壁概念の可能性を明らかにする。

中性子損傷、高熱流束環境に適用できる液体金属ダイバータはこれまでも検討されてきたが、構造物上に液体金属による流体壁を形成することを考えた場合、高エネルギー中性子損傷から構造物を保護する観点から考えると、かなりの厚さの流体壁が必要となる。また、プラズマからの高熱流束により、局所的に液体壁表面温度が上昇し、プラズマに対する不純物侵入が増えることが懸念されるため、乱流渦によって液体金属内混合を促進し、表面温度を低下させることが重要となる。講演では、徐熱促進法および多重液体壁の概念について説明する。