中間流領域における中性ガス圧力分布計算手法の開発

Development of a Calculation Method for Neutral Gas Pressure Distribution in Intermediate Flow

*矢ヶ崎 誇楠，岡本 敦，藤田 隆明，杉本 みなみ，樋口 舜也，小池 宗生，馬 洋一
名古屋大学

分子流と粘性流の狭間の領域である中間流は原型炉ダイバータで想定される流れ領域である一方，コンダクタンスが圧力に非線型に依存しており，圧力分布計算への線型解法の適用が困難であった。本研究では，中間流における圧力分布を高速かつ平易に計算する手法を新規に考案した。

キーワード：中間流，中性ガス圧力，ダイバータ，非接触プラズマ，原型炉

1. 緒言

ダイバータ排気経路の検討は原型炉設計アクションプランの 1 つであるが[1]，この経路における流れとしては中間流が想定されている。本グループで開始された直線型 ECR プラズマ実験装置 NUMBER を用いたダイバータ模擬実験においては，実験の圧力領域では中性粒子流れが中間流となる。分子流と粘性流の狭間に存在する流れ領域である中間流におけるコンダクタンスは非線型な圧力依存性を有し，圧力分布の計算にはモンテカルロ・シミュレーション等を適用する大規模な計算が必須であった。本研究では，中間流における高速な圧力分布計算手法を新規に考案し，実験装置における実測結果と比較してその妥当性を検証した。

2. 計算

図は考案した計算プログラムの計算フローの概略である。コンダクタンスが圧力に依存しない分子流の場合，真空容器内の圧力分布は流量とコンダクタンスを決定することで線型解法から求めることができる。中間流におけるコンダクタンス C_{med} は分子流および粘性流のコンダクタンスの和で近似的に得られることを利用し，両領域のコンダクタンスを計算して C_{med} の近似値を求め，圧力分布を計算する。得られた圧力分布をコンダクタンスの粘性流項に代入して C_{med} の値を更新し，再び圧力分布を計算する。この過程を十分な回数繰り返して計算することでコンダクタンスが最適化され，中間流における圧力分布を得ることができる。この手法で，圧力の変化に伴って分子流から中間流，粘性流へと遷移していくような計算結果を得ることができた。

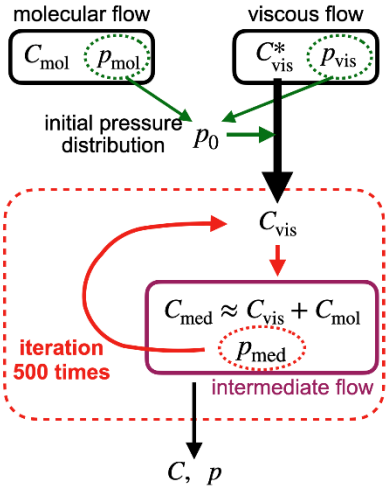

図　中間流領域における圧力分布計算プログラムの計算フロー

この計算手法の妥当性を，実験装置 NUMBER における圧力実測の結果と比較して検証した。細長い真空容器の一端から様々な流量でガスを注入，他端から排気を行い，その中間で圧力を計測した。計算条件として NUMBER の真空容器形状を設定し， H_2 および He の 2 種類のガスについて計算し，実測とよく一致した圧力が得られた。

3. 結論

中間流領域において，分子流の場合における線型解法を発展させた，高速な圧力分布計算を実現した。正しくコンダクタンスを評価できれば任意の容器形状・任意の流れに対して圧力分布計算が可能であるため，本手法のダイバータ排気経路における圧力分布計算への応用が期待できる。

謝辞

本研究は，JSPS 科研費 JP19H01869 および日比科学技術振興財団の助成を受けたものである。

参考文献

[1] K. Okano, *et al.*, Fusion Eng. Des. **136** (2018) 183-189

*Konan Yagasaki, Atsushi Okamoto, Takaaki Fujita, Minami Sugimoto, Shunya Higuchi, Muneo Koike, Yangyi Ma
Nagoya Univ.