

複雑な流動・輸送現象の解明・予測・制御に向けた新しい流体科学
2021 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書

小林 一道

北海道大学 大学院工学研究院
准教授

間の分子流体力学

§ 1. 研究成果の概要

1. Enskog-Vlasov 方程式を用いた多成分系の非平衡蒸発・凝縮問題の解析

多成分系に拡張した Enskog-Vlasov 方程式を用いて、異なる温度を持つ二液膜問題について数値解析を行った。液膜に接している気体は凝縮性気体(蒸気)分子と非凝縮性気体分子から構成されている混合気体である。この解析の結果、蒸発界面・凝縮界面どちらにおいても、気体中の非凝縮性気体の分子数が増えるほど、凝縮性気体分子の蒸発確率や凝縮確率を表す蒸発係数および凝縮係数の値が小さくなった。また、気体単成分系の場合と同様に、これら係数の値は温度の関数であることを確認した¹⁾。

2. 分子動力学法を用いた多成分系の非平衡蒸発問題の解析

凝縮性気体と非凝縮性気体からなる混合気体に接した液体の蒸発現象について、非平衡分子動力学解析を行った。その結果、前述の1で示した研究結果と同様に、気体中の非凝縮性気体の分子数が増えるほど、凝縮性気体の蒸発係数の値が小さくなることを確認した。また、気液界面近傍領域の分子群の振る舞いを解析することで、気体分子間衝突が蒸発係数の値を減少させる要因となることが明らかとなった。更に、この分子動力学計算結果より、Enskog-Vlasov 方程式解析の検証を行うことができた²⁾。

3. Enskog-Vlasov 方程式解析や分子動力学解析を用いた非平衡気液界面物理現象の解明

1や2で構築した計算手法や知見を基に、様々な非平衡気液界面物理現象の解析を行った。本年度は (i)混合気体を挟んだ高速液膜衝突問題に関する数値解析(Enskog-Vlasov 方程式)、(ii) 壁と液体に挟まれた希薄気体の Couette 流れに関する数値解析(分子動力学)、(iii) 気液界面を急峻に加熱した際の蒸発現象に関する数値解析(分子動力学)、の研究を行った。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Mean-field kinetic theory analysis of vapor flow between evaporating and condensing interfaces in the presence of non-condensable gas molecules”, *Physics of Fluids*, vol. 33, 122017, 2021
- 2) “Molecular dynamics simulation of evaporation coefficient of vapor molecules during steady net evaporation in binary mixture system”, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 188, 122663, 2022