

EHD 管内流れの定式化と数値解析

西田 修三*・佐藤 正毅**

Formulation and Simulation for an EHD Pipe Flow

Shuzo NISHIDA and Masaki SATO

Abstract

A dielectric liquid flow in a close pipe has been found experimentally by applying a high voltage to simple shape electrodes. As the first step of the numerical simulation for making clear the mechanism of this pipe flow, we derive governing equations of the EHD field, and discuss problems for applying the equations to this EHD pipe flow by estimating an electric force term.

1. はじめに

佐藤ら^{1,2)}は、ヒートパイプによる熱輸送の制御と大容量化、さらに、低コスト化を図るために、電気流体力学 (EHD) の分野で見いだされた液体ジェット現象³⁾をパイプ内に実現し、その流動特性に関する一連の基礎実験を行ってきた。その結果、単純な電極構成にもかかわらず、電歪力に起因すると考えられるかなりの流動が見られ、ヒートパイプ凝縮液の駆動・制御への応用・実用化が十分可能であることがわかった。

しかし、その流動メカニズムの詳細は実験装置の制約から、十分に解明されるに至っていない。そこで、本報では、電歪力に起因する流動の詳細を数値実験により再現し、その機構を解明するとともに、実用化にむけての電極形状やその最適配置を決定するための第一歩として、EHD 管内流れの支配方程式の導出とその数値解析法、さらに、その問題点について述べる。

2. 支配方程式

EHD 流れにおける基礎方程式は、流体力学からの質量、運動量、エネルギーの各保存則、及び、電磁気学からの電界系の Maxwell 方程式により構成される。

$$\nabla \cdot \mathbf{V} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + (\mathbf{V} \cdot \nabla) \mathbf{V} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \Delta \mathbf{V} + \mathbf{f} \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + (\mathbf{V} \cdot \nabla) T = \chi \Delta T \quad (3)$$

$$\nabla \cdot \varepsilon \mathbf{E} = \rho_e \quad (4)$$

$$\frac{\partial \rho_e}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{i} = 0 \quad (5)$$

$$\mathbf{i} = \rho_e \mathbf{V} + \sigma_e \mathbf{E} \quad (6)$$

$$\mathbf{E} = -\nabla \phi_e \quad (7)$$

ただし、流体は非圧縮性流体とし、また、エネルギーに関しては温度 T を用いジュール及び粘性散逸は無視している。ここに、 ρ , \mathbf{V} , p , ρ_e , \mathbf{i} , ε , σ , \mathbf{E} , ϕ_e は、それぞれ流体の密度、流速ベクトル、圧力、電荷密度、電流密度、誘電率、導電率、電界ベクトル、静電ポテンシャルである。また、 \mathbf{f} は外力項で、密度の不均一に起因する浮力項 \mathbf{f}_b と電場に起因する電気力項 \mathbf{f}_e

平成3年10月15日受理

* 土木工学科助教授

** 電気工学科教授