

## 別紙1 (博士論文の審査結果の要旨)

専攻名 システム創成科学専攻

氏名 Md. Hasanuzzaman

壁面上の液膜流は、発電所のボイラや復水器、冷凍機の蒸発器や凝縮器、化学プラントの蒸留塔、また塗装や皮膜形成その他さまざまな製造プロセスなど、工業的に広く利用されている。また、壁面の濡れ性を高める目的などで壁面に多孔質体が形成され、その内部や上部を液膜が流れる現象も多くみられる。

本研究は、そのような液膜流に関し、数値計算法を適用した研究、また数学的な解析法を用いた研究を行い、液膜流の流動や熱伝達、物質伝達の特性に関して詳細な知見を得ている。

第1章では、研究の背景が説明されるとともに、関連する過去の研究論文のレビューが詳細に行われている。本研究では、数値計算と理論解析の異なる手法を用いるため、それぞれについて基礎的な内容から先端的な内容までを説明している。

第2章では、独自に開発した数値計算プログラムを用いて、液膜表面に波が発生する波状流下液膜の計算が行われている。計算は傾斜した多孔質壁面を流下する波状液膜を対象とし、多孔質内の液の流れは Darcy の法則を適用して計算している。平滑面を流下する波状液膜に観察される孤立波前方の表面張力波が多孔質壁を流下する液膜で現れないことなど、多孔質壁による表面波への影響が示されるとともに、多孔質壁内を含む流れ全体の速度分布から流動特性を考察している。多孔質体内部の速度は遅くなり、壁面でのせん断力に影響が表れるが、気液界面近くの速度の大きさは平滑面上の液膜流と一致する。

第3章では、第2章で取り扱った波状液膜流が壁面から加熱、または冷却される場合の特性を示している。

第4章では、鉛直な薄い多孔質壁面を蒸発しながら流下する層流液膜に関して、相似解を用いた解析

が行われている。現象を簡易化した物理モデルを示し、連立偏微分方程式で表される支配方程式を相似変数を用いて常微分方程式に相似変換する手法が詳細に説明されている。常微分方程式を数値的に計算した結果から、Froude 数や Darcy 数、Prandtl 数、Lewis 数が速度分布や温度分布、濃度分布に及ぼす影響を詳細に考察している。例えば、Darcy 数が小さくなると速度が遅くなり、それによって壁面での温度勾配が小さくなる流れ場と温度場の両方に作用する効果などが示されている。

第5章では、多孔質内で発熱や吸熱がある場合について、第4章と同様に相似変換を用いた解析が行われている。Froude 数や Darcy 数、Prandtl 数の影響に加え、発熱または吸熱による温度分布の変化を詳細に示している。

第6章では、スロットから多孔質壁が引き伸ばされながら移動する場合の流れと熱および物質移動が取り扱われている。ここでも相似変換が有効に適用され、境界層内の流れ場および温度場の解析が行われている。ここでは、温度や濃度変化による密度変化が流れ場に及ぼす影響が加えられており、エネルギー式にはふく射伝熱の項も加えられ、熱伝達および物質伝達の特性が詳細に示されている。

第7章では、本研究で取り扱った液膜流の解析結果の総括が行われると共に、今後の研究課題、方向性に関する提言を行っている。

本研究で得られた成果は、独創的な新しい結果を含んでおり、工業的に広く応用できるものである。

平成31年2月1日に実施した博士論文公聴会では、これらの内容が分かりやすく丁寧に説明され、質問に対しても適切な回答がなされた。なお、本研究の内容は4件の査読付き Journal 論文に掲載されるとともに、2件の国際会議で発表されている。

以上のことより、本論文は博士(工学)の学位を授与するに値すると判断され、審査員全員の一致で合格と判定された。