

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	立方キャビティー内のジュール加熱流れに関する研究
Title(English)	Study on Joule-heating flow in a cubic cavity
著者(和文)	ズン タン トウン
Author(English)	DUONG Thanh Tung
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9800号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:木倉 宏成,竹下 健二,赤塚 洋,加藤 之貴,筒井 広明
Citation(English)	Degree; Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9800号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		DUONG Thanh Tung	
		氏 名	職 名		氏 名	職 名
論文審査 審査員	主査	木倉 宏成	准教授	審査員	筒井 広明	准教授
	審査員	竹下 健二	教授			
		赤塚 洋	准教授			
		加藤 之貴	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Study on Joule-heating flow in a cubic cavity (正方キャビティにおけるジュール加熱流に関する研究)」と題し、6 章より構成されている。

第 1 章「Introduction」では、原子力事業の再処理過程に関して、ガラス固化体を作成するガラス溶融炉の運転が、トラブルの発生により効率良く運転されない場合があることを述べ、その再処理過程全体を効率良く進めるためには、ガラス溶融炉内でのトラブルの原因を解明することが必要であり、そのためにはガラス溶融炉内の流動挙動を模擬し予測できる数値解析コードの開発が不可欠であることを述べている。一方、当該のガラス溶融炉には白金族粒子沈降などの諸現象が発生しており、これらの諸現象を概観した上で、諸現象の影響を一度に検証することは困難であることを示し、ガラス溶融炉内の諸現象のうち、特にジュール加熱による流動挙動への影響が、ガラス溶融炉内の流動予測には重要であることを示している。また、単純な正方キャビティを用いれば、形状効果を除いた研究が可能である事を示している。そして研究対象の単純化を用いながら、実炉で用いているジュール加熱が炉内の流動挙動に与える影響を数値解析的かつ実験的に解明できることを明らかにし、本研究の位置づけ、意義および目的を述べている。

第 2 章「Experimental investigation of Joule-heating flow in a cubic cavity using glycerol-water solution」では、ジュール加熱流の流動特性として、プラントル数が実炉で用いている溶融ガラスに比較的近いグリセリン水溶液を用いて正方キャビティ内流動を実験的に解明すると共に、流動計測手法として超音波流速分布計測法に着目してその特性を明らかにしている。超音波流速分布計測法は、その計測線上の音速分布により超音波の拡がり具合に影響が出るなど、作動流体中の音速分布が計測精度に影響を及ぼす可能性があるため、本実験条件で音速分布を理論的に計算し、温度分布による音速への影響が小さいことを示すことにより、超音波計測における温度分布の影響は小さいことを明らかにしている。また、グリセリン水溶液のジュール加熱流に対して、超音波流速分布計測法が時空間計測に適していることを示し、超音波流速分布計測法を用いた長時間計測によりジュール加熱流の特性を求める計測手法を明らかにしている。

第 3 章「Numerical simulation of Joule-heating flow for glycerol-water solution」では、グリセリン水溶液と正方キャビティを用いた体系に対して、有限要素法の数値計算コードである GSMAC-FEM (Generalized Simplified Mark and Cell - Finite Element Method)を用いた数値解析に関して示している。GSMAC-FEM は流れ場・温度場・電磁場を強連成にて解析可能であり、ジュール加熱流のように電磁場が流れに影響を及ぼす可能性のある条件において流動挙動を解析することに優れていることを明らかにしている。そして GSMAC-FEM の支配方程式が本研究の目的に対し妥当であることを示し、また、GSMAC-FEM を用いて前章の実験条件を再現した計算条件において行った数値解析の結果を示している。実験結果と数値解析結果を比較して、ジュール加熱流において発生した下降流の周波数解析から両者の傾向が一致することを示し、ジュール加熱流の研究において GSMAC-FEM を用いた数値解析の有効性を明らかにしている。

第 4 章「Boundary condition effect on the Joule-heating flow behavior」では、実験および計算の境界条件を、非常に単純なものから、より実炉条件に近いものに対応させ、それぞれの条件における流動挙動の GSMAC-FEM による数値解析精度に関して明らかにしている。電極の溶融を避けるために電極面を冷却することが実炉では行われているが、電極冷却により下降流の到達範囲が変化すること、また、上面の冷却範囲が変わると下降流とその逆流である上昇流の挙動が変化することを明らかにしている。

第 5 章「Numerical investigation of molten glass in a cubic cavity」では、前章までに妥当性が確認された GSMAC-FEM による数値解析を用いて、実炉を正方キャビティで模擬し、作動流体を溶融ガラスとした条件において数値解析を行い、作動流体を溶融ガラスとした場合においても、グリセリン水溶液を用いた場合と同様な流動挙動が見られること、また、溶融ガラスにおいては電磁場が流動挙動に影響を及ぼす可能性があることを示し、本計算手法の有用性を明らかにしている。

第 6 章「Conclusion」では、各章において得られた成果を要約し、結論としてまとめている。

これを要するに、本論文は再処理過程におけるガラス溶融炉の流動挙動解析に関して、実験に基づく数値解析の適用性検討を行い、実炉における複雑な流動挙動解明の可能性を示唆しており、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。