

| | |
|--------------|---|
| Title | 温度場と濃度場におけるベナール対流の研究 |
| Author(s) | 井上, 義朗 |
| Citation | 大阪大学, 1989, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/2392 |
| rights | |
| Note | |

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

| | |
|---------|---|
| 氏名・(本籍) | 井上義朗 |
| 学位の種類 | 工学博士 |
| 学位記番号 | 第 8441 号 |
| 学位授与の日付 | 平成元年 1 月 30 日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第 5 条第 2 項該当 |
| 学位論文題目 | 温度場と濃度場におけるベナール対流の研究 |
| 論文審査委員 | (主査) 教授 伊藤 龍象 (副査) 教授 吉信 宏夫 教授 角谷 典彦 教授 片山 俊 |

論文内容の要旨

本論文は、温度勾配あるいは濃度勾配によって不安定な密度成層が形成された場合に発生するベナール対流の諸特性を理論と実験の両面から解析すると共に、ベナール対流の工学的応用について検討したものである。

温度場のベナール対流について以下の結果を得た。

(1)高次モードまで考慮したガラーキン法を用いて、ベナール対流の速度分布、温度分布、熱流束を求め、既往の実験結果と比較検討を行った。(2)ベナール対流を、流体力学的観点だけでなく熱力学観点からも考察することによって、対流発生条件の物理的意味についての再検討を行うと共に、ベナール対流系のエントロピー変化についても検討した。(3)ベナール対流の安定性と側壁効果についての理論的な解析を行うと共に、種々の対流パターンとその安定性を実験的に調べた。(4)ロールセル・パターンの波数が決まる機構を明らかにするために、正方形容器、環状容器、くさび形容器の三種類を用いて実験を行い、初期条件、容器形状、履歴効果などが波数に及ぼす効果を明らかにした。

濃度場のベナール対流について以下の結果を得た。

(1)電極反応を行う電解質溶液中の、イオンの濃度勾配によって生じるベナール対流についての理論的な解析を行った。各イオンには電場による泳動効果の他に、電気的中性条件の束縛があるため、温度場のベナール対流とは異なった効果が見られた。(2)前述の電解液系に隔膜が挿入された場合について同様な解析を行った結果、膜によって系が安定化するだけでなく、膜を通じてベナール対流間の干渉が起こることを見いだした。(3)硫酸銅水溶液中での銅の酸化還元反応を利用して、電解質溶液中のベナール対流の実験を行い、前述の解析結果との比較検討を行った。

最後に、ベナール対流の速度分布および温度分布の特殊性を晶析に応用するための基礎研究として、ベナール対流中に浮遊する単一結晶粒子の力学的挙動と粒子径の変化についての計算機シミュレーションを行った。これらの結果をもとに、ベナール対流場の晶析操作への応用の可能性と利点および問題点を明らかにした。

論文の審査結果の要旨

温度場あるいは濃度場によって作られる不安定な密度成層中に発生するベナール対流は規則的なセル状の対流パターンを示す。本論文は、ベナール対流の諸特性を明らかにし、この対流場の化学工学分野への応用を示したものである。

まず取り扱いの容易なベナール対流の解析法を提示し、熱流束、温度分布、速度分布の計算に適用してその有用性を示している。またベナール対流とエントロピーの関係を明らかにし、ベナール対流の発生条件に新しい物理的解釈を与えている。ベナール対流に関する未解決の問題としてレイリー数と波数の関係がある。この問題を明らかにするため、種々の初期波数を有するロールセルを形状の異なる容器内に強制的に形成させ、その安定性と波数の経時変化を調べる詳細な実験を行い、「全力的エネルギーと平均対流周期の2乗の積」から成る断熱不変量の概念を用いた新しい波数選択条件を導出している。この条件を適用することにより、波数の履歴効果が説明できるだけでなく、熱流束や速度分布などのより精確な推算が可能になる。

次に、濃度場と温度場におけるベナール対流の違いを明らかにするために、電極反応を行う電解質溶液中のベナール対流を解析し、伝熱系では見られないイオンの電気泳動、イオン間に働く電気的中性条件による束縛、さらに両電極間に挿入された隔膜の存在などの諸因子がベナール対流に及ぼす影響を理論と実験の両面から明らかにしている。

最後に、ベナール対流の持つ速度分布と温度分布の特殊性を利用して、結晶の粒径分布を制御することが可能となる新しい晶析操作の開発を目的として、ベナール対流中に浮遊する結晶粒子の運動と粒子径の変化を解析し、この操作の問題点を指摘し、所定の粒径分布を得るための操作条件について考察を行っている。

これらの諸結果は、ベナール対流の基礎的研究に新しい知見を与えるとともに、ベナール対流の化学工学分野への応用の道を拓いたものであり、博士論文として価値あるものと認める。