

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 前田 篤志  
 学位 位 博士 ( 工学 )  
 学位記番号 新大院博 (工) 第 472 号  
 学位授与の日付 平成 30 年 3 月 23 日  
 学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当  
 博士論文名 浮力を伴う垂直管内流に発生する交換流の特性に関する実験的研究

論文審査委員 主査 教授・藤澤 延行  
 副査 教授・鳴海 敬倫  
 副査 教授・松原 幸治  
 副査 教授・赤林 伸一  
 副査 教授・村松 久巳 (沼津高専)

博士論文の要旨

本論文は、第 1 章：緒言、第 2 章：不安定密度勾配下における浮力噴流の交換流の発生、第 3 章：不安定密度勾配下における円管ならびに正方形管の交換流の発生と構造特性、そして、第 4 章：結言の計 4 章から構成されている。

第 1 章は、密度の異なる流体同士の不安定な密度勾配における交換流の研究背景と本研究の位置づけ、そして目的について詳しく説明すると共に、過去の関連研究についてまとめた。また、交換流の発生条件についての過去の研究結果と研究の動向についてまとめた。

第 2 章は、不安定密度勾配下において発生する交換流が垂直方向に固定された管出口で発生する条件を実験的に検討した結果である。まず、本実験で用いた交換流の発生条件を評価するための計測法であるレーザー誘起蛍光法 (LIF) とその特性評価のための粒子画像流速測定法 (PIV) の概略について説明した。続いて、密度の異なる流体中へ流体を噴出させた際に発生する交換流の発生条件がフルード数とレイノルズ数によって決まることを示した。さらに、これらの無次元パラメータが種々異なる条件下において、交換流の発生条件を詳細に考察した。実験結果によると、交換流の発生条件は、管内流が層流状態では発生条件に相当するフルード数とレイノルズ数間にヒステリシスが存在するため、交換流の流入と流出条件は必ずしも一致しないこと、乱流状態ではヒステリシスの影響をあまり受けないことを示した。また、交換流の発生条件は、管入口の速度分布により大きく変化することも明らかとなった。一方、PIV によって平均速度分布と速度変動分布を評価し、交換流の発生により、管内流の速度ならびに速度変動が大きく変化することを示した。

第 3 章は、不安定な密度勾配の影響下における交換流の発生条件に及ぼす管形状の影響を明らかにするため、円管に加えて正方形管についても実験を行った結果である。実験結果によると、正方形管の交換流の発生条件は、より大きいフルード数側へ移動しており、交換流が容易に発生し得ることが分かった。この原因を明らかにするため、LIF による可視化画像に固有直交分解 (POD) を導入することで、統計的モード解析を行った。解析

結果によると、乱れ変動エネルギーを強く含む POD の低次モードに大きな違いが現れ、円管の交換流では、ランダムな相関モードが見られるのに対し、正方形管では、角部に固定した相関モードの発生が認められた。このことは、正方形管の交換流では、角部に沿って流入流出が生じ易く、この種の交換流モードが発生し易いことに対応する。

第 4 章は、各章に記述した結果を総括した結果である。すなわち、本研究では、円管ならびに正方形管における交換流の発生条件を明らかにするとともに、その発生メカニズムを実験的に明らかにした内容である。

#### 審査結果の要旨

本論文の内容を総括すると、不安定密度勾配下における交換流の発生条件を LIF によって明らかにするとともに、PIV を用いて交換流の平均流ならびに乱流特性を明らかにした。さらに、POD を導入することで、交換流の発生条件の変化とメカニズムを明らかにした。これらの研究成果は、工学、特に機械工学とそれに関連した産業界の新たな発展に繋がる重要な知見である。

よって、本論文は博士（工学）の博士論文として十分であると認定した。