

氏 名	康 倫 明 カン ユン ミョウ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 682 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 機 械 工 学 第 二 専 攻
学位論文題目	A Study on Heat Transfer in Recirculating Flows (循環流を伴う流れにおける熱伝達に関する研究)

論文調査委員 (主 査) 教授 佐藤 俊 教授 赤松映明 教授 國友 孟

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は各種の工業装置においてしばしば見られる循環流を伴う流れ場における熱伝達の基本的様相を明らかにするために、循環流を伴う流れとして比較的単純な系である管内軸対称噴流および管系に設置されたノズルやオリフィス後流の流れ場について実施された実験的並びに解析的検討の結果をまとめたもので、緒論、本文7章および結論とからなっている。

内容は実験的研究をまとめた第1部（1章から3章まで）と、数値計算による解析結果をまとめた第2部（4章から7章まで）とに分けられ、第1章は管内噴流の伝熱実験の結果を主体にのべたもので、ヌッセルト数の軸方向分布およびその最大位置あるいは以後の発達した管内流に移向する経過など流れ方向の熱伝達の変化の様子の詳細を示し、その統一的整理方法に対し、クレア・カーテット数が有効であることや、循環流を伴う場合とそれを伴わない場合との差異および管径などの寸法効果につき論じている。

第2章では管内噴流の流れ場、特にその循環流域の可視化実験について記し、油ミスト法、油膜法および液晶を用いる温度分布の可視化法を併用して、最大ヌッセルト数を与える位置と循環流剪断層の再付着点との相対関係を明らかにし、熱伝達率が最大になる位置が再付着点より上流にあって循環流領域内に存在することなどを確かめている。

第3章は管内に設置のオリフィス後流の循環流を伴う気体の流れ場での伝熱実験の結果を主体に記したもので、後記の数値解析との比較の便宜も考慮して、ノズル後流の実験をも実施し、これら両者の場合について伝熱実験と同時に流れの可視化実験を並行して実施し、ヌッセルト数の流れ方向分布やその最大位置と再付着点との関係などについて前章と同様の検討を行い、さらに流体が液体である場合も込めて、他の研究者による結果との比較を行っている。

第2部の数値解析は循環流域を含むような流れ場に対して、乱れエネルギー k とその消散率 ϵ に対する輸送方程式群を扱う所謂 k - ϵ 2 方式乱流モデルを適用した結果をまとめたものであるが、このような乱流モデルによって、流れ場および乱れ機構や熱伝達率分布などがどの程度良好に予測しうるか、或は実験的

に測定困難な循環流内の乱れの様子の合理的な推察が可能であるかなど、複雑な流れ場への乱流モデルの適用性の検討と乱流モデルの確立への寄与をもめざしたもので、まず第4章では本研究に用いられたモデルの基礎方程式群とその解法および計算手法につきのべている。循環流を伴う流れ場への適用では楕円型方程式を扱う必要上、境界特に壁面境界条件の設定に工夫がいるが、その検討と合理的な計算手法を示し、さらにこの方法を単純管内流および自由噴流の場へ適用し、従来の実験結果との比較により、本計算方法の妥当性の検証を行っている。

第5章では本計算方法により、管内噴流の場合を解析した結果をのべている。すなわち平均速度、レイノルズ応力および乱れエネルギーの各断面における数値計算結果や、中心軸上軸方向の乱れ分布や静圧分布の結果と実験値との対比により流れ場全体としての解析結果の妥当性の検討を行うと共に、実験結果の得られていない乱れエネルギー消散率の分布などを示している。

第6章は続いて熱伝達率分布についての計算結果と実験結果の比較、並びに熱伝達率分布の良好な予測を与える壁面境界条件の採り方についての具体的考察を加え、さらに再付着点の予測や熱伝達率最大位置の予測結果と実験値との対比を行い、この種の複雑な流れ場にも有用な計算手法の確立への検討を行っている。また本実験の最小寸法径の場合に見られた実験結果の特殊な寸法効果が本解析方法で予測しうる範囲外に原因のあることを指摘している。

第7章は本解析方法を管内オリフィスおよびノズル後流の流れ場の熱伝達率分布の予測に適用して、計算結果と実験結果との比較検討を行ったものであって、本方法の一般的有用性についての討議を附加している。

論文審査の結果の要旨

循環流を伴う流れは種々の工業装置においてしばしば見られ、各種の燃焼装置や伝熱促進を目的とする諸装置など伝熱現象が重要である場合が少なくない。しかし流れ場の複雑さもあり、この種の流れ場における熱伝達に関しては、未だまとまった結果が示されていない。

本論文は、このような循環流を伴う流れ場における伝熱現象についての基礎的知見をうることを目的として、この種の流れの基本的形態である管内噴流、および管内に設置したオリフィス並びにノズル後流の流れ場について、流動状態や乱れの様相と熱伝達との関連を明確にするために実施した実験的並びに解析的研究の結果をまとめたもので、その主要な成果を要約するとつぎの通りである。

1. 管内噴流の流れ場において、循環流を伴う場合とそうでない場合との熱伝達率分布のあり方の相違を明らかにし、管径などの寸法効果についても検討を加え、ある管径以上では、ヌッセルト数の分布はクレア・カーテット数およびレイノルズ数の合理的な選択によって統一的整理が可能であることを見出し、その実験式を確立した。
2. 流れおよび温度の可視化の実験を加えて、従来不明確であった、熱伝達が最大となる位置と循環流再付着点との相互関係を検討し、最大熱伝達位置が再付着点より上流に存在し、剪断層の壁面への到着による伝熱促進効果よりも、循環流域内の大きな乱れによるそれの方が優ることを明白にした。
3. オリフィス後流の流れに対しても、熱伝達率の分布とこれに及ぼす各種因子の影響を明らかにする

とともに、最大熱伝達率位置が再付着点より上流にあることを確認した。

4. 循環流を伴う流れ場の支配方程式は楕円型の非線形微分方程式であり、この方程式群の数値解法には上流端や壁面などの境界条件の設定や格子点の配置などに工夫がいるが、その合理的な計算方法の検討を行い、単純な流れモデルでの検証を加えて、実用性のある計算手法を提案した。

5. 乱れエネルギーとその消散率の輸送方程式を用いた2方程式モデルに対して、上記解析手法を適用して数値計算を行い、実験を行った2種の循環流を伴う流れ場に対しても良好な熱伝達の予測を与えることを見出し、応用的に十分有効な解析手法であることを明らかにした。

以上要するに本論文は実用上重要な循環流を伴う流れ場における伝熱現象の解明に有用な基礎的知見を与えるとともに、このような流れ場への乱流モデルの適用性を検討し、有効な解析手法を提案したものであって、学術上はもとより工業上も寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。