

【 223 】

|           |                                              |
|-----------|----------------------------------------------|
| 氏 名       | 栗 脇 美 文<br>くり わき よし ふみ                       |
| 学 位 の 種 類 | 工 学 博 士                                      |
| 学 位 記 番 号 | 工 博 第 126 号                                  |
| 学位授与の日付   | 昭 和 42 年 5 月 23 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 化 学 機 械 学 専 攻                      |
| 学位論文題目    | 非ニュートン流体の熱伝達                                 |
| 論文調査委員    | (主 査)<br>教 授 水 科 篤 郎 教 授 吉 田 文 武 教 授 桐 栄 良 三 |

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は非ニュートン流体が管路内を層流および乱流で流れる場合の管壁面からの熱伝達について解析的ならびに実験的に研究した結果について述べたもので、4章よりなっている。

第1章は緒論で、従来の研究について概説し、非ニュートン流体の伝熱については未解明の分野が多く、特に実験データが不足していることを指摘している。さらに本研究は各種の非ニュートン流体の管内における流体摩擦係数、熱伝達係数、速度分布、温度分布、乱流拡散係数等を実験的に求め、それぞれニュートン流体の場合と比較して、ニュートン流体をも含めた非ニュートン流体の相関式を与えることを目的とすることを述べている。

第2章では層流を取り扱い、まず壁温一定の場合について、種々な条件における管入口、出口間の平均ヌッセルト数を局所ヌッセルト数から積分平均で求め、既往の実験値と比較した。つぎに伝熱壁からの熱流束一定の条件の実験データが少ないことに注目して、擬塑性流体とみなせる C. M. C. 水溶液、および比較のためニュートン流体であるグリセリン水溶液を電熱で一様に加熱された管路中に流して、実験を行ない、従来無視されていた粘性の温度による変化を考慮して、管入口部および温度分布発達域におけるヌッセルト数に関する解析解をもとめ、さらにこれを簡単な無次元式で近似し、実験データと比較してよくあうことを確かめている。なお、温度分布発達域におけるヌッセルト数と管中心速度対平均速度の比を点綴すると、すべての流体に関し一本の曲線で相関できるという従来の説は粘度の温度依存性を考慮した場合でも成立することを認め、実験値により確かめている。

第3章では乱流を取り扱っている。まず流体摩擦係数と熱伝達係数に関して断面が長方形の流路および円管を用いて、擬塑性流体とみなせる C. M. C. 水溶液、塑性流体とみなせるセメントスラリー、デイトラント流体とみなせるコーン・スターチの水への分散液、および比較のためニュートン流体であるグリセリン水溶液により行なった実験につき述べている。つぎに非ニュートン流体のような高粘性流体では乱流におけるすべての移動抵抗は壁面近くにあると考えられるから、壁面でのみかけ粘度を用いることによ

り、ニュートン流体の相関式を非ニュートン流体にも適用できるはずであるとの考えから、非ニュートン流体の相関式を導き、実験データとよくあうことより上述の仮定の正しい事を論じている。また運動量と熱の乱流拡散係数を長方形流路で実測し、それぞれ、ニュートンおよび非ニュートン流体のすべてに共通して適用できる簡単な実験式をえた。さらに円管内乱流において、乱流渦の混合距離を近似的に管壁面からの距離の平方根に比例すると表現することにより、乱流部に関する新しい速度分布式と温度分布式を提案し、本研究のデータおよび他の文献データと比較して、いずれもニュートン流体および非ニュートン流体の実測値をよく相関することを確かめている。

第4章では本研究の結論をまとめている。

## 論文審査の結果の要旨

この論文は近年化学工業等において特によく取り扱われるようになって来た非ニュートン流体の熱伝達について、そのもっとも基本的な管路内流れに関し行なった研究結果をまとめたものである。

第1章の緒論において著者も指摘しているように、ニュートン流体については数多くの研究があり、その伝熱機構についてよく知られているにもかかわらず、非ニュートン流体についてはなお不明の点があり、特に実験データの不足が目立っている。著者はこの足りない部分をおぎなうように努力し、ある程度成功している。著者の態度はつねに非ニュートン流体とニュートン流体を同じ式により相関させようとしている。

また本研究では非ニュートン流体のモデルとして、最も簡単な指数法則モデルとビンガムモデルを用いている。これらのモデル式はいずれも2個のパラメーターをもつ簡単な式であるため、非ニュートン性を表わすのに充分ではないが、工学的にはこれ以上複雑な式を取り扱うことは面倒である。特に伝熱の場合には他の要素による誤差が大きいので、これらの簡単なモデルで一応充分と考えられる。

第2章は層流熱伝達を論じている。まず壁温一定の場合につき、管入口の温度分布未発達域から出口の温度分布完成域に至る平均ヌッセルト数を局所ヌッセルト数から積分平均で求め、既往の実験値と比較した。またこの際の平均温度差は対数平均温度差であり、従来用いられている算術平均温度差は管路の短い、すなわち管出口に至るまで温度分布未発達域である場合にのみ適用できる事を指摘しているのは注目される。

つぎに熱流束一定の場合について円管内を流れる擬塑性流体による実験データを出しているが、これは既往の実験の少ないこの場合のデータを温度分布未発達域から発達域に至る広い簡囲について補足したものである。

ついで、従来無視されていた粘性の温度依存性を考慮に入れて、温度分布未発達域および温度分布発達域に関する解析解をもとめ、さらにこれを簡単な無次元式で近似し、実験データと比較してよくあうことを確かめているが、この結果は実用上からも有用なものである。

なお、温度分布発達域におけるヌッセルト数と管中心速度対平均速度の比を点綴すると、すべての流体に関し一本の曲線で相関できることは従来からいわれておったが、著者は粘度の温度依存性を考慮した場合でも、これと同一曲線の上ののることを確かめている。これは興味深くかつ有用な結果である。

第3章では乱流を取り扱い、擬塑性流体、塑性流体、デイトラント流体を断面が長方形の流路および円管内を流し、流体摩擦係数と熱伝達係数を測定した結果につき述べている。また非ニュートン流体のような高粘性流体では乱流におけるすべての移動抵抗は壁面近くにあると考えられるから、ニュートン流体の相関式中の粘度の項を壁面におけるみかけの粘度で置き換えることにより、その式を非ニュートン流体にも適用できるであろうとの考えから、非ニュートン流体に対する相関式を導き、これらを実験データと比較している。その結果、流体摩擦係数に関しては多少不満足ではあるが、熱伝達係数に関してはよくあう式が得られている。これは伝熱機構解明の上からも実用的にも有用な結果である。

ついで運動量と熱の乱流拡散係数を長方形流路で実測し、それぞれ、ニュートンおよび非ニュートン流体のすべてに共通して適用できる簡単な実験式をえた。その結果乱流中心部において運動量および熱の乱流拡散係数の比は1であり、両者の移動現象は相似であることが示されている。この結果はニュートン流体に関する従来の結果と多少異なっているが、非ニュートン流体についてははじめて測定されたものであり、きわめて有意義な結果である。

つぎに円管内乱流の速度分布と温度分布に関して、乱流渦の混合距離を近似的に管壁面からの距離の平方根に比例すると表現することにより、乱流部に関する新しい速度分布式と温度分布式を提案し、ニュートンおよび非ニュートン流体の実測値と比較していずれもよくあうことを確かめている。この式は比較的簡単であるが、実測値とよくあい、価値のある結果である。

これを要するに、この論文は非ニュートン流体の熱伝達に関し、従来の研究の不備な点をおぎない、理論的にも実用的にも有意義な結果を提出したもので、学術上ならびに工業上貢献することが少なくない。よってこの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。