

Vol. 15
No. 56

1976
January

伝 熱 研 究

News of HTSJ

第 56 号

日 本 伝 熱 研 究 会
Heat Transfer Society of Japan

日本伝熱研究会 第14期役員

会 長：杉 山 幸 男(名 大)

副会長：甲 藤 好 郎(東 大)

一 色 尚 次(東工大)

幹 事：石 黒 亮 二(北 大)……………兼北海道連絡

永 井 伸 樹(東北大)……………兼東北連絡

井 上 晃(東工大)……………兼関東甲信越連絡

泉 亮太郎(名 大)……………兼東海,北陸連絡

吉 川 進 三(同志社大)……………兼関西連絡

鍋 本 晁 秀(広 大)……………兼中国,四国連絡

世古口 言 彦(九 大)……………兼九州連絡

福 迫 尚一郎(北 大)

相 原 利 雄(東北大)

山 川 紀 夫(東北大)

齊 藤 英 二(岩手大)

山 崎 弥三郎(原 研)

桜 間 直 樹(日 立)

土 方 邦 夫(東工大)

仲 田 哲 朗(石 播)

玉 木 恕 乎(船 研)

小茂鳥 和 生(慶応大)

平 田 賢(東 大)

架 谷 昌 信(名 大)

藤 掛 賢 司(豊田中研)

荒 木 信 幸(静 大)

西 原 英 晃(京 大)

水 谷 幸 夫(阪 大)

松 本 隆 一(神戸人)

吉 信 宏 夫(大阪府大)

片 岡 邦 夫(神戸大)

千 葉 徳 男(広 大)

二 神 浩 三(愛媛大)

藤 田 恭 伸(九 大)

高 橋 恭 郎(三菱重工)

植 田 辰 洋(東 大)

監 査：猪 飼 茂(慶応大)

事務局(〒152)東京都目黒区大岡山2丁目12番地1号

東京工業大学生産機械工学科応用熱学講座気付

電話 03(726) 1111 内線2539 振替 東京6-14749

第14期「伝熱研究」：編集委員長：三石信雄(九大)

蓼科セミナーてん末記

幹事 小茂鳥 和 生

講義を聞きながらふと目を窓の外に向けると、蓼科山頂2500mのあたりにはまつわりつく霧が間近である。夕方には2日間とも雷鳴と共に一しきりの雨をみた。それがたちまちにして上ると、爽かな高原の涼風、……………そんな環境で開かれた今回の夏季セミナーは、例年になく残暑の厳しい8月31日の午後から、2泊3日、信州蓼科山腹1500mの高原に於てであった。

このセミナーの幹事である私が書くのはおこがましいが、もし自費に値するものがあつたとすれば、これはまず第一に講師の方々の充実した御講演によるが、加えて日本中で最も湿度の低い高原といわれること蓼科の自然環境が寄与していたことも又確かであろう。そこでセミナー内容にも最初からこの自然を大いに取り入れた。というのは計画にゆとりをもたせて、草原を散歩しつゝ自由に語り合える時間、運動を楽しんで頂く時間を設けた事である。欠点と言えば多少不便なこの場所に、北海道から九州まで70名という参加者を得たことは幹事としてもやり 甲斐があつたと感謝している。

さて本題のセミナーの内容は大変豊富であつた。実は座長をだけを先ず決めて、あとは御まかせしてしまうという幹事としてはまことにつぼらな事をやったのであるが座長各位には大変骨を折られ最も適任の講師を選んで頂けた。今回の話題は先ず3つに分けた。その一つは燃焼問題であり、防災、ごみの燃焼といった従来の、いわばオーソドックスな伝熱から一步ふみ出し、伝熱を勉強する者としての視野を広げたいという意図からこの問題をえらんだ。

次に原子力に関連して基本的で、かつ当面の問題として二相流の不安定現象を取りあげた。更に熱に関する物性値の一セッションを設けたが、これは地味ではあるが熱を扱う誰もが必要な基本事項と考えたからである。

各講師とも大部のプリント，スライドなどで懇切に説明された。大変有益であったが一つだけ問題点は時間不足であろう。今回は講演者数を減らして、かなり時間にゆとりをもたせたいつもりであったがそれでも尚時間不足であった。充分質問し、話し合うには半日、(3時間)に1人か、多くても2人の講演とすることも、考えてみるべきだろう。これら講演の内容は参加されなかった各位の為に、再び座長をわずらわして概要を集録したから、それ以外の事業について簡単に紹介しよう。

2日目の午後、学術フィルム映写の時間を設けたが、一見にしくはない興味深い多数のフィルムが寄せられた。この時間の後、夕食までの3時間余を自由時間とした。高原の散歩をされた方々が多かったようであるが、直前に降った雨の未だ乾かない山荘のグラウンドで、ソフトボールの文字通りの泥仕合をされた若い方々もあった。

その夜は 세미나恒例の自由討議の時間で、今回の話題は「伝熱研究失敗集」この題目は実は幹事会の席で、I教授の横顔を拝見しながら、そのユニークな失敗が、若い人達を勇気づけ、失敗こそ成功の母であることを実感してほしいと期待しながら決めたのであった。小さな成功だけを考える小粒な研究から脱皮して、失敗を恐れず大きな、斬新な研究、開発に立ち向うことこそいろいろな意味で「熱」の危機に直面している現在、伝熱の研究にたずさわるわれわれの責任であろう。このような失敗と、それを乗り越えた成功談、苦心談が自由に話し合われる事を願っていたのであるが、当のI教授始め、失敗を誇られそうな経験豊富な方々が皆御忙しくその直前に帰ってしまわれ、この集會も失敗か、といささかがっかりしていたのである。ところが案に相異して始めてみると、放射伝熱の大家であるT助教授のボイラの設計で、無視していた放射の為に伝熱量が設計値の2倍も出てしまったという話を皮切りに、次々とスマートな学会発表の裏にかくされている失敗談がくり広げられ、A教授の豊富な御体験に夜のふけるのも忘れたのであった。

さて今回のセミナー参加者は学生26名を含めて若い方々が多かった。これ

は当初からのセミナーの目的でもあり，当然の事であるが，欲を言えば，もっと参加の年齢層が拡がり，大家，若輩を交えて具体的な伝熱現象については勿論特に伝熱研究の行き方などについても自由な話し合いが行なわれれば，このセミナーも一層有意義になるであろう。

S-1 燃焼と伝熱

(座長 猪飼茂君, 慶大工)

(1) 概論：猪飼 茂君 (慶大工)

燃焼と伝熱とは密接な関係がある。例えばボイラや加熱炉で燃料を燃やす場合、その発生熱を被熱物に伝える過程は熱伝達の問題である。燃焼未完了の火炎より過剰に放熱され、温度が低下すると燃焼速度が低下して、すすや未燃ガスが発生する。このことは燃焼速度の問題である。また液体燃料が気化して燃焼する際も、気化速度の多くは伝熱の問題である。その他固体可燃物の着火、火炎の燃え広がりなどと関係ある分解速度も伝熱現象を無視して考えることは出来ない。以上の例を示すまでもなく燃焼中の伝熱現象は極めて広範多岐に亘り、全般を概説することは容易でない。

さて今回のセミナーにおいては防災工学上から火災に関する問題と、公害問題の中でも重要な塵埃焼却が取り上げられた。

(2) 火災における伝熱の諸問題：秋田一雄君 (東大工反応化学科)

燃焼とは、熱、流れ、化学反応の三者が一つに結びついて、Thermo aero chemistry であるという立場から火災研究 (fire research) の基本問題を詳述された。

まずブール燃焼の問題では、容器の直径に応じて燃焼速度 (油面の降下速度) が異なる実測結果を示し、その解析の歴史的変遷を述べ、これが伝熱と如何に関連があるかを詳述された。また、火災に関連ある可燃物資の Flow Spreading についても伝熱現象との関連が述べられた。

その他多くの火災関連の伝熱上の事項を多数のスライドで説明されたが、何分にも時間が短かく、析角の豊富な内容にもかかわらず、十分な質疑応答が出来なかったことは残念であった。秋田君の最後の『伝熱関係研究者の一人でも多くが火災現象に関心を持たれることを希望する』との発言は

永年火災研究をして来られた方の真実の声としてわれわれ伝熱研究者は、傾聴すべきであろう。

(3) 塵埃の燃焼：平山直道君（都立大工）

塵埃焼却炉の計画，最近の動向全般にわたる事項を予め準備された大部の印刷資料に基いて詳述された。また，焼却に関連して公害防止（焼却炉よりの NO_x ， SO_x ， HCl などの有害ガス発生）にも言及され，最後にスライドによる資源回収の現況と将来技術の開発状況の解説があった。本テーマは殊更に伝熱現象と焼却技術との微視的な話題は少なかったが，我国における資源活用の必要性，塵埃焼却の社会的役割や公害防止の現況など，我々に身近な興味深い話題を提供され，焼却廃熱の回収の問題などを含めて多くの質疑があった。

以上要するに，今回は参加者の関心が深いと思われる火災，塵埃焼却という，どちらかというとならば燃焼学の中では特殊な部門が取上げられたが，参加者には極めて有意義なセミナーであったと思われる。ただ時間の制限で他の今回取上げられたテーマのように微視的，学術的検討に入る事は出来なかったが，これは後日に期待したい。

S-2 「気液二相の動的諸問題」

座長 赤川浩爾君（神戸大学工）

「伝熱」セミナーにおいて二相流のテーマを取り上げた理由は次のようです。従来から伝熱研究の中で大きな分野を占めている沸騰伝熱の研究が原子炉，ボイラの蒸発管を対象とするものであります。一方，二相流の研究も元来は同じ目的であります，研究の容易さなどのために従来は主として非加熱二相流について研究されております。ところで沸騰水型原子炉の水力学的不安定，および高速炉の蒸気発生器中の流動不安定現象が見出されて，安全上から重要問題となってきて，二相流の流動問題と沸騰伝熱問題を切りはなすことが出来なくなりました。そこでこの両者を結ぶものとして本テーマを取り上げました。話題提供の内容の太要は次のようであります。

(1) 概論－蒸気発生器の動的問題（赤川浩爾君，神戸大）

二相流の動的問題，流動不安定問題が研究されるようになった歴史的経過と，これに関係した工学と実用的な技術との相互関連について述べられた。すなわち下表のような年度と二相流関係の研究の進展および原子炉，ボイラの技術の発展を示す表にもとづいて説明がなされた。(a)の「二相流の基本的性質」について静的，巨視的，実験的整理方式の段階から動的，微視的，理論的整理の段階へ，さらに微細構造への研究の進展の状況，(b)の蒸発管の動特性，(c)の流動の安定性については現象の最初の観察，研究の開始と進展の状況が述べられた。また(d)のボイラについては，日本の事業用発電所における「自然循環」から，「強制循環」および「貫流」また「超臨界圧」への推移，および(e)の原子炉については「沸騰水型原子炉」，「高速炉」の開発の状況と前記(a)～(c)との関連が説明された。これによって学問（工学）が必ずしも技術に先行していなくて，「物」が先に存在し，後に学問的研究がなされている状況があることが示された。最後に流動安定問題について，

「現象面からの分類」と「原因面からの分類」による位置づけの説明が簡単になされた。

年度	二相流の基本的性質	蒸発管の動特性	流動の安定性	ボイラ	原子炉
1948	↑ 静的 研究テーマ 巨視的 実験的		自然環境の脈動観測 不安定の論文	↑ 自然環境	EBWR
1959	↓ 整理		↓	↓ 強制循環	
1960	↑ 動的 微視的 理論的	貫流蒸発管の解析 ポイド応答, 圧力 応答	↓	↑ 貫流	高速増殖炉 (Fermi 炉)
1969	↓ 整理	↓	↓	↑ 超臨界 圧	不安定 発生
1970	↑ 微細構造				
1975					↓

(ただし表の組立のみを示し、内容は省略)

(2) 気液二相流の動的問題の解析 (深野徹君, 九州大)

話題提供者の予定の世古口教授がご病気のために共同研究者の深野助教授が急遽、代って話をしていた。気液二相流が単相流に比較して脈動的性格が強く、二相流の現象自体が動的問題であることを上向流の静圧変動を例にして説明された。この時間的変動が単相流に較べて極めて大きい、加速度項を無視した準静的な取り扱いが出来ることから、気液二相流が本質的に動的であることが述べられた。しかし突沸のように気体の急膨張によって液体が加速されるような現象には加速度項を無視することができないことが実験および解析例で示された。また流路内にそう入された流動障害物近傍の液膜厚さの研究例について流動様式を正確に把握することの重要性が述べられた。

(3) 蒸気発生器の不安定流動：山川正剛君（動燃）

高速炉のナトリウム加熱蒸気発生器において長い蒸気管中で流動脈動（不安定）が発生することが1966年にエンリコ・フェルミ炉で知られて注目を集めた。この流動不安定現象のうち最近の研究例のSwish-L00P0.75MWSG, TNO 50MW S C T F, 動力炉核燃料開発事業団の改造1MWSGの状況が詳細に説明された。次にSGの密度波振動に関する理論的解析法として、一次元、均質、平衡流の下で熱的流体力学的な攪乱の伝播をマトリックス伝達関数で記述する解析法の説明がなされた。この方法による安定解析コードCRESCEND-Ⅱと従来のコードとの比較および解析例が示された。また今後の研究の方針が述べられた。

なお副会長の一色教授から流動不安定の原因を水側の沸騰曲線（これを抜山曲線と呼ぼうと提案されました）とNa側の伝熱特性の関係から生ずるドライアウト点の移動と時間おくれによるとする蒸気ピストンモデルによる解析法の説明があり、解析するためにはコンピュータによらずに先づ頭の中で「振動」を生じさせるべきであるとの話があった。

最後にきわめて有意義で楽しく、またアットホームの雰囲気でお世話下さった小茂鳥先生をはじめ慶応大学の皆様に深く感謝いたします。

S-3 熱物性値

座長 渡部康一君（慶大）

本セッションの主旨は、伝熱現象の解析にとって必要不可欠な熱物性値に関する幾つかの最近の話題、動向などを伝熱研究者に紹介することを目的として企画されたものである。

(1) 概論—物性値データの評価と推算：渡部康一君（慶大工）

この講演では、あらかじめ用意された資料にもとづいて、熱物性値の定義と分類、熱物性値の検索、評価、推算などの一般的方法や電子計算機による方法などに関する最近の動向、また科学技術情報システムの一環としての熱物性値情報システム、とくに主要各国における熱物性値データセンターの活動などが紹介された。また、伝熱研究に関連して頻繁に用いられる水および水蒸気、炭化水素などの密度、表面張力、粘度、定圧比熱、熱伝導率などに関する従来の代表的なデータの収集状況と評価後の選定値などについてもスライドによる紹介が行なわれた。さらに伝熱工学研究に資すると考えられる各種物質の熱物性値に関する選定値表のリストも紹介された。

(2) 気体及び液体の輸送的性質：矢田順三君（京都工繊大）

矢田君の講演では、伝熱現象の解析に、もっとも重要な粘性係数および熱伝導率を中心とする気体および液体の輸送的性質に関して、測定方法の概要、理論計算方法の現状、さらに実験的研究の必要性とその測定結果に対する表示式の作成方法の基礎ならびに問題点などについての紹介があった。また、臨界点近傍の領域における炭酸ガスや水蒸気の粘性係数および熱伝導率の異常性（anomaly）についての最新の情報がスライドによって紹介され、出席者の多くの関心を集めた。なお、上記のテーマに関しては、講演者の平素の実験的・解析的研究に対する経験と

知見が多く紹介され、伝熱研究者にとっても熱物性値研究の意義、そのむずかしさなどが容易に理解できたことは収穫であったといえよう。また、同君の講演に関する質問としては、浜口君（神戸大）より熱伝導率の臨界点における異常性に関して $(\lambda)_{\text{crit. pt.}} \rightarrow \infty$ になることの確認があったほか、伊藤君（九大）より臨界点での異状性と表示式作成の際に慣用される密度ゼロの状態での輸送の性質に関する定義などについての質問があった。

(3) 生体の熱的物性値：棚沢一郎君（東大生研）

棚沢君の講演では、生体の熱的物性値に関してその測定の必要性、測定に際して必要となる条件、とくに生物体中における *in vivo* 測定の必要性とやむを得ず生物体から試料片を切りはなして熱的物性値を測定する場合の *in vitro* 測定のちがひ、生体組織の不均質性や生体組織への測定による影響を最小限にすることの必要性などについての紹介があった。さらに、現在までに報告されている生体の熱的物性値、とくに熱伝導率と温度伝導率の実測に関する種々の測定方法が配布資料にもとづき詳細に説明され、興味深い話題提供であった。また、現在までに報告されている種々の実測点熱伝導率と温度伝導率を両座標軸とする線図上でかなり相関性をもつことなども報告があった。

同君の講演に対しては、生物体の個体差（人間の個人差）に関する小茂鳥君（慶大）の質問、赤川君（神戸大）の血液の粘性係数測定に関する質問あるいは伊藤君（九大）の生物体表面凸凹による接触抵抗の問題などが質問され、活発な討論があった。

以上の3講演にひきつづいて、改めて本セッション全体に関連した話題や意見交換のための時間が座長の提案でもたれ、短時間ではあったが、谷口君（北大）より重要な流体熱物性値データの電算機への登録、データバンクの必要性などについての希望が述べられ、上松君（慶大）より現状での一端が紹介された。

“ ミュンヘン工科大学のことなど ”

京都工芸繊維大学 南 山 龍 緒

芸術と音楽とビール之都ミュンヘン，そしてわれわれ伝熱に携るものにとって反射的にヌツセルト教を想いおこさせるミュンヘン工科大学から帰国して半年余り，この変化の激しい時代に旧聞に属することも多いと思いますが，何かの参考にもなればと思いあちらで見聞きした事柄などを書いてみたいと思います。

この大学は古くから T. H. としてたしまれてきましたが 1968 年に創立 100 周年を迎え，今から 5 年前に古くからあった機械・電気，建築などに加え，醸造・食品工学，農業・庭園工学，医学部を併せて Technische Universität となり，初代学長が Grigull 教授，ついでこの改革にもとづく法令により，今年の夏に Grigull 教授が初代の Präsident に選ばれた由です。

T. H. から T. U. への衣替えは一般的傾向の様で，西ドイツの大学はそのほとんどが州立で，日本に比較して，その数も極めて少なく 60 校足らず，在籍学生数も約 30 万人程度で，大卒の地位もきわめて高く社会におけるエリート的存在を保っている様子で，研究室の中で一番若い Riegel 君にたづねたところ，自分の給与は手取りで 1ヶ月 1700 DM，大卒の初任給は大体 1400 DM 前後だろうと誇らしげに話してくれました。

戦後大巾な学制改革を行なった日本に比べ西ドイツはかたくなまでに伝統的なものを守り，学校制度は変えなかったようです。勿論その後の世界的な大学問題の渦の中でベルリン自由大学のような新しい大学が生まれたとは言え，建国の歴史と関連して州地方の自治精神も強く，また保守的な考え方も根強く残っているようです。Hauptschule, Realschule, Gymnasium の三種の中等教育制度もそのまゝで，この中の 9 年制の普通教育を行なう

Gymnasium へは約 20% 程度が進学するようですが、大学入学資格試験に相当する Abitur 試験の合格者はわずか 10% 程度とかで、所謂高校留年と脱落者が増加し、これが一つの社会的問題となり、あわせて、さきの三種の学校卒業者による社会の階層化も深刻であり、真剣に学制改革に取組まねばならないということが帰国前に読んだ新聞に書かれていました。

ふた、びミュンヘン工科大学のことに話を戻しますが、現在機械と電気とで一つの Fakultät を構成しており、その中で機械工学科は有名な Neuber 教授の研究室をはじめとして、26 の Lehrstuhl-Institut から成り立っています。熱工学に関連するものは以下の通りです。

A für Thermodynamik (Prof. Grigull), B für Thermodynamik (Prof. Vortmeyer), C für Thermodynamik (Prof. Winter), Verbrennungsmaschinen u. Kraftfahrzeuge (Prof. Hussmann), Thermische Kraftanlage mit Heizkraftwerk (Prof. Thomas), Verfahrenstechnik (Prof. Lüber), Verfahrenstechnik (Prof. Merzmann) など、A は主として熱力学および伝熱学を、B は燃焼および反応・物質移動関係を、C は低温関係の問題を取り扱っています。私は A に滞在していた訳ですが、この研究室とわが国の研究者との交流は古い様で今から 50 年ほど以前 Nusselt 教授の時代に前川道治郎先生が滞在されていたそうです。ドイツ国家社会主義労働者党所謂ナチスがミュンヘンで旗揚げをしたのが 1920 年代、そして精神病学の研究のために斉藤茂吉先生が留学しておられたのも同時代とのことですから、先生がこの歴史の大きな曲り角の時代にこの地に過されていたものと思われ感慨は一汐であります。

Nusselt 教授はこの研究室では 3 代目で、初代の教授はかの著名な Carl von Linde 教授であります。Linde 教授の時代といえば今を去る 100 年前位で、山間の Alpsee 湖の近くに白鳥さながらまるでお伽話の国から抜け出した様にそそりたつ Neuschwanstein 城が作られ、この城の完成に執念を燃したバイエルンの王様 ルードウィヒ二世がミュンヘン郊外 スタール

ンベルグ湖に身を投じたと当時ミュンヘンにいた森鷗外によって“うたかたの記”に書かれた時代でもあります。シュミット数と自然対流の実験などで名高い E. Schmidt 教授が Nusselt 教授の後継者となられ、戦後 Schmidt 教授の時代に慶応大学の佐藤豪先生が長く滞在されていたそうで、この時代のことともなれば研究室の中にも佐藤先生のことを覚えている人も二・三人いて、何度も思い出話を聞かされたものです。

この Schmidt 教授が 1968 年日本で始めて開催された国際蒸気性質会議には後継者となられた 5 代目 Grigull 教授らとともに来日されたことは記憶に新しいところであり、私もミュンヘン滞在中 3 度ばかりお目にかゝる機会に恵まれた訳であります。本年 1 月 22 日に 83 才のお誕生日を前にしてお亡くなりになりました。

Ostpreußen の Gallingen にお生れになり、今年 3 月 12 日 63 才の誕生日を迎えられた Grigull 教授はその後 Braunschweig の航空研究所や Bayer の Farbenfabrik など業績を挙げられた後ミュンヘン大学に來られ 1960 年に Schmidt 教授の後を継がれた訳であります。

このように教授になるためには一度研究所や工場など社会に出て、そこで然るべき業績を挙げ、論文を書いて資格審査を受けなければならないという Habilitation の制度は現在もなお生きている訳ですが、研究室の若い人の話ではこの制度にも勿論特例がある様で最近はそのが増えていくとのことで、たとえば昨年 5 月 Stuttgart へミュンヘンから移られた Hahne 教授もその一人といえるかも知れません。

Hahne 教授が転出された後、Akad. Direktor には Dr. Straub が、Oberingenieur には Dr. Sandner がなり、これに加えて、Winkler, Hauf, Merker, Blob, Ertle, Bauer の 6 名の Wiss. Assistenten, Becker, Brand Diesselhorst, Gerum, Rathjen, Reimann, Rosner, Schällig, Scheffler, Schmücker, Trambauer, Wohlköfler の 12 名ほどの Wiss. Mitarbeiter によって研究室が構成され、主な研究課題は以

下の通りでした。

Rathjen : Koexistenzkurve, Oberflächenspannung

Gerum : Lichtstreuung, Metastabile Zustände

Ertle : Joule - Thomson

Soheffler - Rosner: Arbeiten an H_2O

Hauf : Interferometer

Becker : Holographie, am Kritischen Punkt

Schmücker : Hg - Sieden

Merker : Rot. Trog. Kugel

Diesselhorst : Kritische Wärmestromdichte

Trambauer : Kondensation

Brand : Combined Wä - und Stoffaustausch

Winkler, Bauer : Überschallwindkanal

Sandner : Theoretische Arbeiten

客員研究員としては私が出かける前に半年ばかり同志社大の竹内教授が滞在しておられ、また私の滞在中前半はメルボルン大学の Prof. Megler と御一緒でしたし、また後半はミシガン大学の Prof. Merte と一緒に、さらに昨年 1 2 月からは京大・化工の荻野助教授を迎え賑やかなものでした。“今度くる荻野助教授はどんな男か”と研究室の若い一人が尋ねたので、“かくかくしかじかの人”と答えたら、“子供はいるのか”と問返され“残念ながら末だのようだ”と答えたところ“道理で Dr. Ogino だから”との結びには恐れ入りました。後になってかの有名な Dr. Ogino もドイツで学んだんだよと教えてくれました。

ドイツ人と言えば合理的で几帳面で融通がきかぬと思われ勝ちですが、バイエルンの人達は土地柄からか、非常に明るく、機智に富み、Gastfreundlichkeit にたけた人が多いようで、Dr. Stranb などその典型で、大世帯の研究室のまとめ役としてはうってつけの人物でした。

研究の内容などについて述べる余裕が無くなって参りましたが、“新しい方法で、新しい現象を解明し、価値ある結果をだす”と言ったGrigull 教授の言葉と、“この研究室で学位をとるのにはよそより時間がかかるよ、しかしわれわれは着実かつ綿密な準備の下に、信頼できる結果をだすんだ”と言った若い人の言葉だけを紹介させていただきます。

ミュンヘン工科大学も第二次大戦においてその80%近くが破壊されたようですが、今は道路に面した壁のところどころに弾痕があって、あの激しかった戦争を僅かに思いおこさせる程度で、復興は完全に完了したの感を強くしました。

日本と同じく、あの徹底的な荒廃の中から奇蹟的経済復興をなしとげ、一人当りの生産性というか個人所得は日本をはるかに上廻り、日本では20～30%のインフレを起したあのオイルショックの時代に僅か数%のインフレにとどめた底力は誠に驚嘆すべきものがあり、単に石炭があるとか、政策が当を得たとか以外にドイツ人の一人一人の心の中にこそその謎がひそめられているように感じるとともにわが国が、そしてわれわれが再びドイツから学びとらねばならぬものが非常に多いと痛感した次第です。

5月には鼻をくすぐるような白い花をつけ、そしていまごろは木の葉も見事に黄葉し、実も一杯つけているのであろうあのカスタニアの木蔭を思い出しながら。

地方グループ活動コーナー
北海道研究グループ

昭和50年9月6日(土) 14時
北海道大学工学部原子工学科会議室

1) 液体ナトリウムの円筒まわりの熱伝達について

杉山憲一郎, 石黒亮二, 熊田俊明
(北大工・原子)

2) 剝離を伴う乱流熱伝達におけるストールの影響について

関 信弘, 福迫尚一郎, 平田哲夫
(北大工・機械二)

3) 加熱壁につづく断熱壁上の自然対流の一解析

岸浪紘機, 平井善雄 (室工大・機械)

1) 液体ナトリウムの円筒まわりの熱伝達について

(北大工・原子) 杉山憲一郎 石黒亮二
熊田俊明

近年、高速増殖炉の実用化が重視され、その冷却材として液体ナトリウムが注目されることになった。しかし、その伝熱特性の詳細については現在まで充分明らかにされていない。ここでは液体ナトリウムの一様流に直交して置かれた円筒まわりの熱伝達実験の結果⁽¹⁾について報告した。

このような体系の熱伝達に関しては、Grosh⁽²⁾とCessが流れ場をポテンシャル流と仮定した近似解析を報告している。また、Andreevskii⁽³⁾が同一体系⁽³⁾についての実験を報告している。しかし、両者には2倍の差があり、その理由については現在まで明らかにされていない。

著者らの結果は、境界条件は全く同一とは言えないが、図1のごとく両者の中間に存在している。Groshらの仮定がかなり妥当と思われる前方よどみ点では、著者らの結果はGroshらの結果(実線)と図2のようにほぼ一致した。しかし、Andreevskiiの結果は大きな差があり実験精度に問題があるように思われる。

結論として、Groshらの解析は前方よどみ点付近では妥当であるが、はく離領域では実際よりかなり高い理論値を与えること、また、Andreevskiiの実験値は実際よりかなり低い値を示していることを報告した。合わせて、液体ナトリウム実験における測定⁽³⁾の注意点についても報告した。

(文 献)

(1) 石黒亮二、他3名、日本原子力学会誌, vol. 17, No. 5, (1975)

42

(2) Grosh, R. J. and Cess, R. D., Trans. ASME, vol. 80,

(1958), 667

(3) Andreevskii, A. A., Sov. J. At. Energy, vol. 7,

(1961), 745

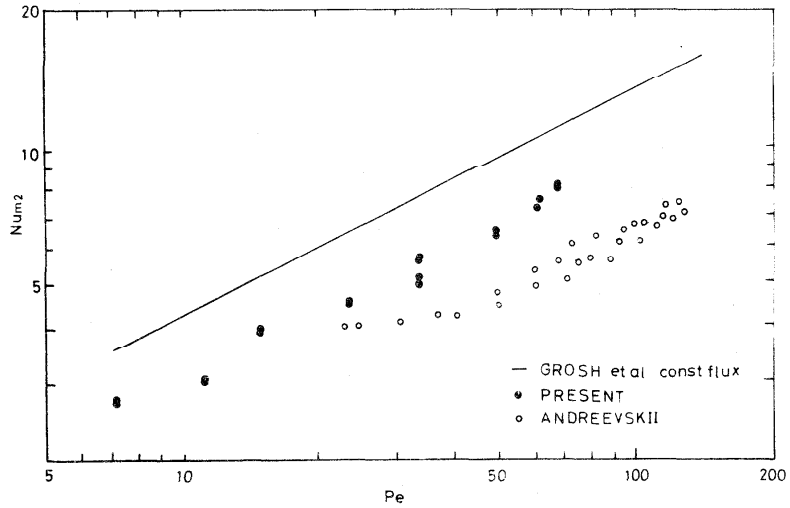


図1 平均ヌセルト数

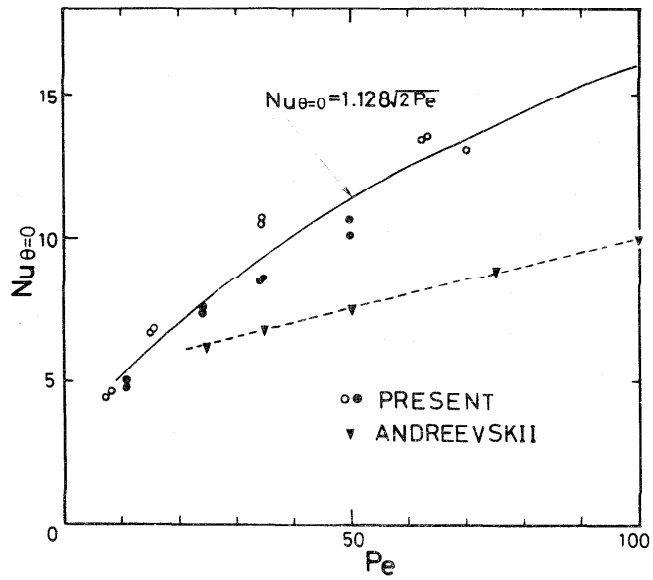


図2 前方よどみ点での局所ヌセルト数

2) 剝離を伴う乱流熱伝達における ストールの影響について

北大工 関 信 弘
福 迫 尚一郎
平 田 哲 夫

矩形ダクトの入口部分に設けた二つの後向きステップにより生ずる剝離流においては、ステップ後方に形成される stall はステップが高くなると非対称となる事が知られている。Filetti-Kays¹⁾らは、この様な場合の熱伝達率を実験により求め、short stall, long stall 各々について、熱伝達率も異なる値を示すと報告している。

本研究では、ステップ高さを広範囲に変化させ、その熱伝達率に及ぼす影響を調べると共に、再付着長さをを用いて熱伝達率を整理することを試みた。実験は、等熱流束の条件下で行ない、流体は空気を用いた ($4 \times 10^3 < Re_L < 8 \times 10^4$, $0.035 < h/L < 7.0$)。

図1は、再付着長さとステップ高さの関係を示したものである。実線は、Abbott-Kline²⁾らの結果であるが、良い一致を示している。 $h/L > 0.25$ で short stall, long stall の長さに著しい偏りが見られてくるが、同時に再付着点の熱伝達率も同様な挙動を示すことが見られた。従来、本研究の様な流れ場における再付着点の熱伝達率は、ステップ高さの関数として、整理されているが¹⁾、上述の実験結果から、むしろ再付着長さと密接な関係がある様に思われる。図2は、再付着点の熱伝達率を再付着長さで整理した結果を示す。参考のため円管内で水を用いて行なったKrall-Sparrow³⁾らの結果も示してある。結局、再付着点の熱伝達率は、再付着長さを用いる事により、short stall, long stall にかかわらず整理出来る事が実験的に得られたが、これらの物理的意味は今後の研究課題である。

(参考文献)

- 1) E. G. Filetti ら, J. Heat Transfer, 89, 163 (1967).
- 2) D. E. Abbott ら, J. Basic Engineering, 84, 317 (1962).
- 3) K. M. Krall ら, J. Heat Transfer, 88, 131 (1966).

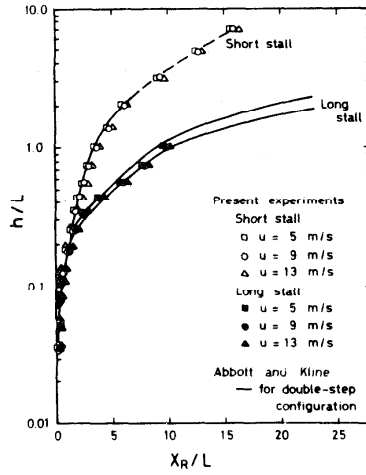
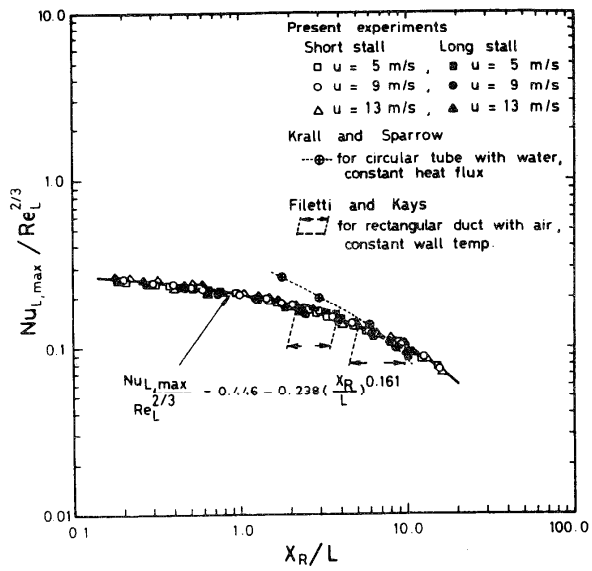


図 1



☒ 2

3) 加熱壁に続く断熱壁上の自然対流の一解折

室蘭工大 岸浪 紘機
平井 善雄

加熱壁に続く断熱壁上の自然対流場のモデルを設定し(図1), X方向速度場の急変がないものと考え, 放物型境界層方程式を適用して境界条件を満足する速度, 温度プロファイルを組立て積分法で解折した結果を報告する。

$$\text{断熱壁上の条件 } \left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{y=0} = 0, \quad T_w \Big|_{y=0} = T_w(x) \dots\dots\dots \textcircled{1}, \textcircled{2}$$

$$\frac{d}{dx} \int_0^\delta U \cdot (T - T_\infty) dy = 0 \dots\dots\dots \textcircled{3} \quad (\text{エネルギー保存式})$$

$$\frac{d}{dx} \int_0^\delta U^2 \cdot dy = -\nu \cdot \left. \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right|_{y=0} + g \cdot \beta \cdot \int_0^\delta (T - T_\infty) \cdot dy \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

境界条件を満足する速度, 温度プロファイル

$$U = \frac{1}{6} \cdot \frac{g \cdot \beta}{\nu} \cdot (T_w(x) - T_\infty) \cdot \delta^2 \cdot \frac{y}{\delta} \cdot \left(1 - \frac{y}{\delta}\right)^3 \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

$$(T - T_\infty) = (T_w(x) - T_\infty) \cdot \left(1 - 10 \cdot \frac{y^3}{\delta^3} + 15 \cdot \frac{y^4}{\delta^4} - 6 \cdot \frac{y^5}{\delta^5}\right) \dots\dots\dots \textcircled{6}$$

壁温 $T_w(x)$ 境界層厚さ $\delta(x)$ より成る速度, 温度プロファイル式5) 6) はエネルギー, 運動量式3) 4) より解決される。特に式3) に dx を掛けて $x = L_1$ より X まで積分し $x = L_1$ 上では, Squire-Eckert のプロファイルを用いエネルギー量を与え, 断熱壁上では本報のプロファイルを用いて $\delta(x)$ と $T_w(x)$ の関係のエネルギー保存式を導き, 運動量式と連立させて次式を得た。

$$C_1 = \frac{168}{31} \cdot \frac{U_1(L_1) \cdot L_2}{\nu} \cdot \frac{\delta(L_1)}{L_2}, \quad Gr_1 = \frac{g \cdot \beta \cdot L_1^3}{\nu^2} \cdot (T_{w1} - T_\infty) \dots\dots\dots \textcircled{7}, \textcircled{8}$$

$$F_1 = \frac{\delta(x)}{L_2} = \left[15 \times 252 \times (C_1 \times Gr_1 \times \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^3)^{-1/2} \cdot X_1 + \left(\frac{\delta(L_1)}{L_2}\right)^{5/2} \right]^{2/5} \dots\dots\dots \textcircled{9}$$

$$F_2 = \frac{(T_w(x) - T_\infty)}{T_{w1} - T_\infty} = C_1^{1/2} \cdot \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^{-3/2} \cdot (F_1^{3/2} \cdot Gr_1) \dots \dots \dots (10)$$

$$F_3 = \frac{U_1(x) \cdot L_2}{\nu} = \frac{1}{6} \cdot \frac{g \cdot \beta \cdot L_2^3}{\nu^2} \cdot (T_w(x) - T_\infty) \cdot \left(\frac{\delta(x)}{L_2}\right)^2 = Gr_1 \cdot \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^3 \cdot F_2 \cdot F_1^2 \dots \dots (11)$$

上式で $U_1(L_1)$, $\delta(L_1)$ は x に L_1 の出発値であり、ここでは Squire - Eckert の解を用いた。 F_1, F_2, F_3 は無次元境界層厚さ関数、同断熱壁温関数、同代表速度関数であり、諸出発条件と設定パラメーター間の関係を簡単な形にまとめることが出来た。例として $Gr_1 = 10^7$, $Pr = 0.71$ の条件で断熱壁上の無次元位置 $X_1 = (x - L_1) / L_1$ における無次元温度、速度場の計算値(点線)を図 2, 3) に示す。最終的に $\delta(x)$ は $X_1^{2/5}$, $T_w(x)$ は $X_1^{-3/5}$, $U_1(x)$ は $X_1^{1/5}$ に略比例し、原則的には点熱源の自然対流と同質な結果を得た。

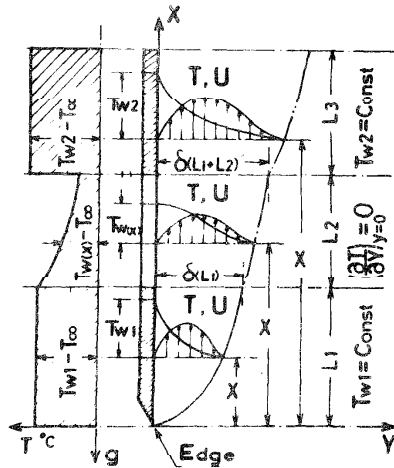


Fig 1. 座標モデル

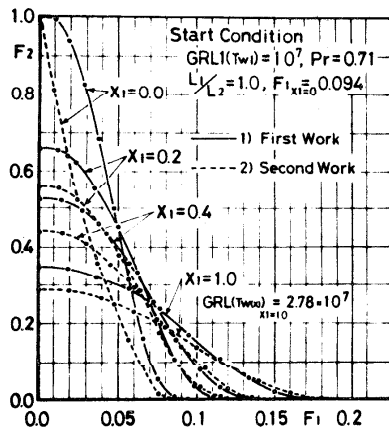


Fig 2. 断熱壁上の温度場

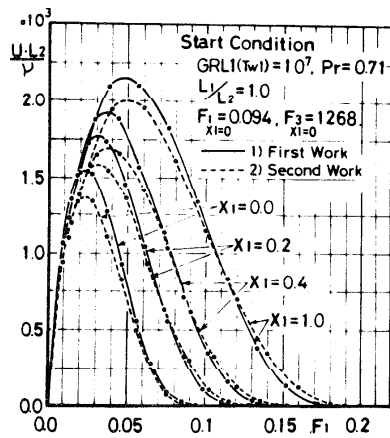


Fig 3. 断熱壁上の速度場

関西研究グループ

昭和50年10月24日(金) 14時

関西大学会館 3階会議室

- 1) 自然対流と強制対流の共存場における
輸送現象について 一球の場合—
伊藤龍象, 平田雄志, 井上義朗
(阪大・基礎工・化工)

- 2) 着霜時の熱伝達について —自然対流の場合—
勝田勝太郎, 石原勲
(関西大・工・機)

自然対流と強制対流の共存場における 輸送現象について—球の場合—

(阪大・基礎工・化工)
伊藤龍象 平田雄志
井上義朗

自然対流と強制対流が共存する様な流れの場での熱伝達や物質移動は、理論的にも実験的にも興味深い問題である。本報では高 Sc 数の場合の球の回りの局所及び平均物質移動測度を測定し若干の考察を加えた。

Aiding flow の平均シャーウッド数 \overline{Sh} は次式

$$\overline{Sh} - 2 = \left\{ (\overline{Sh}_{f.c.})^n + (\overline{Sh}_{n.c.})^n \right\}^{1/n} \dots \dots \dots (1)$$

ただし $\overline{Sh}_{f.c.} = 0.72 Re^{1/2} Sc^{1/3}$,

$$\overline{Sh}_{n.c.} = 0.59 (Gr \cdot Sc)^{1/4}$$

で相関できると仮定し、Churchill - Usagi⁽¹⁾ のプロットを行い n を決めたが、強制対流に近い所では $n = 3$ 、自然対流に近い所では $n = 2.5$ となり左右対称にならなかった。Fig. 1 に実験データと $n = 2, 3$ の場合の(1)式を示した。同じ図中には Opposing flow の実験値も含まれている。

Aiding flow の場合、平均 Sh 数の値はほとんど前方領域 ($\theta = 0 \sim 80^\circ$) の物質移動速度によって決ってしまう。即ち Sh が $Re^{1/2} Sc^{1/3}$ に比例する様な Re 数域 ($Re > 250$) では前方領域の局所シャーウッド数 Sh_θ も $Re^{1/2} Sc^{1/3}$ に比例するが後方領域の Sh_θ は Fig 2 の様に Re 数の変化とともに複雑な変化を示し $Re^{1/2} Sc^{1/3}$ には比例していない。また Sh_θ の極小値は Re 数の減少とともに下流へ移動するが $Re < 300$ になると今度は逆に上流へと移動し、自然対流のはく離角 $\theta = 143^\circ$ に漸近する。Fig 2 に示されている様に Opposing flow では Aiding flow の場合と異なり Re

数の減少とともに Sh_{θ} の極小値は上流側へ単調に移動し wake 領域は増大するため、この領域を無視して平均 Sh 数を議論する事はできなくなる。 $Re \geq 168$ では Re 数の減少とともに前方領域の Sh_{θ} は自然対流の影響を受けて強制対流の値よりも小さくなるが後方領域では逆に大きくなり、結局球全体の平均 Sh 数はかえって増大する。従って Fig 1 の様に本実験条件では Opposing flow の平均 Sh 数も Aiding flow の場合と同じ様な傾向を示している。また Opposing flow では $Re \simeq 150$ で前方領域の局所 Sh 数分布が急激に変化し、自然対流の wake 型の分布を示す様になり、時間的変動も激しくなる。従って流れの場も強制対流型から自然対流型へと急激に変化し、その中間では非常に不安定な流れになっていると思われる。この時、平均 Sh 数にも微小な変化 ($Fig 1$ の $\overline{Sh}_{f.c.} / \overline{Sh}_{n.c.} \simeq 1.2$) が現われる事がわかった。

参考文献

- (1) Churchill, S. W. and R. Usagi, AIChEJ. vol18, 1121 (1972).

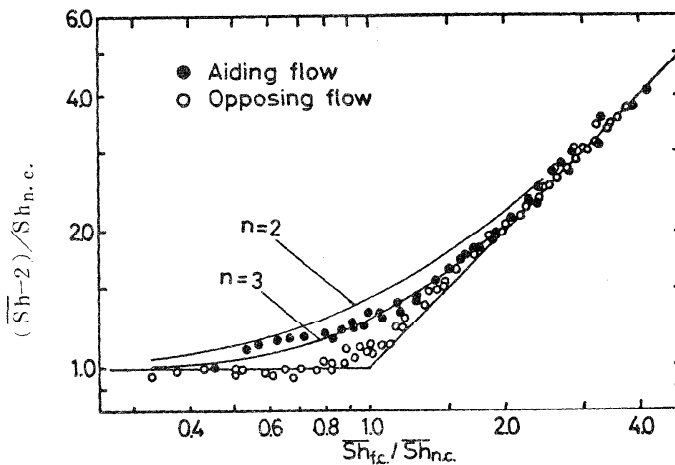


Fig.1 Over-all mass transfer rates

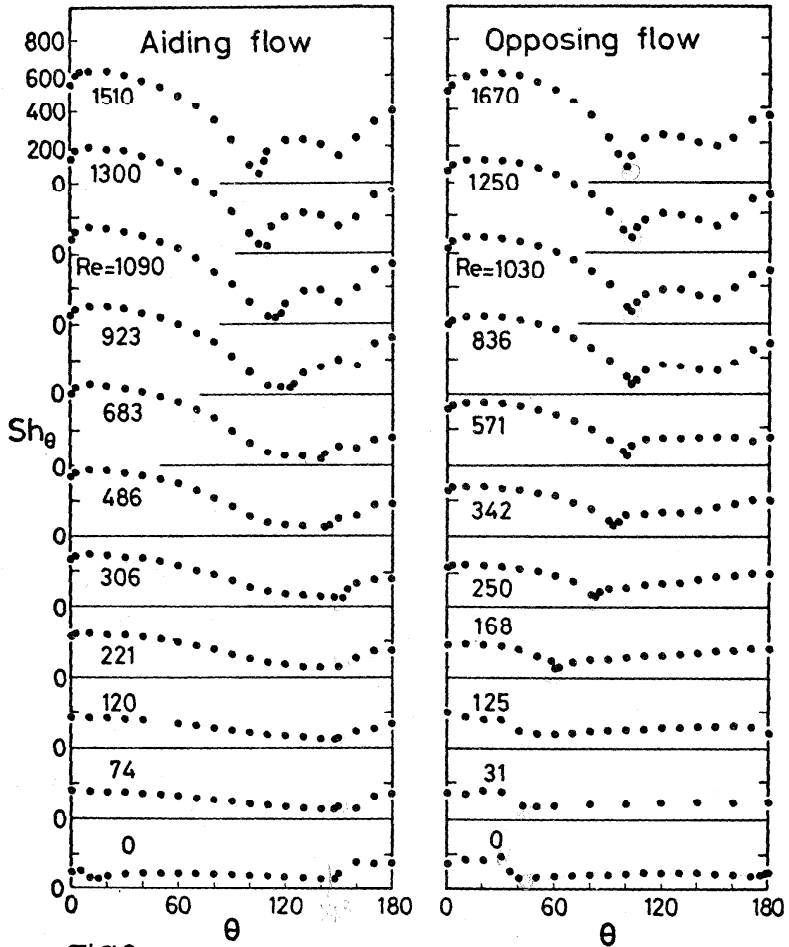


FIG2 Local mass transfer rates
 (Aiding flow: $Gr=2.0 \times 10^5$, $Sc=1850$. Opposing flow: $Gr=3.7$
 $\times 10^5$, $Sc=1850$.)

着霜時の熱伝達について —自然対流の場合—

(関西大学・工・機) 勝 田 勝太郎
(") ※石 原 勲

熱と物質の同時伝達において境界層内で相変化を伴う系では、熱伝達と物質伝達がそれぞれ単独で行われる系で与えられる相似的關係はくずれてくる。

Barronら⁽¹⁾は液体窒素冷却した自然対流下の垂直平板の着霜熱伝達実験を行い、物質伝達率が解析値の1/10程度になると報告している。また森ら⁽²⁾の膜状凝縮を対象として、熱力学的平衡条件を満足させた解においても周囲温度が常温程度および気液界面温度が低い場合には物質伝達率は低下してゐる。

このように熱と物質の同時伝達において特に伝熱面温度が低温になると両者の相似的關係が変化してくるようである。そこでこの関係を着霜時において実験的に調べた。

垂直平板は高さ150mm、幅200mmのもの、および高さ1000mm、幅400mmの2種を用いた。伝熱面温度 θ_1 は前者では-10℃程度、後者では-20℃～-50℃である。いづれにおいても境界層内で液滴あるいは氷片の発生の可能性がある。

図1のヌセルト数とシャーウッド数の対比図において白丸は伝熱面温度が高い場合で、これらのデータはSomers⁽³⁾の關係 $Sh_x \propto (Sc/Pr)^{1/2} Nu_x$ の關係より高く、 $Sh_x \propto Nu_x$ の關係にある。一方低温のデータはいづれもシャーウッド数の小さい方につれていて、伝熱面低い程その傾向は大きい。低温実験においては伝熱面近傍に比較的長時間にわたって凝縮滴または氷片(その区別は不明である)が流下しているのが観察された。このことは相変化した水蒸気の一部または全部が伝熱面に付着しないことであつ

て上述の物質伝達率の低下の原因の一つになっているものと考えられる。

つきに対流熱流束 q_c と質量流束 m を次式で与えて熱伝達率と物質伝達率の関係を求める：
 $q_c = \lambda_a (d\theta/dy)_f$, $m = D(dp/dy)_f$

ヌセルト数 Nu_x とシャーウッド数 Sh_x

$$Nu_x = (d\theta/dy)_f \cdot x / (\theta_a - \theta_f),$$

$$Sh_x = (dp/dy)_f \cdot x / (p_a - p_f)$$

となる。そして $(dp/dy)_f = (dp/dy)_f / (d\theta/dy)_f$ であるから次式を得る。

$$\frac{Sh_x}{Nu_x} = \left(\frac{dp}{dy}\right)_f / \left(\frac{p_a - p_f}{\theta_a - \theta_f}\right) \dots\dots\dots (1)$$

右辺を R とすると $R > 1$ では不飽和で、この場合には図1より $Sh_x / Nu_x = 1$ となる。 $R \leq 1$ では相変化が生じるため R の減少に比例して Sh_x / Nu_x も低下する。しかし仮りに水蒸気が相変化せず過飽和のまま伝熱面に達し着霜する場合には不飽和域と同様 $Sh_x / Nu_x = 1$ となる。実際には相変化した蒸気の一部は伝熱面に付着するであろうし、また相変化の過程では熱力学的平衡状態からの「ずれ」があり、ある程度の過飽和蒸気が存在する。したがって $R < 1$ での Sh_x / Nu_x の値は最大値が1で最小値は式(1)の値となる。実験結果もこの範囲に存在することが確認された。

記号 D : 拡散係数, p : 水蒸気分圧, y : 霜表面からの垂直方向距離,
 添字 a : 周囲, f : 霜表面, θ : 温度, λ : 空気の熱伝導率

参考文献

- (1) Barronら: Transactions of ASME, 1965-9, P. 499.
- (2) 森ら: 日本機械学会論文集, vol. 38, No.306, P. 418.
- (3) Somers: Journal of Applied Mechanics, 1956-6,

P. 295.

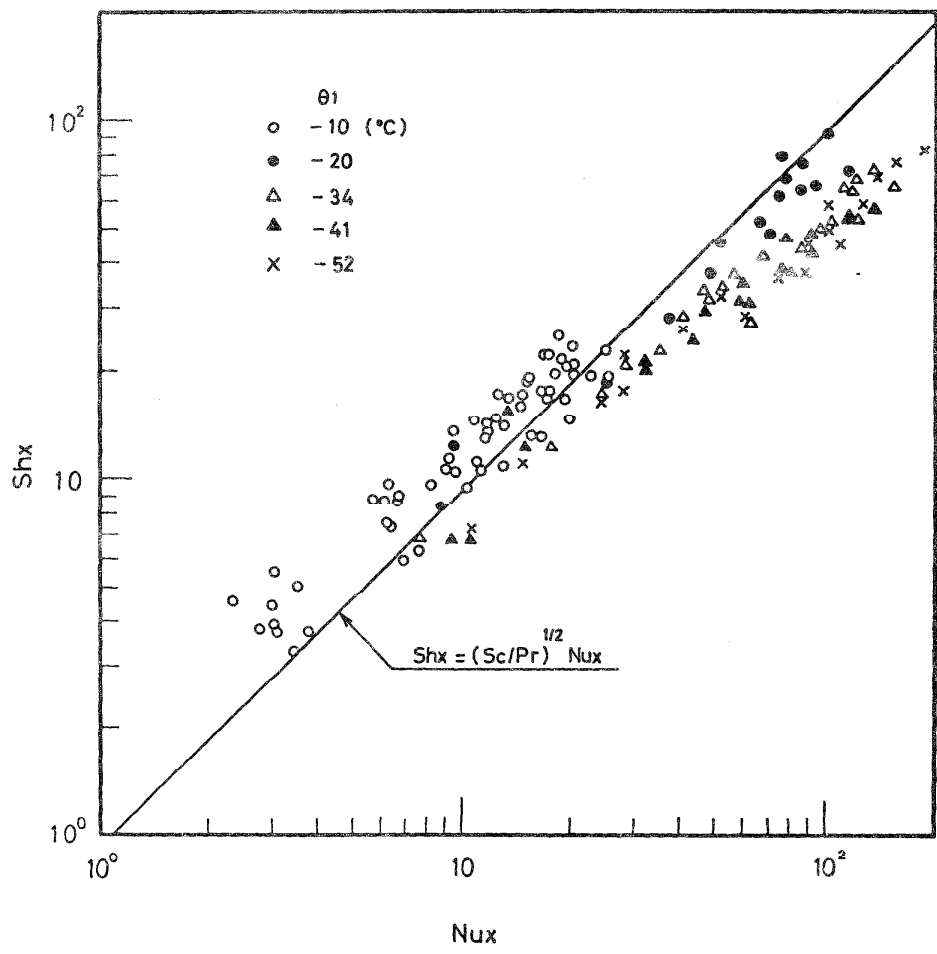


図1 物質伝達率と熱伝達率の関係

日本伝熱研究会への入会手続きについて

(1) 個人会員

葉書若くは、下記用紙に所要事項御記入の上、事務局宛御送付下さい。
同時に郵便振替等にて当該年度分の会費（3,000円／年）をお支払い下さい。
会員には「伝熱研究」及び「日本伝熱シンポジウム講演論文集」等をお送りしています。

申込書送付先：〒152 東京都目黒区大岡山2-12-1

東京工業大学生産機械工学科 応用熱学講座気付

日本伝熱研究会

郵便振替口座：東京 6-14749

銀行振替口座：第一勧業銀行大岡山支店・普通領金

（店番号145）-（口座番号1342238）

日本伝熱研究会

日本伝熱研究会個人会員申込書				（昭和 年 月 日）	
ふりがな 氏 名	年 月 日生	学位 称号			
勤務先，部，課					
同上所在地	（電話 番）				
通信先	〒		（電話 番）		
現住所	（電話 番）				
最終出身校 及卒業年月日					
備考					

(2) 維持会員

葉書若くは、下記用紙に所要事項御記入の上、事務局宛御送付下さい。
同時に郵便振替等にて当該年度分の会費（1口20,000円/年）をお支払い下さい。申込は何口でも結構です。会員には「伝熱研究」及び「日本伝熱シンポジウム講演論文集」等を申込1口につき1部ずつお送りしています。

日本伝熱研究会維持会員申込書		(昭和 年 月 日)	
ふりがな 会社名			
部 課		(電話)
同上所在地			
連絡代表者		(電話)
会試送付先	〒	(電話)
備 考		申込口数	口

〔会告〕

第 13 回日本伝熱シンポジウム
講演募集

- 日 時 昭和 51 年 5 月 26 日 (水) ~ 28 日 (金)
- 場 所 芦屋市民会館, 芦屋市
- 講演申込締切 昭和 51 年 1 月 31 日
- 原稿締切 昭和 51 年 3 月 10 日
- 講演申込先 〒 657 神戸市灘区六甲台町
神戸大学工学部機械工学科内
第 13 回日本伝熱シンポジウム準備委員会
ただし 日本機械学会会員は
〒 151 東京都渋谷区代々木 2 - 4 - 9
三信北星ビル内 日本機械学会
あて申込んでください。

○ 申込要領

- ① はがき大の用紙に「伝熱シンポジウム研究発表申込」
 - (1) 題目 (2) 概要 (100 ないし 200 字, 各セクションの構成を適正にするために若干箇のキーワードを示して下さい)
例 1 : 沸騰・管内バーンアウト・低乾き度……………
例 2 : 強制対流・管内流・うず拡散係数……………
 - (3) 氏名, 勤務先, 所属学会会員資格 (連名の場合は講演者に※印)
 - (4) 連絡先を記入し研究発表申込整理費 1,000 円とともに現金書留で上記申込先あて申込む。
- ② 講演は 1 名 1 題に限り, 講演時間は 10 ~ 15 分の予定。
- ③ 講演の採否は準備委員会にご一任願います。
- ④ 前刷原稿 : 前刷集はオフセット印刷, 原稿執筆枚数 1,927 字詰 3 枚

別紙 1 - 2

以内（日本語を原則としますが、英文タイプも可）原稿用紙は準備委員会より研究発表申込者あて送付します。

- なお、本会幹事会にて今回より上記のように講演申し込みにさいし「研究発表申込整理費」1,000円をいただくこととなりましたのでよろしく御諒解下さい。
- 日本機械学会会員は日本機械学会宛に申込みことに御注意下さい。整理費も申込手続と同列で、日本機械学会宛納入になります。

昭和 5 0 年度会費納入のお願い

本年度会費未納の方は、下記により同封払込用紙にて至急納入下さい。納入されない場合は、第 1 3 回日本伝熱シンポジウム講演論文集は配布されません。

記

会費額 一般会費 ￥ 3,000 / 年
維持会費 ￥ 20,000 / 口・年

伝熱研究

Vol. 15/No. 56

1976年1月発行

発行所 日本伝熱研究会

〒152 東京都目黒区大岡山2-12-1

東京工業大学生産機械工学科応用熱学講座気付

電話(726)1111(代) 内線2539

振替 東京 6-14749

(非売品)