

Vol. 16

1977

No. 62

July

# 伝 熱 研 究

News of HTSJ

第 62 号

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

## 日本伝熱研究会第16期役員

会 長	佐 藤 俊	
副 会 長	武 山 斌 郎(東北大)	片 山 功 蔵(東工大) (事務局担当)
地方連絡幹事	北 海 道 福 迫 尙一郎(北 大)	
	東 北 相 原 利 雄(東北大)	
	関東甲信越 長 島 昭(慶 大)	
	東海北陸 菱 田 幹 雄(名工大)	
	関 西 勝 田 勝太郎(関西大)	
	中国・四国 鍋 本 晁 秀(広島大)	
	九 州 越 後 亮 三(九 大)	
幹 事	関 信 弘(北 大)	小 林 清 志(静 大)
	幾世橋 広(東北大)	林 勇二郎(金沢大)
	山 川 紀 夫(東北大)	荻 野 文 丸(京 大)
	梅 宮 弘 道(山形大)	国 友 孟(京 大)
	中 山 恒(日立)	高 城 敏 美(阪 大)
	一 色 尙 次(東工大)	松 井 剛 一(阪 大)
	田 中 宏 明(東 大)	坂 口 忠 司(神戸大)
	棚 沢 一 郎(東 大)	浦 川 和 馬(徳島大)
	佐野川 好 母(原 研)	嶋 本 讓(岡山大)
	波 江 貞 弘(船 研)	坂 井 正 康(三菱重工)
	塩 治 震太郎(石 播)	玉 利 賢 一(鹿児島大)
	泉 亮太郎(名 大)	
監 査	高 浜 平七郎(名 大)	
	千 葉 孝 男(高砂熱学)	
第15回	日本伝熱シンポジウム準備委員長	関 信 弘(北 大)
第16期	「伝熱研究」編集委員長	棚 沢 一 郎(東 大)
第11回	伝熱セミナー準備委員長	弓 削 達 雄(東北大)

# 伝 熱 研 究

## 目 次

ごあいさつ .....	佐藤 俊 .....	1
第14回日本伝熱シンポジウムを終えて .....	植田 辰洋 .....	3
第14回日本伝熱シンポジウム：オープン・フォーラム概要		
OF-1：これからの伝熱研究について .....		5
OF-2：レーザーを用いた伝熱実験技術 .....		15
OF-3：ナトリウム蒸着（ミスト生成を中心に） .....		18
OF-4：高性能伝熱面 .....		20
OF-5：核融合に関連する伝熱問題 .....		22
OF-6：ペーパー・エクスプロージョン .....		24
雑 感 .....	千葉 徳男 .....	27
Boston 滞在記 .....	伊藤 猛宏 .....	29
地方グループ活動報告		
(1) 東北研究グループ .....		32
(2) 関東甲信越研究グループ .....		36
お 知 ら せ		
(1) 日本伝熱研究会第15期（昭和51年度）活動報告書訂正の件 .....		42
(2) 第6回国際伝熱会議について .....		43
(3) 第1回人間-熱環境系シンポジウムについて .....		44
(4) HMTの発刊について .....		46
(5) 編集委員から会員の皆様へのお願い .....		48
(6) 「伝熱研究」に関するアンケート .....		49

## ご あ い さ つ

第 16 期会長 佐 藤 俊

このたび図らずも会員の皆様のご推挙により、伝熱研究会の会長をおひき受けすることになりましたことは、私にとりまして身に余る光栄に存じますと共に、責任の重大さを痛感し、いささかとまどいを感じている所であります。約17年前、本研究会の設立について話し合いを持った頃には、とても想い至らなかった現在の本会の隆盛は、まことにご同慶に耐えない所でありまして、歴代の諸会長ならびに役員の方々のご努力と会員各位のご協力の賜と存じます。しかし、既に幾度と論じられているように、発表論文数、参加者数の増大が逆に本会の本来の目的の達成にいろいろの問題点を生じていることも、いなめない事実でありましょうし、本会が曲り角に立っていると言われる所以であるかと存じます。そもそも、本会の創設期に話し合われた本会の主たる目的はつきの2点に要約されるかと存じます。その1つは当時境界領域的であって、各分野でばらばらに研究され充分横の連絡のなかった伝熱ならびに移動現象方面で活躍し、これに興味を持っていた研究者が一堂に会して論議し、意を通じ合う場を持つことにより、伝熱工学のよりよき纏まりと発展に役立てることであり、他の1つは、既に乱立気味であった既成の学協会のあり方にとらわれず、もっと自由に好き勝手な討論が行える場を作ろうと云うことであったと記憶しております。第1の目的に対しては、その後伝熱工学が定着した領域として、基礎研究分野から順次応用方面へと領域を拡げつつ着実な発展を遂げつつあり、なお充分と云えない点はあるとしても、本会がこの分野の纏まりと発達に大きな役割を果たしていると云えると存じます。しかし、従来の既成の学会でのフォーマルで且つ充分な時間を持たない研究発表の場での討論の改善をめざす第2の目的は、会員数やシンポジウム参加者数の増大につれて、当然のことながら、いよいよその達成が困難視されて来ております。言いまでもなく、特にここ数年の諸会長ならびに役員の方々がこの点に留意されてインフォーマルミーティング、夏期セミナー、地方グループ講演会のあり方と共に種々の工夫と努力を積み重ねて来ておられる所ではありますが、にも拘らず、必ずしも本来の目的を充分に果していると言えるのだろうかとの危惧の念を多くの方が禁じ得ない所ではないかと存じます。本会の創設の精神を生かしつつ、多数の会員の方々の希望に添って、本会を真により意義のあるものとするために、いささかでも微力を尽すことができればと念願してはおりますが、多くの問題点に比して、余りにも非力な目を省みております。幸にして、武山・片山両副会長をはじめ、有能な役員・幹事の方々のご協力がえられておりますので、ともし

も努力して行きたいと存じておりますが、上記しました成果を少しでも達成致しますために、会員の皆様からの積極的且つ建設的なご意見とご協力・ご鞭達を切にお願い申し上げます。

## 第14回 日本伝熱シンポジウムを終えて

準備委員長 植田辰洋

ややむし暑さを感じるものの、まづまづの天候に恵まれ、5月31日、6月1日、2日の3日間をわたって、第14回日本伝熱シンポジウムが東京都、都市センターに約500名の参加者をむかえて盛大に行なわれた。

今回の伝熱シンポジウムは5室、発表論文151編、オープンフォーラム6件であった。6月2日の夕刻、全講演とオープンフォーラムが終り、各室の資材搬出をすませたあと、一人会場のロビーで煙草をふかした。無事にすんだという安堵感と、熱気のたった会場の様子に回を重ねた伝熱シンポジウムの重みを噛みしめた。

このシンポジウムがわが国伝熱研究者の最大の行事となってすでに久しい。このように発展したのは、伝熱研究が多くの分野に関連し、その方面の研究者の参加を得られるようになったことにも原因するが、それ以上に、伝熱研究諸先達の学問に対するきびしい姿勢と活潑卒直な討論、同学の士の集まりという連帯感にかもし出される暖かい雰囲気、このシンポジウムの魅力となっているためと思われる。しかし、このように伝熱シンポジウムが盛大になると、それにとまらぬむずかしい問題がでてきていることも事実である。問題点については先回の伝熱シンポジウム準備委員長をつとめられた赤川先生が、「伝熱研究」58号に詳しく述べられているとおりである。最大の問題は講演論文数が増大し、時間的・場所的制約のために、一つ一つの論文について十分な討論を行ないにくくなっている点である。すでに前回から、3日間、インフォーマルミーティングを含めて5室という運営上の限界にきている。

この問題については、かねてから議論が重ねられ、いろいろの方法が提案されている。研究室あるいは連名も含めて研究者あたりの講演数を制限すべし、事前査読によって講演内容を精選しては、それはむずかしいから研究者の自己規制にまつしかない、国際伝熱会議のように伝熱関係だけに限定したり、間接発表方式を採用してはどうか、研究発表の討論を制約するぐらいならインフォーマルミーティングを取やめるべきだ、等々。今回の準備委員会の仕事も、この問題の討議から始まった。

若い研究者の多くが研究発表をすることにより直接主体的に参加できること、伝熱研究に広い関連分野を含めていくこと、この何れもが伝熱研究発展のエネルギー源であるという考えから、講演については、結局は従来通りとし、会員の自己規制に期待することとした。インフォーマルミ

ーティングは過去2回行なわれ好評で、シンポジウムとよぶ所以であるともいえなくもない。しかし、回を重ねると討論会より講義会になる懸念がある。講義会としても勿論有意義ではあるが、希望としては討論会であってほしい。このような考え方から、今回はオープンフォーラムと名称をかえ、「これからの伝熱研究について」という特別企画以外は、できるだけ焦点を絞ったテーマを取上げることとした。

講演申込期限が近づくと申込件数が大変気になった。ところが、件数ははじめて前回は下まわり、最終的には第13回伝熱シンポジウムに比して20編あまりの減少となり、討論時間や出席者相互の懇談をして頂く休み時間を比較的多くとることができた。講演数減少の理由は明確ではないが、少なくとも一因は会員の自己規制による結果と思われる。それにしてもオープンフォーラム「これからの伝熱研究について」の参加者の多かったことは印象的であった。伝熱研究の将来にとれほど強い関心もたれているかを端的に示している。夜の会合にもかかわらず、最大のA室に入りきれなくなり、隣室の事務本部まで立錫の余地もなくなった。参加費が高いという御意見がある。準備する側としては大いに気になる点で、これと講演数増大に対応する方法として、大学を利用することも検討した。しかし、便利な場所、比較的設備がととのい、コーヒーでも飲みながらの懇談の行ないやすい所、ということを優先したため、一般の学会よりやはりかなり高い参加費になってしまった。今後の検討事項の一つであろう。伝熱シンポジウムは伝熱研究会の主要な行事であり、そのあり方、運営方法については、研究会幹事会において引続き御討議願うことになっている。現在のよい雰囲気さをさらに盛上げ、質的にもより充実したものとなることを期待している。

最後に、このシンポジウムを盛上げて頂いた座長の方々、オープンフォーラムのオーガナイザ、話題提供者の方々、準備委員として長期にわたり熱心な御協力を頂いた東京大学伝熱関係研究室の方々に心からお礼を申し上げます。プログラム編成は伝熱研究会幹事会の御意見を勘案し、準備委員全員で時間をかけて行なった。また、論文集印刷全般は甲藤・土司研究室、会場の設営と運営は主として内田・斉藤研究室と平田・笠木研究室、オープンフォーラムと懇親会は棚沢・西尾研究室と秋山・班目研究室を中心に進めて頂き、庶務会計は植田・田中研究室が担当した。まことに気持ちよほど組織的な御協力を頂いた。重ねてお礼申し上げます。

## 第14回 日本伝熱シンポジウム：オープン・フォーラム概要

### OF-1：これからの伝熱研究について

司 会：一色尙次教授（東工大）

話題提供：西川兼康教授（九 大） 佐藤 俊教授（京 大）

青木成文教授（東工大） 甲藤好郎教授（東 大）

（なお、予定されていた長谷川康教授（静岡大）は残念ながら御都合つかず御欠席）

一色： 伝熱シンポジウムは14回目を迎えたが、毎回のように標記のような議題が取り上げられている。数年前までは、伝熱研究としてもやるものがないのではないかという危機感から行われたと思う。しかるに昨今はエネルギー危機感の方が表に出てきて、やるべきことが多くなってきた。また、かつては公害などの問題が多くあったが、最近はエネルギー不足の問題がとって代ったように見受けられる。このような状況のもとで、若い方もベテランの方も大いに御関心があることと思うので、今回は4名の先生に話題提供をお願いして、この問題を皆で考えていきたい。

西川： 私に与えられたテーマは伝熱研究の組織的な取り組みについてということであるが、必ずしもそれにとらわれず、考えを述べてみたい。

まず、組織的な方組みに関することでは、学術会議におけるエネルギー工学研究所構想を紹介する。これは、伝熱研究の分野も含めてとくにエネルギー問題についてもっと組織的な研究をやらねばならぬというところから考えられたもので、エネルギー工学という学問が本来にあるのかどうかは問題であるが、ともかく、従来の機械・電気・化学とかの素地をもった分野の人がエネルギーに関して学際的な連繫を保ちながら研究をする中枢研究所が必要だということに根ざしている。

この構想によれば、研究部門は1～5群まであり、第1群はエネルギー共通のソフト関係、第2群はエネルギー変換工学、第3群はエネルギーの輸送と貯蔵、第4群は省エネルギー工学、そして第5群はエネルギーの安全と環境をそれぞれ担当する計画になっている。設備は大電源を中心とした各設備であり、各大学からそれらを利用できるように考えられている。また、ソフトな面も併せ持つことになっている。

この研究所の主目的はわが国のエネルギーの研究の方向を一つにもっていくことである。教育に関しては、横型大学院を作って大学院教育が行われる。場合によっては客員研究員



を多数おくことも考えられている。

伝熱はエネルギーに限ったことではないが、密接に関係しており、とくに社会の情勢としてエネルギーへの関心が高まっている折でもあるので、こうした研究所において伝熱研究のある面での方向づけをしていくことが大切であろう。

なお、核エネルギーそのものの研究プロジェクトは、この研究所の構想から一応除くことになっている。原子力はそれ単独で別途大がかりな研究機関があるためである。ただし、エネルギー全般の立場から、他との関連において必要な部分は原子力といえどもこれに包含させることになっている。このエネルギー工学研究所案は、今年、学会会議から勧告として出される予定である。

さて次に、現在の伝熱工学の各課題分野の研究がどういう割合で行われているかについて、機械学会の懇談会でいつか話したことがあるが、これをエクステンションして若干説明したい。伝熱研究は非常に盛んだが、必ずしも実があるかどうかには疑問があるように思えるので、この問題を話題として取上げたわけである。

国際伝熱会議や日本伝熱シンポジウムでの講演件数、およびASME Transactions や日本機械学会論文集など（雑誌の種類はごく限定して調査した点を断っておく）に掲載された論文件数を、国の内外別に、各課題分野ごとに整理すると、図1、2および3のような割合になる。ここで、論文集件数としては年度別と累積件数（論文）の二種のまとめ方をしてある。また、対象とした課題分野は具体的には、熱伝導、強制対流、自然対流、沸騰、二相流、凝縮、輻射、応用などに分かれている。

年度別の大体の傾向をみるとつぎの点が目立つ。1) 強制対流の研究発表の割合は国内外でほぼ同様だが、論文になるものが日本ではかなり少い。その原因は、日本の研究がどうしても大学に偏っていて研究費が少いためと考えられる。2) 沸騰では逆に論文化される割合は日本の方が多い。3) 二相流については発表件数の割合も論文の割合も日本が多くなっている。4) 応用方面では両方とも日本は非常に少い、これに対してASMEあたりでは71年頃からこの方面の割合が急速に伸びてきているのが目立つ。

累積論文数の割合については、つぎの点が指摘できる。1) 強制対流に関しては論文が日本では少い。2) 沸騰については日本は約1年遅れで国外と同型のグラフとなる。ただし、ブール沸騰に偏っている。3) 二相流は日本が圧倒的に多い。実験装置が比較的作り易く、また、研究としてまだ決定打が出てないことなどがその原因であろう。なお、これに関していえば、大学の研究費が乏しくなっているために、やり易い研究に流されて、本当に必

S (%) : 全発表論文数に対するその分野の論文数の割合 (シンポジウム)

P (%) : 全発表論文数に対するその分野の論文数の割合 (論文集)

N : 累積論文数

y : 発表年度

D : 熱伝導

TP : 二相流

FC : 強制対流

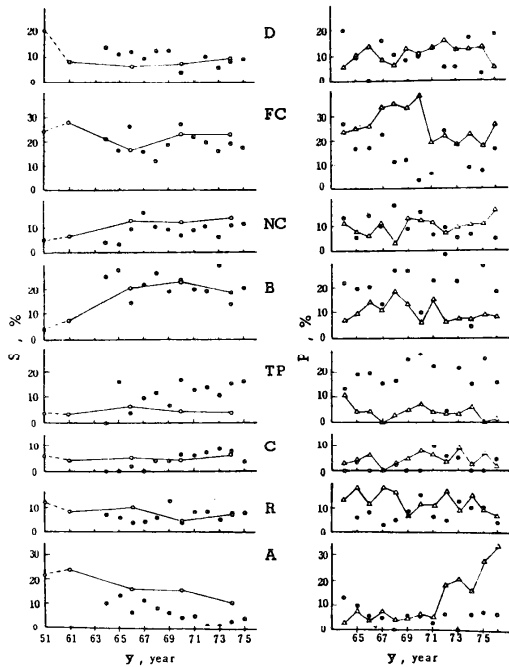
C : 凝縮

NC : 自然対流

R : 輻射

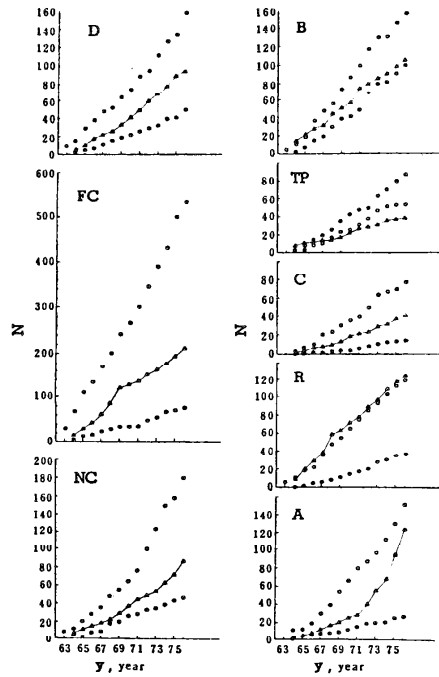
B : 沸騰

A : 応用

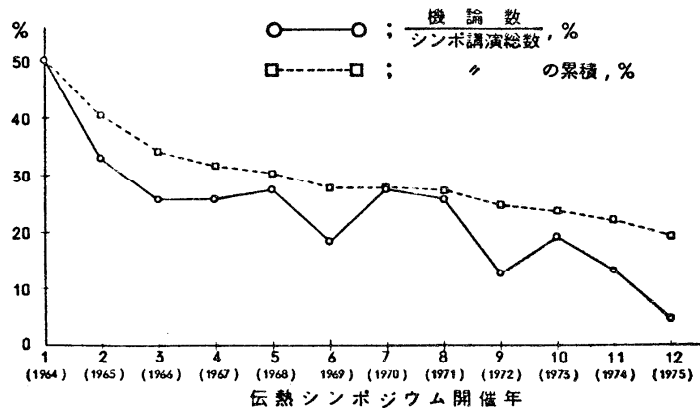


第1図 シンポジウムにおける論文割合  
○ IHTC  
● SHTJ

第2図 論文集における論文割合  
△ ASME  
● JSME



第3図 論文集における累積論文数  
○ IJHMT  
△ ASME  
● JSME



第4図 伝熱シンポジウム講演発表のうち論文化された割合

要な研究が行われていないのではないかという気がする。日本独自の技術を育てるために、産業界が大学の研究を積極的に支持する努力が大切であると思う。4) 輻射についてみると、米国では宇宙開発などの面での必要に根ざしており、凝縮も実際問題からの要求から研究がふえている。一方、これらの研究面で日本は大分遅れている。それは社会の情勢への反応が遅いというか、あるいは、外国で急に伸びているからひとつやってみようということなのか、というふうにも読みとれる。5) 応用方面は前述のように、とくに米国では研究割合が急増している。今回の伝熱シンポジウムでは会社関係が20数編と大分ふえてきたが、前々回あたりは非常に少く、全体の数%であった。大分多くなったとはいえ、世界の傾向からはかなり立遅れている。

伝熱シンポジウムの講演のうちの論文化の割合をみると、図4に見られるように、初回は50%であったものが漸減し、20%程度を経て、累積割合はなお徐々に減ってきている。伝熱研究は盛んになっているが、本当にこれでよいのだろうか。

佐藤： 伝熱に関する教育面の話題を提供するということであるが、教育面の問題を将来にわたって考えることは仲々の難問である。が、そうもいっておられないので、これを機会に主な大学のカリキュラム内容を調べてみた。その結果、予想されたように、大学によりまた学科により伝熱関係の講義の名称も伝熱学、移動現象論などとまちまちであり、さらに時間数も半期から1年半（週に1.5～2時間）と約3倍の開きがあることが明らかになった。講義の名称や内容について、機械、化学工学、原子力、建築などの各学科によりバラエティがあるのは、それぞれの方針がある以上、当たり前ともいえる。

機械関係の学科では流体力学は伝熱とは別になっており、運動量輸送は流体力学の方で扱っている。伝熱の講義の名称としては伝熱学あるいは伝熱工学が多い。化学工学科では移動現象論、移動速度論などといった名称となっていることが多いが、内容的には機械の場合とそう変っているわけではない。ただし、物質、運動量、熱の三者のウェイトのおき方がかなり均等であり、これは化学工学では化学反応や物質移動との関連が重視されるためであろう。原子力や建築などの学科では、それぞれ実際応用面の教育に力を入れているようだ。

学部教育は基礎的な分野に重きをおくのがふつうの考え方であると思うが、最近の伝熱研究をみていると、具体的な応用的な面も伸びており、限られた時間の中で応用面をどの程度学部教育に入れるかが問題であろう。私は考え方を重視する立場をとっており、応用的なものにつなぐのは大学を卒業したあとでも可能だろうと思っているが、世の中の要請は必ずしもそうではないようだ。

一方、基礎的な考え方という点についてみると、たとえばエンジニアリングサイエンス的な考え方の一例として、輸送現象+速度論(時間のレート)→輸送(あるいは移動)速度論のように総合する行き方がみられる。この例のように、総合して反応までつなげるような感覚で学問的視野を拡げて、伝熱あるいは輸送現象の位置をきちんと位置づけようという傾向が強い。

この考え方に対して具体的にどう対応するか、すなわち、速度論的なものを教育にどの程度含ませるべきか、また、速度論といえば熱力学の方でも不可逆過程の熱力学が関連深くなってくるが、非平衡熱力学をどこまで講義に持ち込むべきかなどと、いろいろ問題がある。

私は、速度論としてOnsager定理あたりまでを入れるのはやむを得ないとしても、輸送現象と必ずしも組合せなければならないとは思わない。速度論はrate processとして別途講義する方が筋が通ると考える。

元来、伝熱学には基本的に伝導・対流・輻射があるわけであるが、とくに輻射は背景がかなり異っており、これをきちんと学ぶにはミクロな基礎的なものを充分理解することが必要で、それをふまえた上で輻射の講義が行われるというのでなければならない。機械関係の学科では統計力学や量子力学をやっているところはまだそう沢山ないが、しかし、段々とミクロな方向の教育も必要となるであろう。その方向でなければ、輻射に対する本当の理解というものは得られないと思う。工学的にいても、その辺りをきちんとしておく

ことがむしろ重要である。

基礎的な面で重要なもののもう一つの例として流れの乱れを挙げておきたい。乱流伝熱あるいは乱流域の輸送現象の問題など、講義の面では相似則的な感覚で簡単に済まされてきたきらいがあるが、乱れについて最近はつきりしてきた点も多いので、もう少しその辺は丹念に扱う必要があるように思う。

青木： 原子力の方面で、現在、安全性などに関して熱の問題が沢山出ているので、それらを簡単に御紹介したい。私に与えられた題目の中の新技術云々という点については、これから話すことの測定その他のために新技術があるかも知れない、というふうに受取ってもらいたい。以下、スライドにより説明する。

原子力の熱の問題は大別して安全設計と安全性の二つの関連に分けられる。前者は定常的な問題であるが、後者では非定常性がかかわってくる。

安全設計関係の主要課題のごく概要はつぎのようである。1) 沸騰熱限界：すでに前々回の伝熱シンポジウムでも話したように、BWRではHench-LevyからGEXLへと進展しており、またPWRではW-3相関式を基礎として各種のファクタの導入により軸方向非均一発熱の影響やスベータの影響などを評価している。コールドウォール効果、スベータファクタなど、かつて日本機械学会の分科会でも指摘された点であるが、それが現実の問題となっているわけである。2) 彎曲燃料棒のDNBR：日本からコロロンビア大学に研究委託を行った結果、この問題に対するわが国の見解や処置の適切なことが立証された。先般開催されたザルツブルグ会議に報告したところ、各国から非常な注目を浴びた。3) PWRの蒸気発生器でのdry-wet現象：これが生じると約20℃の温度差ができることが実験的に確認されており、それが原因となってリン酸ソーダが濃縮されパイプの故障につながったものと考えられている。現在はヒドラジンによるボラタイル処理方式に改善されている。4) FBR用蒸気発生器の水側の流動不安定問題、5) Na蒸着：液面からカバーガスの中にNaが蒸発し、周辺に凝着する問題（OF-3を参照）、6) FBR燃料アセンブリに関する熱解析、7) HTGRの炉心における乱流から層流への遷移、など。

つぎに、安全性関係の主要課題のごく概要を説明する。1) 冷却材喪失事故（想定事故の一種）におけるブローダウン時の流動と熱伝達：非常用炉心冷却系（ECCS）は原子炉圧力が下がると作動するので、その作動に関連して、圧力の下がり方が問題となる。BWRでは再循環系配管の両端破断の場合を最大とし、計算では破断口を小さくしていった、結果が一番きつくなるところで安全を評価している。そこで出てくる臨界流についてはMoody

の式が使われているが、破断口径などがどう影響するかが問題である。2) 非定常 DNB, 3) ドライアウト。4) 炉心スプレイの熱伝達：強制対流膜沸騰には Dougall - Rohsenow の式、プール沸騰には修正 Bromley の式（以前は Ellison の式）などが用いられている。5) 再冠水とクエンチング。6) 水-蒸気直接接触による凝縮：下からのフラッシングで、注入した水が上へ押しあげられ、同時に破断部から水がバイパスしていく問題に関連。このフラッシングは圧力容器自体に溜まっていた熱で蒸発することが影響しており、熱伝導と蒸発の問題である。7) ポスト DNB またはポスト CHF：非平衡で取扱うのが現在の傾向である。昨夏、トロントのホテル（次回国際伝熱会議の会場に予定されている）で ECCS に関する OECD 非平衡二相流会議があり、この非平衡問題が議論された。8) 燃料棒まわりの CCFL (Counter current flow)：炉心スプレイの効果を左右する問題であり、日・独・米の二ヶ国による分担協働研究が米年あたりから進められる予定である。研究成果をやりとりしながら原子炉の系としてインテグレートしていくことになる。9) BWR 圧力抑制プール：水面振動の問題。10) PWR アイスコンデンサの伝熱：約 1200 ton の氷による空気-蒸気-氷の間の凝縮水インタラクション。また、FBR に関しては 11) Na 沸騰。12) ブロッキングされたところの熱伝達。13) 熔融燃料と冷却材の相互作用（OF-6 を参照）。14) コアキャッチャ。15) Na-水反応、などの課題がある。ブローダウンモードについては、PWR, BWR それぞれの場合をスライドに示すが、両者とも流量の逆流が生じる。こういうときの熱伝達の評価など、さらに検討を進める必要がある。先に述べた CCFL の問題や、PWR における炉心上部注入系（UHI）（これについてはわが国で独自の実験研究が行われている）の構成などがこれに関係する。

原子炉安全性の研究方式には 1) 総合効果試験や 2) コンポネント試験などがあり、前者は実物に近い大きさ、あるいは総合的に比例縮小したモデルで実験が行われ、後者はたとえば燃料だけ実物大のものを使って実験が行われる。こうした研究を通して計算コードを充実していくわけで、この種の研究は日本では動燃事業団や原研で、アメリカではアルゴン国立研究所などでそれぞれ進められている。

しかし、いろいろな式の妥当性など、上述の大型の研究からだけではわからないところがあり、どうしても 3) 技術的基礎研究（scoping test）が必要となってくる。この scoping test は科技庁の来年度総合計画の中でとり上げられており、大学の役割りが大いに期待されている。

原子力分野でも、日本で主導権をもってやっている研究や開発は多いのだが、企業サ

イドの研究は世界的な傾向として仲々表に出てきにくい。大学でも関連研究がもっと行われることが望まれる。

甲藤： これからの伝熱研究について考えるというような企画はこれまでも絶えずあり、たとえば

1) 第5回国際伝熱会議の最後のしめくり(閉会式)の際の米・ソ・オランダ・インド各国からの4人によるFuture scope of heat transfer researchとか題した講演(のちに伝熱研究に要約が掲載済)、2) 同じときのRound table discussions 「70年代の伝熱研究」(Sabersky教授司会、内容はその後さらに充実されてIJHMT誌に掲載された)。3) 「伝熱研究」にその1~3として掲載された座談会記録「伝熱工学の将来を談ずる」、4) 機械学会誌に約2年前に掲載された一色教授からの御寄稿「伝熱の将来」、などを読めば大体はこと足りるともいえるし、また、毎回こういうことを論ずるのが果して役に立つのかという気もするが、まずは求めに応じて私見を述べることにする。

さて、「これからの」というと未来ということになり、未来学などというものもあるようだが、いわゆる未来学というのは工学的手法の応用でこれからの将来の社会を推しはかろうとする式の浅薄な考えであって、われわれの根元的な命とか、変化していく宇宙とか、そういうものからくる生きた歴史を忘れており、また自由意志や自由な決定権を軽視するものであるから、こうした点に大きな嫌悪感を持つ。科学的方法がここまで進歩すれば未来が見渡せるというのは思い上がりである。異論はあるかも知れないが私はそう思う。

将来の問題については、ある種の山勘に頼るほかない。いわば易者のなとらえ方であるが、ここで重要なことは、木米を考えるには伝熱工学など、一つの専門だけからでなく、広く世の中を考える必要があるという点である。

現在、われわれはバイキングで火星の状況をカラーで見ることがもできるし、高性能コンピュータや核融合など、すさまじい科学技術が随所に見られるが、これらはいつ頃を起点としているのかを、まず考えてみたい。ふつう、これはJames Watt(220年前に特許)と考えられがちだが、私は起点は1850年頃だろうと思う。

1851年はロンドンのハイダーパークで第1回万博が開かれた年であるが、学問的にもそれ以前はNewton力学しかない。大体、1850年頃の前後に熱力学第1法則、第2法則、Maxwell電磁気学がでて古典物理学が完成し、その後、相対性理論、量子論などが出てきた。技術的にも内燃機関、Bessemerの製鋼法なども1850年頃以降である。

それから現任まで約130年が経過している。日本は明治維新が(その前夜も含めれば)約130年前であり、ということは、日本は幸か不幸か現代を世界と一緒に生きてくるこ

とができたと考えてよかろうと思う。この期間を10倍すると1300年になるが、現在からそれだけさかのぼると、それは壬申の乱の頃にあたり、天武天皇が勝った結果として日本ではじめて律令制確立の端緒が開かれたという古い話になる。

われわれの現代はその1/10という短い時間である。この時代の特色は進歩の時代であるといつてよい。これは科学技術に限らず、オリンピックでもまだ記録記録とがんばっている。この状態は記録更新の余地のある当分の間は続くように思われる。これから30～40年くらいは現代の時代が続くであろうが、しかし今から10～20年もたてば、世の中は非常に変わると思われる。国際伝熱会議を日本で開こうと、はじめて日本で相談したのは第3回伝熱シンポジウム(仙台)のときであった。当時は将来どうなるのか見当もつかなかったが、それから約10年たった今、国際伝熱会議の開催も経験し、国際的活動も広がった。ことさらに変化が急だから、とくに若い人々は触覚を伸ばしてこれからの世の中がどう変化するかを考えていく必要がある。

さて、ここで従来の伝熱工学がどのように発展してきたかを振り返ってみると、現代の伝熱工学はここ20年間のものがほとんどで、それ以前のは相似則に頼るといった傾向をはじめとして、現代の伝熱学とはおよそ異質である。また、昭和30年頃にあつては、現在のような伝熱の隆盛がくることなど見通すこともできなかったといつてよい。

その20年間の急な発展の原因は何であつたらうか。私は宇宙、原子力などからの強い駆動力の他に次の2つが主因だと考える。1) コンピュータ: 1942年頃より米国で研究が始まり、1946年にはじめて大量の真空管を用いた旧式実用機ができたが、その後の新形式コンピュータの驚くべき発展がある。2) 「運動量・熱・物質」の「拡散・輸送」現象という広大な分野をもっていたこと。

では今後20～30年間の伝熱工学はどのようになるだろうか。私は次のような面を含めて、伝熱工学は依然として進展するように思う。1) 多種多様な応用面の開花(西川教授も御指摘)、2) エネルギー分野(原子力については青木教授より具体的内容の御説明があつた)、3) 熱力学の関係する問題: 二相以上の相の平衡や変化などの、平衡・非平衡性の問題、4) 生体、5) 放射(量子力学)(佐藤教授も御指摘)。一般的に伝熱工学の内包している問題について、基本からさらに拡がる形で発展していこう。とくに材料・システム・生体・エネルギーなどの今後の科学技術の主要な柱に関連する問題など、多くの伝熱研究課題が待ち受けていると考えられる。

これに対応すべく、願わくは新しい学問的手法、たとえば1) 数学的手段(ミニコン、大



容量化などを含む)、2) 物理的手段( レーザ、ホログラフィなどを含む)の面でのさらに新しい手法、が展開されてほしいと思う。

最後に、日本の伝熱研究者として、持つべき心構えについて反省・自省を加えながら以下の4つの点を指摘しておきたい。1) 合理性・論理性の向上：学問の構成やデータなど、どこが大事で、どこがどうつながっているかについて学問的知識全体を合理的かつ論理的に把握する力を養う。研究テーマの選定などについても、何が重要かをさらに合理的に検討する必要がある。2) 言葉を正確に使用し、定義は明確にしておく：科学技術用語として日本語はあいまいな国語であるが、とくにそれを正当に使用する努力がいる。たとえば、「相似」と「類似」が混用されていたり、「渦」と「eddy」を区別する言葉もないというような現状を改善していく必要がある。3) お互いに客観的に定義された言葉や論理で研究を進める：論理的な構成能力が身につけば、組織的な研究活動もみどりある形で進めることが容易となる。4) 若々しい創造性とバイタリティを持つこと：ただし、科学的論理の欠如したバイタリティは世の中を攪乱するだけで弊害が多いので、注意を要する。

( 以上の話題提供が終了したのち、司会者による要点のレジメが行なわれ、引續いてディスカッションにはいった。

この部分、録音不調の箇所もあり、また、ここでは紙数の関係もあるので記録は省略することとし、おもな項目のみを列記しておきます。)

- 1) エネルギー工学研究所構想への要望ならびに問題点の指摘
- 2) 応用研究の重要性、および学術論文としての評価の姿勢について
- 3) エネルギー問題の中での熱工学の役割の重要性
- 4) 理学と工学をつなぐ工学の重要性
- 5) 省エネルギーと熱工学 など。

一色：大変有益な話をいろいろ聞かせて頂いて、今日の会合は実に有意義であったと思う。とくに、伝熱工学はまさに工学であるとの認識の方が多いいい感じを受けた。伝熱工学には純粋科学の面もあり、理想主義的な面もあり、そしてエネルギーの葬儀屋的な役割もある。このように多彩な面があるので、今後多くの問題が起ってくるにつれてますます多くの研究をする必要がでてくるだろう。伝熱工学の重要性やその発展の姿は今から十数年前に議論された時の比ではなく、実に洋々たる未来が感じられる。

2～3日前に開かれたガスタービン国際会議において、ASMEの委員長のRice氏が、"Gas Turbine for the Freedom and Peace of Mankind"なる言葉をとなえて

おられたが、私もそのスタイルを借用していうならば、「人類の自由と平和のための伝熱工学」をこれから皆さんと一緒に作っていきたいと考える。本日の御協力を感謝します。

〔文責 秋山 守(東大)〕

## OF-2: レーザーを用いた伝熱実験技術

司会: 大場 謙吉(阪大)

レーザー技術は、近年応用面での進展が著しく、伝熱研究の分野でもレーザーを用いた実験が散見されるようになってきている。そこで、このオープンフォーラムは、伝熱および関連分野で実際にレーザーを用いた実験に従事されている方々に、その経験を基に実験技術上の様々な話題を提供して頂くことにより、今後のレーザーの用途について研究者諸兄の参考に供するとともに、伝熱の分野においてレーザー技術をさらに有効に利用するための一助とすべく企画されたものである。以下に提供された話題の題目、発表者および要旨を掲げる。

### ① レーザーフラッシュ法による熱測定(電総研 神本正行氏)

この測定法の原理は、レーザーパルスを平板試料前面に照射し、裏面の温度上昇を記録するものである。もし、i) 試料が断熱され、ii) 照射時間が十分短く、iii) 前面での光吸収が一様であれば、時間対温度の履歴曲線より熱拡散率は  $\alpha = 1.37 L^2 / \pi^2 t_{1/2}$ 、比熱容量は  $C_p = Q / \rho L \Delta T_{max}$  より定まり、両者より熱伝導率も定まる。ここで、 $L$ 、 $\rho$  は試料の厚さと密度、 $\Delta T_{max}$  は最大温度上昇値、 $t_{1/2}$  は温度上昇が  $\Delta T_{max}$  の半値になるに要する時間、 $Q$  は吸収されたエネルギー密度である。この方法の主な特長は試料が少なくてもよいことと測定時間が短いことにあり、従って装置が簡単になり、また広い温度範囲で測定可能となる。

測定誤差は仮定 i)、ii)、iii) と現実の条件との差より生ずる。温度測定(熱電対の応答性など)、 $Q$  の測定にも問題が少し残されている。これらについての対策が示された。BeO の熱伝導率、燐化ウランの高温熱容量の測定例が実験装置から測定結果まで含めて紹介された。最後に本方法による液体、粉末の熱容量測定などの展望が示された。

② ホログラフィ干渉法を利用したノズル内流動の可視化 (東工大 柏木孝夫氏)

ホログラフィ干渉法の原理と手法, レーザー光源, ホログラム感光材料および実測例が講演者の経験を基に述べられた。ホログラフィにおいては, ある時間に発生した物体からの信号波面を参照波面と干渉させることにより, 信号波の振幅を干渉縞のコントラストで, その位相を干渉縞の横移動の形で記録する(ホログラム)。このホログラムは信号波の持つ全ての情報を記録しており, 任意の時間に信号波を再生できるので異なった時間における同一物体からの波面の干渉測定が可能になる。

ホログラフィ干渉法のうち, 非定常現象に有効な実時間法と定常現象に有効な二重露光法がよく用いられる。講演者は二重露光法を用いて光路長  $44.5\text{ mm}$  の二次元ノズル内の空気臨界流を可視化した例を紹介した。得られた密度分布はノズル内の境界層の流れに沿った発達を正確に捉え, 数値計算および伝熱実験の結果とよく一致した。

③ カウンティング法によるレーザー Doppler 流速計の試作とその応用 (神戸大工 中島健氏)

講演者はレーザー流速計(LDV)の信号処理器の試作に数年の経験を持っているので, LDVについて主に信号処理系を中心に話題提供がなされた。散乱粒子の空間分布の不均一性と散乱光同志の干渉の結果, 信号のドロップアウトが不可避免的に生じ, 信号はburst型になるが, burst信号に強い処理器として周波数カウンターが選ばれ自作された。その原理はビート信号波8個が含まれる時間間隔を測ることにある。しかし, より詳細な検討によると波形の立ち上りでとった周期と立ち下りでとった周期とが異なることに起因する誤差が信号処理の途中で生ずる。このため, これら2種の周期を加算する加算型周期カウンターを試作し, 誤差を減少させ得た。

測定例として, 回転円板の周速度, 予混合火炎内の速度と乱れ強さ, 内部発熱流体内の速度, ロッドバンドル内の流速などが示された。

④ Measurement of the size and velocity of liquid droplets in nozzle two-phase flow (Institute of High Temperatures USSR G. Tsiklauri 氏)

二次元ノズル内の空気, 水蒸気-水噴霧二相流の液滴速度と滴径分布の光学的測定法が紹介された。粒径測定は一本のレーザービームを噴霧に照射してその散乱光を二方向で受光し, それらの強度比を得, Shifrinの球粒子に関する「散乱関数表」によって強度比を滴径に変換している。同時に粒子数密度を透過光強度の減衰量より得ている。滴速度は流れ方向に並んだ2本の平行ビームを流路に直角に入射し, それらの透過光強度の相互相関より滴の飛行時間を得て計算している。

二つの測定例が紹介された。一つはノズル中での水蒸気の均一核生成の問題であり、超音速流中で生じた微小な凝縮液滴の数密度と滴径の局所値がHe-Neレーザーを用いて測定された。もう一つは空気-水噴霧流のノズル内超音速流動であり、空気との強い剪断力のため滴が次第に千切られて下流に行くほど平均滴径が減少することが示された。

⑤ レーザーを用いた気泡流のボイド率と液速度の同時測定 (阪大工 大場謙吉氏)

原理的にはLDVと光減衰法を組み合わせたものであり、気泡流中を通過したレーザービームの周波数変調量から局所液速度を、ビーム強度減衰量からボイド率を知るものである。液速度測定には参照光モードのLDVを用いたが、気泡がビームを横切る度に信号が遮断されるので、信号・雑音比が極端に悪くなるとともに信号そのものが検出できない時間間隔が長い。しかし、この問題は信号処理のサンプリング時間を十分長くとることにより解決した。

ボイド率測定においては、気泡径分布がボイド率とともに変わらないとき光透過率とボイド率の間に指数関数的減衰法則が成立し、さらに高いボイド率領域ではより正確な二項分布型理論が成立つことを実験的に確かめ、さらに水中にある単一気泡の光透過率を理論と実験の両面から調べ、気泡はそれと同一形状を持つ不透明粒子とほとんど同等であることを明らかにした。それらの基礎の上に気泡流のボイド率測定を行ない、結果を同時に測定された液速度とともに示した。

以上が(OF-2)の概要ですが、会場には部屋の定員を超える100名近くの方が参加され、盛会でした。これはレーザー技術に対する会員諸兄の関心の高さを示すものでオーガナイザーの一人として意を強くした次第です。質問の多くは技術上の問題についてのものであり、このフォーラムの趣旨に沿うものでした。またG. Tsiklauri氏(大阪大学工学部機械工学科外国人招へい研究者)より二相流の光学的計測についてソ連における実例を話して頂いたことも有益でした。

ただ、司会の不手際から討論・質問時間を十分取れなかったことを参加者の方々にお詫びします。当初の考えでは、レーザー実験の実例紹介だから講演時間を長くとった方が良いと考えていましたが、フォーラム終了後二、三の参加者から討論時間がもう少し欲しかったとの声を聞き時間を延長してでも討論を続けるべきであったと深く反省しています。ともあれ、このフォーラムが今後のレーザー技術利用への契機にでもなれば望外の幸せです。最後に、話題提供者の方々、会場の面倒を見て頂いた東大の方々、およびこのOF-2に関し多大のお世話を頂いた東大棚沢先生にお礼申し上げます。

## OF-3：ナトリウム蒸着（ミスト生成を中心に）

司会：棚沢一郎（東人生研）

### セッションの目的

このセッションのタイトルとなっている「ナトリウム蒸着」とは、液体ナトリウムを冷却材とする高速中性子炉において、液面から蒸発したナトリウムが炉容器内の特定の場所（たとえば、回転プラグのギャップなど）で凝縮固化し、運転上の障害を引き起こすという実際に遭遇する問題を指している。

この「ナトリウム蒸着」現象をもう少し細かく見れば、液面からの蒸発・カバーガス（アルゴンあるいはヘリウム）中での対流物質移動・固定面上での凝縮および固化などいずれも伝熱学的に興味のある過程から成り立っていることがわかる。とくに最近になって、カバーガス中でのナトリウム生成の可能性が指摘され、それが「ナトリウム蒸着」をどの程度促進（あるいは抑制）するのかが論議の対象となり始めた。

このセッションでは「ナトリウム蒸着」問題の中でも、とくにミスト生成に焦点を絞り、密度の高い討論が行われることを期待した。そこで話題提供者も三人に限り、できるだけ討論に時間を割きたいと考えた。

### 話題提供の概要

#### (1) 「FBR開発に関するナトリウム蒸着」 姫野嘉昭（動燃）

まず、実際のナトリウム冷却原子炉において遭遇するナトリウム蒸着事故の具体例が、英国・西ドイツ・フランス・アメリカの場合について示された。また、これらの諸国において、蒸発事故対策としてどのような研究プロジェクトが進められているかについての説明があった。また、日本については、動燃事業団の大洗工学センターにおける蒸着実験および、回転プラグギャップでの蒸着量解析法が紹介された。そして、蒸着実験で測定されたナトリウム蒸着量は、ミスト生成を無視して求めた理論蒸着量よりも著しく大きいこと、従って実際の炉心内ではナトリウムのミスト生成が起っており、これが蒸着を促進させていると推定せざるを得ないことなどが述べられた。

#### (2) 「高速炉カバーガス中におけるナトリウムの物質移動のモデル化」 工藤一彦（日立）

前述のように、「ナトリウム蒸着」は蒸発・拡散・対流物質移動・ミスト生成・凝縮・固化などの過程が組み合わされた複雑な現象である。講演者は、この現象の解析を行なうために、

原子炉容器内で起こる過程を記述するのに適当なモデル(水平平板間での乱流自然対流層におけるミスト発生を伴う物質移動モデル)をつくり、それを表式化し、種々の条件の下での蒸着量の計算を行なった。このモデルおよび計算結果で特徴的なことは、ミスト発生が水平上壁近傍の境界層内にあること、ミスト発生によって上壁へのナトリウム蒸着量が減少することである。

さらに講演者は、実験用ナトリウム・ポット内でのミスト濃度を測定し、凝縮核半径一定という仮定の下での計算値と比較することによって、カバーガス中に存在すると考えられる核物質の大きさおよび数密度の推定を行なった。

### (3) 「ミスト発生をとまらぬ蒸発過程について」 熊田俊明(北大)

蒸発したナトリウムが、その蒸気分圧に対応する飽和温度より低い温度の気体に接したときに空間凝縮(ミスト生成)の可能性が生じ始める。しかし現実には、ミスト生成はこの飽和温度よりも、さらに低い温度のところで初めて起こり、蒸気圧分布は全体的にずっと高い値をとる。

講演者は、まずこれまでに提唱されている各種の蒸発理論についてわかり易い解説を行なった。それによれば、Rosner らによる臨界過飽和モデル(CSM)が比較的妥当と考えられるが、必ずしも完全なものとはいえないとのことであった。

次に、ナトリウムの自然対流蒸発において発生するミストの挙動をHe-Neレーザー光によって可視化する実験が紹介された。この実験結果により、ナトリウム液面温度とミスト可視域との関係が明らかにされるとともに、ナトリウム液面近傍にはミストの全く存在しない領域が存在し、これが熱泳動現象に起因すると思われることが述べられた。一方、蒸発量については、CSMによる理論値と比較的よい一致が見られるが、これをCSMの正当性と直ちに結びつけることは疑問であるとの見解が表明された。

### 討論およびまとめ

各話題提供者が熱心に話をされたため、知らぬ間に時間を費やし、討論に十分の時間を割くことができなかったことは残念であった。

討論によって指摘されたものをも含め、今後に残された問題点を以下に列挙する。

- (i) カバーガス中に混入している酸素が蒸着にどのような影響を与えるかを研究すべきである。酸素の存在によって生ずる影響としては、(a)カバーガス中のナトリウムと化合して、浮遊状態の酸化ナトリウムをつくり、これが凝縮核となってミスト生成を促進する。(b)凝縮したナトリウムを酸化させることによって、高融点の化合物をつくり、加熱による蒸着物除去法を無効に

する、などが考えられる。

- (ii) ミスト生成のメカニズムとその定量化、またミストの挙動などについて、さらに理論的、実験的研究を展開すべきである。
- (iii) 実際に運転中の原子炉内での観察および測定法を開発すべきである。
- (iv) 熱泳動の影響を一層明らかにすべきである。
- (v) ミスト生成によって、蒸発・凝縮・付着が促進されるのはどのような条件の下であるかを明らかにすべきである。

#### OF-4：高性能伝熱面

司 会：泉 亮太郎（名大）

各種熱交換器における伝熱面の性能向上については、多方面に亘る研究がなされており、伝熱の研究はこの目的のためにあるといってもよからう。ここでは、二・三の実例によって話題を提供し、討論を進めることとした。

##### 話題提供および概要

- (1) 熱交換面としての高性能伝熱面の展望 泉 亮太郎（名大工）

熱交換器の発展について、自動車用ラジエータ、プレート形および管胴形熱交換器を取上げて展望し、図示した。とくにラジエータでは材料の薄肉化とルーバフィンの開発によって、熱貫流係数は過去10年間で40%、20年間では約2倍の向上となり、重量/放熱量も $1/2$ となっている。（詳細は機械学会80周年記念号参照）

また、ACHEMA 1976で展示された熱交換器、とくにガラス管や黒鉛管で耐圧、耐熱および耐酸用の管胴形コンデンサ、チタン材を用いたヘアピン形液-液コンデンサおよびエバポレータおよびターボテック管の発展を述べた。

- (2) 自動車用熱交換器における伝熱面の進展 藤掛賢司（豊田中研）

自動車用ラジエータ、空調用エバポレータ、コンデンサ、および油冷却器などに使用されているいわゆるコンパクト形熱交換器について述べ、とくにフィンルーバの発展とその解析を豊富な経験によって懇切に説明された。

この種の熱交換器は伝熱面としては発達の限度に近いことを示され、現在研究中であるロータリ形の交番流熱交換器について可能性を述べられた。(第12回伝熱シンポ, 565ページ, 第13回伝熱シンポ, 271ページ参照)

(3) 空調器用熱交換器における伝熱面の進展 長谷川 康(静大工)

講師の都合で取やめとなり、残念であった。

(4) 凝縮器伝熱面 上原 春男(佐賀大工)

講師は海洋温度差発電の研究をされていることは周知の通りであるが、そのためのコンデンサの調査研究を紹介され、プレート形が適当であったことおよびフルテッド管に着目すべきであることを強調された。研究中の装置で特許の関係で公表できない点もあり、お話しにくいといわれながらも、熱貫係数が不変でも、凝縮量の大きくなるコンデンサがあることなど、コンデンサのあり方について詳細に述べられた。(第14回伝熱シンポ, 256ページ参照)

(5) 企業における伝熱性能向上策の課題 中山 恒(日立中研)

日立では新しい各種伝熱管について研究されているが(冷凍52-593(昭52-3), 315および日機誌78-678(昭50-5), 446参照)講師はフィン管でフィンを削り出す場合に、フィン高さ、ピッチおよび幅などの寸法を適切にすれば、勝れた高性能伝熱管が得られることを述べ、企業としての経済性の問題を強調された。

以上の話題提供について討論を行うこととしたが、(2)の講義がたまたまロータリ形の新しい形式の話にふれられたので、電場付与のラジエータは考えられないかとの質問があった。伝熱促進のための電場付与については、講師団側でも明解な答えはできないが、考えてもよいのではないかとということで討論を終了した。(5)のフィン付管では、削り出すことをやめてA1管のように引抜きとしてもよいのではないかとということで、会社関係よりの質問が出されたが、見解の相違があり結論はでなかった。

熱交換器としては、この種の伝熱面性能向上は最重要課題であるが、大学側の研究は基礎的にすぎ、会社側としては工作上の問題点など機密の問題がある。そのため、焦点を合わせた研究会が困難となり、結論や方向がでないのが普通であるが、筆者はそれでもよいのではないかと考えている。機会あるごとに、この種の討論会を重ねて行っている中におのおのが何かをつかまえるのではないだろうか。

最後に話題を提供された講師各位に厚く感謝申し上げます。



## OF-5：核融合に関連する伝熱問題

司 会：長谷川 修（九大工）

核融合炉の実現の見通しはようやく明るくなってきたが、その実用化は21世紀に入るものと考えられている。しかしながらこの開発は大規模なシステム研究であり、そのためには熱工学的問題などの今日における研究・検討も重要な意義がある。第14回の伝熱シンポジウムにおいて、第3日目の10:00から12:00の間、上記のテーマについてオープン、フォーラムを開催した。核融合関連では本シンポジウムでは最初のフォーラムなので、主として解説的な面に力点を置いて話題を提供していただいた。話題提供者ならびにその話題名は次のようである。

### 1. 核融合炉と熱工学の問題

佐野川 好 母（原研）

### 2. 磁場下の伝熱問題

岐美 裕・高橋 修（京大工）

### 3. 燃料注入、排気系における熱工学的問題

越 後 亮 三（九大工）

### 4. 超電導マグネットの熱設計

班 目 春 樹（東大工）

第一の話題では現時点で考えられる核融合炉の概念を話して頂き、その熱工学的な問題、とくにブランケット工学について懇切な説明をして頂いた。

第二の話題ではブランケットの冷却材の一つとして考えられている液体金属を使用する場合に遭遇する磁場下での伝熱問題について説明され、とくに現在研究を進めておられる磁場下での液体金属の沸騰に関する話をされた。

第三番目は炉心プラズマと炉工学の接点である、燃料注入や排気系に関連した話題を提供して頂いた。この方面に関する熱屋のとり組むべき問題を展望され、具体的には固体ベレットで高温プラズマ中に燃料を打ち込んだ場合の蒸発に関する計算例を示された。

最後に東大で行っておられる超電導マグネットの設計における経験にもとずいて、具体的な熱設計上の問題点を指摘して頂いた。

四人の話題提供をして頂いた方々には、日頃の研究をバックグラウンドにして、分かり易く問題点を解説して頂き、非常に有益であった。フォーラムに参加された方もB室に一杯になる程で、予想以上の盛況であった。話題提供を受けて時間は余り多くとれなかったが質疑応答、意見の交換を行なった。今回は最初でもあり、オーガナイザーとして解説の面に力を入れたが、今後はこの方面の研究に入る人々が増えて活発な討論のあるフォーラムに育っていくことを期待したい。

核融合炉が実現すると、100,000,000 K位の炉心プラズマから、0 Kに近い超電導コイルまで  $10^8$  の温度範囲を含む体系になるのであるから、熱屋の活躍する分野は幅広く開けている。融合炉工学ではトリチウム工学、高速中性子下の材料の挙動等新しい研究テーマも重要であるが、超高温から極低温にわたる熱工学的問題あるいは高熱流束、強磁場下での伝熱問題等新しい側面をもった熱工学の研究も、融合炉工学中では最重点のテーマと考えられる。若い研究者の方々が大いに熱核融合炉の熱工学的研究にも興味を持って頂きたいとつくづく思った。

私の怠慢で話題提供していただいた方々の御意見も聞かずに駄文を書いてしまい申し訳ありません。話題を提供していただいた四人の方々、フォーラムに参加して、御意見を述べて頂いた方々及びフォーラムのお世話をして頂いた東京大学の方々にお礼を申し上げます。

OF-6 : ペーパー・エクスプロージョン

司 会 : 秋 山 守 (東大)

温度の異なる二液が直接に接触した際に微粒化や大量の蒸発を伴う高い圧力の生成、すなわちペーパー・エクスプロージョンがみられることがある(表1)。この問題は安全の上からも重要な課題であるが、現象が短時間で、しかも極めて複雑であるため、リアリズム的な意味で、まだ十分に解明しきれない点が残されているように思われる。OF-6では5名の方から概略下記のような話題を御提供頂き、その後、短時間ではあったが活発な討論が行われた。多くの方々の御参加を得ることができ、大変有意義であったと思います。

第1表 温度の異なる液体間の激しい相互作用が発生する可能性のある分野(例)

分 野	高温融体	低温液
鑄 造	溶 融 鉄	水
アルミニウム製造	溶融アルミニウム	水
製 紙	スメルト ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , $\text{Na}_2\text{S}$ )	水
LNG貯蔵・輸送	水	L N G
原 子 力	溶融燃料 ( $\text{UO}_2$ , U-Al など)	冷 却 材 (Na, 水など)
海底火山	溶 岩	水

(1) 液液沸騰と二相流中の圧力波の伝ば 土方邦夫(東工大)

ペーパー・エクスプロージョンの基礎的な問題として液液沸騰の機構と気液二相流中の伝ばする圧力波の現象について実験的に得られた事実についてのべる。

R113-水による液液間の速度差による微粒化において速度差が  $4 \text{ m/s}$  以上であれば噴霧流となる。この時の粒径分布は正規分布でその平均粒径はノズル径にほとんど依存しない。またこの噴霧流を高温水と混合沸騰させた時、過熱度が低い場合未沸騰量が多量に存在する。このように生成された二相流中を伝ばする圧力波の速度は液体または気体中のそれに較べ極端に小さく、その圧力波が固体壁で反射する時は、液体の場合に較べ非常に大きな圧力波を発生する。特に二相域での圧力波の伝ばにおいてはボイド率変化による音速の変化が大きいので、圧

力波の相互干渉が起る可能性がある。

(2) 液体金属-水系における熱的相互作用 有 富 正 憲 ( 東工大 )

F S I 現象の基礎的知見を得るため、融点  $70^{\circ}\text{C}$  の Wood's Metal と純水を作動流体に用いて、静止水中への熔融金属の非定常噴出実験から非定常液々接触状態を実現させ、テスト部静止水が大気解放系の場合においては発生圧力とテスト部からの流出水速度の時間的変化を測定し、現象の高速撮影による観察と比較して、圧力の発生機構と沸騰形態、熱的エネルギーの機械的エネルギーへの変換効率を求め、蒸気爆発を伴わない場合の非定常液々接触時の熱的相互作用現象を調べ、密閉系では円柱状の噴出液体金属をポリカーボナイト製の断熱壁に衝突させたところ蒸気爆発現象が観察されたため、種々の運転条件下で蒸気爆発の発生機構を調べた。そして水平矩形流路内の層状流を作り、本来非定常現象の時間的変化を位置の変化に置換えた定常実験から、液々接触時の沸騰熱伝達を調べ、固液界面における沸騰熱伝達と比較した。

(3) 蓄積エネルギーの変換過程 藤 家 洋 一 ( 阪 大 )

熔融燃料-冷却材の相互作用を想定した場合、炉心に蓄積された熱エネルギーの破壊力源としての機械的エネルギーへの変換過程が最大の関心事となる。

熱から機械の仕事へのエネルギー変換率の熱力学的上限は Hicks & Menzies によって求められるように、温度に依存するが、例えば  $10\sim 30\%$  という高い値になる。一方、現実的な評価としては、Cho-Wright らをはじめとするモデルではそれより相当低くなるが、実験結果は  $1\%$  以下とさらに桁違いに低くなり、こうした理論値と実験値との間のギャップの主原因を解明することが重要な課題となっている。この問題について、F C I 現象を燃料から冷却材への熱伝達の過程と液体の蒸発を伴うエネルギー変換過程の二つに分離する考え方に基づいて、実験および解析の両面からの研究を進めており、これまでにいくつかの重要な知見を得ている。

(4) 蒸気爆発現象の解析モデル化と計算コード 成 合 英 樹 ( 船 研 )

蒸気爆発の原因やその結果生ずる現象には多くのパラメータが関与している。しかしこれまでの提案されているいくつかのモデルは未だ現象を十分に説明しているとはいいがたく、確定した評価をうけているものはない。

高速炉の事故解析においては、高温の熔融  $\text{UO}_2$  と低温の Na の接触時に如何なる機械的エネルギーが発生するかが問題であるが、蒸気爆発のメカニズムがはっきりしないこともあり、さしあたりの現象モデルとしては熔融  $\text{UO}_2$  の細粒化と Na への混合がある時間定数で行われるといういわゆる Cho-Wright 型のパラメトリックモデルで計算されることが多く、これにもとづく計算コードが世界各国で作られている。しかし、これまでそれらの解析モデルと炉内・炉外

および模擬実験との対応はうまく行われているとはいいがたい。蒸気爆発現象の明解なモデル化と、高速炉などの安全解析上にそれらをいかに取り入れるかは今後共問題として残されている。

(5) 原子炉事故とFCI

近藤 駿介 (東大)

原子炉の仮想事故時には、熔融燃料と冷却材が急速に接触混合することがある。たとえば軽水炉においてはLOCA時にECCSが作動しない場合、高速炉においてはポンプ全停時にスクラムできない場合である。この事故の解析では、爆発が本当に起るか、起るとすればその仕事はどの程度か、が問題となる。前者の発生条件については、Fauskeの「接触温度が自発核生成温度を起えるべし」というものが有力とされているが強い反論もあり、筆者はAgCl-H<sub>2</sub>O系の落下実験に1例外を見出している。しかし、その他の説によっても原子炉事故では激しい爆発のチャンスは小さいことが予想されている。機械の仕事への変換割合は、接触面積の増大の時定数と、体系の中を反応が伝播する時間の関数で与えられる。ここでは、簡単な細粒化の速度論と伝熱計算から、体系が小さい場合には変換効率が大きくならないことなどを示した。今後、空間的広がりを考慮したモデル化がFCIの理解に必要であろう。

千葉 徳 男

先日、さる飲屋で広大化工教授の頼実さんと一緒になったわけです。そこで話が化工の研究に及んだところ、頼実先生はこうおっしゃつたわけです。最近の化工の発表は数学の演習になってしまって面白くない。私は別の感想を持っています。初期の伝熱シンポジウムの講演では、機械系の研究者の発表と化工系の研究者の発表との間にははっきりした差があったように思います。それは実験点の並び具合です。機械系の発表者の実験点は行儀よく並び、化工系の実験点は行儀が悪かったということです。しかし、最近では化工系の実験点は機械系と同じように行儀がよくなっています。

このことは実験者の実験精度に対する考え方を物語っているわけですが、化工系の実験点の行儀がよくなったことをかならずしも手放しでは喜べないと思います。というのは、昭和30年代は石油化学工業の盛んになりはじめて、その頃は1年乃至2年おきに新物質が発明され、その工業化がはかられた時代です。したがって新しいプラントを設計するためにはその物質の輸送物性をできるだけ速く知る必要があったということです。そのためには少々精度のおちることはかまっていられなかった。極端ないい方をすれば、とに角1桁目の数字が欲しかったという事情があったと思います。しかし最近事情が違ってきた。つまり最近では新聞に新しいプラスチックの発明は載らなくなったということです。したがって前に大ざっぱにやっておいた実験を精密にやる以外の仕事が無くなったのではないかと思えるわけです。つまり2次的な仕事しなくなったのではないかと思えるので、手放しでは喜べないといったので、実は表現が違っているだけで、頼実さんと思じことをいっているのかもしれない。

このような目で機械系の研究を見てみると、昭和のはじめからほとんど同じテーマを追いかけたといえるのではないのでしょうか。たとえば、沸騰の研究を考えた場合、抜山先生の発見された沸騰特性曲線に後代の人果して何をつけ加えたといえるのでしょうか。決して零ではありません。水以外にアンモニアとか有機液体の沸騰もたくさん行われました。しかしこれは一種の銅鉄法ともいえなくはありません。とに角、沸騰については再現性についての統一的な見解もできていないのが現状だと思います。

最近の伝熱シンポジウムで毎回のようによくいわれるのは、発表件数だけがなくて、面白い研究がないということです。しかしそういっている当人がくだらない発表をやって、件数をふやしてい

るという矛盾を犯しています。つまり伝熱研究に関しては新しい領域と新しい手法の開発が行われていないということなのです。極言すれば、温度差の測定と実験式の作成以外はやられていないということです。理論的な研究といえ、解けるにきまっている方程式を解いているのに過ぎないということになります。

ここで一つの提案があります。もともと、エネルギー輸送にしろ、運動量輸送にしろ原子あるいは分子の不規則運動の結果として起っています。乱流の場合は分子運動まで還元しないで速度変動に帰着させてよいでしょう。この立場に立ってすべての輸送係数の理論的根拠を探ってみたらどうかということです。それなら、乱流についてはプラントルの混合距離理論があるといわれるかもしれませんが、これはブシネの渦動粘性係数と同じで、単なる書き換えにすぎません。

具体的な問題をあげると次のようなものがあります。ヘリウムなど希ガス元素の比熱はマクスウェルの理論計算と完全に合致しています。したがって、ガスの比熱を測定しようとする場合、まず希ガス元素の比熱を測定してみると、測定装置と測定者の誤差の限界がわかります。ところが、ガスの熱伝導率の理論計算についてはマクスウェルの第1回のものが有名ですが、これは実際と合いません。マクスウェルは2回目に分子間力が距離の5乗に反比例するとして計算していますが、5乗に反比例する理論的根拠が曖昧です。最近ではヒルシュフェルダがレナード・ジョーンズのポテンシャルを用いて計算しているようですが、これをどのように評価してよいのか私にはいまのところわかりません。結果としてわかっているのは二・三の研究者の測定結果と理論計算結果とを比較してみると、いずれも1%程度の食い違いがあって、どれが正しいのかよくわからないということです。

私はここ数年ブラウン運動による輸送ということを考えています。この方法は分子運動に対しても乱流に対しても有効だと思いますが、若い方がこの問題に興味を持って下されば幸甚です。以上思いつくままに書いてみましたが、要するに今の伝熱研究には新領域と新手法との開発が必要なので、広い範囲に涉っての知的冒険が望まれ、特に若い人々に対する期待が大きいということです。

## Boston 滞 在 記

伊 藤 猛 宏

文部省在外研究員としてほぼ昭和51年度中ヨーロッパおよび合衆国に出張しました。この間8月合衆国に滞在し、その大部分をBostonで過しましたので、MITの様子やBostonを中心にした見聞などをつづつてみることにいたします。「伝熱研究」でないこととまで話が及んでしまいますことをあらかじめ断わりいたします。

まず一口にBostonといいますが、通常そのようにいっておりますのは70位の周辺の市や町を含めた面積2400Km<sup>2</sup>程度の地域のことです。現地ではGreater Bostonなどといっておりまして、人口は1972年の統計で約270万人で、Downtown Bostonから半径40Kmほどの円内には含まれています。小さい方の行政単位としてのBostonはGreaterの方に対して入口で23%、面積で5%弱にすぎません。ちなみにMITやHarvardはCharles河を隔てて小さい方のBostonの対岸のCambridgeにあり、私共は小Boston側のBrooklineに住んでおりました。

さてそのBostonに1976年の7月下旬に到着いたし、3 bedroom 1 1/2 bathroomのapartmentを月530\$で借り、家具はリースで月170\$で、都合月に700\$ということにしましたが、これは当時私が九州大学で貰っていた俸給とほとんど同額であり、何でも大抵最高に高いBostonとはいえ妙な気分ではありました。なお、家族は6人で、うち子供2人は公立小学校に、1人は私立保育所に行き、生活費は月平均1800\$というところでありました。この数字はBostonでは統計上中流よりやや上という出費であります。初期投資、寒冷地用衣類などの調達、あるいは勝手にわからないための無駄使いということもありまして、数字ほどにはいけておらなかったようであります。

まずMITのことから。輪郭からいきますと、Architecture and Planning, Engineering, Humanity and Social Science, ManagementおよびScienceの5つのSchoolに23のDepartmentが設置されていて、さらに36のどのSchoolにも属さないLaboratory, CenterおよびDivisionがあり、名前が示した普通そのように思われているような理工系の単科大学ではありません。学生数は約8000人で、undergraduateとgraduateはほぼ同数、合衆国50州と92の外国から学生がやって来ていて、合衆国市民でない学生の比率は18%とのことであります。専任の教官は1000人弱と聞きました。

さて小生はAcademic Year 1976-77に機械工学科のVisiting Research Associateと



いうものとして、Cryogenic Engineering Laboratory に文字通りお邪魔したわけでありませぬ。その研究室には教授が二人おられ、私のホストでありましたSmith教授はMITの超電導同期機開発計画の責任者で、研究もそれに関連したことがほとんどのようでした。もう一人のCravalho教授の方はもっぱらCryobiologyをやっておられました。Cryogenic Engineering LaboratoryはMITの液化ガス供給センターの役目もいたしておりました、たとえばヘリウムについては80 l/hの古めかしい液化機が絶え間なく動いておりました。私が見ました範囲ではMITの実験用設備は寄せ集め風の外見が粗末なものも多く、その点が印象的でありました。ヘリウム液化機にしても、今は名誉教授になってNew Jerseyで何かの設計に従事しておられるという例のCollinsの作品かもしれません。

在外研究員でありますから、当然所定の研究テーマで研究しなければいけないわけであり、大まかには打合せておいて着任したのでありますが、いつまで経っても一向にそれらしきことを打出してこないの、こちらから"May I have something to do?"とやってみましたところ、むずかしいことになりました。上述の超電導同期機(発電機)の回転子は超電導界磁巻線を備えていて、これが圧縮液状態のヘリウムで冷却されているわけですが、その回転子内の温度分布を大まかに計算してほしいということになりました。巻線やその他の構造物のすきまが冷却剤の流路になっているのでありますが、電氣的・強度的な要求により妙な形状をしておりまして管路網と見るにはあまりにも複雑であり、ヘリウムの熱力学的状態も不均一に圧縮されており、また熱の発生や侵入の分布にしても、よくわからぬのでしかるべく想定してほしいといった調子でありました。行き掛かりとか風とかいうこともありますので、なんとか格好をつけた積りがありますが、計算の結果現在の設計でなかなかうまく冷却されているように思いました。この私見についてはSmith教授も我が意を得たというような反応を示しましたが、私の観測では正常運転中の冷却に関する限り特に問題はないように見うけられ、手弁当の者にはこういう性質の問題を当てがうのかななどと考えたりしました。ここでは別に悪口をいっている積りではありません。

合衆国の誰も異論のない第一印象は国土の広大さであろうかと思いますが、これは生活環境にある物の寸法とか気持の長さにも影響を及ぼしているものと見え、帰国後しばらくは物の寸法や人間の気短さの彼我の違いが相当気になりました。例を二つ三つ。BostonとNiagara Falls間は福岡と名古屋間の程度であります、Bostonから日帰りNiagara Fallsを家族連れで見物して来ても特に頑張ったと意識しなかったこと。Los Angelesに朝の9時頃電話したところ、そちらは時差マイナス3時間でオフィスに出て来ているはずはなかったこと。Downtown Bostonのような道路事情合衆国最低のところでも自動車のクラクションを聞くことはほとんどないこと。

合衆国の二番目の印象は構成人種の多さと、その混合のしかたであります。上にも述べましたが、MITの学生の国籍が90以上にも及び、子供の通学しておりました小学校でもそれは30にもなっていて、"English No"人が別に珍しくありませんし、何語かわからないような会話をしばしば耳にしておりました。また白と黒の反目のような険悪なものを一方の極端として、同人種の街や地域の形成とか、交際範囲の限定といったゆるやかなものまで人種の融合を妨げる要因がいろいろあるらしく、実に多人種、多文化かつ多言語で理解に難しい国ではあります。そしてこの色々な意味における多様性が、合衆国の発展の原動力の一つであるというような論がなされているようですが、それが正論であるのか、正論であるにしてもその発展のメカニズムはどうであるのか、誠に難問で私にわかる気遣いはまずありません。

合衆国の印象の三番目として、これで最後にしますが、消費の豊かさというかすさまじさを挙げるべきでありましょう。save moneyという宣伝文句は、うかつにも買わないで節約するかと思ったら、少しばかり安く買って得をした気持になることらしく、かつ不要不急のものを買わせることだそうです。また休暇にはBahama 諸島やFloridaに行っておかないと子供や家内に仲間の中で肩身の狭い思いをさせるのではないかと、要らざる必配を試みたりしました。合衆国で生活することは消費製造産業（広告業）の作りだす消費衝動との闘いであるとも見ました。

以上貴重な紙面をふさぎながら、何分の「伝熱研究」を語るでもなく、さりとて合衆国と合衆国国民のために深く憂えたToynbeeの格調も、我が桐島洋子の体あたりのアメリカ論の面白さもありませんが、こんな程度のことを見聞して来たということを報告申し上げ、今回の出張を公私にわたり御支援下さいました多くの方々へ御礼申し上げます次第であります。

# 地方グループ活動報告

## (1) 東北研究グループ 講演会

日 時 昭和52年5月14日(土)  
場 所 東北大学工学部機械工学教室

講演 :

### 1) 長い伝熱面における滴状凝縮熱伝達

白石裕紀, 渡辺幸次(東北大), 小林茂富(トヨタ自工)  
山川紀夫, 大谷茂盛(東北大)

凝縮滴および合体水流が不規則な挙動を示し, 熱伝達機構に複雑な影響を及ぼすと考えられる垂直におかれた長い伝熱面(1100mm)を用いて凝縮伝熱の実験を行い, 伝熱面長さ方向での局所熱伝達係数 $h$ , 及び滴径分布等を実測した。

その結果, 凝縮滴は成長, 合体を繰り返し, 上方から下方に行くに従い, オタマジャクシ状のいわゆる有尾滴からやがて不規則な激しいうねりを伴った水流へと変化し,  $h$ の値も下方に行くに従い減少していくことがわかった。また伝熱面長さ方向での滴径分布及び被覆率分布の値には, 熱流束 $q$ , 蒸気速度 $u$ の影響が反映され,  $q$ 及び $u$ が大なほど $h$ は大きくなる結果を得た。これらのことについては, 滴及び水流の占める面積が滴状凝縮時の熱抵抗を支配することを考えれば, 一応説明できる。

更に, これらの結果をふまえ, 滴状凝縮時の熱抵抗として, 蒸気-滴表面及び滴内部の熱抵抗等を考慮したGlicksman<sup>1)</sup>らの理論に棚沢<sup>2)</sup>らの分布関数を導入し,  $h$ の一推算法を提案し, 滴径分布の測定結果からその推算を試みた。

(文献)(1) Glicksman, L. R. & A. W. Hunt, Jr; Int. J. Heat Mass Transfer.  
25, 2251, (1972)

(2) 棚沢, 落合; 日本機械学会論文集, 38, 3193(1972)

### 2) フラッシングを伴う液体中の圧力波の生成と伝播に関する研究

武田 靖, 天野 治, 戸田三朗(東北大)

原子炉冷却管破断による冷却材内での圧力波伝播現象は, 原子炉の安全性解析を行なう上で

重要な因子の一つであるが、体系内で起きるフラッシングが圧力波伝播に及ぼす影響については未だ殆んど知られていない。本研究では長さ3 mの垂直単管を用い、初期圧8.0 Kg/cm<sup>2</sup>、上部温度160℃、温度勾配46.7℃/mなる温度分布を持つ体系を用い、破断による減圧ステップ状圧力波を発生させて実験を行なった。気液両相での圧力変化の観測結果と、熱平衡均一分布模型による計算とから次の様な知見を得た。1) 破断部近傍の圧力変化には飽和圧を中心としたアンダーシュート、オーバーシュートが見られる。2) 二相領域中に圧力波を十分反射し得る様な反射面が存在する。3) 反射面下部の飽和領域では熱的非平衡効果によるバブル生成の遅れがあるか、又は音速の値が非常に大きい事が予想される。

### 3) 沸騰と凝縮をともなう極小間隙の熱伝達

熊谷 哲，海野 紘治，武山 斌郎（東北大）

加熱沸騰面で発生する気ほうを、極めて狭いすきまを挟んで相対する冷却面により消滅させようとする時の熱伝達について、加熱面の温度変動や両伝熱面間の熱収支などから考察した。とくに、温度が低くすきまが非常に狭い場合、極めて高い熱流束まで核沸騰が続き、しかもこの時、冷却面の吸収熱伝達も加熱面と同様に高い値を示す。加熱面で発生成長しさらに消滅する気ほうの激しい擾乱によって冷却面の熱伝達が向上し、その結果気ほうの消滅が促進されて逆に加熱面への液体の供給が行われ易くなって、高い熱流束が維持されるものと考えられる。

遷移沸騰領域でも、冷却面の吸収熱伝達は高い値を示すが、ここでの温度変動が他の領域のものより非常に大きいことから、時間的場所的に断続的ではあるが、やはり加熱面は液体接触を繰り返しその時の気ほうの擾乱効果により高い熱流束を加熱面、冷却面共に維持するものと考えられる。

### 4) Density inversion を伴う水平円柱まわりの二次元凍結の実験

斎藤 武雄（東北大）

界面および境界面の形状が任意の場合の最大密度領域を包含する熱伝達問題として静水中の水平円柱冷却面まわりの二次元凍結の問題を取り上げ実験を行った。水温および冷却面温度を一定に保つ場合、時間の経過と共に凍結界面は半径方向に拡大するが、界面の増大と共に水側からの自然対流による伝熱量が増加するため、最終的な界面形状が存在する。水温、円柱表面温度および円柱直径による定常界面形状の変化を写真撮影によって明らかにした。密度反転を伴う二次元凍結の伝熱機構は、次の2つに大別できる。

1. 界面形状が同心円的に出来て、直径Dの円柱まわりの自然対流問題<sup>(付1)</sup>に帰着できる場合。

2. 固相の1次元熱伝導が支配的となりその結果、界面形状が完全に2次元となる場合である。

付1. T. Saitoh, Appl. Sci. Res., 32(1976), p. 429.

5) 希薄Al-Cu合金の凝固速度とマクロ組織との対応

梅宮弘道，奥山恵寿，小室秀一（山形大）

各種鋳造製品の品質は、内部組織を形成していく凝固過程に左右される。そこで、著者らは、これまでに純Alの凝固実験を行い、中間相モデルを提唱することにより、過冷度を把握し、それによって凝固物内部のマクロ組織分布と冷却曲線との対応を関係づけた。

本報告では、Al-Cu(～0.25wt%)合金について容質金属Cuの含有量とマクロ組織分布との対応関係について凝固実験を行い、純Alで用いた中間相モデルを適用して解析を行った。その結果、その中間相モデルによる解析法は、希薄合金に対しても有効であることがわかった。又、その解析法により、凝固物内部のマクロ組織分布を、各Cu含有量での凝固過程で得られる冷却曲線により推定できることを明らかにした。

6) 周期法による帯水層の蓄熱利用

梅宮弘道，横山孝男（山形大）

東北・北陸地方の豪雪地は冬期の豪雪に苦しんでいるだけでなく、夏期の猛暑にも悩まされている。

しかし振り返って見れば冬期の豪雪夏期の猛暑は低密度ながら大容量の冷熱源・温熱源に他ならない。それら熱源を地下帯水層にしまい込んで半年程蓄熱する事が可能ならば有効なエネルギーとして使えるのではないか。

著者らの研究は帯水層を半年遅れの蓄熱層として活用し、夏の猛暑を冬期消雪・暖房に又冬の豪雪を夏期冷房に使うとするものである。現在、水の出入に使う涵養井、揚水井間隔や、熱回収方法について検討中である。

7) 偏心二重曲管の熱伝達特性(第二報)

武山斌郎，渡辺裕（東北大）

熱交換器の設計にあたり、流動抵抗と熱伝達の関係は必要不可欠な問題である。多くの熱交換器の基礎研究も主題をそこに置いている。本研究も同様であるが、二重管型熱交換器で内管を偏心させた場合どのようになるかを解明した研究例は少なく、まして二重曲管についての研究は皆無と思われる。この点を解明すべく実験をおこなっているが、現在までに得られた結果を要約すれば、

(1) 内管加熱，熱流束一定での二重直管の熱伝達率は同心状の時，河村<sup>(1)</sup>による理論式とよく

- 一致した。偏心を与えた時の熱伝達率の減少割合は、管摩擦係数の減少割合より若干大きい。
- (2) 偏心二重曲管の抵抗係数の偏心率による変化は、内外管径比によりまちまちであり現在十分な考察はできていない。

(1) 河村 第9回日本伝熱シンポジウム講演前刷集P273.

- 8) 水平円管内固気混相流の熱伝達に関する研究(第1報, 温度助走区間の実験)

相原利雄, 山本憲一(東北大)

個数基準算術平均  $3.66 \mu$  (体面積平均径  $4.34 \mu$ ) のガラス粒子と空気とからなる二相流を内径  $5.45 \text{ mm}$  の通電加熱ステンレス管内に気相レイノルズ数  $3 \times 10^4 \sim 1.2 \times 10^5$  の範囲で流し、温度助走区間における熱伝達実験を行って次の結果を得た。(1) 混相流の熱伝達率(hs)は重量混合比Mの増加と共に一たん低下して極小値に達し、以後Mと共に増加する。(2) Mが僅少のうち、管頂の(hs)は管底の(hs)より大きい、Mが0.6~2位(レイノルズ数で異なる)に達するとこの関係は逆転し、以後管底の(hs)の方が大きくなる。(3) 全般的傾向としては、この臨界混合比に達するまではMの増加と共に温度助走区間は長くなる。しかし臨界混合比以上では、管底の温度助走区間はMの増加につれて短くなり、遂には単相流の助走区間より短い場合も生じた。(詳細は第14回伝熱シンポ講演集, 28頁)

- 9) 剝離と再付着を伴う鈍い前縁を有する平板まわりの熱伝達 — 前縁形状の影響 —

太田照和, 金伸彦, 国枝正巳, 引田英樹(秋田大)

剝離と再付着を伴う鈍い前縁を有する有限厚さの平板まわりの非圧縮流れにおける熱伝達特性を実験的に明らかにしようとしたものであり、前縁形状は  $60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 180^\circ$  のくさび形、および前縁近傍で剝離しないと考えられる場合の例として半円柱とし、熱伝達特性に及ぼす前縁形状の影響を考察した。その結果、再付着点における極大ヌセルト数は頂角の小さなもの程大きく、頂角の増加とともに減少し、一方その位置は下流に移行すること、再付着領域における温度・速度分布の測定結果は頂角の小さなもの程、壁面近傍の温度・速度勾配ともに大きく、それを裏付けること、代表寸法として剝離点から再付着点までの距離をとった再付着点における極大ヌセルト数とレイノルズ数の関係は頂角には依存せず、ひとつの実験式で表示できることなどが明らかにされた。

- 10) 一行管群の熱伝達(前方管がトリッピングワイヤを有する場合)

相場真也, 土田一(秋田高専)

太田照和(秋田大)

高乱れの流れの場合におかれた単独円柱のまわりの流れは、臨界  $Re$  数近傍の挙動を示すこと

はよく知られている。

管群の内側の列における管もこのような状況下におかれていることから、伝熱特性も臨界  $Re$  数近傍における如き振舞をしている場合もあることが考えられる。本研究では、空気流に同径 (26 mm  $\phi$ ) の3本の円柱を等間隔で直列に並べ、第1円柱にトリッピングワイヤを置き、第二円柱の熱伝達と流れを円柱間隔  $c/d = 1.3, 1.8, 2.8, 4.5$  と変化させ、また、 $Red = 12000 \sim 52000$  の範囲で測定した。その結果、次のようなことが判った。

$Re$  数、 $c/d$  により第一円柱の後流巾は複雑に変化するが、円柱間隔  $c/d$  が比較的狭い場合は、第一円柱、第二円柱間でそれが大であるほど、第二円柱の熱伝達が悪く、小の場合はよくなっている。また、 $Red > 48000$  では平均熱伝達に対する円柱間隔の影響は小となるが、形状抵抗係数は円柱間隔が小ほど小である。

#### 11) ステップからの剥離をとまなり自然対流伝達

坪内為雄，藤田尚毅，渡辺 徹（東北学院大学）

剥離と再付着、または渦をとまなった熱伝達は熱交換器などにきわめて重要な問題であり、広く研究が行われている。本研究では、工業的にも数多くみられるステップからの剥離をとまなり自然対流熱伝達を光学的方法で実験を行い、その熱伝達一般式を求めた。また速度場についても実験を行い、剥離流れの再付着点の分布も求めた。（以上詳細は「第14回日本伝熱シンポジウム講演論文集P-421」参照）

## (2) 関東甲信越研究グループ

### 研究座談会「熱伝導率とその測定法」

日 時 昭和52年4月15日(金) 13:00~17:00  
場 所 東京工業大学332教室

話題提供:

#### (1) 充填層の有効熱伝導率

若尾法昭（横浜国大・化工）

(2) 流体の熱伝導率

長 島 昭 (慶応義塾大学・機械)

(3) 非定常法による固体の熱伝導率測定法

小 林 清 志 (静岡大学・機械)

(4) 建築材料と熱伝導率

龍 谷 光 三 (東工大・工材研)

(代講)片 山 功 蔵 (東工大・機械)

(5) 米国における熱伝導率およびその測定法に関する研究の現状と関連する組織の活動状況

Ronald P. Tye (Dynatech R/D Co.)

パネル討論会：

熱伝導率に関しては、データの信頼性、標準物質や規格、データに関する各学協会間や国際間の連絡、測定法の比較の問題など、伝熱研究者として関心を寄せるべき問題は多い。また、熱伝導率は非常に広い工業分野での設計に当って重要なものとなっている。そこで熱伝導率の値、およびその測定法について、我国の各分野および米国で積極的な活動をされている上記の方々に話題を提供していただき、諸問題について卒直に討論する会を化学工学協会関東支部との共催として企画した。なお本会開催のきっかけは、R. P. Tye氏が来日され、我国研究者との接触を望んでいられるとの報を得たことによる。御存知と思うが、同氏はR. W. Powell氏らと共に永く熱伝導率の測定や方法の開発に当られ、測定法の critical reviewで知られる2巻の "Thermal Conductivity" を edit すると共に、現在はASTM, C16 の Thermal Measurement Subcommittee の Chairman として活躍して居られる。なおMITのRohsenow教授はDynatechの社長の由である。

本会の参加者は95名、実務にたずさわの方が比較的多かったようである。以下は同研究討論会で提供された話題と討論を、各話題提供者のお許しを得て要約したものである。

- (1) 最初に化学工学方面で重要な球充填層の有効熱伝導率について、若尾先生が御自分で行った研究を中心にして話された。同先生らは以前より、充填層、粒子層、多孔質固体、懸濁液などの非均質材料のうち、伝熱モデルがユニットセルで代表できるような系について温度分布を理論計算で求め、これより熱伝導率を求める研究を行っており、ここでは放射伝熱を考慮した場合を話された。先ず、結果としての計算図表から説明された。"有効熱伝導率  $ke^o$  は空隙の流体熱伝導率  $k_f$  との比  $ke^o / k_f$  として  $ks / k_f$  ( $ks$  : 充填物熱伝導率) に対して描かれる。



パラメータは  $Nur = hr \cdot Dp / ks$  ( $Dp$ : 充填物径) である。ここで  $hr$  は球-球間の形態係数を数値計算することによって求められている。たとえば、流体は空気、充填物はガラスまたは鉄とすると、 $ks$  は 60 倍ちがいが  $ke^{\circ}$  は 2.6 倍にすぎない。次に放射のある場合だが、 $Dp = 5 \phi$ ,  $300^{\circ}C$ , 放射率 0.9 とすると、ガラスで約 60%, 鉄では約 30% 大きくなることなどが容易に求まる。分子の平均自由行程の関係から、微粒子層や低圧下では取り扱いが変ってくる。計算値は Kling のデータその他とも良く合う。更に多孔質固体で放射を考慮した場合についても理論計算し、図表に整理した。この結果は懸濁液にも利用できる。

(2) 次に長島先生から、流体の熱伝導率に関して、4つの問題につき話題提供いただいた。第1は信頼性の問題である。"測定データが少ないと言うが、集積してみると高圧下や混合物以外のデータは案外ある。しかし、その中から信頼できるものを選び出すことが重要である。たとえば R11 についてのデータを年代順にプロットすると、次第に小さくなっているが、これは年と共に測定精度が向上して来たためで、新しいデータほど正しいと言って良い。一般的に言えば、1960年以前のデータまたは、それらを引用したデータ集積は信頼性が少ないと言える。現状の信頼度は最良のデータでも水やアルゴンで1%程度、他は5%程度で良い方で、20%程度の散乱のあるものも多い。第2に臨界異常の話題だが、今の所異常の存在は確認されたと言って良い。熱伝導率については、この異常は量と範囲が非常に大きい。第3に最近の測定法の特徴だが、定常法では最高  $\pm 1\%$  の測定精度が限度だろう。一方、最近の電子技術の進歩により、非定常法が有力な方法となってきた。現状でも定常法と対抗できる精度になったと言えるし、将来は更に1桁上の精度に上げ得る可能性を持っている。第4に今後特に考慮すべき課題を上げると、(a)国際的な検定標準の確立、(b)広い温度・圧力範囲のデータの充当、(c)データセンターの設置などの問題がある。"

(3) 次に小林先生から、固体熱定数の非定常測定法の概略と、先生らが開発されてきたステップ状加熱法およびその測定結果例を中心とした話題提供がされた。"昔から周期的加熱法などはあったが、本格的な非定常法は1960年代初めからのものである。定常法から非定常法に移行しつつある主な理由は、定常法が①時間がかかる。②高温になると測定不可になり易いからである。ステップ状加熱法とはベレット状試料の前面にアークランプ等でステップ状に加熱を加え、後面の温度変化を測る。この際周囲は  $10^{-3}$  mm Hg 程度以上の真空にして対流による熱損失を防ぐ。放射損失は  $500^{\circ}C$  ぐらいまでは無視できるが、あらかじめ考慮して計算する。ここで照射光のエネルギーは不明のため、これを消却するために2つの時間の温度変化の比をとる。計算式の結果は図表に示してあり、温度変化比と放射損失を考慮したパラメータとによ

り、フーリエ数が直ちに得られ、これより温度伝導率を得る。ベレット側面からの放射熱損失の影響も検討して、図表に示したが、厚さの6倍の直径ならば、ほとんど無限平板と考えて良い。また中心より20%位までならば周辺の影響は無視できる。

実測例だが、銅、酸化ウラン、黒鉛、耐火レンガなどについてを示す。またFe, Mo二元合金によって、Wiedeman—Franzの法則の適用性を調べた。更に本方法では、標準材料との比較によって、全く同じような方法で比熱を測定することが出来る。”

- (4) 建築材料と熱伝導率については、そのことある場合を覚悟した上で、この春東工大を御退官の龍谷先生に無理にお願いしていたのであるが、残念ながら矢張り御退官直後の非常時故、時間をいただくことが不可能の事態となった。しかし、先生からは建築材料および構造材料の伝熱に関する、先生の御研究を中心とする多くの資料を提供いただいた。

そこでこの資料を元として、急拠、片山先生に代講願うことになったが、同先生は、建築学会の建築設計資料とゆう形で出ている伝熱の問題と、JIS規格の建築材料熱伝導率測定法の問題、それに龍谷先生が製作された $-150^{\circ}\text{C}$ までの低温恒温実験室について要領よく御説明下さった。以上のような次第なので本項については、龍谷先生から提供された資料の主なものを文献として記し、要約に替えさせていただく。

- ① 龍谷光三「建築材料ならびに構造材の伝熱測定」材料と設計, Vol. 4, №2.
- ② JIS A1413「保温材の熱伝導率測定方法(平板直接法)」
- ③ 龍谷光三「低温( $-150^{\circ}\text{C}$ )恒温実験室」東工大学術ニュース, №39, Nov., (1967)
- ④ Ryutani, M.「On the Influence of Porosities and Air Spaces for Thermal Conductivities of Engineering Materials」Bulletin of Tokyo Institute of Technology, №66, March (1965)

- (5) Tye氏は、主に断熱材、構造材、建築材を対象とするASTM規格の熱伝導率測定を中心とし、誤差原因、方法の動向などを話された。話の中には、永年にわたって熱伝導率測定研究に従事されてきた経験でしかわからないノウハウが多く含まれているように思われた。“図1は各測定法の測定可能範囲と、各材料の熱伝導率の範囲を示す。最も低い熱伝導率の測定には、Guarded Hot Plate Method (ASTM C177規格)がある。対称的な配置の2枚の試験片の間にヒータをはさみ、電力から熱流束を出す。半径方向の熱流を防ぐため、ヒータ側面に保護ヒータを設けている。精度は最良で2%, 場合により15~20%に達する。絶対法として良い方法だが、平衡に達するに数時間かかる欠点がある。これに対しHeat Flow Meter Method (ASTM C518規格)は、より早い測定が可能のため広く使用されてきた。試料は熱

流計と共に2枚の熱板の間に入っている。精度は高熱導率のコンクリートなどで20～40%だが、低くなると5～6%になる。壁や屋根など、大きな実際装置の熱貫流測定に対しては、Guarded Hot Box Method (ASTM C236)なる規格が作られている。建屋の省エネルギー増進のためには、この種の装置が必要であろう。”

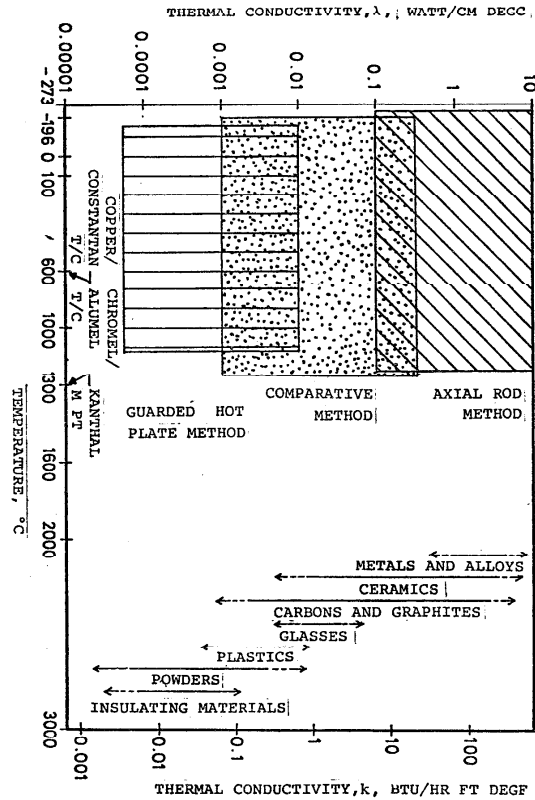


図1 各種熱伝導率測定法の使用範囲と各材料の熱伝導率範囲

次に討論会に移った。司会は若尾先生である。参加者の側から話題提供者に質問するとゆう形で、いくつかの問題につき討論されたが、大別すると次の3つの問題に分けられる。

第1に測定法の適否と比較の問題である。すなわち測定しようとする熱伝導率の大きさによって、また必要とする精度によって適した方法が異なる。測定に要する時間や精度の可能性を考えると、非定常法の使用が世界的な傾向になりつつあるが、熱伝導率の非常に小さなものに対しては困難のようである。

第2に標準物質の問題である。液体については余り良いものがない。現在では水が一番良く、

蒸気表に出ているデータを使えば良い。気体についてはアルゴン、炭酸ガスが良い。

第3に使用する立場からして、信頼性の高いデータをさがすにはどうしたら良いかという問題で、特に論議が集中すると共に話題は発展した。先ず現状において熱物性値を得るための代表的刊行物としては、International Critical Table, SAE Handbook, Thermophysical Properties of Material (Plenum Press)などがある。また建築材料関係の物性値表については、現在準備中である。しかし従来の物性値表は信頼性を余り評価せず、単に平均化したようなデータを出しているものが多い。正確な設計のためにはcritical evaluationを行うべきであり、またそれも up to date なデータに着目して常に改訂してゆく必要がある。そしてそのためには常設的なデータセンター的機関が必要である。ここでは更に整理やサービスも行う。現在、米・ソおよびEUPACにこうしたセンターがあるが、日本では未だなので今後考えるべきだろう。

日本の出版物としても熱物性値を扱っているものはあるが、現在機械学会では液体の物性値全般についての統一資料を作ろうとしているし、冷凍協会では冷媒の特集を考えている。

討論は以上のようにであったが、最後に片山先生が結論的な意見でまとめて下さった。"適切な測定法の問題にしろ、データの収集・評価・整理の問題にしろ、永続的に進めなければならない問題が沢山あることがわかった。参集の皆さんも今後それらはいかにしたら良いかを考えていけば、今日も特に有意義な会になると思う。"

最後に、話題提供者の方々および助力をいただいた総ての方々に厚くお礼申し上げます。また伝熱研究会から記念品代の提供を受けた。参加した一部の者の間では、当研究グループが年に一度ぐらいこうした会を開催できたらと考えている。伝熱シンポジウムと対称的な時期が良いだろう。

〔文責 前連絡幹事 飯田 嘉宏〕

## お 知 ら せ

(1) 日本伝熱研究会第15期(昭和51年度)活動報告書訂正の件

報告書7頁に記載いたしました研究グループ研究会の関西研究グループの報告を以下のよう  
に訂正させていただきます。

d) 関西研究グループ(連絡委員 勝田 勝太郎 氏)

1) 昭和51年12月10日(金) 14.00-17.00

京都大学工学部機械工学教室

(1) 円柱によりかく乱を受ける乱流境界層

丸茂 栄佑 氏, 鈴木 健二郎 氏, 佐藤 俊 氏

(2) 安定成層流における乱流拡散係数

水科 篤郎 氏, 荻野 文丸 氏, 上田 洋匡 氏, 小森 悟 氏  
前田 和昭 氏

(3) 沸騰音響について

西原 英晃 氏

2) 昭和52年2月16日(水) 13.30-17.00

大阪大学工学部

(機械系M1棟3階 M1-313 講義室)

"レーザ・ドップラ流速計の応用"

(1) 管内オリフィス後方の低レイノルズ数流れの計測

植村 知正 氏, 今市 憲作 氏

(2) コッドバンドル内の流れの計測

井波 敬 氏, 中島 健 氏, 松本 隆一 氏

(3) 乱流拡散火炎における流れの計測

申 鉉東 氏, 小笠原 光信 氏, 高城 敏美 氏, 岡本 達幸 氏

(4) 気液二相流における計測

大場 謙吉 氏, 小笠原 光信 氏

(5) 可変周波数偏移レーザ・ドップラ流速計とその応用

中谷 登 氏

以 上



## 6TH INTERNATIONAL HEAT TRANSFER CONFERENCE AND INDUSTRIAL EXPOSITION TORONTO, CANADA AUGUST 7 - 11, 1978

International Heat Transfer Conferences are held every four years with the purpose of bringing together the international heat transfer community.

The Sixth International Heat Transfer Conference will be held at the Sheraton Centre Hotel, Toronto, Ontario, Canada, August 7 - 11, 1978.

It is being organized by the Canadian Executive Committee under the authority of the Assembly for International Heat Transfer Conferences, with the co-operation and support of the National Research Council of Canada, the Canadian Society for Chemical Engineering, and the Canadian Society for Mechanical Engineering. The following countries participate in the Assembly:

- CANADA
- INDIA
- YUGOSLAVIA
- U.S.A.
- FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY
- ISRAEL
- U.S.S.R.
- FRANCE
- JAPAN
- UNITED KINGDOM

The delegates to the 6th International Heat Transfer Conference will represent Professional Societies from the 10 member countries of the Assembly. In addition to the displays at the Exposition, they will be attending in order to participate in the following Conference features:

- **Publication of more than 400 Heat Transfer Papers**
- **Poster Sessions on specific subjects for analysis and discussion**
- **33 Keynote papers by the authors in person**
- **Panel Workshops following related Keynote Speakers and Poster Session.**

The Conference is established as an event where the world's foremost experts in the heat transfer field — designers, consultants, manufacturers — meet to exchange the latest knowledge of new developments, designs, and equipment in their specialized field.

### INDUSTRIAL EXPOSITION — A new innovation for 1978

In 1978, an Industrial Exposition is planned to run concurrently with the 6th Annual Heat Transfer Conference.

The audience will include an international group of engineers, designers, specifiers, researchers, and users of heat transfer equipment and applications in the following industries:

- **Electric Power Generation**
- **Petroleum**
- **Cooling**
- **Heat Recovery**
- **Chemical/ Metallurgical**
- **Heating**
- **Refrigeration**
- **Solar Utilization**

The exhibit area is situated in the centre of the activities. Keynote addresses will be presented in the theatres that can be reached only through the exhibit hall. Poster sessions will be held in the Grand Ballroom on the other side of the displays.

Many major manufacturers active in the international heat transfer field, have indicated they will be participating in the exposition. The Executive Committee, through their contacts in the 10 participating countries, are promoting attendance at the Exposition and Seminar among the membership of every professional association of consequence in Europe, Asia, and North America.

An exhibit in this Exposition will provide many world wide business contacts, plus a key group of United States and Canadian practitioners.

Here the exhibitor has an opportunity to gain international prestige and to develop world wide business.

The Industrial Exposition provides a showplace for manufacturers to display their engineering and manufacturing skills to a group which will include designers and consultants for many future sophisticated heat transfer applications.

**Early enquiries indicate wide interest in the Industrial Exposition. The Committee wishes to assure all participating countries and manufacturers of fair representation and suggests that those who wish to participate should indicate their intention in writing by September 16, 1977. Such letters should indicate intention to display and detail the number of exhibit booths and confirmation required.**

( 展示会に関するお問い合わせは 〒113 東京都文京区本郷 7-3-1 東大工学部 平田 賢教授宛にお願いします )

(3) 第1回人間-熱環境系シンポジウムについて

期 日：1977年8月30日及び9月2日(2日間)  
場 所：空気調和・衛生工学会会議室，東京都新宿区北新宿1-8-1 中島ビル  
TEL 03-363-8261  
主 催：空気調和・衛生工学会特別研究温熱研究班 他2団体  
協 賛：日本伝熱研究会 他15団体 後 援：日本学術会議(予定)

---

8月30日(第1日)

- 9:00 人間-熱環境系シンポジウム開催の目的と意義について  
準備委員会代表 後藤 滋  
体温調節系の特性とその年令的差異(第9次, 12次, 16次実験, 子供)  
横浜国大 川島美勝, 後藤 滋, 中牟田浩史  
風洞内温熱条件の組合せの人体影響に関する実験  
東工大 小林陽太郎, 磯田憲生, 堀越哲美  
人体に対する放射熱環境の計測について 京大 中村泰人  
サーマルマネキンによる衣服の部位別熱抵抗 大阪市大 三平和雄  
温感モデルと熱環境 北大 射場本 勤市郎(空気調和・衛生工学会)  
固体表面温度の計測 東工大 森田 矢次郎(計測自動制御学会)
- 13:00 労働熱環境の変容とその問題点 労科研 三浦豊彦(産業衛生学会)  
Computer Simulation of Physiological Responses to Heat and Exercise  
Stephan A. Konz  
体温調節に関する最近の話題 阪大 中山昭雄(生理学会)  
生体の熱定数と温度感覚の測定 東大 棚沢 一郎(伝熱研究会)

9月2日(第2日)

- 9:00 青年男女を対象とした実際の建物における熱環境と温冷感・衣服量の調査結果  
芝工大 南野 脩  
某印刷工場女子従業員の温冷感・快適感について  
昭和大 吉田敬一, 栃原 裕, 大中忠勝  
事務所建築における温冷感と熱的要素の季節変動について  
近大 成瀬哲生, 梶井宏直

- 低温輻射と体感について 建 研 江口和雄, 坊垣和明  
サーモグラフィーの医学応用 東 大 西坂 剛 (サーモグラフィー研究会)  
13:00 人間-熱環境系における被服の役割 文化女子大 渡辺ミチ (家政学会)  
Changes of Thermoregulatory Responses of Human Subjects  
Repeatedly Exposed to Heat over Long Period  
Hans G. Wenzel  
耐寒性の生理的指標 公衆衛生院 長田泰公 (生体調節研究会)  
現場における温熱測定と指標 (KHI) 川 鉄 荘司栄得 (産業衛生学会)
- 

参 加 費：3,000 円の予定 (前刷代を含む)

懇 親 会：8 月 30 日 17:00～ 会費 約 3,000 円

参加申込：往復ハガキに 1) 氏 名, 2) 所属団体, 3) 連絡先, 4) 懇親会出席の有無  
を記入し下記あてにお申し込み下さい。定員 120 名で締切らせて戴きます。

連 絡 先：〒233 横浜市南区大岡 2-31-1 横浜国立大学工学部機械工学科 内  
第 1 回人間-熱環境系シンポジウム準備委員会

電話 045-741-3541 内 405



(4) HMTの発刊について

# PERGAMON PRESS

Headington Hill Hall, Oxford OX3 0BW Telephone: Oxford (0865) 64881 Telex: 83177  
Maxwell House, Fairview Park, Elmsford, New York 10523 Telephone: 914 592 7700 Telex 137328

**New Pergamon Series • Advance Information & Call for Papers**

# HMT

THE SCIENCE & APPLICATIONS OF *HEAT AND MASS TRANSFER*  
Reports, Reviews & Computer Programs

Editor-in-Chief:  
**D. BRIAN SPALDING**,  
Mechanical Engineering Department,  
Imperial College of Science and Technology,  
Exhibition Road,  
London SW7 2AZ, England

Associate Editors:  
**D.A. de Vries**, Technical University of Eindhoven, Eindhoven, Netherlands  
**K.H. Khalil**, Cairo University, Cairo, Egypt  
**B.G. Levich**, Academy of Sciences, Moscow, USSR  
**Y. Mori**, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan  
**C.L. Tien**, University of California, Berkeley, California, USA

Pergamon Press announces the institution of a New Series of Books on the Science and Applications of Heat & Mass Transfer. Special features of the series are intended to be:

- Speed of publication
- Attractive appearance
- Economic price
- Convenient format

#### INVITATION TO AUTHORS

The Publisher invites workers in the field of HMT wishing to publish articles, books or computer programs in this series to communicate directly with the Editor-in-Chief or with the most accessible associate editor.

#### AIMS AND SCOPE

Volumes to be included in the series will be those which authoritatively review, condense or explain individual parts of the whole field, or which, by dealing with many parts within a single work, emphasise the essential unity of the subject.

THE SCIENCE OF HEAT AND MASS TRANSFER is defined as comprising those studies which are concerned with:

- the transfer of heat by conduction, convection and radiation;
- the corresponding transport processes of matter by bulk motion, and by molecular and turbulent diffusion;
- the fundamental phenomena contributing to those transport processes (e.g. the science of turbulent modelling; the kinetic theory of gases; the laws of phase-boundary phenomena);
- the relevant branches of mathematics (analytical, numerical, computational);
- sources and sinks of heat and matter (chemical kinetics; nuclear transformations);
- experimental methods (optics and spectroscopic techniques).

THE APPLICATIONS OF HEAT AND MASS TRANSFER fall into the following main categories:

- production of mechanical and electrical power (e.g. boilers, condensers, cooling systems);
- combustion technology (e.g. furnaces for power stations, and process plants);
- chemical and process technology (e.g. distillation, condensation, separation, catalysis);
- environmental (e.g. thermal pollution of waters, dispersion of chimney gases);
- meteorological (e.g. transmission of radiation through the atmosphere; the global circulation of air);
- oceanographic (e.g. mixing of salt and fresh water; the processes affecting the vertical temperature distribution);
- building science (e.g. heating and ventilating; air-conditioning);
- biophysics (e.g. oxygenation of blood; thermal treatment and control of organs);
- nuclear and fusion reactor technology.

#### EDITORIAL POLICY

Volumes will be published either as a unified work by a single author, — a collection of thematically related works by a single author — or a collection of thematically related works by several authors, which by publication as one volume, will make scattered works more accessible. Translations, annotated reprint sets, and lecture notes will also be considered.

Individual articles from multi-contributed volumes will be considered for publication separately in paperback form and distributed in advance of the complete hard-bound volumes. An honorarium of \$150 - 200 for each contribution (according to the size of the work) will be paid to the author(s) on publication. Authors of whole-volume contributions will be remunerated by way of royalty. Contributors will also receive a complimentary copy of the complete volume in which their articles appear.

#### NOTES FOR AUTHORS

Authors are invited to send their communications, in duplicate, either directly to the Editor-in-Chief or to the most accessible member of the Editorial Board. Prior endorsement of the publication by one of the Associate Editors will accelerate editorial procedures. To facilitate rapid and economic publication, papers will be photographically reproduced from the original typescripts prepared by the authors. It is intended that contributions will be published within 16 weeks of acceptance of the ready-to-print typescript. Copies of the instructions for the preparation of manuscripts, typescripts and sample pages can be obtained from the Editors of the Production Offices of Pergamon Press. Preferably, authors should submit the material in a form as close as possible to that which they propose for actual publication, with an indication of the changes they would wish to make in respect of both content and form before publication was effected.

### HMT Volume 1

## GENMIX – A General Computer Program for Two Dimensional Parabolic Phenomena

D. BRIAN SPALDING, Imperial College, London

350pp

250 x 176mm

22 illus

ISBN 0 08 021708 7

\$40.00 £22.00

Two-dimensional parabolic phenomena comprise boundary layers, jets, wakes, plumes, flows in pipes, annuli, nozzles and diffusers, and many other steady-flow processes. They also include such unsteady phenomena in one space dimension as heat conduction, freezing and melting, droplet combustion, and flame propagation. Both laminar and turbulent phenomena are included.

Processes of this kind are of great importance in engineering and in the environment; and they have all recently become capable of realistic and quantitative analysis. One of the most popular methods of this analysis is that developed by Patankar and Spalding in 1967. It is a development and extension of this method which is embodied in the GENMIX computer program.

GENMIX is the product of several years of teaching, research and consulting work by the author; and it has profited from the experiences gained by his students, and by his colleagues in many parts of the world. GENMIX is now, although not fool-proof, well-adapted for easy use by students, practising engineers, and research workers.

The book describes the basic method, explains the construction of the computer program, and discusses many examples of its use. Listings and computer output are supplied as appendices, for several cases of practical interest; and it is explained how, with the aid of small modifications, the computer program can be modified so as to handle the whole range of two-dimensional parabolic phenomena.

**CONTENTS:** Introduction: Introduction to the GENMIX Computer Program; Mathematical Foundation of GENMIX; The Patankar-Spalding method; Organization of the Computer Program; The Treatment of Wall Boundaries; Further Features of Calculation Procedure; Physical Processes and Properties incorporated into GENMIX; Some Special Problems without Chemical Reaction; Some Special Problems with Chemical Reaction; Extensions of GENMIX; References; Glossary of FORTRAN Variables; Nomenclature; Listings and Results of GENMIX.

— also available: Complete Card Deck embodying the GENMIX Computer Program: \$150.00 £83.00

#### ORDER FORM

### HMT – The Science & Applications of Heat and Mass Transfer

Reports, Reviews & Computer Programs

Volume 1: GENMIX – A General Computer Program for Two-Dimensional Parabolic Phenomena

Please send on firm account . . . . . copies  
of Volume 1 . . . . .

	or	\$40.00	£22.00	ISBN 0 08 021708 7
with Card Deck	or	\$190.00	£105.00	ISBN 0 08 021733 8

Please enter my standing order for all future Volumes until countermanded.

Payment enclosed

Please invoice my current Pergamon account

Account No. \_\_\_\_\_

\* I authorize you to debit my  
ACCESS/EURO/MASTERCHARGE:

(Delete as necessary)

\* Or AMERICAN EXPRESS

\* If using Credit Card facilities please write  
your home address below

Card valid until \_\_\_\_\_

Name \_\_\_\_\_ Address \_\_\_\_\_

City \_\_\_\_\_ State \_\_\_\_\_ Zip \_\_\_\_\_

Signed \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_ Order Ref No \_\_\_\_\_

**PERGAMON PRESS,** Headington Hill Hall, Oxford OX3 0BW, England  
Maxwell House, Fairview Park, Elmsford, New York 10523, USA

(5) 編集委員から会員の皆様へのお願い

「伝熱研究」は1962年3月に創刊されて以来、年4回のペースを一度も変えることなく発行が続けられ、本号で62号を数えることになりました。この間、毎期の編集委員の方々の御努力により、本誌は日本の伝熱研究者間の意志疎通の場として大きな役割りを果たしてきたように思われます。今期も、過去の良き伝統を継承し、レベルの低下をきたさないよう努力したいと思いますが、同時にある程度内容・形式等を刷新し、より多くの会員の方々に御満足いただけるものへと（少くとも方向ぐらひは）向けて行きたいと考えております。

そこで、編集委員から会員の皆様に二つのお願いをいたします。第一は「伝熱研究」に積極的に投稿していただきたいということ、第二は「伝熱研究」をより良いものにするにはどうしたらよいかについての御意見をお寄せいただきたいということです。第一の点については、下記の投稿要領を御参照いただきたいと思います。第二の点については、次頁のアンケートに御回答いただくことをお願いいたします。

「伝熱研究」への投稿要領

- (1) 投稿期限：63号(52年10月号) ——— 9月15日  
64号(53年1月号) ——— 12月15日  
65号(53年4月号) ——— 3月15日
- (2) 原稿の長さ：400字詰原稿用紙4～8枚程度(「伝熱研究」1ページは1290字)  
図面も掲載できますが、そのまま写真印刷のできるものに限りです。
- (3) 内容：特に制限はありません。伝熱の研究に対する意見、提案、研究上の疑問点の提出、新刊書等の紹介、海外だより、など自由にお書き下さい。
- (4) 原稿の送り先：(〒106) 東京都港区六本木7-22-1

東京大学生産技術研究所

棚 沢 一 郎

第16期「伝熱研究」編集委員長

(6) 「伝熱研究」に関するアンケート

下記の各問について御意見を御記入の上、切り取ってお送り下さい。

[1] 「伝熱研究」をお読みになられていますか(一つ選んでください)。

- a. 全く読まない
- b. 時々読む
- c. 毎号目次ぐらいは目を通す
- d. 面白そうな記事の一、二は読む
- e. ほとんど全部読む
- f. その他 :

[2] 「伝熱研究」に掲載されている記事のうち、どのようなものに興味をお持ちですか。

(複数を選んでも結構です)

- a. ニュース・会告
- b. 地方グループ活動報告
- c. 伝熱シンポジウムの(事務的)報告
- d. 伝熱シンポジウムへ参加しての感想
- e. 伝熱セミナーの(事務的)報告
- f. 伝熱セミナーへ参加しての感想
- g. 海外での学会への参加報告
- h. 海外の大学・研究所訪問の報告
- i. 伝熱の研究についての意見・提案
- j. 新しい研究の紹介
- k. その他 :

[3] 今後「伝熱研究」にどのような記事の掲載を希望されますか。

〔4〕 「伝熱研究」に現在掲載されている記事のうち不要と思われるものがありますか。あったらその記事の種類をお書き下さい。

〔5〕 現在「伝熱研究」には、ほぼ毎号、地方グループ研究会の概要が掲載されています。これについて御意見をお聞かせ下さい。

- a. これまで通り続けていくのがよい。
- b. 葉書による通知があるのだから、掲載の必要はない。
- c. 伝熱シンポジウム等での発表と内容が重複するものは削除した方がよい。
- d. 題目だけ紹介し、概要は載せなくてよい。
- e. 全く掲載しなくてよい。
- f. その他の御意見：

〔6〕 その他「伝熱研究」をより良いものにするための御意見を何でもお書き下さい。

アンケート回答期限：52年9月15日

アンケート回答送り先：

(〒106) 東京都港区六本木7-22-1

東京大学生産技術研究所

棚 沢 一 郎 宛

## 日本伝熱研究会への入会手続きについて

### (1) 個人会員

葉書若しくは、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（5,000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

東京工業大学機械工学科熱工学第一実験室 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・普通預金

(店番号145) - (口座番号 1342238)

日本伝熱研究会

日本伝熱研究会員申込書			
(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 番)		
通 信 先	〒	(電 番)	
現 住 所	(電 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30,000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 )
会誌送付先	〒 (電話 )
備 考	申込口数 口

**伝熱研究**

Vol.16 №62

1977年7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

東京工業大学機械工学熱工学第一実験室気付

日本伝熱研究会

電話 (726) 1111(代) 内線2180

振替 東京 6-14749

(非売品)