

# 伝熱研究

1987  
January  
Vol. 26  
No. 100

Journal of Heat Transfer Society of Japan

## 〈100号記念特集〉

- |  |             |
|--|-------------|
| (1) 「伝熱研究」100号出版を迎えて   | 長谷川 修       |
| (2) 伝熱研究会の創成   | 甲藤 好郎       |
| (3) 日本伝熱シンポジウム雑考   | 西川 兼康       |
| (4) 国際観点からの日本の伝熱研究   | 森 康夫        |
| (5) これからの25年   | 岐美 格        |
| (6) 伝熱研究会の新たな発展を期待して   | 藤江 邦男       |
| (7) The Progress of Heat Transfer Research in Japan<br>—A Quarter Century Tribute— | W. H. Giedt |
| (8) ・日本伝熱研究の発展   | W. J. Yang  |
| (9) 日本の伝熱研究会のゆくえ (放談会) [上]   |             |

## 〈解説〉

- (1) カルノーサイクルより高い熱効率 一色 尚次
- (2) 気液二相流の基礎方程式について 片岡 勲
- (3) 熱ダイオード特性を持つカスケード型ヒートパイプ  
穴戸 郁郎
- (4) 直管路内の乱流 (第二種二次流れの数値解析)  
中山 顕

## 〈国際会議〉

- (1) 雑感 —国際伝熱会議に参加して—  
佐藤 俊
- (2) 第8回国際伝熱会議印象記 西川 兼康
- (3) 第8回国際伝熱会議印象記 相原 利雄
- (4) International Center for Heat and  
Mass Transfer 森 康夫

日本伝熱研究会  
Heat Transfer Society of Japan

日本伝熱研究会第25期(昭和61年度)役員

会 長		長谷川 修(九大)
副 会 長	(無任所) (事務担当)	堀 雅夫(動燃) 小竹 進(東大)
地方連絡幹事	北海道 東北 関東 東海 北陸・信越 関西 中国・四国 九州	福迫 尚一郎(北大) 齋藤 武雄(東北大) 矢部 彰(機械研) 荒木 信幸(静岡大) 日向 滋(信州大) 片岡 邦夫(神戸大) 須藤 浩三(広大) 藤田 恭伸(九大)
幹 事 (23名)	坂爪 伸二(釧路高専) 熊谷 哲(東北大) 山川 紀夫(岩手大) 竹内 正顕(東海大) 望月 貞成(東農工大) 三田地 紘史(豊橋技大) 森 茂(金沢大) 加治 増天(大阪大) 千田 衛(同志社大) 尾添 紘一(岡山大) 岩渕 牧男(三菱重工) 増岡 隆士(九工大)	谷口 博(北大) 新野 正之(航技研) 坂本 守義(東芝) 田中 宏明(東大) 新井 紀男(名大) 竹越 栄俊(富山大) 大場 健吉(関西大) 芦沢 昭示(京大) 藤井 雅雄(三菱電機) 水上 紘一(愛媛大) 福田 研二(九大)
監 査(2名)	前田 昌信(慶応大)	田中 修(三菱電機)
「伝熱研究」編集委員長		黒崎 晏夫(東工大)
第24回日本伝熱シンポジウム準備委員長		二神 浩三(愛媛大)
第21回伝熱セミナー準備委員長		大谷 茂盛(東北大)

# 伝 熱 研 究

## 目 次

~~~~~ < 100号記念特集 > ~~~~~

- (1) 「伝熱研究」100号出版を迎えて …… 第25期会長 長谷川 修(九大) …… 1
- (2) 伝熱研究会の創成 …… 第18期会長 甲 藤 好 郎(日大) …… 2
- (3) 日本伝熱シンポジウム雑考 …… 第15期会長 西 川 兼 康(久留米工専) …… 6
- (4) 国際観点からの日本の伝熱研究 …… 第17期会長 森 康 夫(電通大) …… 10
- (5) これからの25年 …… 第24期会長 岐 美 格(京大) …… 18
- (6) 伝熱研究会の新たな発展を期待して  
(サロン活動の提案) …… 藤 江 邦 男(日立) …… 19
- (7) The Progress of Heat Transfer Research in Japan  
— A Quarter Century Tribute — …… W. H. Giedt  
(元カルフォルニア大 ディビス校) …… 22
- (8) 日本伝熱研究の発展 …… W. J. Yang (ミシガン大) …… 25
- (9) 日本の伝熱研究のゆくえ(放談会) …… 伝熱研究メンバ8名

~~~~~

### < 解 説 >

- (1) カルノーサイクルより高い熱効率 …… 一 色 尚 次(日大) …… 39
- (2) 気液二相流の基礎方程式について …… 片 岡 勲(京大) …… 45
- (3) 熱ダイオード特性を持つカスケード型  
ヒートパイプ …… 宍 戸 郁 郎(東北大) …… 53
- (4) 直管路内の乱流(第二種二次流れの  
数値解析) …… 中 山 顕(静大) …… 57

<国際会議>

(1) 雑感 — 国際伝熱会議に参加して — .....	佐藤 俊(摂南大) .....	65
(2) 第8回国際伝熱会議印象記 .....	西川 兼康(久留米工専).....	71
(3) 第8回国際伝熱会議印象記 .....	相原 利雄(東北大) .....	76
(4) International Center for Heat and Mass Transfer について .....	森 康夫(電通大) .....	81

<編集委員会>

編集顛末記 .....	編集委員長 黒崎 晃夫(東工大) .....	84
-------------	------------------------	----

<地方研究グループ活動報告>

(1) 九州研究グループ講演会 .....	85
(2) 関西研究グループ講演会 .....	86
(3) 北陸・信越研究グループ講演会 .....	88
(4) 中国・四国研究グループ講演会 .....	90
(5) 東海研究グループ講演会 .....	91
(6) 関東研究グループ講演・見学会 .....	93

<お知らせ>

(1) 第24回日本伝熱シンポジウムについて .....	95
(2) 第21回夏期伝熱セミナー開催予告 .....	97
(3) ICHMT Symposium : Gasoline and Diesel Engines .....	98
(4) ICHMT Seminar : Transport Phenomena in Multiphase Flow .....	99
(5) International Specialist Meeting on Major Hazards .....	100



「伝熱研究」100号出版を迎えて

第25期会長 長谷川 修

黒崎編集委員長から急にこの原稿の提出を命ぜられて、創刊号から古い「伝熱研究」を取り出して、眺め始めた。目次を見て、興味を覚えた記事を読み始めると、原稿を書くことを忘れて、一時間余りの時間を過ぎてしまった。というのは時代を追って「伝熱研究」をひもといていくと、日本の伝熱研究の歴史的な動きが非常に鮮明に浮き出されていたからである。創刊号は日本伝熱研究会が発足して4ヶ月余り後の1962年3月発行で、小林明会長が「伝熱研究」の発刊の辞を、橘藤雄副会長が“日本伝熱研究会の発足に当たって”という記事を書いておられる。その中でこの会の設立の第一の目的として、研究者の連絡及び国際的連絡機関の役割を強調してある。この役目はその後も十分に受け継がれて、果たされており、その手段としての「伝熱研究」が果たしてきた役割は大きい。それと同時に、（私は今回始めて認識したことであるが）これは日本の伝熱研究の歴史を記録した貴重な資料でもある。「伝熱研究」の第10号は“第1回日本伝熱シンポジウム特集号”の副題がついており、これには第1回伝熱シンポジウムの前刷も全部付けられている。この号の巻頭に水料篤郎準備委員長の経過報告が載せられている。その中で述べられている討論時間を十分にというような精神は、現在までも色濃く残されているが、変質した部分も多い。例えば第1回の伝熱シンポは43件の講演申し込みの中から29件にしばられ、二つの講演会場で行なわれている。現在のように伝熱研究が隆盛になり、研究者の数も多くなってきては、止むを得ない面もあるが、一度発足時の考えに立ち返って、伝熱シンポジウムなどの行事について、大きくいえばこの研究会の在り方について反省する時期かも知れない。丁度伝熱研究会も発足以来25年を経ており、幸に前期の幹事会からも検討を依頼されていたことでもあり、幹事会では伝熱研究会の“将来問題検討委員会（仮称）”を発足すべく検討を進めている。もしこの委員会が発足することになれば、今後の25年間に向けて、この研究会の新しいステップをどのように踏み出すかについて、過去を反省しながら、それにとらわれない斬新な案の検討をお願いしたい。

丁度 25年目の最後、100号の「伝熱研究」の出版を心から喜びつつ、この記事を書かせてもらった。  
(1986年12月18日記)

原稿をワープロで打ち終えたら、若干余白が残ったので付記させてもらおう。黒崎委員長より時折相談を受けていた本研究会の英文名称“Heat Transfer Society of Japan”についてである。「伝熱研究」第7号に Giedt 教授の“The Officers and Members of the Japan Society of Heat Transfer”と云う論説があるのに気付いた。日本伝熱研究会の英文名称を考える上での一つの参考資料であろう。

## 日本伝熱研究会の創成

日本大学・理工学部 甲藤好郎

伝熱研究100号記念にあたって、表記の題について原稿をとのご依頼である。念のため創成の意味を広辞苑で見ると、はじめてできあがることとある。確かに、こうした機会に本会発足の頃をふりかえってみるのも多少の意味がとを考えてみたが、思えば随分古い話である。それに実は研究会創立10周年のとき、やはりご依頼を受けて筆者は設立の頃の経緯を念入りに書いており（伝熱研究、第41号）、少なくとも、それとの重複は出来るだけ避けなければならない。また会員の主力はすでに若い方々に移っているであろう。だから頂戴した表題はいかにもいかめしいが、今回は皆様のお許しを頂いて、やや個人的な形で当時の思い出話をさせて頂くことにしたい。

さて私は大学卒業後、東大理工研（戦前の航研）に入り2,3年、谷下市松先生の下で熱関係の研究をしていたが、ある事情で曾田範宗先生（現学士院会員）の研究室に移ることとなり、7年ほど摩擦潤滑の研究をした。次いで私は、戦後の航空研究の禁止が解けて新設されることになった航空宇宙技術研究所へ行き、巨大な施設建設の仕事をしたが、英国への留学から帰国後、熱伝達研究室（この名前の研究室は恐らく、わが国で最初のものだったと思う）を新設して貰って室長になった。そして翌年、思いがけず機械学会の熱及び熱力学部門委員会委員長の委嘱をうけた。それは戦後、谷下市松、栗野誠一、橋藤雄、原朝茂の各先生が勤められた後をうけるもので、私が35歳の時であった。同委員会は、栗野先生（昭29,30年度在任）の精力的な活動を通し、それ以降、以前の熱力学中心から伝熱工学中心に性格がすっかり変わっていた。ちなみに今でも機械学会の優れた発行図書の一つである伝熱工学資料は、栗野先生に端を発し、多くのものを先生に負っている。

ところで、シュテファン・ツヴァイクの「白熱の歴史」、これを読まれた方もおられると思うが、多くの歴史的事件が偶然に支配されていることが書かれている。もちろん、これに直接なぞらえるのは、おこがましいが、私が曾田研に入ったのも、先生、私ともに無関係の他動的経緯からだった。しかし先生とのこのめぐりあいは、私の人生にとって最大の出来事になった。なぜなら、曾田研で私は気体軸受について一つの世界的な仕事をした思い出もあるが、何にもまして貴重なことは、先生から学問や技術について香りの高い考え方を身をもって教えて頂いたことである。そしてやがて私は曾田研から航技研に移ることになるが、曾田研時代には、先生が世話をしておられた潤滑懇談会という集まりがあり、昭和31年2月航技研へ行った直後、潤滑学会の設立（同年4月）にまで発展するのを身近に見た。だから私の心の中に、自分ももっと歳をとったら、いつか熱の分野でこうした形の動きをしてみたいとの願いが宿るようになっても、不思議なことではなかった。

一方、公的な関係は一切なかったが、私は以前から東大生産研の橋先生から恩顧をうけていた。そしてそのうち、お宅まで遊びに行くようになったが、初めてうかがったのは昭和30年成人の日。

先生からお借りしていた Carslaw-Jaeger の Heat Conduction in Solids を返却かたがた、誕生後一年近くの長男と家内も一緒だった。帰りに総武線の下総中山の駅まで、遠く歩いて先生に送って頂いた思い出がある。ともあれ当時、その先生が世話をしておられた伝熱工学研究会（昭27年発足）というものがあつた。この研究会については先生ご自身が思い出話を書いておられる（伝熱研究、第42号）から、詳細は省くが、会員約200名、主力は機械学会の熱及び熱力学部門委員会の常連メンバーと北大、京大、阪大、九大などの研究者で、会の目的は学問としての伝熱学と現場の技術との結びつきを計る事に重点がおかれていた。

ただここで若い方々に知って頂きたいことは、当時はまだ新幹線（昭30年に発足）もなく、今と比べれば国際的關係も実に希薄、現在とはまるで違う時代であった。昭29年12月13日の私の日記の一節にも、“午後1時半から6時すぎまで、赤門学士会館にて熱部門委員会主催の講演会。お菓子も出、時間の制限もつけずに、なごやかな講演会、面白かった。ただし出席者は相変わらず熱部門は少ない。”とある。

そんな状況下、昭和35年4月に私は熱部門委員会委員長になった。そして機械学会とは関係のない仕事だが、私の頭にはすぐ、伝熱関係の全国的組織の設立の夢が浮かんでいたらしい。というのは、5月18日、航空学会の原動機部門委員会からの帰途、岡崎卓郎先生と、伝熱工学研究会がいま開店休業の状態にあるが、こうした性格で、かつ全国的なものが是非必要というような話をしている。そして岡崎先生のご助言に従い、当時、西千葉にあった東大生産研に私は橋先生を訪ねたが、先生は大賛成をされて、すぐに活動をはじめられた結果、6月24日にはもう、粟野先生ら8名が赤門学士会館に集まり、第一回世話人会が開かれている。そこでは各学会を貫き、かつ国際的活動のため将来は日本学術会議と関係するような形の、日本の伝熱研究の中心組織が討議され、その発足までの慎重な予定プロセスを一応きめて、会の名称は“日本伝熱研究会”にしようということになった。

しかし、お互に知らぬままに、丁度その頃、関西では京大の藤本武助先生を中心に伝熱研究会の計画が進められていた。なんといっても当時は東京、関西間の交通も容易でなかった時代である。7月に橋先生と佐藤俊先生が名古屋で会われる機会があつて、そこで初めてお互の動きを知りあつたことになる。その時、およびもう少し後に佐藤先生からうかがつた話によると、関西の方の研究会は、全国的なものではなく関西付近の人々で構成、かつ学会の垣根の無いものとし、なお実際の研究者の集まるアカデミックな性格の構想のものだったように思う。ただその後、10月中旬まで双方が正式に話合う機会もなく、書簡以外は互いの気持ちの交流のないまま暫く過ぎることになった。そして少なくとも東京側は、当面とにかく動きようが無くなった訳である。

ところが8月末の頃、ここに偶然、別の大きな流れが加わることになった。というのは、上とは全く独立の事柄がきっかけになって私は突然、京大の菅原菅雄先生から手紙を頂戴することになり、それは、国内の研究を推進し、かつ日本の研究を国外に周知させるため、日本学術会議へ伝熱研究連絡委員会設置の尽力をしてはとのご提言であった。そこで直ちに、当時、学術会議会員でおられた名大の小林明先生にお願いしたところ、先生は、自分も大いに賛成とのご意見で、9月前半には

もう研連設置の手続きをとって下さった。しかし今でもそうであるように、学術会議で新しい研連が簡単に実現するわけのものではない。ただそれだけに、それから日数はかかったが、会員の矢木栄先生のご尽力なども頂き、矢木先生が世話をしておられた既存の燃焼研連に、新しく伝熱を加える形で、その後、熱工学研究連絡委員会が設立されるに至ったことは実に有難いことであった。

さてこの研連の設置については、その実現が恐らく全国的に期待される苦のものである。従って、関東、関西共通の目標として、現実に両者協力の対象となった。またその線で、両方の気持ちを近づけることにも随分役だったと思われるが、とにかく東京側としては学術会議の伝熱研究連絡委員会の実現に向かって努力を払うことになった。昔のことで記憶が不確かな点も少なくないが、私など若輩なのに粟野先生のお供をして、学術会議会員のところへ援助をお願いに行った記憶も確かに残っているから、みんなが力を合せたのであろう。そしてそれに一心になっている中で、伝熱研連の実現をブッシュするためには、伝熱研連（少数の委員で構成）と全国の伝熱研究者を有機的に結ぶ組織の有無が大きな影響を与えそうにみえ、その組織の準備が急を要することと考えられた。そこで10月8日、第二回世話人会が開かれ、その討議に基づき各専門、各地方の代表的研究者89名の方々に日本伝熱研究会設立の発起人依頼状と会則案が送られたのだった。

そしてその結果であるが、発起人受諾の返事は、ほとんど100%に近いものだった。しかし、その一方で、関西の伝熱研究会の方は、あたかも現在の地方グループ講演会のような姿で、10月に既に第一回研究会が開催され、あと隔月ごとに開かれる状態に入っていた。従って、ここで恐らく読者は、両方の動きが角つきあわせていたように感じられるかもしれない。しかし実際はそうでなく、あまり褒められた話ではないにしても双方が互に情報不足のまま動いていたというのが真相であった。またその意味で、10月中旬、佐藤先生が上京され、神田学士会館で行われた粟野、橘両先生との会談（小生も同席）は大切なものであった。ここで初めて双方の動きの理由が、また具体的な状況がわかりあい、かつ多くの面で両者の考えに共通点のあることがわかったように思う。そして関西側の考えとして佐藤先生のお話の中で特に私の印象に残るのは、形式だけの統一は無駄であり、会員が実質的なプラスの得られるような会の主張であった。

それから、その後にもう一つの大切な会談があった。それは全国的な視野からの調整を企図したもので、12月2日、赤門学士会館において開かれ、抜山四郎、佐藤俊、水科篤郎、山県清、西川兼康、粟野誠一、橘藤雄の各先生が出席された（小生も同席）。そして今でも覚えているのは、抜山、山県両先生のような大先輩を初めとして各先生が、熱のこもった実に真剣な意見を出され、そのような雰囲気の中で、日本伝熱研究会の基本線と具体的姿（案）が決められていったことである。しかも関西の伝熱研究会は、全体の中に自然に包容されるだけでなく、その基本精神が各地方の研究グループに拡大されるという形で処理された。ここには、わが国の伝熱分野の伝統の一つとも言つてよい、英知に裏付けられた協調の姿があるように思うのだが、いかがなものだろうか。

とまれ、こうして昭和35年は暮れることになる。ここで最近の若い方々のなかには、以上の話には森康夫先生の名前が登場せぬことに疑問を持つ人があるかもしれないが、森先生はこの年、米國に留学しておられたことを付言しておこう。それにしても上述のような経緯で、シビアな問題は解決

された形となった。そして次の仕事は発起人会の開催であるが、これについては、全国的に分布している方々の集まりになるから、みなさんが学会などで上京される春がよいということだったと思う。翌昭和36年4月4日、三田の慶応大学（ちなみに4日から8日まで機化学会の総会がここでおこなわれている）の会議室を借用して開かれ、会則案の検討、設立総会までの臨時委員の選出、会員の募集方法などが討議された。

もちろん次はいよいよ設立総会であるが、これは昭和36年11月22日（勤労感謝の日の前日）午前10時から午後2時にかけて赤門学会館で開催され、盛会であった。これまで随分日が経っているように思われるかもしれないが、この年の8月末には米国 Boulderで国際伝熱会議が開かれたりしたからである。この会議は形式上、第二回国際伝熱会議だが、実質的には最初の国際伝熱会議のような感もあり、日本からの出席者には緊張感もあったと思う。西脇仁一先生からの要請で手配をし、8月5日、赤坂プリンス・ホテルで国際伝熱会議出席者懇親会をした思い出もある。私自身は国際会議に出られなかったが、丁度その頃、前に記した伝熱研連関係の資料を作成、学術会議に提出したりせねばならなかった。ともあれ、以上のようにして日本伝熱研究会は発足した。

振り返ってみると、あれから丁度1/4世紀が経ったことになる。そして、われわれは当時、日本や世界の伝熱研究が今ほど隆盛なものになると明確に見通していたわけではない。実際、上記の研究会創設の過程の中でも、伝熱はそんなに将来のある分野であるとは思えないから、やめたほうがとの忠告を何度か耳にすることがあった。またわれわれ自身も、その不安が全く無かったと言えれば嘘になるであろう。ただそれを無視し、われわれを前へ前へ進ませたものは一体何であったろうか。

最近、工学や技術にも哲学が必要だとの説を聞くことがある。目先の条件や仕事の処理のみに目を奪われやすい分野だから、それは確かに考え方の一つの進歩であろう。しかし、そこで哲学といっているものの中には、過去からの外挿で今後をおしはかるといった、工学、技術的手法の変形にすぎぬものが多いようである。そしてそういうものの持つ役割を過大に評価するのは危険である。未来学ばかり、またマルクス主義なども歴史の外挿主義的側面を持つが、その最近の斜陽化と無縁なことではないであろう。

人間は、実存的に言って、もともと根源的な自由を持つ存在である。また人間は創造性を持っている。それに、いわく言い難しではあるが、未来に対する直感をさえ持っている。そして私は、若い人々が遙か未来の地平線を望む時、とらわれの無い自由と創造を行動の基礎にして進んで行って頂きたいものだと思う。ボランティア的な自由と奉仕。また他人の作った枠組みや方法の中で優れた論文を書くより、新しい原理と枠組みを明らかにし、新しい技術を生み出す創造精神。そこには広い活躍の舞台が広がるであろう。本稿に記した方々（紙数の関係で割愛した人々をも含めて）は、今みな定年を迎えられている。しかし、あの頃、時代の制約を破り、新しい未来を夢見て行動された活力は、今もお歴史にいくばくかの痕跡を残していよう。だからもし、日本伝熱研究会創設の頃のことを、わざわざ若い会員諸兄がしのんで下さるのなら、回顧とか思い出ということではなく、若い諸兄の今後の活動と発展のため「精神的な原点」の一つにして頂けたらと思う。またこれが、先輩諸氏の、若い諸兄に対する共通の願いであるに違いない。

日本伝熱研究会が発足して25年が経過し、4分の1世紀を歩んできたことになる。今期の編集委員長の黒崎晏夫君より、昭和62年の1月号は100号記念特集にしたいので、伝熱シンポジウムに関し何でもよいから是非執筆を御願いするという依頼があった。日本伝熱シンポジウムについては色々の思い出があり、昭和61年の第23回の発表論文数は249篇の多きにのぼっており、第1回の29篇にくらべると、正に今昔の感がある。ここでは思いつくままに、伝熱シンポジウムに関係のあることを述べてみたいと思う。

日本における伝熱学のはしりは、1931年岩波書店より発行された北海道大学大賀真二教授の著書「伝熱諸論と其適用」<sup>(1)</sup>であろう。研究面では東北大学の抜山四郎教授が1927年に日本機械学会で発表された「温流体の地下輸送管よりの熱損失」<sup>(2)</sup>が最初のものであり、その後行われたかの有名な沸騰特性曲線の研究<sup>(3)</sup>、熱伝導率の測定、電解槽による熱伝導の研究など、日本の伝熱研究の黎明ということができよう。少し遅れて九州大学の山県清教授は、非等温管内層流理論、自由対流の研究などを発表されているが、管内層流の理論解析(1940)<sup>(4)</sup>はEckertの著書「Wärme und Stoffaustausch」(1949)<sup>(5)</sup>に引用されている。山県教授は1937年より「応用熱学」という課目名のもとに日本で最初に伝熱学を開講されている。また京都大学菅原善雄教授が1952年機械学会で日本で最初の伝熱に関する展望講演<sup>(6)</sup>を行われたことも思い出される。

これら日本の伝熱学の先達につづいて伝熱研究の本格的研究の推進をされたのは東京大学橋藤雄教授と日本大学の栗野誠教授であろう。日本機械学会ではじめて「熱に関する講演会」<sup>(7)</sup>が1953年東京の日本交通協会の講堂で開催されたのも上記二先輩の御力によるものであり、この時は発表件数15件で、講演時間、質問時間ともに無制限で、出席者も30名程度であったように思われる。この熱に関する講演会はその後毎年開催され、抜山先生、菅原先生、山県先生、谷下先生、川下先生、西脇先生、橘先生、栗野先生などの熱の大家が前方に陣取って出席され、きびしい質問がなされるので、岩手の研究者は熱の講演会で発表するとなると、非常に緊張し自力を精一杯ふりしぼって発表するという雰囲気であった。しかしこのような大家の先生方から直接御批判をうけるということで非常にはずみになったように思う。この熱に関する講演会が日本伝熱研究会発足の足掛りになったように思われる。

日本伝熱研究会が発足したのは1961年であり、伝熱研究の創刊号は1962年3月に発行されている。また第1回の伝熱シンポジウム<sup>(8)</sup>は京都大学の水科教授の御世話で1964年5月に京都で開催された。当時のプログラムを見ると、対流伝熱6件、非ニュートン流体への伝熱3件、



沸騰伝熱6件、熱伝導度および温度測定3件、燃焼および輻射伝熱4件、熱と物質の同時移動4件、複合伝熱機構3件、計29件となっており、機械屋と化学工学屋がはじめて一堂に会して伝熱の発表と討論を行ったことになる。その結果、機械屋と化学工学屋の取扱い方の差異がよくわかり、また専門の異なる研究者が伝熱研究という一点を通して親しくなりえたことなど、従来の講演会に見られなかった雰囲気の中で十分な成果がみられたように思われる。

図1は日本伝熱シンポジウムと国際伝熱会議における伝熱学の各分野の発表論文数の割合を比較したものである。縦軸S(%)は全発表論文数に対するその分野の論文数の割合を、横軸Y(year)は発表年度を示し、D, FC, NC, B, TP, C, RおよびAはそれぞれ熱伝導、強制対流、自由対流、沸騰、二相流、凝縮、輻射および応用の各分野を記号で示したものである。また図中の×印は日本伝熱シンポジウム、○印は国際伝熱会議に対するものである。全体的には両者がかなり似た傾向を示しているが、伝導、沸騰、二相流については日本伝熱シンポジウムの方がSの値が大きく、強制対流、自由対流、輻射、応用については日本伝熱シンポジウムの方がSの値が小さく、特に二相流と応用の分野において両者の差が顕著である。

まず1970年頃以降の日本の研究傾向は国際的趨勢に従っていることがわかる。伝導、自由対流、沸騰、凝縮の分野においては日本伝熱シンポジウムのSの値が国際伝熱会議のそれを上回る傾向にあり、日本におけるこれらの分野の研究が活発であることを示すものと思われる。応用研究の分野においては、日本伝熱シンポジウムのSの値は国際伝熱会議のそれよりはるかに下回っている。1973年までの下降傾向は基礎研究の活発さを示すものと思われるが、1973年のいわゆるオイルショック以降の急上昇の傾向および国際伝熱会議と日本伝熱シンポジウムの傾向の類似は省エネルギーにおける伝熱学の重要性を示すものとして興味深い。

本年8月サンフランシスコで行われた国際伝熱会議においては日本人の出席者はアメリカ人について2番目に多く、発表論文の質的なものをみても日本の伝熱研究のレベルは国際的レベルに達したといっても過言ではない。しかし最近の日本伝熱シンポジウムを見ると、発表件数の増大につれて4室ないし5室に分けて行われるため会員が一堂に会して討論する場が失われている。国際伝熱会議も今回はポスター形式のみの発表で行われたためか、前回のミュンヘンの時にくらべて盛り上りに欠けたように思われた。しかし国際会議では展望講演があり、これが非常に有益であったように思われる。日本伝熱シンポジウムも第8回の時展望講演を3件実施しているが、その後は行っていない。日本伝熱シンポジウムも展望講演をもっと積極的に取り入れる必要があるのではあるまいか、また発表形式も、かつて国際会議が採用したラポーター形式とか、ミュンヘンの国際会議の時採用した口頭発表とポスター発表の2種類の方法を併用するとか、何らかの工夫をこらしてなるべく発表の部屋数をへらしてすべての専門分野にわたり会員が出席して討論できるようにすべきであろう。

International Journal of Heat and Mass Transfer の第1巻巻頭(1960)<sup>(9)</sup>に Eckert-Saundersが次のような意味のことを書いている。「熱交換に関する工業上の諸問題を基礎的に

研究することの意義が最近大分変ってきた。以前は実験室で基礎法則をつかむことであったが、最近では経済的な見地からそれが必要となってきた。原子炉とかロケットのような高度の安全性を要求されるものを現場で実験することは生易しいことではない。またミサイルや人工衛星のような何万度という高温から絶対0度に近い低温までの温度に遭遇するものを現場で試験することはむづかしい。試験は最後の仕上げ、総合的なものであって、基礎資料は別に研究することが必要であり、そこに基礎研究の意義がある。」最近の日本の伝熱シンポジウムの講演発表数は年々増加の一途を辿り、一見きわめて活発であるが、このような意義の基礎研究であろうか。この言葉は日本伝熱研究会設立以前に述べられたものであるが、日本の伝熱研究にとっては現在でも心すべき言葉であるように思われる。

日本伝熱研究会の今後の益々の発展と日本の伝熱学の工学としての准居を祈って筆を置く。

(注1) 大賀 真二 : 伝熱諸論と其適用 (1931) 岩波書店,

(注2) 抜山 四郎 : 温流体の地下輸送管よりの熱損失、特に温水輸送における温度降下について、日本機械学会誌, 30-126 (1927) 431-451,

(注3) 抜山 四郎 : 金属面と沸騰水との間の伝達熱の極大値ならびに極小値の実験、日本機械学会誌, 37-200 (1934) 367-364,

(注4) K. Yamagata: A Contribution to the Theory of Nonisothermal Laminar Flow of Fluids inside a Straight Tube of Circular Cross Section, Mem.Fac.Eng.Kyushu Imp. Univ., 8 (1940) 365-445,

(注5) E. Eckert : Einführung in der Wärme und Stoffaustausch (1949) Springer ,

(注6) 菅原 菅雄 : 伝熱問題に関する最近の研究、日本機械学会誌, 55-401 (1952) 395-400,

(注7) 第 569 回講演会—熱に関する講演会、日本機械学会誌, 56-412 (1953) 49 (会告 )

(注8) 第一回日本伝熱シンポジウム前刷集、伝熱研究, 3-10 (1964),

(注9) E.R.G.Eckert- O.A.Saunders : An International Journal in the Field of Heat and Mass Transfer, Int. J. Heat Mass Transfer, 1-1 (1960) 1-3,

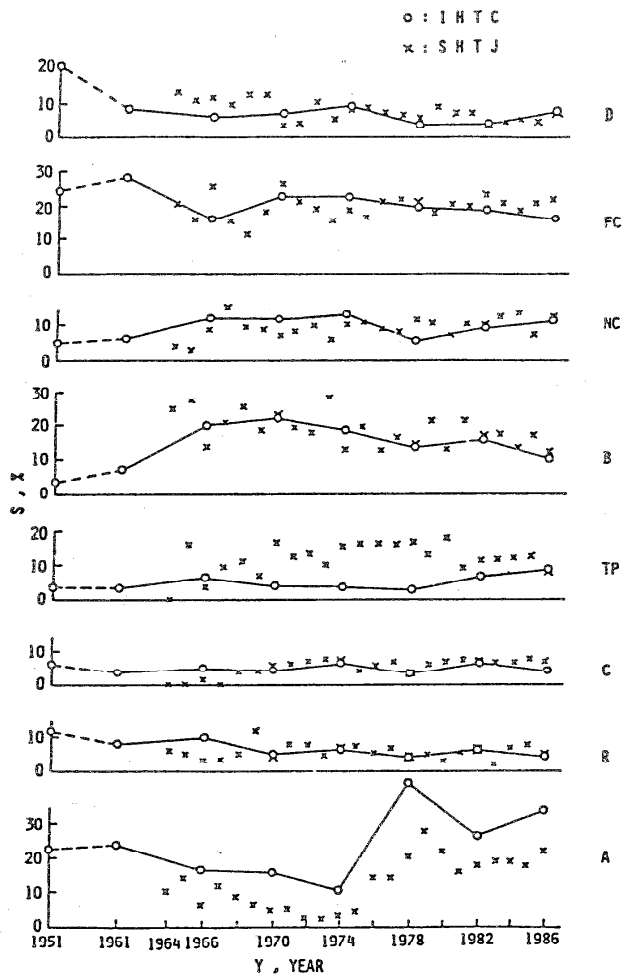


図1 国際伝熱会議と日本伝熱シンポジウム  
 における伝熱各分野の論文割合

## 1. はじめに

本伝熱研究会が発足以来25年の歴史を刻むことになり、この100号記念特集号を出すことは慶賀の至りに思います。またこのような折に「国際的観点からの日本の伝熱研究」という命題で意見を述べるよう依頼されたことは、日本の伝熱研究もこの約25年間に国際的に評価されるようになったと編集委員の方々が考えられた結果と思われ、また私個人の見解としても、表記の命題で意見を述べるのは、非常に適当な機会と考えました。しかしこのような命題について伝熱の専門家である会員の方々にお読みいただくために、私より適当な方がおられるのではないかと考え、お引き受けすることをいささかためらいましたが、お断わりしましては特集号の編集に迷惑をかけるのではないかと思い、お引き受けしました。

考えてみると第2回の国際伝熱会議が米国コロラド州のボルダー市で開催されたのは25年前の1962年で、ほぼ本会の発足の時期と一致しています。その時の日本からの出席者は6人、論文は2編位だったと思う。この時の全論文集は124編で日本以外のアジア地区からの論文はなかったと記憶している。それ以来昨年のサンフランシスコ市での第8回国際会議まで私はほとんどの伝熱国際会議に論文を出し、かつ出席してきた。また Int. Journal Heat and Mass Transfer の Editor を13年間務めてきて、その間に5、6回行なわれた Editor 会議にほとんど欠かさず出席した。その折、各国の Editor はそれぞれ Journal に載った論文には目を通してあるので、互いに率直に他国の論文を評価したり、自由に意見の交換を行なうなど、国際的交流の役の一端を果たしてきた。またこれらの機会の他に、私個人としては A S M E の年次総会および米国伝熱会議、ユーゴスラビアにある Int. Center for Heat and Mass Transfer の国際シンポジウム、米国の大学での大学院学生への集中講義などに召へいされたりなどで30回近くも外遊し、この間に多くの海外の伝熱の研究者と既知となり、また直接外国人から見た日本の伝熱研究についての評価の意見、および海外の友人との手紙による意見交換などの機会があった。したがってこれらのことから得られた知識、見解を基にして、本稿を執筆したことを先ずお話ししておく。

さて国際的観点としてどういう内容を考えてこの稿を記したかをまず説明する。与えられた命題を簡単に解釈すると国際的な立場に立って考えると、日本の伝熱研究はどんな水準にあるといえるのか、またその国際性はどうかということなどについての意見を述べ

ばよいようである。しかしもう少し詳しく考えてみると、日本の伝熱の論文の国際性、外国人から見ての国際的評価などについての意見も説明する必要があると思うし、できれば将来日本の伝熱研究が国際的水準、国際性を維持するためにはどのような研究を行なうのが望ましいかについての意見を述べたいと考えている。

## 2. 日本の伝熱研究の国際的水準と国際性

伝熱研究といっても内容により伝熱学、伝熱工学、伝熱技術に大別できるという意見については2年程前に本誌で述べた。伝熱研究の基礎的分野を扱う伝熱学での、最も重要な国際的観点からの評価の項目は、当然のことながら研究対象と創造性であり、ついで波及効果であろう。従ってこれらの条件を満たし、国際性のある伝熱学分野の研究は、学問的な意味でも国際的に関心をもたれ、その効果が多くの人の関心を引き、次の段階の研究を引き出すような伝熱現象を取り上げるものでなければならない。しかし研究者自身は独創性があると思っても、学問的価値がないものは、その研究結果は利用されないし、他の研究に引用されることもない。独創性とは誰も今まで研究していない問題を取り上げることでだけでは十分にその条件を満たしているとはいえない。このことを説明するためによく用いられるたとえ話に、新無人島発見的研究というのがある。それは今まで地図にも載っていない小さな島を初めて発見した場合、その島が例えば観光的にも、資源的にも全く無価値の場合には、たとえ新しい発見でも国際的にも関心をもたないだろうということである。すなわち独創性のある研究は国際的にも関心をもたれ、かつそれから発展する新しい研究の導火線にもなるような波及効果、将来性があるものでなければならず、これは言い換えると学問的流れに添うか、あるいは新しい流れを作り出すものが国際的に高く評価される。

多くの場合、一つあるいはいくつかの一連の論文で一つの現象を対象とする研究は一段落がつけられる。しかし、伝熱学の研究で国際的に高く評価されるものの中に、見掛け上異なる現象を対象としていると思われたいくつかの研究分野、成果が同一の理論などで解釈できるという体系付けを行なうような研究、または異なった解釈などで説明されていた多くの研究結果を体系的に整理し、伝熱学に新しい体系の導入、または統一的解釈の導入を内容とするような研究は国際的に非常に評価される。

伝熱技術はエネルギー工学および先端技術の開発のために必要な伝熱に関するものであり、そのほとんどは実際の機器の構造などに密接に関係している。従って自動車のラジエーターなど、熱交換器そのものの性能が第一義的な重要性を持つ場合とともに、電子機器の冷却のように伝熱特性が、その機器が国際的競争力を持つ上で非常に重要な場合などがあり、これらの分野の伝熱技術を国際的水準に保つために活発な開発が進められている。しかしこれらの伝熱技術には当然のことながら、重要と考えられる種々の異なったかつ比

較的基礎的な条件での各種の伝熱研究の結果が利用され、この目的でいわゆる多くの伝熱工学研究が行なわれ、報告されている。上に説明した伝熱技術のほとんどのものの日本の水準は国際的レベルに達し、国際的競争力を持っていると考えてよい。しかし新しいプラントにおいて利用すべき優れた伝熱技術、また従来より苛酷な条件、あるいは高性能の熱交換器あるいは機器の重要な部分の冷却などでは、新しい現象・内容に関する伝熱技術の開発が必要になると考えられる。このためにもその基礎となる伝熱の研究特に単なる従来の研究の延長的内容ではなく、将来の利用、発展、波及効果を持つ国際的水準の内容の伝熱工学的研究が望まれる。しかし伝熱学的研究が比較的国際性を持ち易いのに対し、新しい伝熱技術が問題となる機器はその国特有の社会的要求から開発が必要となる場合がかなり多い。すなわち開発される伝熱技術はその国のエネルギー事情、産業界が重点をおいて開発する製品・機器の市場によってかなり異なっており、すべてを国際性を考慮して議論することはできない。たとえば最近でも日本においては新エネルギーを用いるプラント、省エネルギー機器についての技術開発が活発に行なわれ、またその必要が十分にあるが、米国では電子機器の冷却技術に重点が置かれて、エネルギー工学における伝熱技術の研究開発のテンポはスローダウンされている。

更に一般的な問題としては、伝熱関係の機器・製品は、現在は国際市場競争として新聞紙上で取り上げられるような問題となっていないし、いわゆるN I C Sの追い上げによる影響を直接的に受けているものもないようである。しかしわが国などの技術あるいはプラントなどを輸入したN I C Sの諸国が、鉄製品、各種電子機器などを製作し、輸出するようになってきたので、わが国のこの分野の市場における競争はかなりきびしいものとなっている。しかし私見としては、製品の基礎となる技術・工学の研究開発が常に行なわれて、たとえば国際競争力を要求される伝熱技術についても伝熱学的に国際水準でそれに関連する現象の基礎研究が続けられていければ、近い将来に製品の性能に差が生ずることは当然期待できることと考える。このような予想があればこそ本稿で与えられた伝熱研究の国際的観点の議論が重要となるものと思う。

さて上述の議論では国際的水準、国際性について抽象的な説明に終始してきた。それは国際的水準とか国際性などを定量的な表現は容易にはできないためである。しかし日本の伝熱研究が国際的水準にあり、また国際性を持っていると考える私なりの理由を述べるべきだと思うが、この意見はかなり主観的なものであることをお断わりしておく。とともに、内容の説明に用いる幾つかの例として私自身の個人的な意見を用いざるをえないことをお許しいただきたい。先ずその国際性、国際的水準について考える上で、審査がかなり厳しく行なわれており、かつ国際的に高い水準と考えられている論文集である International Journal of Heat and Mass Transfer、および国際会議では International Heat Transfer Conferenceなどで報告されてきたわが国の研究論文の全論文に対する内容の比較、数



の比率などを調べるのも一つの方法である。しかし Int. J. の各 Editor は、担当する地域より提出される論文をその国の Advisory Board の方々などの意見を基にして審査し、また Editor の論文は他の国の Editor に審査してもらうことになっている。私が Editor をお引き受けした1973年頃はわが国から提出される論文の数は多くなく、専ら Editor 会議においては議論の聞き役であった。しかし10年前位から慎重な審査の結果、掲載される論文の数も多くなり、かつ他国の Editor からわが国の論文の内容、独創性などの評価も次第に高くなってきたことが述べられ、日本の伝熱研究が国際的水準に達してきたことが徐々にに裏付けられてきた。

ある国の科学・工学・技術が国際的水準に達する過程は、先ず外国からの既成の知識、ノウハウの輸入、次いでそれらを消化して自分のものとした上で、輸入したものの模倣か改良についての研究・開発および製品化が行なわれ、これらの過程を経て国際的水準へと進んで行くものであり、わが国の伝熱研究もこの25年の間にこの過程を経てきた。特にこの10年間程で研究内容、成果が国際的に評価されるようになった。すなわち1982年のミュンヘンおよび1986年のサンフランシスコで行なわれた国際伝熱会議においては、日本から発表された論文が、国際的にも水準の高い内容を持つに至ったことを多くの外国人から直接聞いており、また私自身も全く同様に感じ、改めて日本の伝熱研究者の永年の努力に敬意を表する次第である。さらに1985年10月に米国カリフォルニア州サンテアゴ市で開かれた先端技術とエネルギー工学に関する日米セミナーにおいては、両国よりほぼ同数の25人ずつの代表的伝熱研究者が出席して、最近の各人の研究成果について発表と討論が行なわれた。その論文全体を収録した単行本は米国の Hemisphere 社から最近出版されている。そのセミナーの終わりごろ、MIT の Rohsenow 教授が直接私に日本側の研究は米国側と比較して優れているものが多く、全体として対等またはそれ以上の水準であると賞賛してくれた。これらのことで私は日本の研究が国際的水準にあることを更に確信するようになった。

科学・技術はヨーロッパにおいて基礎がきつかれ、ついで米国において近代的な発達を遂げてきたとよく言われる。伝熱研究もこれと同じような経緯で発達してきたことは、伝熱に関するほとんどの無次元数が英国人、ドイツ人、フランス人などの名で表わされていることでも分かる。更に Int. J. Heat and Mass Transfer は Saunders 教授らと欧州の諸国の伝熱研究者らの提唱により、英国の Oxford 市にある Pergamon 社により出版されて以来、世界で最も高い水準を保っている。また国際伝熱会議はその第1回は1965年に米国ロンドン市で開催された。しかしその後伝熱研究が活発に行なわれている中心的な地域は、欧州から次第に米国に移ってきたと言っても過言ではない。更に最近になってわが国が米国および欧州の研究者に肩を並べるような研究を行なうようになってきた。この事実の定量的な表示は難しいが、伝熱の研究の水準の高さはそれに対する関心の高さと同相関が

あると考えられる。従って伝熱研究の関心の高さを示すために、各国における Int. J. Heat and Mass Transfer の購読数を一つの例として取り上げる。このため昨年8月のサンフランシスコの国際伝熱会議の際に行なわれた Editor 会議の折に示された各国での購読数を、米国のを100 としこれに対する主要国のものを下に示す。

米国	日本	英国	フランス	西独	カナダ	オランダ	インド	イタリ-	韓国	ソ連
100	46	28	21	15	10	10	10	8	5	5

この表からわが国の伝熱研究者の国際論文に対する関心の大きさが理解される。また米国とわが国の購読数の和が全体の約半分である。先端技術等を含む最近の科学・技術の研究・開発の世界的中心が欧州・米国から次第に米国・日本に移りつつあると言われているが、伝熱研究も同じような状況になってきたと考えてもよいのではないか。

更に日本の伝熱研究の国際性について、海外の研究者による評価を説明するため、幾つかの伝熱についての国際的会議開催までの経緯について述べるが、これらからも国際的観点により見た私の日本伝熱研究に対する意見を理解して頂けるものと思う。ASMEとJSMEの合同会議の初めてのものはたしか1975年に応力力学の分野を中心として、ASMEの西海岸支部とJSMEとにより開催された。1981年に私がASMEの総会に出席した折、Michigan大学のW. J. Yang教授から1983年に伝熱の分野を中心としてASME-JSMEの熱工学合同会議を開催してはとの提案があった。会議には日本と米国の研究論文のみではなく、世界中からの研究を募集すること、および論文の審査、司会、会議の事業・事務とも全く対等に行なうことが提案された。上述の1975年の会議と比較して分かる重要な差異は、前回は西支部との会議であったが、1983年の合同会議はASMEが日本の伝熱研究を対等な国際性があると考え、ASMEがJSMEを全く対等な立場で国際会議を開くことを積極的に提案してきたものと考えてよい。事実、熱工学合同会議は日米両国からほぼ同数の論文の報告があり600人余の出席者があった。また出席した米国および海外の研究者からのわが国の研究論文が多く分野に渡っているばかりでなく、その水準が高いことについてよい評価が得られた。それまで国際会議で度々論文を発表してきた経験からも、初めて米国と共同会議を開催し、高い評価が得られ、また多くの研究者が出席し、日本と米国の研究者が対等に活発な討論が行なわれたことは日本の代表者として大変嬉しい思い出である。このASME-JSME熱工学会議はその後も米国において評判が非常によいことが伝えられてきており、それに答えるように本年3月に第2回が開かれるようになった。更に今後もこの伝熱研究を中心とする日米の合同国際会議が4年位

の間隔で定期的に開かれることが予想されている。

この1983年の日米合同会議で米国の伝熱研究者の間でのわが国の伝熱研究の高い国際的評価がほぼ固定したことをその後度々聞く機会を得た。またそれと同時に私が出席した他の国際会議、ASMEの総会および米国伝熱会議等で発表される日本の研究者の論文も日本の伝熱研究の国際的評価に大きく貢献してきた。上に述べた1980年以後のわが国の伝熱研究の国際性、さらに日本の研究への高い評価が米国において一般的となった事実をふまえ、1984年に先端技術とエネルギー工学についての日・米のセミナーの開催の提案が第1回ASME-JSME会議の米国側代表者の Yang 教授から私宛てになされてきた。セミナーは先に述べたように1985年10月に開催され、その折の日本の伝熱研究の水準についての Rohsenow 教授の意見については既に述べた。私の個人的意見のみでなく、これらの国際会議、国際セミナーの開催運営に当たっての議論、意見交換により日本の伝熱研究の水準の国際的高さは世界的に認められるようになったと確信している。

### 3. 今後日本の伝熱研究の国際性

およそ工学における研究は伝熱の分野にしる、はじめから国際性を目標に行なうべきものではない。また民間において行なわれる研究・開発には、プラント・機器などの性能向上に直接関係のあるものが多く、必ずしも国際性を持つとは限らない。またわが国の伝熱研究が国際的水準に達するようになったことも、わが国の伝熱研究者が特にそのための努力をしてきたというわけでもなく、研究者が独自の考えで、その時点で伝熱学的に必要と思ひ、あるいは学問的な流れに添う題目を選び、独創性のある研究を行なってきた結果の蓄積が高い評価となってきたと考えるべきものと思う。しかし先にも述べたように10年位前までは、各種の Journal に載っていた欧州および米国における研究論文を読み、勉強してきた。しかし国際的水準に達したこれからは、わが国の伝熱研究者はどのような課題、内容、方法などで研究を行なって行くべきかということについて、私の意見を述べるべきだと思う。結論的にいうならば、わが国の伝熱の研究者は従来の研究・開発の方針・内容・方法を続けていかれることがよいと申し上げたい。しかし米国の科学・技術と肩を並べるようになった分野の中にはその関連する製品、例えば半導体などのようにその日・米間の競争などの新聞紙上をにぎわすようになったものもある。伝熱の研究・技術ではこのようなニュースになる問題は余り起こらないと考えられる。しかし電子機器の冷却では伝熱についての研究開発がますます重要となると考えられ、国際競争的内容を持つものもあるので、この問題について次に述べる。米国の IBM 社の研究・技術者の半分以上はいわゆる機械屋であるといわれ、同社が電子機器の性能向上のため、その冷却についても基礎研究から新しい冷却技術まで、多くの伝熱研究者を動員しているものと考えられる。わが国のこの方面の製品開発などを行なっている企業は、IBM 社などの開発方針も検討し、ま

た電子機器冷却の仕事に従事している研究者は、これからは国際競争を常に念頭に置いた研究・開発を進める必要がある。

最近の石油の価格の鎮静化により、文明・社会を支えているエネルギーについての人々の関心が薄れたようである。しかしソ連のチェルノブイリ原子炉の事故のようなエネルギー産業・工学上重要な問題が起これ、その事故報告書には炉内で伝熱・2相流の複雑な現象が起こったと述べられており、今後この方面の伝熱の研究が必要であるように思われる。エネルギーに関する研究開発の必要性はそれぞれの国の持つエネルギーの種類とその保有量、関連する各種の問題により大いに異なる。伝熱研究は従来その多くがエネルギー工学と関係して進められてきた。しかしこれからの文明、社会を支える科学・技術の中心分野はエネルギーと情報といわれている。従って例えば原子炉の安全性を更に向上させるための人工知能(AI)の導入とそれに必要な新しい伝熱の研究等が国際的関心を引くと考えられる。一方情報産業の基になる電子機器と伝熱との関係については既に述べた。このような状況で国際的水準に達したわが国の伝熱研究がこれから対象としなければならない現象は、これまでとはかなり異なってくると思われるし、また海外の研究者はわが国の研究に大いに注目すると思われる。これまでわが国の伝熱研究に欠けていたと思われる点で、今後注目すべきものとしては、“結果本位”の研究ではなく、現象の本質を解明すること、また単なる知識の蓄積を行なうのではなく新しいノウハウの獲得、さらに伝熱知識の体系化、伝熱状態の最適化とその方法等に注目して行く必要がある。これらの研究が行なわれ、わが国の伝熱研究がますます海外から評価を受けるようになることを希望する。先にもエネルギー分野に関連して述べたように伝熱の研究で関心を持たれる分野は、当然のことながら国によってかなり異なってくると思われる。そこでわが国でこれまでに主に関心を持たれてきた伝熱の分野を考え、かつわが国のエネルギー事情と、国際競争力があり、かつ伝熱研究が必要なハイテク分野を考慮し、国際的に関心を持たれると思われる具体的な伝熱研究の課題を次に挙げる。

(1) 対流・相変化等の各種伝熱促進現象の伝熱学的(伝熱工学的ではなく)基礎解明と応用、(2) EHD効果などの特殊効果利用の伝熱促進、(3) 高温伝熱とその機器の性能、信頼性向上、(4) ナノテクノロジーなどの極微細技術・加工と伝熱(極精密ロボットの熱変形の制御)、(5) 原子炉、エネルギープラントなどの伝熱制御とAIとのシステム化

#### 4. おわりに

研究者の業績の国際性は、その研究者が国外の学会、国際会議などからの招待講演の招へいの内容、数などによって示される。外国人の履歴書にはこのような招待講演が明記されている。それはその人がある分野で国際的に評価の高い研究論文を発表し、その方面の第一人者と見なされていることを意味するからである。私事に渡って恐縮であるが、この

私は10年余り前からASMEの総会、米国伝熱会議、International Center for Heat and Mass Transfer が毎年国際的に関心の深いテーマで開催する国際シンポジウム、および国際伝熱会議などで計8回の招待講演に招かれた。これらの講演はこの5年位にかなり密度が高くなっているのは、私のこれまでに発表してきた研究が国際的に認められてきたものと考えている。

われわれ日本の伝熱研究者は語学のハンディキャップを感ずるためと、わが国の伝熱産業に寄与するためなどの理由で、研究結果を邦文で発表する場合が多い。しかし海外から高い国際的評価を受けるようになったわが国の伝熱の研究者は、国際的関心が高いと考えられる研究結果は、努めて Int. J. Heat Mass Transfer などの国際誌に投稿することをお勧めしたい。これは伝熱の分野のみでなく、わが国の国際性を高めることに大きな貢献をするばかりでなく、先進国の研究者としてその成果を広く海外で利用してもらうことにより、他の国の産業技術の進歩に寄与することができ、今後わが国の研究者が果たさねばならない国際的責任でもあると私は考えている。

伝熱研究会が設立されてから25年が経過した。伝熱研究会は、その会則にあるように、伝熱に関する学理技術の振興を促進するとともに、会員相互及び国際的な連絡を計ることを目的としている。この会則は設立以来変わっていない。現在、1000名をこえる会員から成る学術団体で、日本学術会議会員の推薦母体の一つでもあり、地方研究グループの活動をもとに、日本伝熱シンポジウムと伝熱セミナーを開催し、「伝熱研究」会誌を発行することによって、伝熱研究会の目的に沿った事業を遂行している。25年の足跡は誠に大きなものがある。たしかに、わが国の伝熱研究の発展と軌を一にしている。ただし、25年よりもさらに昔の、つまり伝熱研究会発足以前の、わが国の伝熱研究の力を忘れてはならない。その力があつたればこそ、伝熱研究会を設立することができたのである。たとえば、著名な伝熱工学資料（日本機械学会）は改訂第4版として昭和61年10月発行されたが、その初版は27年も前の昭和34年5月の発行であった。なお、改訂第3版までは、各版の序文が、全部掲載されていて、伝熱研究の発展の歴史を知り得て興味があつたが、今回それらが全く見当たらないのは残念である。

伝熱研究の発展は、他の研究分野と同様、計算機と計測機器の発達によるところが大きい。しかしそれにも増して重要なものは、研究課題の選択のためのフィロソフィーを含む研究の動機や意欲という個人的なものだと考える。そのような個人及びその集団が精励すればするほど、伝熱学も伝熱技術も発展する。その意味で、伝熱研究会の会員が増すことが望ましい。さらに、伝熱研究会の力が十分にそなわっていると判断できるのなら、研究会を発展して法人化することも考えられる。しかし、伝熱研究会設立当時に予想された25年後の伝熱研究のコミュニティと現実の姿とのちがいの程度で、これから25年後の姿を予想することはむづかしいけれども、法人化を立案するためには、将来をみつめる作業も避けることはできないであろう。

前述の伝熱工学資料初版の序文に、「熱伝導、熱伝達は最近の機械工学科、化学工学、衛生工学、原子力工学、あるいは宇宙工学等、広く各方面の分野にわたって必ずつきまとう問題であり、絶えずその合理的解決が要望される問題である。」とある。現在でも全くその通りである。エネルギーや先端技術などという字句を使ってないだけである。果して25年後はどうであろうか。最近では4年ごとに国際伝熱会議が開かれている。次回は1990年にイスラエルで開かれる予定であるが、どんなトピックスが発表されるであろうか。今後ますます、伝熱促進、伝熱制御、及び伝熱限界の改善について研究する必要があると私は考えているが、伝熱研究のコミュニティに属する個々の人々の脳裏にある伝熱研究の将来像が、これからの伝熱研究を進展させることは疑う余地がない。伝熱研究会の会員の諸氏の精進を期待して止まない。



## 伝熱研究会の新たな発展を期待して

(サロン活動の提案)

(株)日立製作所 藤江 邦男

「伝熱研究」発刊100号に際し、心からお祝い申し上げます。伝熱研究会は伝熱の研究に従事されている同好の先生方が我が国の伝熱研究の一層の進歩と伝熱応用工業の発展のために設立され、その実質的運営方針は自由に討論出来る会合であることを目的としたと聞いております。この方針は会員数が1000名に達した現在においても伝熱シンポジウム、セミナー、地方研究会などに引き継がれ、特に若い会員の研究開発の遂行に大きく寄与していると思います。しかし会員数が増加致しますと、従来の会の行事だけでは、なかなか会員の多くの皆さんに満足して頂くことは困難になり、一方では会員の専門分野も広がり、機械工学を基盤として、半導体、コンピュータなどの電子工学のような境界領域に広がり、さらに生化学を扱う医学、生物学などの学際領域にまで伝熱の研究は広がりつつあることは、既に周知の事実であります。したがって「伝熱研究」の誌上にも、編集委員の先生方のご認識とご配慮によって、しばしば境界領域、学際領域の記事が掲載されております。しかし、将来の伝熱研究会の発展と活性化を図る意味で、大変だとは思いますが、もっと積極的な具体案を提案、実行する必要があるように思います。私はここで伝熱研究会発足当時の創設の理念に返って、2つのことをご提案したいと思います。第一は、サロン(salon)の設立。最近企業では組織を活性化するための手段としてホロンの経営が有効であると云われています。ホロンとはギリシャ語の「全体」を意味する「ホロス」と個や部分を表す「オン」の合成語で、英国の小説家で、科学評論家であるアーサー・ケスラーの造語です。この意味は個を中心として、個が有機的に結合し、調和を保って全体を形成し、機能を発揮することです。学会で申しますと、個人会員がお互いに活性化し、有機的に調和を保って学会を形成しないと、学会の一層の発展と存在価値は期待出来ないように思われます。ここで個を活性化するための一つ的手段として、各分野での伝熱研究者、技術者が各地区毎に小グループを作り、定期的に会合を持ち、お互いに情報交換する場としてのサロンの設立が考えられます。特に研究者、技術者にとって、現在のような高度情報社会を含めて何時の時代でも情報の入手は個人の情報を互いに交換することが基本であり、最も有効な手段であることは、科学技術の歴史が伝えるところです。最近のように情報過多の環境で何が自分にとって有益な情報であったかを考えると、皆さんも雑誌、本、講演会などで得られる一般的な情報より、真

に経験に根差した人との対話の中から得られることを体験されていることと思います。また反面、研究開発で多忙な日々を送っている人にとって、広く専門が異なる人々が集まって、自由な雰囲気でも潤達に自分の考えを話したり、他人の経験談、示唆などを聞けるサロンのような憩いの場が必要ではないでしょうか。日本全国、各地方に10人～20人程度のサロンが自発的に設置されれば、伝熱研究会はさらに発展が期待されます。私の経験を基にサロンを設置する手段について具体的に私見を申し上げます。サロンに参加された人達が自由潤達に互いに話し合える人数は20名以下であり、一方一人の世話人が常に緊密に連絡が出来、纏めることが出来るのも20名以下です。サロンの設置は各都市を単位とし、一つのサロンの人員が制限されているので、場合によっては2つ以上存在してもよく、出来るだけ広く伝熱又はその周辺技術に関係している各分野の専門家に参加して頂くよう努力することが必要です。一例を上げれば土浦市にサロンを設置することを考えますと、土浦市の周辺には大学、各種国立研究所、各企業の研究所、工場があり、サロン設立に積極的な適任者が居れば、複数のサロンが設置でき、時々サロン合同の会合も出来、周辺の中小企業からの参加も期待できるように思います。土浦地区はたまたま大学、研究所、企業が密集しており、サロンを設置するに便利な地区ではありますが、他の地方都市でも技術系の大学、高専が存在する場合には周囲に必ず伝熱技術を必要としている幾つかの企業が存在しており、1つ位のサロンは設置できるものと思います。サロンの運営については、サロンに参加された人々の企画に任せればよく、運営費は各人の負担にし、会合毎に出席者から集めればよい。私の経験では会費は1000円～2000円程度とし、この金は会合での飲食代に当て、会合の雰囲気を自由に議論出来るようにするための潤滑剤と考えればよいでしょう。サロンの開催回数はあまり頻繁にすると、世話をする責任者の負担も大きいので、毎月1回又は隔月1回位がよく、開催日をあらかじめ決めておく方が出席者に対して親切であり、出席率もよくなります。このようなサロンを全国的に展開することによって、従来困難であった大企業の技術者ばかりでなく中小企業の技術者の伝熱研究会の行事への参加も期待できるのではないのでしょうか。伝熱研究会は他の学会に比較して、会員相互のコミュニケーションが良く、他の学会に先駆けてこのようなサロンを設置する試みを計画してみることは、今後の日本における学会の活性化への一つの方向を示唆する試験的試みとなるように思います。サロンを設置し長期に渡って運営するためには、この趣意に賛成する積極的な人の伝熱界への奉仕の精神に期待するところが大きいことは、私の経験から云うことができます。私の考えでは、このようなサロンの設置は「伝熱研究会」を設立された当時の先生方の意志にも相通じるところがあるのではないかと思います。

第二はQ (question) and A (answer) コーナー制度の設置。機械学会会員の所属を大学、官公庁研究所と企業に分類すると3対7の比率になっており、一方伝熱研究会では以前私が調べた

結果ですと8:2位の割合ではなかったかと思えます。この比率から明らかなように企業の個人会員が少ないように思えます。伝熱工学は伝熱機構の物理的現象解明の研究も然る事ながら、伝熱の応用分野への適用を目的とした開発研究も多く、企業の研究者、技術者の積極的参加によって、研究成果は一層実り有るものとなるよう思えます。この企業の研究者、技術者が積極的に伝熱研究会に入り、シンポジウム、セミナーへ参加させるためには、発表の内容的問題よりもむしろ会運営の方針を従来より一步進めて、会員個人の技術的要望にお答えするような目細かい対応が必要であると思えます。伝熱研究会には、伝熱分野での深い知識と長いご経験をお持ちの先生方が多数会員であり、企業などの技術者で現場で実際に困っている人からの質問を会で受け、その内容を見て、大学、企業を問わず、会員である専門の研究者、技術者の先生に回答して頂き、広く共通の問題であれば、シンポジウムの際に一つのセクションを設けて回答し、質問した企業の人にも出席して頂き、膝を交えて話し合うような機会を持つことができれば、大学、企業の研究者、技術者両方にとってその後の研究開発に良い結果を及ぼすものと思えます。この制度を成功させるためには趣旨の企業会員への徹底が必要であり、特に新会員を勧誘する際にはサロン活動の一つとして趣旨の説明を会員の口コミにより、大袈裟に考えないようにし、気軽に質問できるよう配慮することが必要です。

以上伝熱研究会の新たな発展に対し、多少なりとも寄与できると考えた具体的案を2つ提案致しました。これらの案を実行し成果を上げるためには、積極的に中心となって学会のために奉仕する人の選定が必要であり、成否は人によって大きく左右されますが、研究会としての基本方針、すなわち会の基本理念にこの案が適合しているかが最大の問題であり、会の委員会などでご検討戴ければ幸いに存じます。

終わりに「伝熱研究」100号記念特集の原稿を編集委員長の黒崎先生から或る会議の席上で突然依頼され、締切り日時を聞かずに引受けしてしまい、10日足らずで原稿を書く羽目になり、日頃考えていた一端を推敲不足のまま書かせて頂きましたが、少しでも研究会のお役に立てば幸いです。最後に伝熱研究会の益々の発展をお祈りすると共に機会を与えて下さった編集委員の先生に感謝申し上げます。

THE PROGRESS OF HEAT TRANSFER RESEARCH IN JAPAN

A quarter Century Tribute

By

Warren H. Giedt

Professor Emeritus

University of California, Davis

It is an honor to be invited to contribute to this Twenty Fifth Anniversary Issue of the *News of the Heat Transfer Society of Japan*. I feel I have had an unusual opportunity to observe the progress in the field of heat transfer in Japan during the last twenty five years and am very pleased to have this opportunity to acknowledge the dedicated leadership and to express my admiration for what has been accomplished.

Twenty five years takes us back to 1961 when the international heat transfer community gathered in Boulder, Colorado for the second International Heat Transfer Conference. Japanese engineers were aware of the rapidly developing field of heat transfer and by this time a number of investigators were already conducting research. This was evidenced by the contribution of 11 papers presented by 23 researchers to this meeting in the areas of boiling, free and forced convection, and radiation.

Most important was the progressive spirit of the individuals who had dedicated themselves to working in this field. It was at this second International Conference that I first met Professors Niichi Nishiwaki and Fujio Tachibana of the University of Tokyo and Professor Tokuro Mizushima of Kyoto University. They were representative of a small but growing group who had recognized the fundamental importance of heat transfer in science and technology and the critical need to strengthen the capability of Japan in this area. They extended cordial invitations to leading researchers to visit Japan and even then were laying plans to hold the International Conference in Japan.

In the following year Professor James P. Hartnett (now at the University of Illinois at Chicago) visited Japan as a Fulbright scholar. I was honored the following year (1963) with an appointment as a visiting professor at the University of Tokyo. Soon after arriving in Japan I was impressed to learn that a special organization had been formed to promote

the development of heat transfer--THE HEAT TRANSFER SOCIETY OF JAPAN. Early during my visit I was invited to speak at a Society meeting in Tokyo where I met many professors and engineers working on heat transfer projects. Later I was able to visit a number of their laboratories. I well remember the friendly and enthusiastic greetings I received at research centers all the way from Kyushu in the west to Hokkaido in the north, and I treasure the friendship formed during these contacts.

The progress in Japanese heat transfer research which is so evident today is the result of the interest, the outstanding capabilities, and the dedicated efforts of many of the individuals I was privileged to meet back in 1963. I realize this did not include all who merit recognition, but I feel the following individuals should be mentioned: Professors Yamagata, Nishikawa, Hasegawa, and Fujii of Kyushu University; Professors Ishigaki and Ogasawara of Osaka University; Professor Akagawa of Kobe University; Professor Kobayashi of Nagoya University; Professors Sato, Mizushina, and Kunitomo of Kyoto University; Professors Nishiwaki, Tachibana, Ueda, Uchida, and Katto of the University of Tokyo; Professors Mori and Isshiki of the Tokyo Institute of Technology; Professors Nukiyama and Kobayashi of Tohoku University; and Professors Saito, Seki, and Taniguchi of Hokkaido University. All have left their mark in technical contributions and in the guidance of outstanding students to assume leadership in heat transfer research. To all of them, and to the others who should be included in this list, we express our respect and appreciation on this occasion.

The HEAT TRANSFER SOCIETY OF JAPAN has been very effective in promoting the development and progress of heat transfer research in Japan. The Annual Symposium has become an excellent and well attended forum for the presentation and review of current research. Also, The Society structure and membership provides the essential professional base for organizing and hosting such events as the extremely successful Fifth International Heat Transfer Conference in 1974.

As a measure of what has occurred in twenty five years let us look at the contributions of Japanese researchers at the Eighth International Heat Transfer Conference held in August of 1986 in San Francisco. Approximately 50 papers from Japan covering all current areas of research are included in the Proceedings of the Conference. These were authored by approximately 150 researchers. This represents about 10% of the papers presented from

more than 30 countries. Since the number of papers which could be included was limited, this is indicative of the international recognition which is now accorded Japanese heat transfer research.

This is just one indication or measure of the progress in Heat Transfer Research in Japan. A similar comparison would result from a review of papers appearing in the *TRANSACTIONS OF THE JSME*, the *ASME JOURNAL OF HEAT TRANSFER* or the *INTERNATIONAL JOURNAL OF HEAT AND MASS TRANSFER*.

The number of research papers being published is a good indication of the level of effort devoted to heat transfer. A more critical test, however, is whether this work is receiving international recognition. Yes it is! Evidence for this is the selection in 1968 of Professor Shiro Nukiyama of Tohoku University as the recipient of the Max Jakob Award for his pioneering studies of boiling. In 1978 this Award was conferred upon Professor Niichi Nishiwaki of the University of Tokyo in recognition of his outstanding contributions as a researcher, teacher, and leader. A further most convincing indication of the quality and breadth of heat transfer research being conducted in Japan was the inauguration in 1972 of *HEAT TRANSFER JAPANESE RESEARCH*--a new journal published in English to make Japanese research results more available to the International Community.

The sincere interest in having foreign heat transfer researchers visit Japan and the cordial reception they have received has certainly been of great value. Of equal importance has been the effort of Japanese researchers to visit and study with other engineers and scientists throughout the world. It has been my privilege to arrange visiting appointments on the Davis Campus of the University of California for twenty scholars from Japan. This experience has been most rewarding and gratifying to me professionally and personally.

Finally I would like to express my appreciation to Professors Susumu Yokobori and Osamu Kuga for their translation of my book, *Principles of Engineering Heat Transfer*, for through this text I have had an opportunity to introduce and to attract new researchers to the field of heat transfer. Space does not permit me to mention the many with whom I have become acquainted, but I am confident that they will carry heat transfer research to even greater heights. I wish them every success and another Twenty Five Years of Progress.



## 日本伝熱研究の発展

米国ミシガン州アンアアーバー市

ミシガン大学機械工学科

Wen-Jei Yang

日本伝熱学会25周年を迎えましておめでとうございます。会員を花婿に、また学会を花嫁にたとえますと銀婚の年です。人間ですと壮年期に入るわけで、貫禄がつき一層活躍をする時期にあたります。このおめでたい時に、日本の伝熱研究の発展について外国から見た感想を述べる機会を頂き光栄の至りです。この機会を利用して、永年にわたって伝熱研究で御指導を頂き共に励ましあって来ました数多くの先輩と友人達に深く謝意を表します。率直に私見を申し上げますので、不適当な点がございましたら御諒承願います。

### 1、独特性

伝熱の研究対象を原理と応用に分けて見た場合、日本は応用に重点をおいた研究が多いようです。又、原作(originarity)の方面から見ますと日本の初期時代では外国の発表された問題を修正、或いは再検討した形の論文が多いようです。この状態は日本の伝熱研究が成長期の段階に入って大部様子が変わりました。現在では独創的な研究が目立ちます。日本の伝熱研究を外国と比べて傑出している独特な点が三つばかりあります。;(i)実験のデータが徹底している。(ii)理論、或いは数値研究は必ずと言ってよい程、実験の比較がある。(iii)学会・産業・政府が三位一体で力を集中させている事です。

### 2、発展の三段階

さて、日本の伝熱研究の発展に触れます。段階に分けますと、初期・成長期・成熟期(壮年期)の三つが考えられます。熱力学を除外しますと、過去から終戦迄を初期、終戦から1970年代の初頃を成長期、その後を成熟期、と勝手に分けます。初期は動力産業(Power industry)の応用に主力が向いていた様です。例えば、電力発電におけるボイラー、凝縮器内の伝熱と炉内の燃焼問題です。抜山・山県両教授がその代表格で国際的に有名でした。残念なのは、研究者の数が少ないのと、論文が日本文止まりで研究結果が外国に知られていない事です。

終戦後から日本の伝熱研究が一段と盛んになりました。先づは、原子力の平和利用、特に資源に恵まれない日本は原子力発電が必要です。1960年代に入って宇宙飛行と開発応用の伝熱研究にも手を出しました。この時代の先駆者達には、日本伝熱研究者たちの層を厚くする使命感にかられて、後輩の養成に力を入れました。その甲斐があり、成熟期に入って伝熱強国の地位を獲得する事が出来ました。

成熟期で筆頭は、石油危機で誘発したエネルギー問題でした。日本伝熱研究として新エネルギー

ギー源開発(Sunshine project)、エネルギー有効利用(Moonlight project)と、バイオ・マス・エネルギー利用(Green Energy)が政府・産業・学会連合で伝熱研究を進められました。これは日本独特の、欧米から見ましたら伝説的で、又、うらやましい次第です。全国の伝熱研究の主役達をそれぞれの長所で組分けして仕事を分担し、また組長格の長輩の指導を受け、同僚でお互いに討論しあえるのは個人的にも自己向上に役立ちます。この様にして次代の基本幹部を育て、若い研究者、助手、学生達を同時に訓練して研究者の層を厚くして来ました。この事は、外国で、『競争がなくて刺激に乏しい。』という批評もありますが、重複がなく研究費の浪費が防げます。

エネルギー問題と平行して、伝熱研究が製造工業と材料加工処理でも大いに役目を発揮しました。それで、日本の工業製造が質と量共に向上し、外国市場でMade in Japan が謳歌されるようになりました。例えば自動車の燃費は日本車が一番低いので有名なのはエンジン開発に燃焼伝熱研究が応用されている証拠です。

1980年代に入って、先端技術に関する伝熱研究が盛んになりました。コンピューターの小型化と超高速化のボトルネックは伝熱問題にあります。宇宙飛行を利用して品質の高い材料(例えば super pure crystals)と加工処理の為には、無重力状態下の伝熱特性の知識が必要です。日本の伝熱研究はこの方面ですでに先端をきっています。1985年にSan Diego で開いた日米伝熱共同シンポジウムで発表された論文がそれを物語っています。

### 3、今後の課題

伝熱研究で日本は世界の強国となりました。若い研究者の層の厚さ、研究に対する態度、日本人の勤勉性と組織力を総合して見ますと、これからどんどん他国を引き抜いて先端を走らせてしょう。然し今までの上昇曲線を続けて延長(extrapolate)するわけには行きません。20世紀初期のベルリン、或いは終戦以後のアメリカと違って世界の研究者が日本で共同研究したり意見交換をしない為です。従って、その補足に日本の研究者が常に外国に出かけて新しい空気を吸わなければ上昇曲線の勾配が低下します。

経済・貿易だけでなく、科学・技術の研究のセンターが太平洋地区に移って来ました。地理的に日本がその要に位置しています。日本の皆様が、極東の隣国だけでなく東南アジア諸国の科学・技術研究のリーダーになる事を切に希望します。今後の日本伝熱研究の発展を祈って筆をおきます。

日本伝熱研究会のゆくえ (放談会) (上)

(1986年の11月に機械系の数人が集り、アルコールの勢いもかりて放談しているのを収録ことに成功しました。)

- A: 本日は、お疲れのところ、お集り下さいまして申し訳ありません。気楽に、これからの日本の伝熱研究、伝熱研究会、伝熱シンポジウム、等について、お話していただければと思います。話したことに対しては、責任を取らなくて結構ですから御安心ください。(笑) それでは、B先生能取りの方をよろしく願います。
- B: 一応進行係のような事をやりますが、大体どういう議題をやるかという、別に取らわれなくていんです。まあ日本の伝熱の今後とか、その発展、また日本伝熱研究会が25周年になるが、これから発展性はあるのか無いのか、役割はどうかというような話、また今言われた伝熱シンポジウム、セミナーの果たした役割とか、今後はどのようにあるべきかということ、無責任にというよりは、思っていることを順序かまわずに話していただければと思います。では、C先生あたりから何かその・・・(笑)。
- C: 難しいですね。まあ、伝熱研究会の、まずはですね、存在意義というようなものを考えたらいんじゃないかと思うんですけどね。伝熱研究会が始まったのは、私もまだ学生の頃なんですけど、それが無かったとしたら活動するとすれば、私は機会学会のせいぜい熱工学ぐらいだろうと思うんですね。ただ、かなりの活動のしかた、あるいはメンバーその他重なってはおりますけれども、やはり伝熱研究会という別の組織があったんで、いろいろな人とも知り合うチャンスもありましたし、そういう枠の中でいろいろな研究のやり方なり、結果を見て勉強もさせてもらったということで、非常に有意義であったと、そういう意味では思います。
- B: 東京では伝熱研究会と言うとシンポジウムだけなんです。それが地方だと、やはり地方グループ活動というのを主としていますから、大分そのへんの考え方が違うかもしれません。
- C: もちろん地方の条件によって、講演会の回数も多いですし、距離的な面もあって、必ずしも伝熱シンポジウムに出られないというかたでも来られますしね。もう一寸小さいグループでの懇親を深めたり、いろんな情報交換という意味ではやはり地方活動というほうは意味があると・・・。
- B: 東京では、その辺がだめなんですよね。伝熱シンポジウムくらいしか役に立っていな

いといえば・・・。

- C：やっぱり熱工学講演会がこういうかっこうで非常に限られた人しか出席しないようになって来ますとですね、伝熱シンポジウムであれだけの参加者があって、いろんな人、まあ講演ももちろんありますけれども、そんなものは極端にいうと、論文集を見ればある程度は分るというようなこともありますけれども、やっぱり、直接いろんな人とあえるというのがですね、それで触発されるという点で、重要な役割をしていますね。
- D：一時、農学の人とか建築の人が参加していましたね、それがなくなって来ているでしょう。そこに結構問題ありますね。
- B：今、熱物性なんていうのと結構いろんな分野の人が多んじゃないですか。むしろ昔の、いや、最初の伝熱研究会と似ているかもしれませんね。
- G：医学とか、建築とか、家政系とかね。そうですね、最初の頃と似ていますね。
- D：やはり、こちらから引っぱり込む努力をしないと・・・。
- G：いや、なんかこわいらしいですよ。なんか苛められそうで。（笑）
- C：我々の地方でも、何回か来てもらったことがありましたがね。そのうちに沙汰止みになりましたね。
- D：今後考えなければいけないかもしれませんね。
- G：化学工学関係の方もそうおっしゃいますね。機会学会はこわいからと・・・。（笑）伝熱シンポジウムでも圧倒的に機会学会関係の方の発表が多いでしょ。
- H：今、どのくらいでしょうね。
- E：8割は必ず越えているでしょうね。
- B：そういうデータはないですよ。
- H：化学工学の人でも機会学会に入っている人がいるでしょ。
- D：そうですね。そうすると、伝熱研究会は機会学会の一部分の人がやっている仕事とかね、そんな風に受け取られると、やはりまずいのではないかな。
- E：ついこの間知ったんですけど、この機会学会主導の伝熱研究というのは、その意味では、日本の方が先進国で U.Penn.の Churchill教授（化学工学）の話によると、アメリカも今、急激に ASME主導になって来ていると言うんですよ。いままで、よく ASMEと AIChE半々だという話が多かったんですけど、ところが今は 7:3 か 8:2 くらいになっているんだそうです。
- A：それは、一つには、お金の問題だと言っていましたね。化学工業の景気が以前ほどでないので、お金が出ないそうですよ。その結果、研究も衰退してきて、ASME主導になったということらしいですね。
- G：それなら安心ですけどね。他においしいテーマがあって、そちらへ行っただめに人数が減っているだと大変ですよ。化工の某大先生、もう名誉教授になられましたが、

のお話ですと、熱っていうのは扱いが難しく、mass transfer に比べたら、あんなものどうやって測るのだって言うておられましたけれど・・・。

D : しかしね、mass transferの方が測るの難しいね。

A : 話はずもりますが、先程D先生の言われた他の分野の人々を伝熱の分野に引き込むという話ですけど、実際はその逆で、離れて行っているようですね。先日、B先生も言われていたんですけど、伝熱研究会が現在の様な同好会的なものだと、その様な形になっても仕方の無いことだろうということです。その理由は、同じ同好会なら身近で言葉も通じやすい同好会を作ろうかということで、伝熱関係の同好会を作って活動しだすわけです。そうすると、別に日本伝熱研究会に入らなくても良く、仲間を集めて独立して行くという形になるわけです。

D : その通りですね、建築学会では建築設備系の中で熱シンポジウムというのをやっているらしいです。2、3日合宿で、箱根あたりでやるらしいですよ。だから、こちらに来いと言っても、必要ないって言うんですよ。

A : ですから、もうすでに時期を少し逸した感じで、いま言われたような動きは益々増えそうですね。従って、伝熱研究会の将来は必ずしも明るくはないのではないかと、私は少し悲観しているんです。機械系の方は未だ残っているけれども、他の分野で、ここで勉強した方々は別の所で独立した会を作っていこうと思います。

F : 伝熱シンポジウムにしても、現実問題としては、熱工学講演会と変わらないでしょう、その内容が。

B : いや、伝熱シンポジウムには論文が無い。

D : 講演のスタイルは、同じですよ。また、他に伝熱研究会でやっているのは夏のセミナーですね。だから、二本立で来た結果が今の結果なんだという風に認識すべきことじゃないんですか。このままの方が、住みやすいし、良いっていうのであれば、そのままが良いだろうけれど、やっぱりシンポジウムという名前からは離れているところは在りますね。

B : 今のシンポジウムでは、今やりかけているようなものを発表するんじゃなくて、まとまったものを発表するというようなところがあるでしょ。しかし、シンポジウムっていうのは、もっとディスカッションを主にして、今やりだしたようなことを議論出来るようにするのが良いと思いますね。そこが、何かF先生の言うように機会学会の熱工学講演会と同じになっちゃってるからいけないんですね。

G : それと、もう一つには、今のシンポジウムのセッションの分けかたがですね、どちらかと言うと現象別とか学問別で分けてますよね。あれを、例えば、建築における伝熱というセッションにしたり、エレクトロニクスにおける伝熱というセッションにしますと、割と建築の人も出易いし、頭から建築という前提で議論しますから、そう細かいことはそのセッションでは言わないと・・・。そういう分けかたも、たまに、

何年に一回くらいはあっても良いかなとも思うんですけど。

- B : そういう場合は、前から予告しておいて、こういうのをやりますと PR しておかないと・・・。
- A : オーガナイズド方式も一つのやりかたでしょうね。私、以前に言ったことが在るんですが、シンポジウムに何かテーマをあげて、そこで取りあげられた論文はバウンドボリュームにして別冊として出してはどうだろうかと思っているのですよ。その時には、ある程度セレクトしても良いですよ。
- G : そうですね。私も、やはり、いろんな分野の方が集まるといことが、結局、力になると思うのですけれど。機械工学的には重要性が低くても建築の分野で役にたつ仕事もかなりあるのではないかと。中国の曹操じゃないですけど、清濁併せ呑む方が諸葛孔明のタイプよりは、長もちするのではないかと思います。
- D : 運営を巧くしないと、せっかく作っても、他の人が聞きに行けないようでは、困るはな。
- G : ああ、そうですね。
- D : 聞きに行つて意味が出てくる訳でしょ。そうすると、一週間ぐらいやらなきゃいけない。(笑)
- B : 僕のところで、熱流体化学シンポジウムというのを学内だけでやってるんですよ。地震だの、地質、海洋、気象の人も入れて。そうするとまず、その言葉が通じないんですね。言葉が通じるまでには相当、何回か説明をしてもらって、今のお話じゃないけれど何時間か掛かる訳ですね。だからやはり、そういうセッションを作っても、その分野の人だけがそこに集まっちゃってですね、彼等だけでやっても我々は中国語で聞いているようなもので(笑)。その辺がやはり難しいですね。
- F : 混相流のシンポジウムっていうのは学術会議で借りてやっているけれども、いろんな分野の先生の混相流の話っていうのがあって、案外おもしろいですよね。だから、論文募集ということだけじゃなくて、スピーカーをセレクトしてね、新しい分野の話をしてもらう、むしろそういう格好でスタートする方がおもしろいと思うんですね。
- B : その先生の言われた建築の熱シンポジウムなんかと伝熱研究会と一緒にやれませんかね。
- G : なんか、機械系は厳しいと言うか、細かいという評判が知れわたっていて、・・・。
- B : いや、内容が低いですよなんて言う人がいるからだめなのです(笑)。
- D : いや、絶対、言っちゃいけないことがあるね(爆笑)。厳しいのはね、僕らが学生のときからですよ。伝統や(笑)。それは、良い意味で、我々の先輩が作って下さったんですからね、それは良いことだと思いますね。
- H : パーキンソンの法則のパーキンソンという人が、会議で話題が沸騰するのは、大体どうでも良いようなことが多いと言っています(爆笑)。学会でも、例えばどうでも言

いようなことを質問できるような雰囲気を作っておくと議論が盛んになるところがありますよね。アメリカの学会で非常に質問が多いのは、かなり下らないことを皆聞いている、そういう雰囲気がある訳ですね。それがないと、やっぱりこの程度のことでは聞けないんじゃないかっていうのでシーンとしちゃうのね。文章による討論が何か先にあると、あの記号は何ですかなんて、あんまり聞けない。あんまりそういうことばかりやるのが良いかどうか分からないけどね。

D：それありました。僕の先生がね、わざとでもバカな質問をね一番最初にね、するんだと。あんまり質問が無いときにはね。そういうことは言っておられたですね。それは本当でしょうね。どの位が一番良いのかというと（笑）。

G：やっぱりサクラを作って．．．

D：うん大先生がバカなことを言わないかんらしいんだけどね。

G：そうですね。

H：だから活性化というのがね、底辺を広げようということだったら、そういうことをかなりやらなくちゃいけないと思うんですよ。レベルを高めようというのとは反対の方向だと思いますがね。両方要るんじゃないですかね、横を広げて高くしていかなきゃならない。

F：今までの大先生はバカなことを言わなかったんじゃないですか（笑）。

B：今までは両方いたんですよ（笑）。だから良いと思ってね（笑）。質問するのが楽しみだなんていう先生はね、必ずしも質の高い先生じゃなくて．．．。しかし、その人が皮切りにやってくれるから．．．。

H：今はどっちかって言うと紳士が多くなったかな。

E：ちょっと今の話と直接つながりが無いかもしれませんが、今の若い人達は、我々が若いときに熱を勉強したような気持を持っているかどうか。つまり、熱をやって良かったというような、今の私は必ずしもそうは思っていないんですけど、まあ思った時期もある。今まで数十年という期間やって来て、もうやりかえがきかないですけどね（笑）。本当に学術的には私はあんまりおもしろい分野じゃないと思うんですね。突飛なことがまず起きない、それと皆な、今の先端技術とかいろいろな問題にしても、先導的な内容のものは無いでしょ。周辺、つまり脇役ですよ。そういうことになると、若い人が本当に魅力を感じているのかなという気がしますね。そういう意味で、F先生が最近やっておられるような研究をもうちょっと分りやすく、興味をそそるようになしてもらえれば良いと思います。

F：いや、僕はちょっとE先生の言うのに反論があるのですが、無いとは思わないんですね。たとえばふく射というのを見ても、この間、E先生に論文を戴いたのですが、ああいうのを何故今まで取り入れなかったか。

B：今、光というのは大分制御できるんですね。で、そのふく射なんかもその波長によっ

てエキサイトして熱を運ぶのに非常に有効になるとか、そういうのができたはずなんです。ところが、どういう光も一緒くたにして取り込んでしまっている。その辺のところは今からと思うんです。そういうのをやっていると、まだまだ、熱っていうのは分子・原子の振動の話なんですから、いくらでもあるんじゃないかと思うのです。それをマクロにだけやっていると、行き止りということになるんでね。もう少し間口を広げないと、...

H : B先生のやっているのは、あれは熱じゃないんじゃないですか(笑)。

B : いや、あれは熱ですよ(笑)。その認識がだめなんですよ(爆笑)。僕はね、それで本を書こうと思っているんだ。

全員 : 何時になるか(笑)。

H : 熱とは何か、流体とは何か... (笑)。

B : 熱がどうして伝わるかって、これはみんな振動の問題ですよ。

H : だから振動になるともう熱じゃないんですよ。

B : エネルギーなんて言葉でも、我々がとらえているのは、なんか石炭を燃やすエネルギーとか、そういうマクロなとらえ方しかしていない。今後、エネルギーを段々多様化するなんていうときには、...

H : 伝熱をもうちょっと細かく見ということ、...

B : 細かく見たり、もっと広く見なければいけないんじゃないか。

F : 機械そのものは、ある時、突如、突飛なものが起きるといような分野ではなく、地道な積み重ねのうちに改良を重ねていくというのは、機械の本質じゃないかと思うんですよね。

E : 地道な中に時折突飛なことを予感させるおもしろ味が無ければ、...

F : だからそれがおもしろくないと言うのであれば、やっぱりそれは機械全体がおもしろくない。

E : たとえば振動なんていうのは、ハツと思うようなことが起こるでしょ。直ぐに頭が付いていかないような。少なくとも素人目には、目をみけるような、キタストロフィ共振とか、自励振動とか、...

C : ということは、熱はその、まあ沸騰でこそあんな現象けど、あれ以外は大体単調に変化するということですかね。

G : ひとつの見方として、20年後位を考えたら良いんじゃないかと。大学の今の学科の割り方が、機械工学とか化学工学とかいような割り方になっているのかどうかですね。逆に考えてみて、伝熱学というのはどこに入るかという見方もあるんじゃないかと思うんですが。私の同僚で振動とか弾性学を研究している人がいるんですけど、彼の話によると、材料にクラックが入るときに熱の発生があるというんですね。そうすると、いつのまにかやっている仕事が段々熱屋に近付いてくる。ところが、伝熱が本



業の私の方は材料学の知識はほとんど無い訳で、彼等の方がどんどん新しい現象をやっ  
ていちゃうんですね。どうも、伝熱学に安住していると、取り残されちゃうんじゃない  
かっていう、何となく恐怖心がありましてね。うちの学生には、ともかく理学部の  
講義は1つか2つ必ず聞けって言ってるんです。機械工学以外のものを聞かなきゃい  
けない。違う学問大系のもを聞けば、発想がまた違うからって言ってるんですけど

B : 機械というものの定義によって違ってくると思うんですけど。他の人たちの分野の話  
を聞くと、今はもうあっちこっちに入っているんですね。医学部の連中が熱に手を出  
したり、...。ところが我々の方は、あんまりそっちの方へ出ないで、彼等の方はど  
んどんどん熱を勉強しているんですね。

G : 当然、熱が主導になって良い分野で、伝熱屋が主役を演じてないんですね。

E : いや、それはね、とにかく熱のグループが新しいところへ踏み込んで行くような問題  
に積極的に取り組まなかったということじゃないですかね。

F : 伝熱研究会の人数がこれだけ増えたのは、熱電対とメータがあれば(笑)、まあ、い  
っぱしの論文が書けるからだと思うんですね。で、そういう底辺があるからはじめて  
、その中から良いものが出て来る。だから非常にクリエイティブな人にとっては確か  
に熱ってというのは将来性も無いし、おもしろいことがおこらないということかもしれ  
ないけれども。

R : いや、例えば、今日の熱工学講演会で、D先生の所の方が話された、例えば単結晶の  
製造技術なんかは、H先生もやっておられますけど、非常に微細な制御がいるという  
ことで、熱の仕事としては、ある訳です。ところが、もっと熱主導で新しい単結晶の  
製造技術というのは熱の分野から生まれるんじゃないかと、チョコラスキーというよ  
うな製造方法っていうのはもう何十年も前からの技術な訳です。そういう原理になるよ  
うなネタが熱の分野には無いんですよ。今まで、いや、本当に無いかっていうと、あ  
ったと思うんです。ところが、たとえばチョコラスキーっていうような製造方法があ  
り、これの細かい所を熱屋さんやってくれということで、2nd、3rd termをやるよう  
な研究というのはこなせる訳です。ところが、そんなバカげた製造技術よりも、熱的  
に見ればこういう方法があるんじゃないかと言うような提案が、熱の立場から見てで  
きるようなことが、あっちこっちの分野にあれば、非常に魅力的だと思うんですよ。

F : そういうアトラクティブな方法っていうのを提案し得る人っていうのが、やっぱり非  
常に、僕は限られた人じゃないかなって。悲観的な見方かもしれないですけどね。

B : いや、限られた人でも、そういう人がいなけりゃいけない。

E : いや、我々のグループの中から、そういう人が出ていって、また新しい技術の礎にな  
るとかね、...。

F : そういう意味からすれば、熱にね、新しいテーマが無いとは、僕は言えないんじゃない

いかなと思いますがね。

A : それはそうかもしれない。やっぱりコロンブスの卵みたいにポコッと出るかもしれない。わかってれば誰かがやるんで、... (笑)。

D : 今、Fさんが言われたこととね、熱電対と何かがあればっていう、Gさんが言われた、いろんな所でやっているっていうのは、未だそんなところでしょ、大体ね。

G : そんなところですね (笑)。

D : だから、それはまたそれで正しいと思うんだよな。それからもうひとつはEさんが言われたことに関係するけど、1860年のジュールの論文なんかを見と、当時の熱の最も大事な問題はボイラとコンデンサであると書いてある訳ですね。それから、その前、鉄鋼製造のときに、熱が重要であった訳ですね。産業が大きく発展し、新しい原動機ができるとき、熱は主流であった訳ですよ。で、あとはバルクで考えてたら解釈できないことがあるものだから、段々その疑問なところを細かく、何故そうなのかって言って細かくいって、ついでに細かくなりすぎちゃったと (笑) いうところがあるんじゃないかな。そうすると、そういう反省が十数年前あって、例の、まあ、他の意味もあったかもしれないけれども、カルフォルニアの何とかいう人が、伝熱の問題が、いろいろなところにあるって言うのを発表したことがありますね。あれはたしかサバルスキー。あれなんかを見るとね、いろんな道がまだありますよっていうのか、あるいは全部通じているのか (笑)、わかるんじゃないかな。もっと広いところを、もう一遍やりなおすという、...。

H : たくさんあることは確かなんですけどね。

D : うん、それでEさんのようなのがね、どこにあるんだろうかっていうのがね。

H : それが主導的であるっていうのは、すごく少ないですよ。

D : と思うんですよ、おそらくね。

E : 私のひとつ知っている例は、実は先程のお話はこれを念頭におきながら話したんですが、東京の国際会議のときにState University of New York (SUNY) の、R.D.Cess教授、この人ミネソタ人学にいた人ですけど、特別講演で、地球全体のエネルギーバランスについて話をしたんです。地球は寒冷化するか、温暖化するかっていう話だったんですが、これは、大気中のふく射の輸送問題なんですよ。彼はふく射の専門家で、それこそ文字通りグローバルな問題に取り組んでいった訳です。それが、熱から出ているんですね。熱の専門分野から出て、そしてグローバルな問題に取り組んで、そしてSUNYに研究所を作ったんですよ。今や研究所は、世界にとってかけがえのない研究所になっているんです。それでこの間、同じSUNYのT.F.Irvine Jr.教授が来られて、我々の機械工学科より予算も多いという話を聞きました。そういう状態まで進んでいる訳ですね。こういうケースは、しょっちゅうという訳にはいかないけど、熱の中から発展して、出ていくような学問の基盤があれば、若い人は魅力を感じるんじ

やないでしょうか。そこが主体になって新しいいろいろなものを築いていく。で、その他の問題を持ちこまれて解決していく、それも勿論必要です。それを更に踏み込んで、持ちこまれた問題の解決以上の答を作り出していくようなものが、今の熱の中に希望として持てるかどうか。...

G：今の場合は、機械工学じゃない訳ですよ。

E：いや機械というか、広い意味での熱工学ですよ。

G：そうですね。そうしますと、やっぱりいろんな分野の人が参加できる雰囲気をとにかく作っていかないと、新しいテーマを我々がキャッチできないということですかね。

E：だから、これだけの大きな研究者層になってきて、皆同じような問題ばかりつくってじゃなくて、Fさんが言いますようにね、やっぱりキーになるような分野のレビューとプレビューをしながら講義してもらおうとか、そういう試みをもっとやってこなきゃいけなかったと思いますね。

E：ある分野ではものすごく先鋭化していて、例えばコンデンサをやる人が非常に多いですよ。ところがそういう分野はものすごく進んでいると思うんです、ある意味では。ある意味では進みすぎているんじゃないかと思うんですよ（笑）。

D：そうです。しかし、よい仕事は、狙ってできるような仕事じゃないからな。

E：それはそうです。まあ、狙ってできれば一番良いんでしょうけどね（笑）、だけど熱の問題の中にもそういう展望が持てるようなものが欲しい。

D：なるほど。それはまあその通りですけどね。

E：そういう情報が若い世代に伝わっていない。ASME-JSME合同会議で日本で起すセッションは、やっぱり数十年前と変っていない訳ですよ（笑）。H：いや、あれはね、機械学会だからまあしょうがないと、...。伝熱研究会はね、そこからちょっとはずれて、あんまり機械工学的じゃないという方に重点をおかないといけないんでしょうね。

E：もう一寸これから冒険したら良い。特に伝熱研究会としては冒険をすべきだと思いますね。

F：確かにね、沸騰と凝縮と二相流、強制対流って言うとな、それ以外の論文を出しちゃいけないような感じになるとね（笑）。

H：いやしかし、実際に出て来ないから（笑）。

E：いや、この前日米セミナーへ出て、アメリカのHeat Exchangerのファウリングをやっている人がいますね。

D：チェノレス。

E：チェノレスですか。あの人の話を聞くと、とにかくファウリング現象っていうのはあらゆる学問の集大成で、これほど興味ある、しかも神秘的な現象は無いっていう印象をというか明示めいたものを受けました。（笑） いや、それくらいアトラクティブ

な話をする訳です。ところが、単なるファウリングなんて言うと、特に熱交換器の中におこるファウリング現象なんて言うと、あんまり多勢の人が興味を持ってやる必要は無いと思うんですね。ところがそれをできるだけ不偏化して、しかも実用的に非常に重要だとちゃんと筋道をつけて話をするということができればずいぶんちがった印象を与えられると思いますね。

D：僕は、その問題はそうは思いません。実は、ニューオリンズに行ってね、ファウリングの講習を受けたんですよ、2日間。そうするとね、そうじゃないんですね。ファウリングを適当に制御したりなんかして、汚れないようにするとか、あるいはどのくらい汚れないようにするとか、あるいはどのくらい汚れたかを判断するとか、そして汚れたらどうゆうふうにして洗うかと、そういうことを考えるとね、年間いくらもうかりますと。それはちゃんと出てるんですよ。これは、エネルギー問題としてやらなければいけませんと、こうなんですよ。それでね、ものすごくたくさんの方が研究をやっている訳ね。で、帰って来て、大事だよ大事だよって言っても、誰もやつていない訳だな。せいぜい、発電所関係の人ですね。それが農学部の人とかと、細々とやっている訳ね。アメリカはやっぱりもうかるのをやるんじゃないかな。

E：そういう面もあるんでしょうね。

B：あの問題は、まさに、僕がやっている化学反応を伴う凝縮（爆笑）。ところが、彼らはもうかるように取らえるんだけど、我々はだめなんですよ。（笑）

D：いや、彼らはバルクでもうかるようにとらえてね、むしろ、その中で解決できないから、基礎的なそういうことをやる人も大歓迎とこうやる訳ね。だから広がって来たのね。

H：来年のシンポジウムなんて、思い切って変えてですね。汚れと伝熱学とかですね、——と伝熱学とか、．．（笑）

G：あるいは人間熱環境のようなですね、ああいうようなセッションで一度やってみてもいいんじゃないでしょうか。一度、おもい切ったことをやってみて、反響を見てみるのもいいような気もするんですがね。

F：どうなのかな。

B：マンネリ化していることだけは事実ですね。

A：うん。マンネリ化していることは事実なので、前から言っているんですが、ジェネラルのペーパーはそれで良いと思います。だけど、その年のトピックスを何か一つか二つ作ってね、そういうセッションでは、たとえば、それは時間を少し長くとりかね。または、Fさんが言われたように、誰か先生が最初に話して、その後に発表やるとかね、シンポジウム形式にするとかしてみたらどうですかね。シンポジウムのお世話したときに、そういう話もしていたんだけど、いろいろ大変なので、前のを踏襲してやったのがフィルムセッションぐらいしか新しいことはできなかったんですけど。な

かなか、踏みきれないんです。でも何かやらないとね、もう伝熱シンポジウムをやっているだけで、いいのかなっていう気持は、もうかなり前から僕は持っているんですけどね。

C：まあ通しじゃなくても、1日とか半日とか、...

A：そうです。それでいいんですよ。あとはジェネラルペーパーでいいと思うんですけどね。

G：サンフランシスコの第8回IHTCで、Cryopreservationの特別講演があったのですが、そのときの話に、単に食品の凍結保存だけではなくて、どうやって生体の生還率というか、生存率を上げるかという話になるんですね。ああいう話を聞いてますとね、どうも日本でやる伝熱学の凍結と発想が大分ちがうんですね。ああいうやり方をしたらずいぶんおもしろいんじゃないかなと、そしてそれに農学屋さんとか水産とか、食品屋さんも入るし、もちろん機械屋さんも入る、ということでやるとそれぞれ新しいテーマをお互いにつかんでいける。それで伝熱サロンのようなね、そういう雰囲気のものにシンポジウムの1日をあててもいいんじゃないかと、そう思うんですけど。

F：ああいうのは、伝熱研究会で発表されないですものね。

B：いや、今、A先生が言われた、やろうとしたけど大変なので止めたっていう、そこが大切なんです（笑）。大部人数のいるところでそのザマだから。そのところを何かうまく考えてやらないと。

F：伝熱研究会の幹事会で半日分の企画をしても良いと思うんですよ。

E：それは良い案ですね。

C：人さがしから地方に任せたら、やっぱり大変ですよ。

A：ワーキンググループかなんか作ってね。幹事会ではおおきすぎて、まとまりが無いんだね。だから、例えばね、そういうテーマだけは、立派じゃなくても良いけど、別冊にするとかね、別に売っても良いですね。

G：私はきっとそれが一番売れると思うんですけどね（笑）。

B：いや、それは伝熱研究に載せるんですね。

A：ああ、そうですね。伝熱研究に載せても良いですね。増刊号あるいは特集号。

B：じゃ、さしあたって来年は何かやりますか（笑）。

G：新しい現象を扱った論文の記述は、どっちかという1stオーダーで、大事なところだけ当たったものになりやすい。非常に精密な解析は、どっちかという練習問題に近づくわけですね。

B：だから、なるだけ記録にできないようなものの方がおもしろいんですね。本に出すなんていうと、しゃべるのを嫌がっちゃう、...（笑）。でも今、少なくとも500人くらいでしょ、伝熱研究会の参加者は。で、まあ、半分として250人の聴衆相手の議論っていうのはなかなか出ないんじゃないですか。

H：サクラを作っておかないと（笑）。

B：最初にそのいい加減な質問をする人を（笑）。そこまでやらないとだめだね。いや、僕なんか遠慮深い方だから、誰か良い質問をするのを、変な質問して時間を取ってしまっっては悪いとまず考えてしまうからね（笑）。

F：皆そう思っていると、座長は困っちゃうんですよ（笑）。

G：なかなか難しいんでしょうね。

B：まあ、全部でなくても、ひとつの今のD室とかE室とかっていうのをそれにしとね。

D：ひとつの結論だな。

（以下次号に続く）

## < 解 説 >

### カルノーサイクルより高い熱効率 (ローレンツサイクルと多成分系流体の伝熱)

日大工 一色尚次

#### 1. まえがき

「カルノーサイクルより熱効率が高い」などと云い出すと、一色も遂にいかれたかと言われるかも知れない、しかし入口一定温度の排温水や高温排ガスのような顕熱性の熱源があり、しかも入口一定温度の冷却水や大気があり、両者ともその流量は有限であるといった制限下では、ローレンツサイクルの方がカルノーサイクルよりも熱効率が高くなるのであり、私がいかにしているわけではない。最近の低温度差フロンエンジンやヒートポンプや冷凍機のサイクルは急激にローレンツサイクル化が計られている。例のスーパーヒートポンププロジェクトにも採用されている。

ここではこのローレンツサイクルとは何ものかということと、それを実現するためにとくに多成分系の作動流体が必要となり、その伝熱にはどんな問題があるかについて述べてみたい。

#### 2. ローレンツサイクルとは

いま第1図のT-S線図の(a)にカルノーサイクル、(b)にローレンツサイクルを示すと、カルノーサイクルはよく親しまれているように凹角いが、ローレンツサイクルは平行四辺形である。とくに熱の給排出が温度一定ではなく変化しているのが違う。このローレンツサイクルは、同図(c)のような多段のカルノーサイクルの段数を無限に大きくして行った極限と考えてよい。

さてここで、ある条件下ではローレンツサイクルがなぜカルノーサイクルより良いかということを示してみたい。

まず熱機関の場合について考える。いま海洋温度差発電や、製鉄所の温排水による発電などのように、熱源が有限の流量の温水であったとすると、その熱源は作動流体に伝熱温度差( $\Delta T$ )をもって熱を伝えつつ、しかも自分の温度が降下する。つまり可変温度熱源である。また放熱側が一定流量の冷却水であったとすると、そちらは受熱によってそれ自体の温度が上昇し、やはり可変温度低温源である。つまり水のような顕熱性の熱源ではそもそもカルノーサイクルのように温度一定で熱を授受すること自体が不合理である。そして、そのような可変温度熱源に対してぴったりフィットするのがローレンツサイクルである。

いま第2図(a)のように、 $T_{H1}$ から $T_{H2}$ へ、 $T_{C1}$ から $T_{C2}$ へと変化する高熱源と低熱源が

あるとき、 $\Delta T$ なる最小伝熱温度差の範囲内でカルノーサイクルを行おうとすると、図の四角い線図しか出力は取れないが、ローレンツサイクルでやると、図のような平行四辺形がちょうどぴったり合ってくる。そして上下の三角形のハッチング部分がローレンツサイクルでけいに出力となる部分である。

つまり、このような温度変化する顕熱性熱源という条件下において始めてローレンツサイクルの熱効率はカルノーサイクルの熱効率より高い。つまりエンジンはより大きい出力を出す。

また同図（b）には冷凍もしくはヒートポンプサイクルを示すが、同図（a）の逆で、低温側から高温側に熱を送り込むため、対応するカルノーサイクルと、ローレンツサイクルの形状は図のようになり、同一の授受熱量にたいして、カルノーサイクルの必要動力である四角形の方がローレンツサイクルの平行四辺形よりハッチング分だけ面積が大きい。これはつまりCOP（仕事係数）がローレンツサイクルの方が大きいことを示すものである。

通産省の主導するスーパーヒートポンププロジェクトに、温度15℃の水から熱を汲み上げて85℃の温水を作るのにCOPが8.5以上というような例があって、これは明らかにカルノーサイクルの場合を越えていて一見不可能に見えるが、実は温水側は出口温度が85℃であればいので入口温度に制限はなく、その入口温度をどんどん下げることでローレンツサイクルならば十分実現範囲に入る。

すなわちスーパーヒートポンプはローレンツサイクルでもっている。

両サイクルの比較を数値的にするのはまた別の機会にゆずり、ここではT～S線図だけで示すことで理解して頂きたい。また、熱源流体からのアプローチがエクセルギーサイクルであって、ローレンツサイクルはエクセルギーの最大量を取り出すサイクルに近いといえる。

### 3. ローレンツサイクル用の作動流体

つぎにローレンツサイクルに向けた作動流体は何がいいだろうかという問題が起る。

一見してまず向いているのはガスであって、T～S線図上で、ブレイトンサイクルとローレンツサイクルとの形は似ている。しかし実際問題として、ガスではエキスパンダーとコンプレッサーの両者が必要となり、両者の効率を考慮すると低温度差に向かない。（高温にはよい）

つぎに向くのは臨界点近傍を使用するランキンサイクルであって、いわゆるフロンサイクルや有機液体サイクルはこの形式である。しかしこの形式でもTが一定の水平部分があって一定傾斜のローレンツサイクルとはかなりのずれを生じて不満足である。

そこで注目されて来たのが多成分系の流体である。

その一例としてLiBrのような塩類と水とをまぜた塩類水溶液がある。その飽和温度つまり沸点は濃度mの増大とともに変化する。よって圧力一定のボイラやコンデンサーであっても、濃度が逐次変化する部分をもてば温度が変る。また他の例としては二種類のフロンを混合した混合作動流体があり、これも明らかに圧力一定で温度が変る。しかもこれらは低温度差エネルギー



一利用に向く範囲で比較的大きな熱量を処理できるので、ローレンツサイクルに好適であるといえる。

一例として第3図に立型のボイラとコンデンサーをもつ混合フロンエンジンの略図を示すが、加熱水と冷却水が第2図(a)のような温度差を保持しつつ出入するとき、それに対応して流体の飽和温度が逐次変化するので同一のボイラやコンデンサーの中で温度が変化しつつ熱の出入が行なわれてローレンツサイクルに近づくことがよくわかる。これは海洋温度差発電などに利用されようとしているローレンツサイクルフロンエンジンである。

このサイクルは流体の向きを全部逆にして動かすとヒートポンプもしくは冷凍器となり第2図(b)のサイクルに近づくことはよくわかる。

以上の結論として、これからの熱機関や冷凍器やヒートポンプはまずは多成分系流体となることが必至であることが示された。

#### 4. 多成分系流体の伝熱

以上のように多成分系の流体の重要性が増して来たので、そのような流体の各種の伝熱が問題となってくる。しかも蒸発や凝縮といった相変化を伴う場合が多い。

ところがよく考えるてみると、多成分系の伝熱は化学工学、食品工学、生体工学、などでは極めて普通であって、かえって単一成分の場合の方が稀有であり、それに対し機械工学では今までの単一成分流体に執着しすぎていた傾向がある。

そのような多成分、相変化伝熱の例を拾い上げると、機械工学を含めて、

- (1) 海水の淡水化の蒸発器
- (2) 吸収冷暖房器の吸収器、再生器
- (3) 塩水エンジンの濃縮器
- (4) 無機塩類の濃縮、希釈装置
- (5) ジュースの濃縮装置
- (6) 石油や混合油の分溜装置
- (7) 液体空気に分溜装置

等に数え切れない。そして単成分の場合と異なるのは

- (1) 単成分のときは温度境界層だけを考えていけばよいが、多成分系では濃度境界層を考えなければならないので複雑である。
- (2) しかも多成分系では濃度変化による境界表面の飽和温度の変化を同時に考慮しなければならない。
- (3) 境界面の飽和温度の変化は常に伝熱を阻害する方向に移動する。それは例えば蒸発面では低沸点側が早く飛び出すので飽和温度が上昇し、伝熱面過熱度が減る。凝縮面でも同様である。

(4) 単一流体の沸騰や蒸発や凝縮では伝熱面上にできるだけ薄い液膜層を作ることが伝熱を良好にする方向であった。ところが多成分系では薄い液膜ほど早く過熱度を失うので薄い液膜は必ずしもよくない。

(5) 多成分の相互拡散のレイヌ数はかなり小さくしかもよくわかっていない。

等々であって、多成分系は単一成分系にくらべて常に伝熱が悪くなる傾向が強い。

筆者らの経験では、相変化や濃度変化を伴わない二成分系の自然対流でも物性値による理論値以上に熱伝達係数が低下するのを見出している。どうも多成分系の内部変化は常に伝熱を低下させる方向に動くようである。

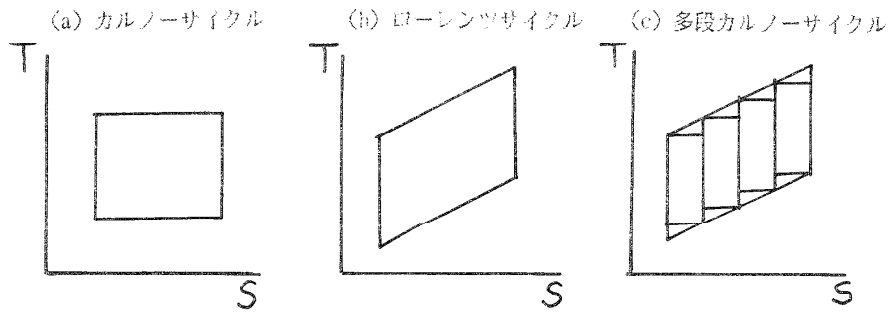
さてこのような伝熱分野のハイテクともいうべき多成分系の伝熱を良好にするには化学工学でよく用いられるように攪はんするのが一番であり、また農工大柏木氏らの示した界面活性剤などの添加によるマランゴニ効果による内部微小流動を生じるのもよいが、まだ無添加、無動力で効果的なものは少ない。

とくに伝熱研究における今までの沸騰や凝縮の研究は単一成分（水やフロン）の場合に集中し過ぎていた傾向がある。これからはローレンツサイクルの導入やバイオ工学の活性化などによって多成分系の重要な時代がやって来た。多成分系の伝熱には前記のように多くの不明点があり、しかも改良方法にも未開拓の分野が多い。ここに多くの若い方々の着目されるのを待つ。

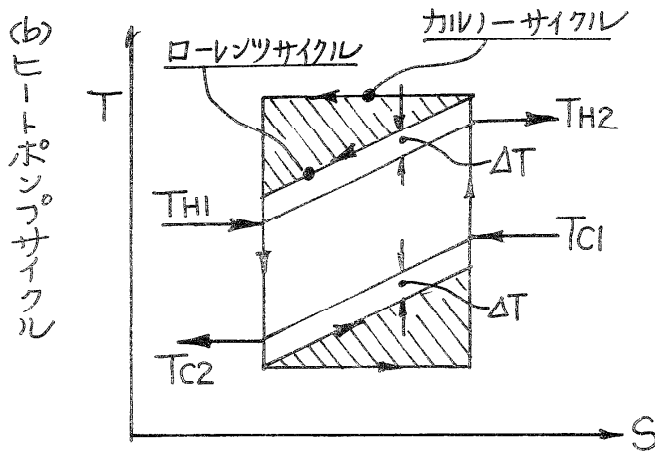
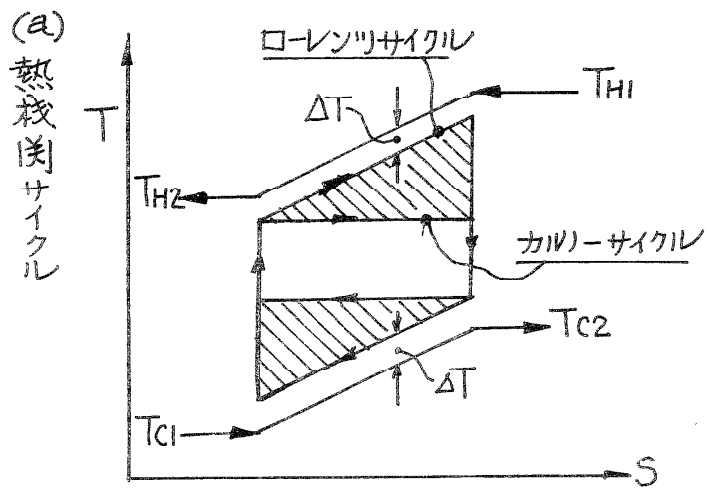
## 5. 結論

カルノーサイクルより、高熱効率であるローレンツサイクルを実現するには、低温度差エネルギーの領域や冷凍やヒープンなどの領域で多成分系の作動流体の使用が必須であることを述べ、ついで多成分系の相変化を伴う伝熱には多くの伝熱障害要因や不明点があることを述べた。

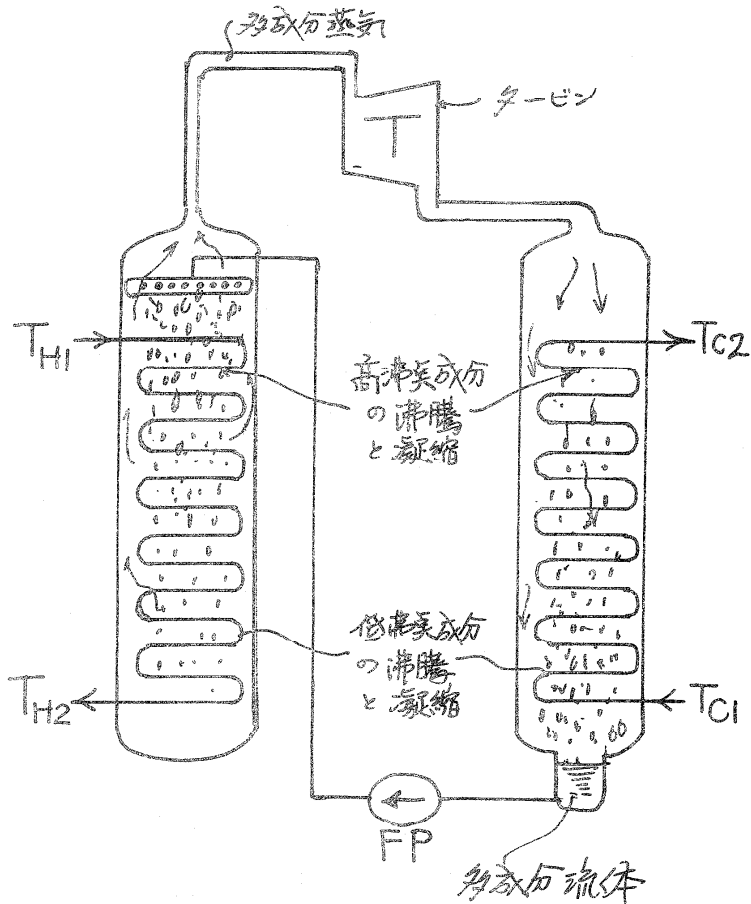
本伝熱研究を読まれる方々がこの伝熱のハイテクである多成分系に大いに眼を開かれんことをここに期待して筆を置きたい。



第1図 各種サイクルのT~S線図



第2図 顕熱性熱源に対するローレンツサイクルと  
カルノーサイクルのT~S線図



第3図 多成分系流体によるローレンツサイクル機関の一例

## 気液二相流の基礎方程式について

片 岡 勲 (京大原研)

### 1. はじめに

気液二相流は原子炉や化学プラント等、種々の工業設備における伝熱流動特性を知る上で重要であると共に物理現象としても興味深い対象であり、今世紀後半以降、特に精力的に研究が行われてきた。こうした研究成果を背景として、近年では二相流のより詳細な構造についての研究や複雑な体系下での二相流の挙動の数値解析による予測が行われるようになってきている。このためには、二相流現象を支配する基礎方程式をより正確かつ精密に定式化することが不可欠である。ここでは、代表的なモデルに基づく基礎方程式とそれら相互の関連やその適用上の問題点等について述べる。

### 2. 瞬時・局所的な二相流の基礎方程式

実用上の多くの場合において必要なのは二相流の平均的な挙動である。従って、基礎方程式(質量、運動量、エネルギーの保存式)も平均されたものが必要となる。しかしながら、平均された基礎方程式を得るためには瞬時・局所的な(時間、空間の一点における)基礎方程式を厳密に定式化しておかなければならない。これは、次の様にあたえられる。<sup>1)</sup>

$$\text{(質量)} \quad \frac{\partial}{\partial t} \left( \sum_{k=1}^2 \phi_k \rho_k \right) + \operatorname{div} \left( \sum_{k=1}^2 \phi_k \rho_k \mathbf{v}_k \right) = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{(運動量)} \quad \frac{\partial}{\partial t} \left( \sum_{k=1}^2 \phi_k \rho_k \mathbf{v}_k \right) + \operatorname{div} \left( \sum_{k=1}^2 \phi_k \rho_k \mathbf{v}_k \mathbf{v}_k \right) = & - \operatorname{grad} \left( \sum_{k=1}^2 \phi_k P_k \right) \\ & + \operatorname{div} \left( \sum_{k=1}^2 \phi_k \boldsymbol{\tau}_k \right) + \sum_{k=1}^2 \phi_k \rho_k \mathbf{F}_k + \mathbf{F}_s a_i \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{(全エネルギー)} \quad \frac{\partial}{\partial t} \left\{ \sum_{k=1}^2 \phi_k \rho_k \left( U_k + \frac{1}{2} v_k^2 \right) \right\} + \operatorname{div} \left\{ \sum_{k=1}^2 \phi_k \rho_k \left( U_k + \frac{1}{2} v_k^2 \right) \mathbf{v}_k \right\} \\ + \frac{\partial}{\partial t} (U_s a_i) + \operatorname{div} (U_s \mathbf{v}_i a_i) \\ = - \operatorname{div} \left( \sum_{k=1}^2 \phi_k \mathbf{q}_k \right) - \operatorname{div} \left( \sum_{k=1}^2 \phi_k P_k \mathbf{v}_k \right) + \operatorname{div} \left( \sum_{k=1}^2 \phi_k \boldsymbol{\tau}_k \cdot \mathbf{v}_k \right) \\ + \sum_{k=1}^2 \phi_k \rho_k \mathbf{F}_k \cdot \mathbf{v}_k + \sum_{k=1}^2 \phi_k Q_k + (\mathbf{F}_s \cdot \mathbf{v}_i + \Gamma_s U_s) a_i \end{aligned} \quad (3)$$

ここで  $\rho_k$ 、 $\mathbf{v}_k$ 、 $P_k$ 、 $\boldsymbol{\tau}_k$ 、 $\mathbf{F}_k$ 、 $U_k$ 、 $\mathbf{q}_k$ 、 $Q_k$  ( $k=1, 2$ ; 液相を1、気相を2とする)は各相の密度、速度、圧力、応力テンソル、外力、内部エネルギー、熱流束、熱発生

率を表し、 $F_s$ 、 $U_s$ 、 $\Gamma_s$  は単位界面積あたりの表面張力による力、表面エネルギー、界面積発生率を表し、 $v_i$  は界面の速度をあらわす。また $\phi_k$  ( $k=1, 2$ ) は各相の特性関数で時間、空間の一点において相 $k$ が存在すれば1、そうでなければ0の値をとる関数であり、具体的には次のように与えられる。

$$\phi_1(x, y, z, t) = h(f(x, y, z, t)) \quad (\text{液相の特性関数}) \quad (4)$$

$$\phi_2(x, y, z, t) = 1 - h(f(x, y, z, t)) \quad (\text{気相の特性関数}) \quad (5)$$

ここで、 $h(w)$  はHeaviside関数であり次の様に与えられる。

$$h(w) = 0 \quad (w < 0) \quad , \quad h(w) = 1 \quad (w > 0) \quad (6)$$

また、ここでは気液界面が  $f(x, y, z, t) = 0$  (7)

で表されるとし、かつ、液相に対し  $f(x, y, z, t) > 0$  (8)

気相に対し  $f(x, y, z, t) < 0$  (9)

となるように定義する。一方、 $a_i$  は瞬時・局所的な気液界面積濃度であり各相の内部で0、気液界面において無限大の値をとる関数であり具体的には次式で与えられる。<sup>2)</sup>

$$a_i(x, y, z, t) = |\text{grad } f| \delta(f(x, y, z, t)) \quad (10)$$

(10)式で定義される $a_i$ を瞬時・局所的な気液界面積濃度とよぶのは、これを平均したものが単位体積当りの気液界面積に相当するからである。また、(1)～(3)式は不連続関数 $\phi_k$ の微分を含んでいるが、これは $h(w)$ と $\delta(w)$ の間のよく知られた関係

$$\delta(w) = \frac{d}{dw} h(w) \quad (11)$$

によって解釈すればよい。

(1)～(3)式が各相内部では単相流の質量、運動量、エネルギーの保存式を満たすことは明らかであり気液界面においても、界面における質量、運動量、エネルギーのつりあいの式として知られている次の関係<sup>3)</sup>を満たすことも(4)～(11)式を用いて示される。<sup>1)</sup>

(質量) 
$$\sum_{k=1}^2 \rho_{ki} (v_{ki} - v_i) \cdot n_{ki} = 0 \quad (12)$$

(運動量) 
$$\sum_{k=1}^2 \{ \rho_{ki} v_{ki} (v_{ki} - v_i) \cdot n_{ki} + P_{ki} n_{ki} - \tau_{ki} \cdot n_{ki} \} = -F_s \quad (13)$$

(全エネルギー) 
$$\sum_{k=1}^2 \{ \rho_{ki} (U_{ki} + \frac{1}{2} v_{ki}^2) (v_{ki} - v_i) \cdot n_{ki} + q_{ki} \cdot n_{ki} + P_{ki} v_{ki} \cdot n_{ki} - (\tau_{ki} \cdot v_{ki}) \cdot n_{ki} \} = \frac{\partial U_s}{\partial t} + v_i \cdot \text{grad } U_s - F_s \cdot v_i \quad (14)$$

ここで $\rho_{ki}$ 、 $v_{ki}$ 等は各相の物理量の気液界面における値を表す。また、 $n_{ki}$ は気液界面における各相の外向き法線ベクトルである。

さて、(1)～(3)式は、二相流を一つの流体とみなすか二つの流体とみなすかによって二通りに書き換えることができる。通常、前者を Mixture Model、後者を Two Fluid Model

(二流体モデル)と呼ぶ。まず Mixture Modelにおいては、Mixture としての諸物理量  $A$  を次のように定義する。

$$A = \sum_{k=1}^2 \phi_k A_k \quad (15)$$

ここで、 $A_k$  は各相の諸物理量を表す。(15)式を用いて(1)～(3)式を書き換えると(質量)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \mathbf{v}) = 0 \quad (16)$$

(運動量)

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \mathbf{v}) + \text{div}(\rho \mathbf{v} \mathbf{v}) = -\text{grad} P + \text{div} \boldsymbol{\tau} + \rho \mathbf{F} + \mathbf{F}_s a_i \quad (17)$$

(全エネルギー)

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \left\{ \rho \left( U + \frac{1}{2} \mathbf{v}^2 \right) + U_s a_i \right\} + \text{div} \left\{ \rho \left( U + \frac{1}{2} \mathbf{v}^2 \right) \mathbf{v} + U_s \mathbf{v}_i a_i \right\} = -\text{div} \mathbf{q} \\ - \text{div}(P \mathbf{v}) + \text{div}(\boldsymbol{\tau} \cdot \mathbf{v}) + \rho \mathbf{F} \cdot \mathbf{v} + Q + (\mathbf{F}_s \cdot \mathbf{v}_i + \Gamma_s U_s) a_i \end{aligned} \quad (18)$$

となり界面力、界面エネルギーの項を除いて見かけ上は单相流の式と殆ど同一となる。

一方、二流体モデルにおいては、(1)～(3)式の各式をそれぞれ二つに分解して、各相の物理量のみで表せるように書き換える。<sup>1)</sup> すなわち

(質量)

$$\frac{\partial}{\partial t}(\phi_k \rho_k) + \text{div}(\phi_k \rho_k \mathbf{v}_k) = -\rho_{ki}(\mathbf{v}_{ki} - \mathbf{v}_i) \cdot \mathbf{n}_{ki} a_i \quad (k=1,2) \quad (19)$$

(運動量)

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\phi_k \rho_k \mathbf{v}_k) + \text{div}(\phi_k \rho_k \mathbf{v}_k \mathbf{v}_k) = -\text{grad}(\phi_k P_k) + \text{div}(\phi_k \boldsymbol{\tau}_k) + \phi_k \rho_k \mathbf{F}_k \\ + \{ -\rho_{ki} \mathbf{v}_{ki} (\mathbf{v}_{ki} - \mathbf{v}_i) \cdot \mathbf{n}_{ki} - P_{ki} \mathbf{n}_{ki} + \boldsymbol{\tau}_{ki} \cdot \mathbf{n}_{ki} \} a_i \quad (k=1,2) \end{aligned} \quad (20)$$

(全エネルギー)

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \left\{ \phi_k \rho_k \left( U_k + \frac{1}{2} \mathbf{v}_k^2 \right) \right\} + \text{div} \left\{ \phi_k \rho_k \left( U_k + \frac{1}{2} \mathbf{v}_k^2 \right) \mathbf{v}_k \right\} \\ = -\text{div}(\phi_k \mathbf{q}_k) - \text{div}(\phi_k P_k \mathbf{v}_k) + \text{div}(\phi_k \boldsymbol{\tau}_k \cdot \mathbf{v}_k) + \phi_k \rho_k \mathbf{F}_k \cdot \mathbf{v}_k + \phi_k Q_k \\ + \left\{ -\rho_{ki} \left( U_{ki} + \frac{1}{2} \mathbf{v}_{ki}^2 \right) (\mathbf{v}_{ki} - \mathbf{v}_i) \cdot \mathbf{n}_{ki} - \mathbf{q}_{ki} \cdot \mathbf{n}_{ki} - P_{ki} \mathbf{v}_{ki} \cdot \mathbf{n}_{ki} + (\boldsymbol{\tau}_{ki} \cdot \mathbf{v}_{ki}) \cdot \mathbf{n}_{ki} \right\} a_i \end{aligned} \quad (k=1,2) \quad (21)$$

(19)～(21)式の右辺において  $a_i$  を含む項は質量、運動量、全エネルギーの気液界面を通しての輸送項であり、これらは(12)～(14)式を満たす。

以上のようにして得られた瞬時・局所的な気液二相流の基礎方程式を平均することにより実用的な二相流の基礎方程式が得られる。

### 3. Mixture Model による平均の二相流の基礎方程式

(16)～(18)式を平均することにより、Mixture Model による平均の基礎方程式が得

られる。実用上は界面力が運動量に比べ、界面エネルギーや乱流運動エネルギーが熱エネルギーに比べ小さいとして無視し、簡略化された基礎方程式が用いられることが多い。また、エネルギーの保存式はエンタルピー ( $H = U + \frac{P}{\rho}$ ) による表示を用いた方が応用上便利である。以上を考慮した基礎方程式は最終的に次のようになる。

(質量) 
$$\frac{\partial \bar{\rho}}{\partial t} + \text{div}(\bar{\rho} \mathbf{v}_m) = 0 \quad (22)$$

(運動量) 
$$\frac{\partial}{\partial t}(\bar{\rho} \mathbf{v}_m) + \text{div}(\bar{\rho} \mathbf{v}_m \mathbf{v}_m) = -\text{grad} \bar{P} + \text{div}(\bar{\boldsymbol{\tau}} - \overline{\rho \mathbf{v}' \mathbf{v}'}) + \bar{\rho} \mathbf{F}_m \quad (23)$$

(エンタルピー) 
$$\frac{\partial}{\partial t}(\bar{\rho} H_m) + \text{div}(\bar{\rho} H_m \mathbf{v}_m) = \frac{\partial \bar{P}}{\partial t} + \mathbf{v}_m \cdot \text{grad} \bar{P} - \text{div}(\bar{\mathbf{q}} + \overline{\rho H' \mathbf{v}'}) + \bar{Q} \quad (24)$$

ここで、 $\bar{\quad}$  は平均をあらわす。また、添字  $m$  は Mixture としての質量平均をあらわす。また、 $'$  をつけたものは、Mixture としての変動成分を表す。

$$A_m = \frac{\overline{\rho A}}{\bar{\rho}} \quad (25) \quad A' = A - A_m \quad (26)$$

Mixture Model による平均の基礎方程式 (22) ~ (24) 式は見かけ上は単相流の平均の式と同一である。しかしながら、Mixture としての変動量の相関項、 $\overline{\rho \mathbf{v}' \mathbf{v}'}$ 、 $\overline{\rho H' \mathbf{v}'}$  の項を詳しく見ると単相流の場合と異なっている。今、(15) 式を考慮して  $A_m$  を各相の質量平均値  $A_{km}$  で表すと次のようになる。

$$A_m = \frac{\sum_{k=1}^2 \alpha_k \bar{\rho}_k A_{km}}{\sum_{k=1}^2 \alpha_k \bar{\rho}_k} \quad (27)$$

ここで

$$\alpha_k = \frac{\bar{\phi}_k}{\bar{\phi}} \quad (28) \quad \bar{A}_k = \frac{\overline{\phi_k A_k}}{\alpha_k} \quad (29)$$

$$A_{km} = \frac{\overline{\phi_k \rho_k A_k}}{\alpha_k \bar{\rho}_k} \quad (30)$$

$\alpha_k$  を各相の体積率と呼び、特に  $\alpha_2$  をボイド率と呼ぶ。以上を用いて Mixture としての変動量の相関項を具体的に求めると次のようになる。

$$-\overline{\rho \mathbf{v}' \mathbf{v}'} = -\sum_{k=1}^2 \alpha_k \overline{\rho_k \mathbf{v}'_k \mathbf{v}'_k} - \sum_{k=1}^2 \alpha_k \bar{\rho}_k V_{ks} V_{ks} \quad (31)$$

$$\overline{\rho H' \mathbf{v}'} = \sum_{k=1}^2 \alpha_k \overline{\rho_k H'_k \mathbf{v}'_k} + \sum_{k=1}^2 \alpha_k \bar{\rho}_k H_{km} V_{ks} \quad (32)$$

ここで

$$A'_k = A_k - A_{km} \quad (33) \quad V_{ks} = \mathbf{v}_{km} - \mathbf{v}_m \quad (34)$$

すなわち Mixture としての変動量の相関項は各相における乱流応力、乱流熱流束 (31)、(32) 式右辺第二項) に加えて各相の平均速度の差に起因する応力、熱流束 (31)、(32) 式右辺第二項) から成ることがわかる。前者を乱流成分 ( $\bar{\boldsymbol{\tau}}^T$ ,  $\bar{\mathbf{q}}^T$  で表す)、後者をドリフト成分 ( $\bar{\boldsymbol{\tau}}^D$ ,  $\bar{\mathbf{q}}^D$  で表す) と呼ぶ事にする。ドリフト成分は二相流に特徴的な項で



あり、これをどのように取扱うかによってMixture Modelは更に次の三つのモデルに分れる。

### 3. 1. 均質流モデル (Homogeneous Model)

このモデルは(31), (32)式のドリフト成分を0とするものである。言い換えれば各相の平均速度を等しいとするモデルである。このとき Mixture Model の基礎式(22) ~ (24)式は次のようになる。

$$\text{(質量)} \quad \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial t} + \text{div}(\bar{\rho} \mathbf{v}_m) = 0 \quad (35)$$

$$\text{(運動量)} \quad \frac{\partial}{\partial t}(\bar{\rho} \mathbf{v}_m) + \text{div}(\bar{\rho} \mathbf{v}_m \mathbf{v}_m) = -\text{grad } \bar{P} + \text{div}(\bar{\tau} + \bar{\tau}^T) + \bar{\rho} \mathbf{F}_m \quad (36)$$

(エンタルピー)

$$\frac{\partial}{\partial t}(\bar{\rho} H_m) + \text{div}(\bar{\rho} H_m \mathbf{v}_m) = \frac{\partial \bar{P}}{\partial t} + \mathbf{v}_m \cdot \text{grad } \bar{P} - \text{div}(\bar{q} + \bar{q}^T) + \bar{Q} \quad (37)$$

このモデルによる基礎式は二相流の基礎式のうち最も簡単なものであり、解析に便利であり広くもちいられている。しかしながら、このモデルが適用出来るのは各相がよく混合し Mixture としての平均速度  $\mathbf{v}_m$  が各相の平均速度の差に比べて十分大きい場合にかぎられる。

### 3. 2. スリップ流モデル (Slip Model)

このモデルにおいては、ドリフト成分は考慮するが、各相の質量平均速度は同一の方向を持つという簡単な仮定を置く。このとき、スリップ比  $S$  が定義できる。

$$\mathbf{v}_{2m} = S \mathbf{v}_{1m} \quad (S > 0) \quad (38)$$

当然、 $\mathbf{v}_{km}$  は  $\mathbf{v}_m$  とも同一方向を持つ。従って次のような各相の重量流量比  $v_k$  が定義でき

$$\alpha_k \bar{\rho}_k \mathbf{v}_{km} = x_k \bar{\rho} \mathbf{v}_m \quad (39) \quad x_1 + x_2 = 1 \quad (40)$$

この重量流量比を用いると(34)式で定義される  $V_{ks}$  は次のように書かれる。

$$V_{ks} = \left( \frac{x_k \bar{\rho}}{\alpha_k \bar{\rho}_k} - 1 \right) \mathbf{v}_m \quad (41)$$

以上の関係、及び各相の体積率の間に成り立つ次の関係、

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 1 \quad (42)$$

を用いると(31) ~ (32)式におけるドリフト成分は  $\alpha_2 \bar{\rho}_2$ ,  $x_2$ ,  $\mathbf{v}_m$  のみを用いて表すことができる。その結果、(22) ~ (24)式は次のように書かれる。

$$\text{(質量)} \quad \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial t} + \text{div}(\bar{\rho} \mathbf{v}_m) = 0 \quad (43)$$

(運動量)

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\bar{\rho} \mathbf{v}_m) + \text{div} \left[ \bar{\rho} \mathbf{v}_m \mathbf{v}_m \left\{ \frac{x_2^2 \bar{\rho}}{\alpha_2 \bar{\rho}_2} + \frac{(1-x_2)^2 \bar{\rho}}{\bar{\rho} - \alpha_2 \bar{\rho}_2} \right\} \right] \\ = -\text{grad } \bar{P} + \text{div}(\bar{\tau} + \bar{\tau}^T) + \bar{\rho} \mathbf{F}_m \end{aligned} \quad (44)$$

(エンタルピー)

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t}(\bar{\rho} H_m) + \text{div}[\bar{\rho} \{(1-x_2)H_{1m} + x_2H_{2m}\} v_m] \\ & = \frac{\partial \bar{P}}{\partial t} + v_m \cdot \text{grad} \bar{P} - \text{div}(\bar{q} + \bar{q}^T) + \bar{Q} \end{aligned} \quad (45)$$

ここで、 $\alpha_2$  と  $x_2$  はスリップ比  $S$  を用いて次のように関係づけられる。

$$\alpha_2 \bar{\rho}_2 = \frac{\bar{\rho} x_2}{x_2 + S(1-x_2)} \quad (46)$$

通常、スリップ比  $S$  についての相関式が与えられる。一方、 $\alpha_2$  については気相のみの質量保存式が必要となる。これは後の二流体モデルによる基礎式を採用して次式であたえられる。

(気相の質量)

$$\frac{\partial}{\partial t}(\alpha_2 \bar{\rho}_2) + \text{div}(x_2 \bar{\rho} v_m) = \Gamma_2 \quad (47)$$

ここで、 $\Gamma_2$  は気相の質量発生率である。

以上がスリップ流モデルによる基礎式である。このモデルも気液二相流の解析に広く用いられており均質流モデルに比べ各相の速度差を考慮した分だけ正確である。しかし、各相の平均速度の間に簡単な仮定を設けているため各相の平均速度の方向が異なる場合には適用できない。

### 3.3. ドリフトフラックスモデル(Drift Flux Model)

このモデルは、(31)、(32)式のドリフト成分を最も一般的な形で取り扱うものである。このモデルでは(34)式で定義される  $V_{ks}$  をこのままの形では用いず次に定義するドリフト速度  $V_{kj}$  という量を導入して、基礎式を見通しのような形に変形するものである。<sup>4~6)</sup>

$$V_{kj} = v_{km} - j \quad (48)$$

ここで、 $j$  は両相の流束の和であり次式で与えられる。

$$j = \alpha_1 v_{1m} + \alpha_2 v_{2m} \quad (49)$$

(48)、(49)式を用いると(34)式で定義される  $V_{ks}$  は次のようになる。

$$V_{1s} = V_{1j} \bar{\rho}_2 / \bar{\rho}, \quad V_{2s} = V_{2j} \bar{\rho}_1 / \bar{\rho} \quad (50)$$

この時

$$\alpha_1 V_{1j} + \alpha_2 V_{2j} = 0 \quad (51)$$

以上の関係及び(42)式を用いて(31)、(32)式におけるドリフト成分は  $V_{2j} \cdot \alpha_2$ 、 $\bar{\rho}_1$ 、 $\bar{\rho}_2$ 、 $\bar{\rho}$ 、 $H_{1m}$ 、 $H_{2m}$  を用いて表すことができる。その結果(22)~(24)式は次のようになる。

(質量)

$$\frac{\partial \bar{\rho}}{\partial t} + \text{div}(\bar{\rho} v_m) = 0 \quad (52)$$

(運動量)

$$\frac{\partial}{\partial t}(\bar{\rho} \mathbf{v}_m) + \text{div}(\bar{\rho} \mathbf{v}_m \mathbf{v}_m) = -\text{grad } \bar{P} + \text{div}(\bar{\tau} + \bar{\tau}^T) + \bar{\rho} \bar{F}_m - \text{div}\left\{\frac{\bar{\rho}_1 \bar{\rho}_2}{\bar{\rho}} \frac{\alpha_2}{(1-\alpha_2)} V_{2j} V_{2j}\right\} \quad (53)$$

(エンタルピー)

$$\frac{\partial}{\partial t}(\bar{\rho} H_m) + \text{div}(\bar{\rho} H_m \mathbf{v}_m) = \frac{\partial P}{\partial t} + \mathbf{v}_m \cdot \text{grad } \bar{P} - \text{div}(\bar{\mathbf{q}} + \bar{\mathbf{q}}^T) + \bar{Q} - \text{div}\left\{\frac{\bar{\rho}_1 \bar{\rho}_2}{\bar{\rho}} \alpha_2 (H_{2m} - H_{1m}) V_{2j}\right\} \quad (54)$$

このドリフトフラックスモデルを用いて解析を行うためには、気相のドリフト速度 $V_{2j}$ 、及びボイド率 $\alpha_2$ についての知識が必要となる。 $V_{2j}$ については理論及び実験に基づく相関式が与えられている。<sup>4~6)</sup> 一方、 $\alpha_2$ については、次に与える気相のみの質量保存式が必要となる。これも後に述べる二流体モデルの基礎式を援用して得られる。

(気相の質量)

$$\frac{\partial}{\partial t}(\alpha_2 \bar{\rho}_2) + \text{div}(\alpha_2 \bar{\rho}_2 \mathbf{v}_m) = \Gamma_2 - \text{div}\left(\frac{\bar{\rho}_1 \bar{\rho}_2}{\bar{\rho}} \alpha_2 V_{2j}\right) \quad (55)$$

このドリフトフラックスモデルは Mixture Modelとしては最も正確なものであり原子炉の熱流動解析等に幅広く用いられている。

#### 4. 二流体モデルによる平均の基礎方程式

(19) ~ (21) 式を平均することにより二流体モデルによる二相流の平均の基礎方程式が得られる。<sup>7)</sup> 実用上は乱流運動エネルギーを熱エネルギーに比べて無視できるとし、エネルギー式をエンタルピー表示して適当に変形した次の形のものが用いられることが多い。

(質量)

$$\frac{\partial}{\partial t}(\alpha_k \bar{\rho}_k) + \text{div}(\alpha_k \bar{\rho}_k \mathbf{v}_{km}) = \Gamma_k \quad (k=1,2) \quad (56)$$

(運動量)

$$\alpha_k \bar{\rho}_k \frac{\partial \mathbf{v}_{km}}{\partial t} + (\alpha_k \bar{\rho}_k \mathbf{v}_{km} \cdot \nabla) \mathbf{v}_{km} = -\alpha_k \text{grad } \bar{P}_k + \text{div}(\alpha_k \bar{\tau}_k - \alpha_k \overline{\overline{\rho_k \mathbf{v}'_k \mathbf{v}'_k}}) + (\tilde{\mathbf{v}}_{ki} - \mathbf{v}_{km}) \Gamma_k + (\tilde{P}_{ki} - \bar{P}_k) \text{grad } \alpha_k + \bar{\rho}_k \bar{F}_{km} + M_k^d \quad (k=1,2) \quad (57)$$

(エンタルピー)

$$\alpha_k \bar{\rho}_k \frac{\partial H_{km}}{\partial t} + \alpha_k \bar{\rho}_k \mathbf{v}_{km} \cdot \text{grad } H_{km} = \alpha_k \frac{\partial \bar{P}_k}{\partial t} + \alpha_k \mathbf{v}_{km} \cdot \text{grad } \bar{P}_k - \text{div}(\alpha_k \bar{\mathbf{q}}_k + \alpha_k \overline{\overline{\rho_k H'_k \mathbf{v}'_k}}) + (\tilde{H}_{ki} - H_{km}) \Gamma_k + \tilde{\mathbf{q}}_{ki} \cdot \bar{\mathbf{a}}_i + \alpha_k \bar{Q}_k \quad (k=1,2) \quad (58)$$

ここで

$$\Gamma_k = \frac{-\rho_{ki} (\mathbf{v}_{ki} - \mathbf{v}_i) \cdot \mathbf{n}_{ki} a_i}{\alpha_k} \quad (59)$$

$$\tilde{\mathbf{v}}_{ki} = \frac{\rho_{ki} \mathbf{v}_{ki} (\mathbf{v}_{ki} \cdot \mathbf{v}_i) \cdot \mathbf{n}_{ki} a_i}{\Gamma_k} \quad (60)$$

$$\tilde{P}_{ki} = \frac{\bar{P}_{ki} a_i}{a_i} \quad (61)$$

$$M_k^d = \frac{\{-(P_{ki} - \tilde{P}_{ki})n_{ki} + \tau_{ki} \cdot n_{ki}\} a_i}{\Gamma_k} \quad (62)$$

$$\tilde{H}_{ki} = \frac{-\rho_{ki} H_{ki} (v_{ki} - v_i) \cdot n_{ki} a_i}{\Gamma_k} \quad (63)$$

$$\tilde{q}_{ki}'' = \frac{-q_{ki} \cdot n_{ki} a_i}{a_i} \quad (64)$$

物理的には、 $\Gamma_k$  は各相の質量発生率、 $M_k^d$  は相間の摩擦、 $\tilde{q}_{ki}''$  は界面熱流束に相当する。

(12) ~ (14) 式の平均を考慮し、界面力、界面エネルギーが無視できる場合には

$$\Gamma_1 + \Gamma_2 = 0 \quad (65)$$

$$M_1^d + M_2^d = 0 \quad (66)$$

$$\sum_{k=1}^2 (\tilde{H}_{ki} \Gamma_k + \tilde{q}_{ki}'' a_i) = 0 \quad (67)$$

が成立する。二流体モデルによる基礎式は各相それぞれの諸物理量を別個に予測することができる。また各相が熱的に非平衡状態にあっても解析が可能である。しかしながら、解くべき方程式の数が六つもあり、また気液界面での輸送に関する多くの量 (59) ~ (64) 式についての相関式が必要である。

#### 5. 今後の課題

以上に述べてきた種々のモデルによる平均の基礎方程式を用いて気液二相流を解析するためには、乱流応力、乱流熱流束、ドリフト速度、界面輸送項についての正確な知識が必要である。これらの量はいずれも二相流の諸物理量の変動量の相関に関係した量である。(界面輸送項は特性関数の相関と関係づけられる。<sup>8,9)</sup> 従って、これらについてより詳しい情報を得るためには、二相流の諸量の相関項についての基礎方程式も必要である。このためには、瞬時・局所的な基礎方程式から出発して厳密な定式化を行わなければならない。こうした試みも最近行われるようになってきている。<sup>10,11)</sup> 今後こうした研究をさらに進めて気液二相流の解析方法をより精密にしていく必要があろう。

参考文献 1) I. Kataoka; Tech. Repts. Inst. Atomic Energy, Kyoto Univ., No. 203 (1985) (to be published in Int. J. Multiphase Flow). 2) I. Kataoka, M. Ishii, and A. Serizawa; Int. J. Multiphase Flow, Vol. 12, 205 (1986). 3) L. E. Scriven; Chem. Eng. Sci., Vol. 15, 98 (1960). 4) N. Zuber and J. Findley; J. Heat Transfer, Vol. 87, 453 (1965). 5) G. B. Wallis; "One-Dimensional Two-Phase Flow", McGraw Hill (1969). 6) M. Ishii; ANL-7747 (1977). 7) M. Ishii; "Thermo-Fluid Dynamic Theory of Two-Phase Flow", Eyrolles, Paris (1975). 8) 片岡; 23回伝熱シンボ, p.259 (1986) 9) 片岡; 原子力学会秋の分科会, B 16 (1986). 10) 芹沢, 片岡; 二相流シンボ (機講論054 0) p. 65 (1985). 11) 片岡, 芹沢; 二相流シンボ (機講論864-2) p.45 (1986).

1. はじめに

ヒートパイプが開発されてから約20年を経、この間に通常のウイック式のヒートパイプ以外に可変コンダクタンス式、回転式等の種々のものが考案され、その幾つかは既に実用化されている。この中にはある特定の方向にのみ熱を伝える、いわゆる熱ダイオード型のヒートパイプがある。これは熱の半導体とでも言うべきもので、熱流の向きを制御出来るヒートパイプのことであり、その代表例が二相密閉式サーモサイフォン型ヒートパイプ（以下サーモサイフォンと呼ぶことにする）である。このサーモサイフォンは構造が簡単でしかも廉価であり、国内数社でこれを組み込んだ各種熱交換器が既に開発され、実用に供されている。

さて、著者は2つのサーモサイフォンを二重管で連結したカスケード型ヒートパイプを開発した<sup>1)</sup>。このヒートパイプの特徴は外観は1本のパイプの様に見えるが、熱ダイオード性を有する事は勿論のこと、蒸発部と凝縮部のほかに、蒸発部にも凝縮部にも成りえる第三の部分が存在することである。この特徴を利用すると、例えば化学反応器の温度制御の場合の様に温度が低いときには加熱、また、反応の進行によって温度が上昇しだしたならば今度は冷却する、といった操作を何ら機械的な操作をすることなしに、しかも温度を計測せずとも達成が可能である。このヒートパイプは種々の分野への応用が考えられるが本稿ではこのカスケード型ヒートパイプの基礎的な伝熱特性について概説する。

2. 内部構造と作動原理

図1にカスケード型ヒートパイプの内部構造を示す。このヒートパイプは通常のヒートパイプに比べ内部構造は少々複雑であり、一方のサーモサイフォンAの下部とサーモサイフォンBの上部を二重管で連結した構造となっている。また、各々のサーモサイフォンの蒸発部にはスクリーン・ウイックが装着してある（これらのウイックのうちサーモサイフォンBのウイックは本質的には不要である）。今、このヒートパイプを便宜上、上から順にⅠ、Ⅱ、Ⅲの3つの部分に分けたとする。ⅠはサーモサイフォンAの凝縮部、Ⅱは二重管連結部とし、ⅢはサーモサイフォンBの蒸発部とする。さて、サーモサイフォンは作動液の循環に重力を利用しているの

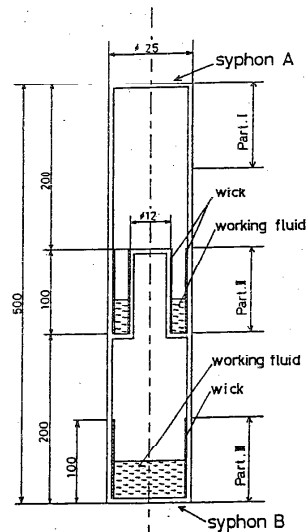


図1 カスケード型ヒートパイプの内部構造

・上部冷却の時にのみ熱を輸送し、この逆の上部加熱・下部冷却の場合の熱移動は容器壁面の熱伝導のみであり、ほとんど熱輸送は行われないうってよい。つまり、IとIIIでは熱流の方向は定っており、Iでは外部流体に熱を放出し、IIIでは外部流体から熱をもらう。ところでIIの内管・内壁部はサーモサイフォンBの凝縮部、内管・外壁部はサーモサイフォンAの蒸発部であるが、外管・内壁部はIとIIIの相対的な温度差により、サーモサイフォンAの凝縮部となったり蒸発部となったりする。即ち、IIでは外部流体に熱を放出したり、外部流体から熱をもらったりするというこれまでの熱グイード型ヒートパイプでは得られなかった特徴のある事が判る。今回試作したヒートパイプは外径25mmφ、内径22mmφ、長さ500mmの銅製パイプを容器とした。なお、二重管部の内管は外径12mmφ、内径10mmφとした。ヒートパイプの各蒸発部に装着するウイックは燐青銅製の150メッシュ1層、150メッシュ2層、270メッシュ2層の三種類のを、また各サーモサイフォンの作動流体(メタノール)の封入量も種々変化させたものを試作した。

### 3. 熱グイード効率について

まず、作動液封入率(封入作動液容積と蒸発部の容積との比)と熱輸送量との関係を調べた所、サーモサイフォンA、Bいずれの場合も作動液封入率が0.05と小さい場合には熱輸送量は小さいが、作動液封入率とともに急激に増加して、ある作動液封入率で熱輸送量は最大値となり、さらに封入率が増加すると若干減少しだす。サーモサイフォンAでは作動液封入率が0.2の場合に、またサーモサイフォンBでは0.2~0.4の場合に熱輸送量が最大となった。また、いずれのサーモサイフォンの場合にもウイックは150メッシュ1層を使用した場合が他のウイックに比べて熱輸送量は大きい。今回試作したヒートパイプは傾斜角度が0.175rad以上であれば充分に作動した。さて、逆モード、即ち各サーモサイフォンを上部加熱・下部冷却とした場合の熱輸送量が小さいほど優れた熱グイード特性を示すことになる。しかしながらこれまでは熱グイード特性を評価する指標がなかった。そこでこの熱グイード特性を次式(1)で定義する熱グイード効率 $\eta$ で評価してみる。

$$\eta = \frac{Q_{\text{normal}} - Q_{\text{reverse}}}{Q_{\text{normal}}} \quad (1)$$

ここで、 $Q_{\text{normal}}$ は順モード即ち下部加熱・上部冷却の場合の熱輸送量、 $Q_{\text{reverse}}$ は逆モード即ち上部加熱・下部冷却の場合の熱輸送量である。図2はこの熱グイード効率 $\eta$ と作動液封入率の関係を示した。図によれば、熱グイード効率は作動液封入率やウイックの種類にもよるが、A、Bともにほぼ

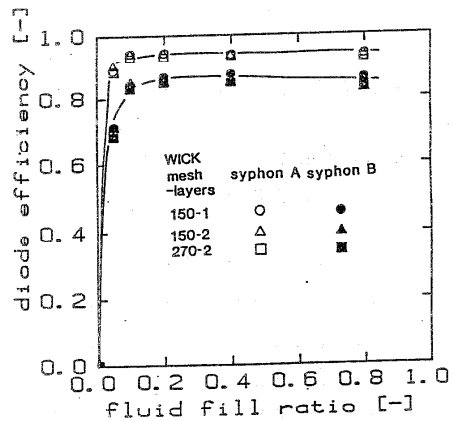


図2 熱グイード効率

一定の値を示し、本実験範囲内ではサーモサイフォンAでは約0.95、サーモサイフォンBでは約0.85とかなり良好なダイオード特性を示すことが判る。

#### 4. 熱入出力反転温度について

カスケード型ヒートパイプには蒸発部にも凝縮部にも成りえる部分のあることを前述した。即ち、ⅠとⅢの外側にそれぞれ293K, 333Kの一定温度の冷・温水を流し、Ⅱの流体の温度をしだいに上げていったとする。このとき、Ⅱではどのようなことが起きるのであろうか。Ⅱを流れる流体の温度が低い間はⅡではヒートパイプから流体が熱をもらう、つまり熱を外部へ出力する。このⅡの流体の温度がしだいに上昇するとⅡの熱輸送量は減少しだし、或る温度で熱輸送量はゼロとなる。この温度以上となると今度は逆に流体からヒートパイプが熱をもらう、つまり熱を内部へ入力するようになる。この熱の入出力が反転する温度をここでは熱入出力反転温度と呼ぶことにする。さて、この熱入出力反転温度はどのような因子によって決定されるのであろうか。いま、各ジャケット内には各々 $T_1, T_2, T_3$ の流体が循環しており、その出入口の温度変化は無視出来るものと仮定する。また、各サーモサイフォンA, B内の蒸気温度は $T_{VA}, T_{VB}$ とする。ヒートパイプの熱抵抗回路網を考えることにする。即ち、Ⅰ部については $r_1$ はジャケットⅠ内の対流熱抵抗、 $r_2$ は容器の熱抵抗、 $r_3$ は凝縮熱抵抗を考える。Ⅱ部は外管部と内管部とに分けて考える。即ち、外管部での熱抵抗は次の通りである。 $r_4$ はジャケットⅡ内の対流熱抵抗、 $r_5$ は容器の熱抵抗、 $r_6$ はウイックの熱抵抗、 $r_7$ は蒸発または凝縮熱抵抗である。内管部では $r_8$ は蒸発熱抵抗、 $r_9$ はウイックの熱抵抗、 $r_{10}$ は容器の熱抵抗、 $r_{11}$ は内管内壁部での凝縮熱抵抗である。Ⅲ部では $r_{12}$ がジャケットⅢ内の対流熱抵抗、 $r_{13}$ が容器の熱抵抗、 $r_{14}$ はウイックの熱抵抗、 $r_{15}$ は蒸発熱抵抗である。これらの各部の熱抵抗は熱伝達係数や熱伝導率等が判れば計算できる。ここでⅠ, Ⅱの外管部、内管部およびⅢの総括熱抵抗を各々 $R_1, R_2, R_2', R_3$ とするとこれらは以下の諸式で表現できる。

$$R_1 = \sum_{i=1}^3 r_i \cdot A_i = \frac{(T_{VA} - T_1)}{Q_1} \quad (2)$$

$$R_2 = \sum_{i=4}^7 r_i \cdot A_i = \frac{(T_{VA} - T_2)}{Q_2} \quad (3)$$

$$R_2' = \sum_{i=8}^{11} r_i \cdot A_i = \frac{(T_{VA} - T_{VB})}{Q_2'} \quad (4)$$

$$R_3 = \sum_{i=12}^{15} r_i \cdot A_i = \frac{(T_{VB} - T_3)}{Q_3} \quad (5)$$

ここで、 $Q_1, Q_2, Q_2', Q_3$ はⅠ, Ⅱの外管部、内管部およびⅢでの各熱輸送量である。すると熱収支から

$$Q_1 + Q_2 = Q_2' = Q_3 \quad (6)$$

となる。

これより  $T_{VA}$  は次ぎのように表現できる。

$$T_{VA} = \frac{\frac{T_1}{R_1} + \frac{T_2}{R_2} - \frac{T_3}{(R_2' + R_3)}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} - \frac{1}{(R_2' + R_3)}} \quad (7)$$

さて熱入出力反転温度を  $T_{sw}$  とすると  $T_2 = T_{sw}$  の時に II 部で  $Q_2' = 0$  となり、見かけ上一本のヒートパイプとして作動する。これより、

$$T_2 = T_{VA} = T_{sw} \quad (8)$$

となり、結局

$$T_{sw} = \frac{R_1 T_3 + (R_2' + R_3) T_1}{R_1 + R_2' + R_3} \quad (9)$$

また、この時 I から III への熱輸送量  $Q_{sw}$  は

$$Q_{sw} = \frac{T_3 - T_1}{R_1 + R_2' + R_3} \quad (10)$$

となる。

図3に式(9)による熱入出力反転温度の推算値と実測値とを示した。図によれば両者は良く一致し、カスケード型ヒートパイプの熱入出力反転温度はこのような簡単な計算で推算が可能であり、管材質や寸法を変えることによって望みの温度に設計可能である事が判る。

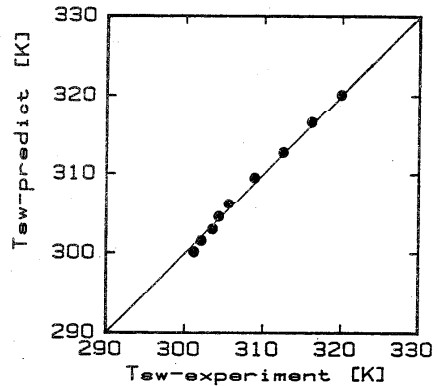


図3 熱入出力反転温度

#### 5. おわりに

2つのサーモサイフォンを二重管で連結し外観は標準型のサーモサイフォンと同じで熱ダイオード性を有するが、蒸発部と凝縮部のほかに、熱入出力反転温度を境に蒸発部にも凝縮部にも成りえる第三の部分の存在するカスケード型ヒートパイプを開発した。このカスケード型ヒートパイプは熱ダイオード効率0.85以上のものが得られた。更にこの熱入出力反転温度はヒートパイプ各部の熱抵抗がわかれば極めて簡単な式(9)で表現出来る事が明らかとなった。

#### 引用文献

- 1) 宍戸 都郎, 鈴木 幸雄, 北原 博之, 大谷 茂盛: 化学工学論文集, in press(1987)



## 1. はじめに

工業上の種々の熱流体機器内に非円管路が見つえられる。軸断面が完全な円形でない限りそこを通る乱流にはレイノルズ応力の非等方性に起因し二次的循環流が現われる。したがって十分に発達した直管内の乱流にあっても平均速度場は三次元性を呈し、流体はらせん状の三次元的流動を伴って下流に輸送される。Prandtl[1]は乱流に特有なこの二次流れを曲線流路などで見られる圧力こう配によるそれ（第一種二次流れ）と区別し第二種二次流れ（Secondary flow of the second kind）と名付けた。またこの二次流れは図1にスケッチする様にコーナ部に顕著に現われることからコーナ流れ（Corner flow）とも呼ばれており、実験室内での二次元乱流の実現を困難にしている。（余談になるが私がこの第二種二次流れに初めて出くわしたのは静岡大学卒業後、University of Illinois at U-Cで「任意形状管路内の三次元乱流」と題してプレリミを終え本格的に数値解析に入ろうとしていた矢先である。当時今以上に未熟だった私は直管路助走区間では第一種から第二種二次流れが支配的な三次元流に複雑に移行していく事など知らず、正方形管路内流を三次元乱流の最も簡単な例と思い込んでいた。この事は学位修得の時期を私の予想から大幅にくるわせる結果となった。）

## 2. 二次流れの重要性

第二種二次流れのオーダーは高々バルク速度の数パーセントであるが、軸方向運動量輸送の結果、主流等速度線(Isovel)を大きくひずませ管摩擦特性しいては熱伝達特性に少なからぬ影響を及ぼす。熱交換器に見られる基本的軸断面形状の例を図2に示す。等熱流束に近い状況下では熱交換部の凹部コーナ付近に Hot spot が出現し問題となるが、これは第二種二次流れの対流が原因とされている。また同図(e)および(f)は熱交換器内の管群に沿う流れに対応するが、この種の幾何学的形状は原子炉内の燃料棒まわりの冷却材の流れに関連しても注目されつつある[2]。特に管(棒)群が密に配置されている際には第二種二次流れの影響が顕著となり、これを無視する事はその伝熱特性の見積りに深刻な誤差をもたらす。この様に第二種二次流れは流体力学的興味に留まらず伝熱学的应用面からも注意が向けられている。

一方、河川工学の分野でも開水路における土砂の輸送また並列らせん流に関連し盛んに研究されつつある。複断面開水路では図3(a)に示す様に洪水時の高水敷の土砂のまき上がり問題視されているがこれも第二種二次流れの仕業である。（尚、高水敷を普段、公園、野球場、ゴルフ練習場などに利用する機会が多いが、土砂の排除には巨額を費やしている。）さらに洪水時に水面が間欠的にもり上がる現象(Boil)また洪水後の川底に観察されるきれいな縦筋群(Sand ridges)も第二種二次流れから成る並列らせん流のなす業であり、洪水流における大規模乱流としての並列らせん流構造が注目されている(図3(b)参照)。

### 3. 二次流れの発生源

第二種二次流れの存在は古くから知られており、Nikuradse[3]の染料による二次流れの可視化実験以来、限られた幾何学的形状についてはあるが数々の貴重な実験[4~12]が報告されている。但し、その発生機構については未だ不明な点が多い。Nikuradse[3]は種々の非円管路について主流速度分布の測定を行い軸断面内の二次流れを主流等速度線の突出との関連より議論している。第二種二次流れに関する最初の定性的説明がPrandtl[1]により紹介されている。すなわち等速度線に沿う変動成分がそれに垂直なものに比べ大きい（垂直レイノルズ応力の非等方性）により図4に示す様に等速度線の法線ベクトル方向に二次流れが誘起されるとしている。この垂直応力の非等方性はその後熱線流速計の出現により確認されている。Prandtlの推理は等速度線図より二次流れの循環を予想するのに有益ではあるが、二次流れの発生機構を釈明するには至らない。二次流れの発生源に関しては渦度輸送の面からの有名な論文[7]また運動量輸送[6, 13]、乱流乱れエネルギー輸送[14]の立場からの議論も参照されたい。尚、第二種二次流れに関するレビューも公表されている[15, 16]。

### 4. 応力モデル

非円管路流れに関する理論的研究も種々報告されている。但し初期の解析[17, 18]のほとんどは二次流れを無視し円管における壁法則を座標変換などを介して非円管形状に拡張している。しかしながら乱流拡散係数の等方性の仮定故に主流等速度線も同心円的となり実際からかけ離れた予測となる。第二世代のものとして乱流拡散の非等方性に留意しこれを経験的に入力し平均速度場を予測しようとした試み[19, 20]があげられる。十分発達した流れの渦度輸送方程式は

$$\rho \frac{\partial}{\partial y} \left( \bar{v}\Omega - v \frac{\partial \Omega}{\partial y} \right) + \rho \frac{\partial}{\partial z} \left( \bar{w}\Omega - v \frac{\partial \Omega}{\partial z} \right) = \frac{\partial^2}{\partial y \partial z} (\tau_{xz} - \tau_{yz}) + \left( \frac{\partial^2}{\partial y^2} - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \tau_{yz} \quad (1a)$$

where

$$\Omega = \frac{\partial \bar{w}}{\partial y} - \frac{\partial \bar{v}}{\partial z} \quad (1b)$$

与えられる事より明らかな様に垂直応力の非等方性  $\tau_{zz} - \tau_{yy}$  及び  $\tau_{yz}$  の軸断面に関する導関数が二次流れの渦度の生成項となっている。（上式は二次流れの速度分布  $v$  および  $w$  の運動量の式から圧力項を消去する手続により容易に導びける。）この生成項を実験データより見積る時かなり実際に近い平均速度場が得られる。しかし応力分布を入力しているため“予測法”とは言いがたい。

真の意味での数値予測法（第三世代）が Launder-Ying [21] により提案されたのは比較的最近になってからである。以下にこの Launder-Yingの応力モデルの誘導の概略を述べる。まず Navier-Stokesの式のモーメントをとり通常的时间平均操作を行いレイノルズ応力輸送方程式を得る。

$$\text{(Spatial transport terms)} \quad ij = Pij - \rho \epsilon_{ij} + Rij \quad (2)$$

上式左辺は対流および拡散項からなる項であり右辺は生成項  $P_{ij}$ ，消散項  $\rho \epsilon_{ij}$  および再分配項  $R_{ij}$  から成る。(上式対角成分の和は乱れエネルギー輸送方程式に他ならない。)今、第一次近似として左辺を無視すると上式は複雑な偏微分方程式群からレイノルズ応力  $\tau_{ij}$  の微分項を含まない6元連立方程式群

$$P_{ij} - \rho \epsilon_{ij} + R_{ij} = 0 \quad (3)$$

となる。これを  $\tau_{ij}$  について解くに当たり消散項に等方性を仮定する。

$$\epsilon_{ij} = \frac{2}{3} \epsilon \delta_{ij} \quad (4)$$

ここで  $\epsilon$  は乱れエネルギー  $k$  の消散率である。生成項にはモデリングの必要はないが二次流れの速度レベルが主流に比して2ケタ小さい点に留意し次式で近似する。

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} 2\rho\epsilon, \tau_{yy}\frac{\partial u}{\partial y} + \tau_{yz}\frac{\partial u}{\partial z}, \tau_{zz}\frac{\partial u}{\partial z} + \tau_{yz}\frac{\partial u}{\partial y} \\ - - , 0, 0 \\ - - , - - , 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

一般に再分配項  $R_{ij}$  は乱流-乱流相関  $(R_{ij})_1$  と乱流-ひずみ速度相関  $(R_{ij})_2$  の和として表現される。 $(R_{ij})_1$  には Rotta[22]の"Return to isotropy"

$$(R_{ij})_1 = C \frac{\epsilon}{k} (\tau_{ij} - \rho k \delta_{ij}) \quad (6)$$

を、 $(R_{ij})_2$  については Hanjalic-Launder[23]に基づき次式を採用する。

$$(R_{ij})_2 = (a_{lj}^{mi} + a_{li}^{mj}) \frac{\partial u_l}{\partial x_m} \quad (7)$$

ここで  $a_{lj}^{mi}$  はレイノルズ応力  $\tau_{ij}$  及び乱れエネルギー  $k$  の関数で与えられる。Gessner-Emery[24]は式(4)から(7)を(2)に代入し連立方程式を解き次の表現を得た。(この表現に至る手続きは想像する以上にやっかいで、事実、考案者である Launder自身この陽な表現を得るのに失敗している。)

$$\tau_{xx}/\rho = -c'_k k, \quad \tau_{xy}/\rho = v_i \frac{\partial u}{\partial y}, \quad \tau_{xz}/\rho = v_i \frac{\partial u}{\partial z} \quad (8 \text{ a, b, c})$$

$$\tau_{yy}/\rho = c'c_D \frac{k^3}{\epsilon^2} \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 - c'_k k, \quad \tau_{zz}/\rho = c'c_D \frac{k^3}{\epsilon^2} \left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2 - c'_k k, \quad \tau_{yz}/\rho = c'c_D \frac{k^3}{\epsilon^2} \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right) \left(\frac{\partial u}{\partial z}\right) \quad (8 \text{ d, e, f})$$

主流に抗するせん断応力  $\tau_{xy}$ ,  $\tau_{zx}$  が通常の応力・ひずみ速度の関係にあるのに対し、軸断面上に沿う応力成分  $\tau_{yy}$ ,  $\tau_{zz}$ ,  $\tau_{yz}$  は軸断面に関するひずみ速度ではなくそれに垂直な面に関するひずみ速度と結びついている点は注目に値する。

#### 4. 数値解析の概略

考慮すべき支配方程式は以下の様に連続の式、(Reynolds averaged) Navier-Stokes の式、エネルギーの式そして  $\tau_{ij}$  の表現に含まれる  $k$  および  $\epsilon$  に関する輸送方程式の合計 7 つの偏微分方程式である。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( u\phi + \Gamma \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( v\phi + \Gamma \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( w\phi + \Gamma \frac{\partial \phi}{\partial z} \right) = s_0 \quad (9)$$

$$\phi = 1, \quad \Gamma = 0, \quad s_0 = 0 \text{ (continuity equation)} \quad (10 \text{ a})$$

$$\phi = u, \quad \Gamma = \nu + \nu_t,$$

$$s_0 = -\frac{\partial p}{\partial x \rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\tau_{xx}}{\rho} - v_i \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\tau_{xy}}{\rho} - v_i \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{\tau_{xz}}{\rho} - v_i \frac{\partial u}{\partial z} \right) \quad (10 \text{ b})$$

$$\phi = v, \quad \Gamma = \nu, \quad s_0 = -\frac{\partial p}{\partial y \rho} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x \rho} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y \rho} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z \rho} \quad (10 \text{ c})$$

$$\phi = w, \quad \Gamma = \nu, \quad s_0 = -\frac{\partial p}{\partial z \rho} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x \rho} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y \rho} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z \rho} \quad (10 \text{ d})$$

$$\phi = k, \quad \Gamma = \nu + \nu_t/\sigma_k, \quad s_0 = P - \epsilon \quad (10 \text{ e})$$

$$\phi = \epsilon, \quad \Gamma = \nu + \nu_t/\sigma_\epsilon, \quad s_0 = (c_1 P - c_2 \epsilon)\epsilon/k \quad (10 \text{ f})$$

where

$$\nu_t = c_D \frac{k^2}{\epsilon} \quad (10 \text{ g})$$

and

$$\rho P = \tau_{xx} \frac{\partial u}{\partial x} + \tau_{xy} \frac{\partial v}{\partial x} + \tau_{xz} \frac{\partial w}{\partial x} + \tau_{xy} \frac{\partial u}{\partial y} + \tau_{xx} \frac{\partial u}{\partial z} + \tau_{yy} \frac{\partial v}{\partial y} + \tau_{zz} \frac{\partial w}{\partial z} + \tau_{yz} \left( \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \quad (10 \text{ h})$$

アンダーラインした項は十分発達した流れにおいては零となる。以上 7 つの偏微分方程式を連立させ解く事になるが円形偏微分方程式であるため反復計算が余儀なくされる。特

に二次流れ速度成分  $v$ ,  $w$  の運動量の式中ソース項はレイノルズ応力の導関数で構成されており、式(8 d,e,f)より知れる様に主流速度分布に非常に敏感である。そのため収束解を得るに当たっては細心の注意を要する。詳細については文献[15,25]を参照されたい。任意形状管路に適用できる一般性を有する数値計算手法が紹介されている。

## 5. 計算例

Launder-Ying [21] の応力モデルを用いた計算の一例として正方形管路内の十分に発達した流れの場合を以下に示す。図5(a)は平均速度場であるが、1/4断面を二分する対角線を境に上に等速度線図、下に二次流れのベクトル図が示されている。二次流れの影響を把握するべく通常の等方性渦粘性に基づく計算結果も示してある。図中破線はこの様に二次流れの効果を無視して得た等速度線である。破線はほぼ同心円的な層流のそれに類似したパターンとなっているのに対し、Launder-Yingの応力モデルに基づく計算は

Leutheusser [5] の実験値と良好な一致を示している。同ベクトル図が示唆する様に二次流れは高運動量を有するコア部の流体を対角線に沿いコーナ部へ、また低運動量を有する壁近傍の流体を壁二等分線に沿いコア部に輸送する。その結果、正方形管路の等速度線は対角線上でコーナ部に壁二等分線上でコア部に突出したものとなる。

同様に1/4管周に渡る壁応力分布と熱流束分布を実験値としてLeutheusser [5] の壁応力また Brundrott-Burroughs [26] の熱流束を添えて同図(b)及び(c)に示してある(ここで  $z/D_h=0$  : 壁二等分点;  $z/D_h=0.5$  : コーナ)。二次流れを無視して得た結果(破線)との比較を通じて二次流れが管周に渡り壁応力分布および壁熱流束分布を均一化する傾向にある事が分かる。この傾向は水力直径の概念が非円管内乱流において極めて有効である事実と深く関連している。

## 6. おわりに

一般に Launder-Yingの応力モデルは平均速度場また温度場においては妥当な予測をもたらすが、レイノルズ応力など乱流統計量の断面内分布の詳細においては  $|\tau_{zz} - \tau_{yy}|$  を1ケタ過小に見積るなど不備な点も指摘されている。この点に関しては壁からの乱れの減衰効果および二次流れの断面内速度こう配をも考慮するなど新たな改良[27]が提案されており期待するところが大きい。さらに第一種および二種二次流れが共存する管内流れへの応力モデルの一般化[28]も最近試みられている。

この原稿は、私が 風邪をこじらし入院中に本学技官、本山英明氏がワープロで読みづらい草稿より 仕上げてくれたものである。ここに深く感謝の意を表する。

文献

- [1] Prandtl, L., Bericht über Untersuchungen zur ausgebildeten Turbulenz, Z. Angew. Math. Mech., Vol. 5, 1925.
- [2] Trupp, A. C. and Aly, M. M., Predicted secondary flows in triangular rod bundles, J. Fluids Eng., Vol. 101, 1979.
- [3] Nikuradse, J., Untersuchung über die Geschwindigkeitsverteilung in turbulenten Strömungen, Diss. Göttingen, VDI-Forschungsheft 281, 1926.
- [4] Hoagland, L. C., Fully developed turbulent flow in straight rectangular ducts, Ph.D. thesis, MIT, 1960.
- [5] Leuthusser, H. J., Turbulent flow in rectangular ducts, J. Hydraulics Div. HY3, 1963.
- [6] Gessner, F. B., Turbulence and mean flow characteristics of fully developed flow in rectangular channels, Ph.D. thesis, Purdue Univ., 1964.
- [7] Brundrett, E. and Baines, W. D., Production and diffusion of vorticity in duct flow, J. Fluid Mech., Vol. 19, 1964.
- [8] Perkins, H. J., The formation of streamwise vorticity in turbulent flow, J. Fluid Mech., Vol. 44, 1970.
- [9] Melling, A. and Whitelaw, J. H., Turbulent flow in a rectangular duct, J. Fluid Mech. Vol. 78-2, 1976.
- [10] 中村、宮田、松田、古屋、角に沿う乱流境界層、日本機械学会論文集B編、Vol. 46-402, 昭55-2.
- [11] 藤田、横沢、岩田、高浜、対向二面に粗面をもつ正方形流路内の乱流、日本機械学会論文集B編、Vol. 52-482, 昭61-10.
- [12] 鳴海、加藤、柳瀬、寺田、泉、傾斜した有限幅平板の強制対流熱伝達特性、日本機械学会論文集B編、Vol. 51-463, 昭60-3.
- [13] Townsend, A., The structure of turbulent shear flow, 2nd ed., Cambridge Univ. Press, England, 1976.
- [14] Hinze, J. O., Experimental investigation on secondary currents in the turbulent flow through a straight conduit, Appl. Sci. Res., Vol. 6-28, 1973.
- [15] Gosman, A. D. and Rapley, C. W., Recent advances in numerical method in fluids, Pineridge Press, 1980.
- [16] Nakayama, A. and Chow, W. L., Turbulent flows within straight ducts, Encyclopedia of Fluid Mechanics, Vol. 1, Chap. 21, 1986.
- [17] Diessler, R. G. and Taylor, M. F., Analysis of turbulent flow and heat transfer in non-circular ducts, NACA Tech. Note 4384, 1958.
- [18] Buleev, N. E., Theoretical model of the mechanism of turbulent exchange in fluid flow, AERE Trans. 957, Harwell, England, 1963.
- [19] Gerard, R., Secondary flow in non-circular conduits, ASME J., Hydraulic Div., HY5, 1978.

- [20]Meyder,R.,Turbulent velocity and temperature distribution in the central sub-channel of rod bundles,Nuclear Eng. Design,Vol.35,1975.
- [21]Launder,B.E. and Ying,W.M.,Prediction of flow and heat transfer in ducts of square cross-section,Heat and Fluid Flow,Vol.3-2,1973.
- [22]Rotta,J.,Turbulent boundary layers in incompressible flow,Progress in Aeronautical Sciences,Vol.2,1962.
- [23]Haujalic,K. and Launder,B.E.,A Reynolds stress model of turbulence and its application to thin shear flow,J.Fluid Mech.,Vol.52-4.
- [24]Gessner,F.B. and Emery,A.F.,A Reynolds stress model for turbulent corner flow,J.Fluids Eng.,Vol.98-2,1976.
- [25]Nakayama,A.,Chow,W.L. and Sharma,D.,Calculation of fully developed turbulent flows in ducts of arbitrary cross-section,J.Fluid Mech.,Vol.128,1983.
- [26]Brundrett,E. and Burroughs,P.R.,The temperature inner-law and heat transfer for turbulent air flow in a vertical square duct,Int.J.Heat Mass Transfer, Vol.10,1967.
- [27]Demuren,A.O. and Rodi,W.,Calculation of turbulence-driven secondary motion in non-circular ducts,J.Fluid Mech.,Vol.140,1984.
- [28]小泉、森、内田、武士侯、正方形断面曲がり管内強制対流熱伝達、第23回日本伝熱シンポジウム講演論文集、1986.

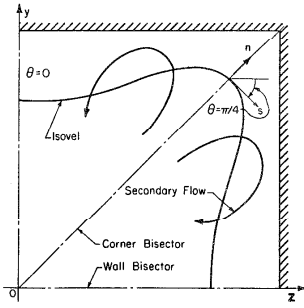


図1 等速度線と二次流れ

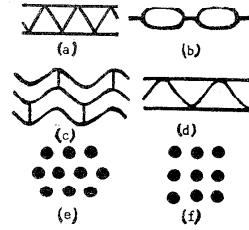


図2 種々の非円管形状

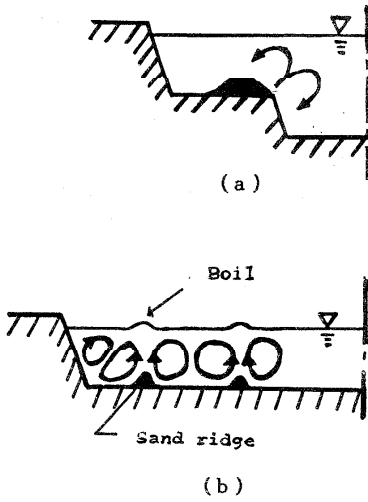


図3 河川における二次流れ

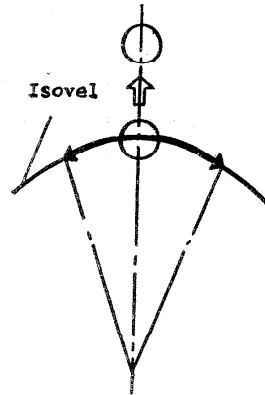
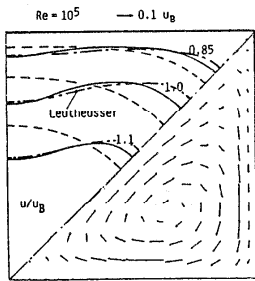
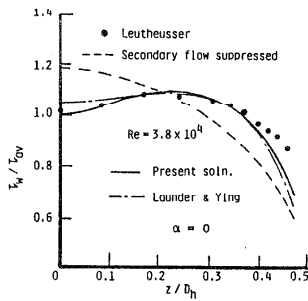


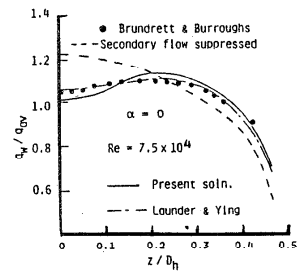
図4 等速度線に沿う変動



(a)



(b)



(c)

図5 正方形管路内の十分発達した流れ



< 国際会議 >

雑 感

—— 国際伝熱会議に参加して ——

撰南大学教授  
京都大学名誉教授  
佐藤 俊

本伝熱研究の黒崎編集委員長から、国際伝熱会議の昔と今の雰囲気の違いなどについて書くようにのご依頼をうけた。しかし、生来ずばら者の私は、国際伝熱会議も第5回の東京の会議以来やっと12年振りに今回のサンフランシスコの会議に参加したような次第で、全く上の趣旨のご依頼には不適確である。勿論一週間に亘って連日、文字通り朝から夜まで盛り沢山に計画・実施された会議の各プログラムを丹念に出席して廻った訳でもないのに、まともな参加記を記す資格にもほど違いので一応おことわり申し上げたが、何でもいから適当にと言うことで、例によって、人が好く引受けさせられることになった。さて、久し振りに国際伝熱会議に参加して、私には私なりに随分と有意義であった。その背景などを込めて、思いつくままを記させて頂くこととしたが、私事にわたることも多いのをご寛容頂き度い。そもそも、こんな雑文を記して見ようかと考えた理由の一つが、今回の会議第2日目午前のオープニングセッションで、ミネソタ大学のE.R.G.Eckert名誉教授による”国際伝熱会議草創期の沿革”と題する講演の中で、この国際伝熱会議とIntern.J.Heat&Mass Transfer（以下IJHMと略記）との相互の影響が述べられ、私の名前も挙げられたことにあるからである。

ご承知の方も多いが、国際伝熱会議は1951年、米英両国の機械学会によって共同組織され、ロンドンで開催された”伝熱に関する国際討論”がその第1回である。しかしこの時は国際とは称しながら、事実上は米・英2国の討論会であった（日本から唯一篇、水科篤郎現京大名誉教授の投稿論文があった。）訳で、10年後の1961年コロラド州ボルダーで開催された第2回の会議で形だけは一応国際会議としての体裁をとるに至り、続く5年後の1966年シカゴで開催された第3回の会議に至って始めて、今日の如く4年毎に開催される形態も定着を見、国際組織委員会の設置も決定されていて、本当の意味での国際伝熱会議と呼ぶにふさわしいものとして確立された訳である。

この間、特に第1回と第2回との間の10年間に国際化への動きがなされた中で、各国間の伝熱研究分野の情報交換あるいは連絡役と云うか、国際協力の雰囲気作りには大きな役割を果たしたのが、IJHMの存在であったことをEckert名誉教授は指摘しておられた。同誌は1960年の6月から刊行されている。最初は隔月発行であった。創刊時のWorking Editorsは米・英から各2名と西独、ソ連から各1名の計6名で構成されており、1年遅れて1961年から仏国と日本から

Editorが加わることとなり、日本（アジア地区）から私に指名があり、1972年までの約10年余り、アジア地区編集者を勤めることとなったが、その背景について一言述べておきたい。IJHMの最初の Honorary Editorial Advisory BoardのChairmenはUSA のEckert教授とUKのO.A.Saunders 教授であった。言わばこの2人が中心で同誌の編集その他の業務の指針が立てられた訳である。

実は私は、Eckert教授のご厚意で1957年から1年間、ミネソタ大学で研究に従事させて頂く機会をえていた。勿論私にとって最初の海外滞在であったが、Eckert研究室としても最初の日本人の受け入れであった。私の記憶が正しければ、その留学から帰国して間もない1959年頃にIJHMの創刊の話と共に、日本からもWorking Editorを考えてほしいとの連絡がHartnett教授（当時ミネソタ大 Associate Professor, 現イリノイ大学エネルギー研究所長）からあった。その頃は日本からの海外留学生はそれ程多くなく、連絡のつけ易い私に依頼があったと思われる。

当時、我が国では伝熱研究会も勿論なく、伝熱研究者の横の連絡も大学間の関係者相互のつながりも充分でなかったので、私が親交があった出来る丈の範囲の方々と相談し、Eckertグループとの連絡もいいと云うことでIJHMのEditorは私がお引受けし、その頃既に話の出ている、上記国際伝熱会議の組織委員として日本から西脇、水科両先生に出て頂くことに落ち着いた訳である。これらの相談に1年余を要したのも、国際的対応ができる態勢になかった当時を物語っていると云えようし、それが日本伝熱研究会発足の動きをうながす一因となっていたと考えている。

なお話のついでに1957年当時のEckert研究室のスタッフの写真をご参考までにここに掲載させて頂く。丁度30年前の写真であるが、〔写真1〕この写真が昨年の Heat transfer engineering（HTE誌と略記）Vol.6, No.2の表紙になっていたのも、今回のサンフランシスコの会議でも一部で話題となった。写真は左から、W.Ibel, E.R.G.Eckert, 筆者, R.Eichhorn, J.P.Hartnett および T.F.Irvine, Jr.の各教授であり、それぞれ現在アメリカの各地の伝熱研究の中心となっていて、ご存知の方も多いと思う。（HTE誌の説明では1956年となっているが1957年が正しいと思う。）その後、勿論個々にお互が会ったことはそれぞれ幾回もあるが、全員が一同に会することができたのは今回の国際会議のおかげと言えるだろう。免も角30年振りなので記念に写真撮影を行うことになった。並び方も前と同じにと皆の記憶にたよって並んだが結果は記憶のあてにならないことを示していた。〔写真2〕最近の知らせでは、今回の分〔写真2〕は来年の HTE誌の表紙を飾ることになっているとのことである。いずれにしても、82才でなおかくしゃくとしておられるEckert先生を始め、元気で一同会し得たことは望外の喜びであった。

話を本筋にもどして、日本は第2回の国際伝熱会議からの参加であるが、その時既に11篇の論文が発表されていて（参加者は3名）、発表論文数では米、英について第3番目の数であった。

上記の如く、1960年前後から、やっとな日本の伝熱研究者が国際舞台の仲間入りを許されたと言った感じの当時の状況を考え合せると、私には、これら論文投稿者の格別の意気込みといったものが感じられるのである。

さて、今回の第8回国際会議には、アメリカからが主体であろうが、恐らく1,000人を越す参加者があったのではないかと推察される。やはり4年に一度のビッグ・イベントであるとの感が深い。28篇のキーノートセッション論文、450篇のポスターセッションでの発表論文等、多数の参加者と多数の発表論文とをこなす乍ら、国際会議としての実を挙げるため、その運営には細かい所まで随分工夫がこらされていた。これら会議の内容の詳細は他の方のご報告にゆずるとして、会議運営の事実上の中心であったミネソタ大 R.J.Goldstein教授や、地元カリフォルニア大 C.L.Tien教授を初め、種々直接運営に当られた方々に謝意を表わしたい。細かい点と云えば、多くの日本からの参加者の中には受付けで配布された名札に面くらった人が少なかつたようである。この胸につける名札の表示がFirst Name表示で、First Nameが太く大書されていたからである。云うまでもなく、アメリカ式で、アメリカではFirst Nameで呼び合うのが親しみの表現であるから、郷に入れば郷に従えと云う訳ではなく、出来る丈暖か味を盛り込もうとの配慮からだと考えられるが、我々日本人には馴染みにくい。東洋は勿論、欧州にもアメリカ式でない習慣の国があるが、どの様に感じたろうか。私自身の名札は、何故かFamily Nameで SATO になっていた。いかに最近アメリカで東洋ブームとは言え、SATO だけがポピュラーではないだろう。多分何かの手違いでたまたまこうなったのだろうが、名札一つでも国情や習慣の違いをどのように処理するか、を考えさせる材料ではあった。全くの余談であるが、この名札に関連して、またまた昔のことを思い出したので記しておく。それは前記の最初の留学の際、Eckert研究室にお世話になって数日たった頃、確か Prof. Irvine だったと思うが、ある朝『ハーイ、セイム』と挨拶をしてきた。何がセイムだと聞いた所、私のFirst Nameが彼らには難しすぎたのか、誰かが私のFirst Nameも SATO にしてしまったらしい。そこで、共に SATO で same SATO、『セイム、セイトー』と云うことになった次第、以来しばらくセイムで呼ばれていた。多分、今なら"Tak" ぐらいだと思うが、何しろ、研究会で私を紹介するのに、京都を、発音しにくそうに『カヨート』と云っていて、一般には京都が日本のどこにあるのかも関心を持たれていなかった頃の話である。

余談はさておき、会議4日目にはカリフォルニア大パークレーキャンパスへのツアーに参加した。丁度20年前の1966年、私は客員教授として、パークレー校の大学院で沸騰伝熱を講義、半年足らずをここで過ごした。その後サンフランシスコに滞在したことはあったが、パークレーを訪ねる機会を失ったまま20年を経過していたので、丁度いい機会であった訳である。伝熱関連の各研究室の様子や研究内容が変わっているのは当然であるが、キャンパスの全体の配置や雰囲気は余り変化がなく、機械工学教室のまわりは殆んど昔のままと云ってよい。スタッフも当時のまま活躍を続けている方が多く、W.H.Giedt 名誉教授 (Calif Palace of Legion of

Honor で行なわれたConference Receptionでお会いできた。)は退官されて、自適の生活を送っておられるが、R.A.Seban,C.L.Tien,R.Greif各教授らはそのまま残って居られる。写真3は機械工学科のあるエチューベリーホールを背景にTien教授と一緒に撮影したもので、20年前、背景の建物の5階(手前の入口は3階)、写真に見えている窓と反対側のサンフランシスコ湾を眺められる部屋で過ごしていた日々を懐かしく想い起こした。

国際会議に参加する意義は、勿論世界の動向を知り、各国の研究の特徴を的確にとらえること等の反面、各国の研究者と交友を深め合うことにもあるであろう。後者には夜の部の催の場が好適である場合が多い。今回の会議では、早速第1日日夜のEarly Bird Receptionを初め、殆んど連夜、場所をかえ、趣向を変えて、ReceptionあるいはDinner Partyが用意されていて、多くの旧友にめぐり会い、語り合うことができたのは私にとって意義深いことであった。旧友と云えば、我々のポスター発表の場に、確か終了間ぎわだったと思うが、ある紳士が来て、自分を覚えているかと突然私に尋ねた。暫くじっと見ていて、やっと思い出したのが、前記のEckert先生の所に居った時、プラントル数の測定をやっていた若い人がいて、時々指導したことがあったが、その相手であったのでその旨話すと、覚えていたなど云うのでお互いに懐かしかったが、今IJHMのAssociate Editorをしている W.J.Minkowyczである。当時、まだ学生でアルバイトに研究室に出入りしていたとのことで、私には名前と顔との一致がなかった訳で申し訳ないことと云うべきであろうが、私にとって、今回の会議での収穫の一つであった。

以上誠にとりとめもない余談ばかりを記し、ご依頼の趣旨とはほど遠いものとなったが、今回の国際伝熱会議を眺めても、今や質、量(論文数の方は国際伝熱会議は云わば割当て制であるが、質からすればもっと割当て数が多くてもよいとの判断を込めて)ともに世界の一流に達したと云っていい日本の伝熱研究の現状と、したがって今後世界をリードして行く立場にある日本のこれからの研究者の方々に、こんな昔話が、何らかの意味で少しでもご参考になれば望外の幸である。



写真1. 1957年頃のミネソタ大学Eckert教授研究室のスタッフの面々。



写真2. 30年後、今回の会議場、Fairmont Hotelのロビーに集まった写真1のメンバー。



写真3. カリフォルニア大学バークレー校エcheverry・ホールの前にてTien教授と。

## 第8回国際伝熱会議印象記

西川 兼康 (久留米高専)

1986年8月17日から22日までアメリカのサンフランシスコのフェアモントホテルで、第8回国際伝熱会議(IHTC)が開かれた。フェアモントホテルはノブヒルの頂上、高級住宅地の一角にある名門ホテルで、大理石をふんだんに使った豪華な本館8階建とアウトサイドエレベーターのある新館24階建から成り立っている。この会議は4年ごとに開催されるもので、前回のミュンヘンでの会議につぐものである。約40ヶ国、1200名にも及ぶ多くの人々が出席し、誠に盛会であった。

開会式は8月18日9時からアメリカの R.J.Goldstein教授と J.K.Ferrell教授の司会によってフェアモントホテルの Gold Roomで行われた。まず国際伝熱会議の Assembly の委員長 U. Grigull、ASME の会長 N.D.Fitzroy (女性)、AIChEの会長 H.S.Kemp の諸氏により歓迎の辞が述べられた。ついで E.R.G.Eckert 教授と U.Grigull教授により記念講演が行われた。

Eckertの講演は国際伝熱会議の発端から現在までの発展の歴史を述べたもので、伝熱学研究の国際協力に果たした国際伝熱会議の役割のいかに大きいかということが強調された。Grigullの講演は華氏温度計の創始者Fahrenheit氏の生涯を背景として、華氏温度目盛の誘導の経緯およびその広範な普及に対する根拠について述べられた。

その後、Max Jakob 賞、Luikov賞、Donald Q.Kern 賞の授賞式が行われ、それぞれアメリカのFrank Kreith、イギリスのD.Brian Spalding、アメリカのStanley J.Green の諸氏が受賞された。

General Paper の論文発表数は 451件、出席者は延べ1158名で、論文発表はすべてポスター形式によって行われた。Poster SessionはフェアモントホテルのGrand Ballroomに74のブースを設けて実施された。プログラムによる一般論文の分類と件数は表1の通りである。また論文発表件数および出席者数を各国別に分類し、前回の第7回ミュンヘンの国際伝熱会議と比較すると、表2のようになる。表中論文発表件数の7th IHTCの欄の( )は口頭発表(Oral Representation)による論文件数を示したものである。第7回のミュンヘンの会議では発表形式をOral RepresentationとPoster Representationの2種類にし、前者は一般性のあるもの、後者は特殊なものとし、論文件数 445篇のうち92篇が前者の形で行われた。

Poster Sessionの会場には、Robsonow, Grigull, Hartnett, Westwater, Cooper, Stephan, Howittらの大家連中も顔をみせ、一応の成果はあったように思われる。しかしポスター発表形式のみではどうも盛り上がり欠けるように思われる。ミュンヘンの時には全論文中の約2割が口頭発表で、その論文に関心をもつ人々が一堂に会し、活発な討論が行われ、それを核にしてポ

スター形式発表の方にも討論が及ぶという工合で、非常に活気があったように思われる。今後発表論文数は増加すると思われるし、口頭発表の場を設けることは困難かと思われるが、ポスター形式のみの発表にすると、発表が一つのセレモニーとなるおそれがあり、今後一考を要する問題であろう。

筆者が特に熱心に出席した沸騰の部では、Westwater ほどの大家がそのセッションの間中自分の論文のブースに終始在席し、そこには沢山の聴衆が集まって熱心な討論が行われていたことに深い感銘を覚えた。

なお、ポスターセッションでは毎日数件のブースに対しワイン賞が授与された。これはポスターの内容の優秀なもの、すなわち、学会の指定したフォーマットにあっているか、参会者の理解が容易であるような書き方になっているか、などについて審査し、優秀なポスターの著者に有名なカリフォルニア・ワイン一本を賞品として授与するもので、日本からも東北大の相原教授と東工大の小沢助教授の2名が受賞された。

Poster Sessionと並行して Keynote Sessionが行われたが、これは前回のミュンヘンの会議の時から正式に実施されたものである。国際会議における Keynote Lectureは国際的に認められた研究者あるいは技術者によって重要な分野および応用領域についての伝熱学の現状と展望 (state-of-art reviews) が与えられるもので、多くの聴衆がこれに参加した。本会議では28件の Keynote Lectureが行われたが、講演者と題目は表3の通りである。Keynote Lectureは非常に有益で、今後ともこのセッションを盛んにする必要がある。

以上のほか、6件のRound Table Discussionと2件の Panel SessionおよびビデオとフィルムのフォーラムがPoster Sessionと並行して行われた。

円卓討論とは組織委員によって設定されたテーマにつき予め話題提供者を依頼しておき、それらについて参加者が意見を述べ、討論あるいは意見交換を行うものである。その司会者と題目は表4の通りである。各題目とも50~60人の参会者があり、活発な発言が行われた。筆者は3、の「沸騰熱伝達の研究の将来」に出席したが、沸騰研究の著名人が多数参加していた。まづ司会のCooperが一般論について発言し、ついで話題提供者として、G.F.Hewitt (Harwell Laboratory)、P.Griffith (MIT)、およびY.Fujita (Kyushu Univ.)の順に、それぞれ沸騰流と限界熱流束、ポストドライアウト時の伝熱およびプール核沸騰における影響因子について問題点が指摘された。これに対し列席者より種々質問や意見が述べられたが、とりわけ W.H. Rohsenow (MIT) がかなりの長時間に渡って発言したのが目立った。沸騰研究の停滞気味であることはここ10年来いわれてきたことであるが、この討論会でもその傾向があり、沸騰研究の将来展望としては1980年東京で開催された Japan-United States Joint Seminar "Heat Transfer in Energy Problems" においてW.H.Rohsenowによって発表された "Needed Research in Boiling Heat transfer" の論文の方が示唆に富んでいるように思われた。

昼の部の会議に並行して、Special Eventsとして夜の部に、Early Bird Reception (8月17



日) ,Conference Reception (8月18日) ,Conference Dinner (8月19日) および Rohsenow Dinner (8月21日) が催された。

本会議の参加者に対する歓迎パーティは、リンカーン公園内にあるリジョン・オブ・オナー館で行われた。同美術館は1915年のパナマ太平洋博覧会のフランス館として建てられたもので、館内にはロダンの彫刻や18～19世紀のフランスの美術品が陳列されている。パーティは立食形式で当地名産のカリフォルニアワインがふんだんに接待され、簡素ななかにもゴージャスな雰囲気であった。筆者はEckert夫妻、Giedt夫妻、Westwater夫妻らとしたしく旧交を暖めることができた。

バンケはフィッシャーマンズ・ワーフのピア39から出港するサンフランシスコ市号と称する船上行われた。このクルーザーはピア39から出発し、アルカトラス島、ゴールデンゲート・ブリッジなど湾内を巡るもので、海上から見る夕刻の景色は誠に素晴らしいものがある。約10人1テーブルが船内に沢山用意され、出席者は自由に席を選ぶことができる。ミュンヘンの時にくらべて非常にリラックスしたムードで、食事が一段落すると、各人勝手に席をはなれて、適当なグループをつくって懇談し、また部屋の正面の楽隊の音楽にのってダンスを楽しむなど、まことに和気あいの雰囲気で行進していった。

ローゼナウ晩餐会はW.H.Rohsenow教授の65才の誕生日を記念して、会議場のフェアモントホテルの Gold Room で開催された。これには国際伝熱誌の編集委員および編集顧問が招待された。Rohsenow教授の教え子が多数出席し、一般参加者はスペースの関係からある人数に制限されたが、それでも全参加者は200名を超える盛会であった。会の進行はHertnell教授によって司会され、Grigull教授らの祝辞の後、教え子 Bergles教授を初めとする数人の代表により祝辞が述べられた。その後Rohsenow教授の出生から今日にいたる思い出のスライドや同教授の業績のあらましを伝えるスライドが上映された。Rohsenow教授は伝熱学の分野で世界的に著名な研究者であり、彼の研究室からは著名な伝熱の研究者が輩出している。彼はまた有名な音楽家で、ピアノ、ドラム、ピブラホーンの名手であり、本晩餐会でも興にのって楽士達が演奏している途中で彼自らピブラホーンを演じ、喝采をあげた。

Conference Tour も多く用意されていたが、会期中なので、仲々参加がむつかしく、筆者はファイロリ庭園と金門公園見学の二つに参加した。会議終了後、JTBの用意したCコースに参加し、モンレー、カメル、ヨセミテ公園などを観光し、8月29日ロスアンゼルスより帰国した。次回は1990年イスラエルで開催される予定である。

表2 第8回および第7回の国際伝熱会議における  
発表論文数と出席者数の国別の比較

	論文発表数		出席者数	
	8th IHTC	7th IHTC	8th IHTC	7th IHTC
アメリカ	147	147(41)	630	153
イギリス	51	46( 5)	59	67
日本	46	45(13)	98	81
西ドイツ	34	36( 8)	68	173
フランス	34	24( 2)	67	55
カナダ	30	28( 3)	55	30
ソビエト	19	27( 2)	10	29
中国	19	12( 4)	13	12
イスラエル	8	5( 1)	30	9
イタリア	7	9( 3)	34	31
-----	-----	-----	-----	-----
総数	451	445(92)	1158	874

表1 Poster Session の分類と件数

Poster Session	発表件数 (日本)/(全体)
1. Numerical Techniques and Modeling	0/23
2. Conduction and Insulation	0/23
3. Freezing, Melting and Evaporation	5/23
4. Natural Convection in Confined Spaces	3/24
5. Particulates and Porous Media	1/23
6. Internal Forced Convection	4/23
7. External Forced Convection	3/23
8. Natural and Mixed Convection	3/24
9. Jets, Wakes and Film Cooling	2/24
10. Pool Boiling	3/21
11. Flow Boiling	4/22
12. Two-phase Flow	3/23
13. Interfacial Phenomena	2/20
14. Condensation	5/20
15. Radiation and Combustion	3/23
16. Heat Exchangers	1/23
17. Heat Transfer Augmentation	2/23
18. Measurement Techniques	2/21
19. Nuclear Reactor Heat Transfer	0/23
20. Special Applications	0/22

表3 Keynote Lecture の講演者と題目

1. M.M.Yovanovich(Canada):Recent Developments in thermal contact, gap and joint conductance theories and experiments,
2. Ye.M.Khabakhpasheva(USSR):Experimental investigation of turbulent momentum and heat transfer in the proximity of the wall,
3. F.Ogino(Japan):Turbulent flow and heat transfer with buoyancy effect,
4. A.Tamir(Israel):Transfer Processes in impinging streams,
5. F.P.Incopera(USA):Buoyancy effects in double-diffusive and mixed convection,
6. Z.-Y.Guo(USA):Thermal drag and thermal roundabout flow in convective problems,
7. G.deVahl Davis(Australia):Finite difference methods for natural and mixed convection in enclosures,
8. C.J.Hoogendoorn(Netherlands):Natural convection in enclosures,
9. K.T.Yang(USA):Numerical modeling of natural convection-radiation interactions in enclosures,
10. K.Katto(Japan):Critical heat flux in boiling,
11. J.M.Delhaye(France):Recent advances in two-phase flow instrumentation,
12. P.J.Marto(USA):Recent progress in enhancing film condensation heat transfer on horizontal tubes,
13. R.O.Buckius(USA):Radiation heat transfer in scattering media: real property contributions,
14. G.M.Faeth(USA):Heat and mass transfer in flames,
15. J.E.S.Venart(Canada):The measurement of thermophysical properties,
16. K.E.Torrance(USA):Phase-change heat transfer in porous media,
17. E.Hahne(FRG):Thermal energy storage- some views on some problems,
18. A.Zukauskas(USSR):Heat transfer augmentation in single-phase flow,
19. V.M.K.Sastri-A.K.Kolar(India):Bubble dynamics and heat transfer in fluidized beds,
20. A.P.Baskakov-N.F.Philippovsky(USSR):Heat and mass transfer between a fluidized bed and immersed surfaces and suspended particles,
21. J.W.Palen(USA):Design of process heat exchangers by computers- a short history,
22. A.Eignotti(Argentina):Analytical techniques for basic thermal design of complex heat exchanger configurations,
23. Y.Mori(Japan):High temperature heat exchangers,
24. J.W.Westwater(USA):Compact heat exchangers with phase change,
25. H.C.Simpson(UK):Some thermohydraulic problems associated with the safety of water cooled nuclear reactors,
26. R.C.Chu(USA):Heat transfer in electronic systems,
27. B.Rubinsky(USA):Recent advances in cryopreservation of biological organs and in cryosurgery,
28. J.H.Whitelaw(UK):Applications of laser velocimetry and Rayleigh scattering to engine flows.

表4 Round Table Discussion の司会者と題目

1. J.M.Robertson(UK):Heat exchanger equipment for process industry,
2. B.F.Boehm(USA):Direct contact heat transfer,
3. M.J.Cooper(UK):What next for research on boiling heat transfer ?
4. M.M.Chen(USA):Heat transfer in manufacturing,
5. F.Dobran(USA):Perspective,limitations, and prospects of multiphase modeling,
6. Y.R.Mahew(UK):Nomenclature

東北大学  
高速力学研究所  
相原 利雄

8th International Heat Transfer Conferenceは1986年8月17日-22日にかけて、サンフランシスコの Fairmont Hotel において開催された。本稿は編集委員長の黒崎先生の勧めにより、同会議に出席した印象を簡単に記したものである。

会場の Fairmont Hotel は、海拔約100mの Nob Hill の丘の上に立つ、歴史のあるホテルで、大理石の堂々たる本館と近代的な29階建の新館タワーとから成っている。受付は本会議の前日、17日(日)の午前11時30分から始められたが、混雑を避けるため、参加受付は同ホテルの中2階のフロアで、またProceedings 類やツアーは1階で、と分けて行われた。係の大半は中年のマダム達で、欧米の御婦人方に特有なユツタリとした(そしてやや気取った)話し振りと対応で、長旅の疲れを癒してくれた。同日、夜6時30分から、同ホテルでEarly Bird Reception(参加無料)が催されたが、後述の様に参加者が多数で混雑を極め、残念ながら挨拶を交したい先生方の全てとは、歓談の機会が得られなかった。

翌18日(月)、9時から、Goldstein(米)とFerrell(米)のCo-ChairmenのもとでOpening Sessionが取り行われた。国際伝熱会議運営委員会のGrigull会長、ASMEのFitzroy会長、AIChEのKemp会長の挨拶のあと、「米国エネルギー省におけるエネルギー研究」と題するGeneral LectureがTrivelpiece所長によって、また「国際伝熱会議の創成期」並びに「精密温度測定のパイオニア、Fahrenheit」と題するPlenary Lecture2件が、Eckert並びにGrigull両名誉教授によって、それぞれ行われた。筆者には、博物館の展示品を見ごとく、貴重な温度計のスライドを混えたGrigull先生の講演を、特別楽しく拝聴させて頂いた。最後にMax Jakob賞がコロラドのSolar Energy Research InstituteのFrank Kreith博士に、またDonald Q.Kern賞がカリフォルニアのElectric Power Research InstituteのStanley Green博士に授与されて、Opening Sessionは閉じられた。

本会議は表1と2のごとく、18日(月)の午後1時から開始された。表3に示す480件に及ぶ発表のほか、6件のRound Table Discussionと2件のPanel Session、更にVideo ForumとFilm Forumが加わることを考えれば、発表の大半がPoster Sessionの形となったのは、やむを得ぬことと思われる。Poster Sessionは地下2階のGrand Ballroomで開かれ、3筋のAisleの両側に設けられた計72のBoothで発表が進められた。

筆者らの発表は最初の大Sessionに属していたので、来訪者もボチボチであろうと気軽に考

えていたが、予想外に多数の方が訪れ、言葉の不足を補うつもりで持参した関連論文40余部が、あつと言う間に品切れとなって仕舞った。この方式の良い点は、互いに納得の行く迄、言葉を重ね、問題点をピラに書き、十分な論議を交せることであるが、一度に多数の質問が集中すると大変で、助手の円山重直君と応対に大わらわであった。筆者らの研究は、物性値の温度依存性を考慮した管路の自由対流に関するものであったが、著者らの予期せぬ分野（製薬会社の研究員、ジェット燃料タンクの設計技師など）の方からも質疑があり、また知己の先生方の来訪を受け、充実し、かつ楽しく忙がしい4時間であった。

他の Sessionも同様な活況を呈していたが、展示ポスターの字が余りに小さ過ぎるものや、字数の多過ぎるもの、あるいは煩雑な支配方程式を不必要に長々と書き連ねたものは、敬遠されていた様である。全般に、日本の方の発表方法には十分な工夫のあとが見られ、巧みで、中には芸術的なものさえあった。筆者の研究室では、俳句をつくる様に、ひたすら展示内容の要約短縮に努めた。そのせいか、別の Sessionにおける東京工大の小沢・井上・奥山の3先生の発表と共に、outstanding presentationと言う事で、Session Winnerのひとつに選ばれ、ワインまで一本頂戴した。

Keynote Lecture は、表2のごとく28件の発表があったが、満員盛況のものと、空席が目立つものが見受けられた。全般に、完成度の高い分野のものは参加者が少なく、今後の発展が期待されるものや、萌芽的な分野のものに人気が集っていた。今回の会議では、表1の様に、Poster Sessionと Keynote Lectureが並行して行われたため、いずれか一方を犠牲にせねばならなかったのは残念である。Video Forum と Film Forumもなかなか人気があったが、特に数値計算の可視化が筆者の関心をそそった。

以上の学術プログラムと並行して、17日（日）から20日（水）にかけ、製品展示会 International Heat Transfer Exhibition が催された。学術書出版社も含む35社の展示があり、この展示会場で飲物のサービスがなされたこともあって、なかなかの盛況であった。

会期の半を過ぎた頃、参加者名簿が出来てきたが、これによれば、研究者だけで約1170名（日本人78名）に達しており、同伴者を含めると千数百名に及び、この伝熱会議が国際的にも最大級の学術会議であることが伺われる。

今回の伝熱会議では、以上に紹介した行事のほか、2つの Open Poster Session、13の Tour Program、18日（月）夜の Conference Reception（参加者無料）、19日（火）夜の遊覧船上での Conference Dinner（有料）、21日（木）夜の Rohsenow Dinner（有料）などが催された。特に California Palace of The Legion of Honorにおける、ロダンなどの彫像の立ち並ぶ展示室で開かれた Conference Reception と、内外の著名な先生方が多数参加された Conference Dinner が筆者の印象に深い。

以上、第8回国際伝熱会議の概況を記したが、同会議があまりに巨大であり、かつ筆者の記憶も定かでない部分があるので、何か重要な事項を書き落したり、誤記があるかも知れない。

**SCHEDULE FOR THE EIGHTH INTERNATIONAL HEAT TRANSFER CONFERENCE**  
 August 17-22, 1986  
 Fairmont Hotel, San Francisco, CA, U.S.A.

	August 17 SUNDAY	August 18 MONDAY	August 19 TUESDAY	August 20 WEDNESDAY	August 21 THURSDAY	August 22 FRIDAY
8:00						
9:00						
10:00		Opening Session Gold Room	KS-5 KS-6 PS-2 EX	KS-13 KS-14 PS-4 EX	KS-17 KS-18 PS-5	KS-25 KS-26 PS-7
10:30			KS-7 KS-8	KS-15 KS-16	KS-19 KS-20	KS-27 KS-28
12:00						
12:30						
1:00						
1:30						
2:30		KS-1 KS-2 PS-1	KS-9 KS-10 PS-3		KS-21 KS-22 PS-6	
3:00		KS-3 KS-4	KS-11 KS-12		KS-23 KS-24	
4:30	EX		RTD-13-P-1		RTD-4-6-P-2	
5:00						
5:30						
6:00						
7:00						
Evening	6:30-8:00 PM Reception Gold Room	6:30-9:30 PM Reception Palace of Legion of Honor	7:00 PM-11 PM Dinner-Boat Ride—"City of San Francisco"			

KS—Keynote Speeches (Gold and Venetian) P—Panel Sessions (Gold)  
 PS—Poster Sessions (Grand Ballroom) Video Forum (French) Tues. 9AM-12N, Thurs. 9AM-12N, 1PM-5PM  
 RTD—Round-Table Discussions (California, Garden, Crystal) Film Forum (French) Tues. 1-5PM  
 EX—Exhibition (Terrace Room)

その節は、筆者の印象記と言うことで、お許し願いたい。最後に、彼地で数々の御高配・御芳情を頂戴した内外の諸先生方に深く御礼申し上げます。

**POSTER SESSIONS**

- PS-1
  - Numerical Techniques and Modeling
  - Special Applications
  - Natural Convection in Confined Spaces
- PS-2
  - External Forced Convection
  - Conduction and Insulation
  - Jet, Wakes and Film Cooling
- PS-3
  - Internal Forced Convection
  - Interfacial Phenomena
  - Radiation and Combustion
- PS-4
  - Natural and Mixed Convection
  - Measurement Techniques
  - Particulates and Porous Media
- PS-5
  - Heat Exchangers
  - Pool Boiling
  - Heat Transfer Augmentation
- PS-6
  - Freezing, Melting and Evaporation
  - Condensation
  - Open Poster Session
- PS-7
  - Nuclear Reactor Heat Transfer
  - Flow Boiling
  - Two Phase Flow

**KEYNOTE SESSIONS (continued)**

- KS-5 NATURAL CONVECTION IN ENCLOSURES
- KS-6 HEAT AND MASS TRANSFER IN FLAMES
- KS-7 FINITE DIFFERENCE METHODS FOR NATURAL AND MIXED CONVECTION IN ENCLOSURES
- KS-8 RADIATIVE HEAT TRANSFER IN SCATTERING MEDIA: REAL PROPERTY CONTRIBUTIONS
- KS-9 NUMERICAL MODELING OF NATURAL CONVECTION-RADIATION INTERACTIONS IN ENCLOSURES
- KS-10 TRANSFER PROCESSES IN IMPINGING-STREAMS
- KS-11 BUOYANCY EFFECTS IN DOUBLE-DIFFUSIVE AND MIXED CONVECTION FLOWS
- KS-12 THERMAL DRAG AND THERMAL RUNDABOUT FLOWS IN CONVECTIVE PROBLEMS
- KS-13 BUBBLE DYNAMICS AND HEAT TRANSFER IN FLUIDIZED BEDS
- KS-14 PHASE-CHANGE HEAT TRANSFER IN POROUS MEDIA
- KS-15 HEAT AND MASS TRANSFER BETWEEN A FLUIDIZED BED AND IMMERSED SURFACES AND SUSPENDED PARTICLES
- KS-16 THERMAL ENERGY STORAGE SOME VIEWS ON SOME PROBLEMS
- KS-17 RECENT PROGRESS IN ENHANCING FILM CONDENSATION HEAT TRANSFER ON HORIZONTAL TUBES
- KS-18 THE MEASUREMENT OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES
- KS-19 CRITICAL HEAT FLUX IN BOILING
- KS-20 APPLICATIONS OF LASER VELOCIMETRY AND RAYLEIGH SCATTERING TO ENGINE FLOWS
- KS-21 ANALYTICAL TECHNIQUES FOR BASIC THERMAL DESIGN OF COMPLEX HEAT EXCHANGER CONFIGURATIONS
- KS-22 RECENT ADVANCES IN TWO-PHASE FLOW INSTRUMENTATION
- KS-23 DESIGN OF PROCESS HEAT EXCHANGERS BY COMPUTERS—A SHORT HISTORY
- KS-24 SOME THERMOHYDRAULIC PROBLEMS ASSOCIATED WITH THE SAFETY OF WATER COOLED NUCLEAR REACTORS
- KS-25 HIGH TEMPERATURE HEAT EXCHANGERS
- KS-26 RECENT ADVANCES IN CRYOPRESERVATION OF BIOLOGICAL ORGANS AND IN CRYOSURGERY
- KS-27 COMPACT HEAT EXCHANGERS WITH PHASE CHANGE
- KS-28 HEAT TRANSFER AUGMENTATION IN SINGLE-PHASE FLOW

**ROUND TABLE DISCUSSIONS**

1. Heat Exchanger Equipment for Process Industry
2. Direct Contact Heat Transfer
3. What Next for Research on Boiling Heat Transfer
4. Heat Transfer in Manufacturing
5. Perspective, Limitations and Prospects of Multiphase Modeling
6. Nomenclature for Physical Quantities, Units and Mathematical Operators and Constants

**PANEL SESSIONS**

1. Research Opportunities in Material Processing and Manufacturing
2. Research Needs in Process Heat Transfer

**KEYNOTE SESSIONS**

- KS-1 EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF TURBULENT MOMENTUM AND HEAT TRANSFER IN THE PROXIMITY OF THE WALL
- KS-2 HEAT TRANSFER IN ELECTRONIC SYSTEMS
- KS-3 TURBULENT FLOW AND HEAT TRANSFER WITH BUOYANCY EFFECT
- KS-4 RECENT DEVELOPMENTS IN THERMAL CONTACT, GAP AND JOINT CONDUCTANCE THEORIES AND EXPERIMENTS

### TECHNICAL PROGRAM INDEX

Plenary Lectures	2
Keynote Papers	23
Numerical Techniques and Modeling	23
Measurement Techniques	21
Conduction and Insulation	22
Radiation and Combustion	23
Internal Forced Convection	23
External Forced Convection	23
Jets, Wakes and Film Cooling	24
Natural and Mixed Convection	24
Natural Convection in Confined Spaces	24
Condensation	20
Freezing, Melting and Evaporation	23
Interfacial Phenomena	20
Pool Boiling	21
Flow Boiling	22
Two-Phase Flow	23
Nuclear Reactor Heat Transfer	23
Particulates and Porous Media	23
Heat Exchangers	23
Heat Transfer Augmentation	23
Special Applications	22



INTERNATIONAL CENTER FOR HEAT AND MASS TRANSFER についてのニュース

電気通信大学

教授 森 康 夫

ICHMT は熱物質伝達関係の唯一の国際組織として1968年にF.R.G.Eckert,U.Grigull教授などの提唱で設立され、1970年以来UNESCOが後援するようになり、その事務所はユーゴスラビアの首都のベオグラードにおかれています。その目的は伝熱分野の情報の国際的交流、シンポジウム、セミナー、Advanced Course 等の開催などです。なお本年から世界各国の研究開発情況などを伝えるJournal を出版することになっております。

ICHMT の主体であるScientific Council は、Table 1 に示す各国の伝熱に関連する学協会会員と、後述するExecutive Committee とが推薦する研究者により構成されています。本会も学協会会員になっていいます。昨年8月サンフランシスコ市で開催された第8回国際伝熱会議の際に開催されたScientific Council で、長らく懸案になっていた定款と、次のCouncil の大会までの活動方針、Table 3 に示してある新会長、副会長などが決められました。

Executive Committee はCouncil の会員の書面投票で3年毎に改選され現在はTable 4 のようになっています。Executive Committee は年に二回開催され、最近伝熱の分野で興味を持たれて問題、テーマなどが議論され、その中からシンポジウムなどに適当なものを選ぶなど、ICHMT の活動計画を決定し、実行します。Centerが設立されてから開催されたシンポジウムなどのテーマ、招待講演、発表論文、出席者の数などをTable 2 に示してあります。シンポジウムの論文集はHemisphere Publishing Co. から単行本として出版されています。これからも興味あるテーマについてのシンポジウムなどが開催されると思われますので、論文を出されたり、参加されることを希望します。

INSTITUTIONAL MEMBERS OF THE ICHMT (Table 1)

- American Geophysical Union
- American Institute of Chemical Engineers
- American Society of Mechanical Engineers
- Associazione Termotecnica Italiana
- Canadian Society of Chemical Engineering
- Canadian Society of Mechanical Engineering
- Chamber of Mechanical Engineers of Turkey
- Chemical Engineering Group of New Zealand
- Canadian Society of Mechanical Engineering
- Chinese Society of Engineering Thermophysics
- Egyptian Society of Engineers
- Heat Transfer Society of Japan
- Indian National Committee for Heat and Mass Transfer
- Institution of Chemical Engineering, London
- Institution of Engineers of Australia
- Institution of Mechanical Engineering, London
- Israel Institute of Chemical Engineers
- Koninklyk Institut van Ingenieurs, The Netherlands
- Sociedad Mexicana de Transferencia de Calor
- National Committee for Heat and Mass Transfer of the Academy of Sciences of the USSR
- Österreichischer Ingenieur- und Architekten Verein
- Sociedad Argentina de Investigadores en Ciencia de la Ingeniería Química
- Société Française des Thermiciens
- Society of Chemical Engineers of Japan
- Swedish National Committee for Mechanics
- Schweizerischer Ingenieur- und Architekten Verein
- Verein Deutscher Ingenieure
- Yugoslav Society of Heat Transfer Engineers

Post Advanced Course and Symposium (Table 2)

Meetings organized by the ICHMT		Lectures	Papers	Parti- cipants	Meetings organized by the ICHMT		Lectures	Papers	Parti- cipants
1968	Heat and Mass Transfer in Turbulent Boundary Layers	18	45	115	1980	Mathematical and Physical Modelling of Metals Processing	10	—	43
1969	Heat and Mass Transfer in Separated Regions	21	50	152		Nuclear Reactor Safety Heat Transfer	23	—	68
1970	Heat and Mass Transfer in Rheologically Complex Fluids	9	26	91		Heat Transfer in Nuclear Reactor Safety	10	52	118
1971	Heat Transfer in Liquid Metals	10	36	103		Heat and Mass Transfer and Structure of Turbulence	—	35	46
1972	Recent Developments in Heat Exchangers	19	40	184	1981	Heat Exchangers	20	—	36
1973	Heat Transfer in Fires	18	—	40		Advancement in Heat Exchangers	11	55	135
	Heat Transfer from Flames	9	36	107		Nuclear Reactor Safety Assessments	20	—	41
1974	Heat Transfer in the Environment of Vegetation	13	32	102	1982	Thermal Solar Engineering for Developing Countries	20	—	28
1975	Future Energy Production-Heat and Mass Transfer Problems	10	—	43		Heat and Mass Transfer in Rotating Machinery	8	61	66
	Future Energy Production-Heat and Mass Transfer Problems	12	58	137	1983	Measurement Techniques in Power Engineering	18	—	26
1976	Heat Disposal from Power Generation	33	—	67		Measurement Techniques in Heat and Mass Transfer	8	35	77
	Turbulent Buoyant Convection	10	55	115	1984	Fluidized Bed Combustion	10	—	40
1977	Heat Transfer in Buildings	11	72	120		Heat and Mass Transfer in Fixed and Fluidized Beds	7	46	135
1978	Momentum, Heat and Mass Transfer in Two-Phase Systems	10	85	154	1985	High Temperature Equipment	19	—	36
1979	Heat and Mass Transfer in Metallurgical Systems	10	43	90		High Temperature Heat Exchangers	11	42	120
Total:							418	906	2.629

NEW SCIENTIFIC COUNCIL (Table 3)

President: W. M. Rohsenow, Cambridge, USA

Vice Presidents: M. A. Styrikovich, Moscow, USSR  
Y. Mori, Tokyo, Japan

Members:

N. Afgan, Belgrade, Yugoslavia	D. Poljak, Ljubljana, Yugoslavia
T. V. Bajenova, Moscow, USSR	A. Ramachandran, Nairobi, Kenya
K. J. Bell, Stillwater, USA	J. T. Rogers, Ottawa, Canada
B. Berkovsky, Moscow, USSR	P. N. Rowe, Rugby, England
A. E. Bergles, Ames, USA	M. R. Semeria, Grenoble, France
J. Carvantes, Mexico, Mexico	S. Sideman, Haifa, Israel
I. Cessano, Santo Fe, Argentina	H. C. Simpson, Glasgow, Scotland
M. Combarous, Bordeaux, France	D. B. Spalding, London, England
M. Cumo, Roma, Italy	K. Stephan, Stuttgart, F. R. Germany
E. R. G. Eckert, Minneapolis, USA	V. Stepanov, Novi Sed, Yugoslavia
R. Echigo, Tokyo, Japan	C. L. Tien, Berkeley, USA
N. Epstein, Vancouver, Canada	G. de Vahl Davies, Kensington, Australia
J. Ginoux, Brussels, Belgium	M. Velarde, Madrid, Spain
R. J. Goldstein, Minneapolis, USA	R. Viscanta, Lafayette, USA
U. Griggull, Munchen, F. R. Germany	D. A. deVries, Lieshout, Holland
J. Gosse, Paris, France	B. X. Wang, Beijing, China
C. Hackenberg, Rio De Janeiro, Brazil	J. W. Westwager, Urbana, USA
E. Hahne, Stuttgart, F. R. Germany	Widmer, Zurich, Switzerland
K. Hanjalich, Sarajevo, Yugoslavia	K. T. Yang, Notre Dame, USA
J. P. Hartnett, Chicago, USA	S. M. Yang, Beijing, China
G. F. Hewitt, Harwell, England	M. Yovanovich, Waterloo, Canada
M. Hirata, Tokyo, Japan	M. F. Zhukov, Novosibirsk, USSR
T. W. Hoffman, Sarnia, Canada	A. A. Zukauskas, Vilnius, USSR
C. J. Hoogendoorn, Delft, Holland	M. Majcen, Zagreb, Yugoslavia
F. C. Hooper, Toronto, Canada	M. Martin, Nancy, France
T. F. Irvine, New York, USA	O. Martynenko, Minsk, USSR
S. Kakac, Ankara, Turkey	F. Mayinger, Munchen, F. R. Germany
E. I. Khabakhpasheva, Novosibirsk, USSR	M. D. Mikhailov, Sofia, Bulgaria
S. Y. Ko, Beijing, China	T. Mizushina, Kyoto, Japan
M. V. Krishna Murthy, Madras, India	E. Olsson, Gothenheim, Norway
D. A. Labuneev, Moscow, USSR	L. N. Persen, Trondheim, Norway
A. I. Leontiev, Moscow, USSR	
W. Linzer, Vienna, Austria	
F. Lorenzini, Bologna, Italy	

EXECUTIVE COMMITTEE (Table 4)

Chairman: C.J.Hoogendoorn

Members:

N. Afgan;	B; Berkovsky;	A. E. Bergles;	R. J. Goldstein;
G. F. Hewitt;	E. Khabakhpasheva;	Y. Mori;	J. T. Rogers;
D. B. Spalding;	K. Stephen;	B. X. Wang	

編集委員長 黒崎晏夫（東工大）

いつ頃だったか定かには記憶してないが、編集委員長を押しつけられて困惑していたとき、ふと本年1月号が丁度100号（25周年）になることに気づき、小竹副会長の前で、うかつにもそのことを口からもらしてしまった。副会長は、それをすばやく聞き付けて、100号特集号でも出しますか、予算を組むようにしますよと言われ、そうですねと生半可な答をしている中に、先生はあちこちで、こんど100号記念を出すそうですからと話をされ、気がついた頃には、何かしなければ格好がつかぬはめになってしまっていた。えい、こうなれば、少しは頑張るか、自分の力の無さも顧みずに取りかかり、編集委員の方々、また小生の研究室の連中に助けられて、なんとか出版に漕ぎつけたのが、今月号である。御覧下さればお分りのように、以下の点で従来の「伝熱研究」を新しくする試みをしてみた次第である。

- (1) 表紙は、東京工大名誉教授 青木成文 先生のアドバイスをいただいて、編集委員 荒木伸幸（静大）先生の前案をもとに作成したものです。曲線は、温度分布の変化と干渉縞を、また赤色は熱を表現しています。
- (2) 原稿のワープロ化により、会員の方々の協力で、費用の節約をはかりました。しかし、今回は初めてのために、編集委員長にロードがかかりました。今後は、会員の方々の一層の協力が必要です。
- (3) 英文名の News を Journal に変更しました。News という名称には、歴史的なものがありますが、内容も充実してきましたので今後の発展も期待して Journal への変更を幹事会で認めていただきました。
- (4) 内容としては、今回の記念号には、「伝熱研究」の発展に御貢献下さった先生方からのお話と、日本の伝熱研究に関係の深い外国のお二人の先生方による日本の伝熱研究への印象をのせました。さらに、会員数名での放談会を行いましたものを載せましたが、あらゆる分野の方々を集めることが、時間的に不可能で残念でした。その辺りを、御考慮の上読んでいただければと思います。

以上、自分なりに、精一杯やっただけですが、結果は考えていたものとは、程遠いものが出来上りました。会員の方々の御批評を聞かせていただければ幸いです。

以上

< 地方研究グループ活動報告 >

(1) 九州研究グループ講演会

日 時：昭和61年9月22日(月) 13:30~16:30

場 所：九州大学生産科学研究所(筑紫キャンパス)

講 演：

1) 蒸気動力の発達と熱工学の進展

\* 西川兼康(久留米高専)

2) 凝縮熱伝達の研究紹介

\* 藤井 哲(九大生研)

[ 講演概要 ]

講演1) Watt による往復蒸気機関(1765年特許)の発明は人類のエネルギー消費および利用に大きな変革をもたらした。18世紀後半から19世紀にかけてのいわゆる産業革命と呼ばれるものがそれである。

そこでまず蒸気動力発達の歴史を振り返り、技術の進展と科学、特に熱力学と伝熱学とがいかなる関連をもってきたかを考慮し、往復動蒸気機関や蒸気タービンの開発には科学としての伝熱学はもとより熱力学も関与しておらず、優れた天才の発想と努力によって蒸気動力の技術開発がなされてきたことが指摘される。これに反し、1950年以降の蒸気動力や原子動力の開発には常に科学的解明が先行しており、技術開発の様相の変転は感慨深いものがある。さらに最近の技術は科学の背景なくしては開発も進展もありえない。

本講演は蒸気動力を中心にして、沸騰熱伝達とエネルギー問題の関連について展望と解説を行ったものである。

講演2) 2成分混合気の強制対流凝縮及び体積力対流凝縮の相似解から、物質伝達の式、液相及び気相の熱伝達の式を導き、相平衡図と連立させて、代数的に凝縮量、伝熱量、気液界面条件等を求める方法について、最近の成果を報告した。また上述の諸式から単成分の過熱及び飽和の蒸気の凝縮の式、単相熱伝達の式も導けることを示した。またこの方法は多成分気体の凝縮へも拡張できることを述べた。

単成分蒸気の凝縮において、蒸気状態が臨界点に近づくと、気液の物性値の差が小さくなり、潜熱も小さくなる。この場合に単相熱伝達の特性に近づくこと及び従来の凝縮の式の適用限界について説明した。

(九州地方連絡幹事 藤 出 恭 伸)

(2) 関西研究グループ講演会

日 時：昭和61年9月30日(火) 13:00~17:00

場 所：京都大学工学部機械系教室 205講義室

講 演：1) 伝熱研究について

\*岐美 格 (京大工)

2) 平板上の全面膜冷却に関する研究

吉川進三、\*川島正文 (同志社大工)

3) 鉛直円管内強制対流膜状凝縮の数値計算

鈴木健二郎、\*萩原良道、泉 宏哉、Aii Kamel Abd-el Rahman (京大工)

4) 低圧水の限界熱流束について

\*三島嘉一郎 (京大原子炉実験所)

5) 磁場下における液体金属の自然対流熱伝達

\*高橋 修 (京大工)

<講演概要>

講演1) 1935年から現在に至るわが国の総発電力と総発電量の図を示しながら、伝熱研究がエネルギー関連機器の技術開発と密接な関係をもちつつ発展してきたこと、伝熱のデータブックとして価値ある伝熱工学資料がしばしば改訂され、また Handbook of Heat Transfer が最近改訂されて大部な二冊となって出版されたこと、さらに Advances in Heat Transfer や伝熱学特論に取り上げられている課題などから伝熱研究の進展の様子がわかることなどについて話した。また1982年のミュンヘンと1986年のサンフランシスコの国際伝熱会議のプログラムにある Welcoming statement を比較すると、後者にはいわゆる先端技術分野における伝熱研究がトピックスとして書かれているが、これは1985年サンディエゴでの日米伝熱セミナーのタイトルが Heat Transfer in High Technology and Power Engineering であったことと類似していることを述べ、最後に伝熱の促進、伝熱の制御、伝熱限界の向上について今後一層研究する必要があると結んだ。

講演2) 平板上に  $4 \times 6 \text{ mm}^2$  の矩形の吹き出し孔を流れ方向に対して  $90^\circ$  および  $30^\circ$  の傾きで、10個千鳥配列にあげ、そこから主流より  $30 \text{ K}$  高い空気を吹き出して、表面上の温度分布をふく射温度計で  $0.1 \text{ K}$  の精度で測定した。供試板としてアルミおよびアクリル樹脂を用い、裏面の条件としては断熱材をはりつけた場合と噴流を衝突させた場合について行われた。一方、三次元の定常熱伝導方程式を数値的に解き、実験結果と比較した。両者の一致はアルミ板については満足すべきものであった。全面膜冷却効率は表面上の断熱膜冷却効率のみでなく、裏面の条件によって大きく左右される

ことが明らかになった。

講演3) 鉛直円管内の強制対流膜状凝縮に関する数値計算を行い、Blangettiの実験結果と比較した。凝縮熱伝達への界面せん断応力の影響を直接考慮するために、蒸気と凝縮液膜の両相の支配方程式を有限差分スキームを用いて解いた。さらに、界面波の熱および運動量の輸送への影響を表す簡単なモデルを凝縮液膜に適用した。せん断応力のみを考慮して得られた計算結果は、凝縮液膜レイノルズ数の広い範囲にわたって、Nusseltの解より高い熱伝達率の値を得たが、実験結果と比較すると依然として低い。せん断応力と界面波の両方の影響を考慮にいたした計算結果は、液膜レイノルズ数の広い範囲にわたって実験結果とのかなり良い一致を示した。このことより、有限差分法を用いた本数値解析手法は強制対流膜状凝縮熱伝達の予測に役立つことが明らかになった。また本計算はBlangettiが暗に仮定したテストセクション内での局所凝縮率の一様分布が極めて小さい液膜レイノルズ数の場合を除いて成立しないことを明確に示した。

講演4) 低圧水の管内強制流動沸騰現象は流動不安定を伴いやすく、また、そのうえ低流動においては浮力の影響も顕著になるため複雑な挙動を示す。限界熱流束のデータも実験装置に依存するものが多く系統的に解釈するのが困難な状況にある。一見矛盾する複雑な様相を示す低圧水の限界熱流束を統一的に理解するためには、まず、種々のパラメータの効果を整理する必要がある。そこで本報告では、一様加熱円管、内管加熱二重管、片面及び両面加熱長方形管内大気圧水バーンアウト実験の結果をもとに、限界熱流束に対する流れの向き、流動不安定及び流路形状の影響をまとめ、また、そのバーンアウト現象の原因となる二相流現象について言及した。

講演5) 水銀(Hg)、ナック(NaK)、カリウム(K)、リチウム(Li)の4種類の流体を用い水平磁場下の鉛直円柱発熱体からの自然対流熱伝達の研究を行った。Hgの結果は小さなLy数で解析結果と一致する傾向を示す。Ly数は電磁力/(浮力×慣性力)<sup>1/2</sup>を表す無次元数である。しかしながら、NaK、K及びLiの結果はHgと異なり  $10 < Ly < 100$  で熱流束が  $10^5 \text{ W/m}^2$  以上のとき熱伝達は磁場の存在しないときと比べて大になる。その割合は熱流束が大になるとともに大きくなる。その影響は  $Li > K > NaK$  の順である。アルカリ金属が水銀と異なる原因を調べるために発熱体近傍に設置した熱電対信号のゆらぎの相関から液の流速および方向をNaKを用いて測定した。  $10 < Ly < 100$  で磁場の存在しないときに比べて流速は大になり、その方向がランダムになる。また、この条件下の温度のゆらぎ幅は最大になった。これらのことから磁場は流れの安定化にのみ作用するのではなく、不安定化にも作用することがわかった。

(関西地方連絡幹事 片岡邦夫)

(3) 北陸・信越研究グループ講演会

日時  
場所  
講演

昭和61年11月8日(土) 13:30~15:30  
信州大学工学部 談話室 (長野市若里500)

- 1) マッハツェンタ<sup>™</sup>干渉計による温度・密度測定に関する一考察  
\*土屋 良明(信州大工), 堀越 長次(信州大工),  
小金沢裕二(信州大工院)
- 2) 傾斜密閉容器内における成層流体の自然対流熱伝達  
(数値計算による一考察)  
木村 照夫(福井大工), 竹内 正紀(福井大工),  
\*田中 数則(福井大工院)
- 3) 温度別蓄熱槽に関する試作研究  
竹内 正紀(福井大工), 木村 照夫(福井大工),  
\*浦辻 孝和(福井大工院)
- 4) 寒冷時, 断熱型枠中で養生するコンクリートの温度のシミュレーション  
\*前川 博(新潟大工), 小林 睦夫(新潟大工),  
王 国君(新潟大工研究生), 矢代 一男(新潟大工院)
- 5) 非定常熱線法による断熱材の低温域における熱伝導率測定  
\*竹越 栄俊(富山大工), 法利 信幸(富山村田),  
平沢 良男(富山大工), 井村 定久(富山大工)



〔講演概要〕

講演1) マッハツェンダ干渉計を使って移動干渉縞法による温度場測定について報告したものである。特にこれまで難しいとされている三次元場における一つの測定法を紹介し、一例として加熱乱流噴流中での測定を示した。

講演2) 密閉容器内における成層流体の熱伝達特性の解明の一環として熱伝達の容器傾斜角度依存性について数値解析した報告である。傾斜角 $\psi$ と定義された平均ヌセルト数 $N_{um}$ との関係が示され、成層流体の $N_{um}$ の値は、成層流体の各々を単一流体とした場合の $N_{um}$ の中間値をとることと、 $N_{um}$ の極大値が $\psi = 110^\circ$ の位置にあることが判った。

講演3) 蓄熱材として水を使用した場合で熱源の温度に応じて温度別に有効に蓄熱しうる二重円筒形蓄熱槽を試作し、実験結果と蓄熱過程の数値計算によるシミュレーションと比較検討した。その結果シミュレーションの有効性を確認し、蓄熱槽の最適形状の予測が可能であることを示した。

講演4) 冬期間、寒冷地でコンクリート工事を行う場合、凍害に対して安全な圧縮強さが発現するまで水和反応を継続させるため、コンクリートを保温する方法として断熱材を組み込んだ型枠の使用が検討されている。本報告はこの断熱型枠を用いるとき、コンクリートの温度の推移を予測する方法の一つのモデルを提案したもので試験結果として比較したところ予測とよく一致した。

講演5) 低温域における断熱材の熱伝導率測定に非定常熱線法の応用を試み、簡便かつ迅速な測定法を確立することを目的とした研究である。測定例として、珪酸カルシウム、マルチセルラーグラス、発泡ポリスチレン、発泡ポリウレタン、グラスウール、ロックウールの板材について、液体窒素温度から常温までを測定した。結果は定常比較法による測定値と比較したところ常温では約10%の偏差内で一致している。

なお今回は信州大学工学部の玉木、平田、土屋、各先生のお世話でおこなわれた。

研究発表の後、席を変えて懇親会が開かれ盛会であった。

参加者数 27名

北陸信越地方幹事 日向 滋

(4) 中国・四国研究グループ講演会

日時：昭和61年11月21日（金）13時30分～16時00分

場所：三浦工業㈱

講演：1)真空式温水缶のサーモサイフォン特性

田中 収（三浦工業㈱）

2)閉空間内自然対流伝熱に対する垂直仕切板の効果

\* 白石 満 広（広島大工（院）），西村 龍 夫（広島大工）  
長 澤 史 生（広島大工（学）），河村 祐 治（広島大工）

3)ねじり板による熱伝達の促進

\* 青山 善 行（愛媛大工），二神 浩 三（愛媛大工）

4)The Early Stage of Unsteady Heat Transfer in a Natural Convection Loop

\* Koichi MIZUKAMI , Kozo FUTAGAMI

〈講演概要〉

講演1) 小型貫流ボイラの燃焼ガス側の高熱伝達特性を活かし、蒸発部として円管を垂直円筒面状に設置し、その上部に凝縮部としてコイル式熱交換器を設けた三浦工業㈱製縦形多缶式真空温水缶の開発時における伝熱問題、すなわち、減圧下での熱輸送と水平管群外面の凝縮熱伝達についての報告である。減圧下の熱輸送の問題については、ヒートパイプに対する限界熱負荷の計算結果が、管外凝縮熱伝達についてはColburnの式と実験により得た熱貫流率を使って求めた熱伝達率の結果が示された。

講演2) 密閉空間内に生じる自然対流を抑制するために、閉空間内に多数の仕切板を挿入した場合の自然対流における伝熱速度を境界層モデルを用いて検討したものである。その結果、仕切板が奇数枚の場合、既報\*で提案した境界層モデルを修正することにより伝熱速度の相関式が求まるが、偶数枚の場合には、別のモデルを考える必要のあることが明らかにされた。

\* T.Nishimura et al ., Int.Symp.on Heat Transfer paper No. ISHT-85-I-6  
(1985).

講演3) 多数の縦渦列による旋回効果が得られるよう交互にねじり方向を変えたねじり板を、流れに直行する向きに円管内に取りつけて、流れの抵抗係数およびヌセルト数を実験的に求めた結果についての報告である。本報告では、(1)ねじり板列の伝熱促進は、ねじり板によって与えられる旋回効果と、板からのはく離による乱れの強さの増加にもとづくこと、(2)Reの大きさによって、促進に関わる両者の貢献度が異なること、(3)性能向上を計るためには、板の横端面からのはく離を防ぐよう工夫する必要があること等が示された。

講演4) 配管系における自然対流熱伝達の初期段階について理論解析を行い、実験結果と比較したものである。解析は、水で満たされた45°傾斜管部が外部よりステップ状に加熱されるという条件のもとに行ったもので、実験結果との比較より初期段階においては熱伝達は熱伝導のみに依存すること、すなわち熱は半径方向のみに流れることが報告された。

(中国・四国地方連絡幹事 須藤浩三)

(5) 東海研究グループ講演会

日時：昭和61年11月29日(土) 13:00~17:30

場所：豊橋技術科学大学エネルギー工学系

講演：1) 微粉炭燃焼灰粒子の生成挙動および在米研究報告

岡崎 健 (豊橋技科大)

2) 伝熱における数値解析法について

山下 博史(名古屋大学工学部)

3) コージェネレーションをとりまく環境と事例

渥美 国男(中部ガス(株)) 菰田 匡洋((株)中部)

4) 熱物性値測定における諸問題

荒木 信幸(静岡人学工学部)

講演は学生向けの基礎的なものから研究の最先端、さらには現場的なものまでを含む幅広い内容で、各講演1時間の持ち分は不足気味であった。参加者は企業および各大学から約50名と例年になく多く、討論も活発に行われた。各講演の要旨は以下の通りである。

講演1) 燃料の多様化の観点から、近年その重要性が増大している微粉炭燃焼に関する諸問題の中から、熱物質移動や均一核生成など伝熱工学に関連の深い現象に支配される灰粒子の生成挙動を取り上げ、最近の研究成果が紹介された。微粉炭燃焼灰は、原炭中の灰分から直接生成されるものと、気化成分の均一核成分により生成されるサブミクロン粒子とがあること、揮発性成分は、微小粒子に選択的に濃縮すること、また、この濃縮過程は、灰粒子上に付着したすす粒子により促進されることなどが示された。さらに、灰粒子の生成過程の理論解析例が紹介された。最後に、昨年一年間、米国シンシナチ大学医学部環境衛生学科で行った浮遊微粒子の計測に関する研究の報告があった。

- 講演2) 伝熱における数値計算法について、差分法の基礎から3次元非定常粘性流体の流動および熱伝達の数値計算アルゴリズムに至るまでが解説された。一時間の持ち時間に、拡散項、非定常項および対流項の離散化手法、代数方程式の解法、解の安定化のための種々の手法、圧力補正法など、基本的なポイントがすべて盛り込まれ、数値計算を勉強中の学生はもとより、常日頃差分法を研究に使っている専門家にとっても全体的な立場から見なおすことのできる講演であった。
- 講演3) ガスエネルギーをオンサイトにおいて、発電、暖房、冷房、給湯など多角的に利用するコージェネレーションシステムについて解説された。前半は、トータルエネルギーシステムとしての利点や商業電力との制度上の問題点などが述べられた。後半は、ガスエンジンによる発電、ガスエンジン駆動ヒートポンプ、排熱利用吸収式冷凍機、などを組み合わせたトータルエネルギー利用の実施例について解説が行われた。
- 講演4) 熱物性値の中で熱伝導率および熱拡散率は測定値が非常にばらついていて、測定が難しいとされている。その理由を伝熱工学的立場などから分析した結果について説明があった。さらに、代表的な測定法を解説し、各測定法に付随するシステムティックな誤差について実際の例をあげて説明が行われた。

(連絡幹事 荒木 信幸)

(6) 関東地方グループ講演見学会

――「先端伝熱ショートコース IN 筑波」――

日時： 昭和61年10月3日(金)、4日(土)

場所： 工業技術院筑波研究センター共用講堂、および、ホテルグランド東雲

講演：

- (1) 「半導体製造装置の温度制御例―拡散装置―」 鳥居卓爾(日立機研)
- (2) 「エレクトロニクスデバイスの温度コントロールはいかに行うか」  
(実験装置等の実物説明を含む) 中山 恒(日立機研)
- (3) 「宇宙における熱の問題」 小林康徳(筑波大)
- (4) 「核融合炉のプラズマダメージを防ぐ膜技術」 稲川幸之助(日本真空超材料研)
- (5) イブニングセッション「筑波研究学園都市における熱工学研究者の専門分野一覧  
(産学官の連携をめざして)」成合英樹(筑波大) & 河本哲三(筑波研究コンソーシアム)
- (6) 「『伝熱のオリンピック』第8回国際伝熱会議からの話題」 黒崎晏夫(東工大)
- (7) 「生体内の物質や熱の移動はどのようにして行われているか」 大島宣雄(筑波大)
- (8) 「医療現場で出会う熱の問題」 山下 衛(筑波大)
- (9) 「『アサカワ』効果―その発見と応用」 浅川勇吉(浅川研)
- (10) 「電場を活用するEHD熱交換技術」 矢部 彰(機械研)

見学先：

★宇宙開発事業団筑波宇宙センター：宇宙環境ふく射性能測定用真空チェンバー、宇宙環境  
ふく射率測定装置

★日本真空超材料研：TiC被膜装置、太陽熱温水器用選択吸収膜など

★筑波大学基礎医学系：血流測定実験、人工臓器研究設備など

★筑波大学臨床医学系：手術室、手術用血液昇温装置

★工業技術院機械技術研究所：EHDジェット現象、EHD凝縮実験など

概要：

50名の方が、日本全国から参加して下さり、2日間にわたり朝から晩まで、講演に見学  
にと、忙しい時間を過ごして下さった。以下に講演の概要を示す。

講演(1)では、半導体素子を製造する上で不可欠な熱拡散あるいはイオン打込みによる不純  
物の導入プロセスの熱的問題を、実機にもとづいて解説していただいた。特に、自然対流の影  
響を考慮した縦型反応管の試作結果が説明され、また、イオン打込み装置におけるウェーハ冷  
却の高性能化の必要性が述べられた。

講演(2)では、エレクトロニクスデバイスの高集積化と発熱密度の増大による高熱流束除熱  
の必要性、長寿命化のための温度コントロールの重要性、また、空冷デバイスの研究トピック  
ス、接触熱伝導、沸騰冷却の現状が説明された。さらに、ミクロスケールの現象とマクロスケ

ールの制御の関係を研究することの大切さ、また、ミクロスケールの伝熱現象の複雑さが解説され、新しい工学的方法論の確立が要求されていることも述べられた。

講演(3)では、宇宙船における消費電力を、現在の1kW程度から100kW規模に増大させる必要性があり、そのために二相流体ループによる排熱システム、大容量ヒートパイプの開発、材料の熱物性の研究が重要になることが説明された。

講演(4)では、核融合試験装置JT-60用の第一壁材料として開発された、厚さ約20 $\mu$ mのTiC被膜のインコネル材料への蒸着の研究が、紹介された。

講演(5)では、まず、今回のショートコースのために作成された「筑波研究学園都市熱工学関連研究者専門分野一覧」(17研究所、約120名、38頁)が、成合先生から紹介され、今後の産学官の協力のために利用していただきたいという希望が述べられた。次に、河本理事から、これまでの共同研究の成功例や共同研究運営のノウハウ、また、筑波にある国立研、大学50機関と民間研究所50社との間に、数多くの情報交換の場の提供されていることが紹介された。さらに、参加者の自己紹介が行われ、質問コーナーも催された。

講演(6)では、8月にサンフランシスコで開かれた国際伝熱会議の状況が、今までの歴史と共に紹介され、現在の伝熱の研究動向も解説された。

講演(7)では、まず、生体内の熱の移動についての研究の意義および臨床医学との関連が解説され、体表からの熱移動や生体内血栓検出法などが説明された。次に、生体内の物質移動の研究が紹介され、微小循環系における物質移動の生理学の概要が説明された。

講演(8)では、麻酔を御専門とされる山下先生より、手術室で使用している機器に対してどうしても解決してほしい熱の問題の提起がなされた。特に、低温で保存されている血液を輸血時に急速に昇温する装置を高性能化して、100cc/min程度の大量輸血時にも患者さんの体温低下が防げるようにしてほしいこと、また、手術用温水マットによる体温より低い温度でのやけどの問題が紹介され、その解決が要望された。

講演(9)では、電場の効果を広く研究されている浅川先生から「アサカワ効果」の由来、発見経過、電場による燃焼、蒸発、熱伝達、熱交換の促進、また、蒸気ボイラー、温水ボイラー、蒸気暖房への応用のついでに御自身の研究の紹介が行われた。

講演(10)では、実際の現象を見学したEHDジェットについて、そのメカニズムが説明された。

#### [付記]

バイタリティーあふれる御講演をさせていただいた日本大学名誉教授の浅川勇吉先生は、昭和61年11月9日に急逝されました。謹んで、ご冥福をお祈りいたします。

( 関東地方連絡幹事 矢部 彰 )

< お知らせ >

(1) 第24回日本伝熱シンポジウムについて

- 開催日 昭和62年5月27日(水) ~ 5月29日(金)
- 講演会会場 愛媛県民文化会館  
〒790 松山市道後町2-5-1 Tel. (0899) 23-5111
- シンポジウム参加費 一般事前申込1名5,000円、当日申込1名6,000円、  
学生・大学院生事前申込1名2,500円、当日申込1名  
3,000円(いずれも講演論文集代を含みません)
- 講演論文集代 1冊5,000円(日本伝熱研究会会員には1冊無料進呈)。  
ただし、郵送の場合は一冊5,550円
- 懇親会 5月28日(水) 18:00 ~ 20:00  
於 松山全日空ホテル  
〔〒790 松山市一番町3-2-1 Tel. (0899) 33-5511〕  
事前申込1名6,000円、当日申込1名7,000円、ただし、  
同伴夫人は無料です。
- 申込要領 本号同封の郵便振替払込用紙に必要事項をご記入の上、当該費用を  
ご送金下さい。参加証は当日、受付にてお渡しいたします。  
事務の簡素化と経費節減のため、領収書の発行を省略させて頂きま  
すので、郵便局で受け取られる郵便振替払込金受領書を保存して下  
さるよう、お願い申し上げます。  
なお、郵便振替払込用紙は1人につき、1枚ご使用下さい。
- 事前申込締切 昭和62年5月11日(月) 消印有効
- 申込先 

郵便振替口座： 徳島 6-7100 第24回日本伝熱シンポジウム準備委員会
--

  
〒790 松山市文京町3  
愛媛大学工学部生産機械工学科内  
Tel. (0899) 24-7111 内線 3735又は3736
- 当日受付 8時30分よりシンポジウム会場で行います。
- 懇親テニス大会 昭和62年5月26日(火)午後、於えばらガーデン。参加費  
約8,000円(含宿泊費)。申込締切4月20日(月)。詳細に  
ついては、後の「日本伝熱シンポジウム懇親テニス大会のお知らせ」  
をご覧ください。

日本伝熱シンポジウム  
懇親テニス大会のお知らせ

1. 日時： 昭和62年5月26日(火) 14時から
2. 会場： えばらガーデン(全面クレート)  
松山市恵原甲67 ☎(0899)63-1965  
(雨天のときもインドアコートにて実施できます。)
3. 集合場所： 愛媛大学正門前(文京町)
4. 集合時間： 5月26日13時(車で会場までご案内します。約30分かかります。)
5. 試合方法： ダブルス 8ゲーム先取のトーナメント(参加人数によって変更する事もあります。)
6. 懇親会： 試合終了後会場内クラブハウスで行います。  
(19:00~21:00)
7. 参加料： 8000円(当日徴収します。)  
内訳；競技費 1500円  
懇親会費3500円  
宿泊費 3000円 (クラブハウスに宿泊)
8. 交通： 松山市駅内伊予鉄バスターミナルより久谷行又は丹波行バスにて新張バス停下車(約40分)徒歩1分  
5月27日午前8時にクラブのバスでシンポジウム会場までお送りします。
9. 申込締切：昭和62年4月20日
10. 申込方法： 葉書に「テニス大会参加申込」と題記し、懇親会への出席の有無、宿泊希望の有無(できるだけ宿泊してください)、ヘア希望者(ない場合は世話係で決めさせていただきます。)、申込者の所属、年令及び氏名をご記入の上、下記宛て申し込んでください。
11. 申込先： 〒790 松山市文京町3  
愛媛大学工学部内 第24回日本伝熱シンポジウム準備委員会  
電話で申し込まれる場合は、下記へお願いします。  
0899-24-7111 内線3636 越智順治



(2) 第21回夏期伝熱セミナー開催予告

準備委員長： 大谷茂盛（東北大学工学部）

会 期： 昭和62年8月5日（水）～7日（金）

会 場： 東北大学川渡共同セミナーセンター  
宮城県玉造郡鳴子大口字逢田117

Tel.02298(4)7309

[陸羽東線 川渡駅下車 2.5km]

会 費： 会員 20,000円，学生 17,000円，非会員 23,000円

日 程：

日時	1	2	3
	8月5日（水）	8月6日（木）	8月7日（金）
9:00		数値解析で伝熱の どこまで分るか	特別講演： 地熱開発の展望
10:00 -			伝熱工学で極限環 境下の安全性はど こまで確保できるか
12:00 -			
14:00 -			（ 昼 食 ） ◇見学コース ◇レジャーコース （テニス，ゴルフ）
16:00 -	熱工学で新材料開 発はどこまで可能か		
18:00 -	休 憩	夕 食	
20:00 -	懇親会	大放談会： 21世紀の伝熱	
22:00 -			

見学は平泉ほかを予定しています。

また，テニスは別会場の予定です。希望者にはゴルフコースも設けます。

（テニス，ゴルフは費用別途徴集）

連絡先 〒980 仙台市荒巻字青葉

東北大学工学部機械工学第二学科

電話022(222)1800内線4150・4164

高藤武雄

(3) ICHMT XIXth International Symposium

Heat and Mass Transfer in Gasoline and Diesel Engines

August 24-28, 1987

Hotel Libertas, Dubrovnik, Yugoslavia

**Information on Symposium Sessions**

The opening session will be at 09.00 hours on Monday August 24, and the closing session in the evening of Friday August 28, 1987. There will be two sessions daily from 08.30 to 12.30 and from 17.00 to 19.30. This leaves afternoons free for leisure pursuits including enjoyment of Dubrovnik and the surrounding countryside. The Symposium will feature invited lecturers by recognized experts from many countries where major work and research on the Symposium subject is in progress. The invited lectures will be followed by a number of contributed papers in each session. After each invited lecture and contributed paper there will be time for discussion.

**SCIENTIFIC PROGRAMME**

*Monday, August 24, morning*

Opening of Symposium

Invited Lecture:  
'The Importance of Heat Transfer in IC Engine Design and Operation',  
Professor R. Pischinger, Graz University, Austria

Contributed Papers on:  
Experimental information on heat transfer between the gas in the cylinder and its surroundings (wall, piston crown, etc), and on the scavenging process

*Monday, August 24, evening*

Invited Lecture:  
'Review of Knowledge of Motion and Mixing in the Cylinder Prior to Combustion',  
Professor G. Blair, Queens University, Belfast, Northern Ireland

Contributed Papers on:  
Methods of predicting gas motion, mixing and heat transfer in the cylinder and combustion space

*Tuesday, August 25, morning*

Invited Lecture:  
'Mixture Preparation in Gasoline Engines'

Contributed Papers on:  
Heat and mass transfer processes within the gasoline-engine manifold

*Tuesday, August 25, evening*

Invited Lecture:  
'Vaporisation of Fuel Sprays in Hot Gases',  
Professor H. Hiroyasu, Hiroshima University, Japan

Contributed Papers on:  
Theoretical and experimental studies of fuel-spray injection and fuel film formation and vaporisation

*Wednesday, August 26, morning*

Invited Lecture:  
'Heat Transmission from the Engine to the Atmosphere',  
Professor W. Kays, Stanford University, USA

Contributed Papers on:  
Heat transfer between the cooling fluid and the engine block, including air cooling

*Wednesday, August 26, evening*

Free for sightseeing trip

*Thursday, August 27, morning*

Invited Lecture:  
'Poppet-Valve Cooling'

Contributed Papers on:  
Heat transfer to and from valves, valve seats and associated ducting

*Thursday, August 27, evening*

Invited Lecture:  
'Measurement of Temperatures and Heat Fluxes in Reciprocating Engines',  
Professor A. F. Shekhovtsov, Kharkov Polytechnic Institute, Kharkov, USSR

Contributed Papers on:  
Novel measurement techniques for temperature, pressure, velocity and other relevant properties

*Friday, August 28, morning*

Invited Lecture:  
'Ignition and Completion of Combustion in Diesel Engines'

Contributed Papers on:  
Experimental observations and theoretical studies of fuel-spray ignition and combustion in diesel engines and in related research

*Friday, August 28, evening*

Invited Lecture:  
'Flame Propagation and Detonation in Gasoline Engines',  
Dr R. Tabaczynski, Ford Motor Company, USA

Contributed Papers on:  
Experimental and theoretical studies of the role of heat and mass transfer in effecting chemical transformation

Symposium Secretary:

Colleen I. King  
Bakery House, 40 High Street  
Wimbledon, London SW19 5AU England  
Telephone: 01 947 7651  
Telex: 928517, Fax: 01 879 3497

(4)

## ANNOUNCEMENT

ICHMT International Seminar

### TRANSIENT PHENOMENA IN MULTIPHASE FLOW

International Centre for Heat and Mass Transfer will hold its International Seminar on Transient Phenomena in Multiphase Flow in Dubrovnik, Yugoslavia from May 24 to 29, 1987.

The Seminar will cover sessions on: Fundamental Formulations for Time-Varying Multiphase Flows, Interfacial Wave Phenomena, Turbulence Phenomena in MPF, Transient Behaviour in MPF, Pressure Wave Propagation in MPS, Numerical Simulation on Transient MPF, Transient Measurement Technologies and Flow Visualisation of Transient MPF Phenomena.

Seminar Organizing Committee: N. Afgan (Chairman), J. M. Delhaye, M. Ishii, R. T. Lahey, A. Serizawa, N. Zuber, L. van Wyngaarden, F. Mayinger, R. Nigmatulin, V. Nakuriakov, D. B. Spalding, G. F. Hewitt, J. R. Riznić.

For further information and copies of preliminary programme contact: N. Afgan, Chairman of the Seminar, International Centre for Heat and Mass Transfer, 11001 Belgrade, Yugoslavia, Phone: (11) 458 222, telex: YU 11 563.

(5) International Specialist Meeting on Major Hazards in  
the Transport and Storage of Pressure Liquefied Gases

August 10-13, 1987

University of New Brunswick, Canada

The Conference on Major Hazards in the Transport and Storage of Pressure Liquefied Gases will be held August 10-13, 1987 in Fredericton, New Brunswick, Canada at the University of New Brunswick under the sponsorship of Transport Canada (TDC), The Natural Science and Energy Research Council (NSERC), and the University of New Brunswick (UNB). The host of the Conference will be the Fire Science Centre.

IMPORTANCE AND PURPOSE OF THE CONFERENCE:

Recent incidents involving pressure liquefied gases, such as Mississauga, Ontario, and San Juan, Mexico, have emphasized the necessity for the correct protection and safety assessment of transport and storage vessels. The purpose of this meeting is that it will provide a forum for those who are concerned with this subject so they can meet, discuss and be informed of the latest and more important developments in the areas of risk assessment, predictions, experiments and physical modelling.

It is anticipated that approximately 40 papers will be selected for presentation. Five invited plenary lectures by world noted authorities are being scheduled.

The meeting will deal with the following topics:

- Storage Vessels
- Transportation Vessels
- Experimental Studies
- Hazard Assessment
- Mathematical Modelling
- BLEVE Phenomena
- Incident Studies
- Pressure Relief
- Safety Codes

This list is not exhaustive, and papers on other appropriate topics will be considered.

The dates for the Conference are August 10-13, 1987 to be held at the University of New Brunswick. Approximately 160 persons should attend the 3 day event which will consist of 3 mornings and 2 afternoon sessions each with a keynote speaker to set the theme. There will be one afternoon and evening workshop to provide for the demonstration and use of the computer simulation tools available both at UNB and elsewhere. Laboratory visits are planned and a tour of Canada's largest oil refinery. A conference dinner with a selected guest speaker will end the meeting.

PROCEDURE FOR REVIEW AND FORMULATION OF PROGRAM:

Acceptance will be based upon review of an extended 500 word abstract. Separate copies of abstracts and papers must be sent to the University of New Brunswick Fire Science Centre. Abstracts are required by February 1, 1987 to permit the program committee to select and organize the particular technical sessions. Decisions of the Papers Review Committee on acceptances will be transmitted to authors by April 15. Complete papers must be submitted by June 15, for publication in the proceedings.

LOCATION:

The Conference will be held at the University of New Brunswick, Fredericton Campus. The City is located on the scenic Saint John River some 100 km from the Bay of Fundy. Fredericton offers a comfortable blend of historical tradition and modern amenities which will be fully explored by the social programme.

Major Hazards in the Transport and Storage of  
Pressure Liquefied Gases  
Fire Science Centre  
The University of New Brunswick  
P.O. Box 4400  
Fredericton, N.B.  
CANADA E3B 5A3

伝熱研究

Vol.26 №100

1987年1月発行

発行所 日本伝熱研究会

〒153 東京都目黒区駒場4-6-1

東京大学工学部境界領域研究施設気付

日本伝熱研究会

電話 03(485)3111 (代) 内線288,285

振替 東京 6-14749

(非売品)