

Vol. 15
No. 58

1976
July

伝 熱 研 究

News of HTSJ

第 58 号

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

日本伝熱研究会第15期役員

会 長 西 川 兼 康(九 大)

副会長 泉 亮太郎(名 大) 一 色 尚 次 (東工大)

地方連絡幹事 北 海 道 福 迫 尚一郎(北大)

東 北 相 原 利 雄(東北大)

関東甲信越 飯 田 嘉 宏(横浜国大)

東海北陸 菱 田 幹 雄(名工大)

関 西 勝 田 勝太郎(関西大)

中国四国 鍋 本 曉 秀(広島大)

九 州 世古口 言 彦(九大)

幹 事 斎 藤 暁(室蘭工大) 荻 野 文 丸(京大)

幾世橋 広(東北大) 片 岡 邦 夫(神戸大)

山 川 紀 夫(東北大) 国 友 孟(京大)

山 田 悦 郎(秋田大) 高 城 敏 美(阪大)

佐野川 好 母(原研) 吉 信 宏 夫(大阪府大)

桜 間 直 樹(日立) 浦 川 和 馬(徳島大)

土 方 邦 夫(東工大) 嶋 本 讓(岡山大)

仲 田 哲 朗(石播) 上 原 春 男(佐賀大)

波 江 貞 弘(船研) 増 岡 隆 士(九工大)

植 田 辰 洋(東大)

平 田 賢(東大)

架 谷 昌 信(名大)

林 勇 二郎(金沢大)

馬 淵 幾 夫(岐阜大)

監 直 小茂鳥 和 生(慶大) 丁 葉 孝 男(高砂熱学)

伝 熱 研 究

目 次

会長挨拶	西川兼康	1
第13回日本伝熱シンポジウムを終えて	赤川浩爾	3
第13回日本伝熱シンポジウムインフォーマルミーティングより		
「エネルギー問題」	石谷清幹	9
「主流乱れと熱伝達」	南山竜緒	12
「高温体系におけるふく射伝熱」	国友 孟	18
「管内凝縮熱伝達」	勝田勝太郎	21
「原子炉の安全と伝熱流動現象」	岐美 格	24
「不安定流動現象」	坂口忠司 中西重康	27
第13回日本伝熱シンポジウムに参加して	田中 修	32
地方グループ活動コーナー		
関西研究グループ		35

ご あ い さ つ

第 15 期会長 西川兼康

このたび図らずも皆様のご推挙により伝熱研究会の会長に就任することになりました。私にとりましては身にあまる光栄に存ずるとともに、責任の重大さを痛感する次第であります。歴代の会長は皆様学問識見ともにそなわった方ばかりで、浅学菲才の私はその重責を果すことができるか一寸とまどっているところであります。私が伝熱学の講義を山根先生から九州大学でうけたのが昭和17年であり、本会設立の打合を赤門の学士会館でしたのが昭和35年の暮であり、思えば長い年月がたったものと感慨無量のものがあります。

さて本会の主行事は何と云っても日本伝熱シンポジウムであり、第1回京都で行われたシンポジウムと今年のシンポジウムを比較しますと、今日の盛大さはまさに隔世の感があります。しかし論文発表数、参加者数の増大が逆に真の伝熱学の発展を阻止していないかという懸念がでてきていること、伝熱研究会の目的の一つである会員相互の連絡をはかることが論文発表数が多すぎるため必ずしも十分でないこと、など色々な問題点が指摘されていることもまた事実であります。Int. J. Heat Mass Transferの第1巻巻頭にEckert-Saundersが次のような意味のことを書いています。「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つたが、最近では経済的な見地からそれが必要になってきた。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ずかしい。試験は最後の仕上げ、総

合的なものであつて、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。」と。このような観点に立つて現在の伝熱シンポジウムをみると、基礎研究の工学的位置付けが十分でないこと、応用研究の少ないことなど、実際の工業とのつながりに関して多くの問題をはらんでいるように思います。現在エネルギー問題など伝熱研究会の社会に対する責任もまた重大であると考えます。シンポジウムを真に意義あるものにし、運営にも困難をきたさないようにするためには、会員各位が上述の観点から自己規制をされることが一つの方法ではないかと思ひます。

会の運営面におきまして、会員の皆様の積極的なまた建設的なご意見をいただき、それを反映させることにより、本会の発展に微力を尽したいと念願しております。幸にして泉、一色両副会長をはじめ有能な幹事の方のご協力がえられますので、ともども努力していきたいと存じております。 会員各位のご鞭達をお願い申し上げます。

第13回伝熱シンポジウムを終えて

赤川 浩爾

六甲山の緑が目まばゆいばかりの陽光にめぐまれて、5月26、27、28日の3日間、坂と港の街——神戸——に全国から500名以上の参加者をむかえて第13回伝熱シンポジウムが盛大に行なわれた。

思えば1年以上の長い準備をかけた開催日の朝に各会場で講演が一斉に何事もなく始まったのを見た安堵感、熱気あふれた講演とインフォーマルミーティングの討論、全講演が終り各室の資料を搬出して車に積んで会場を去る時のすべては終わったという感慨など、私にとってはすべて快い思い出多いものであった。それらの過ぎ去ったものに対する個人的な感慨はさておき、ここでは今回の経験からえられたシンポジウム運営上の問題点を述べることにする。

伝熱シンポジウムの年度的変遷は図に示すようである。個々の値の変化の意味は別として、この中でシンポジウム運営計画の基礎となるものは講演数である。その増加傾向は片対数グラフ上で直線的であり、これによって本年度の講演数は170件と予想した（申込件数は179件であったが、その後の取り消しのために実際の講演数は173件であった）。このような件数を従来の伝熱シンポジウムの形式でこなすためには部屋数、日数を大巾に増す必要があるので、シンポジウムの基本的構成方法、運営方法について関西グループの準備委員会によって討議がなされて、最終的に今回の形となったのである。

講演時間、部屋数について ——1講演当り25分（講演15分＋討論10分）とすると1日1室当り8時間（昼の休憩、途中の休憩を含む）と

して講演数は16件程度である。3日間3室(従来の最大)とすると講演のみで最大許容件数は144件である。したがって予想件数170件を消化するためには従来の形式通りならば3日間4室が必要となる(前回の準備委員長の長谷川修教授からも検討用にこの種のご教示をいただいた)。部屋数の増大は研究項目の細分化となつて、参加者にとっては狭い範囲の講演しか聴けないことになるので好ましいことではない。このために講演時間20分(講演10分+討論10分)の案も検討されたが、本部の幹事会の意向もあつて採用しなかつた。いずれにしても3室の講演会形式は前回でパンクして、今回は4室となり、もし従来の形式のままとすると、来年度以降は5室を要する大講演会とならざるをえなくなる。

テーマの限定、ラポータ形式について——テーマを限定すると(例えば本年度は「伝導」と「強制対流沸騰」と云うように定める)、講演数は減少し討議の密度は高くなる。しかしこのようにするためには数年間にわたつて各専門分野の配分の計画が必要であるので、地方グループのみで定めることはできない。またラポータ形式にすると時間は大巾に減少できるので広い範囲の問題について討議に参加できる利点がある。この形式は日本において第5回国際伝熱会議での実績もある。しかし(1)現在の4頁の論文(昨年度までの値)の完成度から著者の意をラポータがつかむことは困難である、(2)同種の論文のまとまりが予期できない、(3)ラポータに対する準備期間が短かすぎて負担が大きい、(4)最近はや若い研究者の発表が増えているので、それらの人々に講演発表の機会を少なくすることなどの理由でラポータ形式を採用しなかつた。

Informal Meetingについて——3日間で179件(申込件数)の講演を消化するために4室が必要となつたので、全員が出席できるような総説的講演あるいは特別講演のわくをとることができなかつた。このままの形では一般の

学会講演会と同様になり、本来のシンポジウム（古代ギリシャで通例会食に続いて行なわれた酒をくみ交わしながら音楽を楽しみ談論に興じるつどい）から離れてゆくので、昨年度から始められた Informal Meeting (IM) と名付けられたものを行うことにした。このために部屋数は5室となった。IMのテーマは準備委員会で6テーマを選出し、その内容と運営方式はすべて準備委員から出たオルガナイザーに任せた。実際には各IMとも数名の話題提供者による発表とそれに関する討議が行なわれていた。各IMとも80名以上の出席者があって好評であったようである。実質的には Informal Meeting と云うよりはむしろ Formal Meeting であって Panel Discussion と呼ぶ方が適当であったと思っている。また第1日目の夜に行なわれたIMの「エネルギー問題」はもっと一般的なもので伝熱研究のみならず広くエネルギー問題の研究の研究体制のあり方などに関する有意義な Panel Discussion であった。

論文のページ数について——— 予算の見積りでの最大の支出は論文集の印刷費であって、第11回の540ページの論文集では150万円であったので、今回のものは200万円以上と推定された。これと5室の会場費から見て最初から赤字になるおそれがあった。そこで印刷費の減少のために論文集のページ数を少くせざるをえなくなったが、実質的な内容の低下をさけるために字数を同じにして枚数のみをへらすことにした。すなわち従来の1292字で4枚の形式のものを機械学会関西支部の講演論文集の様式の1927字3枚と変えた。このために図面と字が小さくなる不利は生じたが、印刷費を低くおさえることができた。また今回は新らしく講演申し込み整理費1000円を集めた。しかし結果的には参加人数、論文売上数が予想より大巾に増加したことと、印刷費が予想以下になったことから決算上は黒字となった。もし将来、収支さえ合うならば4枚に復活した方がよいと思われる。

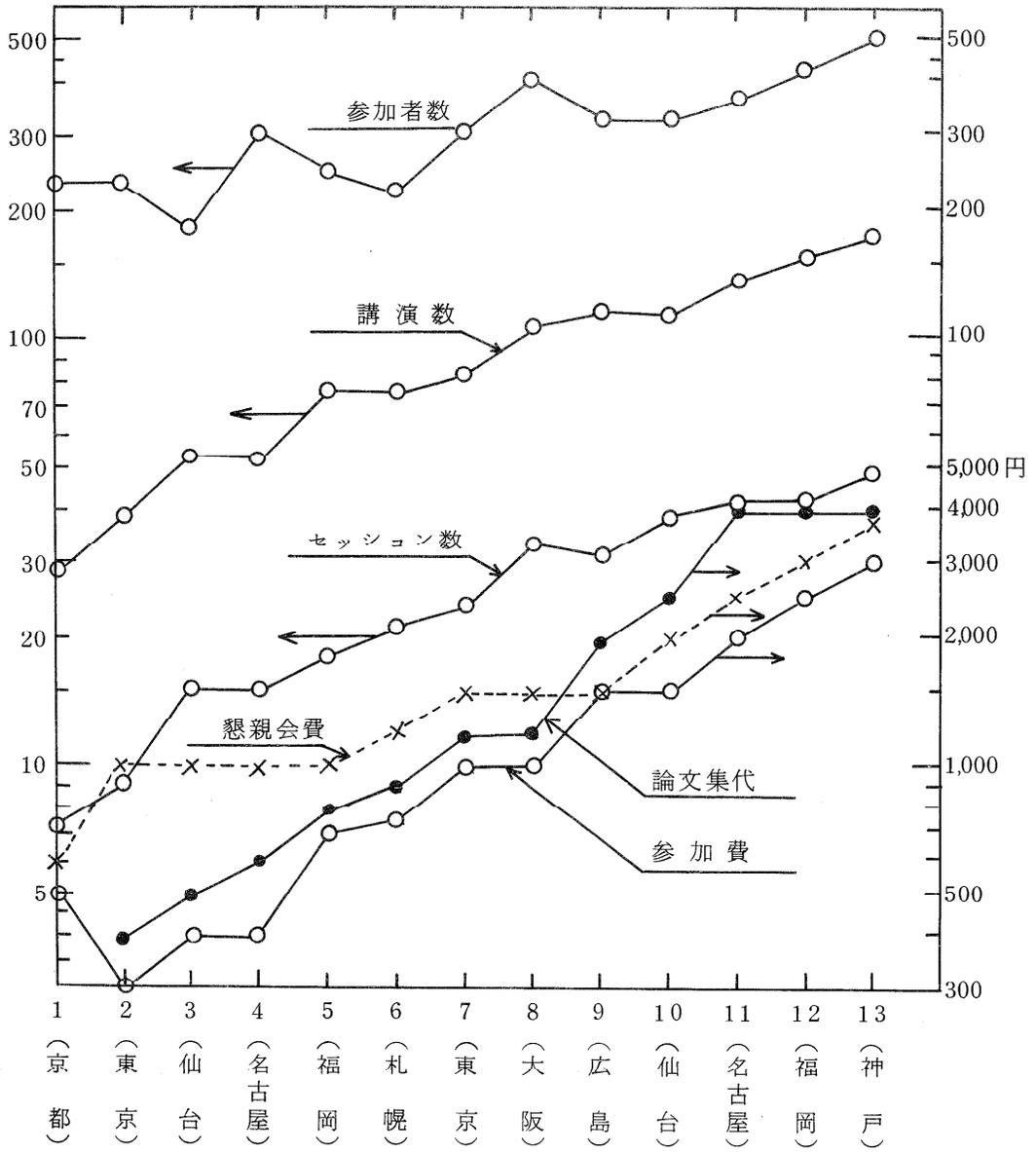
最後にシンポジウムの将来についての私見を述べたい。伝熱研究会の魅力は学問に対するきびしい姿勢と討論、およびそれを取りまく同学の友としての和やかな雰囲気であって、この魅力によって伝熱現象の研究者が増え（工業上、工学上の必要性から伝熱の研究が盛んになっていることは勿論であるとしても）、シンポジウムが盛んになっていることは好ましいことではある。また一方ではこの魅力にひかれて、伝熱現象と密接に関係する二相流、臨界流動現象、流動安定などの分野の研究者がこの会に参加して、それが講演数の増大の一因となっていることも事実である。このような講演数の増大に対応しつつシンポジウムを成立させるためには、シンポジウムを大きな講演発表会形式を割り切ってしまうことも一つの解決策であるが、一方では3日間5室以上の規模は本来の意味のシンポジウムとしては限界にきているとも考えられる。発展には常に矛盾を伴うものであるので、シンポジウムの発展に矛盾が生じてきているのは止むをえないことであって、無理に矛盾面のみをおさえるような方法をとることによって研究会の魅力を失なわせることがあってはならないと思う。この矛盾をふみ台としてさらに発展させる方法を求められないだろうか。いずれにしてもシンポジウムの構成に関しては転換期にきているので、その在り方について担当地区の準備委員のみで定められる段階をこえているように感じられる。そこで伝熱研究会全体として現在の魅力あるシンポジウムの雰囲気を残した新しい方式の検討を早急に開始すべきであると思う。

最後に今回のシンポジウムの計画、運営に多大の労をとられた次の準備委員の方々およびご協力をいただいた多くの会員の方々に厚く感謝いたします。

吉川進三（同志社大）、西原英晃（京大）、水谷幸夫（阪大）、吉信宏夫（大府大）、松本隆一（神戸大）、片岡邦夫（神戸大）、南山竜緒（京工繊大）、岐美格（京大）、国友孟（京大）、勝田勝太郎（関西大）、高城敏美

(阪大)、中西重康 (阪大)、井上清 (神戸大)、伊藤竜象 (阪大)、田中修 (三菱電機)、船川正哉 (川重)、小笠原光聡 (三菱重工)、植田洋匡 (公害研)、坂口忠司 (神戸大)、中島健 (神戸大) (以上順序不同)

以 上



伝熱シンポジウムの変遷

第13回日本伝熱シンポジウムインフォーマルミーティングより

(IM-1) エネルギー問題

大阪大学 石谷清幹

5月26日、盛大だった第13回伝熱シンポジウム第一日の夜7時から9時まで、兵庫県民会館の大ホールで「エネルギー問題」に関するインフォーマル・ミーティングが開かれた。若手から名誉教授までの多彩なパネラー9人に、研究体制のありかたから自分の研究対象までの多様な問題を自由に8分間ずつ話してもらい、あと自由討論の時間をとり、今後のエネルギー関係の研究に関する全体的イメージを来会者各位に自得していただくという趣向である。

最初に清水浩教授が司会者から指名され、以下着席順に各パネラーが発言された。まず清水教授は日本学術会議で資源・エネルギー関係の総合的研究体制の論議が進行中であること、予定としては本年秋までに具体的研究所案をまとめ、来々4月の学術会議総会で政府への勧告として成立させたい意向であること、熟工学研究連絡委員会がそのとりまとめ作業に参加していること、などを話された。

ほかのパネラーのお話はしぜん研究テーマのえらびかたの問題と、各自のご研究領域の展望とにわかれた。今年の伝熱シンポジウムも初日に4室、第2、3日は5室、延べ14室使わないと消化できないだけの研究発表申込があり、このように伝熱研究が盛大なのはご同慶のいたりであるが、その発表者中の多数派は大学関係者で、その場合には研究テーマの選定について大

学なり国なりから命令または指図されることはなく、各研究者個人、あるいはすくなくも各研究室の全くの自由に一任されている。現実の機器の生産や開発の現場との連絡はついている場合も全くついていない場合もあるようで、研究者が学界の中だけの情報に依存している場合の方がむしろふつうではあるまいか。会社が高額の代価を払って外国のコンサルタントから購入したデータの内容をきいてみると、国内の大学に委託を出した方がよい結果が得られたらと思うられる場合があることをパネラーの一人も経験されている。

そこで、1、研究開発テーマの展望を若い研究者に示し、あるいは研究情報をもつと公開してほしい、2、自由も結構だが放任しておく日本にとって真に必要な領域にブランクができる弊害も考えられるがその対策はどうか、例えば米ソ両国では最近MHDが見直されているが日本ではブランクになって将来困るおそれはないか、の2点の問題提起があった。

いうまでもなく現場から研究が遊離している問題は日本の学術全般に対して古くから指摘されている問題であるが、それがここでもまた顔を出したのである。研究の自由は大学として譲れぬ基本的立場であることを充分承知の上での討議であるが、もともとテーマの選定は研究における最高の問題で、個別部門の研究者のひとりひとりがつねに大局に関心をもって自ら展望をたてる努力をすることが当然に必要なこと、正確に問題点を浮きぼりにしたような展望はそれ自身ひとつの研究業績であるが日本ではそのように評価されていないこと、などが論ぜられた。MHDについては日本の研究開発をまとめる組織はできていて、聴衆席におられた森康夫教授がその代表者であり、とくに森教授からその組織の大要が説明された。

パネラーからの発言の他の焦点は各自が現在興味をもっていられる研究領域の紹介である。高温ガスタービン、伝熱面を介しない直接熱交換、蓄熱槽の伝熱、復水器、小落差エネルギー、などの諸問題が熱っぽく語られた。

重電機とボイラの業界の若手研究者からはそれぞれに相当に風呂敷をひろげた話が出て大学人の古強者もいささか毒気を抜かれたが、豪雪地帯で冬の融雪に夏の冷房で暖めた水を使い、次の夏には融雪で冷えた水を冷房に使い、地下の蓄熱作用を巧妙に活かす研究発表が昼間に大学人からなされていることを思えば、大学と業界の双方の研究に夢があると確認できそうである。

会場の都合で予定終了時刻の9時きっかりに解散したが、時のたつのをしばし忘れたのもう9時かとおどろいたほどの充実したミーティングであった。当日ご出席のパネラーのお名前を以下に列記（順不同、敬称略）して感謝の意を表すしだいである。清水浩、平田賢、小茂鳥和生、国友孟、片山功蔵、赤川浩爾、藤井哲、柳下和夫、三浦一夫。

(IM-2) 主流部乱れと熱伝達

京都工繊大 南山 竜緒

インフォーマル・ミーティングが伝熱シンポジウムの一つの企画として取り上げられて二年、次回は三年目を迎える訳ですから、これまでの経験を活かして、そのあり方がそろそろ固められるべき時期に参つたと思われます。この意味で今回の反省と感想を通じて今後検討していただきたい事項などを列挙させていただきます。(1)運営上講演会と並列でよいだろうか。(2)規模として30~40人程度の円卓形式はどうであろうか、また、その規模に相応しいテーマの選択を考えては。(3)事前に話題提供要旨を「伝熱研究」あるいは講演論文集に掲載することの是非。(4)話題提供者および討論者の事前公募の是非。(5)事後「伝熱研究」を通じて、インフォーマルな誌上討論は考えられないだろうか。

(IM-2)においては司会の不手際から十分な討論時間を取り得ず、御期待に応えられなかった点は申し訳なく存じますが、以下に話題提供要旨を御紹介させていただきますので、これを機に誌上討論への刺戟でも生まれれば望外の幸せと存じます。

(1) 乱れ

前川 博 (新潟大工)

乱流熱流束の輸送方程式を用いて、乱流熱伝達の多方程式模型をつくろうとする立場に立ち、この輸送方程式に含まれる未知の相関の性質に関する筆者らの研究の中から話題を提供した。

はじめに、乱流熱流束の輸送方程式と渦熱拡散率の概念の関係について述べた。つぎに、圧力温度勾配相関を、乱れの構造だけによる部分と平均速度勾配に依存する部分とに形式的に分離したときのそれぞれの項の性質を論じ、前者は乱流熱流束ベクトルに、エネルギーを含む渦の時間尺度を用いて関連づけられること、および後者の相関の理論的に予想される形について述べた。また、散逸と拡散の模型についても言及した。

つづいて、圧力温度勾配相関の模型と散逸に関する局所等方の仮定を検証する実験として、一様流速の等方乱流および異方性乱流において、流れに垂直に一定の温度勾配がある場合の乱流熱流束のふるまいに関する観察結果を紹介した。

(2) 平板乱流境界層に及ぼす主流部乱れの影響

堀 正倫 (京工繊大)

平板上の乱流境界層熱伝達に及ぼす主流部乱れの影響に関して従来より報告されている数多くの実験から、平均量については主流部乱れの増加と共に境界層厚さは増加し、壁面摩擦係数も増加する。また、境界層内の速度・温度プロファイルは外縁付近でWake成分の減少が見られ、形状因子も若干減少するが、局所Nu数に対しては主流部乱れの影響は見られず遷移Re数が低下するだけであることがほぼ結論される。一方、最近の変動量に重点を置いた報告では主流部乱れについては等方性で減衰終期のものを取扱ったものが大部分であるが、主流乱れによる影響は特に境界層外縁部で大きく、乱れエネルギー、レイノルズ応力およびエネルギーバランス等に強く影響している。これらのデータは主流乱れが1～5%程度の範囲、 Re_x 数は 10^5 ～ 10^6 程度で、諸家の報告および著者らの実測値による結果から、壁面摩擦係数は主流乱れが5%の場合約30%増加し、渦拡散係数も大きく増加する。一方、局所Nu数を考察する上での渦温度拡散係数については直接測定されたものではなく、平均温度分布から予想される値は主流乱れによってあまり変化しないのではないかと考えられる。

しかしながら上記の諸測定に対し、壁面近くの測定や圧力-速度こう配相関の測定値はほとんどなく、解析的方法の多くが実験データに依存していることから、温度場に対する v^2 の直接測定や変動量の高い周波数応答を得る方法等の技術的問題点と同時に、変動量の等方非等方性、熱輸送方程式等の基本的概念の詳細な知識の集積等実験的にも解析的にも残されている問題は多い。

(3) 円柱周りの熱伝達

植田洋匡 (国立公害研)

円柱周りの熱伝達におよぼす主流乱れの効果としては、流れ自体を変化させる事による効果と、局所の伝熱速度を増大させる効果がある。流れを変化させる効果としては、遷移を促がす効果、層流境界層の剝離を促がす効果、剝離流れの流動機構を変化させる効果がある。このIMでは従来の実験結果についてレビューし、これら諸効果に対して次の指摘を行なった。

境界層の乱流遷移促進効果に関して、前方岐点から遷移点までの距離に基づいた遷移 Re_x 数の乱れ強度依存性は平板上境界層の場合とほぼ一致する。Subcritical Re 数領域では乱れは層流境界層の剝離を促がし、剝離流領域の流動機構を大きく変化させる。

円柱前面の層流境界層での乱れの局所値におよぼす効果に関して、乱れのスケールの依存性はほとんどみられないが、乱れ強度の依存性はパラメータ $Tu\sqrt{Re}$ (Tu : 乱れ強度) で良く相関できる。 Tu 小で前方岐点 Nu 数の増大は $Tu\sqrt{Re}$ に比例するが $Tu\sqrt{Re} > 30$ で 70~80% に達して飽和する。表面摩擦係数の増大は Nu 数の増大の 70% 以下である。乱れの効果に対する Pr 数依存性は平均 Nu 数に関してはほとんどないが、局所 Nu 数分布に関して $Pr=0.7$ の場合 $0 \sim 40^\circ$ の領域で Nu 数増大比はほぼ一定であるのに対し、高 Pr 数域では前方岐点からの距離の増大に伴って増す。これら諸効果に対する定性的説明として主流中の vortex の stretching 説があるが、定量的説明には詳細な実験がまだ不足している。

(4) 球の熱伝達に与える主流乱れの影響

鳥居 薫（横浜国大工）

球に関する実験結果は実験者により極めてまちまちで、その主な原因は球の熱伝達実験の困難さにある。主流乱れのない場合の平均熱伝達率でさえ、信頼のおける実験はレイノルズ数3000以上の範囲で弓削先生（1958）と Raithlyら（1968）のわずかに2つである。まして球の局所熱伝達率にいたっては皆無に近い。実験の難しさは球の支持棒の影響（流れに与える影響、熱損失等）が大きく、また球面のため境界条件（形状、加熱条件）の正確な設定、熱流束や表面温度の測定等が難しいことにある。物質伝達と熱伝達のアナログを利用して球の局所物質伝達率を測定し局所熱伝達率を知る方法はかなり有用と思われる。

(1)レイノルズ数2000程度以下になると主流乱れの影響は見られない。(2)レイノルズ数、乱れ強さの増加とともに平均熱伝達は増加する。(3)主流乱れによる熱伝達の増加割合は円柱の場合より小さい。(4)乱れのスケールの影響は小さい。(5)乱れによつて球前半部の熱伝達はあまり変化せず後半部の熱伝達率が增大する。これは円柱の場合と全く逆の傾向である。

討論では乱れスケールの影響、円柱との相違、特に球後半部の局所熱伝達率に極大値を生ずる理由が議論され、はく難域の流れの構造の主流乱れの影響の解明の必要性が説かれた。

今回のインフォーマル・ミーティングは話題提供者の一方的な話に終ってしまい申し訳なく思っております。次回への提案としては、話題提供者の話題要旨を予め伝熱研究に掲載するようにし、ミーティングの出席者は予め要旨は読んであるとの前提のもとに運営すれば、話題提供者も短時間の話題提

供がしやすくなり、討論する方も、スライド等を予め準備して討論に参加することが可能になり、討論も活発に行われ、実り多いものになるのではと思います。

(IM-3) ふく射伝熱

京都大学 国友 孟

東京工業大学 黒崎晏夫

最初の企画段階においては、「高温体系におけるふく射伝熱」というテーマでインフォーマルミーティングを行なうよう提案を受けた。しかし、その後の関連する諸氏との討論により、いままでの伝熱シンポジウムでは話されなかったような問題をとりあげてみようということになり、以下に示すように最初のテーマから離れることになった。

(1)環境問題とふく射伝熱(司会 北大工 谷口博氏)

1.1 海洋汚染と熱バランス(名大工 新井紀男氏)

発電所からの温排水、タンカーおよび工場からの廃油などによる海洋汚染の進行によって海洋における熱バランスが変化する。これが魚類などの生命活動にとって重要な因子である温度ならびに溶存酸素濃度などに重要な影響を与え、また気象分布の均衡状態の破壊にもつながる。この問題に関連して講演者らが行なっている基礎的研究を中心にして話題提供がなされた。

その一つは「油汚染による熱バランス変化」であり、一定の放射エネルギーを受ける自由水面での熱バランス状態に与える油膜の影響についてのモデル実験から、油の水面被覆率が1.0に近づくとき海洋を熱的に砂漠化したと同様の影響があること、また油膜の有無によって液体層内温度分布が異なることなどが示された。他の一つは「油の水面被覆による再曝気係数の変化」であり、油膜で覆われた場合には再曝気係数が大きく低下することが示された。

1.2 建築・都市環境とふく射伝熱（京大工 中村泰人氏）

建築物・都市環境におけるふく射伝熱問題の概説がなされた。最初に建築・都市環境における熱収支の式を提示し、熱収支におけるふく射の役割、すなわち直達日射量、天空拡散日射量、反射日射量の役割とその算定法ならびに必要な物性値が示された。また、特に室内環境における居住環境温度の考え方またその計算におけるふく射の役割等の説明などもなされ、常日頃工業機器における伝熱問題のみを考えがちな参加者にとって非常に啓発される問題提起であったと考える。

また実在の系に対する解析、あるいは団地等の設計段階での事前予測を行なうに際して、その解析式に導入すべき物性値の不足は如何ともしがたいと述べられたことが印象に残る。

上記2氏の講演にひきつづき、谷口氏より大都市および海洋における環境問題への分光写真によるアプローチの例が示された。

上記の講演および討論を通じて、環境における伝熱問題の解明にはより広い基盤にたつ多数の研究者の協力が必要であることが痛感された。

(2) ふく射に関する実験研究について（司会 東工大 黒崎晏夫）

ふく射に関する実験的研究が、特に大学の研究室において不足しているのではないかという観点から、その問題に関して討論会的なものをやってみようという試みであった。ふく射伝熱量の計測および温度計測における経験談や問題点の指摘等が、谷口氏、福迫氏、金山氏、稲井氏、山田氏その他の諸氏よりなされた。また表面のふく射物性の実測研究の発表が研究としてはなかなか受け入れられないで、理論計算のほうが尊重されがちである点をどう考えるか等の提起がなされた。

以上がミーティングの概要ですが、講演者には豊富な資料を持参願った

にも拘らず時間制限のため十分にお話いただけなかった点をお詫びします。
また、参加人数が幹事役のものが当初見込んでいた数の倍以上になったため、用意したプリント等も大半の方々には渡らなかったようですがこの点もお詫び
します。最後になりましたが、司会者、講演者、討論に参加して下さいました方
々、また会場の面倒をみて下さった神戸大学の方々にお礼を申し上げます。

(IM-4) 管内凝縮熱伝達

関西大学 勝田勝太郎

このテーマを選んだのは領域が比較的狭く限定されているので、会社関係の人も参加し易いであろうと考え、かつ研究・調査・整理など漸く完成に近い感がありますので、実際面における本題目研究への要求がどうか、また従来の研究において基本的な考えに欠けているものがないかなどを自由討論で出して頂けないかと考えたからでありました。幸いシンポジウムでの講演発表数も多くなっておりまして、ミーティングに60~70名程は参加してくれたように思います。ただ残念なことは部屋の具合が自由討論にふさわしくなく、講習会か講義風になったことは否めません。大いに反省すべきことと考えます。しかし話題提供者より大変有意義なお話を承りましたので、以下その要旨を簡単にまとめて参考に供します。(敬称省略)

司会

泉 亮太郎(名古屋大学)

(1) 藤井 哲(九州大学)

凝縮現象を従来より研究している自由対流や境界層問題といった立場から出発して考えている。層厚さと伝熱との関係などがそれである。したがって基本的実験態度としては管入口蒸気~管出口完全凝縮液であることが望ましく、短い管を用いることには問題がある。これを水平管における相速度の問題として考えると、管入口付近では軸方向長さが影響しようし、出口付近では円周まわりの流れが関与しよう。

この管内凝縮の有利さは蒸気処理量の小さいときにあり、蒸気と液との密度差の小さいフロンのような場合管径を小さくして速度を上げると有利である。また管内凝縮による蒸気吸込み作用で流れが安定することも考

えられよう。問題は管長さを短くするための条件を求めねばならないことである。

(2) 植田辰洋 (東京大学)

管内凝縮を二相流研究の立場から扱っている。垂直管および水平管内の凝縮を扱って考えなければならぬ点を挙げると、①環状流領域の限界②壁面剪断力③液膜流に関する層流底層-乱流層構造④水平管における底部の凝縮液の蓄積などである。そこで周方向に均一な厚さの液膜が流れる理想的環状流モデルを考えて熱伝達の解析の手順(スライドによる)を示す。

運動量変化より求まる壁面剪断力; 実験値より求まる水平管長手方向の液流量分布; カルマンの一般速度分布を仮定しての液膜レイノルズ数と無次元液膜厚さの関係; 壁面剪断力と同様に求まる界面剪断力; (水平管・垂直管下向流に対する実験式) $\sqrt{\tau_i/\tau_{ov}} = 1 + 1.22 \chi_{tt}^{0.20}$
 τ_i = 界面剪断力、 τ_{ov} = 蒸気単相流れの壁面剪断力など説明。

熱伝達には液膜が層流底層(δ^*)と乱流層とよりなるとして G_i (液流量) $\rightarrow Re_f$ (液膜レイノルズ数) $\rightarrow y_i^+$ (無次元層厚さ) $\rightarrow \delta^+$ (無次元層流底層厚さ) の順序で求め、 χ_{tt} より τ_i をうる手法である。仮定として $\tau_i \div \tau_0$ 、 $q/q_0 = 1$ (q_0 = 壁面での熱流束)、 du^+/dy^+ にはカルマンの一般速度分布を利用する。なお垂直管では断力に重力項を加える。

(3) 勝田勝太郎 (関西大学)

管内凝縮現象を二相流研究の立場から扱って行くが、理論解析における仮定の適切化を期すためには気-液の流動様相を適確に把握しなければならぬと思う。現象の複雑性は凝縮の場合にも伴うのであって、水平管および30°以下の傾斜管内凝縮流れを中心として実験・計算結果(

スライドによる)を示す。

①流動様式(フローパターンマップ)②ボイド率(実測と諸式との比較)③蒸気と液との相対速度④圧力損失:圧力分布、抵抗係数、平均波高との関係、 λ_{TT} による整理⑤環状流における液膜流れ:液膜内流れ(一般速度分布則との比較)、波長・連続底層厚など波高との関係、周方向波高分布⑥流動の不安定化(凝縮液による管閉塞の現象)

(4) 泉 亮太郎(名古屋大学)

(オーガナイザーより予め依頼しておいたので司会者としてでなく所見を簡単に述べていただいた。)

従来研究している熱交換器問題の一環として管内凝縮熱伝達を追究しているが、現象は複雑であって、理想的モデルによる解析が困難であることを認識すべきである。それを傾斜角 $0^\circ \sim 90^\circ$ の管内凝縮における流動・圧損・熱伝達の差違を示す。〔説明はスライドによる。第10回伝熱シンボ、309下向流、第13回伝熱シンボ、421上向流の資料を利用し、壁面剪断力・液の偏り・傾斜角の影響などを中心としている〕

(文責:勝田)

(IM-5) 原子炉の安全性と伝熱・流動現象

京都大学 岐美 格

原子炉の安全性に関連した伝熱・流動に関する研究が、毎年伝熱シンポジウムにおいて発表されている。この種の研究においても、現象を的確に把握し、支配する因子が何であるかをおさえることが重要であろう。その意味で、種々の物理量の時間的変化や変動を計測し、その相関を明らかにすることも必要になろう。このインフォーマルミーティングは、実際に実験に従事しておられるかたがたに、実験上のいろいろの話題を提供していただき、情報の交換を行うとともに、キーポイントについて活発な討論を行って、わが国におけるこの分野の研究のさらなる進展を期待して企画されたものである。多数のかたがたがこのミーティングに参加され、広く伝熱工学に関するコメントを与えられるよう希望していたところ、5月28日(金)午前9時20分から開始されたミーティングには、空席のないほど多数のかたがたが参加され、午後1時まで、時間を延長して、種々の話題が提供されるとともに、活発な討論がなされたことは、オーガナイザとして深く感謝するものである。特においそがしいなかを、話題を提供していただいた諸氏に、この紙上をかりて御礼を申し上げる。

さて、最初にミュンヘン工科大学のH. Schmücker氏(京都大学工学部原子核工学教室外国人招へい研究者)が、自然対流、強制対流、滴状凝縮、沸騰などの諸伝熱現象の把握のために視覚に訴えるべく撮影されたムーヴィを映写して流動にともなう等温線の変化の様子などを見事に披露された。とりあげられたものは、すべて基本的な問題であるが、干渉計を利用してうつし出された映像は、われわれに多くの事柄を教えるものがあり、有益であっ

た。ついで、北から順に話題を提供していただいた。日本原子力研究所において Rosa 実験に参加され、今回も研究発表されている安達公道氏が、二相流の一般理論とその応用、1次元分離二相流の水力学的な基礎方程式について説明され、活発な討論があった。理論であるので、諸式をフォローする時間が充分になかったことは残念であった。原子炉の緊急冷却系と関連して、再冠水やクエンチングの事項が研究の対象としてとりあげられているが、日本原子力研究所において、その実験に参加され、今回も研究発表されている須藤高史氏が、将来の大型実験装置の計画も含めて話題を提供された。この種の実験的成果は、計算コードの開発との関連において重要な意味をもつであろう。動燃事業団大洗工学センターの菊地義弘氏は、従来からナトリウム冷却高速炉の安全性と関連した実験に参加しておられるが、sodium boiling, fuel failure propagation、および molten fuel-sodium interactions の3テーマについて、同センターでの数多くの実験的成果を主にして説明された。これらの成果は、高速炉の設計に反映されるであろう。東京工業大学の小沢由行氏は、主として、水冷却原子炉の出力逸走や冷却材喪失を模擬した実験の成果を説明され、今後の問題点として、高熱流束核沸騰の伝熱機構、核沸騰曲線延長線上の沸騰伝熱機構、非定常二相流の流動機構の解明を指摘された。京都大学工学部の西原英晃氏は原子炉の異常診断法の一つとして沸騰音響の検知がテーマとなっているが、沸騰音響が容器内の定在波の影響を受けること、周波数スペクトルが、実験室規模の容器内の沸騰と、天ヶ瀬ダムにおける沸騰の場合とで異なること、高い(10kHz程度)周波数領域の信号を用いると、2個の検出器で沸騰の位置をきめることができることなどを実験結果をもとにして指摘して、この方面の研究開発に注意を与えられた。従来から、過渡沸騰の実験を行い、多くの精密な実験データを発表してこられた京都大学原子エネルギー研究所の塩津正博氏

が、発熱体の温度計測、ブリッジ法、コンピュータによる出力制御などの種々の実験技術について、豊富な経験をもとにして説明され、非定常伝熱現象の実験的研究に有益な示唆を与えられた。最後に大分大学工学部の吉岡啓介氏が、高温面を流下する液膜の境界の移動速度に関する実験の成果を説明され、高温壁の厚さ方向の熱伝導も考慮した2次元非定常熱伝導式を解く必要のあることを指摘された。この結果は、緊急炉心冷却の解析にとって重要な意味をもつであろう。

以上の8名のかたがたの話題提供を受けて、活発な質疑応答があったが、話題提供者間の意見の交換がなかったことは、司会者の不手際のためであると深く反省している。それにしても、原子炉体系のような複雑な体系における非定常的、過渡的伝熱流動現象の解明は是非ともなしとげなければならないことであり、そのために、どの点にポイントをおいて、どんな物理量を、如何にして計測し、現象を的確に把握するかということが最も重要なことであるという感をさらに深くした。さらに、大学におけるこの方面の研究についても深く考えさせられるものがあった。今回のインフォーマルミーティングは初めての試みであるが、伝熱・流動現象が、直接、間接に原子炉の安全性にとって深いかわりをもっていることを認識して、この方面の研究が一層進展することを期待するものである。ミーティングに参加された皆様に感謝するとともに、若干の感想を述べて、報告書と致した次第です。

(IM-6) 不安定流動現象

神戸大学 坂口忠司

大阪大学 中西重康

動力炉・核燃料開発事業団あるいは船舶技術研究所で開発中の原子炉用蒸気発生器において、蒸発管入口流量をはじめ蒸発開始点、蒸発完了点などが脈動する現象が認められて以来今日まで各方面で研究されているいわゆる“不安定流動”問題について、インホームミーティングを開催いたしました。

当日お願いいたしました話題提供者ならびにその話題名は

(1) 気液二相流動特性と不安定流動

世古口言彦(九大工)

(2) Na加熱蒸気発生器の不安定現象に関する研究の現状

山川正剛(動燃)

(3) 貫流式蒸気発生器における不安定流動について

森恵次郎(三井造船)

(4) 並列流路内を流れる自然循環の安定性

福田研二(動燃)

(5) パラレル沸騰チャンネルの不安定性

有富正憲(東工大)

(6) 電気加熱方式出口過熱蒸気条件の不安定流動実験

滝谷紘一(川崎重工)

(7) 蒸発系における二相流動の不安定

成合英樹(船舶技研)

- (8) 水平蒸発管内の脈動
後田孝一（東大工）
- (9) 水平蒸発管で起こる不安定流動の一実験
葉山真治（東大工）
- (10) 気体スラッグの急成長を伴う流動系の非定常現象について
深野 徹（九人工）
- (11) ガイセリング現象に関する実験結果
小沢 守（阪大工）
- (12) 沸騰二相流系の流れのシステム同定
松井剛一（阪大基）
- (13) 並列管系の流動安定性の解析
鈴置 昭（日立製）
- (14) 自然循環系での不安定流動
古寺雅晴（日立造船）
- (15) LMFBR炉心におけるナトリウム沸騰の解析
横沢弘幸（東京電力）
- (16) ピストンモデルの概念について
一色尙次（東工大）

幸いなことに、きわめて多くの方が心よく話題提供をお引受けくださいましたので、ミーティングは、予定時間を30分も早めて開始された。

まず世古口先生により現在問題になっている現象の分類が下のよう示され解説がなされた。

I、 循環蒸発管

a、 短い蒸発管

b、 水平-垂直繰返し

- c. 長い連絡管 (ATR)
- d. 不特定多数の降水管群
- e. 減圧下の蒸発管 (LiBr水溶液の揚液管)

II、貫流形蒸発管

- a. 貫流ボイラ
- b. FBRのSG (EVA+SH)

ついで、これらの現象をより明確に把握するため以下の諸点についてさらに研究し検討しなければならない旨の報告がなされた。

1. Transient Two-Phase Flow の本格的な研究

- 2、a、過熱域に残存するミスト
- b、サブクール沸騰域
- c、大きな外乱に対する変動特性

3、解析モデルの簡明化

- 4、回避すべき流量変動 (不安定流動) とは? 蒸発完了点近傍のクオリティ変動はいくらまで許容できるか。

引続き山川氏によりNa-FBR密度波形不安定流動現象の問題点について解説されるとともに、以下の電算機用解析コードがすでに開発され、実験結果との比較検討により、コードの精度が向上されつつあるとの説明があった。

時間領域での解析コードとして:

DEW-滝谷(川重)、BOST-門田(東芝)、TH-M1-平尾(三菱)

周波数領域での解析コードとして:

DYMAN-Jones、DALMA-水戸(三菱原子力)、SG-EX-高橋(東工大)、CRESCENDO-鈴置(日立)

さらに動燃団としては、高圧下の二相流動特性のデータの蓄積、不安定流動現象のメカニズムの解明とその支配因子の把握、現象の分析、たとえば周

期、振幅などの整理方法の確立、および不安定判別線図の確立などを主要目的としている旨の報告があった。

以上の総論に引き続いて別表の順序で話題が提供され討論に移った。

まず初めに、青木先生（東工大）より不安定流動現象の研究の歴史的展望がなされ、また赤川先生（神大）より、熱伝達率や二相流のボイド率の相関式の選択にさいして、神経質になりすぎないようにとの助言もあった。さらに現象の解明にさいしての各研究者による物の見方の相違は興味を引く点であった。すなわち、このきわめて複雑な現象を理論解析するにさいして、質量、エネルギー、運動量の各保存式、それに熱伝達などの式をひたすら電算機により解いていく冷徹派と、なにはともあれ、まず現象自体を頭の中で想像し、イメージを画いた後に；一色先生（東工大）言うところの“頭の中でぐるぐると脈動している”状態を自分自身の中に作り上げた後に、これを数式化し解析解を得ることに喜びを見い出すロマン派に分かれていた。たしかに、電算機で解いてしまうと、従来研究者が楽しんできた作業の一部が取り上げられてしまったようにも思え、また冷徹派の論文では、解析していく道筋が、突然、以下電算機によりということ、ぱっと目の前から消えてしまう。そして何の予告もなしに、答だけが、ぼろりと出てきているように思えてしかたがないようです。その上、冷徹派は、この答えに基づいて、不安定流動現象の物理的様相はかくのごとしと解説しますので、その取り組み方の方向が逆になっているロマン派にとっては、いささか面白くないようです。答えの出ってくる速さの速いことは言うまでもなく良いことですが、その答えの妥当性の保証は電算機で与えられるものでなく、その検討は“頭の中で流量が脈動している”状態を作り上げるのが上手なロマン派の洞察に頼らざるをえないといえるようです。結局、両派の思考、考察に耐え得たもののみが正しい解析であると言えるのでしょうから、両派の思考過程を二～三往

復しなれば本物の解析コードになれないのでしよう。この辺に両派の共存の拠り所がありまた両派の協力し合える接点があるように思えました。

最後に、不安定流動問題が、今日までの日本の伝熱・二相流研究界の知恵により解明され、安全で信頼のおける蒸気発生器の純国産化が成功することを願っています。

第13回日本伝熱シンポジウムに参加して

三菱電機(株)中央研究所 田 中 修

日中はやや暑く、汗ばむほどの3日間でしたが、天候にも恵まれ、神戸での伝熱シンポジウムが盛会のうちに終了したことは喜ばしいことと思います。このシンポジウムを準備し、運営され、無事開催し終えられた大会委員長の赤川浩爾先生をはじめ諸先生方のご努力、ご苦心に感謝いたしたいと思えます。

私が伝熱シンポジウムにはじめて参加したのが広島でのことで(昭和47年5月)、そのときの第一印象が非常によく、他の学会とは違った独特の雰囲気のあることがわかり、これはすばらしい研究発表の場であることを痛感しました。それ以来連続して参加し、その雰囲気が連綿と続き、伝統のよさが残っていると思えました。私の所属している研究所から多くの若い人々に講演してもらったのは、地元ということもありますが、私にとって若手研究者の育成が任務の一つであり、このようなシンポジウムにできるだけ多くの人に発表してもらい、知識、技術のレベルアップを図るほうがよいと考えたからです。

さて、発表した若手研究者から聞いてまとめたものですが、企業に属する研究所の研究者の立場から、伝熱シンポジウムに対する感想、批判、希望などを述べてみます。

感想

- 伝熱シンポジウムに参加すると新たな刺激が与えられて、自分達もしっかりやらなくてはと意欲が湧く。

- 企業からの発表が少ないので、なんとなく気がひける。
- あまりにも学問的で、現実と遊離しているものがみられる。
- 各セッション毎に類似のものを集めており、非常によかった。
- 講演数が多くなったせいか、時間的余裕がなくなってきた。

批判

- 参加料が高い。
- 伝熱シンポジウムを主催する学会のごく一部の機関紙しか、伝熱シンポジウムの講演募集とか行事ニュースが載っていない。したがって伝熱シンポジウムがあまり知られていないのではないか。
- 企業の研究所の研究者が理論をたてたり、アカデミックなことをやっているという批判はいただけない。目的は応用であり、開発であっても基礎まで遡って究明しなければ、よい結論が得られない問題もあり、また研究効率も低い。

希望

- 座長あるいはその道の大先生より、講演内容について、わるくてもよくても評価して欲しい。あるいは御意見が欲しい。
- 企業目的については質問して欲しくない。
- 討論時間をもっと長くして欲しい。
- 今回は講演会場が2ヶ所になった。やはり1ヶ所にして欲しい。

色々のことを書き並べましたが、意見を述べた若手研究者の大半が、このシンポジウムのよさを感じとっており、他の学会で発表するよりここで、講演したいと希望しているようです。講演後の討論、意見交換の中で、諸先生方からのさびしい御批判、あるいはほんの少しでも評価につながるお話をし

てもらえることが、研究者に反省、刺激を与え、やる気を起こさせる原動力になることをお伝えしたいと思います。

懇親会の席などで、先生方から『民間からの研究発表をどしどし出して欲しい、企業研究、開発あつてのシンポジウム』と激励されます。たしかにその一面はあると思われるのですが、企業の研究発表の場合、他の企業に洩れてはいけない研究内容がかなりあり、研究担当者は社外に発表したくても、会社として許されない場合が多い。発表するにしても、直接的な表現を避けるとか、どういう目的でこのような研究をしているとは言えない場合がある。この辺が私達企業にいる研究者の辛さかもしれません。企業の研究は、たいてい製品開発に伴うもので、それに関連した基礎および応用研究です。

これからも日本伝熱シンポジウムはそのよい伝統を守り、ますます隆盛に向かわれんことを念願し、私達企業の研究者も一層の研鑽と努力に邁進したいと思っております。

関西研究グループ

日 時 昭和51年1月20日(火) 14.00~17.00

場 所 神戸商船大学シミュレータ棟 1階

講 演 (1)動揺時のフロン113の限界熱流束

＊大辻友雄・花昌三郎・黒次昭(神船大)

(2)非定常自然対流における先端効果の伝播

水上紘一(神船大)

(3)トカマクプラズマにおける粒子およびエネルギー輸送

矢野淑郎(神船大)

見 学 動揺実験室見学

(1) 動揺時のフロン113の限界熱流束

(神戸商船大学)大辻友雄・花畑三郎

黒沢 昭

船用原子炉プラントは船体運動の影響を受けるが、その影響の一つに限界熱流束(CHF)の低下の問題がある。この問題に関しては2, 3の研究がこれまでに行われているが、その低下の機構は未だ明らかにされておらず、動揺時のCHFを予測する方法も確立されていない。筆者らはフロン113を作動流体とする熱流ループを製作し、これを動揺台に搭載して上下動を加え、動揺がCHFに及ぼす影響に関する実験研究を進行中であるが、これまでに得られた結果を報告する。

ループの試験部は内管加熱の二重管構造になっており、外管は内径22mmのバイレックスガラス管で内部の流動状況が観察できる。内管(ヒータ)は外径10mm、肉厚0.52mm、全長1,300mmのSUS27管であり、これに直流電流を流すことによって加熱する。ヒータの下流端から約15mm上流側の箇所に電圧タップを取り付け、ヒータを電圧タップの両側に2区画に分割し、外部抵抗と組合わせてブリッジ回路を作り、その非平衡電圧によってCHFを検出した。動揺台の振巾は5.4m(一定)で、振動数は0から連続的に変化させることができる。

静止時のCHFは、熱流束の微小増加に伴うCHF検出器出力の逸走の上昇によって識別される。これに対して、動揺時には、その時の条件に応じて程度の差はあるが、熱流束を上昇させていくと初めに動揺周期に同期した振動が、CHF検出器出力に現われ、さらに熱流束を増加させると、CHF検出器出力の一周期における上昇量が下降量よりも大きくなり、出力はどんどん上

昇し続ける。このように、動揺時には CHF 点が静止時と比べて不明確になるが、今回の実験では、振動開始点ではなく、CHF 検出器出力が振動しながらも上昇し続ける点を CHF と定義した。(具体的には電圧タップより下流側のヒータ平均温度が上流側のそれよりも約 30℃高くなった場合に相当する点を CHF 検出器出力が通過した時に加熱電源を遮断し、その時の熱流束を CHF とした。)

今回行った実験の諸パラメータの範囲を第 1 表に示す。第 1 図には、それぞれの条件における、動揺時と静止時の CHF の比をピーク加速度の関数としてグラフに表わしたものを示す。これらの図から分るように、一般に、動揺加速度が大きくなると CHF は低下するが、その低下の様子は流量、入口サブクール大きさによってかなり異なる。又、入口サブクールが小さい(従って出口エンタルピーが大きい)時には、見かけの重力加速度の変化の小さいところで、動揺時の CHF が静止時のそれよりも大きくなっている。このことは上に述べた CHF の定義と関連しており、CHF 検出器出力の振動開始点を CHF と定義すれば、動揺時 CHF は静止時 CHF よりも小さくなる。動揺時の CHF は、当然流量変動と密接に関係しているが、今回の実験で得られた流量変動率の観測値を第 2 図に示す。

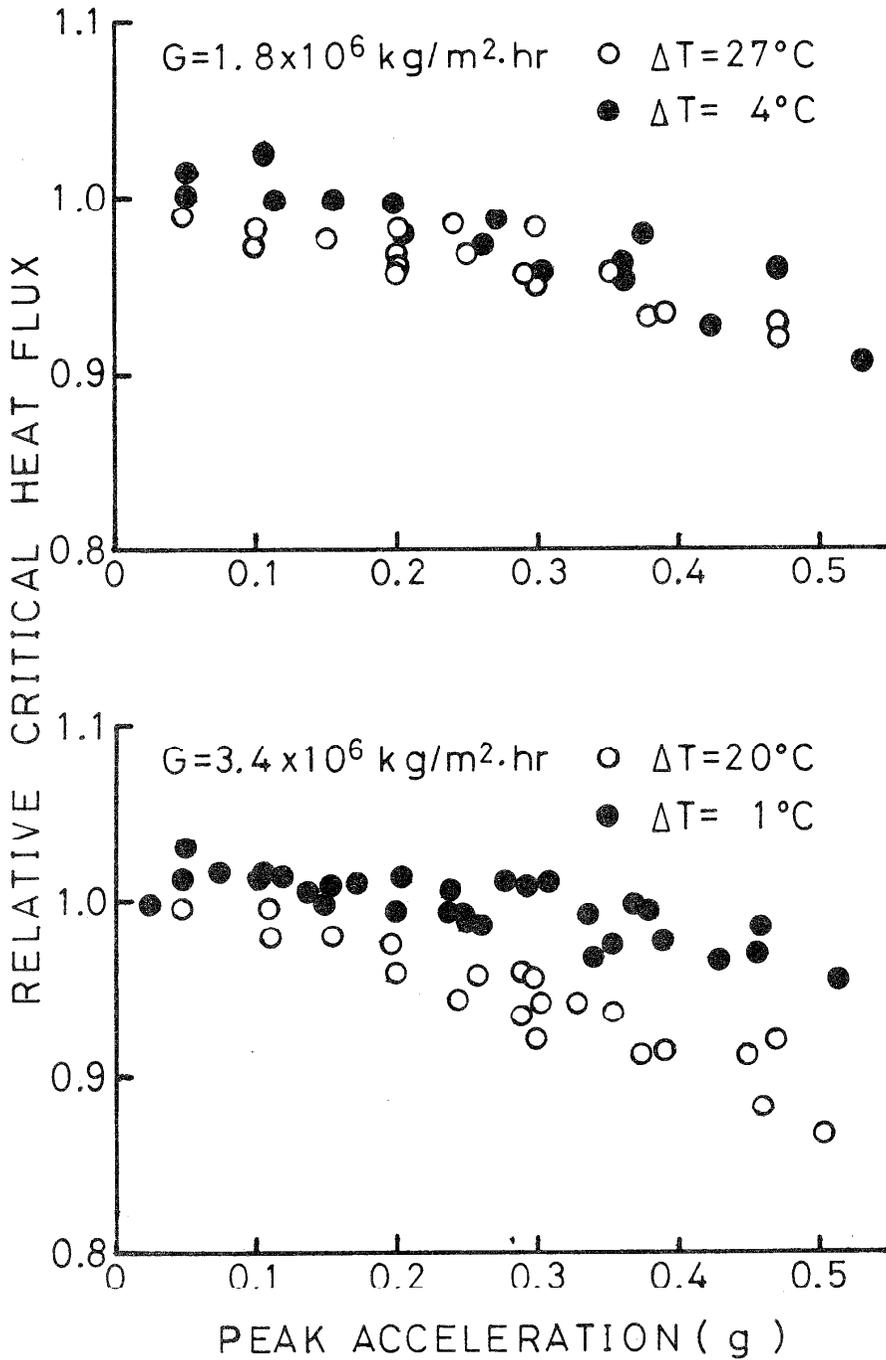
これまでの実験結果からは、動揺時の CHF 低下機構の解明という初期の目的を果すには到らなかったが、今後の課題として次のような実験を計画している。

- (1) 第 1 表に記した実験のパラメータ以外に、圧力、流量、サブクール、重力加速度などのパラメータ範囲を広くとって実験を行う。
- (2) 今回比較的高エンタルピー領域を扱ったが、低エンタルピー及びサブクール沸騰域について実験を行う。又、高速度カメラ等を使用して現象の把握に努める。

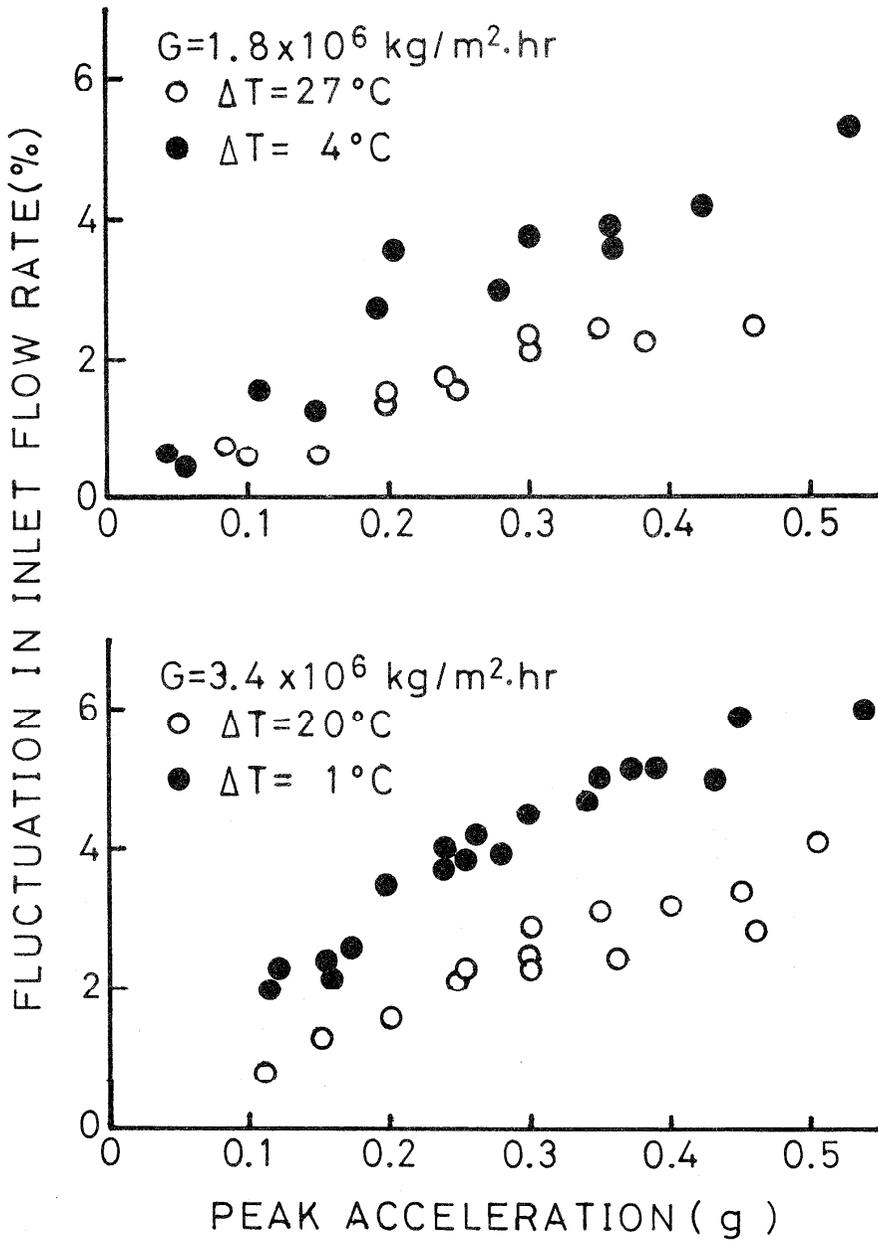
- (3) ループを静止させたままで動揺時と同じ周期、振巾の流量変動を与え、動揺時の結果と比較する。
- (4) ポンプの種類を変えるなどして、動揺時にも流量が変化しないようにし、流量変動の影響を除去する。(現在は遠心ポンプを使用)

第 1 表 実験条件の範囲

圧 力 kg/cm^2 a	加速度変動 g	流 量 $10^6 kg/m^2 \cdot hr$	入口サブクール $^{\circ}C$	静止時CHF $10^5 kcal/m^2 \cdot hr$	同左時の 出口クオリティ
3.0	0~0.5	1.8	27	1.39	0.127
			4	0.96	0.196
		3.4	20	1.70	0.063
			1	1.13	0.133



第1図 動揺によるCHFの相対的变化



第2図 動揺による流量変動率の変化

(2) 非定常自然対流における先端効果の伝播

(神戸商船大学) 水上紘一

静止した一様温度の流体中に置かれた垂直半無限平板をある時刻から加熱しはじめるものとする。平板上の任意の点における熱伝達は、はじめは、一方向熱伝導により、しばらくすると、対流の影響が現れてくる。このような熱伝達の様相の遷移は、平板に先端があるゆえに生じるので、先端効果と呼ばれている。ここでは、強制条件(平板表面の温度あるいは熱流束)が時間とともに変化する場合に、変化の仕方が先端効果の伝播にどのように影響するかを、GoldsteinとBriggs⁽¹⁾の方法を用いて解析した。この方法では、垂直半無限平板が加熱されはじめると、はじめ先端の高さに位置していた流体が波のように上昇しはじめ、この先端波が到達すると対流の影響が現れはじめると仮定される。さらに、先端波の速度は無限平板に対する速度解によって与えられると仮定する。表面熱流束が時間のべき乗に比例する場合、表面温度が時間のべき乗に比例する場合、表面温度が時間とともに指数関数状に増加する場合、表面熱流束が時間とともに指数関数状に上昇する場合を例証のための強制条件として取上げた。

解析と計算の結果、先端効果の伝播は

$$\left(\frac{g\beta\sqrt{\alpha}q_w}{\lambda x}\right)^{2/5}\tau_1 = I(Pr) \quad (1)$$

あるいは

$$\left(\frac{g\beta\theta_w}{x}\right)^{1/2}\tau_2 = J(Pr) \quad (2)$$

のように表わせることがわかった。ただし、 g 、 β 、 a 、 λ 、 Pr はそれぞれ重力加速度、体膨張率、温度伝導率、熱伝導率、プラントル数であり、 x は先端から測った先端効果の伝播距離 q_w および θ_w は時間依存の表面熱流束および表面温度上昇、 $I(Pr)$ と $J(Pr)$ はプラント数のみの関数である。 τ_1 と τ_2 は時間変数であって、たとえば、表面熱流束が時間のべき乗に比例する場 ($q_w \propto t^n$) には

$$\tau_1 = \frac{t}{n+1.57} \quad (3)$$

$$\tau_2 = \frac{t}{n+1.89} \quad (4)$$

となる。このように、強制条件の変化の影響は、時間変数 τ_1 、 τ_2 にのみ含まれる。

はじめに挙げた4つの場合に対して、粗い近似ではあるが、

$$\tau_1 \simeq \tau_\theta = \frac{1}{\theta_w} \int_0^t \theta_w dt_1 \quad (5)$$

$$\tau_2 \simeq \tau_{q_1} = \frac{\int_0^t \int_0^{t_1} q_w dt_2 dt_1}{\int_0^t q_w dt_1} \quad (6)$$

がなりたつ。(1)、(2)式の τ_1 、 τ_2 のかわりに換算時間 τ_θ 、 τ_{q_1} を用いると、その他の場合にも適用できる先端効果の伝播を表わす近似式が得られる。換算時間は強制条件と直接結びついている点で便利な変数である。

参考文献

- (1) R. J. Goldstein and D. G. Briggs, "Transient free convection about vertical plates and circular cylinders", J. Heat Transfer 86, 490-500 (1964)

(3) トカマクプラズマにおける粒子および エネルギー輸送——とくに中性粒子を中心として——

(神戸商船大学原子動力学科) 矢野淑郎

序論として、トカマク型の装置による核融合開発の現状を簡単に述べ、そのプラズマにおいてジュール加熱が壁およびリミッターに失われるまでのエネルギー輸送の方式と、たとえば、JT-60のような大型のトカマク装置においてあらわれるバナナ領域の輸送現象を概説した。¹⁾ つぎに本論として、筆者らが日本原子力研究所において行ったトカマク型装置JFT-2の中性粒子計測の原理と方法について述べ、また輸送理論による中性粒子の放出スペクトルなどの計算結果について述べた。²⁾

トカマクプラズマがJFT-2(大半径90 cm、プラズマ半径25 cm、プラズマ温度数100 eV)クラスの装置でつくられる場合には、粒子およびエネルギー輸送としては、プラトー領域の粒子拡散および熱伝導が重要であるが、また、プラズマの高エネルギーイオンがプラズマ中に少量存在する中性粒子(通常H原子)と行なう電荷交換反応によって中性化する、いわゆる電荷交換反応による粒子とエネルギーの損失も重要である。この電荷交換によるエネルギー輸送は一つの特異な熱伝導の一種と考えられる。輸送理論を用いた一次元の計算方法を示し、その中性粒子によるエネルギー輸送に関して、中性粒子の空間分布、そのエネルギー分布についての結果を示した。今後の問題として、電荷交換反応によるエネルギー輸送を熱伝導とみて取扱うことを検討中である。

さらに核融合炉に近い大型の装置においては、プラズマ中の輸送現象には捕捉粒子による効果が強くあらわれてくると予想される。一方電荷交換反応

による輸送はプラズマの周辺部において重要となるが、全体からみたエネルギー損失に占める役割は小さくなる。しかし放出される中性粒子のスペクトルの解析は、捕捉粒子のふるまいを解析する上で極めて有用と考えられ、この結果からイオン間のエネルギー輸送機構の解明に有用であると考えられる。

文 献

- 1) H. P. Furth; Nuclear Fusion 15(1975)487
- 2) S. Yano; JAERI-memo 4243(1970)
矢野、白形、高橋、北村、牧野; JAERI-M 5276(1973)
K. TOI, T. TAKEDA, N. SUZUKI, T. SUGAWARA, S. ITOH, H. SHIRAKATA, K. TAKAHASHI, S. YANO; Nuclear Fusion 15(1975)637

(日本伝熱研究会、51年1月20日 於神戸商船大学)

会 告

◎ 昭和51年度会費(3000円)納入の件について

51年度会費(3000円)納入のまだお済みになっていない方は事務の取扱い上、至急同封の郵便振替等にてお支払い下さい。

日本伝熱研究会への入会手続きについて

(1) 個人会員

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

申込書送付先：〒152 東京都目黒区大岡山2-12-1

東京工業大学生産機械工学科 応用熱学講座気付

日本伝熱研究会

郵便振替口座：東京6-14749

銀行振替口座：第一勧業銀行大岡山支店・普通預金

(店番号145)-(口座番号 1342238)

日本伝熱研究会

日本伝熱研究会員申込書		(昭和 年 月 日)	
ふりがな 氏名	年 月 日生	学 位 称 号	
勤務先・部・課			
同上所在地	(電 番)		
通 信 先	〒 (電 番)		
現 在 所	(電 番)		
最終出身校 及卒業年月日			
備 考			

(2) 維持会員

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

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

伝熱研究

Vol. 15 No. 58

1976年8月発行

発行所 日本伝熱研究会

〒152 東京都目黒区大岡山2-12-1

東京工業大学生産機械工学科応用熱学講座気付

日本伝熱研究会

電話 (726) 1111 (代) 内線 2539

振替 東京 6-14749

(非売品)