

伝熱研究

1991
January

Vol. 30

No. 116

Journal of Heat Transfer Society of Japan

〈特集：第9回国際伝熱会議〉

国際伝熱会議よもやま話……………甲藤 好郎

第9回国際伝熱会議と論文審査について……………小竹 進

各分野のレビュー・報告

飯田 嘉宏	石黒 亮二	荻野 文丸	上宇都幸一
河原 全作	高城 敏美	棚沢 一郎	戸田 三朗
日向 滋	布施木 徹	本田 博司	松尾 篤二
水上 紘一	柳原・ジュランディール・一蔵		

〈研究トピックス〉

エネルギー変換と光量子工学……………板谷 義紀、架谷 昌信

航空機によるマイクログラビティー下での伝熱実験……………大串 哲朗、村上 政明
高田 考、矢尾 彰

〈故大谷茂盛先生を偲んで〉

大谷茂盛先生の御急逝を悼む……………平田 賢

大谷茂盛先生を偲んで……………藤掛 賢司

大谷先生を偲ぶ……………飯田 嘉宏

大谷茂盛先生を偲んで……………架谷 昌信

大谷先生を偲んで……………三浦 隆利

〈特別寄稿〉

Observations from a JSPS Fellowship Visit to Japan

……………Thomas F. Irvine, Jr.

〈国際会議報告〉

NATO ASIに参加して……………土方 邦夫

旧東独で開催された二つの国際会議に出席して……………花岡 裕

ASME Winter Annual Meetingに参加して……………黒崎 晏夫

日本伝熱研究会第29期（平成2年度）役員

会 長		石 黒 亮 二 (北 大)
副 会 長	(無任所) (事務担当)	鈴 木 健二郎 (京 大) 黒 崎 晏 夫 (東工大)
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	花 岡 裕 (室工大) 三 浦 隆 利 (東北大) 森 康 彦 (慶 大) 藤 田 秀 臣 (名 大) 竹 越 栄 俊 (富 大) 芹 澤 昭 示 (京 大) 菊 地 義 弘 (広 大) 深 野 徹 (九 大)
幹 事 (23名)	岸 波 紘 機 (室工大) 相 場 眞 也 (秋田高専) 石 黒 博 (筑波大) 西 尾 茂 文 (東 大) 吉 澤 善 男 (東工大) 長 野 靖 尚 (名工大) 平 田 哲 夫 (信 大) 浜 口 八 郎 (神 戸 大) 平 田 雄 志 (阪 大) 栗 間 諄 二 (山 口 大) 神 坂 光 男 (三菱重工) 清 水 昭比古 (九 大)	早 坂 洋 史 (北 大) 島 田 了 八 (石巻専修大) 中 島 忠 克 (日 立) 西 脇 信 彦 (東農工大) 中 山 顕 (静 大) 木 村 照 夫 (福 井 大) 萩 原 良 道 (京 大) 平 井 秀 一 郎 (阪 大) 坂 本 雄 二 郎 (神 鋼) 森 岡 齋 (徳 大) 佐 田 富 道 雄 (熊 大)
監 査 (2名)	稲 井 信 彦 (東 芝)	河 村 洋 (理 科 大)
「伝熱研究」編集委員長		太 田 照 和 (東 北 大)
第28回日本伝熱シンポジウム準備委員長		伊 藤 猛 宏 (九 大)

伝 熱 研 究

目 次

〈特集：第9回国際伝熱会議〉

国際伝熱会議よもやま話	甲藤好郎(日 大)...	1
第9回国際会議と論文審査について	小竹 進(東 大)...	11
第9回国際伝熱会議における液体金属熱伝達に関する		
パネル討論会について	石黒亮二(北 大)...	16
伝熱促進(先端エネルギー工学を含む)	棚沢一郎(東 大)...	19
強制対流単相伝熱(乱流、層流)、乱流輸送現象	荻野文丸(京 大)...	25
自然対流伝熱(共存対流も含む)	戸田三朗(東 北大)...	30
沸騰熱伝達(CHF、ポストCHFも含む)	水上紘一(愛 媛 大)...	34
凝縮熱伝達	本田博司(九 大)...	39
第9回国際伝熱会議における二相流の研究動向	日向 滋(信 州 大)...	43
ふく射伝熱	上宇都幸一(大 分 大)...	46
燃焼・CO ₂ ・環境	高城敏美(阪 大)...	48
熱流体の数値シミュレーション	布施木徹(計算流体研)...	49
エルサレム大会での研究発表の様子とその反省の記	飯田嘉宏(横 国 大)...	51
第9回国際伝熱会議に参加して	河原全作(京 大)...	52
第9回国際伝熱会議に参加して	松尾篤二(三菱重工)...	54
第9回国際伝熱会議に参加して	柳原・ジュランディール・一蔵(横 国 大)...	56

〈研究トピックス〉

エネルギー変換と光量子工学	板谷義紀、架谷昌信(名 大)...	57
航空機によるマイクログラビティー下での伝熱実験		
.....	大串哲朗、村上政明、高田 考、矢尾 彰(三菱電機)...	66

<故大谷茂盛先生を偲んで>

大谷茂盛先生の御急逝を悼む	平田 賢(東 大)...	74
大谷茂盛先生を偲んで	藤掛賢司(豊田中研)...	75
大谷先生を偲ぶ	飯田嘉宏(横 国 大)...	77
大谷茂盛先生を偲んで	架谷昌信(名 大)...	78
大谷先生を偲んで	三浦隆利(東 北 大)...	80

<特別寄稿>

Observations from a JSPS Fellowship Visit to Japan Thomas F. Irvine, Jr. (State Univ. of New York).....		82
--	--	----

<国際会議報告>

NATO ASIに参加して	土方邦夫(東 工 大)...	89
旧東独で開催された二つの国際会議に出席して	花岡 裕(室蘭工大)...	92
ASME Winter Annual Meetingに参加して	黒崎晏夫(東 工 大)...	96

<地方研究グループ活動報告>

北海道地方グループ I. 特別講演会		
II. 北海道地方第1回伝熱セミナー	花岡 裕(室 工 大)...	99
東北研究グループ「1990年秋期伝熱セミナー」	三浦隆利(東 北 大)...	101
策1回北陸信越伝熱セミナー報告	竹越栄俊(富 大)...	102
北陸信越グループ(妙高山麓セミナー)の報告	竹越栄俊(富 大)...	103
東海地方研究グループ主催		
浜名湖畔セミナー“乱流伝熱の基礎と最前線”を終えて	中山 顕(静 大)...	105
関西研究グループ伝熱技術フォーラム例会報告		
..... 片岡邦夫(神 戸 大)・芹澤昭示(京 大)...		107

<お知らせ>

第28回日本伝熱シンポジウム		109
中四国研究グループ《第3回講演会および見学会のご案内》		111
混相流シンポジウム'91(第10回)参加募集要項		112
3rd UK National and 1st European Heat Transfer Conference		114
International Conference on Multiphase Flows '91-TSUKUBA		116
European Conference on Heat Recovery and Heat Rejection		117

Journal of Heat Transfer Society of Japan

Vol.30, No.116, January, 1991

CONTENTS

<9th International Heat Transfer Conference>

Various Topics of International Heat Transfer Conferences	
..... Yoshiro Katto (Nihon Univ.)	1
An Overview of the 9th International Heat Transfer Conference and Screening Problems of the Papers	
..... Susumu Kotake (Tokyo Univ.)	11
On the Panel Discussion for Liquid Metal Heat Transfer at the 9th International Heat Transfer Conference	
..... Ryoji Ishiguro (Hokkaido Univ.)	16
A Review on Heat Transfer Enhancement (including Advanced Energy Engineering)	
..... Ichiro Tanasawa (Tokyo Univ.)	19
A Review on Forced Convective Single-Phase Flow Heat Transfer and Turbulent Transport Phenomena	
..... Fumimaru Ogino (Kyoto Univ.)	25
A Review on Natural Convective Heat Transfer (including Mixed Convection Heat Transfer)	
..... Saburo Toda (Tohoku Univ.)	30
A Review on Boiling, Critical Heat Flux and Post Critical Heat Flux	
..... Koichi Mizukami (Ehime Univ.)	34
A Review on Condensation	
..... Hiroshi Honda (Kyushu Univ.)	39
Report on Two Phase Flow in 9th IHTC	
..... Shigeru Hinata (Shinshu Univ.)	43
A Review on Radiation Heat Transfer	
..... Kouichi Kamiuto (Oita Univ.)	46
A Review on Combustion Heat Transfer	
..... Toshimi Takagi (Osaka Univ.)	48
A Review on Numerical Simulation in Heat Transfer	
..... Tohru Fuseki (ICFD)	49
Presentation Method at the Jerusalem Congress and Self-examination	
..... Yoshihiro Iida (Yokohama National Univ.)	51
Impressions of the 9th International Heat Transfer Conference	
..... Zensaku Kawara (Kyoto Univ.)	52

Impressions of the 9th International Heat Transfer Conference Tokuji Matsuo (Mitsubishi Heavy Industries)	54
Impressions of the 9th International Heat Transfer Conference Jurandir Itizo Yanagihara (Yokohama National Univ.)	56
<Research Topics>	
Application of Quantum to Energy Conversion Yoshinori Itaya and Masanobu Hasatani (Nagoya Univ.)	57
Heat Transfer Experiment under Micro-gravity by Aircraft Tetsurou Ohgushi, Masaaki Murakami, Takashi Takada and Akira Yao (Mitsubishi Electric Co.)	66
<In Memory of Professor Shigemori Ohtani>	
In Memorial-Professor Shigemori Ohtani Masaru Hirata (Tokyo Univ.)	74
Memories of Dr. Shigemori Ohtani Kenji Fujikake (Toyota Central Res. & Develop. Labs., Inc.)	75
In Memory of Prof. Ohtani Yoshihiro Iida (Yokohama National Univ.)	77
In Memory of Professor Shigemori Ohtani Masanobu Hasatani (Nagoya Univ.)	78
In Memorial Professor Shigemori Ohtani Takatoshi Miura (Tohoku Univ.)	80
<SPECIAL CONTRIBUTION>	
Observations from a JSPS Fellowship Visit to Japan Thomas F. Irvine, Jr. (State Univ. of New York)	82
<Reports on International Conference>	
NATO Advanced Study Institute Kunio Hijikata (Tokyo Inst. of Technol.)	89
An Impression on Two International Conferences Held in Former East Germany Yutaka Hanaoka (Muroran Inst. of Technol.)	92
ASME Winter Annual Meeting Yasuo Kurosaki (Tokyo Inst. of Technol.)	96
<Reports on the Local Group Activities>	99
<Announcements>	109

<特集： 第9回国際伝熱会議>

国際伝熱会議よもやま話

甲藤 好郎 (日大・理工学部)

1.

今年(1990年)の8月、イスラエルはエルサレムの第9回国際伝熱会議の会場の中で、出席者の一人から私は一通の手紙を渡されました。そしてそれは本誌「伝熱研究」の編集委員、芹沢先生が日本で託されたもので、何だろうとその場で開いてみると、1枚の紙に書いたやや長文の書面でした。それでざっと眼を走らせると、国際伝熱会議のよもやま話、舞台裏の話、その他云々を書くようにとの文章が眼に止まりました。イラクの化学兵器やミサイルの照準がエルサレムに向けられていたかどうかは定かではありませんが、何しろ場所が国際会議の会場ただけに深くも考えず、「あゝ、いいですよ」とお使いの方に答えたような記憶があります。しかも原稿は12月中旬までにとありましたので、未だだいぶ先のことだし、そのまま封筒に手紙を戻し、帰国した後、芹沢先生から電話で念を押された時も、中は見ずに、一度お約束したことだからOKですと気楽に返事を申し上げたことでした。

ところが最近思いがけず私は、現在の勤務先で学科主任に選挙され、この10月から2年間の任期。以前、東大にいたとき主任教授を2回やらされて、しかも1回目などは大学紛争の真っ最中。想像も出来ないほど膨大な仕事をやらされました。だから、もうこれ以上は沢山という気持ちがない訳でもなかったのですが、日頃、大変お世話になっている勤務先には、中東問題以後の日本のように、汗をかく形で協力しなければ男が立ちません。そして実際に10月に入ってみて驚いたことは、日大の学科主任というのも実に忙しい。日大に限らず私学の学科主任というもの、総じてそういうものかも知れませんが、気もそぞろのうちに毎日が過ぎて原稿締切の期限が迫って来ました。

そこで無理やり余裕を作り、あらためて芹沢先生の手紙を出し、順を追って読みながら、やおら考えたとき、何でこんな原稿を安易に引受けたのかと愕然としました。と言うのは、そこで要望されているのはどうも、これまで公開されていないとか、表面に出していない、それだけに面白い話が主であるらしく、また実際そういう記事が読者の興味をひくことになりましょう。しかし国立公文書館や外務省の資料でも、こと外交や国際関係のものは、時効になる頃、初めて公表されることは誰でも知っていることです。もちろん本稿の場合は、それに比べて規模は小でありましょうが、一国の名誉に関するようなことは、なかなか筆にのせられないし、また国の内外を問わず個人についても同じことです。つまり、面白い裏話のようなものは簡単には出来ない訳ですし、その当たり前のことに今ごろ気付くのは大きな失態に違いありません。し

かし約束を守ることを信条にしている私にとって、約束はまさに約束ですから、気を取り直し、差し障りのないことを主体に話を始めることにいたしましょう。

2.

さて今ここで話題になっている国際伝熱会議は、第1回会議（1951年）から数えて本年（1990年）の第9回会議まで実に40年の歴史を持ち、つまり、ほぼ半世紀近い長さであります。もちろん「山高きがゆえに尊からず」、ただ歴史が長ければいいという訳でもありませんが、その40年の長い間に払われた多くの人々の努力や貢献の重みは、想像以上に大きなものがありました。そして現在の国際伝熱会議（International Heat Transfer Conference）は、国際伝熱会議連合（Assembly for International Heat Transfer Conferences）の企画によって計画運営され、また各会議ごとに国際論文委員会（International Scientific Committee）が作られ、“招待講演論文”の選定とか、“一般論文”の収集、査読、採否決定などに責任を持つようになってきていることは、多くの人が知っていることです。

しかし言うまでもなく、この第一回会議から第九回会議まで全部が全部、こういう形で運営されて来た訳ではありません。ごく大まかに言えば、第一回会議から第三回会議まではアメリカ、イギリスの企画、運営であり、それから第三回会議（1966年）の頃、国際的な中心機構を作ろうという動きがあって、結局それが前に述べた国際伝熱会議連合（以下、簡単のためアセンブリと呼ぶことにいたします）になる訳であります。当時、その動きに参加した国は、カナダ、西独（当時の）、フランス、日本、英国、ソ連、アメリカであります。つまりそういう国々からの代表（原則的には機械工学、化学工学それぞれから）が、第三回国際伝熱会議（それはシカゴで開かれたのですが）のとき集って討議の末、アセンブリの運営規約素案を作成、それを各国に持ち帰って批准し、翌年ふたたびパリに集り、若干の改定も行われて正式の規約が出来たのです。

そしてそのアセンブリの正式成立から3年後、第四回国際伝熱会議（フランスと西独の共催）がパリで開催されたのですが、つまりこれがアセンブリの企画のもとに開催された最初の会議ということになります。またその時、第五回会議は日本でやることがアセンブリで決められております（当時は今と違い開催都市までは決めていない）。そして日本国内の判断に基づいて、第五回会議が東京で行われたのですが、ごく簡単にいうとこの東京会議が、ある意味でその後の国際伝熱会議の中心スタイル、つまり現在の形式を決めたと言えるものになっています。そしてその後、カナダのトロント、西独のミュンヘン、アメリカのサンフランシスコ、今回のエルサレムと続き、また今後、第十回会議（1994年）はソ連のキエフ、第十一回会議（1998年）は英国のブライトンで開催するという予定が決まっているという訳です。

3.

ところで日本の運営にかかる東京会議は、いま申し上げたように、いろいろ主要な面でその後の会議の形式をきめています。例えば、論文集の形、寸法、形式にしても、また会議のロゴ（つまりシンボルマーク）の作成、それから国際論文委員会を作って加盟各国がそれぞれ中心になって分担領域から論文を集め、査読し、採否を決定するようなことが、以後ずっと続いている訳です（実は第4回会議までは、例えば日本からの論文はずっとアメリカで査読、採否決定されました）。従って東京会議は、われわれとして大変誇りに思っているいい会議であろうかと思えます。もちろん今から考えますと、当時はまだ国際会議というものを日本で開くこと自体かなり勇気のいることでありました。また第四回会議の後の4年間、東京会議の準備のために多くの関係者がいろいろの苦勞をした訳ではありますが、それが非常な成功裡に完了することが出来た。しかも前述のように、国際伝熱会議の標準スタイルを作った。そしてそれだけに私たちの年配のものにとって、国際伝熱会議というتماず、第五回会議と、それに至る以前のことがそれなりに懐かしく思い出される訳であります。

さて第二回会議から第三回会議の頃を振り返ってみると、今の若い方々には想像もつかぬ位、当時の日本、否それだけでなく世界の状態さえ、今とは随分違ったものでありました。例えば第二回会議、これは昭和36年（1961年）の8月にアメリカのボウルダーで行われ、その時、日本からは10篇か11篇の論文が提出されましたが、その会議のはじまる20日ほど前の夕方、東京の赤坂プリンスホテルで、出陣式と言っては大げさですが、出席者の懇親会なるものが開催されています。今ではもう皆さん、気楽かつ勝手に国際会議に出かけていますが、あのとき出席者が集って互に元気を確かめあうというような会合をやったこと。まあ、これは当時の一般風習という訳でもなかったのですが、それにしても今から見れば当時の雰囲気是相当よく表わしていると言えるかも知れません。そして今それは昭和36年のことと申し上げましたが、この昭和36年はどんな年であったか。それは未だ東海道新幹線が開通する3年も前であり、高速道路もまだ日本にはなく、名神高速の全線開通がそれから4年後、東名高速は何と8年後。ま、そういうような時代で、国際的にみても、今年、劇的な形で崩壊したベルリンの壁、あの壁が東独によって東西ベルリンの境界に重苦しく作られたのが、やはりこの昭和36年のことなのです。またついでに申しあげれば、日本原子力研究所で国産第一号研究用原子炉に初めて火がともったのが翌年。とにかくそんな時代でありました。それに未だ東京の街は綺麗ではなく、当時はまだ大抵の道路の両側に下水用のドブが流れていたような時代だったと思います。なにしろ英国の新聞か何かに、東京は“世界の大きな田舎”だと書かれたりしていたのですから。

4.

それにしてもその年の秋に日本伝熱研究会が発足しました。この研究会は当時、日本の伝熱

研究の国際連絡をも一つの大きな目的として作られたもので、これを基盤に日本学会に伝熱関係の研究連絡委員会を作り、わが国の伝熱分野の国際的窓口にする計画も進められました。そしてそれから2年半ほどして、第一回日本伝熱シンポジウムが開かれ、それ以降、毎年ずつと行われて来ている訳ですが、まあ、そういう風にして日本の中の伝熱研究の研究者が手を取り合って研究レベルを上げて行こうとする機運が、その頃急に盛り上がって来た訳です。なお、ついでに申し上げますと今とは違い、当時の日本の学問、技術の進み方は、大まかに言えば、外国がどの方向を向いた、外国がどんなことをした、だからその方向、問題を追いかけるといった感じの強いものでありました。ですから学会誌などでも当時は、いろいろの工学分野の展望記事が随分流行したものでありました。また日本の工業力、科学的能力もまだまだ西欧の後塵を拝するという感じの時代であったと言えようかと思えます。今の水準から言えば当然のことながら、国際性というか国際感覚も表面的で、例えば第三回国際伝熱会議（シカゴ、1966年）の翌年、日本機械学会が伝熱関係を主にして国際的なシンポジウムを開催したことがあります。そして、そのシンポジウムの名称が Semi-International Symposium で、このように Internationalの前に'Semi'を付けたのは、外国からの出席者や国の数が限られ、国際会議というには気がひけるといった、ある種の謙虚さからでありましたが、限られた外国人の参加する会議であっても、国際的な性格のものならInternationalと言うのが筋だということを、後になって外国から教わったりするという状況でありました。

5.

さて、それはともかく第三回国際伝熱会議（1966年）の前の年、そういった伝熱に関する熱気あふれる国内活動の中から、伝熱研究の指導的な立場の人達の間で、将来、日本で国際伝熱会議をやりたいという動きが早くも始まった訳です（実は前述の機械学会のシンポジウムもその流れに沿っていると言えましょう）。それは当時としては非常に先見の明があったと言える訳ですが、あの頃、このように何か新しい計画を進めようというような時には、未だ国内交通も至極不便な時代だったせいも、まず主だった大学の先生や研究者に連絡し、それから発起人会とか準備会とかのステップを一つづつ慎重に踏みながら、最後に全国的な一つの運動組織を作って推進するといった動きをよくやったものであります。そしてこの場合、最終的には1966年5月“国際伝熱会議連絡委員会”の設立に到達するのですが、面白いことに、そうした動きが日本で始まったところへ、アメリカとイギリスの機械学会、化学工学協会の各会長4名連署で日本の機械学会、化学工学協会に、前述の国際的アセンブリの設立を検討する“臨時委員会”への参加を呼びかけて来たように思います。従って日本としては嫌も応もない訳でしたが、しかし多くの指導的な人達の本心はむしろ、日本で国際伝熱会議をやりたいという希望の方が優先していたと言えようかと思えます。そしてその辺の経緯については前に「伝熱研究」に書いた

ていますので、重複するようなことは避けたいと思いますが、いずれにせよ第三回国際伝熱会議の折にシカゴで開かれた“臨時委員会”に日本から二人の代表（機械系、化学工学系）が出席しました。そしてアセンブリ設立の討議に参加すると同時に、日本での国際会議開催の希望意志を公式、非公式に表明して行った訳です。

またそれが、パリの第四回国際伝熱会議の次に第五回国際伝熱会議を東京でやるという所につながって行った訳ですが、しかし当時は前にも話したような日本の社会的、国際的狀態であり、関係者の人達自身だって、国際伝熱会議のような本格的な国際会議の日本開催が近い将来に実現するとは思っていなかったというのが真実であったように思います。また実際、このシカゴにおけるアセンブリ設立のための臨時委員会に参加した日本代表の一人から聞いた話では、その人は国際伝熱会議の日本開催を極力プッシュしたのだけれど、もう一人の代表は積極的な意見は言われず、むしろ日本はまだ難しい状況だと言われるので困ったということでした。しかし考えてみると、この後者の方の意見も決して誤っていたということではなく、当時の日本の状況では、そんな仕事は難しいと思っている人の方がむしろ多かった、その気持を代弁したと解すべきものかも知れません。ただ、それだけに、積極的な線で推進した人達の功績は、国際会議の日本招致だけでなく、その後の日本の伝熱研究自体を大きく盛り上げる力にもなっている訳で、いずれにせよ、これら先輩の努力を忘れてはならぬことでしょう。

6.

さて、第三回シカゴ会議の時に開かれた前述のアセンブリ準備委員会で、アセンブリの運営規約の素案が作られ、関係各国の批准をすませ、その翌年（1967年）、パリでもう一度集った準備委員会で討議の後、正式のアセンブリ規約が出来上がったのでした（ついでながら日本は当時、日本学術会議内の熱工学研究連絡委員会をもって、日本の代表窓口、つまり国内代表組織としてアセンブリに加盟したのですが、このことは今ではすっかり忘れ去られています）。そしてその3年後に第四回国際伝熱会議が行われるという順序になりますが、当初のアセンブリ運営規約は大まかに言って英文 500語程度（詳しく計算した訳でないので正確ではありませんが）のものから成り、要するに短いものでありました。なお、その頃のアセンブリ関係の情報は「伝熱研究」の No. 19や No. 23（1966～1967年）に詳細な内容が紹介されていることを付け加えておきましょう。ところで現在のアセンブリの運営規約は、これも詳しい計算をした訳ではありませんが、英文で約1600語、つまり最初の約3倍の長さに増えている勘定になります。私はもちろん、このアセンブリの日本代表を全期間にわたってやっていた訳ではありませんから、その時々々の改定状況をつまびらかにはいたしません、その中で特に二つだけ大きな問題について、お話ししておくことにいたしましょう。

第一はアセンブリへの加盟の問題であります。すなわち、前に申し上げたように、当初アセ

ンブリを構成したのは、カナダ、西独（当時の）、フランス、日本、英国、ソ連、アメリカの7ヶ国でありましたが、その後、ユーゴスラビア、イタリア、インド、オランダ、中国、韓国が加盟し、それだけ加盟国が増えている訳です（なおあまり知られていないことですが、アセンブリの規約上では、最初の構成国、つまりカナダ、ドイツ、フランス、日本、英国、ソ連、アメリカにユーゴスラビアを加えた8ヶ国は、常任アセンブリ構成国として他と区別され、特に Charter Membersの名で呼ばれています）。そしてそうした新しい国の加盟にかかわる規則も、最初の運営規約では非常に簡単で、未加盟国の国内代表組織（機械学会などのこと）は、アセンブリ会長に書面で加盟要望書を提出し、アセンブリでは次の会合で投票、あるいは郵便による投票で加盟が決定されるという、ごく簡単なルールになっています。しかし現在はそんなに簡単ではありません。細かいことは省きますけれども現在は、加盟したい国は、その国がいま、伝熱の研究においてどれだけアクチビティがあるかを示す詳細な資料を添え、またその国のどの学会が国内組織になり、誰がアセンブリへの最初の代表者になるか、というようなことを記した要望書をアセンブリ会長に出す。そしてそれを受けた会長は、その要望を検討し、この件について各加盟国代表に配布すべき報告や推薦文を準備するために審査委員数名を任命、その審査作業（私もこの仕事をやったことがあります）が行われた後、最終的には次回のアセンブリ会合で討議の末、可否を決定するという手続になっています。つまり加盟要望だけで簡単に入れる訳のものではなく、なお加盟申請のあった国で、まだ十分な条件が整わないという理由で決定が延期になっている所もない訳ではありません。

7.

さて次に、もう一つは国際伝熱会議の開催国の決定問題であります。国際伝熱会議は今のところアセンブリ規約により4年ごとに開くことになっております。従って、これに対応して開催国を次々に決定して行く必要がありますが、これについても最初のアセンブリ規約は非常に簡単で、次回以降の会議を開催しようとする国の国内組織からの開催要望書をアセンブリが承認するという風になっているだけです。なお私自身、直接関係した訳ではありませんが、今回のイスラエルおよび次回のソ連開催については、だいぶ以前、いくつかの開催希望国について郵便による各国代表の意向調査をおこない、その票数がもとになって、結局こういう決定にまで至ったと言うようなことがあったようであります。これに対して現在は、それら従来の諸経験を踏まえたうえで、やや複雑な手続が規約に定められています。

つまり、まず第一に、ある国が国際伝熱会議を開催するとなると、その国際伝熱会議の8年前にアセンブリの会議で決定することになっています。ですから、例えば現在、次の次の第十回国際伝熱会議は8年後、イギリスのブライトンでやるということが決められているのは、この規則による訳です。従って開催を希望する国は、8年以上前から希望表明をしないといけ

ない訳になります。また、もう一つ大事なことは、最近、東西対立が急速に緩んで、世界がかなり融和的になって来ました（もっともソ連、東欧の社会情勢などをみると、世界の将来について、まだ安心出来ない面が多々あるようにも思いますが）。そしてベルリンの壁も壊れるというような情勢でありますから、このまま行けば、この問題は今後、次第に必要ななくなっていくだろうと思えますけれども、一時、一部の人達によって強く心配されたことと言うのは、次のことであります。すなわち、“国際伝熱会議は伝熱に興味のある人すべてに解放される”というのが大原則になっていますが、それだけに、ある国で開催する時、そこへ入国するビザが人によって得られないというようなことがあってはいけない訳です。

そこで、現在のア셈ブリ規約では、国際伝熱会議開催を希望する国は、その外務省、あるいはその他の責任ある省庁から、いかなる国からの参加者にも入国ビザを出すという証明文書を付して開催の希望申請をするというようなことが必要条件になっております。なおア셈ブリの運営規約には、そこら辺の条件や具体的対応の仕方がもっと詳しく書いてありますけれども、ここでは、そんな所までお話しすることはないでしょう。ただ、とにもかくにも、そんなことで、ア셈ブリの規約一つにしても、その時々々の情勢や問題によって、現在でさえ少しづつ手直しが行われながら進んでいるということでもあります。

8.

なお、ついでにお話しますと、現在加盟国が14ヶ国ある訳ですが、ア셈ブリ設立後、これらの中で未だ国際伝熱会議を開催したことの無い国、あるいは開催が決定していない国は、ユーゴスラビアは特別として除くとしますと、イタリー、インド、オランダ、中国、韓国の5ヶ国が残っていることとなります。ここにアジアの国が3ヶ国も含まれているのは、私たちににとって一応留意すべきことですが、前述5ヶ国のうちでインド、イタリー、中国などは、すでに今後の国際会議開催の希望書を出したり、あるいはア셈ブリ会議の席上で開催希望の表明をしています。また韓国は今年加盟したばかりですけれども、ソウル・オリンピックの成功もありますし、恐らくそのうちに国際会議のホストを勤めたいというようなことになるのではなからうかと思えます。

ただ、そういうことと直接関連するという訳でもありませんけれど、これまでの国際伝熱会議の歩みが、必ずしも将来そのまま続いて行くという訳でもないだろうと思えます。そして、これは私見ですが、これまでいくつかの国で国際伝熱会議が開催されて来た、それぞれの会議の状況を踏まえた上で、現在、国際伝熱会議も一つのターニング・ポイント、つまり曲り角に来ている感じがしないでもありません。例えば、国際伝熱会議を開催するとなると、それなりに相当の費用や施設がいる訳であり、また準備段階の各種業務や、運営のための人手の問題もある訳ですが、国によって大きい国、小さい国、あるいは経済的に豊かな国、また比較的豊か

でない国もある訳であります。そしてそれらがすべてが同じようなやり方で、やろうとすると無理がでる場合もある訳であります。

また国際伝熱会議が別に、そういう風になる筈だという意味で言っているのではありませんけれども、オリンピックにしても昔のやり方と最近のやり方、考え方とはかなり質的に違ったものになって来ている訳で、もちろん国際伝熱会議はオリンピックと違う性格のものですけれども、少しそのあたりのことをこれからは考えて行くこと、特にアセンブリなどでよく考えて無理のない方向でやって行く必要があらうかと思います。なお国際伝熱会議で発表される主要な研究テーマ、研究内容の必然的な変遷の問題も留意の対象になりましょう。ごく大まかな流れとして、基礎的現象の解明が進むにつれて、人々の関心は当然、先端技術を含む、より複雑なシステムおよび応用的問題に移って行く筈です。

一方、国際伝熱会議の開催は、前にも述べましたように、現在は4年毎と決められています。そして私などは本格的な会議が4年毎に開かれ、その間に最近頻繁に開催されているような、いろいろの国際会議、これら両者を考え合せて行くやり方も悪くないようにも思いますが、国際伝熱会議の開催間隔をもっと短縮したいという希望や意見も無いわけではないでしょう。前にも述べましたように、アジアには開催を希望、ないしその可能性のある国が3ヶ国あり、なお日本の若い人達だって、日本での再度開催の希望は強いものがあると思います。従って、こうした事情は会議の開催間隔を短縮する方向への圧力として作用し得るものですが、ただ国際伝熱会議の開催はあくまで、その本来の目的、趣旨から考えて行くべき問題だろうと思います。

なお最後に、私個人は、国際伝熱会議の開催地は、世界の有力な研究者や研究発表が多く集まる土地がやはり望ましいと考えています。それは会議のレベル維持のためにも必要なことであります。また国際伝熱会議を開催した国の組織委員長は、その会議の終了後の4年間、アセンブリ会長となりアセンブリを主宰する役割を担う慣習にあり、これも忘れてはならぬことであります。

9.

さて、私の話も思わず長くなりました。そこで、この辺で肩のこらない話などを付け加える形で、結びに近づくようにしたいと思います。いつかアセンブリ加盟国のある代表が、国際伝熱会議の開催のためにアセンブリ・メンバーはいろいろ苦勞をし、また仕事もする（いや、それだけでなく、2年おきに現在、会合が開かれおり、それに出席する旅費というようなものも要る訳であります）。だから、アセンブリのメンバーには国際伝熱会議の登録費を免除した方がいいと思う。また実際、前回の国際伝熱会議のときは確かに登録費免除だったというような提案を、勢いこんだ書面でアセンブリ・メンバー全員に出し、賛否の意見を集めたことがあり

ました。その結果は公表されず不明ですが、ただこの提案自体、結局、その人の記憶違いから来たものでありまして、また私個人の考えでは、アセンブリ・メンバーは立場上、いわば国際伝熱会議のプロモーターに当る訳ですから、それが先頭にたつて自分たちの登録費だけを免除にするようなことは大変問題だと思います。ともあれ、この問題はその人の思い違い、記憶違いで消滅しましたが、ただ面白かったのは、前回の国際伝熱会議を開催した国の代表者から、もしお言葉通り前回会議の登録費が未払いであるのなら、いま払って頂きたいとの請求のあったことでした（もちろんユーモアです）。

なお話が飛びますが、国際伝熱会議やアセンブリの会合などに出る時、著名な伝熱研究者ご夫婦に会えるのも、楽しみの一つであります（ある会議では、その方の年老いたお母さんに会い、かつディナーの食卓で隣り合い大変楽しかったことさえあります）。そして名前はひかえますが、例えば容姿端麗なゼントルマンのご主人に、実に明るく磊落な奥様がいたり、あるいは大変世話好きのご主人に、大学教授である威厳のある奥様が一緒だったり、その対象の妙と言うか、なにか心がほのぼのとして来るものがあります。またこうした面から言っても、われわれの方もなるべく夫婦で出席した方がいいように思います。もっとも日本では、子育てに追われる比較的若い時代は、夫婦一緒に出かけるのが、なかなか難しいことになってしまいますけれど、GNPがいくら大きくなっても、家屋の構造、ベビーシッターの問題、その他をも含んで、われわれの社会生活のモードはまだまだ、どうしようもないことなのでしょう。

10.

ただそれにしても、日本から国際伝熱会議への参加者数が毎回多いのには本当に驚かされます。多分、ミュンヘン会議（1982年）あたりからでしょうか、参加者数の点で日本はアメリカに次ぐ第二位の地位をずっと保持しているようです。もともと各国に対する一般論文の割当て数は、大まかに言って、これまでアメリカがずばぬけて多く、ソ連が続き、さらに英国、日本の順というような形で来ていたのですが、その割当て数の順位に必ずしも比例せず、日本の出席者数が目立つように思います。なお今言いましたように、ソ連は割当て数が相当多かったのに、近年は実際に提出される論文数が非常に少ないという状況になっておりました（そのためエルサレム会議のときは、英国、日本より下の割当て数になりました）。ひょっとすると、ペレストロイカのような急激な改革路線の導入を必要とする社会状況が、当時から影響していたのかも知れません。

ともあれ、それはそれとして、以上のような参加者の趨勢は、少なくとも日本のずばぬけた活力を示すものでありましょうし、嬉しいことに違いありませんが、ただ日本の国内のシンポジウムなどのやり方を見ると、伝熱分野に限らず、燃焼分野でも、熱物性分野でも、希望者には誰にでも研究発表講演を許可しています。それで日本では訳もなく参加者が増えて来る土壤

があるのに対し、例えば英国の国内伝熱シンポジウムなどでは、発表論文のきびしい査読があり、私のところまで査読を依頼して来たりしたことがあります。その善し悪しは別として、参加者の数の問題には、研究のクオリティに関する、ものの考え方の質的な違いのようなものが背後にあることを、一応わきまえている必要があるように思います。

また日本からの参加者数が多く、常に世界第二位のレベルを続けるというようなことになると、単純に数の多さを喜んでいただけではすまなくなります。当然、日本の研究レベル、学問的、技術的貢献の深さといった事柄が否応なしに問題にされることになりまして、またそれ以外の点でも、いろいろ注目を浴びることになりましょう。そして、これに関連して最近、私がちょっとショックに思ったのは、国際伝熱会議の席上で、ある大変親しい外国の友人から、「日本人には何か外国人を嫌うような体質がないだろうか？」という質問を受けたことでした。もしそれが、単に言葉の問題などから日本人同志が集りやすいといったようなことであるのなら、あまり問題でもないでしょうが、この質問のような、ある意味で深刻な心理的印象を、無意識のうちにわれわれが外部に与えていることがありとすれば、それ相応の反省が必要でありましょう。

思うに日本は、極東の果てに位置し、しかも周囲を海に囲まれ、開闢以来、他民族の侵略や干渉を受けず、温和な自然の中で自分たちだけに通用するような生活や社会を営み築いて来たと言って過言ではありません。最近シルクロードなどが、世界と日本のつながりの歴史と言った意味でマスコミなどで広く話題にされたりしますが、考えてみれば、それもこれも文物が外から日本に一方的に流入して来ただけのものであります。そして有史以来、種々の動乱や戦国の世などがあつたにしても、本質的には外界からの隔絶の中で、のほほんとした歴史を描いて来ています。だから明治開国以後だって、日本人の心理や社会の深層には、そうした歴史に培われた、ある種の鎖国的心理を捨て切れない部分が強く残っているかも知れません。少なくとも、異民族との激烈な抗争の歴史などを過去に持つ人々と比べるようなとき、自分でも気付かぬ差異が、われわれの体質の中に無いとは決して言い切れないでありましょう。

ともあれ、国際伝熱会議を考えると、私たちの前には、伝熱という学問、技術分野でのレベルの高い寄与だけでなく、今や日本人には、それらを通して世界全体に文化的な寄与をして行くという大きな問題もあることを自覚したいものだと思います。その意識なく、単に自分の研究の発表や、職人的な情報収集だけが目的といった狭い視野では、もはやすまない状況になっていると言えましょう。そして、少し面はゆいことを申し上げましたけれど、このことを結びにして、国際伝熱会議についての私のつたない話を、この辺で終わりにさせて頂きたい存じます。

第9回国際伝熱会議と論文審査について

第9回国際伝熱会議

International Scientific Committee

委員 小竹 進(東大)

第9回国際伝熱会議(Jerusalem, Israel 19-24 August 1990)の論文数は、

一般論文=415 Keynote論文=30 Panel討論=8 Open Forum =43

であり、日本からのものは、

一般論文=46 Keynote論文=3 Panel討論=1 Open Forum =1

であった。一般論文の発表は、全部がポスター形式で21のセッション(同時に3会場)に分れ、おのおの2時間の個別のposter討論とchairmanによる約20分の全体討議により行われた。Keynote論文(90分)は同時に2会場で講演形式で行われ、Panel討論(2時間)は、一般論文のポスター発表と平行して行われた。

国別の一般論文数、Keynote論文数、研究分野別の論文数を表1, 2, 3に示す。ただし、研究分野の分類はプログラム上の分類にしたがったので、必ずしも当を得たものでないかも知れない。また、表1で()内の数字は論文数の国別割当て数である。当初、日本関係はこの数が50編であったが、日本の伝熱研究のActivityを考慮して60編に増加して頂いた。USAについて第2位の研究活動であることがわかる。

表3の研究分野別論文数をみると、全体としては、強制・自然対流、沸騰・相変化の研究が主流であり、おのおの全体の約20%を占めている。日本からの論文は

沸騰、相変化、自然対流、伝熱促進、特殊分野

の研究論文が多かった。これは最近の日本伝熱シンポジウムでの研究発表の傾向をそのまま表わしている。各分野での発表論文の内容についてはそれぞれの解説が予定されているので、詳細はそれらを参照していただくことにして、ここではこれらの論文の採択をきめたInternational Scientific Committeeの役割について述べることにする。

International Scientific Committeeの役割は、国際伝熱会議発表申込み論文の審査をしてその採否を決定することである。この委員会は各国から1名の委員で構成され、その委員は会議開催の2年前に開かれるAssembly for International Heat Transfer Conference(日本の委員は甲藤好郎先生と荻野文丸先生)で決定される。また、このときに、表1に()内数字でしめされる各国(地方)の割当て論文数も決定される。各委員は応募論文をなんらかの基準で審査して、この数字内の論文数に絞って最終的な発表論文として国際伝熱会議に推薦することになる。この委員には長い間水科篤郎先生がご尽力されてこられたが、今回はどういふわけか私が指名された。いろいろな個人的な理由で辞退を申し出たが効果がなく何とか努力しなければならないはめになってしまった。

表1 国際伝熱会議における一般論文の発表数

	Paris 1970	Tokyo 1974	Toronto 1978	Munich 1982	San Fran. 1986	Jerusalem 1990
Canada	14	10	31	28	29	25 (25)
France	21	11	26	30	37	36 (35)
F.R.G.	19	16	25	41	35	36 (35)
India	1	9	12	10	15	9 (10)
Israel	2	5	3	6	7	17 (15)
Italy	-	-	-	10	9	12 (10)
Japan	17	30	34	55	65	59 (50)
Netherld.	4	2	3	10	6	11 (10)
PR.China	-	-	-	-	(16)	18 (15)
UK	37	22	51	58	56	48 (55)
USA	140	135	102	152	146	102 (140)
USSR	67	56	72	27	14	32 (40)
Yugosl.v.	2	4	3	22	20	10 (10)
Others	21	30	23	-	-	-
(total)	345	330	395	449	440	415 (450)

Canada: Canada
 F.R.G : F.R.Germany, Switzerland, Austria, German Democratic Rep.
 France: France, African countries
 India : India, South Asian countries
 Israel: Israel
 Italy : Italy, Spain, Portugal
 Japan : Japan, Korea, Taiwan, Pakistan, East Asian countries
 Netherld.: Netherlands, Benelux countries, Scandinavia
 PR.China : P.R. China
 UK : UK, Ireland, Australia, New Zealand, South Africa, Turkey,
 Greece, Egypt, Middle East countries
 USA : USA, Latin America
 USSR : USSR
 Yugosl.v. : Yugoslavia, East European countries

従来、この採否結果についてはいろいろな問題を耳にしているのので、できることなら引き受けたくなかった。幸いに、多くの伝熱関係の先生のご協力を頂けることになったので、なんとか役目を果せることになった。この際に、この論文の審査方法と問題点を述べて、審査結果についてご理解いただくとともに、今後の論文審査のご協力をお願いし、私の役目を終わらせていただきたい。

論文審査結果の不満の根源は、論文数の割当てである。今回の論文数の割当ては1989年の Assembly 委員会で表1の（）内数字のように決定され、日本関係（日本、韓国、台湾）は50編と割当てられた。第8回国際伝熱会議では中国を含んで65編であり、中国を除くと49編であった。今回、中国は組織メンバーとなり独自に論文審査権をもつことになったので、日本関係は、日本、韓国、台湾、パキスタンなどアジア諸国（インドを除く）である。この範囲で前回は49編に対して今回が50編というのは他の国と比較すると妥当な数字であるが、最近の4、5年間の日本伝熱シンポジウムの発表論文数の増加率は20～30%であり、50編という数字は審査の困難さが予想されたので、International Scientific Committee委員長の Hetsroni教授に事情を説明して60編にして頂いた。

発表論文の応募・審査の要領は、前回までの手順にしたがうことにして

1989. 5.10 アブストラクト申込締切

7. 1 アブストラクト採否通知

10. 1 論文原稿提出

12.15 最終採否通知

の日程で、審査も前回同様な審査委員会を設けて行うことにした。専門分野を考慮して15名の審査委員からなる審査委員会を組織し、応募論文にたいして

独創性、信頼性、完結性、発展性、有用性、国際会議適用性

の点について、同一論文を2人の審査委員で評価審査して採否を決定していただいた。

応募論文数および採否結果は

	アブストラクト	論文
応募数	77	67
採択数	69	59

であった。大部分の論文は上記の評価基準で容易に採否の決定がなされたが、何件かの論文は2人の審査委員の評価が異なり採否決定は困難を究めた。その場合、審査委員会で担当委員に評価の詳細な報告をしていただき、審査委員全員で討議して採否の決定をした。このため、最終委員会は白熱した議論が半日も続いた。問題は論文の内容そのものよりもその論文を上記の論文数内の論文として評価するかどうかということであり、いろいろな評価に分れた。長時間の議論の後になんとか上記の数内に絞り込むことができたが、採択否になった論文はこのような条件での結果であることをご理解願いたい。

実際、会場では審査結果に関するいろいろなお批評をいただいた。確かに、採択否になった論文よりもはるかに内容の低い論文もあり、また採択された論文でも著者あるい

表2 国際伝熱会議における Keynote 論文数

	Paris 1970	Tokyo 1974	Toronto 1978	Munich 1982	San Fran. 1986	Jerusalem 1990
Canada		1	3		2	1
France			2	1	2	2
F.R.G.		1	2	5	1	2
India			1		1	1
Israel				1	1	4
Italy						1
Japan		1	2	2	3	3
Netherld.		1	1	1	1	1
PR.China					1	1
UK		1	3	1	3	3
USA		2	15	8	10	9
USSR		2	5	2	3	1
Yugosl.v.			1			1
(total)		8	35	21	28	30

はそれに代る者がだれも出席せずポスターの質疑応答ができなかったものもあったが、論文の審査はこのように国別の論文数の制限のもとに国別の評価審査の結果であることをご理解願いたい。

日本関係では全部の審査委員が国内の研究者であり、審査には全くの自弁で多大な時間と労力を割いていただいた。ここに厚く感謝の意を表します。

なお、日本からは、Keynote 論文を6件推薦してつぎの Keynote論文3件と Panel討論1件が採用され、4人の先生には活発な研究活動の優れた成果を発表していただいた。

Aihara, T., Augmentation of convective heat transfer by gas-liquid mist.

Kataoka, K., Impingement heat transfer augmentation due to large scale eddies.

Sakurai, A., Film boiling heat transfer.

Ishiguro, R., Some recent development in liquid metal heat transfer.

表3 第9回国際伝熱会議での研究分野および国別の発表論文数

	BO	NC	EL	MC	PC	MT	TP	EH	JC	IN	HX	PB	TR	CD	EN	SP	RD	Tt1	OP
Canada	0	2	1	6	4	2	0	0	0	4	0	2	0	0	3	1	0	25	2
France	0	0	0	4	3	6	0	0	3	4	1	5	1	6	2	0	1	36	0
F.R.G.	5	4	0	4	1	3	6	1	0	1	4	1	1	1	1	3	0	36	0
India	0	1	0	2	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	9	0
Israel	0	1	0	0	1	0	2	2	2	1	1	0	1	2	1	2	1	17	3
Italy	1	1	0	0	2	0	3	0	1	0	2	0	0	1	1	0	0	12	0
Japan	8	8	2	1	9	2	3	6	1	0	0	0	6	1	1	8	3	59	3
Netherld.	0	1	1	0	2	1	0	0	0	0	2	2	0	1	1	0	0	11	2
PR.China	0	4	0	1	0	2	0	3	1	2	0	2	0	0	0	2	1	18	0
UK	1	6	1	3	4	4	6	2	1	3	6	1	5	0	4	0	1	48	2
USA	7	8	5	14	11	3	6	5	5	5	6	9	3	4	3	3	5	102	11
USSR	3	2	0	7	1	0	4	1	0	1	1	1	5	2	2	1	1	32	9
Yugosl.v.	0	2	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	10	3
(total)	25	40	10	43	40	24	32	20	16	23	24	23	22	18	21	21	13	415	43

	BO	NC	EL	MC	PC	MT	TP	EH	JC	IN	HX	PB	TR	CD	EN	SP	RD	Tt1	OP
Japan	6	5	2	1	8	2	1	6	1	0	0	0	4	0	1	7	2	46	1
Korea	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	8	1
Taiwan	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	1
(total)	8	8	2	1	9	2	3	6	1	0	0	0	6	1	1	8	3	59	3

BO : boiling, CHF, post CHF heat transfer
 NC : natural convection
 EL : electronic equipment cooling
 MC : mixed convection
 PC : phase change
 MT : measurement techniques, modeling
 TP : two phase flow
 EH : enhancement heat transfer
 JC : jets, sprays, combustion
 IN : industrial heat transfer
 HX : heat exchangers, heat pipes
 PB : packed/fluidized beds, porous media
 TR : transport processes
 CD : conduction, insulation
 EN : energy, heating/cooling
 SP : special applications, films
 RD : radiation

OP : open forum

第9回国際伝熱会議における
液体金属熱伝達に関するパネル討論会について

石黒亮二(北大工学部)

本年8月19日より24日まで、エルサレム市で開催された第9回国際伝熱会議において、筆者は液体金属熱伝達に関するパネル討論会を準備・進行せよとの大役を仰せつかった。ここに、その顛末をご報告し、このことでご尽力下さり、またご協力を賜った先生方への感謝の気持ちの一端を申し述べたいと思います。

昨年の春、国際伝熱会議のInternational Scientific Committee委員の東大 小竹 進先生より、ご連絡があり、第9回の会議で日本が担当する諸行事の一つとして、液体金属熱伝達についてのPanel Discussionを準備してもらいたいとの連絡と先方よりの手紙の写しを頂戴した。

液体金属の話題であれば原子炉関連の話題のみではなく、MHD発電装置の関係やMHD効果の大きい核融合炉ブランケットの関連、あるいは、半導体単結晶の作成における自然対流抑制にMHD効果を使うといった手法など広く取り上げてみたいというのが私の希望であった。

また、国際会議なのだから話題提供者は、あまり特定の国に偏らない配慮も必要と感じていた。しかし、高速炉関係の研究がほとんど停滞しているアメリカにはその分野の方は極めて少ないのが現状であり、ヨーロッパ各国には原子力の研究所の方は居られるものの、ほかのテーマや大学関係者は多くなく、ソ連には先駆的な業績をお持ちの方は居るが、当日確実に出席して戴けるかどうかに一抔の不安があり、決めかねていた。

夏にミネソタ大学のR. J. Goldstein先生が来学された。Goldstein先生は、前回の国際会議の準備委員長であり、また、筆者にとっては30年来の知己である気安さから国際会議のPanel Discussionの準備をどのように進めるのがよいのか、またアメリカでは誰が話題提供者として適任なのかなどを尋ねてみた。彼の意見ではPanel Discussionの話題提供者を依頼するのは毎回至難の業であるので、それなりの覚悟が必要であることを告げ、そして、アメリカ国内の適任者については後に手紙で連絡をしてくれた。

しかし、委員会からはそのことに関する正式の依頼状は10月になっても届かず、動いてよいものかどうか判断に苦しんでいた。日本国内からの話題提供は低プラントル数の流体の乱流に対する数値計算法を取り扱ってこられた京都大学の鈴木健二郎先生と、MHD効果によって半導体材料の融体の自然対流の抑制を検討しておられる九州大学の尾添敏之先

生にお願いすることとし、それぞれにご内諾を頂戴したが、外国への働きかけについては、正規の依頼状の来るのを待っていた。

その頃International Scientific CommitteeのChairmanであるHetsroni教授が来日しているという話を聞き、たまたま京都大学 芹沢昭示先生のところを訪問中に、芹沢先生にお願いして、どのようなスケジュールになるのかを聞き出して戴いた。その返答では近々正式依頼状を発送予定であるが、平成2年1月1日までに話題提供者を決めて、連絡してほしいとのことであった。しかし、その正式依頼状は、11月下旬になっても届かなかった。その頃、たまたま小竹先生とある会合で一緒に折りを、その後の状況についての質問があり、以上のことを説明した結果、小竹先生よりHetsroni教授あてに問い合わせをいただくこととなった。

その結果、12月中旬になり、Hetsroni教授よりの10月26日付の私宛の依頼状と、発送の手違いを詫びておいてくれという11月26日付の小竹先生宛の手紙をご回送戴いた。期日までには到底、話題提供者全員を決め得ないことを知りつつも、これからが戦場のような忙しさであった。あらかじめ、最近の研究報告で調査してあった何人かの方々へ急遽依頼状を発送する作業が始まった。

このうち、西独Karlsruhe国立研究所の L. Krebs博士は比較的順調にお引き受け戴くことができたお一人で、もちろん当日にもご出席下さって、日本からの二人の先生と共に興味深い話題提供をして下さった。しかし、ほかの方々については色々なトラブルが伴った。フランスA教授は、一応引き受けてくれ、MHD関連の話題を提供してくれる予定であったが、旅費が出ないことを知るや否や断わってきたし、その代わりに会場の近くからと思ってお願いしたイスラエルのB教授などは返事すら戻してもらえなかった。また、フランスの原子力研究所のC博士は、当初は引き受けていたが、後になって上司であるG博士と交替することを通知してきた。米国のL教授は、自分は必ずしも適任者ではないのでとの前置きで、多くの日本の先生の名前をあげて推薦してきたが、日本人ばかりが話題提供者になることもできず当惑してしまった。そのようにいろいろな悪条件の中ではあったが最終的にはなんとか形を整えてほっとしていた。

ところが期日がせまってから、委員会からの連絡があり、当初第2日目の昼に予定していたこのPanel Discussionを第1日目の夕方に行うという通知を受け取った。話題提供者の皆さんにはそれぞれ予定や都合もあり、現に開催日時を確認されているケースもあったので、これをもとに戻すようにと交渉したが予定されたPanel Discussionのうちの多数が取り消されたための措置であり、すでに最終プログラムを印刷してしまったということで不調に終わった。その結果各話題提供者にさらなる協力をお願いする羽目となった。それに追い討ちをかけるように、中東湾岸危機が勃発したのである。予定していたフランスG博士は、この頃になって何の説明もなく、会議の出席を取りやめたとのテレックスを打っ

てきた。

このような状況の下では、当日Panelの始まるまでは、もしかしたら日本のお二人の先生しか出席して戴けないのではないかと本当に心配であった。しかし、開催の直前になってKarlsruheのKrebs博士の出席が確認され、不十分ではあるが辛うじて国際会議のPanelの形が整った。

Panelは当初の心配をよそに、そこそこの参加者数を得て比較的順調に始まった。開始直後、ソ連のMartynenko教授に伴われて、年配の方が筆者の近くに現れ、Martynenko教授より、その方に発言の機会を与えてほしいとの要望をうけた。紹介されたその方は、ソ連アカデミー会員のSabottin氏であり、液体金属の管内乱流の熱伝達実験式として最も信頼性の高い推算式を導いた方であって、液体金属の伝熱を手掛けた人ならば誰でも、彼の業績を知っているその道の先駆者である。Martynenko教授の通訳で長々と話をしたSabottin氏の話の内容は、必ずしも最新の情報というわけではなく、高速炉の必要性と、液体金属冷却の教科書的な説明などが多く、多少期待はずれとの印象を受けた方も居られたと思うが、このPanelの国際性を増してくれたことは疑う余地のないところであった。

結局今回のパネルでは、当初の計画に反して、高速炉関連の話題に偏り、心ならずもMHD効果に関する話題が少なかった。尾添先生の先端技術がらみのお話を十分なバックグラウンドを持って受け止め得た人はあまり多くなかったかも知れない。しかし、乱流数値計算に対する鈴木先生とKrebs博士の意見は可成り一致しているように受け取られ、この分野の将来に一つの方向を与え得たように思う。この経験を通じて、国際会議におけるPanel Discussionの計画・実行が如何に大変なことであるかを痛感した次第である。

終わりにあたり、この計画の当初から各種のご配慮を頂戴し、また当日もわざわざ現場にご出席下さった小竹進先生、話題提供者として全面的なご協力を賜った鈴木健二郎先生と尾添紘之先生、また当日会場にご出席下さり、ご援助を賜った萩野文丸先生をはじめとする日本の先生方に心から感謝申し上げて、この報告の結びと致す次第です。

伝熱促進（先端エネルギー工学を含む）

棚沢一郎（東大生研）

1. はじめに

京都大学の芹沢昭示先生から筆者に依頼されたテーマは「先端エネルギー工学（伝熱促進を含む）」であるが、それを表題のように変更させていただいた。その理由は、（１）第9回国際伝熱会議のプログラムには HEAT TRANSFER AUGMENTATION というセッションはあっても、「先端エネルギー工学」に該当するセッションがないこと、（２）筆者自体が真面目に出席した唯一のセッションが HEAT TRANSFER AUGMENTATION であること、（３）帰国後、プロシーディングスを眺めてみても「先端エネルギー工学」に分類できる論文が見当たらないこと、などである。したがって、本稿の表題中、括弧に入っている部分は形式的なものに過ぎないことをお断わりしておきたい。

2. 論文のタイトル

上述のように今回の国際伝熱会議には、HEAT TRANSFER AUGMENTATION のセッションが設けられ、そこには20編の論文が並んでいる。ただし、会場に行ってみると、他のセッションと同様に欠席者が多く、実際に展示されたポスターは10数件であった。論文数が20というセッションは、会議全体の中では少ない部類に属する〔最大は PHASE CHANGE（BOILING を除く）で39編、次は TWO-PHASE FLOW で32編、最小は COOLING OF ELECTRONIC EQUIPMENTで11編〕。このセッションの論文はプロシーディングスの第4巻に収録されている。

なお、「伝熱促進」に関連する論文は、KEYNOTE PAPER や他のセッションに分類された論文中にも散見される。これらを含めた論文のタイトルと著者名を別表に示す（各表題の前に付けられた数字および記号は左端から順にセッション番号、セッション名および論文番号で、セッションの略号は KN:Keynote Papers, PC:Phase Change, MC:Mixed Convection, EH:Heat Transfer Augmentation, IN:Industrial and Process Heat Transfer, MSC:Films, Microgravity and Special Applications を表す）。また、HEAT EXCHANGERS のセッションで発表された論文の中にも伝熱促進に関連するものが見受けられるがそれらはすべて除外した。一方、HEAT TRANSFER AUGMENTATION セッションの論文の中には、伝熱促進をまともに扱っていないものもあるが、これらは除外しなかった。

- KN-15 **Impingement heat transfer augmentation due to large scale eddies**
Kunio Kataoka
- KN-18 **Condensation on enhanced surface horizontal tubes**
S. P. Sukhatme
- KN-29 **Augmentation of convective heat transfer by gas-liquid mist**
Toshio Aihara
- 6-PC-03 **Filmwise condensation of R-113 on horizontal integral-fin tubes of different diameters**
A. G. Michael, P. J. Marto, A. S. Wanniarachchi and J. W. Rose
- 6-PC-19 **Experimental study of the enhancement of condensation heat transfer on downward-facing horizontal surfaces**
H. Honda, S. Nozu, B. Uchima, H. Fukumori and T. Kobayashi
- 12-PC-08 **Condensation heat transfer in a bundle of horizontal integral-fin tubes**
Keiji Murata, Norimitsu Abe and Kenichi Hashizume
- 8-MC-09 **Improvement of forced convection heat transfer by using static mixers**
M. Bohnet, H. Kalbitz, J. Németh and J. Pázmány
- 10-EH-01 **The effect of cutting sharp-ended annular fins on the efficiency and optimized dimensions**
H. Kalman and M. Tavi
- 10-EH-02 **Increase of heat transfer and negative eddy viscosity in turbulent flows influenced by a magnetic field**
C. Henoch, M. Hoffert, A. Baron, D. Klaiman, S. Sukoriansky and H. Branover
- 10-EH-03 **Optimal fin profiles—classical and modern**
A. D. Snider, A. D. Kraus, S. Graff, M. Rodriguez and A. G. Kusmierczyk
- 10-EH-04 **A study of enhanced ceramic tubes for high pressure waste heat recovery**
R. D. Armstrong and A. E. Bergles
- 10-EH-05 **Heat transfer augmentation in an annulus with interrupted axial fins**
T. V. V. R. Apparao, Ye-di Liu and N. V. Suryanarayana
- 10-EH-06 **Startup transient modeling of vapor flow in heat pipes**
Farrokh Issacci, Ivan Catton and Nasr M. Ghoniem
- 10-EH-07 **Combined enhancement of tube-side heat transfer in cast-iron air preheater**
Qiang Tai Zhou, Sai Yin Ye, Yuan Huang Ou-Yang and Nian Zu Gu
- 10-EH-08 **Heat transfer characteristics and the augmentation mechanism of carrying gas impingement on minute heat source in liquid coolant bath**
N. S. Yang and Z. Q. Shen
- 10-EH-09 **Simultaneous heat transfer enhancement and flow loss reduction of fin-tubes**
Martin Fiebig, Nimai Mitra and Youchang Dong
- 10-EH-10 **Conjugate heat transfer in a three dimensional channel with a built-in cylinder and vortex generators**
Manuel Sanchez, Nimai Mitra and Martin Fiebig
- 10-EH-11 **Augmentation of heat transfer by regular narrowings of tubes in gas turbine compact heat exchangers**
O. N. Favorsky and V. M. Matveyev
- 10-EH-12 **Enhancement of evaporation of a droplet from a hot surface by electric field**
Kiyoshi Takano, Ichiro Tanasawa and Shigefumi Nishio
- 10-EH-13 **Enhancement of pool boiling heat transfer by static electric field**
Mitsuhiro Uemura, Shigefumi Nishio and Ichiro Tanasawa

- 10-EH-14 **Experimental study on heat transfer characteristics of offset fin arrays—effect of fin thickness in the low and middle ranges of Reynolds number**
G. N. Xi, K. Suzuki, Y. Hagiwara and T. Murata
- 10-EH-15 **On the characteristics of transitional phenomena in heat transfer from extended surfaces to boiling liquid**
S. Kumagai, S. Matsui, R. Shimada, T. Haraguchi, M. Ouchi and T. Takeyama
- 10-EH-16 **Heat transfer augmentation by two-phase bubbly flow impinging jet with a confining wall**
Akimi Serizawa, Osamu Takahashi, Zensaku Kawara, Tomomi Komeyama and Itaru Michiyoshi
- 10-EH-17 **Mechanisms of heat transfer enhancement around the stagnation point of an impinging air jet laden with solid particles**
Yasuo Kurosaki, Isao Satoh, Yuji Kameoka and Yoshihiro Annmo
- 10-EH-18 **Measurements of local velocity and turbulence levels in arrays of louvred plate fins**
A. A. Atoniou, M. R. Heikal and T. A. Cowell
- 10-EH-19 **Oscillatory heat transfer in extended surfaces**
J. M. Houghton, D. B. Ingham and P. J. Heggs
- 10-EH-20 **The analysis of extended surfaces with a variable heat transfer coefficient**
Allan D. Kraus and Fred Landis
- 13-IN-06 **Comprehensive evaluation criterion for the heat transfer augmentor as a fouling cleaner**
S. R. Yang, J. M. Wang, G. D. Zai and R. H. Kim
- 13-IN-12 **Industrial application of dropwise condensation**
Qi Zhao, Dongchang Zhang, Xiaobu Zhu, Dunqi Xu, Zaiqi Lin and Jifang Lin
- 20-MS-C-05 **An experimental research of spray falling film boiling on the second generation mechanically made porous surface tubes**
Yingke Tan, Guoqing Wang, Shiping Wang and Naiying Cui
- 20-MS-C-09 **Intensification of heat exchange at condensation and evaporation of liquid in flowing-down films**
Vladimir Rifert
- 20-MS-C-14 **Heat transfer characteristics of laminar boundary layers in the presence of vortex generations**
Jurandir Itizo Yanagihara and Kahoru Torii

3. 論文内容の分類

3. 1 能動的方法と受動的方法

伝熱促進において、伝熱過程中にパワー投入を行うものを能動的方法 (active technique)、パワー投入のないものを受動的方法 (passive technique)、両者を併用するものを複合的方法 (combined technique) と称する。これは A. E. Bergles による命名である。前掲の 32 論文中、能動的方法および複合的方法を扱ったものは 4 編ある。すなわち 磁場 (EH-02)、電場 (EH-12, EH-13)、機械的補助 (IN-06) である。ただし、EH-02 は複合的方法であって、しかも磁場が伝熱促進に積極的な役割りを演じているわけではなく、乱れ促進体の効果が主体のように思われる。IN-06 では、シェルアンドチューブ型熱交換器の管内に、往復運動するファウリ

ング・クリーナーを入れ、管内面に付着するスケールを除去することによって伝熱の劣化を防止しようとする、いわば消極的な伝熱促進を目指したものである。伝熱促進を裏側から追求しているような感じであるが、実用的には重要な技術であろう。電場による伝熱促進を扱ったEH-12、EH-13は筆者らの論文であり、内容の説明は省略する。

筆者は、能動的伝熱促進法の研究は、この分野に残された将来の重要な課題であると考えているが、現在のところこの方面の研究はあまり盛んにはなっていない。

3.2 受動的方法

受動的伝熱促進法に関する28編の論文の内容をまず伝熱様式別に分けると

- a. 対流伝熱（相変化なし）－18編
- b. 凝縮伝熱 －5編
- c. 蒸発・沸騰伝熱 －3編
- d. 沸騰＋凝縮 －2編

となる。最後のdは同一論文中で沸騰と凝縮とが同時に扱われているものである。

a. 対流伝熱の促進

対流伝熱の促進に有効な受動的方法には次のようなものがある。各項目の最後の括弧内は、分類に該当する論文を示す。

- (i) 伝熱面積を拡大する (EH-01, EH-03, EH-09, EH-20)
- (ii) 中断フィンによって温度境界層の有効厚さを小さくする (EH-05, EH-14, EH-18)
- (iii) 渦発生などにより流体の入れ換えを促進する (KN-15, EH-07, EH-08, EH-10, EH-11, MC-09, MSC-14)
- (iv) 液滴・粉体などの添加により混相流とする (KN-29, EH-17)

これらの他、フィンに周期的温度変動を与える (EH-19) , セラミックス管を使う (EH-04) などの論文も提出されている。

b. 凝縮伝熱の促進

凝縮伝熱を受動的に促進する手段としては、拡大面の使用と、表面張力を利用して液膜を薄くする方法がある。KN-18はそのレビューであるが、率直に言ってとくに新しい見解が見られるものではない。他の4編の論文のうち、6-PC-03, 12-PC-08はフィン付き凝縮面を扱い、6-PC-19は多孔質排液板による下向き凝縮面の凝縮伝熱促進、IN-12は滴状凝縮を復水器に応用しようという試みである。これらのうち、筆者の個人的興味をもっともそそったのはIN-12であった。

c. 蒸発・沸騰伝熱の促進

蒸発・沸騰伝熱野受動的促進手段は、拡大面の利用のような普遍的方法は別として、伝熱面の過熱度および熱負荷の大きさにより異なる。すなわち、沸騰を伴わない液膜蒸発では、できるかぎり薄く一様な液膜を維持することが重要であるが、沸騰開始点直後の小過熱度域では伝熱研究 Vol.30, No.116

気泡核を維持できるような形状・寸法を有する微細構造伝熱面が有効であり、大過熱度域では、伝熱面への液供給を保証する方法が問題となる。発表された論文は、フィン面上での沸騰挙動に関するもの (EH-15)、多孔質面上での膜沸騰 (MSC-05)、および二相噴流による高負荷除熱を扱ったもの (EH-16) の 3 編である。積極的方法をも含めると、蒸発・沸騰伝熱の促進に関する論文は 5 編あったが、その 4 編が日本からのものであり、日本のこの分野の研究が世界のトップレベルにあることを象徴している。

d. 凝縮+沸騰伝熱の促進

一見奇異な分類と思われるかもしれないが、凝縮と沸騰についての伝熱促進を同一論文中で扱っているものである。そのうち、1 編はヒートパイプ (EH-06)、他の 1 編は表面張力および回転を利用した凝縮・沸騰の同時促進に関するもの (MSC-09) である。内容として特に新規性のあるものではない。

4. まとめ

伝熱促進に関する限り、日本の研究のレベルは世界の中でもっとも高い水準にあると見てよいであろう。前掲の 32 論文のうち 11 編、すなわち 34% が日本からの論文であることはこの事実を裏付けるものである。伝熱促進は、伝熱研究の中の先端的分野の一つであり、しかもエネルギー有効利用技術において中核的位置を占めることを考えると、このような状況はまことに喜ばしい限りであるが、逆に日本以外の諸国、とくに米国における伝熱促進に関する研究が低調であり、今回の国際伝熱会議に提出された論文にほとんど見るべきものがなかったのは淋しいことである。

周知のように、米国の科学研究の体制は極端な経済主導型である。政治家・軍・経済界・産業界のごく短期的な意向が敏感に科学研究費の配分に反映される。エネルギー危機の折には、伝熱促進が伝熱研究の一つの中心課題であったが、危機が遠のいた現在では NSF もその他の財団も伝熱促進に殆ど興味を示さないようである。その点、日本における科研費のシステムは、時代の趨勢にやや鈍感なところがかえって幸いしているのかもしれない。

しかし、日本における伝熱促進の研究の前途あるいは伝熱研究全体の行方が必ずしも洋々たるものであるとは言えないであろう。伝熱過程は、それを巨視的に捉える限り、きわめて単純な物理法則の上になり立っており、それから逸脱するような現象は起こりえず、原理的に新しい事実が発見される可能性は恐らくまったくない。現在の伝熱研究の困難さは、主として microscopic なスケールの現象についておおよそ正確に記述される物理法則を、mesoscopic あるいは macroscopic なスケールへ拡張することの困難さに由来するものである。これは質的な問題というより、(単なる) 量的な困難さに過ぎず、多くの人々が予測するように、将来超大型・超高速計算機の出現によって解決されるはずのものであろう。したがって、この意味での伝熱研究の将来は無限には広がっていないことになる。

欧米において、一流の頭脳は伝熱研究に対する興味を失ってしまっているという話を耳にする。歴史的経過をたどれば、日本の伝熱研究はほぼ欧米の足跡を追っているから、近い将来における日本の伝熱研究が現在の欧米の状況と同様になる可能性は高いと見たほうがよいかもしい。少なくとも、その間（10年か15年かは）、日本の伝熱研究の隆盛は続き、われわれはこの状態を楽しむことができるであろう。

（1990年12月）

筆者に与えられたテーマは、強制対流単相伝熱である。Keynote paper 27 論文の中で、強制対流単相伝熱に入ると思われる論文としては、神戸大片岡先生の「衝突噴流の大規模渦による伝熱促進」、S. Faggiani and W. Grassi の「加熱面への液体の衝突噴流」、および S. Banerjee の「界面における乱れ構造と輸送機構」の 3 論文が挙げられる。

片岡先生の論文は、衝突噴流における伝熱促進を、大きなスケールの渦の運動に注目して論じたもので、この大規模渦による伝熱面の表面更新効果が重要であると結論している。S. Faggiani and W. Grassi の論文は、液体の衝突噴流の加熱壁面上におけるヌッセルト数に関する従来の研究結果をまとめたものである。S. Banerjee の論文は、乱れエネルギーの生成速度と消散速度との比を、無次元せん断速度と名付け、これをキーとなる無次元数として、界面での乱れ構造と輸送機構を論じている。すなわち、この無次元せん断速度の値が大きいとき、乱れ構造は縞構造となり、バースト現象を引き起こし、さらにこの時の熱や物質のスカラー量の輸送は、このバースト現象に支配され、輸送速度は界面のせん断速度を用いて相関されることを示している。一方、無次元せん断速度の値が小さいときは、界面から離れた場所で作られた乱れが支配的となり、界面では斑状の乱れ構造をとり、輸送速度は、壁のせん断速度と主流の平均速度とをミックスした形で整理できることを示している。

次に General paper であるが、強制対流単相伝熱に属すると思われる論文の数は、拾い間違いあるいは拾い忘れもあるかも知れないが、全論文数 415 篇中、57 論文である。すなわち約 14 % である。ここでは、強制対流が主体ではあるが、浮力の影響があるような伝熱は除外している。この 57 論文中 36 篇、63 % が実験的研究で、残り 37 % が数値計算である。国別に分類すれば、米国 14 論文、ドイツ 8 論文、日本とソ連がそれぞれ 7 論文、英、仏、インド、イスラエルがそれぞれ 3 論文、残りはその他 6 カ国からの論文である。

General paper の内容別の大体の分類を表 1 に示す。表 1 で目につくのは、内部流れ、外部流れともに、壁面に突起やくぼみのある場合の伝熱に関する研究が多いということである。57 論文中計 14 篇であるから 1/4 を占めていることになる。そのほか、主流乱れの影響、衝突噴流、非定常の研究が比較的多い。

まず、内部流れの管内流れに分類した論文は、九大の伊藤先生の、超臨界ヘリウムを管内に流して、超電導体を冷却する場合の数値計算に関する up-to-date な研究、G. S. Ilıc (ユーゴ) の、テーマとしてはやや古い、Confined jet の中心軸上の速度、温度、乱れ強度、

壁静圧の変化を測定した実験的研究、M. R.

Butcher ら（英）の、二重管環状部の断面積が緩やかに大きくなる場合の熱伝達係数の測定に関する実験的研究、京大鈴木先生の、偏心二重管環状部を液体金属が乱流で流れるときの、流れと熱伝達の計算、および S. Blancher ら（仏）の、軸対称波状管内の層流の数値計算の 5 論文である。

突起、挿入物に分類した 8 論文のうち、M. Faghri ら（米）の、電子装置冷却のシミュレーションとして、平行平板の一方の壁に電子デバイスのモデルとして角柱を並べた場合の、3次元的な流れと熱伝達を $k-\varepsilon$ モデルを用いて計算した研究、およびレベルは余り高くはないが、K. Muralidhar（インド）の、放射性物質を投棄したとき、岩の割れ目を通して放射性物質が拡散する場合の基礎研究として行われた、2枚の平行平板間に小さな円柱が縦にいくつかあるような流路での、流れと温度の応答に関する計算との 2 論文が、他の 6 論文とは目的が少し異なるので目を引いた。他の 6 論文は多かれ少なかれ、伝熱促進に関連する研究である。Y. D. Lee ら（カナダ）の論文は、同心二重円管の内管外壁に突起をつけた場合の環状部流れと内管との間の熱伝達の計算を行ったものである。計算は乱流拡散係数を用いている。O. N. Favorsky（ソ連）は、コンパクト熱交換器の基礎研究として、直径 2.5 mm の細管内に溝をつけ、熱伝達係数と圧力損失を測定している。J. W. Baughn ら（米）の研究は、矩形ダクト内のピンフィン上の局所熱伝達係数を測定したものであり、京大鈴木先生らは、オフセットフィンのフィン厚さの影響を実験的に調べている。M. Bohnet ら（独）の論文は、7種類のスタティックミキサを使用した場合の流れの可視化、熱伝達性能及び圧力損失を測定したもので、やや一般性に欠ける。C. V. Hermann ら（ユーゴ）の研究は、平行平板ダクトにおいて、一方の壁にくぼみがある場合の流れをホログラフィ法で可視化し、それと同時に熱伝達の測定も行ったもので、次のステップのある場合の研究に近い。

表 1 強制対流単相伝熱の内容別分類

内部流れ	
管内流	5 篇
突起、挿入物	8 篇
ステップ	3 篇
曲管	2 篇
スワール流れ	2 篇
磁場	2 篇
非ニュートン流体	2 篇
計	24 篇
外部流れ	
突起、へこみ、ステップ	6 篇
主流乱れの影響	5 篇
衝突噴流	5 篇
膜冷却	3 篇
壁噴流	2 篇
円柱周り	2 篇
反応	1 篇
計	24 篇
その他	
非定常	5 篇
膜流れ	2 篇
複雑流れ	2 篇
計	9 篇

ステップのある場合の研究としては、東北大太田先生らは、2次元の対称および非対称の拡大管における流れと局所熱伝達係数を、数値計算により求めており、E. Achenbach (独)は、やはり2次元の非対称急拡大および急縮小流れの両者について、数値計算およびナフタリンの昇華を用いて実験的に物質移動係数を測定し、両者を比較している。D. Lee ら (米)は円管を用い、円管への入口が偏心している場合の急拡大、並びに入口と出口両者共に非対称に偏心しているキャピティ内の熱伝達係数の分布を測定している。以上3篇の研究はいずれも大変おもしろい研究である。

曲管に分類した論文は2件あり、J. Vilemas (ソ連)はコイル状チャンネルの臨界レイノルズ数、速度分布、レイノルズ応力および凸壁と凹壁面上の熱伝達係数を測定している。J. M. Choi ら (米)は直角に2度曲がるU型のチャンネルの層流の計算を行っている。壁の熱伝導の影響も考慮している。

スワール流れを伴う場合としては、A. A. Khalatov ら (ソ連)の、矩形断面を有する曲管内で、スワール流れを伴う場合の熱伝達係数を測定した実験的研究と、R. J. Edwards ら (英)の同心二重管環状部におけるスワール流れへの熱伝達係数に関する、これも実験的研究がある。

磁場に分類した論文は2篇である。C. Henoch ら (米)の水銀の流れに磁場を印加した2次元流れに関する研究と、東北大相原先生らの、円管内流れに $Mn-Zn$ フェライト粒子を混入し、伝熱を制御しようとする研究である。前者は、磁場の作用によりほぼ完全な2次元乱流場を作り、速度分布、乱れ強度分布、エネルギースペクトル、熱伝達係数を測定した実験的研究であり、負の乱流拡散係数を得ている。後者も前者と同様にユニークな研究で、数値計算ではあるが、管内流れの軸方向に磁場を印加して、粘度と磁化率の温度依存性を利用することにより、速度分布を変化させ、伝熱を制御しようとするものである。

非ニュートン流体の管内流に関する研究も2篇あり、その一つはM. Naimi ら (仏)のアクリル酸樹脂およびCMC水溶液の同心二重管環状部流れにおける伝熱を扱った研究で、単なる環状部層流から、内管を回転させることによりテイラー渦を含んだ流れまでを取り扱い、熱伝達係数に関する実験式を提出している。もう一つは、P. Hrycak ら (米)の研究で、種々の形状のダクト内に指数法則に従う非ニュートン流体が層流で流れるときの計算手法に関するものである。

次に外部流れであるが、まず内部流れと同じく、突起を有する壁面上の熱伝達の研究が6篇ある。いずれも管内流と同じく多かれ少なかれ伝熱促進に関連するものである。A. Baron ら (イスラエル)の研究は前向きステップを持つ境界層流れの熱伝達係数に関する実験的研究であり、A. Predisius ら (ソ連)は、壁面に3種類の突起物を設置した場合の熱伝達係数を測定している。A. Zukauskas ら (ソ連)は、平板近傍に円柱を設置し、圧力分布、熱伝達係数を測定している。M. Fiebig ら (独)は、vortex generator として一對の三角翼を用いて、それにより生ずる縦渦が伝熱を促進し、摩擦損失を小さくする効果があることを実験的に示し、

もう一つの論文で計算を行っている。さらに横国大の鳥居先生らも彼らとよく似た研究を発表している。

境界層流れの主流乱れの壁面での熱伝達への影響に関する研究も相変わらず多いが、その目的はいろいろである。まず、P. K. Maciejewski ら（米）の研究は、文字どおり主流の乱れ強度の熱伝達係数に対する影響に関する実験的研究であり、S. G. Simmons ら（米）は薄膜熱流束計を用いて、主流の乱れ強度の影響を調べている。V. Kottke ら（独）は、数種の格子を用い、格子下流の Stagnation line 上の熱伝達係数を測定している。M. Beziel ら（独）は、伝熱管が一行に並んでいる場合の熱伝達係数に対する主流乱れの影響を実験的に調べている。最後にユニークなのは、H. Soltan ら（独）の研究で、彼らは都市部で強く風が吹く土地で熱伝達係数を測定し、乱れ強度のみならず、自然の風は方向を不規則に変えることを考慮し、方向性乱れ強度なる概念を導入して、実験データを整理している。大変おもしろい研究であるが、方向が変わることは、そのまま普通の意味の乱れ強度に反映するはずであるから疑問も残る。

衝突噴流に関する研究は予想外に多い。片岡先生、S. Faggiani らの keynote paper 以外に5篇の論文がある。C. F. Ma ら（中国）は内燃機関をオイルの噴流で冷却することを目的にして、プラントル数の大きい場合の実験を行い、D. J. Womac ら（米）は、電子デバイスの冷却を目的とし、小さな加熱面上への衝突噴流の実験を行っている。この方向の研究が今後さらに増えるかも知れない。S. Chakraborty ら（インド）は、半径方向に噴流を噴出させ、それが、ノズルの下方に設置した平板面上に衝突する場合の実験を行っている。S. Faggiani、片岡先生共に General paper を提出しており、Faggiani らは液体の衝突噴流の熱伝達係数の実験式を提出し、片岡先生らは2次元ノズルと平板伝熱面との間に、円柱格子を設置した場合の実験結果を報告している。

膜冷却については、V. P. Motulevich ら（ソ連）、G. Grossman（イスラエル）、M-Y Zhang ら（中国）の実験的研究がある。

壁噴流については、Y. F. Xu ら（米）は、研究のレベルはかなり低いですが、 $k-\varepsilon$ モデルを用いて計算を行っており、R. B. Rask ら（米）は円柱面上の壁噴流に関して、かなり高度で詳細な実験的研究を行っている。

円柱周りの熱伝達の研究として2篇あり、その一つはB. V. S. S. Prasad（インド）の研究で、その目的ははっきりとは判らないが、円柱を風車あるいはプロペラのように回転させた場合の円柱表面上の熱伝達係数を測定し、実験式を提出している。もう一つは、H. J. Sung ら（韓国）の研究で、一様な平均せん断を持つ流れ中に置かれた円柱表面の物質移動速度を測定している。

反応を伴う伝熱として分類した論文が1篇ある。R. Germerdonk ら（独）は、melting furnace の基礎研究として、プロパン、シクロヘキサン、イソプロパノールを燃焼させたときの炎と壁との間の熱伝達係数を測定している。このような研究は従来少なかったのではないだろう

か。

以上の内部流れ、外部流れの他に、その他として、非定常問題、膜流れ、複雑流れとして分類した。まず、非定常伝熱として5篇ある。S. Kakac ら(米)は、アスペクト比10:1のダクト内流れにおいて、入口温度がサイン状に変化する場合の温度助走域の温度変化を測定している。A. M. Nasibulov ら(ソ連)は、チャンネルの壁温がステップ状に上昇したときの温度分布、熱伝達係数の時間変化を測定しており、乱流拡散係数は通常の場合と同じとして計算した結果とよく一致すると報告している。F. Issacci ら(米)は、ヒートパイプの始動時における蒸気の非定常流れを、圧縮性流体の非定常管内流れと仮定して数値計算を行っており、蒸発部で shock wave 反射が生ずることを示している。W. S. Kim ら(米)はダクト流れで入口温度が種々に変化する場合の計算法に関する研究を行い、J. O. Ismael ら(英)は管内乱流において、流速がサイン状に変化する場合の計算を $k-\varepsilon$ モデルを用いて行っている。

次に、膜流れの論文は2篇あり、I. Toorey ら(イスラエル)は液膜表面が波状になった場合の、固液界面の物質移動に関する計算を、G. Grossman (イスラエル)は、不凝縮ガスが存在する場合の液膜の気液界面の物質移動に関する計算を行っている。

最後に複雑流れとして分類したのは、いずれも電子部品のキャビネット内の流れを取り扱ったもので、C. J. M. Lasance (オランダ)、S. Witzman ら(カナダ)の研究がある。

以上、強制対流单相伝熱に関する論文を大雑把に紹介したが、筆者の思い違いや、理解不足で間違って紹介しているものもあるかも知れない。もし興味を覚えた研究があれば、どうぞ原報をお読み戴きますようお願い致します。

1、はじめに

自然対流と混合対流の分野の論文について、私自身の印象でまとめ、本特集号の数ページを進まぬ筆で埋めることを、今大変悔いている。というのは、2つの理由がある。第一は、今度の国際伝熱会議は身の危険を常に気にしながらのエルサレム滞在であって、学問的関心の集中よりもイスラエルという国の置かれている国際的な緊迫感に完全に圧倒された国際会議参加であったこと、第二は、日本伝熱シンポジウムに数年来研究発表しているとはいえ、この分野は私の専門と認識していないためである。したがって、初めはお断りしたのであるが、編集委員の芹沢先生に押されて、やむなくお引受けしたといういきさつもあって、レビューというよりキーワード的説明でお許しいただきたい。なお、事情の故に、非常に多くの論文が欠席でキャンセルとなったと思われるが、正確なことは判らないのでプロシーディングに掲載の論文を全て対象にした。

2、自然対流

自然対流のセッションでは40編の論文が提出されている（混合対流セッションでの2編をここではさらに追加する）。ほぼ半数が純粹に解析だけの研究であり、残りは実験と解析の両面からの研究である。自然対流の研究は、近年のコンピューターによる数値解析の著しい進歩もあって、対象となる体系の幾何学的条件や境界条件が複雑になって多様化しており、これらを集約してまとめることは難しい。散漫なまとめとなったが、論文は、プロシーディングに示されている論文番号、解析（A）および／または実験（E）、著者の国名を順に括弧中に記して示した。

矩形キャビティ（側壁：加熱、冷却）内の自然対流について、乱流対流の壁面せん断応力の測定データ（2-NC-1, E, U.K.）、高レイリー数での乱流モデル（修正Jones-Launder、修正To-Humphrey）の比較（2-NC-3, A, USA）、2次元キャビティ内の乱流 $\kappa-\epsilon$ モデルによるアスペクト比1、10の場合の解析（5-NC-11, A, Korea）、層流自然対流の安定解析（2-NC-17, A, Netherland）、上下の壁の熱伝導の影響（2-NC-18, A, Canada）、内部の局所熱源の位置による対流パターンの変化（2-NC-10, A, China）、キャビティ中央部に置かれた2個のヒターによって生ずる対流パターン（5-NC-9, E, Taiwan）、またピ

ルディングの部屋を想定して、単一ゾーン及び複数ゾーンのキャビティ内自然対流の数値解析(5-NC-17, A, Yugoslavia)、部屋・廊下の構成での火災時の乱流対流シミュレーション(4-MC-11, A E, France)などの報告がされた。上面冷却、下面加熱の矩形キャビティにおいて、水のレイリー数 $10^7 - 10^9$ の乱流自然対流の研究(5-NC-5, E, USSR)がある。

水平面上の自然対流については、水平面の1部が加熱された場合の対流発生(2つ渦)(2-NC-2, E, USA)、上流に垂直加熱面があって、そこを上昇してくる境界層の影響(2-NC-5, E, China)、上面および下面からの同時自然対流の加熱条件(等温度、等熱流束)による相違(2-NC-14, E, Finland)が発表されている。

液体ナトリウム層のベナール・セル対流の実験(2-NC-13, E, Germany)、水平流体層に誘起される乱流自然対流プルームの特性とその液晶実験(5-NC-10, E, Japan)、下部加熱を受ける板上のクウェット流の安定性(5-NC-7, A, Korea)、また矩形容器内のレイリー・ベナール対流における上、下面の熱伝導の影響(4-MC-9, A, Brazil)が報告されている。

垂直円管内の自然対流については、側壁を加熱した場合の非定常対流の解析(2-NC-6, A, USA)、上面冷却、下面加熱の条件下での臨界領域における実験(2-NC-15 and 16, E, Germany)、そして垂直環状空間内の自然対流では、アスペクト比、半径比が変わった場合の2次元解析(5-NC-18, A, USA)、上下にプレナムを持つ狭い環状間隙での上昇流と下降流の1ペア、2ペア間のパターン遷移と非対称流動についての実験および解析(2-NC-7, A E, Japan)が報告されている。

熱サイホン・ループについて、矩形断面ループの1次元動特性解析(2-NC-4, A, USA)、また円形断面ループの1次元、2次元のモデル解析による循環流量の予測(5-NC-12, A, U.K.)の報告がある。

垂直平板体系においては、板中に埋め込まれた加熱ストリップによる自然対流のレーザー・スペックル法による光学的測定(2-NC-12, E, China)、垂直平板に沿って発達する境界層の層流、遷移流域での擾乱の発達(5-NC-4, A, Japan)、さらに一様加熱の平板間の自然対流の解析(5-NC-2, A, USA)がある。

傾斜条件下の対流として、傾斜した矩形キャビティまたはチャンネル内(上面冷却、下面加熱)の内部隔壁の有無による対流の相違(5-NC-3, E, Japan)、非定常浮力流伝熱の解析(5-NC-8, A, Taiwan)の報告がある。

相変化を伴うものとして、フレオン・空気混合気の水平管上での自然対流凝縮(2-NC-11, AE, China)、球および楕円体カプセルの融解を伴う液体中の自然対流伝熱(5-NC-6,

A E, Japan) がある。

そのほか、複雑な構造に付随するものとして、CGCR原子炉の燃料ピンのアンニュラス中(2-NC-19, E, U.K.)、電子デバイス(2-NC-20, E, USSR)、水平管群を含む容器内の対流(2-NC-8, E, USA)、水平矩形フィンからの対流(2-NC-9, E, India)、部分的に充された水平円筒内の流体(2-NC-21, E, Canada)、半球形キャビティ内でディスクリートの内部熱源のある場合の対流、AGR原子炉などの熱流力安全に関わる体系での対流問題(5-NC-14, A, U.K.)などが、また振動する円柱周り(5-NC-16, E, Yugoslavia)や多孔質媒体中の加熱球周り(5-NC-15, A, U.K.)の対流がある。

自然対流の整理式 $Y = kX^n$ 型における独立変数に生ずる誤りを防ぐガイドライン(5-NC-13, A, U.K.)と、地球上の風力エネルギーの上限値の自然対流モデルによる算出(5-NC-1, A, Israel)の研究も出されている。

3、混合対流

強制対流と自然対流が共存する混合対流については、体系の姿勢と加熱条件が重要なパラメーターとなっている。該当セッションでは、この分野の論文として19編(内2編はすでに自然対流の方で述べた)が発表されている。実験を行っている論文は僅かに5編であり、実験の困難な分野の故に数値解析による研究が先行しているといえよう。

垂直チャンネル内で強制対流に自然対流が重畳する場合として、下部に冷却部分がある平板上の流動(4-MC-3, A, U.K.)、平行平板間で非対称の加熱条件が付与されている場合(4-MC-4, A E, USA)、内側加熱の環状流路内層流流れに対する浮力流と変物性の影響(4-MC-7, A, USA)、隣接する3つの垂直2次元ダクト内の混合対流の解析解(4-MC-12, A, U.K.)、上下の壁の影響を受けないアスペクト比4以上の垂直キャビティ内の境界層不安定と乱流遷移(4-MC-12, A E, France)、外管加熱の垂直同心管内の多孔質中の混合対流(4-MC-22, A E, USA)などがある。

傾斜した体系での混合対流問題として、上部に開放されている半円形断面のキャビティからの自然対流と上部空間内強制流動のある場合の混合対流(4-MC-18, A E, Canada)、穀物乾燥機の太陽コレクターの傾斜ダクトで、上面と下面の非対称加熱によって誘起される混合対流(4-MC-19, A, Canada)、傾斜加熱板間の上向き流れ中に生ずる2次流れ(8-MC-5, A, USA)が報告されている。

立方体空間内の1側面に周期変動加熱(多面は冷却)を与えた場合の温度と流れの線形応答(8-MC-2, A, USA)、また重力加速度 g が時間的に周期変動する場合の温度と流れの応答解析(8-MC-3, A, USA)が発表されている。

そのほかに、特殊、複雑な条件の場合として次のような研究が報告されている。垂直に立てたトーラスの円管内に誘起されるカオスの流動（4-MC-2, A, USA）、下面加熱の矩形水平ダクト内での混合対流に見られる下面上のマッシュルーム型渦とそれによる熱伝達の促進（4-MC-15, A, Germany）、回転円板の上面および下面での混合対流熱伝達（4-MC-14, A, India）、カナダのCAN DU原子炉炉心に対応した水平円筒容器内に多数の内部加熱源がある場合の混合対流（8-MC-11, A, Canada）、水平管内の凍結を伴う水のグレッツ流れにおいて、最大密度の存在によって引き起こされる2次流れのパターン（8-MC-10, A, Canada）、さらに、チョコレートスキ法による半導体の単結晶製造を想定した論文はこの1編のみであるが、回転垂直管内の流体が、上部の回転板により冷却されている時に生ずる混合対流とそのパターン（8-MC-13, A, Canada）など、非常に複雑な混合対流の研究成果が報告されている。

4、おわりに

以上、各論文をプロシーディングの編成と違ったまとめによりキーワード的にレビューしてきた。自然対流、混合対流ともに、大変に複雑な構造や境界などの付与条件の場合がコンピューターによる直接シミュレーション解析により、我々の眼にリアルに実現されるようになってきた。他方、困難さから実験は減る傾向にあり、コンピューター・シミュレーションの結果の真偽を判断するツールを、今後どうしていくのか、問題となつてこよう。今回の会議の論文に標準問題を志向するものが皆無であったことは、多くの研究者が物理的、現象的関心にのみ指向している最近の傾向が読み取れる。したがって、今後も複雑な機器内を想定した研究、すなわち機器工学の傾向が一段と加速されよう。とはいえ、自然対流、混合対流伝熱は、まだその物理、特性が必ずしも明かではないので、これらの機器工学の成果をいかに体系化し、整理式の形で表現していくか、大きな課題が待っているように思われる。

第9回国際伝熱会議に出された自然対流関連の論文の概要をおわかりいただき、今後の研究の参考にしていただければ幸いである。

沸騰熱伝達 (CHF, ポストCHFも含む)

水上 紘一 (愛媛大)

標記のセッションは第1セッションで、第2・3セッションと並行して、初日の午後4時から Massada Room で開かれた。このセッションの呼称は、正確には、BOILING, CRITICAL HEAT FLUX, POST CRITICAL HEAT FLUX である。ずっと昔、ヘロデ王が死海西畔の峻険な山の上に砦を築いた。この砦を Massada という。王の死後、約千人のユダヤ人がこの砦に拠ってローマ帝国に抵抗し、自決した。

Massada Room の中には、幅1mのポスターパネルが何枚も屏風のように並べて立てられており、入口のドアを加えてほぼ30枚の面で囲まれた筒状の空間がセッションのために用意されていた。この狭い空間の中では、発表者が事務局から予め指示された通りときどき数分の概要説明をすることは困難で、1人対1人の対話がやっとであった。

このセッションの論文には、米国、西独、イタリア、英国、ソ連、日本、韓国、台湾の順に26まで番号がつけられているが、5番が欠番なので論文編数は25である。そのうち2編の説明者が欠席した。当時は、クウェートに侵攻したイラクが、問題をパレスチナ問題にすり替えようとしていた頃で、皆がイスラエルへの入国を躊躇していたことを考えれば、出席率は大変高かったと言ってよかろう。セッション当りの論文数はこのセッションが最多であるが、それでも収容できなかったらしい論文が他の不適切なセッションにいくつか見出せる。

セッション開始後しばらくは質問者がなく、私は暇をもて余した。また、開店休業のまま終わるのでは寂しいと憂慮もした。他にも何人か同様な境遇の人が見られた。しかし、次第に忙しくなって、幸い店仕舞いまでには10人程度のお客様を迎えることができた。

5時40分から討論に移った。まず、甲藤議長がテーマ別に論文を多くのグループに分類し、内容や成果等について説明を行なった。この説明は10分を超える長いものだった。ポスターの説明が終わった直後のことでもあり、私はぼんやりと聞いていた。今この拙文を書きながら、謹聴しなかったことを後悔している。甲藤議長の説明が終わると、ソ連の人(この人はソ連からの論文のポスターの前にいたので、多分、ソ連人であろう)が発言した。私の記憶に間違いがなければ、この人は3回 "surprising" と言った。何が surprising なのか定かでないが、1つは水平流路のCHFが垂直流路のそれよりも大きいという報告(B0-26)。1つは狭い流路ではかえってCHFが大きいという報告(B0-22)についてらしかった。続いて、Kenning氏が、沸騰開始加熱度がサブクーリングに依存しない(B0-12)のは unbelievable だ、と意見を述べた。発言が途絶えると、議長は平田氏を指名した。氏はご自身の研究(上記のB0-22)について

短く説明した。かくして、討論時間を少し残してセッションは終了した。気が付くと、会場は満員で、議長の周囲にわずかな空間を残すだけであった。

各論文へのキーワードを下表に示す。論文にはキーワードが書かれていないので、これらのキーワードは、私が勝手に与えたものである。私の能力では読みこなせない論文もあるので、ピント外れのものもあるかもしれない。また、キーワードにはふさわしくない表現もあるかも

沸騰熱伝達セッションの各論文へのキーワード

論文番号	キーワード
B0-01	流動不安定、密度波、非線形解析、数値計算、自律混沌的挙動
B0-02	鉛直下降流、実験、流動不安定 (L/Dに依存)、圧力降下、熱伝達率
B0-03	強制流動、計算、利便性、熱伝達率線図作成、水、R22、R134a
B0-04	強制流動、サブクーリング、2次元解析モデル、温度、ボイド率
B0-06	過渡冷却、回転球、R113、冷却曲線、ロケットエンジンのベアリング
B0-07	プール、多成分液体、熱伝達率算出、実験との比較、物性値の選び方
B0-08	プール核沸騰熱伝達、実験、ポリマー水溶液、粘弾性
B0-09	クロス流CHF、実験、大直径水平管、R11-R113混合液
B0-10	熱サイフォン、充填液量大、特性評価モデルの改良、諸種流体・寸法
B0-11	強制流動CHF、実験、温度・熱入力制御、小流量、低圧、小L/D
B0-12	強制流動、沸騰開始、ぬらす液体、サブクーリング、 σ/r = 一定
B0-13	プール、実験、伝熱促進、Gewa-T改良面、プロパンなど、圧力の影響
B0-14	熱サイフォン、特性解析モデル、発達した沸騰様式、実験による検証
B0-15	対流伝熱項、表示式改良、水、有機液体、冷媒、各種流路、フィン
B0-16	自発核生成、理論、非均質効果、実験結果の解釈、放射線
B0-17	プール、多孔質表面、実験、CHFまでの沸騰曲線
B0-18	多孔質表面、理論、毛管近似、CHFまでの沸騰曲線
B0-19	自然対流CHF、実験、一様加熱、気液密度比、L/D、水、R113、R12
B0-20	沸騰開始、力学モデル、接触角ヒステリシス、 H_2O ラットキビ [®] ティ
B0-21	強制流動、熱伝達、2成分混合液、理論、水平管内実験 (R22-R114)
B0-22	強制流動熱伝達・CHF、実験、細管、熱伝達率・CHF向上
B0-23	プール、膜・遷移沸騰、実験、粗さ、接触角、ぬれ面積・時間の割合
B0-24	上昇流CHF、低クォリティ、理論予測モデルの精密化と適用条件拡張
B0-25	プール、遷移沸騰熱伝達、理論、接触角、ぬれ面積の割合
B0-26	核沸騰熱伝達、CHF、狭空間・傾斜・閉側端・閉底端の効果

[注] L = 管長、D = 管内径、 σ = 表面張力、r = 沸騰開始時気泡核半径。

しれないが、私の苦心に免じてお許しいただきたい。表から、どの現象を研究の対象として、どの因子の影響を究明したか、理論的にか実験でか、は一応お判りいただけるものと思う。一部については、動機や結論も挙げてある。

強制流動熱伝達を扱った論文は7編ある。これらはさらに、適用対象流体（多成分流体を含む）や適用対象流路（小 L/D 、細管、傾斜流路を含む）の拡張を目的として相関式や解析モデルの精密化を目指したもの、多次元性を考慮に入れたもの、流動不安定や気泡離脱位置も気にしたもの、利便性に配慮して数種の流体に対して熱伝達線図を作成したものの、よくぬらす液体（R12）の沸騰開始条件のサブクーリングへの依存性を改めて調べたものに分けられる。なお、沸騰熱伝達率を2つの項の加算的寄与によって表すという方法がある。表中の「対流伝熱項」（B0-15）とは、これらのうちの1項を指す。

CHFに関する論文は自然流動とプールでのものを含めて約6編である。やはり、諸種流体、混合液、広い範囲の圧力や気液密度比、 L/D へ適用できるように、相関式の精密化と拡張が図られている。また、狭い流路や傾斜、側端や底端を閉じたことの影響およびクロス流の場合について報告されている。熱入力制御の場合と温度制御の場合とで、CHFが相違しないという報告もあるが、一様熱流束や一様温度を意味するものではなく、単に熱入力と温度のどちらを時間とともに変化させるかということに過ぎないから、この結果は当然であろう。

液充填量が多い密閉形2相熱サイフォンの特性評価モデルが提案あるいは改良された（論文数2編）。

沸騰流動系の密度波不安定の非線形解析（1編）によって strange attractor が見出された。この解析では単純化のために多くの仮定が置かれているので、実際の装置で奇妙な挙動が予測通り起こるか否か、あるいは増幅されるか興味がある。この論文の著者は、多くの研究者が興味をもつことへの期待を表明している。

プール沸騰に関する論文は、必ずしもそこに限定できないものも含めて、約10編あった。回転球からのR113の膜・遷移・核沸騰曲線が非定常冷却法によって得られている。この研究に対しては、動機や目的に興味がある。ロケットエンジンのベアリング内で類似の現象が起こることである。ポリマー水溶液は非ニュートン液体であるが、ニュートン液体と同じ特性を示すものもあり、そうでないものもある。しかし、何がその相違をもたらすのか、不明である。今後の研究の課題であろう。Gewa-Tを改良して、さらに沸騰を促進する試みも報告されている。多孔質被覆表面からの沸騰熱伝達の理論と実験がそれぞれ1編ずつ提出されている。どちらも、これまでの自己の成果のまとめという印象を受ける。多孔質被覆面に対しては、初期沸騰とCHFの中間にヒステリシスが現れることがあるらしい。これは、通常の伝熱面で現れる初期沸騰のヒステリシスとは傾向が逆で（沸騰曲線上で右廻り）、遷移沸騰のそれと傾向が同じである。考えてみれば、多孔質被覆面上の沸騰には、核沸騰とも膜沸騰とも分けがたいところがある。

自発核生成理論では、臨界半径を超える蒸気の核の発生が沸騰開始につながるの、その発生確率を問題とする。臨界半径以下の核は消滅するが、消滅するまでに臨界半径以上に成長する確率も存在する。したがって、自発核生成による沸騰開始過熱度は低くなる可能性がある。泡箱を念頭に置けば分かるように、放射線場では核が供給されるので、自発核生成が促進される。一方、伝熱面上のキャビティに保持されている蒸気を核として沸騰が始まる条件を予測する力学モデルが提案されている。このモデルでは、蒸気保持機構としてリエントラントキャビティと接触角のヒステリシスの両方を考えているが、前進接触角が 20° 以下では蒸気の保持はむずかしいと結論している。

沸騰について今までに多くの研究が行われて、液体の物性値の影響はほぼ明らかになっていると言ってよかろう。しかし、粗さ、熱伝導率、ぬれなど、伝熱面の性状に関係する因子の影響はまだ明かではない。ぬれおよびその目安としての接触角は、伝熱面表面の汚れや非均質性、粗さ、酸化などに依存し、得体が知れないという印象がある。物理化学の分野でさえ、高エネルギー表面と見なされる金属表面が親水性か疎水性かについて、少なくとも15年前には結論が出ていなかった。ただし、酸化された金属表面が親水性を示すことは知られていた。しかし、約10年ほど前から、エタノール水溶液の濃度や、銅表面の酸化状態を変えることによって接触角を変えて、沸騰実験が行われるようになった。それらの結果について、Dhir氏が今回の会議のKeynote Lecture (KN-9) でレビューしている。本セッションでブル遷移沸騰を扱った論文は2編あるが、いずれもぬれの影響を評価している。1編は理論で、伝熱面表面の蒸気に覆われる部分の面積の割合に接触角の影響を組み込んでいる。計算で求められた熱伝達特性はこれまでの実験結果とよく合うと述べられているが、Dhir氏の講義録の中の図とちょっと見比べただけでは賛否は言えない。他の1編で報告されている実験の結果は、明らかに一致しない。

今回の会議に提出された沸騰に関する論文のうち10編近くが、ぬれに着目あるいは言及している。したがって、これは重要な因子の1つだったと言えよう。また、フロン系冷媒やその他の多くの有機液体を、よくぬらす液体という観点から見ることにもできる。熱サイフォンの安定性を良くするために、伝熱面にテフロンを蒸着して沸騰を安定させるという提案には、もっともだと思う。しかし、水とクライオゲンに対する流動CHFを予測するモデルに前進接触角と後退接触角を導入し、3桁の数値を与えることには、首をかしげざるをえない。

並行して行われた「電子機器の冷却」セッションで、高度にぬらす液体FC-72の沸騰開始実験の結果が報告されている(EL-10)。それによれば、沸騰開始過熱度したがって沸騰開始時の気泡核半径はサブクーリングや溶存気体量に依らず、ほぼ一定である。そして、過熱度が均質自発核生成過熱度よりずっと小さいので、自発核生成ではないだろうと注釈がつけられている。また、論文B0-12では、フロン系冷媒の強制対流沸騰開始過熱度はサブクーリングに依存せず、 σ/r はほぼ一定であると結論している。ここで、 σ は表面張力、 r は沸騰開始時の気泡核半径である(r の値は非常に小さく、 $0.1\mu\text{m}$ 以下)。この論文の著者は、熱モデル(キャビティ

の口元に坐った気泡核の熱平衡が崩れるとき沸騰が始まるとするモデル)に基づいてデータ整理を行っているから、気泡核は予めキャビティ内に存在していると考えている。しかし、自発核生成でないなら、Kenning氏が言うように、サブクーリングに無関係だという結果は unbelievable である。

私は自分の論文(80-20)の中で、前進接触角が約 20° 以下の場合にはキャビティは蒸気を保持できないと結論した。したがって、私は上記の実験結果を信じるが、沸騰開始は伝熱面表面における自発核生成すなわち非均質自発核生成によるのではないかと思っている。この点をはっきりさせることが、今後の課題となるだろう。沸騰開始という視点から見ると、私の判定基準によれば、「よくぬらす」とは「前進接触角が約 20° 以下である」ことを意味する。

上の段落で述べた私の結論は、実は、他ならぬ Kenning 氏ら (R.I. Eddington & D.B.R. Kenning, Int. J. Heat Mass Transfer, Vol.22, pp.1231-1236, 1979) が行なったエタノール水溶液中に置かれた金属表面からの窒素気泡の発泡実験の結果から導いたものである。この実験では、加圧あるいは接触角の減少に耐えて生き残った気泡核から発泡する。エタノール濃度を増加させるにつれて前進接触角は減少する。それにつれて発泡点密度が減少し、前進接触角が約 20° になると、気泡核を潰すための加圧をまったく行わなくても発泡は起こらない。この実験結果と、エタノール水溶液中で維持される核沸騰における発泡点密度に関する他の研究者による実験結果について、飛原氏(伝熱研究, Vol.29, No.112, pp.70-80, 1990)が紹介しているので、興味のある方は参照されたい。ただし、後者は保持能力のあるキャビティはすべて蒸気を保持していて、ある熱流束を維持するために都合の良い発泡点だけが選択的に利用される沸騰に対するものであろうから、前者と比較することが妥当かどうか、注意が肝要である。

私は今、水の沸騰の研究から知らず知らず身に付けた「常識」を探し出して、それを疑ってみることに努めている。

凝縮熱伝達

本田 博司 (九大)

下の表は、第5回東京会議以降の国際伝熱会議における凝縮関連の発表論文 (Keynote paper) を含む) を分類したものである。論文数は第7回会議が最も多く、その後減少傾向にある。これは凝縮研究の現状を反映しているものと考えられ、その原因を明らかにすることは重要であろう。論文の中では、膜状凝縮に関するものが最も多く、全体の半数以上をしめる。直接接触凝縮、滴状凝縮に関するものはそれぞれ20%前後である。取り上げられている内容は多岐にわたっているが、実際の凝縮器の操作に関連した問題が多く取り上げられている。なお、膜状凝縮では伝熱促進に関する論文が多くなっている。

今回の発表論文も、大勢としては従来の研究の延長上にある。しかし、一部応用面では新しい試みも見られた。なお、日本からの提出論文が37%と多かったことも今回の特徴である。以下では、上述の分類に従って発表論文を概観し、筆者の感想を述べる。

回 (開催年)	5(1974)	6(1978)	7(1982)	8(1986)	9(1990)
膜状凝縮	11	14	22	12	13
純蒸気	11	11*	16	10	9
混合気	0	4*	4	2	3
油の影響	0	0	2	0	1
直接接触凝縮	4	3	6	5	4
滴状凝縮	5	3*	3	5	2
液体金属の凝縮	0	1*	0	2	0
論文数	20	20	31	24	19

*2つの分類にまたがる論文を含む。

1. 膜上凝縮

1. 1 純蒸気

20-MSC-6は鉛直面上の層流積力対流凝縮におよぼす液の過冷および蒸気の過熱の影響を取り

扱っている。これは古くから取り上げられている問題であるが、本論文は摂動解を求め、これらのパラメータの影響について一般的な表示式を得ているのが特徴である。しかし、層流理論の適用範囲が狭いことを考えると、提案されている式が従来の簡単な表示式に代わって使用されるようになるとは考え難い。

6-PC-05 は水平円管上の共存対流凝縮におよぼす並列管の影響を取り扱っている。並列管の存在によって蒸気の主流速度が増大し、その結果熱伝達係数も増大することが数値解析によって示されている。この解析は管群に拡張できると考えられるが、その場合凝縮液イナnderションおよび液膜の乱れの取扱いが問題になる。

6-PC-11 は平滑管の千鳥管群におけるR11 とR113の下降流の凝縮伝熱特性を調べている。管群に関する従来のデータは以外と少ないので、実用的には重要な研究である。

KN-18 は水平フィン付き管上の凝縮に関する研究のレビューである。同様のレビューは前回の論文集や最近の雑誌に2、3掲載されており、それほど新味はないが、単管の伝熱性能におよぼすフィンの形状、寸法および凝縮物質の影響に関するデータをまとめている点は有意義と考えられる。しかし、実際の凝縮器において重要な管群の伝熱特性に関する記述が少ない点に不満が残る。

6-PC-03 は水平フィン付き管上のR113の凝縮におよぼすフィン間隔および管径の影響を調べている。実用伝熱管の管径の範囲では、管径が大きいほど伝熱促進率もわずかに増大し、一方最適フィン間隔は変化していない。

12-PC-8 は水平フィン付き管の碁盤目管群におけるR123の凝縮熱伝達特性と凝縮液の流動特性を取り扱っている。R123はR11の代替冷媒として重要であるが、本研究はこの物質に関する最初のデータを提出している。実験によれば、熱伝達におよぼす縦管列数の影響は凝縮液の落下モードによって大幅に変化している。この問題については今後の研究が必要と考えられる。

フィンの形状、寸法の影響に関する系統的な実験データを蓄積することは重要であるが、幾何学的パラメータの多さを考えると、実験的にフィンを最適化するのは容易ではない。また、従来の研究は単管に関するものが多いが、単管と管群の伝熱特性には差があることにも注意する必要がある。この問題については理論解析の予測精度も向上してきているので、実験と解析を組み合わせるのが効果的な方法であると考えられる。

6-PC-16 は二相サーモサイホンの凝縮器部における局所熱伝達特性と流動様式の間係を取り扱っている。この系では蒸気と凝縮液が対向流になるのが特徴である。本研究では液膜の乱れ、気液界面せん断力と液滴の付着を考慮した理論モデルが提案され、実験的に求めた局所熱伝達特性と良好な一致を得ている。なお、上端付近での不一致は微量残存ガスの蓄積を示唆するものようである。

6-PC-19 は下向き水平面上の凝縮熱伝達の促進に関するもので、浸漬冷却モジュールへの応用を想定して蒸気空間型と液中浸漬型の伝熱面の特性を比較している。液中浸漬型は、上昇気泡を伝熱研究 Vol.30, No.116

伝熱面下部に保持する構造にすることによって伝熱性能が向上し、蒸気空間型と同程度になる。フィン付き面の平滑面に対する伝熱促進率は4.5~7に達している。

20-MS-9はフィン付き面、回転伝熱面、旋回流、添加剤による滴状凝縮促進等に関する実験結果を示している。この論文は多くの事柄を取り上げているので、個々の研究に関する記述が不十分でわかりにくい。また、得られた伝熱促進効果もそれほど印象的ではない。

1. 2 二成分、多成分蒸気

KN-17 は膜理論による凝縮器設計法に関する研究のレビューである。混合気層の物質伝達に関する近似解法、液膜の取扱いについて解説し、これらを組合せた設計計算法を示している。ついで、鉛直管内凝縮およびシェル側凝縮に関する一連の実験データによる検証を行っている。本論文に紹介されている一連の研究は工業的価値が高いと考えられる。

6-PC-20 はメタノール/水、エタノール/水およびメタノール/エタノール静止混合気の水平平滑管上の凝縮を取り扱っている。アルコール/水では成分比によって滴状、縞状、リング状、膜状の凝縮パターンが現われ、滴状の場合には熱伝達係数が膜状の2~6倍になることが示されている。凝縮パターンの変化は凝縮液の管表面へのぬれ性の変化と、液膜内の濃度分布によるマランゴニ対流の発生によると考えられるが、より詳細な機構の解明が待たれる。

12-PC-10 はR113/R114流動混合気の管外凝縮を取り扱っている。平滑管および2種類のフィン付き管について、水平および鉛直の管配置と、水平および鉛直下降の蒸気流の組合せに関する実験データが示され、混合気側熱伝達係数の表示式が導かれている。フィン寸法、管配置および蒸気流方向の複合効果に関する研究ははじめてであり、混合気の物質伝達促進に関する基礎研究として重要と考えられる。

1. 3 油の影響

14-HX-06はR113の管内凝縮におよぼす混入油の影響を平滑管と内面フィン付き管について調べている。このテーマは圧縮式冷凍・空調機の凝縮器設計に関連しているが、実用の冷媒であるR12とR22についてはすでに混入油の影響に関する報告がある。従って、本研究の価値は相対的に低くなる。

2. 直接接触凝縮

6-PC-01 は相互溶解性液中を上昇する気泡の凝縮を取り扱っている。気泡の挙動は相互不溶解性液の場合と基本的に同一であり、凝縮液の内部熱抵抗と周囲液体の外部熱抵抗を考慮した相互不溶解性液に関する著者の解析モデルがそのまま適用できることが示されている。

6-PC-10 は容器中の水蒸気に過冷水をノズルから噴射した際の過度現象を取り扱っている。過冷水ジェットへの凝縮による減圧と、それに伴う放出水のフラッシングを伴う現象の計測結果と、著者らのモデルによる計算値との比較例が示されている。しかし、モデルに関する記述がないので、その妥当性が評価できない。

12-PC-13は鉛直管中へ下部から噴出させた過冷水の自由界面における水蒸気凝縮を取り扱っている。圧力変動を伴う3種類の凝縮モードが観察され、熱伝達係数と自由界面近傍の水の自乗平均乱れ速度の間に一意的な関係があることが示されている。しがし、乱れ速度は実測されていないので、今後の研究による検証が必要である。

6-PC-17は、フロンガスと酸素の混合物を容器内の静脈血に小気泡として吹き込み、酸素処理(oxygenation)と加熱を同時に行う方法を提案している。フロンガスは凝縮潜熱を放出すると同時に気泡表面に薄膜を形成し、酸素と血液の直接接触を妨げるため、赤血球の破壊が防がれる。本論文は予備実験の段階であるが、相互不溶解性液中における気泡凝縮に関する基礎研究の成果を巧妙に応用した研究として興味深い。

3. 滴状凝縮

6-PC-18はふっ素系高分子化合物でコーティングした面上の滴状凝縮における縮流抵抗を取り扱っている。コーティング層がない伝熱面の縮流抵抗に関する著者らの理論をコーティング層がある場合に拡張し、熱伝達係数の数値解と低圧水蒸気に関する実験値が良好に一致することを示すとともに、理論解析に基づく熱伝達係数の表示式を導いている。この一連の研究によって、滴状凝縮の基本的問題の一つが解決されたと言えよう。

13-IN-12は滴状凝縮伝熱面の実用化に関する研究である。銅伝熱ブロックの表面をArイオンのスパッタリングによって清浄にし、ついでCrおよびNのイオンプレーティングを行うことによって低表面エネルギーの面を製作し、アンモニアを含む水蒸気の滴状凝縮を実現している。ついで、同様の処理を行った伝熱管を用いて小型復水器を製作し、 $5500\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ の熱通過係数を長期間維持することに成功している。実器について滴状凝縮を長期間実現した例はないようなので、今後の連続運転の結果に興味がある。

第9回国際伝熱会議における凝縮関連論文の概要を紹介した。発表論文数の推移は、外的要因としての研究の必要性と、研究の新しい展開の可能性に関係していると思われる。膜状凝縮に関する研究が相変わらず多いのは、応用との結び付きの深さによると考えられる。しかし、最も基本的な問題である液膜の挙動に関する理解はそれほど進んでいない。これは測定の困難さにも原因があるが、今後の重要な研究課題であると考えられる。直接接触凝縮は、気層と液層の空間的分布によって多くの形式があり、それぞれに応じた応用が考えられている。研究の進展は分野によってかなり差があるようであり、今後の可能性も大きいと言える。滴状凝縮については、実用化の可能性の確立が最大の課題であろう。

日向 滋 (信州大・織)

会議初日、あのフアラデーの「蠟燭の科学」を想起させるような R.J.Goldstein教授による科学技術史として非常に興味深い Rumford伯の業績を主題とした教育的な講演の後、会場は二つに分かれて Keynote Session に移った。一つは、対流熱伝達に関するもので E.R.G.Eckert教授によるものと、もう一つはマイクロ熱電対で沸騰のメカニズムについて研究した論文を以前拝見したことのあるユーゴスラビアの N.Afgan教授による”Transient Two Phase Flow”という表題のキーノート講演であった。私としては、学生時代に Eckert教授の書いた”Heat and Mass Transfer”で伝熱の研究分野に入り込んだという思い出もあり、両方とも聞きたく迷った。とにかく判断の材料が Abstract しか手元になかったことと、本誌に二相流についての研究の動向を伝えよという依頼を受けていたので結局 Afgan 教授の講演を拝聴した。会場は200席位の部屋でほぼ満席に近い聴衆であった。スピーカに近い席を陣取ったおかげでよく聞こえた。また、ゆっくり話をしてくれたのには助かった。二相流の研究の流れを的確に捉えた発表であったと考えています。そこでごく簡単にここで紹介しますが、詳しい内容は議事録を読んでもいただければ有難いと思います。

出力10000 MWにも達しているボイラープラントの高効率化と、原子炉の安全なシステムの設計にはやはり、二相流の流動現象のより一層の解析、実験的研究が望まれ、特に Transient phenomena に注目した研究が進められるべきだと指摘されました。界面によって隔てられた不連続な性質を持つ二相流体の流動現象を記述する基礎式の定式化は十数年前に J.M.Delhayeraによる空間平均と時間平均の操作の厳密な検討に始まり、N.Zuber and J.A.Findley, M.Ishiiらによる努力の結果、本会議の二相流のSession においても盛んにこれらの手法を使った研究発表がなされていた二次元二流体モデルの骨格が完成された。D.A.Drew and R.T.Laheyによる二次元へのモデルの適用は、A.Serizawaraらによって実験検証されてきた垂直管内定常気泡流のボイド率分布の解明に大きな進展をもたらしたと、Afgan 教授は基礎式の定式化の時代を以上のようにまとめていました。

付け加えさせていただきますと、この方面の研究はさらに二相流の乱流構造、とりわけ平均操作をした結果、生じた平均主流速度 U_1 , 変動量の平均である $\overline{u_1 v_1}$, $\overline{u_1^2}$, $\overline{v_1^2}$, $\overline{w_1^2}$ との結び付きの解明、即ちこれらは従来行われている单相流のようなBoussinesq形式の結合では実験結果を説明出来ないとされている。また気泡径と乱れのスペクトルとの関係を知るといった重要な問題が実験的にも、解析的にも残されているように思います。是非若い研究者には、これら

の問題に立ち向かって、Ishii, Serizawa 先生らに続く成果を出してもらいたいと講演を聞いた際強く感じました。

Afgan 教授は、さらに続けて、平均化された基礎式のTransient 現象への適応性の限界についての検討とそれを補うモデルの出現を期待しつつ、Flashing phenomena, Refill and Bypass phenomena, 管の破損時における Steam generator transients の解析例と実験との比較を示しながら詳しく解説してくれた。この辺りでは二相流研究の一面であるApplication の状況について、日頃不勉強な私にもよく解る説明で、教授の卓越した知識の広さに感心した。

会議終了の前日、Panel discussion PD-8 において、さらに突っ込んだ” Multidimensional Phenomena in Two Phase Flow ” と題してLahey 教授の司会で、現在この問題の具体的なテーマで取り組んでいるパネラーによって問題点の指摘を含んだ発表がなされ、その後討論がおこなわれた。参加者は、主会議室と離れた場所にある部屋に設けられたことと、伝熱に直接関係しない問題であったためか15人程と、ちょっと少なかった。それでも私の斜め後ろに Delhaye 教授、また私がCanadaでお世話になった Sousa教授も顔を見せていた。3人のパネラーの紹介があったが私は部屋を捜すのに手間取り途中から入ったため、名前を知っていたZun 教授以外は不明であった。

パネラーの一人が紹介した研究は、一様気泡流中におかれた垂直平板の表面に発生する気泡境界層のピークを持つボイド率分布に関するもので、この研究は東大の大橋秀雄教授らが行っている翼形周囲に発生するボイド率分布の挙動と同じ現象で、ちょうど一ヶ月前に、名古屋で開かれた混相流シンポジウムでの特別講演で話して下さってあったので非常に興味深く聞いた。この問題はこれらの方々によっていずれ解明されることが期待されます。

またZun 教授の発表は、垂直円管内気泡流のボイド率分布に関するもので気泡径との関係について言及していた。その中でも、やはり混相流シンポジウムで発表していた東京商船大の賞雅氏らの、垂直気泡流における気泡挙動の画像解析のデータが引用されており、研究情報が非常に速くなったという印象を受けました。

二相流のPoster session は PS-9, PS-18 の二つあり、32 編の論文発表があった。その国別の内訳は、USA 6, FRG 6, UK 5, USSR 4, Italy 3, Israel 2,他は一編づつ、日本は三菱重工のM.Iwabuchi氏らのものが唯一で、ちょっと寂しい感じでした。日本ではFlow boilingという場合、Boiling session に入るような研究が多いため、より二相流的な研究が少ないのかもしれない。これらの論文中での、日本人論文の引用割合は37/479 に留まっている。

内容的には、Inverted annular flow を含めたRewetting phenomena が5編と一番多かった。面白いことに、これらは発表数の多い国 USA, FRG, UK, USSR の発表の中には見られなかった。他はTransision boiling, Flooding, Bubbly flow, Annular flow, Parallel condensers の Instability, Thermosyphon, Subchannel等形態の違った場合の二相流、あるいは三相流と非常に散らばっているのが特徴で、Flow patternによる分類と言うより、二相流動が関与して

いる伝熱問題の集合であった。各論文ともテーマの目的に応じたそれなりの成果が報告された優秀な論文であったが、解析手法、実験手法において、二相流に関する限り、私見ではあるがそれほど驚くものは見あたらないと思った。ただ、Lahey 教授が7月来日のおり、混相流シンポジウムでもその一部を紹介してくれたのでご存じの方も多いと思いますが、ボイド波についての解析は、スマートであり、彼らのように自由にtoolとして二相流の基礎式をこなし、二相流の流動現象を次から次ぎへと説明出来ればと、凡才の私にとっては大変羨ましく思った次第であった。

局所ボイド率の測定法では、私たちも使っている光ファイバによる方法を2件程見かけ、この方法がかなり定着してきたという印象を受けた。特にドイツの M.Stephan and F.Mayingner らによるFloodingにおいて発生した液膜と液滴を検出するのに約10 μm と非常に細い先端のプローブをつかっており、なおかつ出力の高いきれいな信号が得られているのは注目に値する。

以上、責任ある報告を浅学を省みず気楽に引き受け、駄文で紙面を汚したことをお詫びします。

ふく射伝熱

上宇都 幸一 (大分大工)

ふく射セッションでの発表予定者の一人として、今回の国際会議に参加したので、このセッションに分類された論文について報告したいと思います。プログラムによれば、このセッションでは、全部で13件の発表が行われる予定になっておりましたが、3、4件（正確に数えたわけではありませんが）の発表は行われませんでした。又、発表時間中は、自分のブースを離れて、他のポスターを拝見する時間的余裕がなく、従って、他の発表の詳細を把握できませんでしたので、以下、ProceedingsのVol. 6によって、紹介することにします（発表者名と発表論文題目を一括して表に示しておきます）。

まず、R-01は、吸引式温度計で、変動ガス温度を精度よく測定するために、熱電対温接点の周囲に、セラミックウールを設置することを提案し、それが有効であることを理論・実験によって示している。R-02は、発泡ポリウレタン断熱材のふく射伝熱評価に関連して、減衰係数を測定し、理論的検討を加えている。R-03は、正方形ダクト内を灰色ガスが流動する場合のふく射-強制対流複合熱伝達の問題を理論的に扱ったもので、乱流モデルには、 $k-\epsilon$ モデルと代数応力モデルを使用し、ふく射輸送には、 P_1 近似を適用している。R-04は、複雑な境界形状を有する領域内でのふく射を含む複合伝熱問題を解析的に扱うために、有限要素法と区分的ふく射交換係数法を併用することを提案している。R-05は、球殻領域内での伝導-ふく射伝熱を理論的に解析している。R-06は、平行平板流路内をふく射性ガスが流動する場合のふく射-強制対流複合熱伝達の問題を理論的に扱ったもので、吸収係数はランダム統計バンドモデルで、乱流は、 $k-\epsilon$ モデルで扱っている。R-07は、高温のふく射性媒体が円管内を流動する場合の、複合熱伝達の問題を実験と解析によって検討したものであり、ふく射性媒体としては、微粉炭灰を用いている。R-08は、規則配列をした単分散粒子群からのふく射エネルギーを評価することを意図したものである。R-09は、非灰色ガスが充満する立方体容器内での自然対流-ふく射共存熱伝達の問題を理論的に扱ったものである。この発表に（発表者は布施木さん）、本セッションのワイン賞が与えられた。R-10は、アルミナとガラス粒子充てん層の減衰係数、アルベド、Henyey-Greensteinの位相関数を境界散乱光強度適合法で決定したものである。R-11は、正方形領域内での伝導-ふく射伝熱の問題を理論的に解析している。R-12は、高温流動層内に設置された伝熱管への伝熱評価モデルを提案している。最後にR-15は、中央部に上下から仕切板が突出した閉空間内での自然対流-ふく射共存熱伝達の問題を解析したものである。

以上の発表論文の中で、私個人としては、R-06のSoufiani等の研究に、もっとも興味を引かれた。なお、本セッションの総合討論は、Lehigh UniversityのJ. C. Chen教授の司会によって

行われた。Chen教授は、Churchill教授とともに連名で、1963年に発表された充てん層内ふく射伝熱についての研究で、ふく射の領域では、よく知られている方であるが、実際、この仕事を御自身でも、誇りに思っておられる御様子であった。

表 ふく射セッション発表論文一覧

- 21-R-01 OSCILLATING GAS-TEMPERATURE MEASUREMENTS USING SUCTION AND COMPENSATING FOR OFF-RADIATION LOSSES
G.M.H.J.L. Gadlot and Y. Goléman, Technion, Israel Institute of Technology, Haifa, Israel
- 21-R-02 RADIATION HEAT TRANSFER IN FOAM INSULATION
L.R. Glicksman, M. Mozgowiec, and M. Torpey, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA
- 21-R-03 COMBINED RADIATIVE AND TURBULENT CONVECTIVE HEAT TRANSFER IN A THREE-DIMENSIONAL SQUARE DUCT
G. Yang, A. Campo and M.A. Ebadian, State University of Florida, Miami, FL, USA
- 21-R-04 COMBINED-MODE HEAT TRANSFER IN RADIATIVELY PARTICIPATING MEDIA USING THE DISCRETE EXCHANGE FACTOR METHOD WITH FINITE ELEMENTS
C. Saltiel, University of Florida, Gainesville, FL, USA and M.H.N. Naraghi, Manhattan College, Riverdale, NY, USA
- 21-R-05 COMBINED RADIATION AND CONDUCTION FROM A SPHERE IN A PARTICIPATING MEDIUM
P.D. Jones and Y. Bayazitoglu, Rice University, Houston, TX, USA
- 21-R-06 RADIATION-TURBULENCE INTERACTION IN CHANNEL FLOWS OF INFRARED ACTIVE GASES
A. Soufiani, P. Mignon and J. Taine, Ecole Centrale Paris, Chatenay-Maiabry, France
- 21-R-07 RADIANT AND CONVECTIVE HEAT TRANSFER FOR FLOW OF AN OPTICALLY ACTIVE GAS IN A COOLED TUBE WITH A GREY WALL
J. Stasiek and M.W. Collins, City University, London, UK
- 21-R-08 RADIANT HEAT TRANSFER IN ORDER FLOWS OF MONODISPERSED DROPS
V.V. Averin, A.S. Dmitriev and A.V. Klimenko, Moscow Power Engineering Institute, Moscow, USSR
- 21-R-09 THREE-DIMENSIONAL STUDY OF CONVECTION-RADIATION INTERACTIONS IN A CUBICAL ENCLOSURE FIELD WITH A NON-GRAY GAS
T. Fusegi, Institute of Computational Fluid Dynamics, Tokyo, Japan, K. Ishii and B. Farouk, Drexel University, Philadelphia, PA, USA and K. Kuwahara, Institute of Space and Astronautical Science, Kanagawa, Japan
- 21-R-10 RADIATIVE PROPERTIES OF PACKED-SPHERE SYSTEMS
K. Kamiuto, M. Sato, and M. Iwamoto, Oita University, Oita, Japan
- 21-R-11 THE CONDUCTIVE AND RADIATIVE HEAT TRANSFER IN RECTANGULAR ENCLOSURE USING THE DISCRETE ORDINATES METHOD
S.W. Baek and T.Y. Kim, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Seoul, Korea
- 21-R-12 A MODEL OF RADIATIVE HEAT TRANSFER IN HIGH TEMPERATURE FLUIDIZED BEDS
Y. Xu and R. Qian, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, China
- 21-R-15 COMBINED NATURAL CONVECTION AND RADIATION IN PARTITIONED ENCLOSURES
A. Yücel, University of Texas at Arlington, TX, USA and S. Acharya, Louisiana State University, Baton Rouge, LA, USA

燃焼に関する発表は Keynote Paper が1件, Jets, Flames and Combustion と題した Session が1つであった。

Keynote Paper は Flamelet description of turbulent combustion (S. Candel, France) であった。乱流火炎はミクロに見ると層流の火炎片の集まりであるとする考え方に基づく乱流燃焼モデルを詳しくレビューした。このモデルの要点は(1)火炎片を歪を受けた層流火炎とし、乱流計算と切り離して考える。このため、多成分拡散と素反応を用いた反応計算を組み込むことができる。(2)火炎片とマクロな乱流計算との連結には確率密度関数や火炎面積を従属変数とする輸送方程式を用いる。(3)マクロな乱流計算は通常の乱流モデルを用いる、などである。このレビューは現在の燃焼の重要問題を正面からとりあげたもので有意義なものであった。講演もきれいなスライドを用いよく準備されたものであった。今後は上記(2),(3)のモデルについてさらにミクロに見た直接計算の方向に進展することが伺われる。

Jets, Flames and Combustion の Session では燃焼に関係したものとして、ガスタービン翼への物質のデポジションと熱伝達の問題、アルカリ液体金属内のハロゲンガスの反応(燃焼)における乱れと輻射の相互影響の解析、壁面近傍乱流境界層における熱伝達と燃焼の相互影響の解析、垂直壁面燃焼とブール火炎の相互干渉の実験、固体プロペラント燃焼の数値解析、であった。別の Industrial and Process Heat Transfer の Session では炉内の流れと輻射計算、金属処理炉の非定常3次元計算(輻射を含む)があった。このように、燃焼と名のつく発表はごくわずかであること、個々の論文は全く異なる燃焼形態を扱っていること、などのため「燃焼のSession」としてはまとまりがつかないように感じられた。なお、日本から燃焼に直接関係する論文は提出されていない。ただし、燃焼の問題から反応を除けば流れと伝熱の問題となるから、燃焼を扱うにはまず流れと伝熱の問題をよく理解する必要があると考えれば、発表された論文の多くが燃焼研究に深い関係があるともいえる。

編集委員からいただいた表題にはCO₂・環境が付随している。しかし、それを取り上げた Session はなく、研究発表もみあたらなかった。ただし、Keynote Paper には Climate change due to greenhouse gases: change, impact and responses ならびに Pollution control by granular filters - an aerosol science perspective があった。企画者にはこのような分野の期待があったと伺える。

国際伝熱会議にふさわしく伝統的な伝熱研究の隆盛があきらかで、燃焼の Keynote Speaker に、今回の会議のシンボルマークは火炎の模式図であると言わしめているのである。

今回の国際伝熱会議でも従来のように、特に表題に関連したセッションが設けられたわけではなく、数値解析のみ、あるいは数値解析を含む研究発表は、すべてのセッションに分散して行われた。そういう論文の数はたいへん多くにのぼる。したがって、本稿では個別の論文の内容への言及はせず、手短かに、全般的な事項を述べることにする。ただし、問題とする熱流体の現象によって、研究手段における数値計算の位置付けや、その計算技法が異なるため、以下の意見は、おそらく、筆者には専門外の伝熱研究の分野には、あてはまらない所もあろうかと思う。その点、どうか、研究者の方々のお許しと御了解を乞う次第である。また、できるだけ総合的な事を書こうと心がけたつもりではあるが、筆者にとって関心の高い部分の研究動向に、内容が傾きがちになってしまっているかもしれない。本稿の読者の方々は、筆者個人の会議の印象記としてでもお読みいただければ幸いである。

キーノートレクチャーはもちろんの事、ポスター・セッション論文にも、2・3次元の数値計算の結果を、自身あるいは文献から得られる実験データと比較して、検証を試みている発表が数多くあった [例えば、2-NC-03 (論文番号を示す)、5-NC-11, 7-M-11, 8-MC-11 など]。これは、熱流体工学でも、現象の数値シミュレーションは、すでに標準的な研究手法として定着しており、単純な問題をただ数値的に解くだけでは、工学的に大きな意味のある研究とは認められなくなってきたという、最近の動向を反映しているものであろう。本会議の発表で扱っている問題では、簡単な境界条件が圧倒的であるが、そのような研究を通して、数値計算の信頼性が向上して行く事が期待される。それとともに、実際の工学問題に近い、形状的に複雑な、あるいは時間的に変化するような境界条件をもった現象の数値シミュレーションも、さかんに行われるものと思う。

特に近年、スーパーコンピューターなどの高速計算機がよく使われるようになってきた事を反映して、計算量の多い、熱流体現象の非定常過程の研究や、バイファケーションなどの、強制あるいは自然対流の安定性問題の数値シミュレーションの発表が目立った [2-NC-17, 4-MC-21, 7-M-11, 11-J-09, 15-PB-01 など]。ただし、まだ計算時間や計算機の記憶容量の制約から、定量的な結果と見なせるものは、ほぼ、2次元問題に限られており、3次元の場合には、定性的計算と考えるべきものが大部分をしめていた。

この状況は、実験（常に3次元性をもつ）との比較検証の不確定性の一要因ともなっている。しかし、有用なデータを実用的な資源から得るという工学の観点からみて、膨大な計算機能力を必要とする、3次元の大規模な数値シミュレーションの不可欠性を主張するのは難しかろう。将来の計算機の、現在以上に急速な進歩に期待を寄せる事にする。それと同時に、工学的な制限を受けない、計算物理などの研究者と共通の興味をもてる、単純な境界条件をもった問題での協力研究なども考えるべき事であろう。

計算手法に関して、特別真新しいものはなかったといってよいと思う。ポスターセッション (PS-7: Modelling, Computations and Measurements Techniques) が組織されていたが、そこで発表されていた内容からも、上述の事が裏書きできるであろう。計算機の発達にともなって、高速・大容量記憶を要する計算が容易になってきた時、研究者の関心は、すでに確立され、あるいは確立されつつある方法を使っての、複数の物理現象の混在する(例えば、熱エネルギー輸送と物質移動など)、より現実問題に近い状況を想定してのシミュレーションにあるといえるであろう。

最後に、東京を除いて、はじめて欧米を離れた、中近東の地での国際伝熱会議に出席した者として、常に国際関係が緊迫しているイスラエルでこの会議を開催しなければならないという必然性は、感じる事ができなかったという感想を述べさせていただき、本稿を閉じることにする。

飯田 嘉宏 (横浜国大・工)

国際伝熱会議には、諸事に多少無理があっても参加してきたが、特に今回は若い頃から一度は訪れたかったイスラエルということで是非にと論文を投稿したところ、応募数が余り多くなかったことが幸いしたらしく受理され、8月18日の飛行機に乗ることが出来た。それだけに多くの思い出があるが、同大会については他にも報告があると伺っているので、ここではポスターセッションでの発表の様子と、そこでの自らの反省を記して一部の諸兄の今後の参考に供したい。

今大会では前回と同様にポスター発表形式が大々的に取り入れられ、一般研究発表420件は全て同発表形式であった。各セッション毎に準備された、余り大きくない部屋の壁面に沿ってぐるりとセットされた約20枚の白色ボードのひとつ(巾約1メートル、高さ約2.2メートル)に、発表者は準備してきたポスターを張り、2時間の発表時間中はこの前に居ることが要求されていた。この間お客さんは三々五々やってくるわけだが、時には3分程度の short lecture を行なうこともまた要求されていた。しかし普通はお客さんのひとりないし複数とすぐに喋り合うことになり、不特定多数を相手に lecture している説明者を見ることは少なかった。イラク問題のおかげか参加を取り止めた方も多く、ポスターが張ってなかったりポスターは有っても説明者の居ないボードもあったが、両方揃っているボードでは濃淡有っても大体はお客さんと議論していることが多かった。議論を快調に行なうためにもポスターのアレンジは極めて重要である。一見してきれいに整っていることは必要条件だろうが、研究の筋書きを要領よく、多くもなく少なくもなく書いておけばそれだけお客さんとの議論も活発になろうというものだ。ある日本研究者は、ブロック図で表すなどの工夫を行っていた。

発表時間最後の20分間は討論時間として用意されており、やり方はチェアマンに任されているらしく、お開きの簡単な挨拶をするだけの所がある一方、著者発表のセッションの様に全員参加の場で各発表の寸評を行なった上本格的な質疑をしてくれる所もあった。さて、著者のポスターには幸いにも多くの方が関心を寄せてくれ、その質疑は冷汗をかきつつも無事にこなしたのであるが、討論時間の質疑にはチェアマン他の方の質問に十分応え得ず、的はずれの回答をしてしまった。英語力の所以である。質問者及び周囲の方々に大変申し訳なかった。また自分でも残念である。此迄の同会議では自ら想定問答集を作る等した上での回答だったので難なく過ぎしたが、今回は多忙さと疲れとエルサレムの魅力に負け、更に多少甘く見て全く準備不足であった。一般の日本人の英語力は外国人も周知とは言え、これ程の国際化時代にしかも国際会議に参加するからには、必要な英語力を持つか、或いは著者の様に英語が苦手の場合は想定問答等必要十分な準備が不可欠であろう。著者の経験を他山の石として、参考にしてくれる方があれば幸いである。

河原全作（京大・工）

国際伝熱会議への出席は今回が初めてでしたので、今までの国際伝熱会議との比較はできませんし、会議の内容については他の方々が詳しく書かれると聞きましたので、エルサレムでの個人的な雑感を書かせていただきます。

テルアビブのベングリオン空港からシェルト（乗合タクシー）に乗ってエルサレムに着いたのは、8月17日金曜日の夕方でした。最初に思ったことは、「色が無い」ということでした。夕闇のせいもあったでしょうがエルサレムの街はSF映画で見た火星都市の雰囲気でした。後で気がついたのですが、金曜の日没から土曜の日没まではサバット（安息日）で、街の商店・バスは営業していませんでした。そのことも、エルサレムの街をモノトーンにしていたのでしょう。その後、街の色は滞在するにつれて徐々に自分の眼に映るようになり、僕自身が色覚の適応不順をおこしていたのかもしれない。

日中のエルサレムは、空の青と建物の薄茶灰色の2色があればスケッチできます。エルサレム滞在中は毎日快晴であり、ついに雲を見ることはできませんでした。エルサレムは街の中心にある旧市街とそれを取り囲んでいる新市街からなっていますが、会場になったヒルトンホテルは新市街の中でも一際高いビルです。古都の景観保存ということで京都と同じ問題をかかえているだろうと思ってイスラエルからの出席者に尋ねたところ、やはりヒルトンホテルを建てるときにビルの高さが街の雰囲気を壊さないかどうかの議論があったとのことでした。新市街のビルはみんな同じ色をしていましたが、これは近くで採取される石でつくられているため、特に規制があるわけではなく、ただ好き好んで色をつけることをしていないとのことでした。

中東情勢が緊張しているせいでしょうか、エルサレムの街には実に多くの兵士がいました。高校を卒業すると男子で3年、女子で2年の兵役があるとのこと、自動小銃をもった若い兵士が街の風景にとけ込んでいるのです。新市街においては生命に対する危険は感じませんが、それでも何かに自分の生命をさらしているような一種独特の緊張を感じました。あえて独断と偏見をおそれずに言うなら、イスラエルはサバイバルの国であり、善悪の判断の前に存在するかしなないかを自らに問いかけ続けなければならない国なのです。正しい正しくないということではなく、存在の問題という観点から見ないことにはイスラエルを本当に理解することはできないだろうということを実感しました。もちろん、理解する必要はなく批評していればよいという考え方もあるでしょうが。

慣れぬ海外ましてや今話題の中東ということもあり出発前には十分準備をしていたつもりだ

ったのですが、小さなトラブル・予想外の事が続き予定していた日程とかなり異なった行動を
しました。会議についても予想外の事が多かったというのが本音です。中東情勢の影響からか
欠席が多く無人のポスターが目立ち、パネラーが欠席したパネルディスカッションもありまし
た。個人的に困ったことはポスターを掲示するボードが予想していたものと異なっていたこと
と、ポスターセッションの部屋が狭くて混雑したことです。そこで、一部のセッションの会場
は Ballroom Gardenに移され、太陽のもとでのセッションとなりました。伝熱促進のセッシ
ョンがそうでしたが、そのために私の隣の京大の萩原先生による見る者を感心させず（ここま
でようやるわ～と思わず）にはおこななかった電化ポスターのイルミネーションもエルサレムの
太陽の日差しには勝てませんでした。

激動する国際情勢を反映している事柄に数多く出会いました。伝熱促進のセッションでの
Chair はUSSRのリトアニア人でしたが、彼からもらった名刺はUSSRの文字が消してありました。
また、会議中にロビーに置かれていた今後開催される予定の国際会議のパンフレットの中にバ
ルティック伝熱会議というのがありましたが、Organizing and Scientific Committee の国名
にはリトアニア・ラトビア・エストニアのバルト3国が明記されており、USSRの文字はリトア
ニア人の連絡先住所にのみ記載されていました。

今回の国際伝熱会議に出席しての私個人としての最大の収穫は、多くの海外の研究者と出会
えたと同時に、伝熱研究者の国際的な集まりの雰囲気というものを直接感じる事ができたこ
とです。修士課程1回生の時に初めて伝熱シンポジウムに参加したときと同じような刺激を受
けました。

以上、とにかく私にとっては刺激的なエルサレムでの国際伝熱会議でした。

（蛇足ですが、死海の水は本当に刺激的です。味わいたい方はご連絡下さい。）

第9回国際伝熱会議に参加して

松尾篤二（三菱重工）

世界の伝熱研究者が一堂に会する国際伝熱会議に、今回初めて参加する機会を得た。過去に国際的な会議やシンポジウムに何度か参加した経験はあるが、これほどの規模の会議は初めてである。参加者の大半は大学関係者という中、数少ない企業からの参加者の一人として、感想などを述べてみたい。

今回の国際伝熱会議の参加者は、前回のサンフランシスコよりも少なかったようで、特に日本の企業からの事前登録は弊社の3名のほかは1社、論文投稿は他に1社のみであった。欧米の企業からの参加も少ないように見受けられ、やや寂しい感じがした。参加者が少なかった原因のひとつは、イスラエルというなじみの薄い国での開催だったことにあると思う。それに、企業によっては、イスラエルと敵対関係にあるアラブ諸国との関係を配慮して、参加を見送ったところもあったかもしれない。また、開催直前のイラクのクウェート進攻により、参加予定者の中には会社からの指示で参加を取り止めた方もおられたと聞く。一旦参加しながら、途中で帰国された方もあったとのこと。私としても、会社からの許可はあったものの、不安な気持ちでの出発となった。しかし、予想に反してイスラエルへの入国は簡単で、エルサレム市内も特に警備が厳しいわけでもなく、平常通りといった感じで、まずは安心した。

さて、会議の全体的な印象として、まず、雰囲気になごやかなのに驚かされた。この会議は伝熱の分野では最も権威ある会議のひとつであることから、形式ばった堅苦しい雰囲気を予想していただけに、これは意外だった。おそらく、多くの方々が旧知の間柄であることが、なごやかな雰囲気を作り出していたのだろう。参加者に事前に配布されたアナウンスメントに、『インフォーマルな服装で』と記載されており、実際、欧米からの参加者を中心にカジュアルなリラックスした服装で会議に臨んだ方が多かった。真夏の開催でもあり、リラックスした服装で会議が進められたのは、打ち解けた雰囲気作りに役立っていた。

会議は、午前、午後、いずれも1.5時間のキーノートセッションの後、ポスターセッション2時間、それと並行してパネルディスカッションという形で進められた。テーマごとにキーノートセッションは2部屋、ポスターセッションは3部屋に別れており、企業の人間から見ても関心の高いテーマが多く、興味深く参加させて頂いた。いずれも高度に専門的な内容であり、英語力の不足もあって、十分に理解することは到底できなかったが、断片的ながら内容をつかむことができたつもりである。プログラムを見て、これはぜひ聞きたいと会場へ行ってみてもプレゼンターの不参加のためか、キャンセルになったものがいくつかあったのは残念だった。

キーノートセッションでは、OHPやスライドを使って講演がなされたが、プレゼンテーションの仕方によってずいぶん聞きやすさが違うと感じた。原稿を読むだけの講演では聞くほうも疲れてしまう。メリハリのある話には自然に引き込まれる。中に一人、スライドごとに大標題と小標題を入れた方があり、そのスライドが話の全体の中のどの部分であるかが分かりやすかった。国際会議では言葉の障壁があるので、自分が話す場合にもこのような理解を助ける工夫が必要と感じた。

ポスターセッションは部屋が狭く、入口まで人があふれて中に入れられないという状況もあった。しかしながら、その割には、たまたま私が入室したときがそうだったのかもしれないが、セッションでの議論は全般にあまり活発でない印象を受けた。言葉の問題や関心の対象の違いなど原因はいろいろあるだろうが、ポスターに記載されている情報が少なすぎることも一因ではなかったかと思う。ポスターの良し悪しもさることながら、自らポスターを作成して、面積が狭すぎてごくわずかのことしか書かけないのに困惑した。ポスターは、2倍とまではいかないまでも、1.5倍程度の広さは欲しかったと思う。

それでも、その狭いポスターで如何に人の注意を引くかは、それぞれのプレゼンターが工夫されていたようで、中には色彩豊かなもの、奇抜なアレンジのものなど、見て楽しいものもあった。実は私も優れたポスターの作成者に贈られるイスラエルワインをひそかにねらい、それなりの工夫をした。といっても奇をてらったものではなく、インストラクション通りに作ったのである。ただ、大きめ、太めの文字で簡潔にを心がけ、白黒主体で要所要所を着色してアクセントをつけただけのシンプルなものに仕上げた。最近では白黒の原稿から、文字や図を部分的に任意に着色して拡大コピーできるようになっており、それを活用した。幸い、同じセッションでは他に目立ったポスターはなく、ねらい通りワインを獲得出来た。研究の内容についてもChairmanからユースフルだとの評をいただき、何人かの参加者からも高く評価された。私をポスターのそばに立たせて写真を撮って行った方もいた。悪い気持ちはしないものである。

企業人としての立場から、製品の設計や将来へ向けた技術開発に直ちに応用できるような実用に直接結びつく研究成果に目が行きがちであるが、このような観点からは、今回の会議はやや物足りなさを感じた。しかし、世界の伝熱研究の動向をつかむことができ、内外の著名な先生方と面識を得たのは、大きな収穫だった。

以上、思いつくままに参加した感想を述べたが、一面的な見方や手前みそな部分があったことをお許し願いたい。

第9回国際伝熱会議に参加して

柳原・JURANDIR・一蔵（横浜国大院）

昨年八月にエルサレムで行われた第9回国際伝熱会議に参加したときの感想を若い参加者の立場から書くようにと言われて、恐縮ながら筆をとらせて頂いた。私が国際会議で研究発表を行うのは今回が初めてであり、エルサレムで開催されたことも含めて学ぶ機会が非常に多く与えられた。

私は日本で伝熱を学ぶブラジルからの留学生であり、縦渦による強制対流伝熱の促進を研究しているので本会議では関連の研究に特に興味を注いだ。また、クリスチャンであるのでイスラエル各地を回ったときには聖書に記されている色々な出来事を思い浮かべながら黙想をした。中東情勢が不安定の中で、いつも注目を浴びるイスラエルであるが、エルサレム市内の雰囲気は平和そのものであった。余分な心配もせずに会議に熱中できたこともとても幸いであった。

会議でまず印象的であったのはポスターセッションによる発表形式である。日本国内の主要な講演会（機械学会、伝熱シンポ等）では使用されない形式なので、私はポスターを作成する段階から戸惑いを覚えた。結果的には満足のいくポスターができあがったので各セッションで一番きれいなポスターが授賞するというワインをひそかにねらったが惜しくも逃してしまった（参考までに今回の授賞作品をみると、ほとんどの場合バックに色紙を使用していた）。ポスターセッションは、少人数あるいはマンツーマンで直接的に討論ができるのでとても有意義である。また、参加者は興味のある研究のみに時間を費やすことができ、発表する側としてもやりがいがある。日本の伝熱関係の講演会でもぜひ採用して頂きたい方法である。ただし、今回の場合、残念であったのはポスターセッション用のルームが小さかったことである。会場となったヒルトンホテルのルームはこのような会議を行うには適していなかった。各ポスターに与えられたスペースは小さく、5人以上聴講者が集まると話ができなくなり、隣の迷惑にもなると言う状況であった。

基調講演も興味深く聞く事ができた。いずれの講演も頷かされる内容と説得力があった。特に印象に残ったのは相原先生（東北大）のミストによる伝熱促進、Prof. MOFFAT (Stanford) の伝熱の実験的研究、そしてMr. COLLIER (Nuclear Electric, UK) の原子力発電の将来に関する発表であった。基調講演であるにも関わらず、かなり突っ込んだ質問もありとても有意義であった。

会議中の夜に行われた色々な催しやポストカンファレンスツアーにも楽しく参加させて頂いた。交流の場が比較的多くあり、多くの方々と親睦を深めることができたのは幸いであった。国籍、年齢、地位を問わず伝熱の研究者という共通点をもとにして自由な雰囲気では話ができて、若い私にとっては大きな励みになった。

最後になりますが、私がこの会議に参加するに当たり色々なご配慮を下さり、行動をともにさせて頂きました横浜国大教授の鳥居薫先生にこの場を借りて感謝の意を表したいと思います。