

ISSN 0910-7851

Vol.37 No.147

伝熱研究

Journal of the Heat Transfer Society of Japan

ISSN 0918-9963

Vol.6 No.4

THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING

日本伝熱学会第37期（平成10年度）役員

会 副 長 副 会 長 理 事 (編集出版) 東 北 中国四国 (企 画) 北 海 道 (総 務) 東 海 監 評 員	長 (編集出版) (企 画) (総 務) 事 (編集出版) 東 北 円 山 重 直 (東 北 大) 中国四国 水 上 紘 一 (愛 媛 大) 渡 邊 激 雄 (中 部 電 力) (企 画) 北 海 道 黒 田 明 慈 (北 大) 菱 沼 孝 夫 (北 大) (総 務) 東 海 辻 俊 博 (名 工 大) 監 評 員 望 月 貞 成 (東 京 農 工 大) 山 本 春 樹 (旭 川 高 専) 中 部 主 敬 (京 大) 浜 辺 謙 二 (川 崎 重 工) 加 藤 征 三 (三 重 大) 中 村 泰 久 (東 邦 ガ ス) 中 山 顕 (静 岡 大) 松 田 仁 樹 (名 大) 稲 葉 英 男 (岡 山 大) 丸 山 茂 夫 (東 大) 菊 地 義 弘 (広 島 大) 田 中 収 (三 浦 研 究 所) 斎 藤 明 宏 (新 潟 工 大) 姫 野 修 廣 (信 州 大) 稲 村 隆 夫 (弘 前 大) 青 木 秀 之 (東 北 大) 瀧 本 昭 (金 沢 大) 吉 田 敬 介 (九 大) 中 島 忠 克 (日 立) 古 藤 悟 (三 菱 電 機) 西 野 耕 一 (横 浜 国 大) 井 上 剛 良 (東 工 大) 田 島 守 (神 奈 川 大) 一 宮 浩 市 (山 梨 大) 飛 原 英 治 (東 大) 加 藤 泰 生 (山 口 大) 鈴 木 祐 二 (東 工 大) 石 塚 勝 (東 芝) 栗 山 雅 文 (山 形 大) 吉 田 英 生 (東 工 大) 馬 場 弘 (北 見 工 大)	黒 崎 晏 夫 (電 気 通 信 大) 荒 木 信 幸 (静 岡 大) 柘 植 綾 夫 (三 菱 重 工) 飯 田 嘉 宏 (横 浜 国 大) 部 会 長 熊 田 雅 弥 (岐 阜 大) 関 西 平 田 雄 志 (阪 大) 小 澤 由 行 (高 砂 熱 学) 部 会 長 西 尾 茂 文 (東 大) 九 州 井 村 英 昭 (熊 本 大) 北 陸 信 越 竹 内 正 紀 (福 井 大) 菱 田 公 一 (慶 大) 岡 崎 健 (東 工 大) 満 洲 邦 彦 (東 大) 大 隅 正 人 (三 洋 電 機) 堀 政 義 (石 播 重 工) 宗 像 鉄 雄 (工 技 院 機 械 研) 勝 田 正 文 (早 大) 奥 山 邦 人 (横 浜 国 大) 本 田 知 宏 (福 岡 大) 鶴 田 隆 治 (九 工 大) 村 田 章 (東 京 農 工 大) 小 林 健 一 (東 工 大) 鳥 居 修 一 (鹿 児 島 大) 窪 田 英 樹 (室 蘭 工 大) 矢 部 彰 (工 技 院 機 械 研) 大 河 誠 司 (東 工 大) 山 脇 栄 道 (石 播 重 工) 小 林 信 雄 (トヨタ自動車) 長 坂 雄 次 (慶 大) 原 村 嘉 彦 (神 奈 川 大) 池 上 康 之 (佐 賀 大) 千 田 二 郎 (同 志 社 大) 小 松 源 一 (姫 路 工 大) 福 山 佳 孝 (東 芝) 小 熊 正 人 (石 播 重 工) 中 込 秀 樹 (東 芝) 菱 田 誠 (千 葉 大) 神 永 文 人 (茨 城 大) 加 藤 健 司 (大 坂 市 大) 桑 原 啓 一 (石 播 重 工) 松 尾 篤 二 (三 菱 重 工) 平 澤 茂 樹 (日 立) 伊 藤 正 昭 (日 立) 長 崎 孝 夫 (東 工 大)
---	---	---

[Thermal Science and Engineering]

チーフエディター

小 竹 進 (東 洋 大)

伝 熱 研 究

目 次

〈随想〉

ひとりごと小澤守 (関西大学)1

〈第 11 回国際伝熱会議報告とセッションレビュー〉

第 11 回国際伝熱会議報告とセッションレビュー第 3 7 期編集出版部会3

セッションレビュー

Applied Heat Transfer	石塚勝 (東芝)	4
Condensation and Direct Contact Gas/Liquid Heat Transfer	小山繁 (九州大学)	6
External Forced Convection	萩野文丸 (京都大学)	8
Heat Transfer Augmentation	五十嵐保 (防衛大学校)	10
Natural Convection	尾添紘之 (九州大学機能物質科学研究所)	12
Gas Turbine Heat Transfer	望月貞成 (東京農工大学)	14
Heat Exchangers	熊田雅弥 (岐阜大学)	16
Impinging Jet Heat Transfer	鈴木健二郎 (京都大学)	17
Mixed Convection	西尾茂文 (東京大学)	19
Two-Phase Flow with and without Phase Change	門出政則 (佐賀大学)	21
Flow Boiling	深野徹 (九州大学)	23
Freezing, Melting and Solidification	笹口健吾 (熊本大学工学部知能生産システム工学科)	25
Internal Forced Convection	太田照和 (東北大学)	27
Measurement Techniques	秋山光庸 (宇都宮大学)	28
Particulates, Porous Media and Special Application	中山顕 (静岡大学)	30
Heat Transfer in Nuclear and Conventional Heat and Power Generation Systems	森康彦 (慶応大学)	32
Numerical Techniques and Modelling	河村洋 (東京理科大学)	34
Pool Boiling	水上紘一 (愛媛大学)	35
Radiation and Combustion	円山重直 (東北大学)	37

〈会議報告〉

1998 年度国際伝熱会議アセンブリ委員会に出席して 平田賢 (芝浦工業大学)38

萩野文丸 (京都大学)

第 11 回国際伝熱会議 International Scientific Committee 委員報告 藤田恭伸 (九州大学)39

〈報告〉

学会誌「伝熱研究」と論文集「Thermal Science and Engineering」を分冊, bimonthly 発刊

..... 黒崎晏夫 (電気通信大学)41

日本伝熱学会学会誌および論文集の新しい発行形態と編集方針 TSE チーフエディター42

〈世界のホットユース〉

Living, researching and teaching in Tokyo Karel BALATKA (東京農工大学)43

〈行事カレンダー〉47

〈お知らせ〉

日本伝熱学会 学術賞・技術賞・奨励賞公募のお知らせ48

第36回日本伝熱シンポジウム研究発表募集50

“The Frontiers Forum 準備セッション” 企画募集

(第36回日本伝熱シンポジウムにおいて開催)53

第12回数値流体力学シンポジウム53

生体・食品加工における熱的課題に関するジョイントシンポジウム54

「基礎研究の振興と科学技術教育」シンポジウム55

講習会「最先端機器の冷却技術の展開と問題点」56

「伝熱研究」会告の書き方56

「伝熱研究」原稿の書き方57

事務局からの連絡58

日本伝熱学会、入会申込み、変更届用紙59

日本伝熱学会、賛助会員入会申込み、変更届用紙60

インターネット情報サービス

- <http://htsj.mes.titech.ac.jp/htsj.html>

最新の会告・行事の予定等を提供

- htsj-info@mes.titech.ac.jp

最新の情報を電子メールで受け取りたい方のための電子メールアドレスの登録受付

- htsj@mes.titech.ac.jp

事務局への連絡の電子メールによる受付

Journal of The Heat Transfer Society of Japan
Vol.37, No.147, October, 1998

CONTENTS

<Essay>

Monologue

Mamoru Ozawa (Kansai University)	1
--	---

<Reports on The Eleventh International Heat Transfer Conference and Session Reviews>

Reports on The Eleventh International Heat Transfer Conference and Session Reviews

Editorial Board	3
-----------------------	---

Session Reviews

Applied Heat Transfer

Masaru Ishizuka (Toshiba Corporation)	4
---	---

Condensation and Direct Contact Gas/Liquid Heat Transfer

Shigeru Koyama (Kyushu University)	6
--	---

External Forced Convection

Fumimaru Ogino (Kyoto University)	8
---	---

Heat Transfer Augmentation

Tamotsu Igarashi (National Defence Academy)	10
---	----

Natural Convection

Hiroyuki Ozoe (Institute of Advanced Material Study, Kyushu University)	12
---	----

Gas Turbine Heat Transfer

Sadanari Mochizuki (Tokyo University of Agriculture and Technology)	14
---	----

Heat Exchangers

Masaya Kumada (Gifu University)	16
---------------------------------------	----

Impinging Jet Heat Transfer

Kenjiro Suzuki (Kyoto University)	17
---	----

Mixed Convection

Shigefumi Nishio (University of Tokyo)	19
--	----

Two-Phase Flow with and without Phase Change

Masanori Monde (Saga University)	21
--	----

Flow Boiling

Tohru Fukano (Kyushu University)	23
--	----

Freezing, Melting and Solidification

Kengo Sasaguchi (Kumamoto University, Dept. of Mechanical Engineering and Materials Science)	25
--	----

Internal Forced Convection

Terukazu Ota (Tohoku University)	27
--	----

Measurement Techniques	
Mitsunobu Akiyama (Utsunomiya University)	28
Particulates, Porous Media and Special Application	
Akira Nakayama (Shizuoka University)	30
Heat Transfer in Nuclear and Conventional Heat and Power Generation Systems	
Yasuhiko H. Mori (Keio University)	32
Numerical Techniques and Modelling	
Hiroshi Kawamura (Science University of Tokyo)	34
Pool Boiling	
Koichi Mizukami (Ehime University)	35
Radiation and Combustion	
Shigenao Maruyama (Tohoku University)	37
<Reports on Conference>	
Report of Assembly Committee for IHTC 11	
Masaru Hirata (Shibaura Institute of Technology)	38
Fumimaru Ogino (Kyoto University)	
Report of International Scientific Committee for IHTC 11	
Yasunobu Fujita (Kyushu University).....	39
<Report>	
"Journal of the Heat Transfer Society of Japan" and "Thermal Science and Engineering" will be published bimonthly in independent volumes from 1999!	
Yasuo Kurosaki (The University of Electro-Communications)	41
Publishing Form and Policy of "Journal of the Heat Transfer Society of Japan" and "Thermal Science and Engineering"	
The Chief Editor of TSE	42
<World Hot Youth>	
Living, researching and teaching in Tokyo	
Karel BALATKA (Dept. of Mechanical Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology).....	43
<Calendar>	47
<Announcements>	48

第11回国際伝熱会議報告とセッションレビュー

Reports on The Eleventh International Heat Transfer Conference and Session Reviews

第37期編集出版部会
Editorial Board

伝熱研究者の世界的な祭りとも言うべき国際伝熱会議が、8月23日から28日まで大韓民国慶州市(Kyongju)で開催された。今回で11回を数える。慶州が新羅の都であったことは紹介するまでもあるまい。会場のKyongju Hilton Hotelは、慶州市郊外のリゾート地の人造湖の畔にあった。会期中好天が続いたことは、特に会場以外のホテルに宿泊した参加者にとっては幸運であり、主催者側も天に感謝したことであろう。

さて、伝熱研究会の頃からの慣例に従って、国際伝熱会議の報告とセッションレビューを今回も掲載することにした。日本からは100編近い論文が提出され、140人以上が参加したとはいえ、関与しない学会員は多い。また、他人の見解や評価を知ることが参加者にとっても有益であろう。

会議の組織運営に携わった平田賢、藤田恭伸両先生に総括的な報告をお願いし、セッションのレビューは編集委員会候補者を挙げてほとんど押し付けに近い形で依頼した。会議に参加予定の編集出版部会委員は、立場上義務であるとして、レビューに加えた。全般にセッション当たりの論文数が多く、最多で45編ある。しかし、1レビューに許される紙数は少ない。そのため、レビューには研究の動向や価値ある、あるいは興味ある論文を選択的に紹介して下さるようお願いした。ご多忙中、短期間内に執筆して下さったことに感謝する。

議事録について以下に少し説明しておく。先ず、正式な名称は

Heat Transfer 1998, Proceedings of The Eleventh International Heat Transfer Conference, Kyongju, Korea
であり、Taylor & Francis社から出版されている。議事録は7巻から成り、Volume 1にKeynote Lectures

が集められている。また、以下に示すように、以後の巻に論文がセッションごとにまとめて収められている：

Volume 2

Two-Phase Flow with and without Phase Change
Flow Boiling
Pool Boiling

Volume 3

Internal Forced Convection
External Forced Convection
Mixed Convection
Natural Convection

Volume 4

Measurement Techniques
Numerical Techniques and Modeling
Particulates, Porous Media and Special Applications

Volume 5

Applied Heat Transfer
Heat Transfer Augmentation
Impinging Jet Heat Transfer

Volume 6

Heat Transfer in Nuclear and Conventional Heat and Power Generation Systems
Heat Exchangers
Condensation and Direct Contact Gas/Liquid Heat Transfer
Gas Turbine Heat Transfer

Volume 7

Conduction and Thermophysical Properties
Freezing, Melting and Solidification
Radiation and Combustion

Applied Heat Transfer セッション

Applied Heat Transfer Session

石塚 勝 (東芝)

Masaru ISHIZUKA (Toshiba Corporation)

1. まえがき

当初、Applied Heat Transfer セッションは47件の発表予定であったが、実際は40件（日本から8件）の発表であった。いずれにしても、最大のセッションであった。内訳は、8月24日午前に13件、26日午後15件、そして27日午後12件である。ところが、筆者は仕事の都合で27日の朝帰路についたので、最後のセッションは、聴講できなかった。また24日と26日も自分に関係した発表があり、他の方の貴重な発表をじっくり聞くチャンスに恵まれなかった。このようなことから、本稿は会場でのわずかなやり取りとプロシーディングを参考に記述していることをあらかじめ申し述べる。

2. 発表傾向

本セッションには、興味ある発表を多く含んでいるものの、他のセッションに入らないものがまわされてきた感の論文もあり、雑多なセッションという印象はぬぐえない。

番号	応用分類	プレゼン用AH番号 (太字日本)	件数
1	生産(製造)・加工	2,4,6,17,18,21,23,24,25,28,40,45	12
2	CVDほか化学反応	19,20,27,31,35,36	7
3	プラント(農場)設計	1,7,13,29,32,33,38,41,42	9
4	電子機器設計	5,22	2
5	熱輸送デバイス	12,43	2
6	エンジンまわり	10,44	2
7	題(CO ₂ 、エネルギー貯蔵)	9,14,11	2
8	蒸気破裂挙動	16,37	2
9	熱伝達と湿度	8,30	2

分野をかなり大雑把に分類すると、左下表のようになるが、生産・加工応用、CVD関連、プラント設計(基礎研究も含めて)が上位をしめた。特に、レーザーを応用した加工技術とCVD容器の最適設計に関するものが目に付いた。番号は、プログラムに整理掲載されたポスターセッション用の番号でAH(Applied Heatの頭文字)を頭につけて番号が付けられている。

3. ポスター内容

多数のポスターのため、前表左の分類番号ごとに独断と偏見で論文を選んでコメントさせてもらう。分類1:筑波大学の石黒らは、工業分野から医療分野まで多方面で応用が期待されるエキシマレーザーによる高分子材料のアブレーションに関する研究を行なっているが、その一環で、レーザーの投射角度とアブレーション特性との関係をあきらかにしている。基礎から応用研究へと発展する気配がある。また、ポーランドのワルシャワ大学のKozlowskiらが、極短レーザーパルスによる熱輸送の量子限界なる発表をしていたが、浅薄な知識の筆者には、エネルギー方程式はともかく Planck-Einstein の関係式まででてきて、煙に捲かれるような説明を聞いても、チンプンカンプンであった。要は、コーシーの境界条件の量子熱輸送式の基本解を解析でもとめているが、一見4頁で簡潔にまとまっているものの、式の検証や、考察、結論などの項目が無いので、論文の構成という点では疑問がある。それとも小生が官僚的に染まっているのか? それに比べ、地味ではあるが、フランス ISITEM のGoizetらが、高温鍛造時での仕事片とダイとの界面の境界条件の研究で、接触熱抵抗の焦点をあて、詳しい実験をし、不確かさ解析まで詳細に行なっていたが、研究のあり方として勉強になった。シドニー工科大学のHuynhらは、円形ギャップからの粘性の大きい非ニュートン流体を押し出した時の押出物の膨張に対する壁温度の影響を数値的に解析して

いた。確かに、興味ある知見を得ているが、どうしても解析結果だけだと「ほんとにそうかなあ？」という疑問がわいてしまう。

分類2：CVD関連では、たとえば、Sandia 国立大学の Houf らが、低圧CVDのバッチ式反応容器の最適化のための数値計算を発表していた。いずれも境界条件で工夫というか苦労している状況だ。通常、容器の壁温度を放射交換で計算するか、前もって、流熱体計算でもとめておくのだが、彼は放射交換で計算しない方法を提案していた。

分類3：名工大の長野らは、溶融ポリマーをニップローラーで押し出し形成するフィルム生産過程での、管状に吹き出す冷却用空気の挙動と熱伝達を乱流モデルを使って解析していた。乱流モデルもその応用がある程度限られていると感じていたが、「多方面にひろがっているなあ」という印象を得た。カリフォルニア大学の Rohloff らの海水から塩分を取り除くプラントでのフルート管の熱伝達率の実験評価で、彼らも、実験の不確かさ解析を詳しくすることで、実験結果自体の意味をもたせていたが、見習うべきと感じた。山口大学の宮本らは、石炭の燃焼装置等で使われる流動層内の水平円管まわりの熱伝達特性に対する分子内部力の影響を実験的に調べ、多くの知見を得ていた。粘着性の分子が固まりを造ると流動層の動作を妨げるので、これらの研究は発展することを期待する。

分類4：久野らは、発熱の問題が厳しいポータブルPCの熱解析を紹介していた。熱伝導解析をもとに、境界条件として、自然対流の場合と流体節点を使った強制対流の場合とで、測定温度と16%以内で一致する解析結果を出していた。また、石塚らは、半導体パッケージの熱解析モデルを提案したが、「伝熱も、とかく力づくで数値計算を行なう風潮がみうけられるが、現象さえ見極めれば、モデル化の工夫で少ない労力で計算できることが可能である」ことを強調したかったものである。もっとも、これはある意味では欠点である。モデル化をするにはかなりの知識と経験が必要だからである。

分類5：米国空軍研究所の Pratt らが、熱輸送装置開発のため、垂直な毛細管に揮発性の液体を入れて、加熱させ、蒸発したメニスカスへの熱毛細管力の影響を報告していたが、テーマ的には新規性があると思われぬが、空軍で研究している意味を考えると、当方が理解できない魅力があるかもしれない。

分類6：英国サンダーランド大学の Maier らは、内燃エンジンの弁とポートのまわりの熱伝達を測定するのに、過渡液晶技術をつかって、かなり評価できるデータが得られると報告している。ほかにも2件液晶技術を可視化に用いた論文があった。技術が進歩しているらしい。

分類7：CO₂の環境問題という点に関し、日本から2件発表があったので、なんとなく誇りに感じた。名古屋大の架谷らは単純可逆反応を利用して、1273K以上の高温エネルギー貯蔵に関し、BaOの溶融化とBaCO₃のCO₂除去化の挙動について報告していた。そして、東工大の岡崎らは、海洋中層でのCO₂長期隔離のためのハイドロレート密度が海水より大きいことを利用して、CO₂液泡を下降させて希釈する機構を熱力学的に説明していた。興味ある研究では、ドイツのアーヘン大学の Nowak らが、未来の太陽エネルギー貯蔵のために硫酸分解質に関する基礎研究を発表していた。ものになると良いが？

分類8：山形大学の安達らは、高温銅のテストヒーターを自由水面に接触させて、蒸気破裂現象に関する過渡的な実験を行なった。基礎的沸騰実験のように思われ、なぜ沸騰ではなくて、本セッションに分類されていたのだろうか？

分類9：熱伝達と湿度との関連で、快適環境（アメニティー）に関するものが1件あった。シンガポール国立大学の Kang らが、混雑室内での温暖と湿度が人間に与える影響を、25ノードモデルを使って数値計算をしていたが、3次元空間内に複数の角柱発熱源を設置した場合の数値計算と変わりが無く、バイオ的な考えを取り入れかして、現実的な人間のモデル化を加えてほしかった。

4. おわりに

やはり全世界から研究者が集まることは楽しく、その国の雰囲気味わえるにも楽しい。たとえば、ニュージーランドからの研究者が、ミルク農場でのタンク内の特有な熱伝達現象を発表していたが、お国らしさがでていた。ほかにも、紹介したい論文が沢山あるが、紙面よりも時間の都合で割愛させていただくことをお許しねがいたい。最後に、当セッションに限らず、日本の企業の発表が少なかったのは寂しい気がした。

Condensation and Direct Contact Gas/Liquid Heat Transfer セッション

Condensation and Direct Contact Gas/Liquid Heat Transfer Session

小山 繁 (九州大学)

Shigeru KOYAMA (Kyushu University)

凝縮及び直接接合伝熱のポスターセッションは8月24日及び26日に開催され、22編の論文(含む若干編は欠席)が発表された。表1に発表論文題目等を示す。国別論文数は、日本から3編、韓国、中国、イギリス、イタリア及びドイツから各々2編、その他の数ヶ国から各々1編であった。内容は、水平管内凝縮7編、鉛直管内凝縮3編、滴状凝縮3編、原子炉緊急冷却システム5編、他4編であった。また、本セッションの関連として、25日にロンドン大学Rose教授による基調講演「Interphase Matter Transfer, The Condensation Coefficient and Dropwise Condensation」がなされた。以下、本セッションの各論文(論文集第6巻に掲載)の内容を紹介する。

<水平管内凝縮>

[CD-1] 管径が小さくなると、熱伝達特性の高精度測定が困難となるが、本論文ではペルチェ素子を用いた新伝熱測定法を提案し、内径2mmの細管内での水単相伝熱及びR123の凝縮実験を行っている。

[CD-11] 内径3.12mmの円管内及び内径2.13mmの6個の孔が平行に設けられた多穴管内でのR134aの凝縮熱伝達及び圧力損失特性に関する実験を行い、その結果を従来の実験式と比較している。

[CD-12] 外径9.52mmの平滑管内でのR407C及びR22の凝縮・蒸発実験を行い、局所熱伝達係数の測定結果を従来の純冷媒に関する数種類の実験式と比較すると共に、全圧力損失のデータを示している。

[CD-14] 冷凍機油を含む純冷媒R12及びR134aの平滑管内凝縮特性の予測モデルを提案し、局所熱伝達特性への油の影響を示すと共に、油混入が流動様式に及ぼす影響を考察している。

[CD-15] 三成分混合冷媒の平滑管内凝縮特性の予測計算法を提案し、R32/R125/R134a系混合冷媒の計算例を示し、局所物質伝達特性、並びに熱伝達特性への組成比の影響を考察している。

[CD-16] 円管内に挿入したY型トレーで凝縮液の

一部を集めて伝熱促進を図る方法について理論的・実験的研究を行い、熱伝達は促進されるが、同時に圧力損失が増大することを示している。

[CD-22] 二次元及び三次元マイクロフィン付きの数種類の伝熱管内での水蒸気の凝縮実験を行い、熱伝達及び圧力損失特性を比較している。

<鉛直管内凝縮>

[CD-2] 鉛直に設置された平滑管及び3種類のマイクロフィン付管内を下降するR113の凝縮熱伝達実験を行い、得られた実験データを図示している。

[CD-6] 鉛直円管内の凝縮熱伝達の理論解析を、Duklerの乱流凝縮液膜解析と基本的に同じ手法で試み、液膜内の渦拡散係数及び乱流プラントル数のモデリングについて検討している。

[CD-19] 鉛直管内を下降する二成分非共沸混合冷媒の層流膜状凝縮をSIMPLE法を用いて数値解析し、組成比及び質量速度が局所熱伝達に及ぼす影響を示している。

<滴状凝縮>

[CD-7] プラズマCVD法でF-Si-SiO系のコーティングを施した数種類の伝熱面上での水の滴状凝縮実験を行い、表面エネルギーの相違、伝熱面形状や傾きが熱伝達に及ぼす影響を示している。

[CD-9] 滴状凝縮の熱伝達予測モデルを提案し、従来の実験結果と比較している。

[CD-10] 水/エタノール蒸気のマランゴニ滴状凝縮の可視化及び熱伝達実験を行い、過冷度及び組成比の初期液滴間距離への影響、凝縮滴周りの液膜厚さに及ぼすマランゴニ効果などを考察している。

<原子炉緊急冷却システム>

[CD-4] 不凝縮ガスを含む水蒸気の水平及び傾斜円管(内径12mm、長さ700mm)内の凝縮熱伝達実験を行い、その結果を図示している。

[CD-8] 加圧水型原子炉の緊急冷却に関する基礎研

究としてなされた、ヘリウムを大量に含む水蒸気のU字管内での凝縮実験結果を報告している。

[CD-13] 空気とヘリウムを不凝縮ガスとして含む水蒸気の鉛直面上での凝縮に関して理論解析と実験を行うと共に、理論解析によりヘリウム濃度の熱伝達への影響を考察している。

[CD-18] 鉛直管内凝縮器に関して、管内側凝縮熱伝達予測モデルと管外側の自由対流熱伝達予測モデルを組み合わせた解析コードの開発を行い、その予測精度を実験結果との比較で検討している。

[CD-21] 原子炉内蒸気漏れの検知方法を開発するために、多孔質内に噴出した水蒸気の過渡的な凝縮及び蒸発過程に関する実験を行うと共に三次元非定常相変化過程の数値解析を試みている。

<その他>

[CD-3] 三次元フィン付き水平管上でのフロン冷媒

の凝縮に関して、まず、単管の熱伝達特性を予測するための強制対流項と自由対流項から成る漸近モデルを提案し、次にそのモデルとイナnderションモデルを組み合わせ、管群の熱伝達特性を予測する方法を示している。

[CD-5] くさび形ノズルから噴出したセシウム蒸気とアルゴンガスの混合気の凝縮過程を理論解析し、パルスの温度変動が過飽和度、凝縮核濃度、凝縮核直径の分布関数などに及ぼす影響を示している。

[CD-17] 自由分子流域の二成分混合気の凝縮問題を理論に取り扱い、各成分の凝縮流束の関係、並びに不純物の凝縮特性への影響を考察している。

[CD-20] 不溶性二成分混合液において、第1成分の過熱液中に分散した第2成分の液滴の直接接蒸発過程を理論解析し、単位体積当たりの熱伝達係数に及ぼす種々のパラメータの影響を示すと共に、理論と実験との比較を行っている。

表1. 凝縮及び直接接熱セッションでの発表論文

No.	Title	Authors	Page
CD-1	Development of a New Method to study Condensation Heat Transfer in Fine Passages	J. R. Baird & B. S. Haynes	341
CD-2	Condensation of CFC-113 with Downflow in Vertical, Internally Enhanced Tubes	A. Briggs et al.	347
CD-3	A New Model for Refrigerant Condensation on the Outside of Three-Dimensional Enhanced Tubes	A. Cavallini et al.	355
CD-4	Experimental Campaign for the Study of the Steam Condensation inside Tubes in Presence of High Percentage of Noncondensables	F. Cumo et al.	361
CD-5	The Effect of the Temperature Pulsations on the Rate of Homogeneous Nucleation during Bulk Vapor Condensation	N. M. Kortsenstein & E. W. Samuilow	367
CD-6	A Calculation Model for Condensation Heat Transfer of an Alternative Refrigerant	J. Kwon & M. Kim	373
CD-7	Dropwise Condensation of Steam on Hard Coated Surfaces	A. Leipertz & G. Koch	379
CD-8	Reflux Condensation Mode with Non-Condensable Gas in Steam Generator U-Tubes	B. Noël and D. Dumont	385
CD-9	A Theoretical Calculation of Heat Transfer during Dropwise Condensation	Y.-J. Song et al.	391
CD-10	A Study on Marangoni Condensation (Measurement and Observation for Water and Ethanol Vapor Mixture)	Y. Utaka et al.	397
CD-11	Condensation Heat Transfer in Small Diameter Tubes	R. L. Webb et al.	403
CD-12	Heat Transfer and Pressure Loss for R407C	X. Boissieux et al.	409
CD-13	The Effect of Light Gases in Noncondensable Mixtures on Condensation Heat Transfer	L. E. Herranz et al.	415
CD-14	Simulation of the Effects of Oil on Heat Transfer during Condensation of Refrigerants R-12 and R-134a	A. A. S. Huerta et al.	421
CD-15	A Prediction Model for Condensation of Ternary Refrigerant Mixtures inside a Horizontal Smooth Tube	S. Koyama and S.-M. Lee	427
CD-16	Condensation Heat Transfer within a Horizontal Tube with a Y-Type Insert	S.-Y. Lee & H.-J. Lee	433
CD-17	Kinetics of Condensation from a Mixture of Gases	O. G. Martynenko & V. V. Levdansky	439
CD-18	Interaction between Natural Circulation and Condensation Heat Transfer in the Passive Containment Cooling Condensers	J. L. Muñoz-Cobo et al.	443
CD-19	Condensation of Non-Azeotropic Refrigerant Mixtures inside a Vertical Tube	O. Orenshtein et al.	451
CD-20	Direct-Contact Heat Transfer with Change of Phase: A Population Balance Model	M. Song et al.	457
CD-21	Unsteady Heat Transfer of Steam Flow with Condensation in Porous Media	S. Toda et al.	463
CD-22	Condensation for Steam in the Horizontal Tubes with Three-Dimensional Inner Microfins	M. D. Xin et al.	469

External Forced Convection セッション

External Forced Convection Session

荻野 文丸 (京都大学)

Fumimaru OGINO (Kyoto University)

本セッションの論文数は12篇である。そのうち3篇が no show であった。

External Forced Convection というのは非常に広い範囲をカバーするにもかかわらず、本セッションの論文数は比較的少なかった。これは多数の External Forced Convection に該当する論文が他のセッションに分類されているためである。従って本セッションに分類された論文は、他にさしたる特徴を有しない External Forced Convection に関する論文であるということになるだろうか。

さて、External Forced Convection であるからなんらかの物体周りの流れということになるが、その物体形状としては凸面(論文1:計算)、リブあるいは後向きステップを有する物体(論文5:実験)、窓ガラス(平板面)近傍にヴェネシアンブラインドを有するもの(論文6:計算)、振動円柱(論文8:計算)、平板(論文11:実験)と種々雑多である。

さらに広い意味では外部流に分類されるかも知れないが、平板に沿う液膜流れの表面に生ずる3次元波に関する研究(論文3:実験)、高温の平板面に液滴が衝突する場合の伝熱(論文7:実験)、また自由流れとも呼ぶべきものに分類される2次元混合層の渦内の運動量と熱の移動(論文9:実験)および円柱後流の渦構造に及ぼす浮力の影響についての論文(論文10:計算と実験)がある。

その他に、円柱周りの流れは関係するが、論文の趣旨は円柱内の温度分布の時間的変化にあるもの(論文2:計算)、そしてむしろ内部流に分類されるべきオフセットフィン付流路の流れを取り扱ったもの(論文4:計算)、さらにはニュートンの冷却の法則の由来とされる原典中のニュートンの

実験の現代的解釈(論文12:計算)等の論文が本セッションに分類されている。

論文1は凸面に沿う流れの熱伝達係数に及ぼす曲率半径および圧力勾配の影響について数値的に解析したもので、熱伝達係数の相関式が提出されている。

論文5はリブあるいは後向きステップ下流の熱伝達係数に及ぼす free stream の乱流強度の影響を実験的に検討したものである。no show であった。

論文6は窓ガラスとヴェネシアンブラインドとの間の距離、およびブラインドのブレードの角度が熱伝達速度に及ぼす影響について数値計算を行ったものである。no show であった。

論文8は流れおよび円柱軸と直角の方向に円柱が振動する場合の流れと熱伝達を扱ったものであるが、単に市販ソフトを使って計算してみただけのように思える論文である。

論文11は流体(空気)の物性変化の影響が大きい超音速高温平板上境界層の乱流熱伝達に関する実験的研究であり、結果は Kutateladze & Leont'ev の理論と一致するというものである。no show であった。

論文3は平板上の液膜流れに時間的および場所的に変動する攪乱を与えた時に、液膜表面に生ずる3次元の波の挙動について実験的に検討したもので、直接伝熱には関係していないが、流れ自体として興味深いし、液膜表面の状態の影響が著しい物質移動の問題に関連して興味深い。

論文7は液滴径が3 mm から25 mm と比較的大きい場合の伝熱実験を行い、液滴径の小さい場合にも有効な伝熱効率に関する相関式を提出し

ている。

論文9は2次元混合層内にできる渦の傾きと渦内の運動量および熱の輸送との関係について調べ、運動量および熱の乱流拡散係数、さらに乱流プラントル数の分布を得ている。

論文10は加熱円柱後流の上下の渦列の強度が浮力によって互いに異なるようになり、これの渦列の挙動に及ぼす影響について検討している。

論文2は環境問題を意識して、スチールの急冷に油等の液体を使う代わりにガスを用いた場合の基礎研究として円柱周りのガス流れを取り扱い、円柱表面の熱伝達係数の変化が円柱内の温度分布の変化に及ぼす影響について論じたものである。

論文4は電子ユニットの熱的解析を目的として発熱源がネットワーク状に分布している場合の計算手法を示したものである。

論文12は科学的にはなかなか面白いと思うが、何らかの新しい事実を見出したとか、提案したのではなく、国際伝熱会議にふさわしい論文かどうか疑問に思った論文である。

Heat Transfer Augmentation セッション

Heat Transfer Augmentation Session

五十嵐 保 (防衛大学校)

Tamotsu IGARASHI (National Defence Academy)

"Heat Transfer Augmentation (伝熱促進)"のセッションは第1日の午前(HA1-15)と第2日の午後(HA16-29)に行われた。発表論文は欠番のHA7はHA23と重複し、28編であった。国別では日本7、中国6、ドイツ4、韓国、インド、ブラジル各2、米国、英国、フランス、スウェーデン、ロシア各1であった。第10回は26編で、国別では日本8、英国、米国、ロシア各3、イスラエル2、イタリア、ポーランド、スウェーデン、カナダ、オーストラリア、中国各1であった。前回に比べ中国、ドイツが急増し、韓国、インド、ブラジルも増加している。しかし、ドイツを除く欧米の参加が減少している。論文数は増加しても内容的には低調であった。

各論文を研究手法別に実験(E)、実験と理論解析および数値解析(EN)、数値解析(N)に分類すると、前回と比べ著しい変化が見られた。前回は実験が大半で60%を越え、実験と数値解析が10%強、数値解析のみは30%以下であった。今回は実験が30%強、実験と数値解析の併用が14%に対し、数値解析は倍増し50%を越えている。このような数値解析の急増は、最近のコンピュータの著しい進展と各種解析ソフトの開発により複雑な機器のモデル化によるシミュレーションが可能になったことと関連している。また、研究手法と研究内容においてもお国柄が現れている。日本では工業的応用を考えない基礎的研究が主流である。しかし、第三者から見れば研究目的が不明確で、何の役に立つのだろうと疑問に思うテーマが多い。実際、筆者(HA3)も応用についての質問をしばしば受けた。また本セッションに限り全て実験的研究であった。一方、ドイツでは熱交換器などの実機を対象とした数値解析が主流となっている。中国や韓国は両者の中間であることは興味深い。これは両国の若手研究者が主に米国で教育されていることと関連していると思われる。

本セッションで発表された伝熱促進が達成された論文について簡単にレビューさせて頂く。

強制対流場で伝熱促進を達成する場合、フィン等により伝熱面積を増大させること、伝熱面を粗面にして境界層を制御すること、または渦発生体を伝熱面に取り付けたり挿入し、高乱れあるいは二次流れを発生させ熱伝達率を増加させる方法がとられる。しかし、多くの場合は流動抵抗の著しい増加を伴う。このため流動抵抗をできるだけ小さくする必要があり、このような観点から新しい概念を導入し、流動抵抗を減少させ、あるいはポンプ動力一定で伝熱促進を達成した例を紹介する。

一つは物体近傍の流れ場のみを制御し、物体まわりの境界層およびはく離領域とはく離せん断層を制御して、伝熱促進と流動抵抗の減少を達成している。Igarashi(HA3)らはダイヤモンド形におかれた正方形柱の上流に小さなロッドを設置し流れ場を制御した。ロッドからはく離せん断層が正方形柱の前面に再付着した場合が最適で、抗力係数で34%の減少とはく離・再付着領域の高熱伝達により平均熱伝達で23%の増加を同時に達成した。Tsutsui(HA14)らは小さな振動平板を角柱の上流に中心線上からずらし上面と同一面に配置すると、 $Re < 200$ で角柱の抗力は負となり、平均熱伝達で1.8倍の増加を得ている。しかし、 $Re > 200$ ではどうであろうか。他の一つは流れ場をできるだけ変化させずに、熱源の温度勾配と速度勾配を増大させることである。Wang(28)らは高熱伝導率の金属繊維(0.5 mm dia, 空隙率99%)を挿入した伝熱管を試作し、実験を行った。その結果、ポンプ動力一定の条件で熱伝達率は $Re = 500 - 2500$ において平滑管に比べて3、4倍となり、従来の伝熱管(2倍)を大幅に上回る性能を得ている。また脈動流による伝熱促進もある。Kim(HA8)らは平行平板流路に脈動流を与え脈動振幅と振動数を変化させ、壁面上の加熱ブロックの熱伝達を実験と数値解析から調べた。最適な脈動振動数の存在を示し、伝熱促進は38%という興味ある結果を得ているが、流動抵抗は不明である。Ichimiya(HA22)ら

はICパッケージを模擬したダクト内の加熱ブロック列のブロック上に台形フィンを取付け、流路の縮小による加速効果を利用した伝熱促進を試みた。ポンプ動力一定で従来のピンフィンや穴あきフィンを上回ったのは低レイノルズ数の範囲であった。

また、熱交換器等の伝熱促進を目的として粗面の伝熱 (HA21, 23), ねじりテープ等の挿入による管内流の熱伝達 (HA11, 13, 15, 28), フィン付き管の管形状と熱抵抗 (HA1), フィンに取付ける渦発生体の形状, 位置, 角度等 (HA17, 19, 29), 流動抵抗と伝熱特性を支配する因子の影響を調べる研究が数多く発表された。Hirota (HA21) らは対向2面にリブ粗面をもつアスペクト比 2:1の長方形流路内の発達領域における物質伝達をナフタリン昇華法で測定し, 入り口部から出口までの流れ方向およびスパン方向の局所物質伝達に及ぼすリブ高さおよびピッチの影響を明らかにした。Yuan (HA15) らは矩形フィン列を管内に設置し, ピンフィンに比べ1.25 - 2倍の伝熱促進と摩擦抵抗の減少を達成した。熱交換器のフィン付き管の伝熱促進が縦渦発生体により達成される。最近の熱交換器に関する研究は実験よりも数値解析が主流になってきた。Biswas (HA17) らは矩形およびデルタ翼の縦渦発生体が迎え角45° のとき摩擦抵抗は5, 6倍に増加するが, 平均熱伝達は38%の増加を得ている。Chen (HA19) らはフィン付き楕円管のフィンを打ち抜いて折り曲げたデルタ翼の縦渦発生体による伝熱促進を数値解析した。デルタ翼は楕円管の側面近傍に1, 2, 4個を直列および千鳥配列した場合である。Yanagihara (HA29) らによりフィン付き円管のフィンに取付けた渦発生体の効果が $Re = 284$ で数値解析され, 円管の両はく離せん断層近傍の最適デルタ翼取付け位置が求められた。流動抵抗は12%減少し, 全伝熱促進は3%, また渦発生体の最適角度は45°である。これは従来の実験結果と一致する。

なお, Best Poster Prizeに輝いた Masuoka (HA26) らのポスターは際だっていた。しかし, 内容は正方形柱の後流に加熱スクリーンをおきカルマン渦列の消滅を流れの可視化および数値シミュレーションから調べたものである。また Booker (HA18) らは平板境界層の不安定性に及ぼす加熱細片の影響を調べているが, 両者とも伝熱促進とは関係ない。これらはプログラム編成の際に生じた分類ミスと思われる。

以下に割愛した論文の表題の一覧を研究手法分類記号とともに掲げる。

- HA1 Effects of Velocity, Thermal Conductance and (EN) Tube Shape on the Performance of Finned Tubes
- HA2 Investigation on the Enhanced Cooling of (E) Ramjet Engine Combustor
- HA4 Augmentation of Heat Transport in Laminar (N) Falling Film of Ice Crystals
- HA5 Transient Heat Transfer From Single Circular (N) Cylinders and Inline Tube Banks
- HA6 A Model for Evaluation of the Heat Transfer (E) Enhancement by Spontaneous Vapor Bubble Behaviors
- HA9 Chaotic Heat Transfer Enhancement in Periodic (N) 2D and 3D Flows
- HA10 A Study of the Mechanism of Solid-Particle (N) Enhanced Nucleate Boiling Heat Transfer at a Flat Heating Surface
- HA11 Predictive Methods for Friction and Heat (N) Transfer Characteristics of Channels with Swirlers
- HA12 Performance Evaluation of Fin Banks on a (E) Heated Surface by Means of Thermographical Method
- HA13 Relative Thermo-Hydraulic Performance of (N) Ducts of Square and Circular Cross Section with Twisted Tape Inserts
- HA16 Applications of Numerical Flow Modeling to (N) High-Performance Heat Transfer Surfaces
- HA20 General Solutions for Optimum Dimensions of (N) Convective Longitudinal Fins with Base Wall Thermal Resistances
- HA23 Enhanced Forced Convection in Triangular (E) Ducts by Roughened Surface
- HA24 On the Enhancement of Heat Transfer in (N) Pulsating Combustion Flows
- HA25 Suction Effect of a Vertical Coated Plain (N) Porous Layer on Film Condensation Heat Transfer Enhancement
- HA27 Enhancement Heat Transfer by Chaotic (N) Advection in a Single Screw Extruder with a Staggered Flight Geometry

Natural Convection セッション

Natural Convection Session

尾添 紘之 (九州大学機能物質科学研究所)
 Hiroyuki OZOE (Institute of Advanced Material Study,
 Kyushu University)

自然対流セッションは3日に分かれて設定され、全部で37件プログラムにリストされているが、5件はポスターが張られていなかった。自然対流関連の論文はここ以外にも、Mixed convection, freezing etc., Num. Tech. and Modeling、さらにはRadiation and Combustionのセッション等に数多く散見され、もはや、このようなくくり方で、論文を区分けすることが困難となってきたことを伺わせる。しかしここでは一応、組織委員会がNatural Convectionに入れたものだけを対象としてレポートする。

表1にさらに小分類にした論文を最終プログラムの番号で示す。電子機器冷却を想定したと思われるものが9件あり、縦、横に発熱源が配列された系の自然対流の多くは2次元数値解析が報告されている。(9報)次に多いのは閉領域内対流、7件である。長方形(19)や円、球形(22,33,36)の閉領域内の側壁(16)や下面加熱等の問題の二、三次元数値解析がみられる。乱流域の解析(19)や乱流量の測定(34)も行われた。

二重拡散も5件と増えてきた。液体フレオン(1)、液体金属(4)、凝縮ガス(7)、相変化を伴うもの(29,30)等があり、可視化(30)や数値解(29)による詳細な観察や解析が行われた。

自然循環は単相系(8)や二相系(17,21)で振動を伴い、ダミー管路の開閉による周波数特性の変化(21)が検討されている。

自然換気の問題の可視化(12)や三次元乱流数値解析(28)も行われた。

Rayleigh-Benard問題では、古典的 κ - ϵ 乱流三次元数値解析(9)、レイノルズ平均モデルを用いた三次元解析(18)が報告された。後者(18)は多点粒子軌跡の図により、ベナール対流の乱流域の特性を示しているのが目をひいた。多孔質を取り扱ったものに、空間と多孔質の共存(14,ポスターなし)するもの、二重拡散との共存するもの(37,論文なし)があった。

μg 関係では、泡の表面のマランゴニ対流の数値計算(25)、 μg 下での機器冷却をめざして電場を印加して対流発生をさせることをめざした航空機実験(26)がある。

区分けの困難なものの中には、非ニュートン流体の管内流動の二次元解析(5)、固定した泡の周囲の自然対流の二次元解析(13)、臨界点近傍における温度差による上昇対流と圧力差による下降対流が共存するという興味深い現象を取り扱ったもの(23)、また粒子沈降と自然対流が共存するため二重拡散に似たいくつかの濃度差セルが出現するもの(31)が報告された。

全体をまとめるのはかなり困難だが、単純な単相問題や層流問題は少なく、複数の対流駆動力、複雑な形状域、乱流などの組み合わせだった問題が取り扱われてきていることが印象に残った。

表1 自然対流分野論文の小分類

小分類	論文番号
Chip-cooling	3, 6, 10, 11, 15, 24, 27, 32, 35
Enclosure	16, 19, 20, 22, 33, 34, 36
Double diffusion	1, 4, 7, 29, 30
Nat. circulation	8, 17, 21
Rayleigh-Benard	9, 18
Nat. ventilation	12, 28
Porous media	14, 37
μg	25, 26
Miscellaneous	5 (非ニュートン)、13 (沸騰、不定形状外)、23 (臨界点)、31 (沈降)

List of papers in the sessions NCI, II&III

NC1 Double-diffusive convection in liquid freon

NC2 Laminar natural convection in horizontal half cylindrical gaps

NC3 Natural convection from a horizontal disk of simulated multi-chip modules

NC4 Oscillatory double diffusive natural convection in low Prandtl number fluid

NC5 A computational analysis of natural

- convection in a vertical channel with a modified power law non-Newtonian fluid
- NC6 Conjugate natural convection air-cooling of substrate-mounted heat sources in an enclosure-effect of aspect ratio and boundary conditions
- NC7 The conduction-diffusion regime for convection in rectangular cavities filled with gas-vapour mixtures
- NC8 Steady-state and stability behavior of a single-phase natural circulation loop
- NC9 A numerical study of three-dimensional natural convection in a horizontal enclosure with a uniform heat flux on the lower surface
- NC10 Numerical analysis of natural convection-radiation heat transfer in arbitrary shaped enclosure
- NC11 Turbulent free convection from a vertical surface - a case of constant heat flux as a coupled problem
- NC12 Experimental investigations of natural convection in vented compact enclosures
- NC13 Natural convection in a cylindrical section with a static protrusion: numerical simulation relevant to subcooled film boiling
- NC14 High-Rayleigh-number natural convection in an enclosure containing a porous layer
- NC15 Characterization of unstable modes in partitioned cavities
- NC16 Multiplicity and stability of steady convective flows in laterally heated cavities
- NC17 Experimental and theoretical study on density wave instability in low quality natural circulation loop
- NC18 Numerical simulation of Rayleigh-Benard convection over flat and wavy walls with a transient Reynolds-averaged model
- NC19 Calculation of turbulent natural convection in three-dimensional enclosures
- NC20 Laminar natural convection in an enclosure formed by non-isothermal walls
- NC21 Transient behavior of a double-channel natural circulation loop
- following the disconnection of the unheated bypass channel
- NC22 A study of natural convection heat transfer in a maximum eccentric horizontal annulus
- NC23 Natural convection driven in the gravitational direction near the critical point of CO₂
- NC24 An experimental investigation of natural convection heat transfer from an array of vertical rectangular fins
- NC25 Marangoni convection around a bubble in microgravity
- NC26 Natural convection in the presence of an electric field under variable gravity conditions
- NC27 Optimization of vertical pin-fin heat sinks in natural convective heat transfer
- NC28 Numerical investigation on 3-D turbulent natural convection including radiation for partial opening enclosure
- NC29 Transient heat and mass transfer by thermosolutal convection
- NC30 Mass transfer between double-diffusive layers under a horizontal temperature gradient
- NC31 Natural convection of water-or aqueous solution-fine particle suspension in a rectangular cell
- NC32 Numerical and experimental analysis of natural convection in a cavity heated from below
- NC33 Buoyancy induced flows in spherical annular sectors of small angle
- NC34 Reynolds stress in low turbulence natural convection in an air filled square cavity
- NC35 Natural convection heat transfer from vertical base arrays with vertical fins of different shapes
- NC36 Transient cooling of water around two horizontal, vertically spaced cylinder in a rectangular cavity
- NC37 Transport correlations of double-diffusive convection in a horizontal porous layer

Gas Turbine Heat Transfer セッション

Gas Turbine Heat Transfer Session

望月 貞成 (東京農工大学)

Sadanari MOCHIZUKI (Tokyo University of Agriculture and Technology)

Gas Turbine Heat Transfer に関連しては、Keynote Lecture 1件およびポスターセッションにおける発表 17 件があった。Keynote Lecture は、“Gas Turbine Heat Transfer : Newest Developments in Components Performance”と題し、当初のプログラムによると、University of Karlsruhe の Prof. Wittig が自ら話をするはずであったが、同大学の学長である本人が学長業務のため来られなくなったとのことで、同じグループの Dr. Schulz が代わりに講演した。さらに、著者らが期限までに原稿提出をしていなかったために、Lecture Note は Proceedings に収録されておらず、資料コピーが会場にて配布されるありさまで、総じてこの Keynote Lecture に著者らがあまり力を入れていない様子が伺われた。しかし、ガスタービン関連の伝熱には相変わらず一定の人気があるようで、講演室はほぼ満員であった。講演は、ガスタービン燃焼器ライナーおよび第1段動・静翼の冷却技術に関連して Prof. Wittig のもとにおいてなされた研究のうち、以下の4つのトピックス：(1) Internal Convective Cooling (2) Film Cooling (3) Effusion Cooling (4) Non-Circular Film Cooling Hole について説明がなされた。それらの内容には特に注目すべき目新しい点は見受けられなかったが、長年の実績に裏打ちされた研究手法の手堅さは注目に値した。このセッションは、筆者が座長を勤め、Keynote Lecture ではあるが、討論時間をできるだけ多くとるようにしたためいくつもの質疑応答が行われた。そのうち、米国 EPRI の Dr. J. Kim の質問とそれに対する答えは興味あるものであった。すなわち、冷却技術の進歩によりタービン入り口温度は将来どの程度までいくと考えているかというごく単純でかつ基本的な問いに対し、高温化とともに増大する有害排気ガス低減の困難さゆえにサイクル最高温度は早晚頭打ちになるであろうとの暗い見通しの答えがなされた。化石燃料を空気を用いて燃焼させる従来型のガスタービンによる限りは、それが

タービンによる限りは、それが大きな障害になるであろうことは明らかである。時間の関係から、ガスタービンの将来展望におよぶ議論にまでは発展しないままセッションは終わったが、現在日本で進行中の WE-NET プロジェクトにおける発電用水素燃焼タービンは、排出物質は水のみであるため、ガスタービンの一層の高性能化をもたらし得る可能性を秘めた、世界に誇り得る優れた着想であるといえる。上記の質疑応答を聴き、この実現に向けての研究は大いに進められるべきものと強く感じた。

二つのポスターセッションにおいて発表された 17 件の論文題目と著者および所属は別記のとおりである。それぞれの研究がガスタービンのどのような伝熱問題に関連してなされているかを調べてみると次のようになる。

タービン翼	GT1	GT2	GT3	GT4	GT5	GT6
	GT7	GT10	GT12	GT14	GT15	GT16
	GT17					
燃焼器	GT4	GT7	GT9	GT12		
タービンディスク	GT13					
圧縮機	GT11					
その他	GT8					

タービン翼と燃焼器の双方にまたがって分類されている論文はフィルム冷却の基礎に関するものである。

最近のガスタービン関連の伝熱研究は、タービン翼の冷却に関連してなされているものが圧倒的に多く、上表から明らかなように、ここでもその傾向が強く現れている。特に動翼については回転の影響を考慮に入れなければならないため問題の取り扱い是一段と困難になるが、近年は実験技術の進歩および計算機能力の大幅な増大に伴い、それらについても精力的な研究がなされるようになりつつある。GT1 および GT15 はこの問題への大規模数値計算適用の成果を示すものとして特筆される。

GT8 は、夜間の余剰電力を用いて空気を圧縮し地下の洞窟に貯蔵し、昼間それを取り出し発電用タ

ービンに供給し、圧縮仕事の低減を図ろうという興味ある計画に関するもので、洞窟とその中の空気との伝熱を扱っている異色の論文である。

Gas Turbine Heat Transfer (I) のセッションでは、GT4 がセッションの best paper に選ばれた。この論文は、膜冷却に関する基礎研究である。膜冷却は、壁面上の独立した個々の冷却孔から吹き出される冷却流体の流れで壁面を覆うことにより高温ガス流から壁面を保護しようとするものであるが、幅方向に一様性を得にくく、また噴出量が大きくなると噴出ジェットが壁面に沿って流れず主流中に突出してしまう問題がある。近年、吹き出し断面積が軸方向に次第に広がる形状をもつ冷却流体噴出孔 (shaped hole) を用いることにより、これらの問題の改善を図る試みが為されつつある。GT4 は、この問題について、断面積が一定の噴出孔の場合と、shaped hole 形状の場合の双方について、吹き出し方向を種々変えて丹念な実験 (ナフタリン昇華法) を行った結果に基づき、shaped hole の利点と欠点を検討している。GT4 は、扱った hole 形状がある特定の2種類についてのみゆえ、得られた結果は発展性に乏しいが、実験手法の信頼性および結果の取り纏め方の上手さ、さらにポスターの出来栄が高く評価されたものと思われる。

Gas Turbine Heat Transfer (II) では、際立って attractive なポスターはなかった。筆者は、残念ながら所要のため途中で帰国せざるを得なかったため、このセッションでの best paper award がどの論文に与えられたかを知る事はできなかった。

掲示されたポスターの質には、カラーを用い、文字や図の大きさおよび配置が考慮された見事なものから、すべての字が小さすぎてかなり近寄らないと判読できないものまで、大きな差があった。ポスターセッションでは、発表者は、まずは自分のポスターに人を惹きつけなければならない。如何に見栄えの良い魅力的なポスターを作るかはポスターセッションでの発表者には重要な要件の一つになる。

ポスターセッション形式の利点の一つは、同じ分野の研究者同士がより中身の濃い議論を時間をかけてすることができる点にあらう。しかし、参加当日に始めて proceedings を渡され、ポスターを見て回る一般の参加者には、縁日の露店をひやかして歩く客の趣がなくもない。質疑応答は客と店主の間だけでなされるため、気軽な思い付きの質問が多くな

り勝ちで、そのため、質疑応答がかみ合わず、また深い議論にならないことも少なくなかったようである。しかし、IHTC を、おびただしい数の発表を処理しなければならない、4年に一回開かれる大きなお祭りと考えれば、ポスターセッション形式も致し方ないことなのかもしれない。

Gas Turbine Heat Transfer (I)

- GT1 Unsteady 3-D Heat Transfer Computations in Rotor Blade Passages, R.S.Amano, B. Lin, Univ. of Wisconsin-Milwaukee, USA
- GT2 Design of System of Cooling of Nozzle Vane of Gasturbine for Driving GTI, K.D.Andreev, et.al., St. Petersburg Machinery Building Institute, Russia
- GT3 Analyses of Liquid and Vapor Flow in a Miniature Radially Rotating Heat Pipe for Turbine Blade Cooling Applications, Yiding Cao, et. al., Florida International University, USA
- GT4 Effects of Hole Geometry on Heat (Mass) Transfer and Film Cooling Effectiveness, H. H. Cho, B. G. Kim, D. H. Rhee, Yonsei University, Korea
- GT5 Heat Transfer of Film Cooling on a Radially Rotating Cylinder, G.J.Hwang, Y.J.Cheng, National Tsing Hua University, Taiwan
- GT6 Heat Transfer on Non-Porous and Porous Smooth End Walls of a Linear Guide Vane Model, Artem A. Khalatov, University of Wales Cardiff, UK
- GT7 Investigations of the Effects of Bulk Flow Pulsations on Film Cooling as Applied to Gas Turbine Engines, P. M. Ligrani, Univ. of Utah, USA, J. S. Lee, H. J. Seo, Seoul National Univ., Korea
- GT8 Thermo-Fluid Behavior in the Cavern for the Compressed Air Energy Storage Gas Turbine System, H. Yoshida, S. Tada, Y. Oishi, T. Hatoya, Tokyo Institute of Technology, R. Echigo, Shibaura Institute of Technology, Japan, Cho-Young Hang, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Korea

Gas Turbine Heat Transfer (II)

- GT9 Convective Heat Transfer Coefficient on a Multiholed Plate Representative of a Combustion Chamber Wall, J. M. Emidio, et al., Societe Turbomeca, France
- GT10 The Method Optimization of Gas Turbine Blades Cooling System, B. M. Galitseisky, et al. Moscow Aviation Institute, Russia
- GT11 A Numerical Study on a Supersonic Compressor Cascade Using $k-\epsilon$ Turbulence Closure, S. D. Kim, D. J. Song, I. K. Chung, Yeungnam University, Korea
- GT12 Thermal Stratification and Flow Stability in Film Cooling with Curved Coolant Injection, G. S. Lee, University of Ulsan, Korea, W.-J. Yang, C.-H. Kuo, University of Michigan, USA
- GT13 Unsteady Laminar Flow and Heat Transfer in a Rotating Cavity with a Stationary Outer Surface, T. W. Lewis, M. Wilson, D. A. S. Rees, University of Bath, UK
- GT14 Heat Transfer Enhancement in a Circular Channel Using Lengthwise Continuous Tangential Injection, H. K. Moon, T. O'Connell, B. Glezer Solar Turbines Incorporated, USA
- GT15 Large Eddy Simulation Applied to Internal Forced-Convection Cooling of Gas-Turbine Blades, Akira Murata, Sadanari Mochizuki, Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan
- GT16 Film Temperature and Effectiveness Measurements on a Cylindrical Leading Edge Film Cooling Model, Dong Kee Sohn, Shuye Teng, Je-Chin Han, Texas A&M University, USA
- GT17 Effect of Endwall Boundary Conditions on Turbine Blade Mass Transfer in the Presence of High Freestream Turbulence, Hai-Ping Wang, Richard J. Goldstein, University of Minnesota, USA

Heat Exchangers セッション

Heat Exchangers Session

熊田 雅弥 (岐阜大学)

Masaya KUMADA (Gifu University)

本セッションは、3日間にわたって開催され、登録された論文は43編である。17カ国からの発表があり、第一著者で分類して主催国の韓国が11編と最も多く、日本、ドイツが各5編で、ついで多いのがアメリカ、フランスの4編であった。約7割の論文が実験的研究で、解析的研究は3割強であった。熱交換器の技術開発が成熟期にあることを反映して、全般的に目新しい研究は少なく、既存の金属製熱交換器に関するものがほとんどであるが、高温用のセラミック熱交換器に関する研究が2編あった。注目に値する論文を2編選んでレビューすることにする。

1編は、ドイツの A.Steiff らの "Influence of Drag Reducing Additives in Heat Exchangers" という論文で、最近日本でも研究がなされ始めているが、高分子や界面活性剤を微量添加することによって起こる抵抗低下現象を熱交換器に応用するものである。この様な抵抗減少現象に関する研究は、古くから特にそのメカニズムや輸送現象に応用する際の相似則の確立に焦点を合わせてなされてきた。抵抗減少と同時に熱伝達の低下も生み出されるため、熱交換器に応用するとすれば、抵抗減少を維持したままで如何に熱伝達を回復するかということが重要で、そのための研究が着手され出しているが、ほとんどが二次元ダクトや円管のような単純な流路系が対象である。これに対して、本研究は、添加剤として性能劣化のない陽イオン界面活性剤アルキルトリメチルアンモニウムを使用し、具体的に Shell & Tube、Helical、Plate の3種類の熱交換器を使用している。熱交換器での研究は、今までに他に1例あるのみである。一般に乱流促進体による熱伝達促進は圧力損失の増加を伴い、上述したように界面活性剤等を添加した抵抗軽減流体中で乱流促進体による熱伝達促進を計れば、折角の抵抗軽減効果を犠牲にすることになる。しかし、この論文の視点は、実際の熱交換器を使用することにより熱伝達低下率を評価するだけでなく、熱貫流低下率と熱通過量低下率を導入することにより、実際的な評価を行い、Helical、Plate

の熱交換器が性能的に優れていることを得ている。これは、気-液交換の熱交換器において、性能は気体側の低熱伝達側に支配され、高熱伝達率側の液体の熱伝達率の低下は、性能に対する影響が顕著でないことを示すものである。この結果は、今後のこの種の研究の方向性を示唆する重要な論文である。

他の1編は、アメリカの P.R.Champagne らの "A Novel Variable-Roughness Technique to Enhance, on Demand, Heat Transfer in a Single-Phase Heat Exchanger" という論文である。結論から言えば、本論文では有効な結果は得られていないし、直ぐに実現が期待されるものでもないが、将来の形状記憶合金の開発によっては、性能が必要に応じて制御可能なユニークな熱交換器となる。

本研究の目的は、変化する運転条件に対応して、常に伝熱促進を実現できる新しい伝熱制御法の開発で、伝熱面の表面荒さを積極的に制御することによって実現する。具体的には、コイル状に巻かれた形状記憶合金をダブルチューブ熱交換器の内管に挿入することで、管内壁の表面荒さを制御し、運転条件に対して常に伝熱促進効果が得られるか検討したものである。形状記憶合金は、低温では密に巻かれた状態であるが、管壁温度の上昇によって変位し、コイルのピッチ、螺旋角が変化することで伝熱が促進される。解析では、実験的相関式を用いて、コイルの線径、ピッチ、螺旋角等の諸因子が熱交換器の管壁温度におよぼす影響を検討している。形状記憶合金は、NiTi合金の場合、60℃~100℃でひずみ回復率が8%と大きく、圧電セラミックの~0.35%を大幅に上回ることから、最も期待される材料である。一方、温度に対する変位のヒステリシスが大きく、管壁温度に対応して適切なピッチ、螺旋角に制御するために、通電加熱によって合金の温度を制御する方法が研究されている。しかし、最も重要な課題は、収縮を繰り返す双方向運動の実現で、現状の形状記憶合金では極めて困難な課題である。コイルの双方向運動を実現する補助的な外力の必要性が示唆された。

Impinging Jet Heat Transfer セッション

Impinging Jet Heat Transfer Session

鈴木 健二郎 (京都大学)

Kenjiro SUZUKI (Kyoto University)

このセッションで発表された論文は14編である。このうちの多くの論文は、セッション名の通りに衝突噴流熱伝達、衝突噴流あるいは噴流自体を取り扱ったものである。しかし、一部にセッション名とは少し掛けはなれた内容を取り扱ったものも含まれていた。これは会議主催者の都合によるものであり、著者に責任がある訳ではないので、このレビューではあくまで標記タイトルのセッションで発表された論文についてレビューを行う。ただし、全ての論文それぞれについてレビューする紙数はないので、筆者の目を引いた数編について、少し詳しく報告する。

このセッション中の発表論文の1編は、私自身が名を連ねた Nakabe-Higashio-Chen-Suzuki-Kim による下記の論文である。

An Experimental Study on the Flow and Heat Transfer Characteristics of Longitudinal Vortices Induced by an Inclined Impinging Jet into a Crossflow

我田引水的水的かも知れないが、全く触れないのも可哀しいので、一言概説しておきたい。この論文は、横風を伴う衝突噴流熱伝達において、噴流を斜めに衝突させることにより衝突面近傍に縦渦を自発生させ、それを利用して伝熱促進を図る目標のもとに行った研究である。私の目からすると新規性があると思うが、評価は読者にお任せしたい。

最も関心を持った論文は Seol-Goldstein による Visualization of the Effect of Acoustic Excitation on Vortex Structure and Energy Separation in

Jets

である。この論文には、この論文の著者である Goldstein 教授ら、ならびに良く知られた Kurosaka らによる幾つかの先行研究がある（そのうちの代表論文はこのペーパーに引用されている）。これらの先行研究では、噴流ノズル出口から生じる大規模渦構造と関連して、噴流断面内静温度や衝突面上の回復係数あるいは回復温度の分布に不均一が生じ、その分布が噴流ノズルからの距離（すなわち衝突噴流の場合には噴流衝突距離）に依存して変化すること、それが小さい場合には回復温度が噴出流や周囲流の静温度より低くなる一方で、噴流衝突距離が大きい場合には、逆に噴流淀み点近傍で回復係数が1以上になること、等が明らかにされている。

この論文は、ラウドスピーカーを用いて噴流に音波を照射すると、大規模渦構造が制御できることを、流れの可視化実験によって明らかにし、さらに液晶を用いて衝突面上の回復温度分布を測定し、大規模渦構造の変化に伴って、回復温度の分布も変化することを明らかにしている。音波の照射等によって大規模渦構造が変化することは以前から知られていたから、この論文の新規性は回復温度の分布に音波照射の影響が出ることを実験的に明確にしたことにある。

本論文で取り扱った現象は噴流マッハ数が大きいほど重要度が増す。たとえば、回復温度測定実験の噴流マッハ数は0.15程度と見られるので、この場合の噴流静温度からの回復温度上昇分は最大

1. 5 K 程度, 最小値で 1. 1 K 程度であったと推察される. 衝突面温度と回復温度の差が 10 K 以上の場合には, この程度の不均一は通常無視できる. したがって, この不均一が衝突面の伝熱特性に重要な影響を及ぼすのは少なくとも噴流マッハ数 0. 3 程度以上の場合である. この点からすると, この研究の応用範囲は限られるかも知れないが, ガスタービン静翼の内部冷却等では重要となり得るし, ここで問題とされている大規模渦構造は, 噴流噴出流体と周囲流体の温度が異なる場合に使用すべき回復温度の分布にも影響するものであり, その意味では一般的重要性も持っている.

次に注目したい論文は, Pinot-Alvenerie による
Thermal Influence on the Behaviour of Vertical Plane Jet at Low Reynolds Numbers: Stability and Direct Numerical Simulation

である. この論文は, 噴出流体と周囲流体の間に温度差がある浮力噴流あるいは逆浮力噴流を対象にしている. とくに低レイノルズ数の 2 次元噴流に着目して, 流れの不安定解析と DNS の両方を行った理論的研究である. 不安定解析では, 基礎流を平行流と見なし, 運動方程式を Orr-Sommerfeld 式に浮力項を加えた式に変換し, またこれに対応するエネルギー式を使用して, 異なるレイノルズ数, 波数, グラスホフ数のもとで 1 次元解析を施している. この結果から, 浮力噴流, 逆浮力噴流いずれの場合にも等温噴流より不安定化しやすいことを示している. 逆浮力噴流において不安定化しやすいことは容易に想像がつくが, 浮力噴流では浮力によって流れが加速され, 不安定化が抑制されると想像し勝ちであるが, それとは反対の結果が得られている. いっぽう, 浮力噴流に対して差分法を用いた DNS を行っている. この場合, 流れを 2 次元として取り扱っており, また不安定発生後の現象を解析することを目的として, レイノルズ数は不安定解析のそれより 2 桁程度大きい 10, 000 に固定している. DNS の結果からは, 不安定化しやすい浮力噴流において

は, 等温噴流に比べると不安定の成長率 (線形増幅率) は小さくなると結論されている. この論文では, 不安定解析と DNS で対象とするレイノルズ数が大幅に違い, 実験事実との付合わせや, また浮力噴流において不安定が生じやすい原因の踏み込んだ議論が行われていないなど十分でない点もある. しかし, 取り扱っている内容は基本的な問題を含んでおり, 今後の発展を注目したい研究である.

もう一つの論文は, Chung-Lee-Lee による

Turbulent Heat Transfer Measurement of a Jet Impinging on the Rib-roughened Convex Surface

である. この論文は, リブ付表面からなる半球面の冷却を衝突噴流によって行う場合の熱伝達率を, 液晶を用いた非定常測定法によって実験的に検討したものである. 内容としては新規性があり, また曲率を有する物体表面への噴流衝突に伴う熱伝達を促進するためには, リブ付面の導入が有効であることを示し, リブピッチや噴流衝突距離の影響を調べた点で有用である. 今後, 半球面近傍の流れの詳細な検討を行うと, 一般的曲面の冷却問題への展開を図る糸口にできるであろう.

最後に Furuya-Kinoshita-Nishi による

Vapor Explosion in the Droplet Impingement System

について言及しておきたい. この論文は衝突噴流を取り扱ったものではない. しかし, 内容は熔融 Pb-Bi プール自由表面に向かって微小水滴を落下させ, 自由表面と水滴が接触する瞬間以降の, 水滴の挙動を高速ビデオカメラで観察したもので, 興味深いものである. プール自由表面の温度と液滴の温度を種々に変更して行った詳細な観察結果に基づいて, 生じる現象を主要な 4 種類のパターンに分類し, それぞれの発生条件を調べ, 一部に発生機構についても検討を加えたもので, 応用上も重要である.

他の 9 編についても, それぞれに興味深い点があったが, 紙数の関係で割愛せざるを得なかった. お許し願いたい.

Mixed Convection セッション

Mixed Convection Session

西尾 茂文 (東京大学)

Shigefumi NISHIO (University of Tokyo)

対象とした論文について

Mixed Convection に関する2セッションでは合計18の論文が提出されたが、中には必ずしも本セッションに分類するのが適切でない論文もあった。そこでここでは、Mixed Convection に関係すると考えられる以下の14論文を対象とした。因みに、本セッションで発表した筆者の論文は、振動制御型熱輸送管(いわゆるドリームパイプ)の熱輸送性能について、振動流が乱流に遷移すると実効熱伝導率が層流を仮定した予測値の2倍程度となり、本熱輸送管には熱輸送限界がない可能性があることを主張した論文で、本テーマとは関係がないと思われるので本稿の対象外とした。また、筆者は Mixed Convection に関する研究の経験はなく、無論専門家でもないため、本稿はそのような立場のものを行ったレビューであることを付言しておきたい。なお、下記の論文は Heat Transfer 1998 の Vol.3 に掲載されている。

MC1: "Numerical calculation of natural and mixed convection in a Czochralski crucible under transverse Magnetic fields"

MC2: "Study on convection heat transfer in a ventilated room with horizontal partition"

MC3: "Mixed convection flow and heat transfer in a horizontal divergent channel with bottom wall heated"

MC4: "Convective stability of mixed flow between permeable cylinders with internal heat generation"

MC5: "The effect of forced flow on turbulent natural convection adjacent to a vertical backward-facing step"

MC6: "Turbulent mixed convection heat transfer in upward inclined flat channel gas flow"

MC7: "Typical heat transfer and flow regimes in the induced mixed convection phenomenon"

MC8: "Heat transfer in upward mixed convective flow of water in a vertical channel"

MC9: "Heat Transfer in circular Couette flow with buoyancy: Radius ratio effects"

MC10: "Combined free and forced convection heat transfer in a horizontal annulus"

MC11: "Coherent structure in the near wake from a heated or unheated circular cylinder immersed in a

stably stratified flow"

MC12: "Turbulent mixed convective heat transfer in the entrance region of a helical uniform wall temperature"

MC13: "Mixed convection heat transfer in an annular enclosure"

MC14: "Mixed convection heat and mass transfer in a radially rotating square duct"

上記の論文が扱っている場の特徴については、回転場における共存対流効果と、通常の強制対流場(あるいは自然対流場)における共存対流効果とに大別できると考えられる。

回転場における共存対流効果

まず、回転場における共存対流効果については、プール状回転場(MC1)と回転流路(MC9, MC12, MC13, MC14)とに分けられよう。これらはすべて数値計算による研究であり、回転場における測定の高難度の現れであるとともに、こうした系こそ数値計算技術の進展に期待するところが大きいと思われる。

MC1 では、チョクラルスキー法における横方向磁場の速度・温度場への影響を、液体金属を対象として完全な3D数値計算により議論している。速度・温度場に対する磁場の影響の概要が明らかにされたことは重要な結果と思われる。

回転系 Couette 流れについてはMC9とMC13とが扱っている。MC9では、温度の異なる等温円筒間(内円筒回転、外円筒静止)の Couette 流れの安定性について、半径比(0.25~0.8)に注目して3D数値計算により議論している。MC13では、外壁の半周が加熱壁、残りの半周が冷却壁である外管と断熱内管(回転)とにより構成される環状部における層流自然対流に対する回転場の影響が数値計算により議論されている。専門家でない筆者には、いずれも演習的論文に思える。

またMC12では、ヘリカル管における乱流助走区間流れにおける熱伝達に対する自然対流の影響について、 $k-\epsilon$ モデルに基づく数値計算により議論されている。特に、 $\{Gr/Dn^2(1+Pr)\}^{1/2}$ (Dn は Dean 数)により遠心力に

対する浮力の影響を議論している点は興味深い。MC14では、平面状の回転面半径方向に軸を有する多孔質矩形流路において、壁からしみ出す液体により形成される液膜の蒸発を伴う系について、入口助走区間における層流熱伝達と物質伝達とが数値計算により議論されている。

助走区間における共存対流効果

上述のようにMC12およびMC14では回転系における助走区間が研究の対象となっているが、助走区間を問題とした論文として、さらにMC10がある。MC10では、水平環状部（内面等熱流束加熱、外面断熱）における層流共存対流について、助走区間の影響について実験と数値計算とにより議論している。共存対流の研究も、いよいよ助走区間の問題を議論する段階に入ってきたと思われる。

ダクト状流路における共存対流

MC3では、水平底面（加熱面）と傾斜上面（断熱面）よりなる流路流れにおける自然対流の影響について、可視化を主体とした実験結果が報告されている。傾斜面が二次流れを早期に誘起することは想像に難くないが、これを実際に示したことは興味深い。MC4では、温度は等しいが流体が通過透過する円筒間の流動安定性という興味深い問題について扱っており、環状部流体の体積発熱の影響に注目して数値計算により議論している。軸対象系と非軸対象系について計算していることは興味深い。MC5では、上流側に加熱鉛直壁、下流側の後ろ向きステップを有する二次元流路において誘起される乱流自然対流に強制対流を重畳させた場合の強制対流効果について、 $k-\epsilon$ モデルによる数値計算により議論され、乱流自然対流は強制対流速の増大とともに層流共存対流へと遷移する興味深い結果を示している。

MC8では鉛直管における上向き共存対流という典型的問題が扱われており、共存対流における伝熱劣化機構として再層流化を指摘するとともに、それを含む熱伝達整理式が提案されている。こうした研究は地味ではあるものの、伝熱データベースの構築には極めて有用であると考えられる。

MC6では、片面あるいは両面加熱された二次元矩形流路について、傾斜角の影響を含めて強制対流を重畳させる効果について実験的に検討し、円管における結果と比較しているが、筆者には演習的論文と思える。

上記以外の系における共存対流効果

MC2では、換気を伴う空間（底面加熱）内の流れに

対する水平方向に設けられた邪魔板の影響が乱流域を含む広い条件について数値計算により議論されている。MC11では、乱流主流中におかれた加熱円柱および非加熱円柱後方の剥離流れについて、主流の熱的成層化の影響をコヒーレントな構造に注目して実験的に調べている。また、MC7では、開放式サーモサイフのように下端を閉じ、上端をリザーバー等に開いた流路を加熱した場合に生じる対向流をOIMC(Opposed Induced Mixed Convection)と呼び、両者の干渉機構としてエントレインメントと半径方向温度分布とを実験と数値計算により指摘している。

研究の技術的背景について

さて、伝熱研究(Heat Transfer Research)の動向に関する興味の一つは、その研究が対象としている技術領域であると考えられる。そこで、最後にこの観点から論文を眺めてみよう。

MC1は表題通り結晶成長に関するチョクラスキー法、MC2は室内空調および半導体素子冷却、MC4は回転式フィルター、MC7は固有安全炉やサーモサイフオン、MC11は環境問題、MC12はコンパクト熱交換器や食品・化学プロセス、MC13は回転式熱交換器、MC14は回転機器を技術的背景として記しているが、その他は技術的背景について明確な記述はないように思われ、MC4を除いて筆者の（力不足があるが）見る限りMixed Convectionが背景とする新たな技術動向を明瞭には把握できなかった。無論MC9のように、典型的現象における熱伝達に関する一般的整理あるいはデータベース構築が伝熱研究において重要であることを否定するつもりは全くないが、その論文が直接に背景とした技術動向を明瞭に記すべきではないであろうか。

総じて、伝熱に関する学会では、Mixed Convectionのように現象別分類が主流であるように思われる。こうした分類は「技術開発から距離を置いた」大学研究者にとっては好都合な分類ではあるが、ある特定の技術開発に携わっている研究者や技術者から見れば不都合と言わざるを得ないのではなかろうか。国際伝熱のように大きな会議で発表される膨大な数の論文の中から、開発課題に関する論文を探し出すことは多大な労力を伴う。そこで、技術別キーワードと現象別キーワードとを整備し、このキーワードによる索引などを設けることなどを、伝熱に関連する学会の企画者の方々に期待したい。

Two-Phase Flow with and without Phase Change セッション

Two-Phase flow with and without Phase change Session

門出 政則 (佐賀大学)

Masanori MONDE (Saga University)

このセッションでは、37編(2編欠番)の発表が、3回のポスターセッションに分けて行われている。発表された論文の内容は、このセッションのタイトルからも推察される通り、非常に広範多岐にわたっており、統一的な視点から全体を捕らえることが困難で焦点の絞り難いセッションであった。以下に発表された論文の簡単な概要とコメントを示す。

TP1: 太陽集熱器の蒸発管内での二相流におけるボイド率とクオリティの関係を検討したもので、応用を主目的とした研究である。TP2: 垂直平行管内の密度波振動について、実験的および解析的検討がなされている。解析は、1次元流れ、相平衡、一様熱流束で行なわれているが、あまり新鮮味のある内容には思えなかった。TP3: 熱伝達を促進するために内面に台形フィンを取り付け、そのときの二相流の熱伝達と圧力測定を測定している。TP4: 実用的研究で、死海における塩析出、蒸発および拡散を二次元非定常モデルを用いてシミュレーションしている。地域のニーズにあった研究テーマとなっている。TP5: サブクール沸騰時に発生する音の周波数特性と強さを基に管内の流動様式を特定化しようと試みているが、従来の流動様式との関連については全く触れられていない。TP6: 狭い長方形流路内環状流で形成される液膜厚さが周方向に一様でないときの熱伝達と液膜厚さに分布について検討している。一様な場合と比較して熱伝達特性が大きく異なることを指摘している。TP8: 超音波を受けて気泡が崩壊するとき、気泡界面近くで発光を伴って生じるパルス(μs の短時間)上の高温(10,000~100,000 K)、高圧(10,000 bar)が発生する。この結果、界面近傍には急峻な温度勾配と圧力勾配が瞬間的に現れる。気泡内の圧力、速度及び密度分布及び液体への熱移動をの移動速度や熱の拡散について、提案されたモデルを基に数値計算を行っている。実験によるモデルの検証が残されているけれども、新しい分野として興味を持たれる。TP9: 細管($d=2.1\text{ mm}$)内の流動様式と伝熱様式を空気一

水を用いて検討している。TP10: 微小重力下での流動様式をボイド率変化の確率密度関数を用いて特定しようとしている。TP11: 流下液膜の熱伝達の促進が、液膜界面に形成される波によるものであると考え、波の特性と伝熱促進の関連を数値計算によって求めている。TP12: ヒートポンプ内の液体輸送を促進するために、EHDを用いた実験を行っている。ウイックのみの場合よりも約3倍程度の伝熱促進が可能となった。TP13: 円管内にマイクロフィンをスパイラル状に取り付けたときの熱伝達の促進及び圧損を測定し、従来報告されている予測式との比較検討を行っている。TP14: 流動床内の直列あるいは千鳥配管周りのボイド率を中性子を用いて測定している。熱伝達とボイド率の時間変化の相関及び時間平均での関係について検討している。TP15: ヒートパイプ内のウイック界面上での局所熱伝達率を測定し、熱伝達に及ぼすウイックメッシュの影響について検討している。TP16: 低沸点媒体を沸点以上の水平配管に供給するときのクエンチ速度及びクエンチフロント近傍での気液の挙動を観察し、垂直面の下降流との比較を行い、水平管への液供給では、熱伝導支配モデルが適用できないこと及びクエンチ速度が一定でないことを指摘している。TP17: 平衡及び非平衡状態における界面での気液分子の分布関数、蒸発係数及び表面張力について、Lennard-Jones potentialを用いて分子動力学解析を試みている。TP18: 短い加熱管でのCHFを測定し、CHFが甲藤の予測式で与えられること、及びCHF点が、比較的ゆっくりとした加熱では管路出口となるが、速い加熱速度では、出口と異なることを報告している。TP19: 環状ミスト流域でのCHFは、ドライアウトモデルに液滴のエントレインメントとデポジットを考慮することによって予測できる。一方、ボイド率が低い領域(高サブクールや高流量域)で生ずるCHFは、DNBモデルを用いて予測されている。DNBモデルでは、壁面上の気泡層内のボイド率分布をsin関数で近似

した点及び限界ボイド率を平均ボイド率から予測している点が Weisman & Pei のモデルと異なっている。TP20: 微少重力下での気泡の成長と収縮データから蒸発係数と凝縮係数を求めている。さらに、Hertz-Kundsen の式を分子運動論に組み込んだ数値計算によって理論的検証を行っている。蒸発係数と凝縮係数は、相変化の素過程であることから今後一層の進展が期待される研究である。TP21: 鉛直管を上昇する Taylor bubble 後縁の振動に関する検討を行っている。TP22: 空気-水系の Slug 流や Bubble 流が、T字管で分流されるときに質量流量や、分流質量比について、入り口オリティエーを基に検討している。また分流の質量割合を予測するためのモデルを提案している。一方 TP27: HCFC123 の環状二相流を5つの水平分岐管へ分流するときの流量予測を行っている。TP23: 二相熱サイフォンの蒸発部の熱伝達を促進するために、マイクロ構造の面を加熱面に取付け、同じ過熱度で約6倍の熱伝達の促進を得ている。マイクロ構造面の向きは、垂直にした方が多少効果的であった。また、100 W/m² の冷却能力が得られている。TP24: 長方形溝を傾斜させたとき、表面張力によって液面が上昇する位置を計算するための半解析的モデルを提案している。TP25: 気泡流での壁面法則を検討している。TP26: 固気二相流で、Non-stokes 粒子 ($Re_p < 1000$) が乱流中を運動しているときの粒子の速度変動と温度変動を理論的にのみ取り扱っている。また、TP31: 粒子径が乱れのスケールよりも小さいときの粒子の温度や速度を統計的手法によって取扱い、粒子と乱れの相互作用についてのモデルを提案している。TP28: 過冷蒸気がタービン内で膨張するときの、液滴核生成に対するモデルを提案している。モデルから数値計算された値が実験値と良く一致することが報告されている。TP29: 逆環状流や分離流に対して二流体モデルを適用し、熱伝達に及ぼす各パラメータの影響や熱伝達の履歴を解析している。解析結果を図表化し、それを用いて熱伝達を予測する方法を提案している。TP30: 傾斜二相熱サイフォンの内面フィン付き管の蒸発熱伝達に及ぼす傾斜角の影響を検討している。得られた結果は、滑らかな管の場合と基本的に同一であった。TP32: 開放型二相熱サイフォンの CHF が、管路出口での気液対向流れによって液の供給が制限されることから発生している。この気液対向流れを緩和するためにサイフォン内に円管を挿入し、最大8倍

程度の CHF の改善を達成している。ここでの CHF の特性が挿入管径によって2つに分類されること及び最適挿入管径を求めている。TP34: slurry bubble column の固気液3相流れを数値解析し、実験との比較を行っている。TP35: 細管内の二相流れを予測するために、準1次元モデルを提案している。このモデルを基に、界面に作用する表面張力、慣性力、粘性力の影響、速度分布や温度分布の推定が可能となる。TP36: 気泡スラグが曲がり管を通過するとき、従来の解析ではスラグの長さを一定として取り扱っていたが、ここでは、変化しながら輸送されている場合のモデルを提案している。パイプライン中のスラグの複雑な運動がシミュレーション可能となった。TP37: 強制対流沸騰で発生する加熱面上の気泡に作用する力の大きさを上昇流、下降流、水平流及び微少重力下で検討している。ある流速以上では、リフト作用によって気泡が強制的に離脱させられるため、重力の影響を受けなくなる。このような状況下では、微少重力下でも通常の強制対流沸騰になると報告している。TP38: 2つの平衡状態にある均質液が、互いに混じり合わずに界面を形成しているとき、界面では、非平衡状態になっている。この結果、界面では不可逆過程によって界面の移動や熱や質量輸送が生じている筈である。エントロピーの釣り合いから計算すると、界面の移動は確かに存在しているけれどもその変化があまりにも小さいために用いたホログラフィーでは、観察できなかったと述べている。界面の微細構造とそこでの輸送現象に関する研究は、今後ますます盛んになるであろう。TP39: 二相流れにおいてカオス的に変動しているボイド率分布と圧力分布の時系列データを統計処理し、そこで得られた特性量（例えば、アトラクター、パワースペクトル、位相図）を用いて流動様式の特特定化を試みている。

本セッションの約半分は、二相流の流動様式に関連するものであり、界面問題の困難さ「二相流の流動様式を決定する素過程はいったい何なのだろうか？」が痛感させられた。いくつかの論文は、沸騰のセッションの方が適切なように思えた。

おわりに、このセッションを概観してきたが、筆者の誤解もあろうかと恐れています。興味ある論文やその詳細については、御自身でご確認下さい。

Flow Boiling セッション

Flow Boiling Session

深野 徹 (九州大学)

Tohru FUKANO (Kyushu University)

このセッションでは全24件のうち、国別では、日本6件、ロシア6件(内2件発表なし)、米国及び英国2件、中国2件(内1件発表なし)、南ア、イタリア、ドイツ、カナダ各1件、ウクライナ1件(発表なし)であった。内容では、CHF関係9件、伝熱促進4件、二成分混合流体3件、沸騰機構2件その他細管、外部流れ、ジェット冷却、緊急冷却、液体金属、非ニュートンが各一件であった。

各論文の概要は以下の通りである。

FB 1では、狭い長方形断面の管路内沸騰流の壁温と圧力変動について調査し、低液流量では大きな気泡の発生に伴う圧力変動に応じた飽和温度の変化による温度変動が誘起され、また高熱流束下ではシステム規模の大きな変動が生じることを述べている。

FB 2では、強制対流時のCHFを無重力下と地上の強制対流時のものと比較・検討。流速が増加すると浮力の効果が小となり無重力下の沸騰が模擬でき、プール中での気泡の上昇速度 U_{∞} より主流の速度 U_b のほうが大であると、無重力下のCHFが1g下のCHFと同程度であるが、 $U_{\infty} > U_b$ では1g下のものより小さくなると述べている。

FB 3では、軽水炉事故時あるいは貫流ボイラにおけるポストドライアウト熱伝達係数の一覧表を提示。

FB 4では、HFC-134aとHCFC-123との混合媒体の強制対流熱伝達係数 h は、核沸騰支配の低クオリティ領域ではそれぞれの単独流体の場合の値より大幅に減少するが、これはプール沸騰の場合と同様な理由によること、高クオリティ領域ではそれほど

低下しないことが述べられている。

FB 5では、沸騰水型原子炉を模擬した環状流路中のスペーサ近傍の加熱壁面上の温度分布や液膜のドライアウトが上流側のスペーサに影響されるが、これは上流側のスペーサとの間隔より、それがどのような流動様式のなかに存在しているかによってより強く影響を受けることを実験的に明らかにしている。

FB 6では、高サブクール度の場合、熱流束がサブクール度の一次式で表され、限界熱流束は、主流による壁面層流体からの熱除去が不可能になったとき、壁面層においてマイクロバブルによる熱除去が不可能になった時に生じると考えている。

FB 7では、ヘリカルコイルチューブ内での強制沸騰熱伝達では核沸騰、強制対流およびポストドライアウトの3領域に分けられること、ドライアウトは通常管路出口断面の外周か内周に生じ、2次流れと管路材の熱伝導率に支配されると述べている。

FB 8では、長手方向の微細流路を内面にもつ垂直管内の強制沸騰熱伝達について実験的に検討し、水の強制沸騰熱伝達率が通常の管の場合より2.7倍上昇すること、限界熱流束も表面張力駆動流によって増加することを示している。

FB 9では、一個の局所的な加熱源を持つ垂直平板上の蒸発を伴う液膜の流動は、熱流束によって重力と表面張力の駆動力による流れ、リプレット流、混合流およびバーンアウト前期の流れに分けられ、熱伝達様式はこれらに応じて三つになると述べている。

FB 10では、核沸騰から膜沸騰への遷移過程に見られるマイクロバブル放出を伴う沸騰時の気泡挙動

に伴う温度と圧力の変化について実験的に検討しており、気泡崩壊時に圧力の鋭いピークが形成されることなどについて明らかにしている。

FB 11では、水平管内での二成分混合冷媒の対流沸騰熱伝達について最近提案されている三つの式を比較検討し、局所値の一致性はあまりよくないが、積分した平均値では5%以内で一致するとしている。

FB 12では、マイクロフィン付き管でのR22の強制対流沸騰と凝縮の際の熱伝達の測定と流動様相の観察を行い、断熱・沸騰・凝縮時の流動様式に与えるフィン、圧力、熱伝達様式の影響、熱伝達係数と整理式との比較がなされている。

FB 13では、高温の水平円管に下方からサブクール水が流入する強制対流膜沸騰に対して、蒸気流とその外部の液流に対する微小変動項の方程式を求め、液膜の線形安定解析を行っている。極小熱流束点における蒸気層厚さが実験値と良く一致している。

FB 14では、二成分混合体の環状流領域において、液膜内では低沸点液体の濃度が高くなり、エントレインメントでは高沸点液体の濃度が高くなって平均値を保つ結果、液膜温度が完全混合仮定下の温度より高くなり、熱伝達率が低下すると結論づけている。

FB 15は高温の線材を管内に通して冷却する際の冷却管と線材で構成される狭い環状すき間での水による高速冷却法の開発を目的としたもので、絞りを等間隔に挿入し乱流促進する効果を検討している。

FB 16では、沸騰危機に至る経過時間について沸騰による熱除去と内部発熱を考慮して一次元熱伝導式を解いている。表面温度の変化に応じて沸騰様式が変化し、沸騰境界が進展することを示している。

FB 17では、電子チップを模擬した薄膜ヒータ列にスリット状ノズルからの液噴流を衝突させた冷却法を検討している。中央のヒータのみが加熱された場合、単相強制対流、部分沸騰および核沸騰をへてCHFに至ること、すべてを加熱した場合、均一に冷却するための最適なジェット速度があると述べている。

FB 18では、表面性状を異にする高温の銅と真ち

ゆうのブロックを落下水膜で冷却し、水膜が形成されるまでの経過の表面温度を測定している。この場合の冷却は基本的にはプール沸騰と同様であることを明らかにしている。

FB 19では、液体窒素が垂直平板を流下する際の熱伝達とCHFに関して実験をしている。液体流量の変化による沸騰様相の変化が詳細に示されているほか、沸騰曲線ならびに限界時の温度などが整理式と比較しながら検討されている。

FB 20では、垂直加熱面で生成しつつある小気泡を高速度撮影し、気泡形状は当初扁平で次第に球形から壁面に垂直に楕円状になり離脱する。気体の凝縮は離脱前から始まり、離脱後壁面に沿って流れながら拡大、縮小の変形を繰り返す、ついには主流に入り込む。さらに気泡主軸の時間変化などと気泡離脱との関係が論じられている。

FB 21では、水平な滑らかな管とマイクロフィン付き管内での冷媒沸騰流の熱伝達が測定され、フィンを付けると液膜が管頂部までもたせられる結果、熱伝達が向上すること、その整理式の提案などについて述べられている。

FB 22では、円管内の十分発達した流れの中に設置された短い細線の外表面および同様の円管の内表面上でのCHFが広い範囲の速度、サブクーリングおよび圧力を変えて測定され、CHFの機構は流れの有無によらないこと、さらにはCHFの整理式などに言及している。

FB 23では、自然循環系での液体金属(NAK)の沸騰では、熱流束の増加に従って壁温がほとんど変化しない核沸騰、流量・壁温ともに大幅な変動を繰り返すスラグ流領域を通して再び変動の少ない分散一環状流になることを示している。

FB 24では、垂直管内での非ニュートン流体(HECとPAMの溶液)の沸騰流では、HEC溶液の場合熱伝達係数が最大5倍増加するが、PAM溶液では水のみの場合より劣化し、CHFもHECの場合増加し、PAMの場合水より低下するなどを示している。

Freezing, Melting and Solidification セッション

Freezing, Melting and Solidification Session

笹口 健吾 (熊本大学工学部知能生産システム工学科)
Kengo SASAGUCHI (Kumamoto University, Dept. of
Mechanical Engineering and Materials Science)

1. はじめに

本セッションでポスター発表され、Proceedingsに掲載された固-液相変化関係論文は24編であるが(前回のBrightonでは33編)、「Natural Convection」など他のセッションでも、結晶成長など固-液相変化を含む論文が見られた。今回は前回に無かった分子動力学を用いた研究⁽¹⁾や単結晶成長に関する研究⁽²⁻⁵⁾が新規に加わった。第一著者の国別に件数を見ると、日本及び韓国6件、アメリカ4件、中国3件、カナダ2件、ドイツ、ポーランド及びオーストラリアからそれぞれ1件で、開催地の関係かアジアからの件数が多い。

以下に、発表された論文の内容を概観する。

2. 発表された論文の概要

発表された論文を、大きく分類してみると;「単結晶成長」4件⁽²⁻⁵⁾、「二成分溶液・合金」8件⁽⁶⁻¹³⁾、「閉領域内の融解」4件⁽¹⁴⁻¹⁷⁾、「強制対流相変化」3件⁽¹⁸⁻²⁰⁾で、その他、「分子動力学による融解シミュレーション」⁽¹⁾、「PCM封入マイクロカプセルの物性値測定」⁽²¹⁾、「圧力増加に起因する融解」⁽²²⁾、「ヒートパイプのコンデンサーに生じた凝固層の融解」⁽²³⁾及び「水の過冷却解除の要因」⁽²⁴⁾に関する研究がそれぞれ1件となっており、固-液相変化を伴うかなり広範囲な研究が発表された。以下に、各領域で発表された内容を要約する。

「**単結晶成長**」: この領域では、Czochralski, Floating zone 及び Bridgman 法による単結晶成長に及ぼす種々の因子(例えば、磁場の形⁽²⁾、高周波加熱⁽⁴⁾及び引き上げ速度⁽⁵⁾)が融液の流動や生じた結晶形状に及ぼす影響が調べられている。これらは、ある因子が特定の現象(例えば、融液の振動流動)に及ぼす影響を詳細に調べているが、一方文献(3)では、Czochralski システム全体を考え、Overall な解析法を提示しており注目に値する。今後、精密な融液自体の熱流動解析及び制御の研究結果と、文献(3)のような全体的解析との融合が

必要と思われる。また、この領域の研究は他のセッションでも発表されており、工業的にも重要であるため、今回は全部纏めて発表されるようなセッション構成が望まれる。

「**二成分溶液・合金**」: かなり以前から、合金製造や潜熱蓄熱などに関連して、水溶液などの二成分系の凝固問題は研究されてきている。従って、この領域の発表では、極めて目新しいと思われる研究は見当たらなかった。ただし、前回では発表がなかった microgravity 環境下($9.81 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$)の凝固問題が研究され、Bi-Sn 合金の一方向性凝固(Bridgman 法)では、微小重力下でも強い偏析が生じることが数値解析で明らかにされた⁽⁶⁾。この領域の他の発表を概観すると;合金の凝固過程における界面の安定性解析を行なう Mullins-Sekerka 法を無次元量により一般化⁽⁷⁾、一方向性凝固の相似解析法を、凝固時の体積収縮に起因する誘起速度を考慮して拡張⁽⁸⁾、鋳型への注入速度が凝固過程へ及ぼす影響の数値解析⁽⁹⁾、合金の凝固に及ぼす混入繊維の影響の数値解析⁽¹⁰⁾、多孔質層内の過冷却された NaCl 水溶液の凝固界面の伝播速度測定⁽¹¹⁾、高温と低温の側壁を有する立方体容器内の NaCl 水溶液の凝固時の流動⁽¹²⁾、及び二成分溶液凝固時の mush 領域における対流発生限界レーレー数の提示⁽¹³⁾などである。前述したように、この領域の現象は既にかなり明らかになっており、今後は現象に非常に深く迫る、あるいは application(例えば氷蓄熱など)を強く意識するなど、特色を出さないと、研究の新鮮さはないと思われる。

「**閉領域内の融解**」: 文献(14)はカナダからの論文で、矩形容器の側壁に分散された発熱体からの融解を調べている。この応用としては、電力需要の off-peak 時に電気加熱ヒーターによって物質を融解させ蓄熱し、暖房が必要な電力需要の peak 時に凝固放熱するシステムを考えており、我が国で氷蓄熱の研究開発が盛んであるのと好対照である。その他; enthalpy 法を改良した矩形容器内融解の

数値解析⁽¹⁵⁾, 正方容器内の融解過程に及ぼす二つの高温面と重力方向との傾きの影響の数値解析⁽¹⁶⁾, 分割した領域毎に一つの Processor で受け持たせた, 並列処理による相変化計算の加速⁽¹⁷⁾, などが発表された。この領域の今後の展開としては, 「二成分溶液・合金」領域と同様なことが言える。

「強制対流相変化」: 湿り空気が流れる冷却管内壁に発生した霜が熱伝達の減少に及ぼす影響⁽¹⁸⁾及び霜の厚さ分布や密度分布⁽¹⁹⁾が調べられ, また, 冷却平行平板の入口のオリフィスで生じた剥離流が, 下流での水の周期的な凍結に及ぼす影響の実験がなされた⁽²⁰⁾。これらの研究は application 色が出た研究であるように思われる。

「その他」: 文献(1)では, 分子動力学を用い, 種々の条件を変化させて氷の融解をシミュレートし, 氷の融点及び潜熱が条件の変化に応じて大きく変化することを示しており, 固-液相変化分野では目新しい研究である。文献(21)では, マイクロカプセル化された相変化材の融点や潜熱が測定された。ただし, 相変化材の融点が高く, 温熱輸送目的と思われるが, 我が国では冷熱輸送の需要がより大きいので, この点の研究も待たれる。文献(22)では, 移動している円筒によって生じる相界面での圧力増加に起因する融点の減少のために生じる融解を, 接触融解と同様な手法でモデル化し, 液膜厚さなどを求める式を導出しているが, 応用する対象が定かでないように思える。文献(23)は, 一次元伝導融解(凍結したヒートパイプ内作動流体の融解をモデル化)問題を解いている。文献(24)では, ガラス製試験管の中に入れられた水の過冷却解除に及ぼす種々の要因の影響を調べ, 特に電場の付与は過冷却の解除を容易にすることを明らかにした。実用面からは, 逆に, 大きい過冷却を容易に安定に保てる方法に関する研究も待たれる。

文 献

以下の文献は, Proc. of the 11th Int. Heat Transfer Conf., Vol.7, 1998 に掲載されており, 各文献には先頭頁のみを記入した。

「分子動力学による融解シミュレーション」: (1) C.Kang, S.Okawa and A.Saito, Study on the Effect of Volumetric Change, Ice Structure and Heating Condition on Ice Melting Simulation, 145. 「単結晶成長」: (2) Y.S.Lee and C.-H.Chun, Effects of a Cusp Magnetic Field on Thermal Wave Induced by Coupling of Natural Convection with Rotating Flow in Czochralski Crystal Growth, 151. (3) F.Ogino, T.Inamuro and A.Kodo, Dynamic

Modeling of Czochralski Crystal Growth Process, 163. (4) T.Munakata and I.Tanasawa, Study of Silicon Melt Convection during the RF-FZ Single Crystal Growth Process, 223. (5) H.Zhang, Li-Li.Zheng, V.Prasad and D.J.Larson, Jr., Effects of Pulling Velocity on Interface Dynamics and Solute Segregation during Crystal Growth, 253. 「二成分溶液・合金」: (6) V.Timchenko, P.Y.P.Chen, G.deVahl Davis and E. Leonardi, Directional Solidification in Microgravity, 241. (7) Jin-Y.Jung and M.M.Chen, Morphological Instability of Alloy Solidification -Asymptotic Analysis and Generalization of the Mullins-Sekaerka Theory, 139. (8) J.D.Chung, J.S.Lee and H.Yoo, An Extended Similarity Solution for the Alloy Solidification System, 187. (9) Ik-T.Im, W.-S.Kim and K.-S.Lee, Heat and Fluid Flow Analysis during Casting Process Using an Implicit Algorithm, 199. (10) J.E.Simpson, S.V.Garimella and M.M.Guslick, Interface Propagation in the Presence of a Fibrous Phase in Alloy Solidification, 235. (11) M.Okada, M.Ochi and M.Tateno, Solidification of a Supercooled Aqueous Solution in a Porous Medium, 169. (12) T.A. Kowalewski, J.Banaszek, M. Rebow, P.Furmanski and T.S.Wisniewski, Study of Free Convection in Binary Systems with Phase Change, 211. (13) InG.Hwang and C.K.Choi, The Onset of Convection in a Mushy Layer during Time-Dependent Solidification, 193.

「閉領域内の融解」: (14) A.Binet and M.Lacroix, Natural Convection Dominated Melting inside Uniformly and Discretely Heated Rectangular Cavities, 109. (15) W.R.Choi, H.S.Ryou, Y.K.Choi and S.Y.Ryu, Numerical Prediction of Phase Change Using the Enthalpy Method, 127. (16) S. Devahastin, A.S. Mujumdar, Z.X.Gong and N.Arai, Free Convection Heat Transfer during Melting of a Phase Change Material in a Rectangular Enclosure: Effect of Inclination, 133. (17) R.K.Sahoo, V.Prasad, H.Zhang, W.K.Chui, F.Tangerman and J.Glimm, A Multizone Adaptive Parallel Scheme for Solidification in a Rectangular Cavity, 175. 「強制対流相変化」: (18) H.Cheng, G.Pan and H.Wu, Study on Frost Formation and Heat Transfer inside a Cryogenic Tube, 115. (19) A.Luer and H.Beer, Frost Formation on Cooled Parallel plates in Laminar Forced Convection, 157. (20) M.Yamada, S.Fukusako, T.Kawanami and C.Oh, Freezing Heat Transfer between Two Cooled Parallel Plates with Separated Region, 247. 「PCM封入マイクロカプセルの物性値測定」: (21) E.Choi and N.Akino, Thermal Characteristics of Microencapsulated Phase-Change Material, 121. 「圧力増加に起因する融解」: (22) W.Chen and, Q.Yang, The Pressure Melting of Ice around the Sphere and Cylinder, 181. 「ヒートパイプのコンデンサーに生じた凝固層の融解」: (23) W.-Q.Lu and Y. Zeng and J.Liu, Analysis of the Thawing Process in CPL Condenser and the Thermal Wave Propagation in Biological Tissues by the Dual Reciprocity Boundary Element Method, 217. 「水の過冷却解除の要因」: (24) S.Okawa and A.Saito, Experimental Study on Controlling the Initiation of Freezing of Supercooled Water, 229.

Internal Forced Convection セッション

Internal Forced Convection Session

太田 照和 (東北大学)

Terukazu Ota (Tohoku University)

本セッションは8月25日(筆者は欠席)、8月27日の2日間にわたり開催され、合計27の論文が発表された。以下のレビューは、会議の論文集に掲載されている論文から、筆者が興味を感じたものを中心に記述されている。

まず、27の論文の大半は、セッション題目に対応する様々な形状の流路内流れおよび強制対流熱伝達に関するものである。その中で多少目立った傾向としては、非ニュートン流体を取り扱ったものが9編、非定常性に着目したものが5編見られたことであろうか。

論文 IC1 は、矩形流路内の液体金属乱流および熱伝達特性に及ぼす磁場の影響を実験により明らかにしている。流れ場の詳細を測定するために4電極温度ポテンシャルプローブを開発し、使用している。平均速度、温度のみならず、乱流運動エネルギー、乱流熱流束をも測定している。これらは電磁流体乱流モデルの構築に有用なものと考えられる。

論文 IC5 は、レイノルズ応力に及ぼす乱流渦塊の回転の影響を考慮した非線形乱流熱伝達モデルを急拡大円管内流れに適用したものである。本モデルは $k-\epsilon$ 二方程式モデルを改良したものであるが、混合平均温度分布および正規化されたヌセルト数分布については実験結果と良く一致することが示されている。

論文 IC6 は、粗面フィン付円管内流れと熱伝達に関する実験研究の結果を示している。滑面フィンの場合と比較して、熱伝達率の増加が-50%から+50%程度なのに対して、摩擦係数の増加は+100%から+280%に及んでいることが明らかにされている。そのような原因を流れ場の詳細な測定から解明されることが期待される。

論文 IC9 は、平行平面流路内の片面に主流と同一方向に立方体突起列が置かれている場合の突起近傍の流れと熱伝達に関する実験結果を示している。突起面の熱伝達率と流れ構造の相似性と非相

似性に主眼を置いている。剥離域内部や再付着領域において非相似性が見い出されたとしているが、以前より良く知られている事ではないかという思いをしている。

論文 IC14 は、滑らかに拡大、縮小する二次元流路内の自己保存振動流れにおける強制対流熱伝達に関する数値解析結果を示している。流れの非定常性は進行トルミン・シュリヒティング波によって形成され、時間についてはフーリエ級数展開、空間的にはスペクトル法によって解析されている。流れの非定常性が熱伝達を促進することが明らかにされているが、計算条件の拡大による有用性のより一層の明示がほしい。

論文 IC20 は、正方形 90° 曲り管内の物質伝達特性を実験により明らかにしたものである。実験はナフタリン昇華法により行われ、特に曲り直後の局所および平均物質伝達特性を測定している。内壁における物質伝達率の変化は著しいこと、スパン方向平均物質伝達率の管軸方向の変化はきわめてすみやかであること等が明らかにされている。

論文 IC23 は、平行壁面流路内の壁面上に立方体突起が置かれている場合の非定常流れと熱伝達特性を差分法による直接数値解析によって明らかにしたものである。突起周囲に形成される馬蹄渦の詳細、放出される渦塊による流れ場および温度場の時間変化、長方形柱表面における熱伝達特性が明らかにされている。

論文 IC27 は、コンクリート構造物が固化する過程における内部温度の時間変化に及ぼす、内部に埋め込まれた管内に冷却媒体を流すことの影響を三次元有限要素法によって解析している。冷媒媒体により、コンクリート構造物内部の温度の非一様性が大幅に改善され、熱応力やクラックの発生防止に有用な結果を示しているが、本セッションに含まれるべきものであったかどうかには少々疑問が残る。

Measurement Techniques セッション

Measurement Techniques Session

秋山 光庸 (宇都宮大学)

Mitsunobu AKIYAMA (Utsunomiya University)

このセッションは2日間に分割され、MT 1からMT28の計28編の論文が提出されていた。4件が欠席し、ポスターも掲示されていなかった。また、1件はポスターは掲示されていたが発表者は現れなかったようであり、他の1件は代理者の説明であった。

論文集を事前に精読する時間もない中で、1セッション2時間と限られたうちに、15編の論文の中から聴・観衆がどのポスターやプレゼンターに魅力を感じて近づくかは、内容の質よりも、遠くから会場の中での見た目によるものであり、演出者として十分な準備が必要と思われる。(1)日頃、マルチなプレゼンテーション様式に対する各研究者の能力を高めておくこと、(2)聴・観衆の興味に応じて、どのレベルからストーリーを導入して(3)論文の主要ポイントに話の質を高め、喜びを共有し合うかである。

論文は内容である。しかし、当然ながら、当日欠席した御人の論文は、後にプロシーディングだけを見て良い論文だと思っても、質問も語り合うこともできない。

提出されたポスターは白黒のものは3件にすぎなく、他の全てが何らかのカラーを施してある。与えられた板面に6枚のポスターをピンで止めたり、3分割されものもあった。一方、写真又はデジタル印刷によって出力された1枚ものカラー・ポスターが3割近くに及んでいる。1枚ものは運搬に労を要するが、そのアピール度は高く今後、多くの日本人発表者も採用の方向となるであろう。

国別を述べても、我々日本人が調子に乗らぬようにせねばならぬが、米国、日本、仏5、カナダ3、ロシア2、オーストラリア2、その他キュート、イスラエル、ポルトガル、イタリア、中国、独が各1であった。これらの論文は計測技術そのものの新しい開発を示したものの、プローブ特性等を考慮して計測データを補正するアルゴリズムを示したものの、物性値の計測をしたもの、計測技術そのものより現象解明に主眼があり、セッション毎の発表数などの関係から、こちらに回って来たと思われるものなどが含まれている。また、計測技術と言えども、解析解を示すに止まるなど、研

伝熱研究1998年10月

究の質のみならず量の点でも出し渋りのような現象が見られるのが残念である。

それぞれの論文の中心課題を内容別に区分してみると、その数は大略次の分布になる。

表の区分に従って、重要と考えられる論文について若干の記述を試みる。

区分	課題	件数	区分	課題	件数
1	放射熱流束	6	6	対流熱流束	2
2	温度計測	4	7	乱流熱流束	2
3	物性値計測	4	8	接触熱抵抗	2
4	誤差・不確かさ	3	9	三次元トモグラフ	2
5	現象情報実験	3	計		28

区分1 放射熱流束:

この区分には放射熱流束の測定から放射熱を考慮した熱電対温度計までが含まれ、次の如きである。

KwonらのMT18は、今日までの赤外線温度計が液体窒素冷却器などをもち、重量もあり、コストもかかるものであることの欠点を補うものとして、2枚の薄板を貼り合わせた長さ100 μ m程度のカンチレバーが、熱放射によって反り返る熱-機械系特性を理論的に解明している。形状効果を定め、熱放射を受けてのカンチレバーの変形量を定常及び周期加熱条件で求めている。Si₃N₄-AlやSi₃N₄-PMMA(ポリメチルメタアクリレート)等を利用可能薄板の組み合わせとして挙げている。この種の内容は機器開発を目的としたもので今後の成果に期待される。MartinらのMT7は円筒状温度計の鞘を水冷しながら先端の直径50又は100 μ mポーラス部から空気を吹き出し、空気が雰囲気から受ける熱量から、放射熱流束を測定する計測器を1次元モデル解析と詳細数値解析から、プローブの適性サイズを求め、これを吹き出し空気-雰囲気温度差300°C程度の範囲まで実験を行ない、5%以内の精度で放射熱流束が計測できることを示している。その他にMT26、MT22、MT11がある。

区分2 温度計測:

MT20でLongtinらは、ミラーを通しHe-Neレーザをメチルアルコール表面に照射し、その反射率

から蒸発をしながら変動する表面温度を測定している。加熱、冷却、冷却から急加熱および等温場で行われ、計測された15から50°Cの液温での不確かさが0.05°Cで液面のごく近傍にセットされたサーミスタ温度計による液平均温度に対するドリフトは+0.2から-0.5°Cであった。今後、混合液表面温度計測をはじめ、液界面の液濃度計測にも応用を拡張して行くとしている。NinomiyaらはMT24で、ローダミンBによるLIFを100 μ m程度のポリスチレン・カプセルに封入し、これを速度・温度同時計測のトレーサにすることを提案し製法の詳細と温度校正を0.4°Cの不確かさで確立したと報告した。また、速度・温度場同時計測上の配慮点を列記して今後の実用性につき述べている。MT3のChengらの仕事は回転する正方形断面ヘリカルチャンネルを回転数0~350rpm、 $Re=500$ と 10^4 で加熱温度差は流入空気を外気より5°C温めている。加熱により $Re=500$ で乱流遷移があり 10^4 では再層流化がおきていることを温度変動計測結果から示し、遠心力とコリオリ力に浮力が重畳する複雑系の乱流逆遷移現象を扱っている。他にMT27がある。

区分3 物性値計測：

MT12でRémyらは金や銅の10倍も高い温度伝播率をもつダイヤモンド薄膜のレーザー・フラッシュ法による計測とその計測に及ぼす因子の理論的考察をしている。単一ビームを照射できなければ、サンプル内熱拡散効果で予測が困難となること、ダイヤモンド薄膜上下表面の放射やコーティング材による不透明度の効果の予測について述べている。なおデータの標準偏差は5%以内である。Nagaiらは、MT23で液滴注入法と準二次元的サブクール沸騰法の二つの手法を用いて、大変困難な過熱状態に保たれた壁温上で形成される水滴の接触角の計測を行った。常圧で、壁温は20°Cから100°Cを通し120°Cまでであり、全温度範囲で銅、アルミ、SUS、サファイヤ、水晶、テフロンとの接触角を計測している。OgawaらはMT9で、2, 2, 2-トリフルオロエタノールとN-メチル1-2ピロリドン混合液の表面張力を10°Cから40°Cの条件で、全濃度割合について計測し、その表面張力がリチウム・ブロマイドの約4分の1である利点を生かす吸収冷凍器開発への応用を提案している。MT2もこの区分にある。

区分4 誤差・不確かさ：

この区分では、欠席も2グループあり不調である。しかし、BraunerらのMT1は、1936年のシーダー・テートの円管内層流熱伝達の回帰曲線式における、無次元数の無意味さなどを決定的に示し

て、実験装置のサイズや作業流体の種類を変えて実験値と実験誤差を示すことにより、実験者以外の統計処理を行う研究者によってでも、より正確で詳細な情報が得られるとしている。今後の研究協力のあり方とも関連して興味ももてる。他にMT1とMT16がある。

区分5 現象情報実験：

MT8のNishiらの仕事は、中性子ビームという今後の科学技術の精度の高い成果が期待できるビーム粒子を利用できるものとしただけでも十分な意義があるもので、ここでは溶解金属中で直接接触伝熱により水が水蒸気に変化する様相を詳細に求めている。

区分6 対流熱流束：

MT28は矩形波および周期をづらした加熱を行えば、コーティングを施した基板全体の局所熱伝達率が一次元解析解を利用して求められることを示した。他にMT13もある。他に霜の高さのレーザ計測のMT14と乱流間欠率計測のMT21がある。

区分7 乱流熱流束：

OginoらのMT25は、加熱回転円板上に生じる周方向渦をローダミンB水溶液を注入トレーサとしてArイオンレーザを照射し可視化し、速度にはHe-NeレーザLDVと温度にはArイオンレーザLIFを用い、必要な平均流速・温度場と乱流・熱諸量が求められている。 Re は60,000、 Gr は熱流束ベースで定義し 1.8×10^{11} である。速度や温度のスペクトル分布や乱流熱流束($\overline{W\theta}$ [Km/s])などは自然対流の強い流れの中で貴重なデータセットとなり、今後の数値計算予測法の開発にも役立つものである。MT19はジェットを扱った。

区分8 接触熱抵抗：

MT6は鍛造技術における加熱された加工物と冷たい工具との接触熱抵抗問題を、鏡面加工した平滑面それぞれに三角溝を設けて圧接し、経過時間や圧接圧の関係を述べている。MT17は粉との接触抵抗である。双方とも一般的実験である。

区分9 三次元トモグラフィ：

MT4及びMT15はいずれも一般的で、伝熱分野へトモグラフィを普及させる意味がある。

以上、伝熱分野の計測技術の展開という点では新しいものも無く、現象解明や物性量測定のプロセスの中で、いくつかの改良工夫が見られ、一つの方角性が伺われた。また、安価な放射温度計の開発や高価でも解像度の高い中性子利用計測技術の発展に今後期待が持てる。

Particulates, Porous Media and Special Application セッション

Particulates, Porous Media and Special Application Session

中山 顕 (静岡大学)

Akira NAKAYAMA (Shizuoka University)

Particulates, Porous Media and Special Applications のポスターセッションは会議二日目および最終日に生まれ、会場は終始活発な意見交換でにぎわった。

発表はトータル26件で、ファースト・オーサーの国別の内訳は、日本、中国、台湾、カナダ、フランスから各3件、米国、英国、イスラエルから各2件、イタリア、オーストリア、ブラジル、ポルトガル、ロシアから各1件である。

発表内容は多孔質体内の伝熱に関する諸問題から微小重力下のシリコン溶液のマランゴニ対流(PP11)や脈動流動層内の粒子流動および伝熱特性に関するもの(PP21)まで多岐にわたる。

多孔質体に関する研究は24件でほとんどが理論的研究で、実験的研究は数件にとどまる。今回の発表では相変化がからむ研究が9件と目立った。多孔質体とマイクロチャネルが接続された流路内(PP1)や焼結繊維質充填流路内(PP20)の沸騰二相流、多孔質被覆面上のプール沸騰(PP9)、繊維質充填キャピタリー内(PP3)や石材内(PP4)の水分移動および氷結、CPL (Capillary Pump Loop) における Capillary Evaporator 内の蒸発(PP5,25)、高熱負荷除去用金属多孔質体内の蒸発(PP24)、そして多孔質体内鉛直平板上の凝縮(PP17)など、工業的応用を念頭に置いた諸問題が扱われている。

多孔質体に関する最も代表的な対流問題の一つとしてペナル・セルの多孔質版、すなわち Horton-Rogers-Lapwood 問題が良く取り上げられる。Linear Stability Analysis の恰好の対象とであり教育的価値も高い。このような背景があつてか、多孔質体内のセッションでは自然対流の安定性や非定常的挙動を扱ったものが伝統的に多い。今回も、内部発熱を伴う多孔質充填容器内の自然対流(PP2)、回転多孔質層内の自然対流(PP10)、側壁加熱鉛直多孔質充填流路内の複合対流(PP12)、多孔質充填キャピタリー内の二重拡散対流(PP15)、下面

加熱多孔質充填容器内自然対流(PP18,23)、非等方的透過率を有する多孔質で充填された容器内の自然対流(PP13)など、自然対流に関するものが多く見受けられる。解法の改良やコンピュータ能力の拡大に伴い、自然対流における非定常的挙動が細部にいたるまで明らかにされつつある。

多孔質体内の強制対流に関する研究としては、流れが速くなると顕著となる熱の機械的分散の効果(熱分散)に着目したもの(PP7,8)と、流体と構造体間の非熱平衡に着目したもの(PP14,19,22)が報告されている。熱分散は、多孔質体の見かけの熱伝導率を支配することから、重要であるが、その重要性の理解においては機械工学の分野と他の分野には以下のようなズレがある。

熱分散による(見かけの)熱伝導率の軸方向成分(流れに平行な成分)は、垂直な成分に比べ極端に大きくなる。(これは地下に注入された汚染源が地下水に乗って地層中を輸送される際、流れの方向に偏平し拡散するであろうことを考えれば理解できる。)熱分散に限らず、みかけの拡散係数の軸方向成分が垂直成分に比べ卓越するという事実は、多孔質体内の輸送における特徴的ことごととして、化学工学や土木工学の分野では Yagi らの歴史的報告(AIChEJ.6:543-546,1960)以来、すでに常識となっている。一方、機械工学の分野では境界層近似に慣れすぎてしまっているせいか、“軸方向の熱伝導は無視しうる”となり、いつしか“軸方向の熱伝導率は小さい”となってしまう。この勘違いは多孔質体内の輸送に関する論文にさえしばしば見受けられる。(今回、発表された論文のなか(PP7)にも見られる。)多孔質体内の輸送現象においては一方向流れであっても境界層近似が適用できない場合があることを忘れてはならない(PP8)。

熱平衡の仮定が崩れる場合には、流体と多孔質構造体間の温度差を、すなわち両者間の熱移動を考慮し、個別のエネルギー式を解き、相関させる

必要がある。タイミング良く、三日目には Quintard 氏により、この2エネルギー式に関する基調講演があった。従来より用いられている経験的な2エネルギー式ではなく、Rigorous な数学的モデリングの手続きを経て導出される2エネルギー式の使用を提言している。今回のセッションにおいては、いずれの論文においても、経験的2エネルギー式が使用されている。多孔質充填円環流路内強制対流の温度助走区間の数値解析(PP14)、小型多孔質バーナーの燃焼の数値解析(PP19)、そして多孔質構造体を用いた Transpiration Cooling の冷却効率の解析(PP22)において、2エネルギー式の導入の必要性が議論されている。

多孔質体内で流体と構造体間の温度差が無視できない状況として、以前は非定常的流動が議論される場合が多かった。これに対し今回は、定常的流動においても、温度助走区間や、化学反応など内部発熱が伴う状況下においては、2エネルギー式を導入すべきであることが強調されている。古典的表現あるいは Quintard らが提案する表現、い

ずれの2エネルギー式を使用する場合であっても、流体と構造体間の熱伝達率の記述が問題となる。厳密には時間と空間の関数であろう熱伝達率を状況に応じていかに表現するかが重要な鍵を握る。

多孔質体の物性に関する論文も3件報告されている。ガスの吸着・脱着があるセラミックの(見かけの)熱伝導率の測定(PP6)、木材の透過率の測定(PP26)、そしてフラクタル理論による熱伝導率の見積もり(PP27)が報告されている。

長いあいだ経験的に処理されてきた多孔質体内の熱流動に関する事項も、特にここ二十年程にわたり機械工学的アプローチの下で再処理された結果、基礎に関して体系化がかなりのレベルまで進んだ感がある。これからは、多孔質体内の相変化や混相流など、応用を意識した問題へと比重が移っていくであろう。そんな予感を感じるセッションであった。

本レビューの執筆にあたっては韓国嶺南大学の In-Kee Chung 教授のご協力を得た。ここに記して、感謝申し上げます。

Heat Transfer in Nuclear and Conventional Heat and Power Generation Systems セッション

Heat Transfer in Nuclear and Conventional Heat and Power Generation Systems Session

森 康彦 (慶応大学)

Yasuhiko H. MORI (Keio University)

最初から些末な用語上の議論をするのは気がひけるが、混乱をさけるためご容赦いただきたい。予め指定された本稿の表題「…セッション」は今回の会議のプログラムにおける“session”とは整合していない。以下では会議プログラム上の“session”を“セッション”と表記し、表題中の“セッション”は“(論文)グループ”と表記する。

筆者がそのレビューを依頼されたのは12編の論文から成る1グループであり、本稿表題に見る通り、わかったようなわからないようなタイトルが冠せられている。実体は、原子力がらみの論文と、どのグループに振り分けてよいか scientific committee が迷った論文が一まとめにされたもの、というところであろう。全12編のうち6編が25日午後のセッションに割り当てられ、筆者らの論文を含む残りの6編が会議最後の28日午前のセッションに割り当てられていた。なお、前半の6編中3編については poster presentation がなされなかった。まず、これら12編の中には(とりあえず筆者ら自身の1編を除き)筆者がかなりよく理解でき、また十分な興味を抱けるものがなかったことをお断りしておきたい。興味のない対象を書いたレビューが他の方に興味を持って読んでもらえる道理はないので、この稿の記述は最小限にとどめたい。

12編の論文中10編が原子力関係の論文である。原子力技術に造詣の深い研究者にとっては興味ある内容のものもあったのかもしれない。しかし筆者を含む会議参加者の大半にとっては、内容、用語ともに原子力に特化した論文は(控え目に言えば)とつきにくい。特に、特定メーカー製の fuel bundle を対象とした論文や特定の解析コードに依存した論文など、やはり発表場所の選択を誤った感が強い。果たしてそれらの論文のポスターブースにはほとんど人が寄り付いていなかった。以下には、全く勝手ながら、筆者がある程度理解できた3編(筆者ら自身の1編を含む)を論文番号順に紹介するにとど

める。

南アフリカの Univ. Witwatersrand の Habbitts らの論文(NR8)は、火力発電所のボイラーへ供給する空気の予熱に用いるロータリー再生熱交換器の性能シミュレーション手法を提示している。このような熱交換器のローターは伝熱性能以外に灰の堆積(発表者に確認しなかったが、石炭火力なのであろう)やエロージョンを考慮して設計しなければならないようである。発表者の Prof. Sheer によれば、現在はエロージョンのため約10年ごとにボイラーを完全停止してローターの交換をしており、ローターの寿命を40年まで伸ばすことが一つの技術的目標とのことであった。論文の内容そのものがどの程度目新しいものなのかは、このような機器の伝熱に疎い筆者には判断できないが、ポスターに貼られた直径18mの巨大な熱交換器の写真は印象深かった。なお、南アフリカの大学における伝熱研究にはこのような実際的な問題を扱うものが多いのかとたずねたところ、この研究は企業との共同研究であり、このような類の研究と大学独自の基礎研究が平行して行われているとの回答があった。

筆者らの論文(NR11)は、各種産業から排出されるガス流や、高レベル放射性廃棄物貯蔵施設においてガラス固化廃棄物の自然対流冷却に使われた空気の排出部より不揮発性液体により熱エネルギーを回収することを想定した気-液直接接触伝熱に関するものである。ガス流中に細いワイヤを鉛直に懸垂させ、ワイヤに沿って液体を流下させることにより限られた高さの熱交換器内において十分な気-液接触時間を確保すると共に、ワイヤの数密度の調整により気-液接触面積を容易に増減できるという特徴を謳っている。筆者らはこのような wire-bundle contactor の構想を数年前に発表したが(Hattori et al., *AIChE J.* **40**, 1983 (1994)), それに関する実験結果を論文の形で報告するのは今回が初めてである。実験結果は未だ十分なものではないが、

論文の筆頭著者(野崎)の少々マニア的なデザインによるポスター(これで最後の慶州法酒1瓶を獲得)の甲斐もあってか、人の減った最終日としてはポスター前の賑わいはまずまずであった。ワイヤ上の液体の流動様式に関する物理、実際の応用において数多くのワイヤに均等に液体を供給することの困難さなど、筆者らが頭をひねっている問題への言及・質問が多かった。

筆者らの隣では、原研のグループによる溶融合金($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}$)中へのサブクール水の注入に関する論文(NR12)が発表されていた。これと似た題材を扱った電力中研の2編の論文はそれぞれ Impinging Jet Heat Transfer と Measurement Techniques のグループに分類されて別のセッションで発表されており、プログラム編成に関していささか不統一な印象を受ける(数百編の論文を分類する作業の困難さは察するに余りあるが)。セッション終了間際にようやく発表者の Dr. Park と話をするこ

とができた。少なくはないこの類の実験研究の中で本研究のオリジナリティーは何か、という多少意地悪な筆者の質問に対し、水ジェットの高速度浸透挙動の重要性に着目して、相変化を伴わない等温場での観察実験を行い、それを CIP 法によりシミュレートする試みを行ったことを挙げていた。この純流体力学的実験+シミュレーションの意義は筆者にはよく理解できない。研究室の古いファイルから NaCl 融液中に水ジェットを注入した Argonne Nat. Lab. の Anderson & Armstrong の論文 (AICHE Symp. Ser. 70-138, 31 (1974)) を引っぱり出してみると、今回の会議の Proceedings に較べはるかに劣る印刷品質にもかかわらず、Park らの等温場のビデオ画像よりはよほど鮮明なジェット浸透→爆発的沸騰の高速度撮影写真が示されていて、過去25年間の研究の進展(?)に疑問も感じないではない。ただ、上記は Park らの論文や関連論文を子細に検討した上での意見ではない。的外れでなければ幸いである。

Numerical Techniques and Modelling セッション

Numerical Techniques and Modelling Session

河村 洋 (東京理科大学)

Hiroshi KAWAMURA (Science University of Tokyo)

このセッションには、Final Program では37件 (論文集への収録は32件) が発表された。このセッションは、研究分野よりは研究手法で分類されたセッションであるから、研究分野は多岐にわたっており、これらをまとめると大略以下のとおりである。

乱流伝熱 (7) 分子伝熱 (6)
 数値スキーム (4) 自然対流 (2)
 溶融・凝固 (2) 極低温 (2)
 ふく射 (2) 結晶・材料 (2)
 回転流 (2)
 気泡、燃焼、粒子系、タービン、機器等 (各1)

以上からわかるとおり大きな比率を占める分野は乱流と分子伝熱であり、これらはいずれも最近のコンピュータの発展により、できる限り基礎的な方程式のみを用いて、現象を記述しようとする手法が成功を収めつつある分野である。

また、基礎と応用という分類をすれば、基礎研究が圧倒的に多い。

発表者を国別に分類すると (共著の場合は主として実施されたであろう国の方に数えることにして)、以下のとおりとなる。

日本 (15) フランス (4)
 ドイツ (4) ロシア (3) イギリス (2)
 アメリカ、カナダ、ポーランド、ポルトガル、
 ブラジル、中国、韓国、オーストラリア、
 南アフリカ (各1)

これで見るとおり、日本の寄与が圧倒的に大きいことがわかる。この背景の一つは我国においては、コンピュータ環境が整備されていることが挙げられる。

しかしこの様な観点から見れば、我国よりも、さらにコンピュータ環境の良好なアメリカの寄与が極めて少ないことが対照的である。この理由の一つは、このセッションに分類された研究の大半は乱流や分子伝熱のような基礎的な研究であり、この様な伝熱の基礎研究が現在のアメリカでは必

ずしも盛んではないことがあげられよう。現在アメリカで研究を行うには何らかの研究費をとらなければならないが、乱流モデルのような純粋な基礎研究には研究費はほとんどつかないという話を聞いている。おそらくこの様な事情が背景にあるのではなからうか。

本稿の執筆依頼には、とくに優れた研究を取り上げて紹介するようになっているが、筆者の見た範囲内では、良いと思った研究の大半は我国の研究であった。たとえば (研究者名は省略させていただくが) 相変化を伴う分子伝熱、形態形成、乱流のDNS、モデル、二相乱流、結晶成長等である。これらはすでに伝熱シンポジウム等で知られていると思われるので、ここで紹介することはさし控えていただきたい。

この他、数値シミュレーション関係としては、International Centre for Heat Mass Transfer の30周年を記念して

パネルディスカッション

「数値伝熱研究の進展」

が開催された。司会は de Vahl Davis (New South Wales 大学) で、約7~80人程度の参加があった。まず3人のパネラーの講演があったが、たとえば、「一次風上差分式は用いるべきではない」というような一昔前ともいえる内容が述べられ、逆に我国のこの分野の研究の進展を印象づけられた。

以上をまとめると

(1) 数値シミュレーションは、ますます基礎的な方程式 (いわゆる第一原理) のみに基づき仮定を排除する方向へ進みつつあり、それにとともに計算規模も大きくなっている。

(2) したがってそれを行いうる環境にある国 (たとえば我国) において、量的にも質的にも先端的な研究が行われている。

(3) 「数値手法」という分類のもとに多岐にわたる研究分野を集めることは、もう終わりにしている段階に来ていると考えられる。

Pool Boiling セッション

Pool Boiling Session

水上 紘一 (愛媛大学)

Koichi MIZUKAMI (Ehime University)

1. 概観

このセッションは3グループに分けられ、2日目の午後および3、4日目の午前に発表が行われた。プログラム上では採択論文数は31であるが、1論文のポスターが掲示されなかった。奇妙なことに、発表はされたが議事録に掲載されていないものが1つある。このため、例えば発表番号PB10の論文は議事録では9番目の論文である。万一の混乱を避けるため、以下での論文の引用は(筆頭研究者名、最初のページ)という形で行う。このセッションの論文は、議事録のVol. 2, pp. 371-550に収められている。

筆頭研究者の国別に論文数を見ると、日8、米6、独6、仏2、加2、韓2、ロ1、ベルギー1、中1、台湾1である。ただし、1論文はベラルーシとウクライナを含む3ヶ国の共同研究である。

沸騰の分野の常であるが、実験的あるいは実験を含む研究論文が24編と圧倒的に多い。研究テーマ別にやや細かく分類すると以下ようになる：

- ・核沸騰熱伝達の特性：
PB14(443), PB18(467), PB31(545)
- ・微細構造表面、電場印加、表面活性剤添加等による沸騰熱伝達の促進： PB9(413), PB11(425), PB15(449), PB16(455), PB27(521)
- ・狭い空間の核沸騰熱伝達： PB21(485)
- ・臨界熱流束への溶存気体等の影響： PB4(389)
- ・遷移沸騰熱伝達特性の解析法： PB23(497)
- ・微小重力下の沸騰現象と熱伝達：
PB6(395), PB7(401), PB10(419), PB30(539)
- ・気泡周りのマランゴニ対流と熱伝達： PB1(371)
- ・2成分(混合)液体の沸騰と熱伝達：
PB22(491), PB26(515)
- ・沸騰開始条件： PB8(407), PB17(461)
- ・気泡の成長と崩壊： PB12(431)
- ・単(孤立)気泡の成長離脱過程と熱伝達：
PB13(437), PB24(503), PB29(533)
- ・マクロ液膜厚さやボイド率の変動： PB3(383)

- ・沸騰先端の前進速度： PB2(377)
 - ・微小・特殊伝熱面からの沸騰と熱伝達：
PB20(479), PB28(527)
 - ・気泡微細化沸騰と液滴微細化沸騰： PB25(509)
 - ・核沸騰熱伝達研究の現状(論説)： PB19(473)
- ただし、ここでは論文を、論文番号(議事録の最初のページ)という形で示している。もちろん、分類に困るものも幾つかある。

2. 論文の内容と成果

微小重力下では自然対流による熱輸送は期待できない。代わって、気泡表面に働く表面張力の非一様性に起因するマランゴニ対流の役割が重要になるであろう。(P. Arlabosse et al, 371)は常重力下でシリコンオイル中に2平板を水平に置き、上面を加熱、下面を冷却し、上面中央に下向きの空気泡あるいは蒸気泡を作って気泡の周りのマランゴニ対流および熱伝達を測定し、整理式を導いた。

しかし、現実には観念とはしばしば違う。(H. S. Lee et al, 395)による微小重力下でのR-113の沸騰実験では、沸騰開始時に発生した多数の小気泡が合体して大気泡を作る。それは伝熱面から少し離れて止まり、下部から小気泡を吸収し、頂部では凝縮によって放熱する。この潜熱輸送のメカニズムによって常重力下より伝熱が促進される。場合によっては、大気泡から離れて伝熱面上に多数の小気泡が存在することがある。奇妙なことに、それらは大気泡に向かって移動する。この場合に、伝熱促進は最も顕著である。上記の現象にはマランゴニ対流も関与するらしい。

(H. Ohta et al, 401)がエタノールを用いて観察した微小重力下での現象は少し異なる。低サブクーリング高熱流束の場合には、沸騰が始まると直ちに大きな合体気泡が形成される。1つの大気泡の底部と伝熱面の間には数個のprimary bubblesが存在し、大気泡を持ち上げているかのように振る舞う。伝熱面上にはマイクロ液膜が存在する。この場合に、常重力下

より伝熱が促進されることがある。

伝熱面が相対的に大きな気泡によって完全に覆われても伝熱が促進される例は常重力下でも観察される。(S. Takagi et al, 479)の実験では、ガラス基板に沈着した極微小ヒータは気泡で覆われるが、発生した熱の大部分はガラス基板を経て気泡の周りの液体に伝わり、蒸発によって気泡内へ流入する。この場合、気泡が離脱するときは伝熱面に大きな温度変動が生じる。(K. Okuyama et al, 527)も含めて極微小伝熱面を用いた実験では半導体チップや電子機器等の沸騰冷却を念頭に置いていると推察されるが、半導体は温度変動を嫌うことが実用化上の障害になるだろう。(H.-S. Sheng et al, 521)は克服したと言うが……。

本Pool Boilingセッションには奇しくも単(孤立)気泡の成長離脱過程と熱伝達に関する論文が3編提出された。この問題は沸騰の諸問題の中では数値解析に最も適していると考えられるが、(Y. Fujita et al, 437)と(G. Son et al, 533)は数値シミュレーション手法を確立したことを主眼に報告し、計算例も示している。一方、(E. Hahne et al, 503)はステンレス鋼表面上の微小スポットを加熱して単発泡点を作り、水を用いて実験を行った。3論文中の図を見比べると、気泡成長の実験結果は(Y. Fujita et al, 437)のシミュレーションとかなりよく一致するようである。ただし、シミュレーションでは接触角(一定)という不確かな量をパラメータとして与えるので、その値の選び方で結果は変わるであろう。2つのシミュレーションの結果が一致するか否かは判断できない。

液体ナトリウムの沸騰実験は最近希である。しかし、他の液体を用いた研究が熱心に続けられている現状を見れば、問題そのものが解決されているとはとても言えない。むしろ沸騰現象そのものには不可解なことが多くあるが、この液体は手軽には扱えないので、プロジェクトでもなければ誰も手を出したいとは思わない。沸騰開始条件については、伝熱面上に存在する蒸気核が経験する圧力・温度履歴による予圧縮を考慮に入れば予測できるということに一応落ち着いているようである。しかし、(M. Shiotsu et al, 407)の実験では、予圧縮依存性はなく、コールドトラップ温度への系統的な依存性がある。

白金加熱線が8K程度以下の過熱度あるいはサブクーリングを経験すると、エタノールの沸騰開始条件は急に著しく変わり、しかも広い範囲で予圧縮の影響を受けない(K. Mizukami et al, 461)。これは、沸

騰開始が自発生成蒸気核の成長によることを示唆している。エタノールはぬれ性が高いので接触角が小さく、キャビティ内の気液界面は常に液体側に凸であると考えば、この結果は説明できる。そして、このような場合、一般に蒸気核は小さいものから潰れるという非常識な結論が導かれる。しかし、この結論を受け容れれば、有機液体などぬれ性の高い液体の核沸騰が不安定である理由が理解できる。

(S. J. Ha et al, 497)は、遷移沸騰と核沸騰は連続であるとの立場から、自らの高熱流束および臨界熱流束域に適用するdry-spotモデルを遷移沸騰域に拡張し、その特性を評価する方法(表示式ではない)を提案した。この解析の特徴は、伝熱面のぬれている部分の割合を評価するモデルを含むことである。また、発泡点密度に対するぬれの影響に関する実験結果を取り入れているが、それが成功したためか、遷移沸騰特性へのぬれの影響も説明できる。

周知のように、オゾン層の破壊や温暖化など地球環境問題が深刻になっている。それに関連して少しでも効率の高い蒸発器(熱交換器)の開発やフロン代替物質の沸騰熱伝達特性の把握が必要になっている。(D. Jung et al, 443)は代替フロンに対しては、従来の冷媒に適用できた核沸騰熱伝達整理式は不適切であることを示し、新たな整理式を提案した。(R. Mertz et al, 455)は微細構造や多孔質を付与したいわゆる高性能沸騰伝熱面の特性をプロパンや水に対して調べた。なお、ヨーロッパ諸国ではフロン代替物質としてalkaneに期待していると聞く。

(A. Bode et al, 431)は水のサブクール核沸騰を複数の様式に分類し、様式線図を作成した。彼らは前置きで、文献を調べてもサブクール沸騰熱伝達の傾向を把握できないと述べている。実際、これまでに膨大な数の研究が行われてきたのに未だに汎用熱伝達整理式の決定版が出ないのはどうしたことか?枝葉現象を追究することへの閉塞感とも相まって、こういう言葉がしばしば交わされる。多分このような視点から核沸騰熱伝達研究の現状を分析したのが(I. G. Shekrladze, Frozen pathways to breakthrough in boiling heat transfer theory, 473)である。ただし、読もうとする方は悪文に耐える覚悟が必要である。当然筆者は理解不十分なので、さらに立ち入ることは控えたい。

他にも紹介したい論文があるが、紙数が尽きた。最後に、論文に関する情報を必要とされる方はご遠慮なくお知らせください。

Radiation and Combustion セッション

Radiation and Combustion Session

円山 重直 (東北大学)

Shigenao MARUYAMA (Tohoku University)

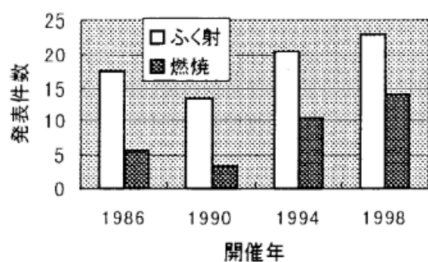
総括

これまで、4回の国際伝熱会議に発表されたふく射と燃焼の論文数の遷移をまとめたのが下図である。1990年(イスラエル)を除き、論文発表数は順調に増加している。しかし、急速に増大もしていない。これは、このセッションが安定成長期にあり、急激な学問の進展もなかったことを示しているのではないだろうか。この現象は、他の分野にも言えることであり、成熟期を迎えた学問領域の宿命とも言える。

セッション分類も12年間ほとんど変わっていない。学会の主導権も教科書で拝見する著名かつ高齢な先生方が主体となっている。大先生が、いつまでも活躍されることは喜ぶべきである。嘆かわしいのは、私を含めた「比較的」若い研究者が新しい分野を切り開けないことである。

日本関連の発表として、燃焼関係では、古畑・宮崎・小林・新井・Bujar・丹野・三浦、Ju・滝田・升谷・Liu・Guo、矢野・鳥居・Terashi、Zhang・石井・日野・杉山、木下・高城、篠田・米原・小林・新井・Churchillの6編と、ふく射関連で、上宇都・松下、Kou・増田・佐々木、Franca・Morales・小熊・Howell、円山・Guo・日向野、上藤・黒田・石橋・藤兼・小熊の5編の発表があった。

国際伝熱会議におけるふく射・燃焼の論文発表数の推移



個人的感想

慶州は今回で3回目の訪問であり、開催ホテルも2年前開催された日韓熱工学合同会議と同じことから、今回は朝から晩まで、講演の聴講とポスターでのディスカッション、研究に関する情報交換に有意義な時間を過ごすことが出来た。

特に、ふく射の研究者とかなり突っ込んだ討論が出来た点では、過去の学会の中で一番実効のあるものだった。色々なふく射伝熱の解析法をフランクに議論し、今後の研究交流を約束できたことが大きな成果といえる。

ふく射伝熱では、世界各国の研究者が今まで行っているものを一同に集めた観があるが、全く新しい展開は見いだせなかった。しかし、各種の伝熱モードと組みあわせた実用レベルの研究が徐々に増加しており、ふく射伝熱が純粋な学問から実学になってきていることが伺える。特に、計算機の高速化に対応し、灰色解析よりも非灰色解析に重点が移行している。ふく射の逆問題も新しい展開の一つであろう。

燃焼では、日本での実用化が検討されている蓄熱式再生燃焼やケミカルガスタービン、ふく射を積極的に取り入れた燃焼解析などが伝熱学会の立場から注目される。

12年前に初めて出席した国際伝熱会議では、パンケットで隣に座っている方がEckert夫妻だとも知らず、自己紹介するような無知であった。その時は、顔と研究上の業績が一致せず、会議場でも何となく、ちぐはぐな会話をしたことを覚えている。いわゆる仙台弁で「いずい」学会だった。

最近では、研究での突っ込んだ議論やプライベートな冗談を言える外国人の知人も多くなってきて、以前の「いずさ」はなくなったが、その分、新鮮な感動が薄れて来ているのは、伝熱が成熟期にあるだけではないようである。

1998年度国際伝熱会議アセンブリ委員会に出席して

Report of Assembly Committee for IHTC 11

平田 賢 (芝浦工業大学システム工学部)
 荻野 文丸 (京都大学工学部)
 Masaru HIRATA (Shibaura Institute of Technology)
 Fumimaru OGINO (Kyoto University)

第11回国際伝熱会議は1998年8月23日(日)~28日(金)に韓国慶州のKyongju Hilton Hotelで開かれた。事務局の集計では、一般565名、学生79名、計644名(随伴者を含めれば700名超)の参加者の内、日本からは韓国の147名に次ぐ145名の参加を数え、学生の参加者数は韓国の15名を抑えて21名でトップの榮譽を飾った。アセンブリ委員として学生諸君の意気に心からの賛辞を送りたい。因みに3位の米国からは参加92名のうち、学生は11名であった。論文発表はポスターセッションで行われたが、論文数も日本が米国の84編、韓国の52編を抑えて99編で最大数となり、それも他国は採択されても会場で発表されなかった論文の数がかなりの数に上ったり、割当数に対して提出された論文数が少なかったりしたが、日本は採択された論文の全編が会場で発表された数少ない国の一つであった。他の一つは割当数10編に対し採択数9編のオランダであった。つまり参加者数も論文数も、また採択されれば必ず発表する律儀さにおいても他国を圧倒していたと言えよう。

会議の最終日の午前10時より、Hilton Hotel内に会議室で1998年度国際伝熱会議アセンブリ委員会が開催され、日本から平田、荻野両名が出席した。この委員会は、アセンブリメンバーの15か国を代表する2人ずつの委員で構成されており、国際伝熱会議の歴史的経緯からこれまでは各国とも、機械系と化学工学系を代表する委員を選出してきた。主要な議題は、4年に1回開かれる国際伝熱会議の開催地や、地域別の論文数の割り振りなどを決めることである。今回の会議は会長のG.F.Hewitt(UK)が議長を務めたが、出席者については正式の議事録が未だ到着していないので省略する。

議事はまず1996年5月28日にローマで開かれた前回会議の議事録を確認の後、新アセンブリメンバーとしてメンバーシップ審査委員会(委員長Prof.R.J.Goldstein、委員Prof.K.Stephan、同Prof.M.Hirata)の議を経て推薦されたポルトガルの参加を承認した。次に、今回の会議の論文数や参加者数など上記の数字を含む中間報告が組織委員長の韓国S.T.Ro教授から発表された。正式報告は次回に行われる。関連して日本の前述のような貢献に鑑み、日本の

論文割り当て数を現在の90編から100編に拡大することを要請し承認された。次に、このアセンブリ会議の運営規則の変更についての提案がなされ、メンバーに前・元会長を含めること、及び代理を派遣する場合には会議開催までに会長あて書面で通知することの2件が議論された。次回の会議で投票により議決されることとなった。次に現役員の任期終了に伴う新役員の選出が行われ、恒例により今会議の組織委員長を務めたProf.S.T.Roが新しいPresidentに、またAssistant to the Presidentとして今会議の事務局長を務めたProf.J.S.Leeが、更にVice-Presidentとして次の第12回会議の組織委員長であるフランスのProf.Jean-Marc Delhayesが、また同会議のSecretaryであるProf.Jean-Bernard SaulnierがアセンブリのSecretaryとして選出された。次回の第12回国際伝熱会議は、フランスのATRIA,Grenobleにおいて2002年8月18日(日)~23(金)に開催するとフランス代表から説明があった。続いて2006年の第13回国際伝熱会議の開催地としてAustralasia(オーストラリアとニュージーランドの共催でSydneyで開催)とUSA(Minneapolis)から、それぞれ30分ずつの誘致プレゼンテーションが行われ、2,3の質疑の後、代表以外は席をはずし、代表間の意見交換が行われ無記名投票に入った。欠席した代表の投票権を、出席した同国の代表が代理として投票することを認めるか否かで議論があったが、結局、1国2票の投票権を認めることとし、投票の結果、議長を含めSydneyが17票、Minneapolisが12票となり、Sydneyにて開催されることが決まった。南半球で初の国際伝熱会議というオーストラリアの主張が共感されたと考えられる。更に、2010年の第14回会議の開催地として、カナダ(Montreal)が立候補した。日本もそろそろ考えてもよい時期かと2人で話しあったが、過去の会議についてこれまでも、Kiev, China, India, Italyなども立候補した経緯があり、なかなかの激戦が予想される。

最後に今回の会議に積極的に参加され、会議の成功に大きな貢献をされた日本の伝熱研究者各位と、日本の論文委員会委員長をお願いした九州大学藤田恭伸教授並びに委員各位のご努力に対し、心からの敬意と感謝の意を捧げる。

第11回国際伝熱会議

International Scientific Committee 委員報告

Report of International Scientific Committee for IHTC 11

藤田 恭伸 (九州大学)

Yasunobu FUJITA (Kyushu University)

4年ごとに開催される国際伝熱会議の11回目が本年8月23日(日)から28日(金)の6日間、韓国慶州の普門リゾートの慶州ヒルトンホテルで開催された。組織委員長は Sung Tack Ro 教授、事務局長は Joon Sik Lee 教授で、ともにソウル大学所属である。2年前の第3回国際熱工学学会議と同じ会場のため、日本からの参加者が前回の Brighton より減るものと心配したが、Ro 教授からは隣国からの大勢の参加協力にたいし謝辞を賜った。会期終了前日正午の集計によると、国別参加登録者数の大口は表1の通りである。32ヶ国から622名の登録者の内、日本は142名で最上位であった。登録者の約半数は日本、韓国、中国、台湾などのアジア勢が占め、1974年の第5回国際伝熱会議の東京開催以来、20年振り、2回目のアジア地区での開催の面目をほどこした。

表1 国別参加登録者数

国名	参加登録者数
Japan	142
Korea	133
USA	89
France	38
Germany	37
China	29
Russia	19
UK	19
Israel	13
Canada	12
Taiwan	12
Australia	11
Italy	10
中計	564(91%)

さて Int. Scientific Committee (論文委員会) の主な任務は基調講演者の推薦と会議での発表論文の取りまとめである。国または地域別の論文と基調講演の

割当数は開催の2年前に開かれる Assembly 会議(登録メンバー15ヶ国、各2名の委員で構成、日本委員は平田賢教授と荻野文丸教授)で最終決定される。組織委員会から受領した資料から、今回の割当数を多い順に上位のみを表2に示す。論文総数670、基調講演総数28が15のアセンブリメンバー国に割振られている。

表2 論文および基調講演割当数

国名	論文数	基調講演数
USA	120	4
Japan	90	3
UK	60	3
China	40	2
France	40	2
Korea	40	2
Russia	40	2
Canada	35	2
Germany	35	2
中計	500(75%)	22(79%)

非メンバー国はいずれかのメンバー国に含まれ、上記の日本地域はメンバー国の China と Korea の2国をのぞく東アジア諸国とパキスタンを含む。論文の取りまとめ等は、組織委員会が提示した大枠と論文委員会に任された裁量に従い、次のスケジュールで行った。

基調講演者の推薦	1997年1月末日
Call for Paper 配布	1997年3月~5月
論文募集要項配布	1997年4月
論文委員会委員の委嘱	1997年5月
アブストラクト締切	1997年6月2日
第1回論文委員会	1997年7月中旬
アブストラクト採否通知	1997年7月31日
本論文原稿締切	1997年10月1日
第2回論文委員会	1998年1月上旬
本論文採否通知	1998年1月20日

最終マツト原稿締切 1998年2月末日
マツト原稿組織委員会
へ送付 1998年3月下旬

基調講演数は各メンバー国に先ず1件を割り振り、残りを論文割当数30~40につき1件の比例配分になっている。前回までは割当数の2倍程度の基調講演候補者を推薦し、組織委員会で講演題目のバランスなどを勘案の上、最終決定されていた。今回は論文委員会の推薦がそのまま承認されることになった。推薦期限が論文委員会の構成以前のため、関連学会関係者と協議して3名の候補者を選び、内諾を得て推薦した。日本からの基調講演者と題目は次の通りである。基調講演は午前1回、午後2回、大部分が2室並列で行われたが、各講演とも約200の座席は埋まり、立見者がでていた。

庄司正弘 (東京大学) :

"Boiling Chaos and Modeling"

架谷昌信 (名古屋大学) :

"Heat Transfer Application of Chemically Reacting Systems"

林勇二郎 (金沢大学) :

"Micro-Solidification and Micro-Heat Transfer in Multi-Component System"

論文アブストラクトは国内119件、国外11件、合計130件を受理した。委嘱した21名の論文委員会委員に審査をお願いした。各アブストラクトを3名の委員で、独創性、充実度、完結性、記述の明瞭性、英語表記の適正、の5項目につき7段階の評価を行った。各委員は約19件を査読し、評価点の平均値が委員間で揃うように評点し、併せて順位付けも行い審査した。審査結果を点数と順位のそれぞれについて集計し、第1回論文委員会(書面会議)で国内102件、国外6件のアブストラクトを採択した。

本論文の審査は新たに、誤りの有無、仮定の記述の明確性の2項目を加え、7項目についてアブストラクトの場合と同様の審査を行った。第2回論文委

員会で集計結果をもとに審議し、割当数90の論文として国内95件、国外5件を採択した。なお、委員会では優秀な内容の論文が採択外になることから、割当数の増加を組織委員会に要求することとし、増加が承認された場合には直に対処できるように選外論文に順位をつけた。数回の交渉の結果、最終的に10論文の増加が承認された。結局、100件の本論文にたいし採択を通知したが、1件はその後の社内許可が下りず、取下げられた。

組織委員会の発表によると、今回の発表論文数は一般論文525件、オープンフォーラム論文19件、合計544件である。Assembly会議での当初の割当総数670よりかなり少ない論文数である。日本地区で配布した論文募集要項には論文割当数は90と明記していた。このためアブストラクト提出を自制された方も少なくないと思う。次回の2002年のGrenobleでの第12回国際伝熱会議の国別論文割当数は、2000年開催のAssembly会議で決定されるはずである。平田、萩野先生には今回の参加登録者数、論文数、論文内容の充実度などの実績をふまえ、是非とも論文割当数の増加のためご尽力をお願いしたい。

会議最終日夕刻のAssemblyとScientific Committee合同の懇談会の席で、平田先生より2006年の第13回の開催地がMinneapolisとSydneyの間の決選でSydneyに決まり、第15回の開催地の日本立候補についての夢をかたられた。第15回は2014年であるから、随分先のことであるが、夢が現実となることを伝熱に関係する誰もが期待のはずである。

最後に今回の論文委員会の任務を終えるにあたって、貴重な時間をさき、多数のアブストラクトと論文の審査をして頂いた論文委員会委員の先生方に深甚の謝意を表します。また、前回のInt. Scientific Committeeの鈴木健二郎先生には貴重な資料ファイルを提供して頂きました。先生の敷かれたレールを走るうちに終点まで来た感じがします。この場を借りて厚くお礼申し上げます。日本伝熱学会には論文委員会の運営費の負担をお願い致しました。お認め頂いた前期の理事会に謝意を表します。