

伝熱研究

1990
June
Vol. 29
No. 114

Journal of Heat Transfer Society of Japan

第29期会長就任にあたって 石黒 亮二

第28期会長を退任するにあたって 藤井 哲

日本伝熱研究会の学会（法人）移行問題の検討の答申

〈第2回日本伝熱研究会学術賞・技術賞〉

〈特集：第27回日本伝熱シンポジウム〉

第27回日本伝熱シンポジウムを終えて 架谷 昌信

特別セッションのレビュー

各分野のレビュー

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 斎 (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

第29期会長就任にあたって ……………	第29期会長 ……………	石黒亮二(北 大) ……	1
第28期会長を退任するにあたって ……	第28期会長 ……………	藤井 哲(九 大) ……	3
日本伝熱研究会の学会(法人)移行問題の検討の答申 ……………			5
〈第2回日本伝熱研究会学術賞・技術賞〉			
学術賞を受賞して ……………			鈴木健二郎(京 大) …… 8
第2回日本伝熱研究会学術賞を受賞して			
……………	福迫尚一郎(北大)・北山邦彦(キャノン)・田子 真(北 大) ……		10
日本伝熱研究会技術賞を受賞して			
……………	山下勝也・渡辺 裕・能谷幹夫(東 芝)		
	矢部 彰・竹谷隆夫・菊地健太郎(機械技術研究所) ……		12
〈特集：第27回日本伝熱シンポジウム〉			
第27回日本伝熱シンポジウムの特集にあたって			
……………	「伝熱研究」第29期編集委員長 ……	太田照和(東 北大) ……	14
第27回日本伝熱シンポジウムを終えて ……………			架谷昌信(名 大) …… 15
セッション分類の変更とプログラム編成 ……………			藤田秀臣(名 大) …… 17
第27回日本伝熱シンポジウム会場顛末記 ……………			山下博史(名 大) …… 18
第27回日本伝熱シンポジウム開催を手伝って ……………			渡辺藤雄(名 大) …… 19
～特別セッションのレビュー～			
(1) 特別セッション「CVDプロセスにおける伝熱」			
……………	岡崎 健(豊橋技科大)・杉山憲一郎(北 大)・井上剛良(九 大) ……		20
(2) 特別セッション「食品・生体における伝熱」 ……………			西村 誠(岐 阜 大) …… 24
(3) 特別セッション「自動車における伝熱」を終えて			
……………	青木博史(豊田中研)・長野靖尚(名 工 大) ……		27
～各分野のレビュー～			
(1) 剥離流の流動・伝熱 ……………			横沢 肇(名 大) …… 29
(2) レビュー「乱流構造と伝熱」 ……………			鈴木健二郎(京 大) …… 31
(3) 「噴流の流動と熱伝達」セッションの概要 ……………			木本日出夫(阪 大) …… 34

(4) 「自然対流一般」セッションの概要、討論、感想 …	能登勝久(神戸大) …	36
(5) 乱流モデルと数値シミュレーションセッションの概要		
	宮内敏雄(東工大) …	38
(6) 電子機器の冷却セッションのレビュー …	大黒崇弘(日立) …	40
(7) 多孔質体内の伝熱 I・IIセッション …	増岡隆士(九工大) …	42
(8) 複合対流セッションの報告 …	森 康彦(慶応大) …	44
(9) 限界・極小熱流束セッションについて …	門出政則(佐賀大) …	46
(10) 沸騰・凝縮利用機器セッション …	水上紘一(愛媛大) …	48
(11) 高性能コンパクト熱交換器セッション …	平松道雄(日本電装) …	50
(12) ミスト冷却セッションの感想 …	宮下 尚(富山大) …	52
(13) 「蒸発伝熱」のレビュー …	稲田茂昭(群馬大) …	53
(14) 「二相流のモデリングと数値解析」の概要と感想 …	松井剛一(筑波大) …	54
(15) 「二相流の可視化・計測」セッションの概要と感想		
	中川勝文(豊橋技科大) …	55
(16) 直接接触伝熱 …	宮武 修(九大) …	56
(17) 「沸騰・凝縮現象のモデル化」のセッション概要 …	熊谷 哲(東北大) …	57
(18) 粒子層における熱伝達 …	山下宏幸(福岡大) …	59
(19) 「生産・加工プロセスにおける伝熱問題」セッションの概要と感想		
	長崎孝夫(東工大) …	61
(20) 沸騰のメカニズム …	戸田三朗(東北大) …	62
(21) 凝縮のメカニズム …	山川紀夫(岩手大)・海野紘治(豊田工大) …	64
(22) 二相流の流動・伝熱セッションのレビュー …	深野 徹(九大) …	66
(23) ふく射性媒体の伝熱 …	牧野俊郎(京大) …	68
(24) ふく射物性のセッションに参加して …	円山重直(東北大) …	69
(25) 「熱物性値測定法」セッションのレビューと感想 …	山田悦郎(秋田大) …	70
(26) 燃焼における伝熱セッションの概要 …	三浦隆利(東北大) …	72
(27) ヒートポンプセッションの概要と感想 …	菊地義弘(広島大) …	73
(28) 自然エネルギーセッションに立ち会って …	鴨志田隼司(芝浦工大) …	74
(29) 「対流伝熱の促進・制御」のレビュー …	一宮浩市(山梨大) …	75
(30) 「回転場の伝熱」セッションの概要 …	高城敏美(阪大) …	77
(31) ヒートポンプ・熱サイホン …	吉岡啓介(大分大) …	78
(32) 物質の熱物性値 …	長島 昭(慶応大) …	79

<地方研究グループ活動報告>

中国・四国研究グループ講演会 80

<お知らせ>

計 報 83

Transport Phenomena - Heat and Mass Transfer 84

8th Symposium on Turbulent Shear Flows - Call for Papers 85

東海地方研究グループ特別講演会のご案内 86

東海地方研究グループ企画浜名湖畔セミナー 87

中四国研究グループ企画1990年中四国伝熱セミナー・山口 89

「伝熱研究」原稿ワープロ化のお願い 91

Typing Instructions of Contributors to

Journal of Heat Transfer Society of Japan 93

Journal of Heat Transfer Society of Japan

Vol.29, No.114, July, 1990.

CONTENTS

New President's Address	Ryoji Ishiguro (Hokkaido Univ.)	1
Many Thanks to All of the Members	Tetsu Fujii (Kyushu Univ.)	3
<Heat Transfer Society Awards>		
On Receiving the Heat Transfer Society Award	Kenjiro Suzuki (Kyoto Univ.)	8
On Receiving the Heat Transfer Society Award for Scientific Contributions	Shoichiro Fukusako, Makoto Tago (Hokkaido Univ.) and Kunihiro Kitayama (Canon Co. Ltd.)	10
On Receiving the Heat Transfer Society Award for Technical Achievements	Katsuya Yamashita, Hiroshi Watanabe, Mikio Kumagai (Toshiba Corp.)	12
<Special Issue : The 27th National Heat Transfer Symposium of Japan>		
Introduction of the Special Issue on 27th National Heat Transfer Symposium of Japan	Terukazu Ota (Tohoku Univ.)	14
Conclusion of the 27th National Heat Transfer Symposium of Japan, Nagoya, 1990	Masanobu Hasatani (Nagoya Univ.)	15
New Session Classification in the 27th National Heat Transfer Symposium of Japan	Hidemi Fujita (Nagoya Univ.)	17
An Account of 27th National Heat Transfer Symposium of Japan	Hiroshi Yamashita (Nagoya Univ.)	18
Impression of the 27th National Heat Transfer Symposium	Fujio Watanabe (Nagoya Univ.)	19
<Review of the Special Sessions>		
(1) Heat Transfer in CVD Process	Ken Okazaki (Toyohashi Technical College), Kenichiro Sugiyama (Hokkaido Univ.) and Takayoshi Inoue (Kyusyu Univ.)	20
(2) Heat Transfer in Food and Human Body	Makoto Nishimura (Gifu Univ.)	24

(3) Looking Back upon "Heat Transfer in Motorcars"	
..... Hiroshi Aoki (Toyota Res. Inst.) and Yasutaka Nagano (Nagoya Inst. of Technology)	27

~ Review on the Technical Sessions ~

(1) Separated Flow and Heat Transfer	
..... Hajime Yokozawa (Nagoya Univ.)	29
(2) A Review on "Turbulent Structure and Heat Transfer"	
..... Kenjiro Suzuki (Kyoto Univ.)	31
(3) A review on "Impinging Jet Flow and Heat Transfer"	
..... Hideo Kimoto (Osaka Univ.)	34
(4) A Review on "Natural Convection"	
..... Katsuhisa Noto (Kobe Univ.)	36
(5) A Review on "Turbulent Model Numerical Simulation"	
..... Toshio Miyauchi (Tokyo Inst. of Technology)	38
(6) A Review on "Cooling of Electronic Equipments"	
..... Munehiro Daikoku (Hitachi, Ltd.)	40
(7) Heat Transfer in Porous Medium	
..... Takashi Masuoka (Kyushu Inst. of Technology)	42
(8) A Review on "Mixed Convection"	
..... Yasuhiko Mori (Keio Univ.)	44
(9) Critical and Minimum Heat Fluxes	
..... Masanori Monde (Saga Univ.)	46
(10) Boiling and Condensation Equipments	
..... Koichi Mizukami (Ehime Univ.)	48
(11) High-Performance Compact Heat Exchanger	
..... Michio Hiramatsu (Nippon Denso)	50
(12) Impression of "Mist Cooling"	
..... Hisashi Miyashita (Toyama Univ.)	52
(13) A Review on "Heat Transfer with Evaporation"	
..... Shigeaki Inada (Gunma Univ.)	53
(14) A Review on "Modeling of Two-Phase Flow and Numerical Analysis"	
..... Goichi Matsui (Tsukuba Univ.)	54
(15) A Review on "Visualization and Instrumentation of Two-Phase Flow"	
..... Katsufumi Nakagawa (Toyohashi Technical College)	55
(16) Direct Contact Heat Transfer	
..... Osamu Miyatake (Kyushu Univ.)	56
(17) A Review on Modeling of Boiling and Condensation Phenomena	
..... Tetsu Kumagai (Tohoku Univ.)	57

(18) Heat Transfer in Particle Beds Hiroyuki Yamashita (Fukuoka Univ.)	59
(19) A Review on "Heat Transfer Problems in Production and Fabrication Processes" Takao Nagasaki (Tokyo Inst. of Technology)	61
(20) Mechanism of Boiling Saburo Toda (Tohoku Univ.)	62
(21) Mechanism of Condensation Norio Yamakawa (Iwate Univ.) and Koji Umino (Toyota Technological Institute)	64
(22) A Review on "Two-Phase Flow and Heat Transfer" Tohru Fukano (Kyushu Univ.)	66
(23) Heat Transfer in Radiative Medium Toshiro Makino (Kyoto Univ.)	68
(24) Thermal Radiation Property Shigenao Maruyama (Tohoku Univ.)	69
(25) A Review on "Method of Thermal Property Measurements" Etsuro Yamada (Akita Univ.)	70
(26) A Review on "Heat Transfer in Combustion" Takatoshi Miura (Tohoku Univ.)	72
(27) A Review on "Heat Pump" Yoshihiro Kikuchi (Hiroshima Univ.)	73
(28) Natural Energy Junji Kamoshida (Shibaura Inst. of Technology)	74
(29) A Review on "Enhancement and Control of Convection Heat Transfer" Koichi Ichimiya (Yamanashi Univ.)	75
(30) A Review on "Heat Transfer in Rotating Fields" Toshimi Takagi (Osaka Univ.)	77
(31) Heat Pipe and Thermosiphon Keisuke Yoshioka (Oita Univ.)	78
(32) Thermophysical Properties of Materials Akira Nagashima (Keio Univ.)	79
<Report on the Local Group Activites>.....	80
<Announcements>	83

第29期 会長就任にあたって

石 黒 亮 二 (北 大)

この度、第29期の会長としてご推挙を賜りましたことは、身に余る光栄であります。本会は大変暖かい、よい雰囲気の学会であると感じて参りました。このような学会を組織し、今日のように育んで来られた先輩諸先生には、かねて心から尊敬を申し上げてきたところではありますが、しばらくの間、私はその責任をお預かり致しますことに、身の引き締まる思いであります。

幸いなことに、学会の事情に精通しておられる、鈴木健一郎、黒崎晏夫両先生が副会長としてご盡力下さることになっておりますので、両先生を始め、幹事の先生方のご意見を充分にお聞きし、伝統のあるこの研究会の名を恥ずかしめないよう慎重な運営に心掛ける所存であります。

私共の年代が伝熱学を手掛け始めました頃、伝熱学は近代工学の代表的な存在であり、当時流行のエンジニアリングサイエンスの典型であると言われて、若者達を引きつけておりました。事実、例えば対流伝熱の分野では、古い熱工学に境界層理論を取り込んで、体系化の大いに進んだ時代でありました。その後、数値計算手法の発達は、伝熱学に更に大きな進展をもたらしてきました。しかし、最近の科学技術の躍進は、伝熱学にも一段の進歩を求めているように思います。伝熱学は、応用の範囲に広い境界領域を含めると共に、より近代的な手法を取り込んでゆくことを検討する時期に来ている

と思います。

伝熱学の近代化に対し、日本伝熱研究会に期待される役割は大きいものがあります。このような背景を踏まえて日本伝熱研究会の名称を変更し、組織を法人化することへの検討が現在盛んに行われておりますことは、皆様ご承知の通りであります。従来、伝統を大切にしながらも、将来への発展の芽を育ててゆくための方向を探ることが、今期の幹事会に与えられた大きな使命であると認識致しております。

皆様のご努力で、今やわが国の伝熱学の研究水準は世界一流と評価されておりますが、今後は、新しい分野も果敢に取り込みながら、常に世界をリードしてゆく心掛けが大切だと思います。伝熱研究会のこの大きな目標に対して、いささかでもお手伝いできますれば、この上ない幸せと存じます。

藤井 哲 (九大)

第28期伝熱研究会会長を退任しました。この間の会員の皆様、幹事の皆様方のご支援に感謝します。

就任に際して、28期の仕事は「伝熱研究会将来問題検討に関する答申」を実行することだと書きました。その中で (1)地方活動をより活発にすること。(2)シンポジウム、セミナー、伝熱研究などの諸活動に対し更に工夫と努力をすること。についてはすでに着々と実行に移されつつあります。しかし、(3)国際集会を企画すること。(4)維持会員を増強すること。(5)幹事会の運営方法などを見直し、本会の財政合理化を検討すること。についてはどの程度実現できたか大いに反省しているところです。

任期の後半になりまして、「答申」の主旨を実行に移すには本研究会の「法人化」が必要であろうという意見が出てまいりました。それはここ10数年来の懸案であり、またさきの「答申」でも十分検討されなかったとのこと。いつまでもペンディングにしておくことは出来ないと判断し、法人化の問題点を早急に明確にさせていただくべく、小竹進教授を主査とした10名の方に検討していただきました。その答申は本号に掲載されています。広い意見分布の中から苦労して問題点を抽出していただきましたので、内容を十分に検討して、なるべく早い時期に会としての意見を集約していただきたくお願い申し上げます。

この「法人化」の問題は、幹事会や、事務局における討論を聞き、ワーキンググループの検討資料を詳細に読んでいますと、これから10年～20年の間の会の消長にかかわる重要問題であることがわかりましたので、少々私の感想を述べさせていただきます。

本研究会は、非常に活発で、自由な雰囲気活動してまいりまして、工学系の他の分野から羨望の目で見られていたことはご承知のとおりです。かえりみます

と、シンポジウムの講演会場を2室～3室に分けざるを得なかった時期に、同時に講演を聞くことが出来ないという理由で反対がありました。他会場の講演をテープレコーダーに録音してもらった方もおられるということも聞きました。現在はそれをはるかにこえて6室になっています。これは会の発展の必然の結果で、会期を20日間ぐらいとらない限り元に戻すことはできません。すでに「研究会」の規模を超えているように思います。

今回のシンポジウムでは参加者が800名をこえたと聞いております。空前の大盛況です。その中にはいわゆる「境界領域」に属する論文が多く含まれています。それらは、内容にびったりした発表誌を求めています。過去に建築、土木、農学、物性、二相流等の研究者の会員を勧誘したことがあります。しかし、その人々の多くは伝熱研究会から離れました。それには種々の原因がありますが、一つは我々が論文誌をもたないということです。また現在の会員構成は機械学会員が大部分で次に化学工学会員、他は極めて少数です。これは「熱」の科学技術についての社会的ニーズに答えているとは言えないでしょう。

最近、科学技術の多様化にともない、法人の学会が続々と設立されています。そして、それぞれの分野での社会的存在を主張しています。残念ながら伝熱研究会は学術団体としての十分な実績にもかかわらず、その社会的評価が相対的に次第に低下しています。「生るれば死ぬるものなりおしなべて釈迦も孔子も猫も杓子も」という名言がありますように、社会的組織体も生き物でして、生長期と衰退期があります。我々が現在どの時期にあるかの判断はきわめて困難ですが、将来10年～20年の発展を保証するために今何をしておくべきかが問題です。積極的提案には先にあげた「将来問題検討の答申」の主旨、伝熱研究会設立の主旨に沿う限り、反対する理由はありません。中堅、若手の研究者が自分自身の問題として捉えて積極性を発揮していただくことを切に希望します。

最後に、私自身は新しいことは出来ませんが、しばらくは経験を生かして応用熱学の発展に微力を尽くすつもりですので、今後とも気楽に仲間に入れていただきたいと希望しています。よろしく願いいたします。

日本伝熱研究会の学会（法人）移行問題の検討の答申

日本伝熱研究会の学会法人化の問題は、会員数が1000人近くになった昭和52、3年ごろより話題になり、幹事会においても度重なる検討がなされてきた。伝熱研究会の設立主旨およびその長い歴史による定着した活動のために学会法人化の是非に対する意見分布は広く収斂をみなかった。しかし、一方で「研究会」であるデメリットも数多く現れ、学会法人化の意見も過半に達するようになってきている。また、学会法人化は文部省の認定においてその質的量的な必要十分性を厳格に要求され、相当な労力と時間が必要であり容易でない。このようなことを懸念して、藤井哲会長は、学会法人化の是非も関連するであろうが、それよりも

- (1) 学会（法人）に移行する場合何が問題になり、
- (2) 移行後はどのような問題が生じるか、
- (3) それらは日本の伝熱研究にどのようなプラス・マイナスをもたらすか、
- (4) これらを総合して学会法人化はどうあるべきか

を検討すべく委員10名よりなるワーキンググループ（主査：小竹進）を組織した。

ワーキンググループは委員の各地方での討論と紙上討議によりつぎのような検討結果を得た。

学会（法人）にすべき理由としては、

- (1) 正式な学術団体としての認定をうけ、社会的かつ学術的評価を確立できる組織でなければ研究団体としての社会的学術的活動の発展性に限界がある。
- (2) とくに、設立30年に近い伝熱研究会の活動はある意味で成熟し研究領域が固定化されてきているので、研究分野の拡張、新分野への発展には内からの努力もさることながら外から見た組織の将来を展望した見直しが必要である。
- (3) 会員が1000人を越えた組織においては、その運営を公的、法的に正統的なものにしておく必要がある。

などがあげられてきているが、

- (1) 現状の伝熱研究会で十分であり学会（法人）の必要はない。
- (2) 内からの努力が先で形は後から決めるべきであり、学会の活性化よりも研究の活性化を優先すべきである。
- (3) 他学会とくに機械学会熱工学部門との重なりが多く、学会としての特徴づけが難しい。

などの反対ないし消極的な意見も多い。

学会（法人）の是非は最も基本的な問題であり十分検討されなければならないが、学会法人化に伴う問題の検討も重要である。ここで、学会法人化という点に立って問題を見直した場合つぎのような問題点が指摘できる。

1 法人学会への移行に際しての問題

学会法人としては、

会員は1000人以上（50%以上が文部省関係であること）、
資本資金2000万円以上（借入れ等は不可）、運用財産1000万円以上、
独立した事務所があり、専従職員がいること、
定款を有し、定期的学会誌をもつこと、

が必要条件である。これらは研究分野・研究活動に特徴をもたらすことができ、学会法人化の必然性ははっきりすれば会員の努力で解決できる問題である。そのためには学会としての理念を明確にして構成員の大多数の賛同を得る、組織・運営形態をはっきりして運営財政の見通しを立てる、対象となる研究分野・研究活動をきめる、企業からの積極的な財政的援助が必要である、会費の値上げはできるだけ抑制すべきである、文部省とのかなりの折衝が必要である、などの問題がある。

2 学会（法人）に移行後の問題

研究活動分野としては、関連学会とくに機械学会熱工学部門との重複を明確にして、さらに幅広い伝熱研究という分野を対象にする必要がある。そのためには、機械、化学工学、原子力、建築、土木といった単に工学の分野だけではなく、地球物理、宇宙科学、生物などの理学、医学、農学の分野を横断的に関連づけ、そこで用いられる方法論、現象論などの情報交換とその研究評価の場を確立し提供する方向づけが必要である。

学術論文を掲載する学会誌の発行が必要である。その内容を既存学会のものと同じにするのは問題が多いために、他学会の分野の横断的な内容のものにする、他学会と違った角度からの内容を考えるなどで特徴あるものにする必要がある。

地方活動には既存学会のそれとの調整が必要であり、地方それぞれに特徴があるため全体のバランス内でより大きな自主性をもたせる必要がある。

3 学会法人化による伝熱研究のプラスマイナス

学会法人化のプラス面としては

研究活動を活性化し、研究分野の拡大と新分野への研究の発展が望める、
広い分野の学際的な情報が活用できる、
社会的に組織の学術的評価がなされ、組織の運営が容易になる、
などが考えられる。マイナス面としては

学会活動を他学会とよく調整しないと機能が停滞し内容が低下する、
学会運営の労力が負担となる、
自由な雰囲気は薄くなる、
などがあげられる。

4 学会法人化の進め方

学会の理念および特徴を明確にして、組織・運営・財政を検討し、それらについて構成員の大多数の賛同を得られたならば、具体的に学産官の協力を働きかけることが必要である。また、一方で、文部省と予備的な折衝をもち学会法人化の可能性を打診することも不可欠である。

学会（法人）への移行に先立ち、任意団体としての「学会」で学会（法人）の試行実験をすることも検討の価値がある。

以上、総合すると「伝熱」という研究分野・研究活動をどのように解釈していくかそしてそれをどのように実践していくかというところに日本伝熱研究会の学会法人化の具体的問題点があるといえる。すなわち、現状の伝熱研究会の研究分野・研究活動の範囲では積極的な学会法人化は不必要であるしまた法人化は不可能であろう。しかし、さらに広い新しい研究分野への研究活動の進展を意図するのならばその法人化に本質的に大きな問題点はないといえる。

1990年5月10日

WG委員

(主査) 小竹 進
秋山 守
太田照和
菊地義弘
工藤一彦
黒崎晏夫
芹沢昭示
林勇二郎
深野 徹
藤田秀臣

<第2回日本伝熱研究会学術賞・技術賞>

学術賞を受賞して

鈴木健二郎（京大 工）

先日名古屋で開催された第27回日本伝熱シンポジウム中日の総会で、はからずも日本伝熱研究会森康夫学術賞を戴く荣誉に浴し、大変嬉しく思っております。しかし、そのため早速伝熱研究編集委員長の太田照和先生から、受賞の弁を記事にするようにとの御依頼を受けました。先日の懇親会の席上、（大変盛り上がっていた最中だったので御気付きの方は少なかつたかも知れませんが）、司会の長野靖尚先生に勧められるまま、簡単な受賞の喜びと御礼は申し上げましたので、それに加えて記事を書くことは、固持したい気持ちが強いのでありますが、賞を戴いた者の義務でもあるらしいので、止むを得ず御依頼に応じて一筆認めることにしました。

賞を戴くことになった直接の対象は、賞状を見ますと「円柱によりかく乱を受ける乱流境界層（円柱径および円柱挿入位置の影響）」第24回日本伝熱シンポジウム論文集（1987）日本機械学会論文集55巻519号他、と記載してあり、また戴いた盾には、単に「円柱によりかく乱を受ける乱流境界層」と記載してあります。このことから見ると、今回の賞は鈴木洋君（京都大学助手）と吉川慈人（現在久保田コンピュータ（株）勤務）、木川弘（現在三菱電機（株）勤務）両君との連名の上記の特定の論文に対して与えられたと言うよりは、それに関連する一連の研究に対して与えられたと言うべきものようであり、したがって今回の受賞は、盾を戴いた私個人はもとより賞状を戴いた私達4人の荣誉であるだけでなく、この研究プロジェクトに携わって来た私のかつての共同研究者であった卒業生諸君、とりわけ研究グループの中核として研究を遂行して下さった丸茂栄佑氏（明石工業高等専門学校助教授）および川口靖夫氏（工業技術院機械研究所研究員）らの荣誉であると考えている次第です。懇親会の席上申し上げましたように、私達の研究は、世の中の趨勢を敏感に反映したトピカルな研究でなく、どちらかと言うと地味な研究でありますのに、それを伝熱研究会が取り上げて、評価して下さいたことを素直に嬉しく感じています。

戴いた賞状や盾を読んで見ますと、上記の研究を通じ伝熱研究の進展に貢献した、ことが賞を頂けた理由として挙げてあります。そのような貢献が本当に出来ているのか、はなはだ疑問であります。私としては日本伝熱研究会において、この研究を評価して下さいたことに、もう一つの個人的な喜びを感じています。その理由をお話しして、私の役目を果たしたいと考えます。

この研究で対象としている乱流境界層は、種々の角度からアプローチ出来る基礎研究の対象

として格好のものでありますが、その最も興味深い特徴は運動量輸送と熱輸送の非相似性にあります。ここで言う非相似性とは、円柱を挿入すると平板の摩擦係数が低下するのに、熱伝達率の方は増大することを指すものです。それは、今回賞を戴く契機になった論文のテーマの背景でもあります。この研究は、乱流伝熱促進法に関する基礎研究を行うこと、および当時始めていた乱流の数値計算と関連して、乱れモデルの妥当性を回復性乱流中で検証するためのデータ収集を行うことを目的として、丸茂栄佑氏が大学院博士課程に進学した際に始めたことが発端ですので、もうかれこれ20年近くも続けていることとなります。しかし、最初は乱流統計量の分布や、それを通して見た回復過程の特徴など、それまで論文で見かけたことの無かった結果に目を奪われたり、また数値解析と実験との対比から乱れモデルの性能を知ることができて面白く感じていたりしましたので、それらの事柄についての検討にかまけていて、この境界層の最も興味深い特徴である非相似性について明確な認識を持つことは有りませんでした。この特徴に関心を持ち始めたのは、かなり後になって川口靖夫氏と一緒にこの境界層における乱れの組織構造に注目するようになってからのことでもあります。

ところでもう10年近く前の事になりますが、ある国際会議に参加した際に、隣り合わせたHoustonのHussain教授が、ある研究発表の見事にデータのならんだスライドを見ながら、私に「That's beautiful but is not exiting, isn't it?」と目配せしたことがありました。このときexitingなる言葉が非常に鮮烈に聞こえて、それ以来他の研究者から、exitingだと言って貰える研究をしたいものだと言っています。私も言っています。いつも言っている割には、そのように言って貰えることは殆どありません。しかし、「運動量輸送と熱輸送の非相似性」は言わばその数少ない例外の一つです。運動量輸送と熱輸送の非相似性については、過去2年間に私自身が国内で1回、国外で6回話しをさせて戴く機会を得ました。我田引水で大変恐縮ですが、いずれの際にも面白いと評価を戴きましたし、一人ならずexitingだと言って貰いました。その意味で、念願に合致する経験が出来た点で、大変ささやかなものではあります。内心満足感を味わっていた矢先でもありましたので、私個人としては日本伝熱研究会がその研究を同様に評価して下さいましたことに、一層の喜びを感じている次第であります。今後も、10年前の印象の鮮烈さを忘れずに、学生諸君と一緒に一層の精進をしたいと考えています。

この学術賞の受賞者が、いかなるプロセスによって選ばれるのか詳しくは私には知りませんが、きっと私達の研究を推薦下さり、評価して下さいました方々が有ったものと推察致します。その方々に最後になりましたが御礼を申し上げて稿を閉じたいと思います。

第2回日本伝熱研究会学術賞を受賞して

福迫尚一郎（北大工）、北山邦彦（キャノン）、田子 真（北大工）

1. はじめに

5月初旬だったと思いますが、副会長の相原利雄先生よりお電話をいただき、私どもの論文が第2回日本伝熱研究会森康夫学術賞の一つに選ばれたことを知らされました。青天の霹靂とはこのことでありました。夢にも思わないことでありました。先ず、この賞を作って下さった森康夫先生に心より御礼申し上げるとともに、私どもの仕事を評価して下さいました選考委員の先生方に感謝致す次第であります。

2. 研究の動機

雪や氷にほとんどお目にかかれぬ南国で育った自分が、気がついてみましたら、氷と離れられない研究をしていました。不思議な話です。北海道の雄大な地で4年間の学生生活をという思いで津軽海峡を渡ったのですが、本年は遂に35回目の春を迎えました。長い冬を過ごして来た北国に住む者にとっては、道路や畑の雪や氷が融け始めるのは春の訪れが近いことの良い知らせです。雪の下には、すでに色々の草花が元気な芽を出し、春の開花に備えているのは、何回目にしても感激です。水の凍結と氷の融解は自然のリズムであるかのようです。

3. 研究の内容

私たちの受賞の対象になりました仕事は、『海水中におかれた水平氷円柱の融解熱伝達』であります。かなり前のことですが、北海道漁業取締船に乗せていただき船体着氷の実測をさせていただいたことがありました。このときオホーツク海から多くの流氷（小氷山）が太平洋へ流れ出し、小さな氷片になっているのを目にしました。氷山はどのように融解するのだろうか、塩水の中で氷層はその氷点温度で溶けるのだろうか、そんなことを船のデッキで考えたことを思い出します。

さて、この実験では先ず気泡を含まない円柱氷を作ることが大変でありました。気泡を含まない透明な氷を作るためには、凍結界面に空気泡を吹き込んでやれば良いのです。そして、円柱氷周りの局所的空気泡吹き込み量を調節することにより、真円の氷円柱を作成することが出来ることがわかりました。氷を作成するとき、熱電対を次々と埋め込ませ、それにより融解氷層面の温度を測定した結果、周囲温度が高いほど融解氷面温度は0℃に近づくことがわかりました。

氷層周辺の流れおよび融解挙動は非常に興味あるものです。周囲温度により多少の差はありますが、一般に三つの典型的な領域が存在します。先ず円柱下部では、氷層に沿って、氷が融解するため塩分濃度が薄くなった上向きの、その外側には塩水が氷柱により冷却さ

れることによる下向きのいわゆる二重境界層流れが存在します。氷層面に沿う流れは融解水のため勢力を増し、遂に層流から乱流へ遷移します。そのためその点（遷移点）で熱伝達が急激に増加するため氷層にステップが発生します。この流れはさらに周囲の流体も取り込みながら加速され、氷柱に沿いきれなくなり、氷柱より離れ（剥離点）ます。したがって、氷円柱上部には、これらの流れから取り残されたほぼ水平な氷層面が形成されます。このような、複雑な融解挙動は予想しないものでありました。さらに、周囲流体温度が高くなりますと、遷移点より下部の領域および遷移点より剥離点までの領域には、周期性をもった縦縞状の溝が表れ、この溝は周囲流体温度が高いほど深くなります。遷移点より下部の領域は流れが二重構造である上に、濃度境界層の外側がポテンシャル的に不安定な流れであるため、周囲温度が高くなると不安定性が顕著になり二次流れが発生するものと考えられます。遷移点より剥離点までの領域では、氷層近傍に不安定層が存在し、さらに水平方向より氷円柱に近づく流れが加わるため、氷層表面が曲率を持つようになります。そのためゲルトラー型の二次流れの発生が加わり、規則的な波数を有する縦じまが発生します。しかし、時間の経過とともに縦じまの凹凸は大きくなり、隣接するしま同志が干渉および合併を起こし、その波数は不規則なものになります。一方、剥離点より上部の領域の氷層表面は平たんで、その性状はスプーンカットに似ています。この原因は、この部分の流体がポテンシャル的に不安定であるため、小さなスケールの三次元的対流が発生するためと考えられます。

このような挙動がどの様な因子の条件下で発生するのか、理論的に解明しておく必要があり、現在その作業を進めております。また、最終的に最も重要な融解量の算定に必要な局所熱伝達率を、もっと精度良く求める手法について検討しつつあります。また、種々の形状の氷塊の融解についても基礎資料を蓄積する必要があるように考えられます。

時あたかも、炭酸ガスによるグリーンハウス効果が叫ばれ、そのことによる南極や北極の氷の融解による海面上昇がセンセーショナルに取り扱われ、その値の試算結果が公表されたりしています。海水中の氷塊の融解問題は、思わぬところで注目をあびるようになるのかも知れません。実験室における研究結果を基礎資料として意義あるものにするため、スケール効果についても詳しい検討を行なう必要があります。

まだまだ、この研究は入口に立っているに過ぎないと考えられます。

4. おわりに

以上述べましたように、私どもの研究成果は小さく、現象の一部を知り得たに過ぎず、今後に残された問題が山積しております。このような未完の仕事に対しまして、この度身にあまる賞をいただきましたことは、更に研鑽を積み重ねるよう激励して下さったものと拝察しております。意を新たに頑張ることが、森先生そして審査して下さいました先生方への御礼と心得ている次第であります。再度感謝申し上げる次第です。

日本伝熱研究会技術賞を受賞して

山下勝也・渡辺 裕・熊谷幹夫（東芝・重電技術研究所）
矢部 彰・竹谷隆夫・菊地健太郎（機械技術研究所）

この度、第2回日本伝熱研究会技術賞を頂き、誠にありがとうございました。大変光栄に存じますと共に、もっと頑張りなさいという有難い激励をいただいたように存じます。受賞の対象となりました「ヒートポンプ用EHD凝縮器の実用化研究」は、通産省工業技術院ムーンライト計画の大型省エネルギー技術である「スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム」プロジェクトにおきまして、高温ヒートポンプ用凝縮器（150℃）の高性能化を図ることを目的として、研究開発してきた成果の一部であります。

この研究につきましては、すでに伝熱研究の産官学共同研究特集号（Vol.27, NO.104, 988）でもご紹介させていただきましたが、（株）東芝が中心になり、工業技術院機械技術研究所が基礎研究面から支援することにより、共同でEHD凝縮器の実証及び開発を行ってきたものであります。共同研究の成果の一つとして皆様の何等かのご参考になれば幸いです。共同研究としてこれまで推進してこれましたことは、本当に多くの方々のおかげでございます。改めて、ムーンライト計画推進室、新エネルギー産業技術総合開発機構、スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム技術研究組合の方々に、また、研究の進め方について数々の有益なアドバイスをいただきました東京工業大学の森康夫名誉教授、土方邦夫教授、東京大学の棚沢一郎教授はじめ多くの先生方に深く感謝いたします。

この共同研究は5年前から始まりましたが、メーカーとしてEHD的な引出し現象を実際に初めて見た時に感じましたことは、この手法、電場を活用して伝熱促進を行なうことは、スイッチ操作だけで熱交換器そのものの能力を変えられるのではないかということです。このときの印象を持ち続けて、現在もこの研究に従事しております。

さて、このEHD凝縮器を実用化するに当たり、多くの課題がありました。それは

- ① 絶縁手法の確立・放電の防止
- ② 凝縮熱伝達の促進性能が高く、しかも製作性の良い電極形状
- ③ 管群構成にした場合の電極構造（凝縮液の排出溝の構造と配置・全電極への導通方法）
- ④ 潤滑油等が混入した場合の凝縮性能の維持

でありました。①につきましては、電極と伝熱面の距離・有機媒体中に含まれる水分量等を規定の値に維持すれば、定常的にEHD効果を持続することが明らかになりました。②につきましては、ある日、螺旋電極を外側から支持している4本の棒に向き合う伝熱管の表面の凝縮液膜に、小さな粒状の突起が現われているのを観察しまして、EHD疑似滴状化凝縮現象を生じさせる電極を格子とし、しかも、螺旋電極の外側に固定することにより製作性をあげたのが

格子+螺旋電極であります。この電極の作用により、螺旋電極の凝縮液排出作用により薄くなった凝縮液膜の表面にはほぼ平等電界をかけ、定常的な粒状の突起を生じさせることに成功しました。電極自身の構造の複雑さとかかなりの精度が要求されますことから、電極製作の経済性をさらに改善することは、現在も課題として残されておりますが、50 kW 熱出力のEHD凝縮器は、この電極を使用して、③の管群構成の電極構造の開発に取り組みました。形式は、鉛直型のシェル&チューブ形式にし、伝熱管からはぎ取られた凝縮液体の排出溝の構造と配置は、細いパイプに吸液用スリットを加工し、電極自身に固定することで、伝熱管の配列ピッチを極力詰めることができました。また、導通方法は、全電極を確実に導通させるとともに、電極と伝熱管との距離・間隙を維持するために、管板とほぼ同寸法の円板を使用しました。また、④の油の影響はほとんどないことを実証し、図1示すような凝縮熱伝達性能を示すEHD凝縮器が完成しました。図からわかりますように、従来の凝縮促進管では適用しにくい膜レイノルズ数1000以上で高い促進性能を示し、伝熱管が長い場合、また潜熱の小さい媒体に対して、EHD凝縮器は有効であると思われれます。また、写真を図2に示しますが、消費電力は極めて小さく、50 kWの熱交換量に対して、0.1 W以下となっております。

現在は、フロン規制の対象にならない代替媒体に対する適用を研究するとともに、電場を利用した伝熱促進技術の応用を流下液膜蒸発にも発展させる研究を続けております。現象としても興味深く、かつ、今後重要になると思われる能動的な伝熱制御の一つの有望な方法として、今後とも会員各位の御指導と御教授のほどをよろしくお願い致します。ありがとうございました。

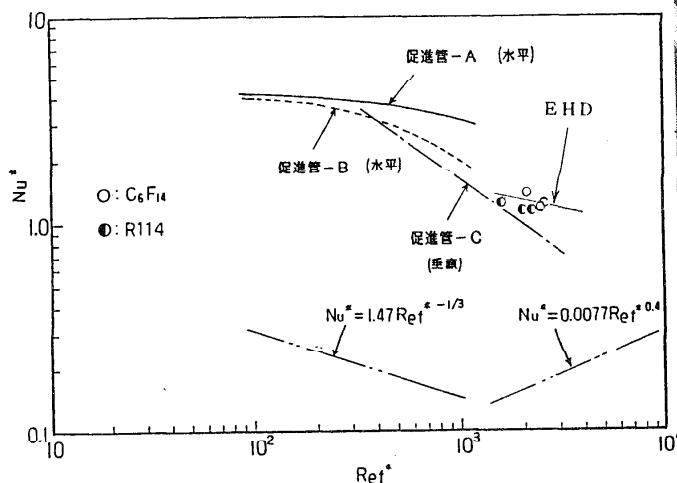


図1. 凝縮熱伝達の性能

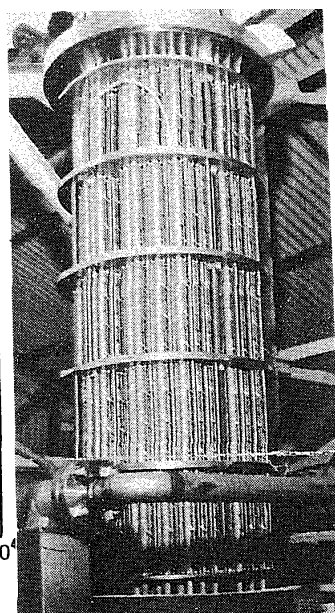


図2. EHD凝縮器

<特集：第27回日本伝熱シンポジウム>

第27回日本伝熱シンポジウム特集にあたって

「伝熱研究」第29期編集委員長

太田照和（東北大学）

第27回日本伝熱シンポジウムは平成2年5月30日～6月1日の3日間名古屋市の愛知厚生年金会館で開催されました。講演室が6室、350件にもものぼる講演発表、ひよっとすると1000名を越えるかも知れないという参加者があり、懇親会も300名という大変な盛会でびっくりいたしました。準備委員長の架谷先生をはじめ準備委員会の方々のご苦労はさぞかしであったことと、前回仙台でのシンポジウムのお世話役の一人として1年前を思い出しながら推察致しました。大変お世話になりありがとうございました。

はからずも、第29期の編集委員長を仰せつかり、何をどうすればよいのか、模索をしながら準備を始めたわけですが、将来問題検討委員会の答申に沿い、前委員長服部先生がなされた線に沿って、本伝熱シンポジウム特集号を企画しました。編集委員の先生方にはごく短時間のうちに企画、執筆依頼等ご無理をお願い致しました。今回名古屋でのシンポジウムの特徴を考え、それぞれのテーマについてレビューをお願いすることになり、非常に多くの先生方にレビューアーをご依頼し、ご快諾いただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

残念ながら出席できなかった会員の皆様のみならず、ご自身のご専門以外のセッションにご出席できなかった会員の方々に、シンポジウムの雰囲気、全体像をご理解頂ければ幸いです。

第27回日本伝熱シンポジウムを終えて

準備委員長 架谷昌信 (名古屋大学)

5月30日から6月1日の3日間、第27回日本伝熱シンポジウムが名古屋市の愛知厚生年金会館で開催され、論文総数351編、参加者982名の多きを得て無事終了した。藤井会長、黒崎、相原両副会長はじめ幹事各位、本部事務局など、多くの方々のご協力の賜物と感謝するとともに、シンポジウムを盛り上げて頂いた参加者各位のご熱意に敬意を表する。特に全参加者の1/3弱、306名が大学院生を中心とした学生諸君であり、討論室で時には手を挙げて討論に参加する様子を見受けたことは、主催者側の立場からだけではなく、一会員としても会の将来に一つの展望を見る思いがしたことを、まずご報告しておきたい。

本シンポジウムの準備・実行は第26回の仙台シンポジウムの開催直前に発足させた準備委員会が中心となって担当させて頂いた。準備委員には、東海グループ各地域より年齢構成等も考慮して選ばせて頂き、又一部企業の方々にもお願いをし、藤田連絡幹事に総務、プログラム編成等の中核をご担当頂くこととし、名古屋大学の化学工学科で事務局をお世話させて頂いた。

過去3回の名古屋におけるシンポジウムの経験、25回の金沢、26回の仙台の先生方より寄せられた基礎データやご忠告を参考にしながら、グラウンドデザインに関するフリー討論から準備委員会の具体的な作業を開始した。大枠として論文数300編、参加者数800名、懇親会参加者300名を想定し、会場、前刷集、予算などを順次策定し、最後にシンポジウムの現場において明らかにした通りであるので反復は避けるが、重要と思われる点のみを以下に述べて今後の参考に供したい。簡便のため箇条書きをお許し頂く。

1. 会場について、本シンポジウムの最近の規模推移を見る時、市中において適正な会場を見出すことは今後非常に困難になると予測される。今回は、結果的に大混乱なく終了したが、補助椅子300脚の追加、公共施設利用上の諸制約等から綱渡りの運営を余儀無くされ、予算面にも予想外の圧迫をもたらした。次回九州の伊藤準備委員長のご苦勞が思いやられる次第である。討論室数、発表や討論の形式や時間、会期等、シンポジウムの本質に関わる宿題を数多く後に残した思いがする。
2. 前刷集について、第26回仙台のシンポジウムに習って3分冊とし、利便のためプログラムを別印刷し、また幹事会での議論を踏まえて英文アブストラクトも別刷りとした諸事情を考え併すと今後もこの形を踏襲せざるを得ないように思われる。ただ予算的には相当の負担を覚悟せねばならず、今後何らかの合理化、例えば会員への前刷集事前郵送など、サービスの一部の有り方を再考する必要があるようにも思われた。
3. 予算について、今回は、参加費をすえ置くとの大前提に立って予算を策定し、その結果本部共催費の大幅増を認めて頂きつつ薄氷を踏む思いで準備に当たってきたが、幸い予想

を上回るご参加を頂き、それに伴う支出増はあるものの何とか当初お願いした範囲内で決算できそうな見通しとなってきた。しかし、会場借上費、前刷印刷費、懇親会費等、いずれを見ても準備委員会の心配の種は絶えず、今後参加費と本部共催費との相関を見直し、本部共催費の算定基準をルール化していくなどの検討が必要であると思われた。

4 企画について、前記したごとく準備委員会ではシンポジウムの有り方についてかなりの長時間をかけた議論を行った。議論の詳細は省略するが、金沢の第25回シンポジウムで林準備委員長が指摘された諸問題とも関連して、結果的に普通セッションの講演分類をキーワード方式に変更すること、オーガナイズド方式の特別セッションを開催地の地域特性を考慮しつつ強化することの2点を骨子とする案がまとまり、藤田、長野、荒木の各委員を中心にそのその詳細を詰めて頂いた。特に前者については、100個以上のキーワードを44個にまとめ、さらに幹事会でご意見を頂き最終案とさせて頂いた。この点、参加者各位の評価がいかがであったか、現在のところ不明であるが、プログラム編成会議上合理的利便性があったことを付言しておく。

5 懇談会について、参加者の相互交流の場を盛り上げる場としての懇談会は、シンポジウムの花の一つであり、西村、熊田両委員長を中心に色々ご苦勞頂いた。また懇談会終了後、幹事会メンバーを中心に会費制の2次会をセットし、ホットな状態で会の将来性に関しインフォーマルな討論を交わして頂いた。討論と懇親は本会のような境界領域学会の表裏をなすペアであり、今後懇親の有り方にも検討のメスを入れて頂ければ幸いである。

現在、曲がりなりにも責任を果たし得たものと、準備委員、事務局一同、共々に一息入れているところである。東海4県にまたがって、準備委員には度々名古屋の地に足を運んで頂き、貴重な時間の数々をシンポジウム開催のために割いて頂いた。しかし、同時にシンポジウムの準備を通して、グループ内の相互理解、結束を大いに高め得たのも事実であり、この点は今後グループ活動の活性化につながっていくものと信じている。

次回、福岡で開催される第28回シンポジウムのご盛会とご成功を祈念しつつ第27回のご報告を閉じたいと思う。種々の問題はあっても、伝熱研究会の良き伝統と九州グループ準備委員各位の実績のまえには何物も立ちはいけないと信じている。

セッション分類の変更とプログラム編成

藤田 秀 臣（名大工）

今回の伝熱シンポジウムでは、一つの新しい試みとして、普通セッションを講演募集の段階から多少具体的な名称に細分化した。すなわち、従来の「強制対流」、「自然対流」、「沸騰」、・・・に変えて、「剝離流の流動・伝熱」、「乱流構造と伝熱」、「多孔質体内の伝熱」、・・・のような名称による分類を採用した。この分類方式は、第25回のシンポジウムで採用された特別セッションや、最近の機械学会の講演会の主流をなすオーガナイズドセッションと方向を一にするものであり、また、先般の甲藤委員会の答申にも沿うものである。従って、決して目新しいものではないが、四半世紀にわたって引継がれてきた伝熱シンポジウムの慣行を変えることになるため、準備委員会では、この方式の採用についてはかなりの時間と労力をかけて検討した。

セッションの名称の選定に当たっては、十余名の委員がそれぞれ過去5年間程度の伝熱シンポジウムや関連講演会のプログラム等を調査し、従来の分類に比較的似通ったものから、横断的なもの、包括的なものまで、セッションの名称にふさわしいと思われる多くの原案を持ち寄った。その数は実に150近くにもものぼった。これを整理、統合するなどして、約40のセッション名を定めた。その中には、「・・・一般」や「その他」も含めた。また、プログラム編成の便宜を考えて、応募用紙には第3希望までご記入願うことにした。

この案は9月の幹事会でご検討いただいた。さいわいなことに、建設的なご意見はいくつか頂戴したが否定的な意見はなかったため、原案に若干の修正を施して講演募集要項を作成し、「伝熱研究」10月号の会告等に公表した。普通セッションには約300件の論文が応募されたが、「その他」を含む44セッションすべてに、第1希望が少なくとも1件はあり、応募0のセッションはなかった。

プログラムの編成は、十数名の委員が3グループに分かれて、第1希望によって予め仕分けされた資料に基づいて行った。オーガナイザー方式による5つの特別セッションを含めて、353件（後日2件取り止め）の論文を3日間6室にわたる65セッションに振分け、各セッション2名ずつの座長候補を選び、プログラム原案が完成したのは、作業開始後7時間を経た午後8時であった。それでも、今回は上述のセッションの細分化を採用したため、講演者の第1希望によって第1段階の仕分けが機械的にでき、従来方式にくらべて作業時間はかなり短縮できたものと確信している。また、ほとんどの論文が第2希望までにおさまリ、大方は講演者のご希望に沿えたのではないかと思っている。とはいえ、はじめての試みであり、不都合な点やご迷惑をお懸けした点などもあるかもしれない。今後、幹事会などで会員諸氏のご意見など、お伺いできればと思う。

第27回日本伝熱シンポジウム会場係類木記

山下博史(名大工)

昨年の4月に開催された第1回の準備委員会で会場係を担当することが決まり、前回の仙台のシンポジウムでは会場運営の様子を調査するつもりでしたが、まだ実感もわかず発表の方に気を取られほとんど何もせずに過ごしてしまいました。このため、総務担当の藤田先生が保存しておられた前回の名古屋での開催時の資料を基に会場運営の案を練ることにしました。先生には何かにつけて適切なお助言もいただきました。また、架谷準備委員長の研究室の関連の方々、予め会場運営の大筋を検討されておられ、いろいろと手助けしていただきました。特に、渡辺先生には私の手落ちで無駄な出費をするところを何回か助けていただきましたし、松田先生には最後まで私の交渉能力と統率力の無さをカバーしていただきました。また、成瀬先生が作成された必要機材等の資料は大変参考になりました。今年に入って2月には、1月末に締め切られた講演申込数により、講演室を予定より1室増やしたことによる見直しを行いました。3月には厚生年金会館との細かい打ち合わせを開始し、5月上旬までにアルバイト、機材等の手配を行いました。この頃から資料作りにパソコンの前に座る時間が長くなってきました。5月10日には参加者の事前申込が締め切れ、村瀬先生が中心になって700件に及ぶデータを整理しパソコンに入力されました。これらのデータは会計上の処理、名札のシール、懇親会名簿の作成等に威力を発揮しました。14日には、会館へ最終的な講演会場・総受付の配置図面、看板の原稿を提出しました。17日には、アルバイトに係員配置表と役務内容一覧を送付しました。この頃、廣田先生が会場付近の食堂案内図を実際について作成されました。25日には最後の準備委員会が開かれ、最終的なチェックをしていただきました。前日の29日には、午前中に配布資料の袋詰め、機材の点検を行い、午後には会館へ搬入しました。前日の会場予約はしていなかったが、会館に無理を言って設営の一部をさせていただきました。第1日目は、8時から前日の設営の続きを行い、何とか最初の講演開始時刻の9時20分には間に合いました。前日の無理を聞き入れて下さった会館のご好意に感謝する次第です。各講演会場で聴講者の人数にばらつきがあり、立っている方もおられましたが、椅子の移動は勘弁させていただきました。総受付、各講演室とも担当の方がよくやっていただき、私の仕事は総受付で参加者の呼出しのピラを下手な字で書くことぐらいでした。2日目も何とか無事に終わり、自分の発表も座長の済み、懇親会では息抜きをさせていただきました。3日目は、朝からA室のOHPの調子が悪くご迷惑をお掛けしましたが、それ以外は無事に進行したようです(気が付かずに見落としした点は多々有ると思います)。昼には次回のシンポジウムを担当される九州大学の先生が総受付に来られ、準備のための資料を送付する約束をしました。この顛末記を書き終わって、その約束を果たせばこれですべて終わりとなります。今回も座長の方々、講演者、その他数多くの参加者の皆様のご協力、また上書ききれなかった大勢の方々のご助力をいただいたことを最後に記して感謝の意を表します。

第27回日本伝熱シンポジウム開催を手伝って

渡辺藤雄（名大工）

架谷昌信・名古屋大学教授を委員長とする総勢20名からなる第27回日本伝熱シンポジウム準備委員会が構成され、第1回会議（平成元年4月15日）において本シンポジウムの会期（平成2年5月30日～6月1日）、会場（愛知厚生年金会館）などの骨子が決定されました。約半数の委員は第19回準備委員の経験者であるが、委員長が所属する名古屋大学工学部化学工学科の準備委員は、これまで参加こそすれ、直接開催準備に携わった履歴を持っていない、所謂烏合の衆でありながら庶務を担当することになりました。

論文募集、原稿用紙の発送、プログラム編成、論文集の作成、参加募集、会場設営などの連の準備を滞りなく終えたつもりで開催の朝を迎えました。発表論文数が多いため全日の早朝出勤を余儀なくされ、かつ長時間に亘るプログラム消化のため、アルバイトを含めた関係者全員、日増しに疲労が蓄積し、参加者への十分なサービスが欠けた面もあったかと思いますが、まずは大過なく終えることができたものと思っております。

今回、事務局を直接担当して、特に気付いた2点があります。その1つは、伝熱シンポジウムは他の学会と異なって、事前参加申込者に参加証を送らないことです。これまで雑誌「伝熱研究」、「機械学会誌」もしくは「化学工学誌」に掲載された会告に基づいて参加申込が行われ、事前参加申込者は当日会場にて参加証となる名札を受け取るシステムが踏襲されているため、特に産業界から今回初めて参加申し込みされた方には、参加費の振込を行ったが、果たして事前参加登録をされているか否か疑問視される向があり、この点の問い合わせに度々電話回答の時間を消費させられました。事前参加申込者への参加証の前送について改善の余地があるように思います。他の1つは、当然のようであるが、今回も講演申込とその整理費、参加申込と参加費など、一連の整理はすべて郵便振込用紙、もしくは当日申込書基準でコンピューター入力したので、過不足（二重払込み；4件、論文集前送代金不足；7件）が直ちに判明し、参加者に会場にて払い戻し、追徴の両手続きができたことが後処理の繁雑さを未然に解消してくれたことにあります。これら二項目の指摘が次回の準備の糧になれば幸いです。

この他、事務局の独断で、会員の皆様に、名古屋の印象をより深めていただくために、名古屋城の「金の鯨」、「名古屋城」をそれぞれデザインした論文集および論文集袋を手渡させていただきました。斬新とまでは至りませんがいかがでしたでしょうか。「蛇足なり！」の叱声がか聞こえてくるように思われなりません。

以上、今回のシンポジウム開催を手伝って、特に気付いた点を書き留めました。最後になりましたが、事務局の不手際にて講演者、参加者にご迷惑をお掛けした点が多々あるかと存じますが、この紙上を借りてお詫び申し上げます。

特別セッション「CVDプロセスにおける伝熱」

岡崎 健（豊橋技科大）、杉山憲一郎（北大）、井上剛良（九大）

数年前から「伝熱学に未来はあるか」といった討論がなされているように、一部の研究者の間では、従来の伝熱学の研究テーマ・研究手法にある種の限界を感じ、何か新しい方向性を見つけなければという模索が試みられているところである。伝熱学を取り巻くこのような状況のもとに、ミクロな伝熱学の方向をも含めて、本特別セッション「CVDプロセスにおける伝熱」がオーガナイズされた。これまでも、「半導体製造における伝熱」（第25回、金沢）、「マイクロ伝熱学」（第26回、仙台）の特別セッションが行われているが、CVDプロセスそのものをメインテーマとしたものは今回が初めてである。

CVD法は、半導体に限らず各種の薄膜製造やコーティング等に広く応用され、膜質や成膜速度の向上、大面積均一化などの要請に応じて、実用上の見地からの研究が活発に進められている。しかしながら、成膜機構の詳細については未だ不明の点がきわめて多く、目的にかなった機能や構造を目指したCVDプロセスの最適制御や限界技術へのアプローチの上で、解明すべき問題点が数多く残されている。本来、CVDプロセスは、熱（エネルギー：電子や光も含む）、物質移動、流れ、反応の関与する複合場であり、いわゆる伝熱研究者がどちらかという得意とする分野でありながら、これに携わっている研究者は比較的少数であった。そこで、本特別セッションでは、伝熱研究の新しい方向性を探る伝熱研究者と、伝熱学的問題に取り組んでいるCVD研究者との相互交流の場となることを企図した。従って、まず「CVDと伝熱屋の接点」と題する展望講演を、九大機能研の今石先生にお願いした。また、企業をはじめとする伝熱研究会に所属していない方々にも発表を依頼するとともに、CVDに限らずミクロなアプローチをしている方々に研究発表をお願いした。このため、種々様々な研究発表の寄せ集めになったくらいであったことは否めないし、従来の伝熱学のように成熟した研究領域ではないため研究のレベルも様々であったが、幸い、素過程（3件）、プラズマ応用（3件）、光応用（3件）、熱物質移動制御（6件）に関して計15件もの発表が行われ、全体としては非常に盛会であったと考えている。特に、従来の伝熱学にどちらかというなじみの深い後半の発表よりも、むしろ前半の9件の発表の方に会場があふれるほどの多くの出席者を得たことは、先にも述べたような伝熱研究者の新しい分野への興味の大きさを示しているように感じられた。以下、座長を務めた各オーガナイザの分担執筆により、それぞれの発表内容とその印象を発表順に紹介する。

<C1300>は、今石先生による展望講演であり、CVDプロセスの基礎過程の説明から、各種のCVD法の分類とこれに関与する基礎現象、さらにプロセス制御の方向まで、懇切丁寧な解説が行われた。また、御自身の平行流型熱CVD装置内現象のシミュレーションの紹介を通し

て、CVDと伝熱屋の関わりかたの実例が示されるとともに、原子・分子レベルでの現象理解の重要性が強調された。

<C1301>は、振動励起による蒸着過程の制御に関する基礎研究であり、金属原子(AI)の真空蒸着における原子間の振動エネルギー等の蒸着機構に及ぼす影響を実験的に検討したものである。基板温度が薄膜結晶構造に大きな影響を及ぼすこと、電子線照射が蒸着を促進することなどが示されたが、YAGレーザー照射による局所振動励起が結晶構造に及ぼす影響は観察されなかった。これに対し、振動励起によるマイグレーション制御には、もっと長波長のレーザー照射を用いるべきではないかとのコメントがあった。積極的制御へ向けての今後の進展が期待される。<C1302>は、直接シミュレーションモンテカルロ法(DSMC)を蒸気単成分系、および不凝縮ガスを含む二成分系に適用し、凝縮面と蒸発面の間の温度分布や蒸気と不凝縮性ガスの分子数密度分布、および蒸気の拡散速度や凝縮量などをシミュレートしたものである。実験あるいは他の手法による結果との比較により、界面近傍挙動に対する本手法の有用性を示している。これに対し、特に蒸気分子の界面近傍でのマクスウェル分布からのずれが正しく考慮されているかとの質問があった。本手法をCVDプロセスの解析に応用する場合、基板上での界面反応をどのようにモデル化するかという点が最大のポイントであると思われる。<C1303>は、シリコンのエピタキシャル気相成長過程について、非経験的分子軌道計算によりその成長メカニズムを理論的に考察したものである。ジクロロシラン(SiH_2Cl_2)の熱分解により生じた SiCl_2 とシリコンクラスターから成る系のポテンシャル計算により、熱的吸着と光励起の場合の成長過程、および紫外光照射による成長促進のメカニズムを提案している。現在のスーパーコンピュータで500時間を要したとの事であるが、今後の計算機の進歩により、気相成長過程を原子・分子レベルで理解する上できわめて有効な手段となるものと思われる。

<C1304>は、熱プラズマ反応プロセスのクエンチング過程における原材料の転化率の簡易推算法に関する研究であり、 CO_2 の分解過程を用いてその有用性を検討している。本研究で用いられたsudden freeze modelでは反応が凍結するクエンチング温度の決定が重要であるが、本研究では冷却時定数と反応時定数から求めている。反応時定数が温度に対して単調減少する(C-O系)においては推算した転化率は実験結果に近いものとなっているが、(C-O-H系)のように反応時定数が極値を有する反応過程への適用は難しいと感じられた。<C1305>は、プラズマ溶射における金属微粒子の加熱過程に関する研究であり、プラズマジェット中の温度場と速度場の同時測定法を開発し、プラズマジェット中の金属微粒子の熱伝達を理論的に解析することにより、プラズマ溶射実験結果を定性的に説明した。また、実際に種々のプラズマ溶射により熱電素子を作成し、その性能を比較している。本研究では、従来の熱伝達率の相関式を用いてプラズマ温度を約17000度としているが、相関式の適用限界は何によって決まるのか素朴な疑問が感じられた。<C1306>は、極短パルス放電プラズマを用いたラジカル反応制御に関する基礎研究であり、今回はその第一段階として、パルス放電の基礎特性ならびにラジカル種の発光強度の時間変化が実験的に示された。極短パルス放電により空間で一様なプラズマが形成される

メカニズムや電流・電圧特性のDC放電との差異、および、印加電圧とラジカルの発光との時間遅れ、発光強度の時間変化における複数のピークなどに関する質問がなされた。また研究の初期段階であるが、ラジカル生成の積極的制御法の一つとして今後の研究の発展が望まれる。

<C1307>は、表面反応を用いた光CVDによる金属および絶縁体薄膜の形成に関する実験的研究であり、紫外光または真空紫外光による原材料の光分解を用いることによりCVDの低温化が可能であることが示された。また膜の比抵抗の観点から、光照射がCVDの低温化のみならず膜質の向上にも有効であることが示された。光CVDによって比抵抗が低下する理由、光源の種類による堆積速度の違いなどの質問があった。われわれ伝熱研究者には膜生成のメカニズムが興味深いのだが、薄膜研究者の視点ではどのような性質の膜が作成されたかであり、興味の対象の違いが感じられた。<C1308>は、ウラン濃縮プロセスにおけるエネルギー効率に関する研究であり、エネルギー効率の評価法として、単位分離パワー当りの消費電力が提示された。また、この評価法を用いて従来のガス拡散法とレーザー分散法のエネルギー効率が検討され、レーザー分散法の有意性が示された。伝熱屋としては、レーザーによる同位体分離のメカニズムに興味があったが、メカニズムの詳細については説明がなく残念であった。<C1309>は、レーザー加熱によるガス中蒸発法を用いた金属超微粒子生成に関する研究であり、蒸発量とレーザーのエネルギー密度、粒度分布とガス圧力の関係、レーザー照射による原材料の温度分布などが実験的に示されるとともに、凝集モデル、熱伝導モデルによる理論解析が行われた。おもに熱伝導モデルと熱伝導方程式に対して質問・アドバイスがあった。レーザー照射による原材料の熱伝導解析よりも凝集過程の説明およびその積極的制御の研究が重要と感じられた。

<C1310>は、層流管型反応器でのCVDによる微粒子および薄膜の生成についての実験および解析による検討である。キャリアガス、反応器内の圧力、温度、蒸気濃度の影響が実験的に検討され、解析値とともに定量的に一致することが示された。解析モデルでは粒子をモノマーの構成数Kまでのクラスターは離散型、K+1個以上のモノマーからなる粒子は平均径を持つ単分散粒子として扱っている。クラスター形成の素過程の理解とその結果に基づくモデル化が今後の課題と思われる。<C1311>は、P型あるいはN型半導体に対応する3価または5価の不純物をシリコン中に導入する熱拡散工程の制御に関する研究である。具体的にはガリウムをシリコンに拡散させる際のコントロール因子として①導入される水素ガス流量②バブラの水温③拡散不純物 (Ga_2O_3) 部の温度を取り上げ、最も重要な因子が②であることを明らかにしている、直径100mmのシリコンウエハを対象として実験的アプローチの研究であるが、ウエハ径や装置形状が大きく変わる状況を想定すれば、化学反応を伴う熱流動場として数値解析的にアプローチすることも充分意味があるという印象を受けた。<C1312>は、回階パターンのドライエッチング技術に関する研究である。64メガビットDRAMでは素子の最少線幅は0.3 μm まで微細化され、深い溝形状のパターンを加工する際にはサイドエッチングのない垂直な面形状が要求されている。ドライエッチングではプラズマ中のラジカルとイオンの運動エネルギーを利用するが、反応熱によるサイドエッチングを防ぐためにはシリコンウエハを低温に保持する必要がある。この伝熱研究 Vol. 29, No. 114

研究では、液体窒素で冷却された低温ウエハ台を試作し解析と実験によりエッチングの性能向上を検討している。本研究は、半導体素子の集積度を上げるために熱制御が如何に重要であるかを我々に示してくれている。〈C1313〉は、ウエハを高速回転することにより、薄膜の均一性が装置の形状にほぼ無関係に達成されるとする観点からの研究である。低速回転領域を除いて、かなり良い均一薄膜が得られる見通しが示された。しかし、化学反応を積極的に利用している系（汚染や腐食等の問題がある系）内にモーターを設置しなければならない等装置運用上の問題も指摘され、システム構築上の検討が必要という印象を受けた。KarmanやSparrowの円盤誘起流れモデルを利用しており、伝熱屋が得意とする境界層の制御問題として位置付けできる研究である。〈C1314〉は、横型CVD炉での流体不安定に関する基礎研究であり、下面加熱の水平長方形管内の非定常流れの発生条件とその流動特性を実験的に検討している。最近注目されているカオスの問題として位置付け、時系列データより流動パターン、スペクトル分布を議論している。非保存力学系は近年新しい視点での研究が進んでおり、CVD炉のみならず伝熱工学的にも興味ある問題である。今後の発展を期待したい。〈C1315〉は、均一な薄膜成長条件を捜し出す目的で縦型高周波加熱CVD炉の構造を検討した研究である。表面反応律速領域での操作を前提とし、パラメータとして高周波コイルとサセプターの相対位置、コイルの形状、コイルの周波数を選び最適条件を検討している。マクスウェル方程式を解くに当り磁気ベクトルポテンシャルを導入し、見通しの良い解を得ているが、広い操作条件に対して均一な温度を得るためには、その都度試行錯誤が必要であるという印象を持った。

本セッションの最後に総合討論の場を設け、CVDによる薄膜形成の実務に携わっておられる三菱電機の松井氏と東芝の大嶺氏から、伝熱学の分野の研究に対するコメントを頂いた。向氏の意見の共通点は、研究の視点を明確にすべきであるということであり、目先のことではなく本質的なメカニズムの解明が重要ではあるが、それ自身が究極の目的ではなく、あくまでも目的になった成膜を実現するための手段であることが強調された。すなわち、技術の進歩の後追いの研究ではなく、一世代先を見越した先見性のある研究に対する要望が述べられた。

本セッションの成功・不成功に関しては多くの方々のご意見を仰ぐ必要があると思われるが、新しい方向を切り開いていくためにはこのようなセッションはますます行われるべきであり、その中から伝熱学の新しい研究テーマ・研究手法等が見つければと思う。本原稿執筆中に、日立製作所の64メガビットDRAMの試作成功発表のニュースが入った。このような一見伝熱学と直接関係ないような領域でも、まさに〈C1312〉（日立）の発表にあったように、ドライエッチング時のシリコン基板温度の低温均一化制御といったマクロ伝熱学でも扱える範囲の比較的易しい問題が、キーテクノロジーの一つとなっていることがはからずとも思い知らされた。CVDの分野で、ミクロ、マクロを含めて伝熱屋が取り組む余地は十分にあると思われる。しかし、このようなプロセスの解明には、その分野の専門家と対等な知識・技術を有することが必要不可欠であり、従来の伝熱学の範囲を越えた物理・化学におよぶ幅広い知識の必要性が感じられた。

特別セッション「食品・生体における伝熱」

西村 誠（岐阜大）

本特別セッションは、当初、「食品工業における伝熱」というテーマ名で、金沢大の林勇二郎先生、名古屋大の新井紀男先生および森永乳業の加藤文男氏の御3方がオーガナイザーとなられて企画された。林先生のお話によれば、講演発表申込が3件であったため、急拠、主体に関する講演発表をも含めて「食品・生体における伝熱」とテーマ名を変更されたとのことである。セッションの構成は、林先生の基調講演「食品・生体の凍結における伝熱」、「生本における伝熱」に関する5件の講演発表および「食品工業における伝熱」に関する3件の講演発表であった。急拠の講演発表依頼ということもあって2件（C2101、C2103）は予稿がなかった。また、残念なことに新井先生がご病気で参加されなかった。そのため代役として門外漢に近い小生が座長を仰せつかり、さらにこの小文も書くはめとなった。当日、相方の座長である加藤氏も体調を崩しておられ、林先生のご援助のもとで座長を勤めた。とくに、前半では立っている方が多数おられるほど盛況であり、活発な討論が行われ、企画の趣旨は十分に反映されたと思われる。以下、セッションの概要を整理してみる。

林先生の基調講演では、まず、食品・生体あるいはバイオにおける伝熱に関する研究について、最近のテーマや動向が概説され、ついで、凍結のミクロ性の発現について細胞の構造、水の構造などの面からの説明があった。さらに、組織細胞の凍結のモデル解析が紹介された。細胞内外の2種類のセル群からなる構造モデル（1次元）にて凍結進行過程（5領域）を固相率の場の温度との関係として捉えて、細胞間の3通りの水分移動の場合を想定し、それこよる膜の変形を考慮して計算した結果が示された。3通りの場合の間では凍結による内部の構造に差異があるにもかかわらず、マクロ量である温度、界面の位置の時間変化はほぼ等しくなるということであった。熱的なマクロ量と構造的なミクロ量の連成の手掛りを得たと結論された。質疑応答では、1次元モデルの適否、交換面積の取り方などが話題になったが、今後さらに厳密な取扱いをされるということであるので研究の発展を期待したい。

C2101 では、手術時に使われる温水マットの低温火傷に関して、1次元モデルによる伝熱解析を行い、温度の経時変化と損傷度合（温度の関数である損傷関数による評価）について検討している。臨床における条件に近い条件にての数値計算結果の例より、生体内部がタンパク質変性温度（42℃）以上になり、それが表面へ移行するという、低温火傷の特徴を明らかにしている。質疑の中で、低温火傷が発生しにくい条件を見出すことについては、演者自身はモデルが大胆であるので定性的な域にあるとしていた。発汗の影響、タンパク質変性に対する圧力、PHなどの影響が考慮された解析へと進展すると思われる。

C2102 では、ラットの筋肉組織の炭酸ガス有効拡散係数を準定常法にて測定し、炭酸ガス拡散の性質について検討している。とくに低ガス分圧での拡散係数の顕著な増加は促進拡散によるものとして、促進度を検討している。また、ガス拡散が生じているときの有効熱伝導率の測定より、促進拡散が起こる低ガス分圧では熱伝導はガス拡散の影響を受けることを明らかにしている。生体組織での熱と物質移動を考える上で貴重な知見であるが、促進拡散のメカニズムが今後詳細に検討されることが必要であろう。

C2103 では、生体内の酸素濃度をヘモグロビンやミオグロビンのレーザー光透過スペクトルを利用して計測することを考え、基礎となる2つの伝熱問題を検討している。パルス入射における模擬生体での散乱・吸収・透過問題をモンテカルロ法にて解析し、透過光強度分布の特性を示している。また、どの程度のレーザー強度まで安全かを調べるため温度分布の解析を行っている。基礎的検討の段階であり、計測法の確立、演者らの目的であるCTへの道はまだ先のように思える。

C2104 では、生体の凍結保存の基礎研究として、ミジンコについて防御剤（グリセリン）の濃度、冷却速度、予備凍結温度、長期保存温度、融解速度などの生存率への影響を検討している。防御剤の濃度が10-15%で高い生存率になることを示し、さらに防御剤の毒性を最小限に抑えるために、5%以下の濃度での最適条件を明らかにしている。最適な融解速度が存在することについて質問が出されたが、高融解速度では希釈ショックが起こるという説明がなされた。また、ミジンコを選んだ理由は各種器官を持つことにあるが、生存率は個体全体で評価していることについて疑問が出された。個体差などを考えると難しい面があるように思えた。

C2105 では、演者らの開発した極細径クライオブルーブについて、定常冷却性能、過渡冷却性能、および液体窒素のマイクロジェットの衝突熱伝達特性を実験的に検討している。ブルーブの最大熱負荷と冷却時の温度応答を明らかにするとともに、液体窒素の質量流量と噴流形態（気相、気液2相、液相）の関係を明らかにしている。また、気液2相のときに良好な冷却性能を持つことを示している。質疑応答では、小型化が出来た理由、材料に金を用いた理由などについて討議された。凍結外科治療への利用での成果を期待したい。

C2106 では、外部加熱されるビール瓶内の自然対流について、流体と構造材を連成させた2次元軸対象モデルにて有限要素法により数値解析している。瓶外壁を等温壁条件とおき、瓶内壁を垂直平板と仮定した熱伝達率境界として計算をした結果は実験結果とかなりよい一致を示していた。質疑応答では、内壁の境界条件について疑問が出された。今後、外壁の境界条件や外部流体の温度場、流れ場などを考慮して、実際の操作条件に符合したモデル解析が行われることが望まれる。

C2107 では、食品の噴霧乾燥に関連して、球のまわりの熱・物質移動を検討している。その結果、液浸法による液滴径の評価が妥当であること、熱移動に及ぼす蒸発の影響は少ないこと、液滴粒子群の熱・物質移動は単一球のそれと大差ないことを明らかにしている。また、乾燥

中の粒子の含水率と温度が一定の関係にあることを示し、粒子温度が検出できれば、含水率が制御できるとしている。しかし、前段の結論は脱脂粉乳について実プラントの滞留時間と計算の乾燥時間がほぼ一致することによるもので、粒子温度の測定が困難であるなど止むを得ない面があるが少し間接的な検証と感じた。

C2108 では、食品用噴霧乾燥機において、熱風と噴霧の効果的混合、粒子付着の回避および流動性の向上を目指して、大流量単一ノズル、旋回成分のない熱風と2次空気の吹き出し、塔の胴、底部の冷却などを開発した経緯が紹介された。改良目的が明確で、かつ実際に効果を上げていく過程がよく理解できた。国内外の実プラントでの連続安定製造の実績より、今後さらに応用が広がるように思えた。

以上、本セッションの概要を述べたが、「生体における伝熱」の場合と「食品工業における伝熱」の場合で少し会場の雰囲気異なっていた。これは講演内容において前者がミクロ的（ミクロ伝熱）で後者がマクロ的であったためと思われる。昨年の特設セッションの「バイオ伝熱」を引続いたような形であったが、とくにミクロ伝熱という観点から言えば、今後研究者が増加すると思われ、近い将来に一般のセッションとして定着するのではないかと感じた。

特別セッション『自動車における伝熱』をおえて

青木博史（豊田中央研究所）

長野靖尚（名古屋工業大学）

伝熱シンポジウムの特別セッションで自動車関連のテーマが取り上げられたのは、一昨年の金沢が最初で今回が2回目である。金沢では「レシプロエンジンにおける伝熱」と題しておこなわれたので、今回は、テーマが広くまとまりにくいとは思ったが、多くの先生方に自動車に関連する熱問題を知っていただき、学際的見地から研究テーマとして取り上げていただければとも考え、枠を広げて「自動車における伝熱」とした。

この特別セッションをオーガナイズするにあたっては、本セッションの総括の展望講演と一般講演とで構成する事とし、学界および自動車関連企業でこの分野の研究に携わって見えるかたがたを中心に発表をお願いした。その結果、残念ながら学界からの発表はなかったが、自動車関連会社から8件（熱交換器3件、車室・エンジン関連5件）の研究発表をお願いする事ができた。展望講演に関しては、自動車における伝熱について分かりやすく総括していただくため長年この分野の研究に従事されており、前回のオーガナイザーである豊田中央研究所の藤掛賢司氏をお願いした。

「展望講演」では、「熱問題から見た自動車の現状と将来」と題して自動車をとりまく環境から熱問題とその研究状況および将来展望まで概説して頂いた。自動車をとりまく環境は、ユーザーの高性能・低燃費化の要望に加え、地球環境問題から、排気規制の強化、地球温暖化に関連する低燃費規制（CAFE法案）、代替燃料などへの対応に伴う熱問題対策などたくさんの課題をかかえており、今後さらに厳しくなる事が予測されると説明された。現状の熱問題に関しては、自動車各要素を機能別に整理して説明された。エンジンの排気量当たりの出力は1970年代の排気ガス浄化と言う技術課題を乗り越え、この四半世紀の間に倍増し現在では排気量1リットル当たり100馬力にまで高出力化してきており、それに伴い多くの熱問題が生じ研究開発が進められてきている。代表例として、吸気弁に潤滑油の炭化生成物が析出することを防止するためのデポジット対策研究、燃焼室での冷却損失を低下させ燃費向上をはかるための燃焼室壁面の伝熱制御の研究、エンジンヘッドの三次元熱解析が紹介された。その他、冷却系における熱問題ではラジエータフィンの改良研究、排気系では排気ガス浄化用の触媒コンバータ、ディーゼルエンジンのパティキュレートトラップ用のセラミックフィルターの研究、車室内空調の快適化などについて紹介された。最後に、今後の自動車は「超低燃費」「超低エミッション」技術開発にくわえ、より快適な車開発を目指した人間工学的な側面からの研究開

発が重要であり、これらに関する熱的問題の研究開発の必要性を強調された。

「熱交換器」に関連する研究発表では、熱交換器そのものの開発に関する発表が2件、熱交換器の性能を最大限に発揮させるための車両開発手法に関する発表が1件報告された。熱交換器の研究開発は、実験及び数値解析技術を駆使して着実に進められているが、車両の高性能化とともに熱交換器の高性能化が要望され、高性能熱交換器の開発は永遠のテーマであるようにも思われる。車両開発手法の発表では、今流行のスーパーコンピュータを用いた三次元数値流体シミュレーションにより、インタークーラの通過風量の予測だけに留まらず、これとエンジンの加速性能と結び付けて解析されており、近い将来有力な設計ツールとなり得る事が予測される。今後の熱交換器開発は、システム全体での最適設計が重要となろう。

「車室・エンジン関連」では、車室内の流れの数値解析に関する研究、ウインドウガラスの結露による曇りに関する研究、エンジンルーム内の三次元熱流体解析の研究、燃焼室内のスワールと縦渦に関する研究および燃料噴射弁の熱解析に関する研究がそれぞれ報告された。会場からは本質をついたなかなか手厳しい質問があったが、各研究者ともそれらの点については今後の課題として充分認識されており、問題点の認識は皆同じだと感じた。このセッションでも数値解析が過半数を占め、数値シミュレーション技術が台頭してきているが、まだ設計ツールとして充分機能を発揮するところまではきていない模様である。

自動車における熱問題は、従来からエネルギーの墓場の处理的な性格が強い分野（少し言い過ぎかも知れないが）ではあるが、昨今の自動車をとりまく厳しい情勢を考えると、これからは伝熱屋がエネルギーシステム全体を考えた観点に立ち研究開発を押し進め、設計に軸が言えるレベルの研究を進める必要がある。その意味で、今回発表された「インタークーラ最適化のための数値解析による車体開発手法」は、熱交換器単体評価に留まらずシステムとして評価されており、その第一ステップではないかと思う。もちろん、各要素技術の研究、開発がそれを支える基礎技術として重要である事に異論はなく、その重要性はますます増大すると思われる。

セッション全体の印象としては、テーマが広く内容が幾分散漫になったところはあったかとは感じるが、会場いっぱいの方々に参加頂き、この分野の熱問題を広く知っていただく意味ではそれなりの成果があったのではないかと思う。

最後になりましたが、お忙しい中発表頂いた企業の研究者の方々、セッションに参加して頂いたの方々、本セッションを企画して頂いた伝熱シンポジウム事務局の方々に心から御礼申し上げます。

剥離流の流動・伝熱

横澤 肇 (名大)

”剥離流の流動・伝熱”のセッションは二つ開かれ合計8件の講演があった。初めのセッションでは後向きステップに関するもの4編が、後のセッションでは種々の剥離流に関するもの4編がそれぞれ発表された。

1 後向きステップに関するもの

発表された研究は何れも後向きステップの剥離・再付着流を対象としているが、それぞれが様々な観点に立ち異なった目的をもってなされている。

A111近藤ほか「後向きステップ剥離・再付着流の層流熱伝達(プラントル数の影響)」はチャンネルの拡大率、レイノルズ数、プラントル数などの剥離を伴う流れの熱伝達に影響をおよぼす主要なパラメタのうち特にプラントル数の影響を調べる数値実験結果を示したものである。プラントル数は0、0.0001から1000までの広範囲に亘り、その結果から剥離流の再付着による熱伝達の促進はプラントル数に依存すること、および $Pr > 0.1$ のときにその伝熱促進効果が期待されることを述べている。

A112工藤ほか「後向きステップはく離循環領域における速度・温度場の解析(レイノルズ数の影響)」は $k-\epsilon$ モデルを用いて、剥離流域におけるエネルギーバランスと、これに及ぼすレイノルズ数の影響について調べている。ステップ側下流面を熱流束一定の条件とした計算を行った結果、剥離循環域の熱伝達は加熱壁から循環域への逆流による境界層熱伝達および循環域から主流への剥離剪断流を横断する渦混合による熱伝達の二つの機構の組み合わせで説明できると述べている。さらに、これらの二つの機構に及ぼすレイノルズ数の影響が異なるため、循環域内の温度はレイノルズ数の影響を強く受けることを示している。実験結果との対比が望まれる。

A113河村ほか「後向きステップ再付着領域熱伝達の三次元非定常特性」は再付着流の三次元流動が熱伝達におよぼす影響を実験的に明らかにしようとするもので、熱伝達パターンの時間変化の様相を調べている。時間平均熱伝達率が最大となる位置はステップからステップ高さの5.6倍下流であり、時間平均再付着点とは一致せずこれの上流にあることを再確認している。また、平均熱伝達率の増加と空間的な流れ場の三次元構造の強さとの関係を示唆している。

A114喜多ほか「円柱を挿入した後向きステップ下流域の流動・伝熱特性(第一報)」は実験に開水路を用い、ステップ下流に挿入した円柱による伝熱促進の可能性を検討したものである。

円柱挿入によって壁近傍の流れが攪乱され、平均熱伝達性能が向上し、その効果は挿入高さが高いほど顕著に現われることを示している。開水路の結果の開水路への適用について関心をもたれよう。

2 種々の剥離流に関するもの

発表された研究の対象とされている剥離流は、広がり角の大きいディフューザ内の剥離流、鋸歯状ステップによる剥離流、渦発生体による剥離に起因する縦渦、流路内のスパーサーによる剥離など多岐にわたっている。

A121 涌坂「ディフューザ内剥離流の熱伝達（非対称ディフューザの実験）」は一方の広がり角を大きく取った二次元非対称ディフューザ内の空気流を対象とし、非対称壁面の何れか一方を通電加熱した場合の実験結果の報告である。壁面に沿う非剥離の主流側では剥離流側に比べて熱伝達率は大きいとその熱伝達特性は剥離流のそれと類似であることを示している。

A122 吉田ほか「鋸歯状ステップを有する二次元流路における流動と熱伝達」はこの流路における伝熱・流動特性と熱交換器に応用した場合の性能とについて実験的に検討したものである。このような流路では再付着点が通常のステップ流れよりもステップに近い位置となる。また、ステップ側の剥離剪断層とステップに対向する平面壁近傍の剪断層との干渉により強い乱れが生成され、熱伝達率向上に寄与することが示された。他の伝熱促進法との性能比較が望まれている。

A123 鳥居ほか「平板層流物質伝達における三角翼渦発生体の影響」は発生した縦渦の物質伝達への影響をナフタリン昇華法により調べたものである。渦発生体の高さは設置位置の境界層厚さの約4倍で、その裏側の剥離による渦、正面側の加速による渦などの他にも幾つかの縦渦が発生し、これらが速度境界層を薄くする位置において物質伝達率が向上するとしている。

A124 一宮ほか「流路内の単一角柱スパーサーが周囲の伝熱流動に与える影響について」は空間保持・伝熱促進のためのスパーサーとして角柱を平行平板流路内に設置し、スパーサーと壁面との間の隙間の効果を実験的に検討したものである。角柱を設置する壁面はステンレス箔の通電加熱による熱伝達の実験とパール顔料を用いた流れの可視化が行われており、角柱上流側に形成される馬蹄渦と、温度分布にみられる馬蹄系の低温域との対応を明らかにした。さらに角柱の流れに対する姿勢と流動抵抗、流れの剥離などとの関係についても関心をもたれよう。

鈴木健二郎（京大・工）

本稿の表題と同一名のセッションは（Ⅰ）と（Ⅱ）に分かれていて、全部で12件の発表があったので、限られたスペースに全論文を均等に取り上げることは難しいように思われる。以下では順を追って各発表の内容に言及するが、筆者自身の関心度に応じて長短が生じたり、興味深さの故に注文が強くなることがあるのは御容赦願いたい。また各研究課題および発表者名は紙数の節約上割愛し、講演番号のみを記すことも御許し願いたい。

A131の研究は、暖気団と寒冷気団とが接する前線付近の気流中の乱流輸送機構を風洞実験によってモデル的に検討したものである。すなわち、30°Cの空気流を測定部最初の部分（ $x = 6$ mまでの長さ6 mの部分）では60°Cに保った床面から加熱して不安定成層流として暖気団を模擬し、それ以降床面温度を10°Cに下げて冷却した安定成層流により寒冷気団を模擬した。実験結果から $x = 6$ mの下流では安定成層が急激に成長すること、 $x = 6$ mの位置の境界層外層部に $\overline{v\theta}$ 、 \overline{uv} がそれぞれ符号が正および負で、かつ絶対値が最大となる領域が出現すること、この乱流混合の良好な領域では暖かい流体塊の急激な冷却が進行することを見出しており、またこれと積乱雲や集中豪雨などの前線活動との関連性を指摘しており、大変興味深いものであった。しかし、「下部からの上昇気流と境界層外からの下降流との合流」メカニズムに関してもう少し踏み込んだ議論があると乱流混合の良好さについての理解が進んだと思われた。

A132の研究では、温度成層流の乱流混合問題が取り扱われていたが、今回の発表の段階では既知の事実である成層化による乱流混合の抑制を確認したにとどまっていて、目的としている乱流モデルの構築のためには、それに合致する乱流統計量の定量的検討が望まれる。

A133の研究では、鉛直平板に沿う自然対流乱流境界層が取り扱われ、 u 、 t 以外に w の同時測定が行われたが、その具体的意義は明確にはされなかった。壁近傍領域において w' の値が u' に近い点が、この流れの特徴として話題にされ、それがこの領域の速度勾配が小さいことと関連するとの議論が提出されたが、この領域では浮力に伴う生成 \overline{ut} が重要であるから、筆者はこれはむしろ瞬間の u 、 w の z 方向不均一に伴う再配分によるものと推定する。

A134の研究は、衝突噴流における平板近傍領域で測定した速度信号と平板面上特定点で求めた熱伝達率、物質伝達率、壁面せん断応力の瞬間値との相関関数から、熱・物質輸送と運動量輸送それぞれに有効な寄与をなす乱流大規模渦構造を検討したもので、平板面上の圧力変

動に注目した著者らのグループのこれまでの研究の続報として関心を寄せるものであるが、従来の他の研究者の結果との関連からすると有効渦の速度、長さ、時間スケールあるいはその確率密度分布の提示があると一層好ましいと思われる。

A 1 3 5 の研究は、著者ら自身が測定して保管しているチャンネル乱流に対する 3 次元速度場データベースに、Adrian 提唱の Stochastic Estimation 法を応用して、壁近傍の乱流組織構造を検討したもので大変興味深い結果が提出されたと考える。ただし、この手法ではその性質上空間的・時間的スケールの大小による構造の違いが議論できないので、その点の改良ができれば結果が一層興味深いものになると期待される。また敢えて今後の研究に対して注文を言えば、同様の手法を複雑乱流に応用して組織構造に関する知見の一般化に貢献して欲しいと考える。

A 1 3 6 の研究では混合層の数値解析が行われ、3 次元不安定の様子が議論されたが、スパン方向の計算領域の寸法や境界条件の取り方について質疑があった。それらの影響は、スパン方向の寸法を仕切板波長の 2 倍にしても結果は同じなので、大きくないとの回答であったが、仕切板の形状が正弦波形でなく鋸歯状あるいは矩形コルゲート形状（タレット形状）であった場合にも、そのように結論できるのか検討の余地はあるように思われる。

A 1 4 1 は、スパン方向にギャップを有するリブを設置した平板に沿う乱流境界層を取り扱った研究で、今回はギャップ中心断面内の平均速度場と乱れ場の回復過程が議論された。圧力勾配のない場における境界層の 3 次元回復過程に注目する点で、今後の発展を期待したい。

A 1 4 2 と A 1 4 3 は、平行平板間の 2 次元チャンネル乱流を数値解析的に取り扱ったものである。A 1 4 2 では速度場と乱れ量に注目し、仮想的な速度場下の乱流（例えば固体壁面に沿う一様スリップ乱流）を取り扱って、固体壁の粘着性とそれ以外の性質それぞれの影響を分離して議論する試みを行っている。また A 1 4 3 では温度場と乱流熱流束に注目しているが、今回の発表では Kim らの結果の再現に近い結果になっており、研究の独自性は今後の検討に待たれる。なお、この二つの研究では数値解析の空間分解能がコロモゴロフのマイクロスケールに及ばず、計算領域も寸法が十分大きいとは言えないので、直接数値シミュレーション (DNS) とは言い難いとの私見を付記しておく。

A 1 4 4 の研究は、水平管内層状流（波状流）の界面近傍の乱れを取り扱った研究であり、また A 1 4 5 の研究は乱流格子を水中に沈ませて、それを振動させることにより発生させた等方性乱れの、自由界面及び固体界面近傍のふるまいを取り扱ったものである。両研究とも、界面が平滑ならば（界面波が顕著でなければ）自由界面と固液界面との間には粘着度において相違がある以外には本質的相違がないことを示唆している。

A 1 4 6 の研究は、格子乱れの下で発達する乱流拡散混合層内の液相化学反応（酢酸と水酸化アンモニウムから酢酸アンモニウムを生じる反応）を取り扱ったもので、レーザ照射による蛍光強度から酢酸瞬間濃度を、電気伝導度プローブによって酢酸アンモニウム瞬間濃度を、コ

ロモゴロフスケール以下の空間分解能でもってそれぞれ測定し、混合層内の各成分の平均濃度、濃度変動強度および反応物質 2 成分の濃度の相関係数を求め、それらとストキャスティックモデルによる計算値を比較して、モデルの定性的妥当性を示しており、乱流燃焼や大気中の光化学反応のモデル化の基礎研究として期待される。

以上各論文について順を追って述べてきたが、全体的に発表内容・討論内容ともにレベルは相当高く、伝熱研究会会員の乱流構造に対する関心の高さを反映していて大変心強い感じもあった。

「噴流の流動と熱伝達」セッションの概要

木本 日出夫 (大阪大・基礎工)

昨年までは「強制対流」の中に一括されていた噴流に関する研究に対して、本年度から独立して一セッションを設けられたのは、研究発表する側にも情報収集する側にも良かったと思われる。この噴流に関するセッションは2つ準備されており、計9件の研究が報告された。シンポジウム2日目の午前中に行われた前半のセッションは噴流の流動に関するもので4件、その後の後半のセッションは噴流による熱伝達に関するもので5件の研究発表が行われた。以下にその概要をまとめている。

(1) 噴流の挙動に関するもの；

A 2 1 1：軸対称噴流の噴流出口で発生する渦輪の発生とその挙動に関する研究で、上流に設けられた攪乱発生装置による低周波数攪乱が、渦輪の発生と合体挙動に及ぼす影響を噴流のレイノルズ数 $Re=4,600-9,130$ の範囲で詳しく調べている。

A 2 1 2：軸対称噴流の噴流出口の寸法形状が、渦輪の発生とその挙動に及ぼす影響に関する研究で、噴流のレイノルズ数 $Re=6,000$ 程度でA211と基本的に同じ実験装置を用いて行われている。また、この衝突噴流の熱伝達特性に対する噴流出口の寸法形状の影響も調べている。

A 2 1 3：一樣流中の軸対称噴流における混合特性を、噴流のレイノルズ数 $Re=240-2,380$ の範囲でレーザ誘起蛍光法によって調べている。この研究を通じてレーザ誘起蛍光法による非定常濃度場の二次元断面内の測定法を確立し、さらに、軸対称噴流における乱流への遷移の挙動を明らかにしている。

A 2 1 4：空気流中の二次元同軸噴流拡散火炎の遷移に注目し、これに反応速度無限大の火炎面モデルを適用し、噴流のレイノルズ数 $Re=250-2,500$ の範囲で噴射管出口下流近傍の速度、温度、濃度場の詳細を数値解析によって明らかにしている。

(2) 噴流の熱伝達特性に関するもの；

A 2 2 1：空気主流が存在する流路内壁面を衝突噴流によって冷却する場合の加熱壁面の熱伝達特性を、主流のレイノルズ数 $Re=19,000-50,000$ の範囲で感温液晶膜を使用して明らかにし

ている。また、特定の主流に対する衝突噴流条件の下で、冷却面積の拡大を認めている。

A 2 2 2：空気噴流の流出流が衝突噴流自体と干渉する場合の衝突面の物質伝達特性を同軸円筒内で調べているが、衝突面の物質伝達特性を噴流のレイノルズ数 $Re=1,000-10,000$ の範囲でナフタリン昇華法によって明らかにしている。また、衝突面の静圧分布から衝突面近傍の流出流の流れ特性を推定している。

A 2 2 3：感温液晶膜に現れる温度分布を、赤色と緑色の発光ダイオードを使った光ファイバーセンサによって精度良く、簡易に測定出来ることを明らかにしている。さらに、この方法を円形衝突噴流による熱伝達特性実験に適用し、Goldstein, R. J. らの実験式と良く一致した結果を得ている。

A 2 2 4：二重管間隙内の衝突噴流による外管内壁面の熱伝達特性を、空気の円形噴流群を用いて、噴流のレイノルズ数 $Re=1,000-5,000$ の範囲で調べている。また、この二重管間隙の壁面静圧分布を調べた上で、さらに油膜法によって衝突壁面上の流れの様子ならびに噴流と流出流との干渉状況を明らかにしている。

A 2 2 5：液体金属-ガスの二相流による衝突噴流の熱伝達特性を、ナック-78とアルゴンガスを用いて調べている。また、衝突噴流の流出壁境界をノズル・プレートによって構成し、その特性も明らかにしている。そして、水-空気系の衝突二相噴流の結果との比較考察も行っている。

以上、本セッションで発表されたそれぞれの研究内容を筆者の個人的見解を抜きにして概観してみたが、噴流出口の渦発生に関する研究ならびに噴流拡散火炎に関する研究のような現象自体に興味の持たれる研究、レーザ誘起蛍光法の濃度分布測定への応用研究ならびに光ファイバーセンサによる感温液晶膜の温度分布測定への応用研究のような新たな発想での計測法を確立する研究、さらに、流路内主流と衝突噴流との干渉、噴流と流出流との干渉、二重管間隙の噴流群、固気二相衝突噴流などの実用を念頭においた研究がうまく調和してセッションが構成されていた。それに加えて、日本の噴流研究の創始者の先生方のセッションを盛り立てる討論から大学院生の素朴な質問に至るまで、活発な質疑応答が行われた。したがって、本セッションは今回のシンポジウムを非常に有意義なものにしたセッションの一つであると確信し、噴流に関する研究が増々盛んになることを願っている。

最後に、本セッション中ではないが噴流に関連したものとしては、F314において、噴流ノズル出口のレイノルズ数 $Re=4,500$ 一定の条件の下で行われた、二次元衝突噴流のよどみ点の流動機構に関する研究結果が報告されていることを付記させていただく。

「自然対流一般」セッションの概要、討論、感想

能登 勝久 (神戸大工)

この「自然対流一般」セッションは、シンポジウム第2日目の午後15:10 - 16:50にA室で行なわれた。5件の研究発表がなされ、討論も極めて活発だった。なお、講演室の前の1、2列目に空席がすこし散在した程度のほぼ満席状態だった。

異種流体間の熱および物質移動現象が1件、マランゴニ対流が1件、大規模熱対流が1件、加熱壁から低プラントル数流体への熱伝達が1件、建物内2室間の実物大模型による熱移動実験が1件の合計5件で、自然対流を扱っている共通性以外に、各研究内容相互には強い関連はない。

A241の「ソルトフィンガーのセル構造に関する研究」では、ソルトフィンガーの現象が光学的に観察・測定された。上部容器には濃度1.0 - 2.5%、温度60°Cの塩水が、下部容器には温度4.0°Cの蒸留水が満たされており、これらの二溶液の界面に発生するソルトフィンガーの生長挙動を扱った。セル幅を濃度信号波形の平均周期と微小光ファイバー濃度センサの水平方向への移動速度から求め、セル幅とソルトフィンガー長さは、ともに時間とともに増大することを明らかにした内容である。下部容器内流体の界面上方への移動のメカニズム、対流の発生原因、光ファイバーセンサが3本の理由、ソルトフィンガー長さの定義、測定時のテストセクション移動の理由などが質疑応答された。このように本研究は、今までによく扱われてきた固体壁と流体間の熱および物質移動現象ではなくて、異種流体間の熱および物質移動現象である。そのため、3次元・時間依存のこの現象の再現性は固体・流体間の現象に比較して弱く、したがって測定に大変工夫がなされており、現象を正確に捉える段階に現在あり、今後の更なる発展が期待される。

A242の「直流電場下の自然対流の発生」では、水平流体層で直流電場による電気力対流とマランゴニ対流の発生を理論的に扱っている。線形攪乱方程式を誘導し、この対流不安定問題を固有値問題として表現した。臨界マランゴニ数 Mac と臨界直流電気レイリー数 Edc がそれぞれ固有値として表された。導電率に起因する無次元数 S と電気と熱の緩和時間に起因する無次元数 K を導入した。その結果、 Mac と Edc のビョー数 Bi 、無次元数 S 、無次元数 K への依存性を明らかにした内容である。発表者の既報のパラメータとの関連、導電率の2次関数近似、解析モデル、電場方程式のクーロン力項、代表温度差の定義などが、質疑応答された。本研究は発表者グループが精力的に進めている電磁場中のマランゴニ対流に関する研究の一環で、更なる研究の進展を期待したい。

A243の「大規模熱対流の生成機構(水平境界層浮力の効果)」では、従来のHansen & Ebelの高レイリー数の2次元、大規模、定常、自由対流の解の物理機構を解明しようとしている。大規模

対流では、セルの表面速度減少は水平境界層厚さを増大させ、その結果、浮力によって水平方向の推進力が発生し、セル中央部にコアが形成され、大規模対流の平均ヌセルト数は、レイリー数の1/4乗に比例し、セルの縦横比の平方根に逆比例することを明らかにした内容である。ヌセルト数の定義、鉛直方向に浮力が働いているにもかかわらず、これが強く作用しない理由などが質疑応答された。従来、解の一意性が証明されていないために、本研究では自然対流解の2価性を想定している。この2価性と、分枝問題との対応関連の考察が今後必要と思われる。

A244の「垂直平板における低プラントル数流体の自然対流熱伝達」では、垂直平板から低プラントル数流体への層流自然対流熱伝達が理論的に研究された。等温壁に沿う低プラントル数流体の自然対流の境界層方程式の厳密解(自己相似解)は、従来から得られて来ているが、この研究では、よく知られた連立常微分方程式をNachtsheim-Swigertの繰り返し法を採用して、ルンゲ・クッタ法で計算し、自己相似解を求めた。従来の各研究者の実験精度の良し悪しを判断出来ないため、この研究の目的と結果を、実験精度を見極める目安を提示することとした内容である。プラントル数がゼロの場合との関連、発表者が得た平均ヌセルト数の整理式、平均ヌセルト数グラフの横軸 $Gr_x Pr^2$ などについて質疑応答がなされた。境界層方程式では解の見通しは確かに良いが、流れ方向の熱伝導をもし考慮すれば、摂動展開になって解の見通しの良さは崩れるため、Navier-Stokes式とエネルギー式の数値解析によるアプローチとの対比検討が、今後は是非必要と思われる。

A245の「室内壁からの自由対流熱伝達の模型実験」では、実物大の建物内の高温室と低温室間の熱移動が、供試流体として空気の実物大模型で実験的に研究された。実験結果を前報と比較している。前報は、空気およびフロンガス(R114)を供試流体とする1/5模型による実験である。内部の流体および隔壁の鉛直方向温度分布、温度成層度、隔壁通過熱流束、隔壁の局所ヌセルト数を各実験と比較し、その結果、フロンガス(R114)を用いた1/5模型で、実際の建物内の室間の熱移動が模擬できることを示した。本研究成果の実用化、熱放射、フロンと空気の物性値の温度依存性の相違などについて、質疑応答がなされた。空間スケールの大きな自然対流現象は自然現象や環境問題で数多いようで、また未解決の問題が多く、これまでの伝熱シンポジウムでは、空間スケールの大きい自然対流現象の発表があまりなく、今回、大空間を対象とした自然対流現象が、A243とA245で報告されたことは、着目できる。

乱流モデルと数値シミュレーションセッションの概要

宮内 敏雄（東工大）

乱流モデルと数値シミュレーション（I、II）のセッションでは合計8件の研究発表が行われた。その内訳は $k-\varepsilon$ モデルの改良に関する研究が3件、応力方程式モデルに関する研究が2件、スペクトル法、LES、燃焼のシミュレーションに関する研究が各1件である。いずれの講演に対しても活発な質疑応答が行われ、この分野への関心の高さが示された。

A311の研究はレイノルズ応力方程式モデルから導出した単純化されたレイノルズ応力の関係を基に、自軸回りに回転する管内を流れる二次流れを生じない比較的単純な旋回流の特徴を $k-\varepsilon$ 2方程式モデルにより再現しようとするものである。 k と ε の輸送方程式としてはいわゆる標準の低レイノルズ数型 $k-\varepsilon$ 2方程式モデル（JL）を用いている。また、レイノルズ応力方程式モデル（LRR）を基に、流れが十分発達しているという仮定と拡散項を無視するという近似の基にレイノルズ応力関係の定式化が行われている。解析結果から層流化現象、二次曲線状の流速分布をよく予測できるが、旋回が強くなった場合に層流化の傾向が強まざる点や、リチャードソン数を組み込む方法はそれ自体で強い層流化の傾向を示し、レイノルズ応力の収支を考慮するこの方法と両立しないことが明らかにされており、今後の改善が期待される。

次のA312の研究はA311と同様にLRRモデルに適当な近似を施すことによりレイノルズ応力成分の陽な表現式を導き、正方形断面を有する直管路内のレイノルズ応力の非等方性に起因する二次流れの予測を行おうとするものである。この問題はすでにDemuren-Rodiにより扱われているが、Demuren-Rodiにより導出された6つの代数式はレイノルズ応力成分に対する陰的な表現となっており、各成分間のカップリングが強く、一般に反復計算が不安定となるため、レイノルズ応力成分の陽な表現式を導く必要がある。計算結果はDemuren-Rodiの計算結果と良好な一致を示しており、実験結果との定性的一致を示しているが、定量的一致には至っておらず、今後の改善が期待される。

A313はレイノルズ応力方程式モデルを用いて加熱層流化現象の発生機構を明らかにすることを目的としている。このために強く加熱された円管内ガス流の3方向乱流強度やレイノルズ応力の変化をレイノルズ応力方程式モデルを用いて数値計算により求めている。乱流モデルには壁近傍まで計算可能なLaunder-Shimaのレイノルズ応力モデルを採用しており、定常・軸対象の仮定と境界層近似が採用されている。低熱流束加熱の場合、バルクスタントン数とバルクレイノルズ数の関係は実験結果とほぼ一致しているが、円管内流の遷移レイノルズ数に関し

ては多少大きめの値を予測しており、改善の余地が残されている。高熱流束加熱の場合には、その予測精度は必ずしも十分ではないが、Dittus-Boelterの実験式にほぼ近いものとなっている。また、バルク Stanton 数が下流で層流値まで低下しても乱流エネルギーの絶対値は減少しないが、3方向乱流強度の非等方性は増大し、レイノルズ応力は大きく減少することが示されている。

A 3 1 4 は熱の渦拡散係数を、関連する速度と温度の乱流諸量の輸送方程式から求める温度場 2 方程式モデルを速度勾配のない自由乱流の熱輸送解析に適用した研究である。レイノルズ応力は壁・自由乱流の漸近条件を満たす $k-\varepsilon$ モデルに基づいており、温度場の基礎方程式は温度場乱流諸量の壁面漸近挙動を自動的に再現する $\theta^2-\varepsilon\theta$ モデルと熱の渦拡散テンソルに立脚している。一様等方性乱流と一様非等方性乱流に関する実験結果との比較から、減衰初期における温度場の緩和過程をよく予測できることが示されている。

A 3 2 1 はスペクトル法による矩形ダクト内におけるベナール渦制御の数値シミュレーションに関する研究であり、発生する対流をダクトの側壁温度条件を変えることによって制御することを目的としている。種々の側壁温度条件に対して数値計算を行い、側壁温度条件を変えることによってベナール渦の制御が可能であることが示されている。

A 3 2 2 は乱流混合層内の大規模渦構造を解明するとともに、大規模渦構造における圧力場と渦度場の関係を明らかにすることを目的として、空間的に発達する乱流混合層の Large Eddy Simulation を行った研究であり、高レイノルズ数の乱流混合層中にも大規模な二次元渦構造が存在すること、圧力と密度は密接に関係しており、負の圧力はスパン方向の負の渦度に対応していることが明らかにされている。

A 3 2 3 では下流に行くに従いアスペクト比が変化する湾曲風洞を対象とした数値計算をレイノルズ応力方程式、乱流熱流束方程式を解くことにより行っている。複雑形状を取り扱うことのできる数値解析手法としては境界適合座標系を取り上げ、対流項、拡散項のモデル化に際しては Rodi による近似を用い、代数応力モデルを採用している。計算結果は乱流エネルギー、垂直応力の減衰とも計算値は実験値を大幅に上回っており、非回転歪に関連する付加的な散逸項の必要性が示唆されている。

A 3 2 4 は円筒二次元軸対象座標系における噴霧燃焼シミュレーションにより、 NO_x 減少法として広く採用されている 2 段燃焼法について検討することを目的としており、数値計算には噴霧滴の運動、噴霧滴の燃焼、 NO の生成反応、気相析出型すすの生成反応が考慮に入れている。計算結果と実験結果の比較から排出口における NO 生成量とすす排出量に及ぼす 2 段燃焼空気比の影響はよく予測できるものの、燃焼室内における温度分布、 O_2 濃度分布、 NO 濃度分布に関しては計算値と実測値の一致は必ずしも十分ではなく、今後の改良が期待される。

今年の伝熱シンポジウムは、種々新しい試みがなされた。本「電子機器の冷却」のセッションを一つにまとめたのも、今回が初めてであろう。7件の論文が発表された。強制対流一般のセッションでも2件電子機器の冷却に関連する論文があった。なお、昨年は、各セッションで7件の電子機器の冷却に関する論文が発表されたが、今年もほぼ同等の発表件数であった。本セッションは、最後の日の午後であるので、出席者が少ないかと思われたが、最後まで多くの人達が参加され、熱心に質疑応答が行われた。

電子機器の冷却と一口に言っても、各論文は広範囲にわたっている。ここでは7編の論文を独断により、(1) 自然対流冷却、(2) 強制対流冷却、(3) 浸漬液冷却、(4) 熱設計問題に分けて各論文の内容を概説してみる。

(1) 自然対流冷却

A332とA334は共に垂直に並べた基板上のICパッケージ群を自然対流で冷却する問題を取り上げている。このうちA332は、プリント基板を平板近似してこれまで提案されている自然対流熱伝達率の式を用い、基板の熱伝導及びふく射伝熱などを考慮しながらネットワーク解析法によって各部の温度を求め、実験値と検証している。一方、A334は、A332と同様に基板の熱伝導及びふく射伝熱を考慮して、分散熱源を有する平行平板群内の自然対流を差分法によって数値解析を行い、著者及び他の研究者の実験データと対比している。しかし、熱源の有効面積の取り方や誘起流量の見積りなどが困難なため、理論値は実測データと充分な一致が得られていない。実際の応用を考えたとき、これらの問題点を解決すると、本解析結果は有効となるので、今後の進展を期待したい。

(2) 強制対流冷却

A331は、プリント基板に配列されたICパッケージの強制対流熱伝達特性を予測するため、既存の乱流モデルにより数値解析を行ったものである。ここでは加熱壁面を等温条件としている。一方、著者の実験データは $Nu \propto Re^{0.66}$ に近い傾向を示しているので、等熱流束条件に近い。実際には、等温でも等熱流束でもないので、ICパッケージ内部の熱伝導まで考慮した解析についても展開されると有難い。なお、強制対流一般のセッションでも2件(D231, D232)電子機器の冷却を対象とする論文が発表された。同一セッションで行われたら、互いに関連した討論が行われたのではないかと考える。今後、このようなセッションが設けられた場合、考慮していただければ有難い。次に、A333は、チップ内の微小発熱素子の強制対流冷却問題を取り扱ったものである。微小発熱素子からの伝熱は、基板内熱伝導が最も支配的であり、 $2.0 \mu m$ 角の発熱体の発熱量のうち80%を空気流に放熱するのに素子中心から2

mmの範囲を要するなどを示した。微視的規模の熱伝導と巨視的規模での対流伝熱の複合問題は、マイクロ伝熱として今後の展開が期待される。

(3) 浸漬液冷却

浸漬液冷却は、電気絶縁性の高い液体を直接電子機器に接触させて冷却する新しい冷却法で、例えば、米国クレイ社のスーパーCONCRA Y 2等が有名である。A341は、冷却液体の相変化を利用し、プール沸騰冷却、強制対流沸騰冷却、衝突噴流沸騰冷却と3種類の実験を行い、冷却能力の評価を行った。その結果、衝突噴流沸騰が高熱流束の冷却に有効であることを示した。なお、プール沸騰冷却を除き、強制対流沸騰、衝突噴流沸騰の効果を例えばポンプ動力、サブクール度などのパラメータなどで評価できれば、有効性がもっと明らかになる。

(4) 熱設計

A342とA343は共に熱回路網による熱解析法について発表したものである。一般に、電子機器では、放熱経路及び伝熱形態が種々複雑になっているので、高度のシミュレーションを行う前に熱設計に役立つ簡便な熱解析が行われる。A342は電球形蛍光ランプを、A343はX線管を例にとり、熱回路網の有効性を示している。上記解析法は、冷却の支配場あるいは冷却改善効果など大雑把につかむ場合に特に役に立つ。しかし、熱の伝わり方などあらかじめ決められてしまうので、思わぬ所の冷却経路を見落してしまう恐れなどがある。この点、著者らは各部の温度計測を行い、各熱回路網の見直しを行って行く必要もあろうと述べている。

最後に感じたことを述べて本稿を終えたい。第一に、本セッションのようにメーカサイドに立った発表だと、大学の先生方よりメーカの人の質問が多く活発である。メーカの研究者が今直面している課題を異なった角度から見られるので、今後、このような機会が増えることを期待したい。今年の伝熱シンポジウムでは、企業からの発表が全体の約17%と昨年の約12%より増えている。一般セッションの他に企業側からのある程度課題提起あるいは実用化例の発表もあってよいのではないかと思う。第二に、討論時間が制限されているので、十分な質問ができない。この解決方法として例えば下記の方法も考えていただければ有難い。それは、発表が終了しても会場に用意された討論用紙に記入すれば、後日になっても回答がもらえるようにする。例えば、実験装置あるいは実験テクニックなど簡単なことを教えてもらうのに役に立つ。なお、上記方法は私の会社で採用している方法でもある。

以上勝手なことを思いつくままに申し述べてきました。浅学非才ゆえお許し下さい。

多孔質体の熱伝達に関しては、慣性の影響に基づく非Darcy効果、燃焼ガスの流入する多孔質体あるいは通気を伴う断熱層において水分移動が付随する熱・物質の同時輸送、境界形状ないし境界壁熱抵抗の自然対流抑制効果、くぼみ内球状粒子充填層内の共存対流また多孔質体まわりの自然対流等について検討がなされた。

B111は、圧力こう配がステップ的に付与される際の流れについて、速度の2乗に比例する流動抵抗が、定常状態までの緩和時間を短くする(もともと慣性は極めて小さいので、慣性が影響する時間範囲は流速の遅い極く初期に限られるが、速度2乗比例の抵抗による慣性効果が、この時間範囲をさらに小さくする)ことを示し、また同時に壁温のステップ変化に対応する温度分布の定常解への移行過程が、ほぼ一次元非定常伝導解で記述できることをスケールアナリシスに基づいて簡明に示している。慣性が影響する程度に流速が大きくなると、空隙代表寸法 \sqrt{K} と同じオーダーの温度境界層厚さが問題となる場合も考えられ、壁の極く近傍での流動、熱伝達が多孔質微細構造によっては、それが巨視的レベルの方程式に完全に還元出来ない部分が残ると思われる、解析の適用範囲の検討も難しい。B112は、高温燃焼ガス中に含まれる水分が多孔質内通過時に凝縮を生じ、次いで自己加熱による蒸発、乾燥のため、凝縮フロント、蒸発フロント、乾燥フロントによって特徴づけられるような極めて短い区間内での急激な状態変化が生じること、多孔質内に凝縮・蒸発の相変化等温区間を含む3段階の温度平坦区間の出現が示されたことは重要な観察結果と思われる、またその解析モデルが示され大変興味深い。従来の鑄砂内の水分移動等は流動蒸気の圧損が大きく、温度レベルの流れ方向変化が大きく、本報告のようにはっきりした温度平坦部が観察されなかったと解釈できることになる。したがって逆に、本報告の主目的からは逸脱する部分があるかもしれないものの、水分が多く透過率が小さくなり、流動圧損ないし流れとの連成の影響が大きくなる場合への一般化の問題も大いなる関心事かと思える。B113においては、断熱材中の水分は、いわゆる「ヒートパイプ効果」による断熱性能の低下の問題をもたらすが、さらに寒冷地においては水分の凍結挙動が問題となること、また暖風の表層通気が表面温度こう配をなだらかにするため断熱層熱流束を低減すること、通風温度の低下は水分蓄積を抑制するものの、強制対流効果が断熱性能の低下をもたらす場合があることが指摘された。多孔質表面から純流体への熱・物質移動の問題が絡むとき、やはり通気層と断熱層の界面境界条件の取扱いにはなお興味深い課題が残されている。B114においては、コークス層内の亀裂進展における破壊力学パラメタに対する非定常熱伝導による加熱昇温速度の影響が検討された。伝導場の形状変化のみならず対流場としての境界条件変化に破壊力学あるいはさらに摩擦、潤滑特性、加工条件等が関与する問題は今後も一層重要な課題

となるものと思われる。

B121は、鉛直多孔質層の自然対流に対するハニカム構造の影響を検討している。ほぼ同じ鉛直高さの長方形多孔質層と同じ伝熱特性をもつこと、側壁熱伝導が対流を抑制すること、鉛直高さ H と層厚さ L の比 $H/L < 1$ のときは、ハニカム構造が二次元長方形層に比べて平均的に（等価的な）比 H/L をより小さくするため、ヌセルト数を小さくする方向に作用すること、逆に $H/L > 1$ のときはよりピークヌセルト数側に近づける作用があり熱伝達特性を向上させる（高温および低温境界層に発達する境界層の干渉が小さくなる）ことが示されている。多孔質層のふく射抑制効果、対流伝熱のふく射伝熱との連成効果について討論があったが、一般的に、このふく射との複合伝熱は、多孔質熱伝導率の定義ともからみ今後さらに検討されるべき課題となる。B122においては、環状多孔質体内の自然対流に対する管壁熱抵抗の影響が検討された。管壁熱抵抗による熱伝達の低下の程度が、管壁熱伝導率をパラメタに示されている。この場合、半径方向の管壁熱抵抗が熱伝達を低下させることは明かであるが、さらに周方向の熱伝導の影響による対流の抑制作用が問題となる。これに関連して、周方向熱伝導が、局所ヌセルト数を平均化する作用をもつことが示されている。このことが全伝熱量の低下に対するこの周方向熱伝導による低下の割合をどの程度としているのかに関心を覚える。半径方向と周方向の熱伝導の影響が分離した形で理解できれば有り難いことであるが、これにはやはり管壁熱抵抗のパラメタにも2通りいるのかも知れない（周方向長さが内部対流のパラメタとしてのみでなく、管壁熱伝導のパラメタとしても作用し、また熱抵抗をあらわすパラメタに二つの長さスケールが関与する）と思える。B123においては、自由空間内の多孔質体の自然対流が議論された。これまでに多孔質内部の自然対流に多くの研究があるが、多孔質体まわりの自然対流についてはほとんど検討がなされていない。本報告はその方向の解明へのまだ初歩段階の試みであり、どの程度の透過率であれば全面固体壁とみなされるかを検討したものであるが、多孔質表面の境界条件および深部対流と関連して今後さらに検討されるべき問題を多く含んでいる。B124も純流体の強制対流場に接する多孔質体の自然対流・強制対流の共存対流を検討したものであるが、強制対流境界層の発達に多孔質体内部の流れがどう影響することになるか、粒子径、くぼみ部の深さ、流れ方向長さ、レイノルズ数、レイリ数を変化させ、種々パラメタの影響について、実験的な検討が行われている。球状粒子充填の多孔質層においては界面あるいは界面近傍の空隙率変化、界面近傍の多孔質構造が境界条件にどう影響するか等も含み、大変難しいが興味深い問題である。

多孔質体内相変化、拡散の取扱い、多孔質体とこれに接する純流体との間の界面境界条件、界面における内外流れの干渉等はまだ基本的な検討が始まった段階であるが、やはりこれらはいずれもかなり限定された空間で急激な変化を生じるので、空間限定化の極限では、その巨視的レベルの表現に多孔質の微視構造あるいはそこでの局所的な現象をどう反映させるかが問題となるように思える。

複合伝熱セッションの報告

森 康彦（慶応大学理工学部）

当セッションの座長を代行した関係でここに報告を書かせていただくことになったが、この分野についての筆者の不勉強のため十分な総括ができかねることを予めお詫びしておきたい。

5件の発表内容は、研究の対象そのものについても、またそこで用いられた手法についても、相互にかなりの隔たりがあり、セッションとしてはいささかまとまりを欠いたさらいがある。おそらく講演申し込み時の希望に従った結果と思われるが、プログラムを見てから後悔された発表者もおられたようである。他の研究者の申し込み状況を知らずに申し込みを行う発表者と、発表者が提示した題名と希望セッションだけを頼りにセッション分けを行わねばならない準備委員会。多少の行き違いは己むを得ないところであろうが、発表件数の増人や発表内容の多様化と共にこの問題はより頻繁に生ずるようにならう。何か方策が考えられるとよいと思う。

B151はホログラフィー干渉法による温度場の計測技術に関するものであり、計測対象として自然・強制複合対流場が用いられている。撮影された干渉縞より算出した伝熱面平均ヌセルト数とエネルギーバランスから求められたそれとの対比より、最適な撮影カメラの焦点位置や実験中の温度変化に対する補正の必要性が論じられているが、このような較正が行い得ない場合への対処の方法なども含めて、今後一般性のある定量的指針の提示を期待したい。

B152は矩形容器内の自由表面を持つ液体プールを対象とした自然（浮力駆動）・マランゴニ複合対流を実験及び数値計算によって調べたものである。自由表面上に線状熱源を置いた場合の表面の流速や温度分布について実験と計算はよい一致を示している。

マランゴニ対流についての研究は次第にふえつつあるようであるが、研究の対象とされている系が実験あるいは解析の都合に合わせて選択されているように見えなくもない。系を構成する物質、寸法、形状、温度条件等をどのように選ぶのが工業上の具体的問題との関連にまいて、あるいは現象のより一般的な理解のために必要かを更に考える必要があるように思うが、いかなるものであろうか。

B153は温度成層流における運動量および熱の輸送に及ぼす浮力の影響を解析的に調べたものであるが、残念ながら筆者はこの種の研究を評する能力を全く持ち合わせていない。この研究はやはり乱流関係のセッションにおいてその方面の研究者による討論を受けた方がよかったのではないかと思考する次第です。

B154は水中に置かれた水平円柱まわりの強制・自然複合対流についての実験的研究である。実験データはよくまとまっており、これをもとに実用的な相関式が作成できるであろう。

B155は、返しバンド内を水が流れる際の凍結挙動を実験的に調べたものであり、凍結層の特異な発達過程が示されている。凍結挙動は流路断面の形状・寸法、曲率、流速、さらにそれにそれ伝熱研究 Vol. 29, No. 114

らの因子に依存する二次流れのパターン等，様々な条件に依存すると考えられ，一般的な理解に達するのは骨の折れる仕事と思われる．今後の進展を期待したい．

限界熱流束・極小熱流束についての現状と問題点について、講演発表及び討論を通して感じたことを中心にまとめてみた。

まず、限界熱流束に関連する発表は、B211, B212, B214, B221, B222, B223, B225 で、このセッションの大部分をしめていた。B211 及び B212 では、まず限界熱流束の発生機構に関連する物理モデルを提案し、そのモデルを細線に対して適用して得られた整理式と従来報告されている細線の限界熱流束データとの比較を行っている。B221 は、気液対向流式沸騰管内の限界熱流束を測定し、この系の限界熱流束が従来の限界熱流束と異なる特徴をもつことを明らかにしている。B222 と B223 は、それぞれ垂直二重円管内の自然対流沸騰系及び垂直円管内の強制流動沸騰系の限界熱流束を測定し、その無次元整理式の導出や従来の整理式の適用範囲等について報告している。B222 と B223 は、限界熱流束の発生機構に触れず、主に限界熱流束の無次元整理式の導出に主眼を置いているという点で、B211 と B212 の間に大きな違いが見られた。

ところで、限界熱流束の発生機構については、現在、気液二相流の不安定問題に端を発したいくつかの物理モデルがあるが、その中で、「Mechanical Energy Stability Criterion」と「Critical Liquid Film Thickness」という概念が最近よく引用されている。2つの概念とも基本的には、気液界面での不安定から決定される物理量を基にしているが、個人的には「Critical Liquid Film Thickness」に近い立場で研究を進めている。「Critical Liquid Film Thickness」という概念は、加熱面上に形成される液膜の厚さを決定するものとして Helmholtz の不安定波長を用いているが、更にこの概念の根底にあるものは、「この液膜の消耗と液膜への液体供給」を限界熱流束と結びつけていることである。ところで、B211 と B212 で提案されている発生機構は、「Critical Liquid Film Thickness」と同じ根底に端を発しているが、この液膜の厚さに関して、「不安定理論」に拠っていない点の特徴である。そして、B211 と B212 では、この液膜厚さを合体気泡の離脱頻度についての半経験式(ある任意定数が含まれている。)に基づいて予測したもので、液膜の厚さを直接測定したものではない。このため、この2つの量は、少なくとも2つの任意定数をもったままで与えられるので、限界熱流束の予測式においても、この未定定数を含んだままになっている。以上のような状況を考えると、限界熱流束を決定する上で鍵となっている液膜厚さとその形式機構については、依然として不十分なままになっているとって過言でないようである。B225 は、円管内にねじりテープを挿入し、限界熱流束の上昇を目的にした実験を行い、ねじりテープが限界熱流束に果たす効果を報告している。

次に、膜沸騰極小温度と極小熱流束については、このセッションでは、B213 だけであったが「沸騰のメカニズム」のセッションでも膜沸騰における極小温度に関連した発表があったので同一セッションでなかったのが多少残念に感じられた。ともあれ B213 では、極小点を決定する物理モデルとして、「不均質自発核生成モデル」を提案し、Taylor不安定性に基づくものでないとの報告がなされた。この不均質自発核生成モデルに対する反論もあったが、固液接触に関する研究（E123 では、接触角の測定に関する研究が行われている）がより一層望まれるように感じられた。

過渡沸騰については、B214 から B224 で報告されている。B214 は、超流動液体ヘリウムIIの過渡熱伝達とその限界熱流束に関するものであったが、過渡限界熱流束については、従来、種々の液体に対して広く研究されており、この結果が、超流動液体ヘリウム特有の現象であるのかどうかの議論が欲しかったように思う。また、B224 では、非定常冷却法によって垂直管内流膜沸騰の崩壊と伝熱面リウエット現象について発表がなされている。この発表についても、「沸騰のメカニズム」のセッションに関連ある発表があった。特に、B213については、E112, E113, E114, E116 についての討論中にも、両者の講演論文がお互いに引用される等、活発な討論が行われた。膜沸騰及び過渡沸騰についての発表 B213, B214, B224 については、「沸騰のメカニズム」のセッションと同日に行われた方が、記憶も鮮明でより活発な討論がなされたのではないかと思う。

最後に、「虎穴に入らずんば虎子を得ず」のたとえ話ではないですが、大胆な仮説とその実証が表裏一体となって新しい世界が切り開かれることを思い浮かべながら本セッションをもう一度ながめると、限界熱流束の発生機構については、「液膜の消耗と液膜への液体供給」の問題であろうとの考え方については余り異論はなかったようなので、この液膜の特性を明確にして行くことがこれからの問題であるように思われる。

本セッションで感じたことをまとめてみましたが、不勉強のための独断と偏見をお許しください。

沸騰・凝縮利用機器セッションでは9件の発表があった。セッションの性格上、どの研究も特定の機器を対象としており、目的が明確で実用的である。同一のグループによるものを除けば、研究の対象とされた機器はすべて異なる。このため、セッションに共通な論点は見出せず、シンポジウム形式の討論は適していないと感じた。同時に、沸騰凝縮利用あるいはそれに起因する問題の多様性を改めて認識した。

どの講演の結論も、研究の進捗度に応じて曖昧さに相違はあるにせよ、分かりやすかった。しかし、目的の明確さや結論の分かりやすさが熱気のある討論へ直結したようには思われなかった。これは、3日目のセッションであったこと、一言ある先生方の出席が少なかったこともあろうが、主として、特定の機器について局外者が自ら問題点を把握するのは一般に困難なためであろう。以下に各講演の概要を紹介してレビュアーの義務を果たすが、筆者も局外者の一人なので、誤解があったとしてもお許しいただきたい。

B311, B312, B314は同一グループによるBWRの湿分分離加熱器内の凝縮に関する研究である。B311では、実機内で各種の作動流体を凝縮させた実験結果に基づいて作り上げた実験式（既に報告済み）を、新たに別の作動流体を用いた実験結果にも合うように修正している。この実験式は、蒸気から液体への凝縮熱伝達率（講演論文集には直接接触凝縮熱伝達率と書かれている）に対するもので、湿分分離加熱器内の低クオリティ領域から負のクオリティ領域の凝縮熱伝達を評価する際に必要となる。ところで、現実にはこのクオリティ領域まで適用できる凝縮熱伝達率の表示式はないらしい。B312では、別に実験装置を製作して、このクオリティ領域における凝縮熱伝達率を測定している。同時に、B311で得られた気液界面凝縮熱伝達率を用いて非平衡伝熱モデルによる解析を行ない、実験結果とよく合うことを確認している。

性能の高い凝縮伝熱管として知られる水平ローフィン付管については、単管および管群に対して汎用性の高い伝熱性能計算法が既に提案されている。しかし、この方法では、複雑な数値計算が必要で、実用に適さない場合がある。B314では、もっと簡単でしかも精度的にも満足できる計算方法を提案し、実験によってその有用性を確かめている。この研究では、目的上、汎用性（任意のフィンの形状と間隔、作動流体などに対する適用性）を犠牲にしているため、適用条件を明らかにすることが必要であろう。

かき取り式抄紙機が実現するとすれば、回転抵抗を生じさせないために、スクレーパと抄紙機内壁面との間に隙間が設けられることになるであろう。B313では、スクレーパの背後のかき

残り液膜が凝縮熱伝達と流動状態に及ぼす影響を評価を試みている。設定された隙間の範囲では、液膜の流動は粘性力と慣性力の両者に影響される。伝熱実験の結果はどのモデルによる解析結果とも合わないが、固体膜モデルからの結果を修正することにより簡単な熱伝達表示式が得られる可能性がある。乱流液膜モデルでは、適切な乱れの分布を見出す必要がある。

B321では、希ガスMHD発電機の上流で作動流体に注入されたシード材が下流の排熱回収ボイラーでどの程度凝縮し、除去回収されるかを、模擬シード材を用いて調べている。この研究の特徴は、凝縮成分の分圧が非常に低いことにある。実験の結果は、仮定に基づいた計算結果とよく一致している。実際のボイラーに対して同じ計算を行なって、シード蒸気はほとんどすべてボイラー管表面に凝縮するとの結果を得ている。結論として、ボイラーにシード回収部分を設ければ、回収装置を別に設ける必要はない。

B322は、宇宙往還機の大気圏突入時に機内排熱を行なうためのアンモニア水フラッシング蒸発器の設計データを得るための基礎研究である。蒸発器の単段を模擬した狭い流路に水あるいはアンモニア水を噴射して、実験を行っている。講演前刷によれば、測定された熱伝達率は強制流動沸騰の相関式から求められるものと相違する。講演では、液膜流として計算すると実験結果を説明できるとの補足があったが、詳細は不明である。研究は緒に就いたばかりのように思われるので、今後の進展を待ちたい。

B323は、冷媒（フロン）の凝縮と沸騰を利用する潜熱蓄熱器の研究で、装置を大型化して性能を評価している。蓄冷過程では、冷媒蒸気が冷却管表面で凝縮し、冷媒液は蓄冷材（水）との液々接触面で沸騰して水から除熱する。放冷過程では、加熱管表面で冷媒が沸騰する。このように沸騰と凝縮を利用するので熱コンダクタンスが小さく、蓄冷と放冷が迅速に行われる。水にn-ブタノールを添加すると、性能は著しく向上する。

PWRの蒸気発生器の多数の伝熱管とそれらを支持するスペーサとの間の狭い隙間（クレビス）にはドライアウトが生じやすく、そこに2次冷却水中の不純物が濃縮して、管を腐食する。B324の目的は、ドライアウトを生じにくいスペーサの形状と管支持方法を見出すことである。実験の結果、3つのスペーサ形状のうちの1つが有効と判定された。また、腐食が生じやすいところは、ドライアウト部ではなく、その周辺であることが判明した。

例えばスチームアキュムレータでは水蒸気がサブクール水中に吹き込まれる。このとき急激に蒸気が凝縮し、液体と液体が衝突して振動音が発生する。B325では、オリフィスの形状や材料を工夫したり、非凝縮性気体を蒸気に混合あるいは別経路から水中に送入することにより、この振動音の抑制を試みている。強度的な問題があるが、多孔質材オリフィスの使用は水のサブクール度を緩和させながら水蒸気と接触させる目的を果たし、振動音抑制効果が高い。

第27回日本伝熱シンポジウム：高性能コンパクト熱交換器セッション

平松 道雄（日本電装）

今回、担当した熱交換器セッションについて、企業の研究者の立場から意見や感想を少し述べてみたい。

今年の熱交換器セッションは計6テーマ、昨年より少ないが、これはコンパクトという形容詞がついた為か、他のセッションへ振り分けられたものもあろう。いずれにせよ、各テーマの研究内容は熱交換器を開発・設計する上で、貴重な情報源である。

さて、全テーマ6件の内訳をみると、熱交換器の性能検討に関するもの3件(B331,332,333)、汚れやファウリングに関するもの2件(B334,335)、伝熱に関与する流れの現象については1件(B336)である。このうち、大半が継続テーマとしてステップを追って研究がなされており、講演会での質疑応答の中から、次の課題を見いだしていく姿勢は大切であろう。

以下、今回の発表テーマについて、簡単ではあるが、私なりの意見を交えて解説させて頂く。

(1) 熱交換器の伝熱性能

最近とはくに、数値計算を使った例が多く見られるようになった。数値計算の利点は、解析モデルの工夫と適切な計算手法の導入により、実験では簡単に得られないような多くのパラメータや水準で評価できることであろう。

このセッションのB331などは解析モデルの工夫により、熱源からのフィンの熱伝導を含めた3次元的な解析を試みた例である。ただし、このテーマでの質疑応答にもあったように、パラメータが多くなってきた場合の主要因子の選定が重要であり、研究を進める上でのポイントでもある。

また、B332は産業機器であるATR(Air Turbo Ramjet)への熱交換器の適用を、前報(第21回伝熱シンポジウム)の計算評価に続いて、実験的に評価検討した例である。このテーマのように、応用が特定された場合は、普遍的な内容よりもむしろ熱交換器のイメージ(構造、材質、使われ方など)の方が話題になった。

B333は、シングルブロー法と呼ばれる非定常冷却の原理を利用した装置(第25、26回伝熱シンポジウム)でルーバードフィンの幾何学的形状を系統的に変化させた場合の伝熱特性と圧力損失を明らかにしている。(ただし、得られた実験相関式は、今回実験したタイプのルーバードフィンに限定される。)今後、形状の異なった種々のフィンへの取り組みに期待したい。

(2) 熱交換器の汚れ、ファウリングの問題

どのような熱交換器でも、長期に及ぶ使用で性能が低下するといった問題から回避できない。ことに、伝熱面にゴミや泥などが付着したり、流体中の溶解物質が壁面に析出することによって、熱交換器の性能が著しく低下することもある。

B334では、空気側のフィンの汚れ付着に関して、熱交換器の使用環境や回収品の調査結果をもとに、汚れ付着実験装置を用いて実使用環境下の運転の再現を試み、実際の使用状態のものとベンチによる加速試験との相関を検討している。報告によれば、フィンが乾いた状態より濡れた状態の方が、汚れの付着が顕著であること、さらに、この汚れ付着は熱交換器の伝熱性能へはさほど影響を与えないが、圧力損失をかなり増大させることなどを明らかにしている。

伝熱面に溶解物質が析出するスケーリングの研究例としては、以前からも継続して報告されているB335が上げられる。この研究は、炭酸カルシウム(CaCO_3)の伝熱壁面における析出挙動を詳細に調査することによって、スケーリングのメカニズムを明らかにしようとしたものである。炭酸カルシウムの結晶成長速度が、Re数の違いや伝熱表面の材質によらず、溶液の壁面過飽和度だけに依存することは興味深い。いっぽう、結晶核の生成速度については、要因の推定が難しいこともあって、今回はっきりした相関が得られていないが、今後の研究に期待したい。

(3) オフセットフィンの流れの研究

オフセットフィン、ルーバードフィンとともに、高性能コンパクト熱交換器に使われる代表的なフィンである。今回報告されているB336は、フィン後流の流れの不安定性を可視化実験で明らかにしようとしたものである。この後流の乱れは下流にあるフィンの温度境界層を攪乱し、下流側フィンの伝熱を促進させることになるので、この後流の不安定化の現象を調べることは重要である。今回の報告は、流れの可視化を中心としたものであるが、乱れの始まるRet数(フィンの厚さ基準による)を明らかにし、このRet数によって乱れのパターンを分類している。なお、数値計算や伝熱実験との相関性を見るなど、伝熱特性の定量的な予測も今後の研究で必要かと思われる。

今後も、伝熱シンポジウムを産学の研究の交流の場として、有意義に活用されることを期待する。

ミスト冷却セッションの感想

宮下 尚 (富山大・工)

このセッションでは微粒化液滴群を高温面に衝突させて冷却する噴霧冷却（ミスト冷却）に関する3件の研究が報告された。

久しぶりに伝熱シンポジウムに参加したら、このセッションの座長にあてられ多少面食らった。実行委員長が名大・化学工学の架谷教授とのこと、納得した。筆者は現在やっていないが、20年前頃から潜熱と顕熱の移動を伴う装置の研究として、蒸発冷却器を手掛けていたのでその関係で小生を指名したものと思われる。従来化学工学では物質移動を伴う伝熱（同時移動）としての応用面の研究が行われ、伝熱理論の他によく温度、エンタルピー線図が登場してきた。今回のセッションでもこれを期待したが、一寸様子が異なった。筆者らは応用としてすぐ装置的なものを想定してスプレー塔とか冷水塔あるいは注水式熱交換器、蒸発冷却器などの設計に結び付けるたがり、あくまでも蒸発操作が基本となるのにたいして、ミスト冷却は沸騰伝熱が基本となる。従って高熱負荷の除去が可能になり、また高コントロール性が得られることから、その冷却の手段として多方面で幅広く応用面が拡張して行くものと考えられる。

今回のテーマのうち C11では低噴霧下、低過熱度のもとでの定常伝熱実験を行っている。噴霧液滴群の性状パラメータ即ち、加熱面の濡れ特性を規定する過熱度と液膜形成に関わる噴霧液滴の質量速度を独立に変化させて、加熱面上での液の挙動と熱伝達の評価を追求している。壁面液挙動では噴霧質量速度が大きい場合は加熱面は液膜で覆われプール沸騰の特性を示し、噴霧量が小さい場合は液膜が存在しないことがあり、小プールが点在し、その合体などで大プールへと成長し、やがてフラッシングにより表面が更新されるなど加熱度の変化に応じて9つのパターンで示した。C112では液体金属ミスト冷却に関する一連の研究で液滴衝突のシミュレーションを数値解析を行い、水、エチルアルコール、水銀を用いた実験と比較をして、その妥当性を調べた。結果はよく一致している。また実験から最大液膜直径が粘性の影響を考慮した整理式を提出した。ただ現象を表すとき、実際の液滴径と実験のそれとはかなり異なるのが気にかかる。C113はミスト冷却のコントロールを高精度で実行するために冷却媒体側及び被冷却物体側の要因因子の影響を統一的に検討するため、水平上向き平面系における伝熱面材料の熱伝導性及び非定常性について実験的に明らかにし、熱伝達特性の検討を行っている。

一般的な感想としてこれら3テーマは小生からみると、ミストの挙動などあまりにも現象を深く掘り下げ過ぎており応用性を考えるとき、操作条件および装置条件など、今1つ見定め出来ない様な気がする。もっとオーバオールな考え方で対処出来ないものかと思う次第である。

このセッションでは加熱面上での液滴の蒸発C121とC122, 管内蒸発C123およびフラッシュ蒸発C124とC125の計5件の研究が報告された。

C121およびC122は金属面に熱伝導性の低いセラミックス系被膜を施した加熱面を使用しており, C121についてはその被膜厚さが 0.1mm 以下の範囲内で, 液滴の蒸発寿命特性に及ぼす被膜厚さの影響が現れることを示しており, 興味深い。C122は雰囲気圧力の影響を液滴の臨界圧に至るまで変化させて調べたもので, 高压下での蒸発特性が従来報告されてきた金属加熱面でのそれと傾向を異にするユニークなデータが示された。C121, C122とも蒸発様相を同時にとらえており, 蒸発機構解明への意欲が伺えるが, 熱面のぬれ性の問題や固液接触面積の評価も含め, ライデンフロスト温度との関連性に向かって今後の発展が期待される。

C123は水平に配置された銅円管内にそれぞれ螺旋溝, 松葉溝をつけ, 冷媒流の熱伝達率を測定し, 平滑管と比較したものであり, 管内平均熱伝達率が冷媒乾き度で整理されている。松葉溝の場合の熱伝達率は平滑管のそれよりも高いものの, 螺旋管より低下しており, その理由として管内局所(頂部)での流動模様(冷媒流のぶつかり合い)が下流へのスムーズな流れを阻害するからであると, 流動模様による伝熱促進機構に迫ろうとしているが, 実際に管内頂部および下部での局所熱伝達率の測定と流動模様の定量化が望まれるところである。

C124は減圧された飽和蒸気室内へ加熱された海水をノズルから下方へ噴出させる, いわゆるフラッシュ蒸発によって淡水を得ようとする実験研究であり, その蒸発特性は噴出液流の微粒化特性と深く関連している。従って微粒化時の液滴非平衡温度測定値から, それとフラッシュ室内の温度との差として蒸発特性を定義する以上, 液滴の温度測定の重要性が感じられる。特に微粒化が進んだ噴流軸下方および噴流ノズル本数が多くなった場合, 検温部への液滴の衝突チャンスの減少と同時に周囲蒸気温度の検出の可能性も考えられる。

C125はプール水からのフラッシュ蒸発に関する実験研究であり, プールの液位による沸点上昇すなわち, ある液深では沸点上昇のため過熱度がゼロになると考えた過熱域深さを考慮して, それと蒸発効率とが一義的に決定されるとした明解な経験式が提案された。しかし液体内部から激しい気泡発生を伴い, かつ上層への未蒸発液の対流状況下での液温度測定を考えるとC124と同様, 液温度測定精度がどの程度確保されているのか気になるところである。とは言うものの, C124やC125のようなエネルギー有効利用の立場に立った, 実用に即した貴重な実験研究が今後も益々積極的に進められることを期待したい。

「二相流のモデリングと数値解析」の概要と感想

松井剛一（筑波大）

本セッションは二相流関係で最初のセッションであったためか、かつ発表内容も魅力的であったので大変盛況であった。ただ、本セッションでは、5件の講演が割り当てられていたが、当日まで、これらの講演内容がセッション・タイトルにどうしてグルーピングできるのかわからなかったが、講演を拝聴して、どうやら「数値計算」というキーワードでくくられたのだと納得した。

最初の講演は、「2速度2温度モデルによる二相流の解析方法の開発」（原研・岡崎）と題するもので、飽和状態にある相変化を前提にした数値計算法を、水平管内の高圧飽和二相流のブローダウン非定常過程の例に適用している。討論では従来の解析コードの正誤をめぐる議論もあったが、このような数値解析のあまりにも人工的な手法に警鐘が鳴らされるのではないかといい気もした。

つづいて、「気泡流における気泡拡散係数と乱流拡散係数の解析」（京大・片岡ら）として、物理的機構に対する一つの試みが提案された。気泡衝突、気泡一渦衝突の極めて簡略化したモデルに基づき、実験値も参照しつつ、乱流拡散係数の相関式を導き、気泡拡散係数との関係について検討した。二相流分野におけるこの種の研究の発展が望まれる。

3番目は、「単成分二相流ノズルの性能に及ぼすど部形状の効果」（豊橋技科大・中川ら）についての発表で、低クォリティのミスト流におけるノズル効率の向上を狙って実験を行い、良好な効果が得られたとの発表であった。

4番目は、企業の方からの発表で、「自然循環型 BWR の炉内二相流挙動に関する研究」（東芝・横堀ら）。次世代 BWR の Simplicity 追求に必要なデータ整備のためにドラム型、チムニー型の2種類の基礎実験が示され興味深いものであった。炉内の形状等の違いによる流動不安定発生の有無に関する事実に関して興味深い討論があったが、これについては、今後の課題となった。

最後の発表は、「体積力対流膜状凝縮熱伝達におよぼす液膜流動の影響」（佐賀大・成富ら）で、鉛直平板上の膜状凝縮の液膜流動状態を差分法を用いて解析し、その流動の特徴を明らかにした研究であった。

中川勝文（豊橋技科大）

本セッションは前半の可視化に関する2つの講演と後半の液体塊速度の計測に関する2つの講演からなっている。

C231は、気液二相流を分離させ、垂直な多数管へ均一分流させる場合の性能を可視化実験で調べたものである。実験に使用した媒体はR113/R114で、入り口乾き度の範囲は0.25~0.35である。多数管入り口部の気液混合部に流入する液相の液面変動を無くするためにせきやじま板を設け、多数管に均一に流入するように考案されている。流量測定のために生じた細管の長さの不均一によって、ヘッドと圧損に不均一が生じないかと言う質問があった。実験の範囲の乾き度では入り口部の液相の液面振動が現象を左右しているように思えた。また、個人的には圧損によって生ずる不安定が分流を不均一にするより大きな乾き度にも興味がある。

C232は、管内二相流のビデオ画像をコンピュータを用いて処理して得られる情報とその精度を報告したものである。水と窒素ガスの二相流について、ボイド率が0.3までの気泡流とスラグ流領域で実験を行っている。気液界面を認識するプログラムの改善を行い、実験からも求められるボイド率と気相スリップ速度の相関式から得られる計算値を比較している。測定したボイド率が計算値より低くなる点と、2次元的に得られた気泡の検出率と中心軸対象の半径方向のそれとの関係についての質問があった。

C233は、細管内垂直上昇気液二相流の液体塊速度を実験的に求めているものである。実験では内径6~0.9mmのSUS316製キャピラリ管を使用し、空気と水道水の二相流について、スラグ流から環状流領域で、可変動電流法によるホールドアップセンサによって液体塊速度を測定している。流動様式の遷移点と対応づけられる液体塊速度のNicklinの式からずれ始める点と極小値をとる点を、新たに2.0と0.9mmの細管について求め、管径が及ぼす影響を考察している。

C234は、圧力を0.3から20MPaまで変化させて、水平気液二相流の液体塊速度を実験的に求めている。内径19.2mmのステンレス管を使用し、空気と水の二相流に対してC233と同じ方法で液体塊速度を測定している。圧力が5MPa以上で実験で求められる液体スラグの速度がNicklinらの相関式と異なる傾向を示し、新しい相関式を提唱している。液体塊速度の、見かけの気液合計速度に対する依存性は、圧力が10MPa以上ではほとんど差がないことを実験的に示した。気液二相流の実験において、圧力すなわち気液の密度比を変えたデータがこれからも重要になると言うコメントがあった。

可視化と計測のコンピュータ化が進んでおり、単なる平均値や標準偏差だけではなく相関やスペクトルを用いて、気泡や液体塊の速度に関するみだれやゆらぎのようなより高度なデータを気液二相流の乱流や不安定性の理論に提供する時期に来たように思える。

直接接触伝熱

宮武 修（九州大学 工学部）

省エネルギーシステム用の高効率な熱交換器の開発を目的として、直接接触伝熱に関して最近多くの研究が行われてきた。しかしながら、直接接触熱交換器は広く実用化されているとは言い難い現状であり、その問題点を分離技術を含めて明かにし、問題解決のための基礎研究を進める必要がある。本セッションの講演の緒言でも、直接接触伝熱に関する従来の研究の一部が海水淡水化に関連して行われてきた経緯が述べられたが、例えば冷媒と海水を直接接触させて氷を作る冷凍法による海水淡水化についても、冷媒の液と蒸気、海水、氷の多相物質の取扱い、氷と海水の分離と氷の洗浄、圧縮冷媒蒸気による凝集氷の融解のそれぞれに困難性が伴う。海水中を通して気化したLNGは海水の飛沫が同伴されるので燃料として使用するのに抵抗があり、蒸発法に比して熱的に優位な冷凍法による海水淡水化はほぼ断念されている。しかし、この際に行われた低密度蒸気の圧縮機に関する研究はその後に蒸気圧縮法による海水淡水化の原動力となる余剰を生じており、レビューで役に立つ研究か否かについて言及するのは難しい。本セッションに組み込まれた5件の講演の題目は以下の通りで、いずれの講演に関しても参加者の関心は深く、活発な質疑応答が行われた。

- C241 気泡塔における気泡側伝熱係数
- C242 パラフィン炭化水素及びその混合物の単一滴の水中における蒸発（伝熱特性の実験的検討）
- C243 直接接触蒸発過程における気-液二相泡への伝熱（二相泡背面後流域の寄与に関する考察）
- C244 流下水層表面に滴下された油性液体の挙動と蒸発（蒸発促進法の検討）
- C245 大気泡成長過程における蒸発・凝縮現象に関する研究

C241は、気泡塔を用いたヘプタン-空気系、ヘプタン-水蒸気系の実験により、凝縮の有無にかかわらず、気相側の伝熱に関して経験式 $Nu_v = 0.0819Pe_v^{1/3}$ が成立することを示した。液側の伝熱係数、気相側の物質移動係数、気泡内に凝縮水がある場合の気液界面積などの算定法を余白に記述し、black box化を避けると理解が容易となる。所要気泡塔高さに関する知見の提出を期待したい。

C242は、ペンタン液滴、ペンタン・ヘキサン混合液滴の水中における蒸発時の伝熱特性に関する相関式を与えている。またC243は、球状及び球冠状の気・液二相泡が混じり合わない液中を上昇する場合について、後流の存在が伝熱特性に及ぼす影響を予測し、実験結果と比較している。これら単一滴（泡）の詳細な知見に基づいて滴（泡）群の結果の説明付けがなされることを期待したい。

C244は、流下水面上のレンズ状油性液滴の蒸発を、挿入した櫛歯状バリアーによって促進させた実験である。実用装置では棚段塔を用いることが紹介されたが、具体化されることを期待したい。

C245は、 H_2O 、R113の液中に N_2 、 H_2O 、R113の気体を吹き込んだ大気泡成長時における蒸発・凝縮現象に関する実験とモデル解析である。気液界面で局所的な圧力不均一による混合層の形成を明示しており、気泡表面積の更新割合 $\beta = 0.02$ の妥当性の検証を含め、今後の発展が期待される。

「沸騰・凝縮現象のモデル化」のセッション概要

熊谷 哲 (東北大工)

本シンポジウムでは、標記のテーマで1つのセッションが設けられ、4件の発表がなされた。このうち凝縮に関するものはD223だけで、残り3編は沸騰に関するものである。しかし、現象のモデル化というテーマに多少ともフィットすると思えたものは後半の2編で、前半の2編はやや性格が異なるといえる。

D221は水平管群からの沸騰熱伝達特性について調べたもので、下方管からの気泡による上方管の伝熱促進に管ピッチがどの様に影響するかを、局所過熱度分布から検討している。また管壁内の二次元熱伝導計算から、局所熱伝達率分布も求めている。その結果極端に管ピッチが小さい場合の最小隙間位置付近を除き、全体として管ピッチの影響はほとんどないと結論している。しかし、1列3段のみの実験であり、応用面を考えた場合、質問にもあったように側方管や側壁などの影響も重要と考えられ、今後の研究に期待したい。

D222は水平蒸発管内の熱伝達整理式をフロン系冷媒に対して求めたものである。管内の流れを環状流と分離流に分け、それぞれに対し整理式を得ているが、後者については管内をさらに濡れ部分と乾き部分に分け、濡れ角境界に対する実験式を基に、管壁内二次元熱伝導を考慮して両者をたし合わせる方法を提案している。水平管内二相流は条件により複雑で多様な流動様式を示し、界面形状も単純ではないことから、きれいに分離した流れとして扱い、しかもそれぞれに一様熱伝達率分布を仮定することが問題を生じないか気になるところであり、会場での質問もその点に関したものが主であった。しかし示されているように、対象のフロン系冷媒について±30%以内での整理が可能であれば、目的のかなりの部分は達せられていると考えることができるであろう。

D223は二成分混合蒸気の膜状凝縮において、濃度と温度の境界層厚さが異なることから生じる、気体中での液滴の生成を考慮した熱伝達解析モデルを提示し、熱平衡条件が熱伝達に及ぼす影響について検討している。R114-R11の組合せでは、その拡散係数を1/5に減少させて計算しても、温度場は大きく変化するものの濃度場はほとんど変化せず、局所熱伝達率にも大きな差が現れないことが示されている。しかし講演の最後に示されたアルコール系の凝縮ではある程度の影響が現れる可能性が指摘され、作動流体の組合せではこれを含めた検討も必要であろう。ただし、実験の中でそのような滴の発生は未だ観察されていないということであり、熱平衡に向けて液滴の発生があるのか、あるいは過飽和状態

を維持したまま界面での凝縮が行われるのが一般的なのか、興味あるところである。

D 2 2 4 はパルス加熱により発生した気泡の成長過程に関する解析で、気泡体積、温度、圧力の時間変化を求めている。また、最大気泡径到達後の消滅過程は、キャビテーション状態と称するRayleighの解に従うものとして、気泡の寿命を求めている。実験との一致は良好だが、未飽和度の高い高熱流束パルス加熱ということから、Clapeyron-Clausiusの式の適用に問題がないか、多少気になるところである。

今回のシンポジウムでは前回までと異なり、各セッションにより具体的なテーマを掲げるという意欲的な試みが為されている。本セッションについていえば、はじめにも述べたように必ずしもそのテーマに合致したものが集められたとはいえないが、伝熱シンポがカバーすべき内容が多様化し、また伝熱の専門家だけでなく、たまたま伝熱と取り組むことになった方々にも広く参加して頂いているシンポジウムとしては、このような試みは評価すべきものである。題目と著者の申告及び若干のキーワードのみからの分類には限度があることは致し方ないことで、これが定着し、更に改善されていくことを期待したい。

粒子層に関する論文数は、3セッションの計14編であった。昨年1セッションの4編であったことから、その関心の深まりの程度が伺える。なお昨年、二相流のセッションに入っていた論文の継続発表2編が今年はセッション変更により粒子層熱伝達のセッションに入っている。全14編中D332、D333、およびD324の3つの論文は、他の固気流動層の熱伝達とは多少異なる性格の伝熱問題と思われる。他の11編の論文について、論文番号順とは無関係に再分類しようと試みたが、内容は論文ごとに特徴があつて統一的な評価は難しく、大した分類法も見当らなかつたので、結局番号順にレビューすることになった。なお講演会当日の討論も個々の講演ごとに行うことが多かつた。

D311：流動層中の単一水平加熱管まわりの非定常流動機構と伝熱機構を時間平均値から解明を試みている。その中で、円管表面上での粒子群と気泡の判別を同時計測し、各時系列信号を統計処理することにより、非定常局所伝熱特性と流動構造の定量化から両特性の相関性に注目している。非定常波形、気泡到達頻度、粒子群と気泡の伝熱面接触時間および円管まわりの熱伝達に対する粒子群と気泡の寄与度の定量化にもとずき、円管まわりの熱伝達モデルを提案している。

D312：多列スリット形分散板を用いて、極浅層流動層熱交換器の高温限界と伝熱特性について研究したものである。ここで作動ガスとして空気と、水素を3%添加したアルゴンおよびヘリウムガスを用い、流動化特性と伝熱特性を調べる実験を行っている。実験から、中温域および高温域での流動層の熱伝達特性を得て、さらに極浅層流動層の高温限界について明らかにしている。

D131：高速流動層の点でD322と類似である。本研究は、高速循環流動層において、一次元の固気二層流方程式を解き、実験結果と比較している。その結果、熱伝達率において、解析値が実験値よりも低い、これは粒子の水平方向の混合を考慮することにより、実験値に近づくと説明されている。

D314：流動粒子への直接接触熱伝導による伝熱促進の機構を明らかにしようとする研究である。粒径の異なる3種類の粒子について、光学的手法を用いて、粒子と伝熱面の接触の様子を可視化観察し、この結果より粒子と伝熱面間の接触時間および接触頻度を測定している。これらを用いて粒子中への伝熱量を推定し、これと実験による熱伝達分布を比較して、粒子と伝熱面間の非定常熱伝導と気相乱れの増加の寄与割合の粒子依存性を調べている。

D315：管周りの粒子挙動と熱伝達特性の関連性について調べている。測定には千鳥配列の第2管列中の1本のみを加熱管および粒子挙動測定用の管として用いている。測定位置は管を回転することにより変えており、各位値での粒子挙動と局所熱伝達率測定のサンプリングタイムは10ms ec、サンプリング個数を約2000個として計算処理を行っている。熱伝達率は単に時間平均値であると考えられる。一方、光プローブの出力波形と粒子流動との関係を統計処理するとどうなるであろうか。

D321：ガスの衝突噴流中に微細な固体粒子を添加すると、そのよどみ点近傍で顕著な伝熱促進が生じることは定性的に知られている。本研究は、定量的に評価するため、非定常熱伝導の寄与に対する固体粒子と伝熱面の熱物性値の影響の点に注目している。その結果、粒子と伝熱面の接

触時の粒子への熱移動は、半無限体の1次元非定常熱伝導の解析結果を用いて精度よく推定でき、さらに、非定常熱移動による伝熱促進効果は、粒子と伝熱面の双方の熱容量と熱伝導率の積が大きい場合に顕著になると述べている。

D322：高速流動層における粒子と流体間について輻射の影響がほとんどない 330～340K程度に加熱した粒子と室温空気を用いて、高速流動状態で実験を行い、粒子と流体間伝熱に及ぼす諸因子について検討している。さらに、実験結果にもとづいた解析モデルにより、熱伝達率を求め、それに及ぼす因子についても検討している。

D323：ガス燃料を流動層内で燃焼させたときの熱特性および挿入した伝熱管外での熱伝達特性を実験的に調べている。特に高温での管外熱伝率に注目して測定を行い、熱伝達率が層温度のみでなく管温度にも依存し、さらに輻射の影響が大きいことを明らかにしている。

D324：数値実験による溶融炉の最適化設計を目標として、燃焼反応によるコークス移動床内での流れ場、温度場およびガス組成について3次元数学モデルを構築し、検討を行っている。計算方法は、3次元円柱座標系によるスタッガード格子を用い、コントロール・ボリューム法による離散化を行っている。

D325：ブラインを凍結させて得られるリキッドアイスの蓄冷材があるが、本研究はそのリキッドアイスより採冷熱を行う場合の効率的な操作を開発することを目的としており、リキッドアイスを流動層として蓄冷システムに応用した新たな固・気・液三相流動層型熱交換を提案している。その中で、固・気・液三相流動層と固・液二相静止層の平均熱伝達率の時間変化を比較すると、前者の方が約20倍良好な熱伝達率が得られると報告している。

D331：多数のボールベアリング球を充填した正方断面および円筒形断面を有する充填層で、平行レーザー光束による透過実験を行い、充填層内の放射エネルギーの透過におよぼす側壁の影響を調べている。

D332：充填層内の粒子と流体間の熱と物質伝達に関しては、特に原子炉の事故時に重要な低レイノルズ数領域において問題が残されていることに注目して研究を行っている。本研究では、アルミナ球の充填中に埋設された単一ナフタリン球の物質伝達を、空気を試験流体として低Re領域で測定したものである。不活性充填層中に埋設した活性球の物質伝達の測定である。

D333：土壌からの蒸発を実験的に研究したもので、他の粒子層伝熱とは著しく性質が違う。実験は砂粒子径を系統的に変えていること、蒸発表面の環境を十分にコントロールして再現性に気をつけている点の一つの工夫であろう。整理にあたって、空隙率に水の考慮をどのようにするか検討すべき点と思われる。

D334：東京電力で実証試験を行った空冷式220kWリン酸型燃料電池プラントに使用した改質器における板型改質管の伝熱挙動の議論である。その中で実測データおよび一次元解析モデルによる解析を通して伝熱挙動の把握を試みている。

以上、実験的論文が12編と解析的論文が2編であった。実験の手法としてミクロ的な方法とマクロ的な方法があったし、また研究の動機付けとして実機の応用問題の解決的な研究と、それにとらわれない基礎的な研究とがあった。この分野の研究は、論文数の増加が昨年の4編から14編へ急増したことからもわかるように、今後の研究の進展と共にある程度統一的な系統的な分類がなされていくものと思われる。

「生産・加工プロセスにおける伝熱問題」セッション概要と感想

長崎 孝夫（東工大）

本セッションではシリコン単結晶成長に関連しチョクラルスキー法における対流発生についての研究が2件、レーザーによるシリコン基板表面の均一加熱に関する研究が1件、パルスレーザーによる固体の融解・蒸発に関する研究が1件、合計4件の発表が行われた。

D341はチョクラルスキー対流における非定常流の発生を実験的に模擬したもので、感温液晶粒子による可視化と熱電対による温度変動の測定が行われ、無次元パラメータ Gr/Re^2 が100を境にして振動流の発生機構が異なることが示された。

D342はチョクラルスキー対流の数値シミュレーションで、融液への酸素の溶け込みを問題点として、表面張力対流を考慮した定常の速度・温度場を求めている。境界条件として炉内のふく射による熱流束を与えるなど実際の運転条件が考慮され、表面張力対流の影響が大きいことが示された。

以上の研究について境界条件の影響（温度一定、熱流束一定、あるいはディスクの熱容量と温度変動の相互干渉により現象が変化するか）、また表面張力対流の発生について実際の表面張力が不純物等の影響で純粋シリコンとは異なるのではないかなどの議論がなされた。

D343ではレーザーによる基板表面の急速加熱処理を対象とし、基板表面の $1\mu\text{m}$ 程度の段差部に生じる温度の不均一を数値計算により調べている。レーザー光の基板への吸収係数を与え基板内の非定常熱伝導を解くことにより、段差の高さ、レーザー光の強度、吸収係数等の諸因子が温度不均一の発生に及ぼす影響を明らかにしている。

D344ではレーザーによる穴あけ加工の数値シミュレーションが行われ、高エネルギー密度レーザーにより周囲に影響を与えることなく微細な加工が行えること、また発生蒸気により衝撃波が発生する様子が示されている。レーザーの波長による加工特性の差異などについて質疑がなされた。

以上の発表のうち半数は企業、半数は大学における研究で、特に前者では実際の工程に対応した条件設定で研究が行われている点に特色があった。本セッションの講演件数は全体からすれば少なく内容も半導体製造に偏った観があるが、生産・加工プロセスにおける伝熱問題は現実に多く存在するはずである。学会発表に馴染みにくい点もあろうが、そのような現実的な問題点がオープンな場で数多く提起され議論されることは学問的完成度と異なる次元で伝熱研究の発展のために重要であろうと感じた。

沸騰のメカニズム

戸田三朗（東北大工）

沸騰論文29件の内、沸騰のメカニズムの3セッションで17件の発表が行なわれた。今回から新しい分類がされて、セッションの構成がプログラムから容易にわかるようになったので、室数の増加によって聴けるセッションが制限される状況にありながら、論文の投稿から発表、討論に至るシンポジウム全体への参加者の積極的熱意によって、とりわけ本セッションは大変盛況であった。

さて、沸騰研究の在り方について、この数年、レビューワーの方々が貴重な提言をされている。「基礎研究」と「応用研究」への両極に徹底した分極化、あるいはこの両極を埋めるべき基礎研究のシフトの必要性、さらに後者を「基盤研究」と定義して科学技術がこれら3つの大別された研究の同時進行の上で発展するとし、沸騰研究を基盤研究と応用研究に位置づけて推進さるべき、等である。これらは、沸騰研究という一分野に限らずとも常に考えていかねばならないことであるが、限られた人数、予算、技術的制約の中で論文を世に出して行かねばならない研究者も多く、自ら自覚しつつも理想に程遠い形で成果の公表にならざるを得ないのも現実であろう。しかし、より良い成果と進展のために最大限の努力と切磋琢磨することを怠ってはならない。ところで、沸騰のメカニズムのセッションのまとめをする前に、これらの提言に加えて、「無駄な研究」（現時点でこのように評価されていても、将来あるいはすぐにもこれが否定されて高い評価を受ける）へ挑む勇氣と実行を勧めたい。今でこそ、ノーベル賞候補として世界的に著名な東北大学名誉教授の西澤潤一先生（半導体工学）の若いころのご研究が、当時の学会で受け入れられず非常にご苦労されたという話は、有名である。この事実は、整然とメカニクに進展する研究が、ややもすると保守的となり新しい考え方や成果を異物として排除する力学を作用させてしまう恐れのあることを示唆している。沸騰研究には、過去はもちろん、今後も絶対にあってはならないし、万一にも新しい研究の芽を摘み取ってしまうことのないように願っている。特に、若い研究者の、少々荒っぽく、大胆で緻密さに欠ける研究や討論、大歓迎である。大先生方に向こうにまわして大いに発表し、激論して欲しい。本シンポジウムの成熟しきった姿は想像したくなく、若さに満ちたセッションでありたい。

「沸騰のメカニズム」セッションでの17件の発表を紹介する。まず、沸騰現象の基本的な光学観察、測定に挑戦している研究である。核沸騰気泡の測定にも応用されたホログラフィー干渉法によりサブクール膜沸騰の液体側境界層の温度分布を測定した研究(E111)では、まだ水平円柱上の膜沸騰蒸気膜のほとんど変動しない下部膜近傍の領域に限られているが、今後このような基礎計測が広範囲の蒸気膜近傍に適用され、膜沸騰理論の仮説がひとつひとつ確認されてい

くようになろう。狭隘流路内を高速で流れる強サブクール流体の沸騰気泡の光学的観察を行なった研究 (E 1 1 7) は、観察のため片側をガラス、反対側を加熱面にした矩形狭隘チャンネルによって、加熱面を覆う微小発生氣泡を調べている。少々荒っぽさが指摘されたが、若さを背景に困難な実験に挑戦した勇気を称えたい。次回には討論を肥に飛躍した成果を期待する。膜沸騰熱伝達については、まず液体窒素における CHF 以下の低熱流束膜沸騰直接遷移の実験 (E 1 1 2) で、遷移を加熱面上の伝播気泡の成長から考察しているが、均質核生成温度から見る考え方への説明がなく、またそれとの関連もはっきりしていなかった。飽和水と He-1 の膜沸騰熱伝達 (E 1 1 3, E 1 1 4) については、それぞれ流速、圧力の影響を含めた体系化の努力が払われ、表示式が提示された。自然対流膜沸騰について、円柱下向き下面、比較的小寸法の水平円柱の体系による実験 (E 1 1 5, E 1 1 6) が行なわれ、前者ではサブクール度による蒸気膜界面の波状の変化の影響、後者では小寸法への非境界層近似と数珠状モデルの混在の考慮が考察された。膜沸騰熱伝達については、蒸気膜界面と流動構造へ踏み込む努力によって、今後の研究の集約されるべき方向づけがなされつつあるように感ぜられた。遷移沸騰では、温度制御した加熱面により遷移沸騰曲線にヒステリシスはなく、温度変化速度から遷移沸騰特性と伝熱面との関連を考察し、非常沸騰特性に言及した研究 (E 1 3 3)、加熱面温度変動の分析からぬれ時間割合、局所熱流束変動を調べ考察した研究 (E 1 3 4) が報告されており、加熱面側温度応答と固液接触の異なる 2 面から考察は興味深い。さらに、遷移沸騰における固液接触の基本パラメータである接触角について、水・銅面間でのヒステリシスが調べられた (E 1 2 3)。今後の動力的挙動のデータが望まれる。

近年のエネルギー機器への応用が期待されている 2 成分混合媒体の沸騰について、プール沸騰熱伝達での物質拡散抵抗の影響 (E 1 3 1)、それに対して 2 相流強制対流ではこの影響が出にくいこと等 (E 1 3 2)、が報告されたが、複雑な流動状態になる 2 成分混合沸騰流について少しずつ解明が進んでいる。他方、液体金属沸騰への磁場の影響について実験 (E 1 2 4) が行なわれ、磁場によって滞留する加熱液からの熱流入によって気泡待ち時間が短くなることが報告された。

高過熱液体の沸騰の観点から、高過熱度での沸騰開始時に伝熱面状を伝播成長する気泡について液膜蒸発を考慮すべきことを指摘した実験 (E 1 2 1)、エマルジョン燃料中の過熱水の過熱限界が界面活性剤の添加によって著しく低下すること (E 1 2 2)、また熔融金属 (アルミ、6061 合金) の蒸気爆発の実験 (E 1 2 5) が報告された。過熱水と燃料の界面において界面活性剤がどのような物理化学的作用によって過熱限界を下げるのか、興味深い。超高パルス加熱による水の沸騰実験 (E 1 3 5) では、大きな加熱速度では沸騰開始が均質核生成温度に近く一定となるが、加熱速度によって相違し、これらがゆらぎ核生成に起因するとする考察が加えられている。

以上、沸騰のメカニズムのセッションの概要を紹介したが、若い研究者の若さ溢れるはつらつとした発表と討論、斬新な発想と考察が今まさに沸騰セッションに必要となっていると思う。

凝縮のメカニズム

山川紀夫 [岩手大]

海野紘治 [豊田工大]

シンポジウムでの座長を依頼された際、お引受けするのは会員の義務と考え、講演題名も見ずにお引受け致しました。その後伝熱研究の今期の編集委員から「凝縮のメカニズム」のセッションをレビューするようにと申し渡され、初めて自分の担当するセッション名を知り、講演論文集の到着を心待ちに致した次第でした。講演論文集を開いて見ますと、担当する5講演の内、3講演はフロン系の膜状凝縮、他の2講演は原子、或は分子レベルでの凝縮(?)と全く異質の論文であり、座長として、内容の異なるこの5講演をどの様に取りまとめるべきか、頭を抱えてしまった次第です。

担当致しました5講演の内容を要約しますと以下の様になるかと思えます。

- E 1 4 1 ; 混合比の異なるR・114とR・113の非共沸混合冷媒をワイヤーフィンを半田付けたコルゲート管上で凝縮させ、その際の局所圧力損失、熱及び物質移動係数を実測し、更にワイヤーフィンの効果に粗面管内の乱流熱伝達に関するDipprey-Sabarskyの式を適用し、それに補正を加えることにより整理式を導いた。
- E 1 4 2 ; E 1 4 1 と同様にR・11とR・113の非共沸混合冷媒をかなり長い垂直伝熱面上で膜状凝縮させ、蒸気・伝熱面間の温度差が熱伝達係数に影響を及ぼすことを示すと共に、実測された蒸気側境界層内の温度分布を用い考察を行った。
- E 1 4 3 ; ダクト中に置かれた水平円管周りの膜状凝縮に関し、蒸気流速が速く、円管によるブロッキング効果が無視できない場合の実験式を検討したものである。具体的には低、及び高蒸気流速領域の熱伝達を数値解より求めた低速蒸気流に関する近似式に修正主流速度を導入した式と重力の影響を無視した高蒸気流速に対する液膜流の熱伝達の式との組合せとして表示した。

E 1 4 4 及び E 1 4 5 は上記の3つの研究とは全く異質なものであり、凝縮現象のメカニズムを探る第一歩とも言える研究である。即ち、

- E 1 4 4 ; 原子で構成された固体表面近傍での一つの気体分子の運動軌跡を気体分子、及び固体原子の質量、温度(運動エネルギー)、分子間力のポテンシャル係数等を変化させ、分子動力学的手法を用いて数値的にシミュレーションを行った。
- E 1 4 5 ; 薄膜生成過程はクラスター生成を伴う凝縮が基本であるが、その過程の個々の分子物理化学的機構を明確にすることは困難である。そこで、レーザービーム、及び電子ビームを用いた固体蒸発装置を製作し、エネルギー一定の種々の元素気体を作り、環境が整備さ

れた固体相に凝縮させ、凝縮過程のエネルギー交換機構を推定するための凝縮速度を実測した。

以上の講演に対し、約50分にわたり活発な討論がなされたが、各講演に対し出された質問を各1問ずつピックアップしてみると、各々「相平衡関係より液膜表面温度を算出しているが、凝縮潜熱はどのように考慮されているのか」、「凝縮過程の気相側温度分布を熱電対で測定し、考察を行っているが、濃度境界層内で発生するミストの影響にはどのような配慮がほどこされているか。疑湿球温度的温度を測定しているのではないか」、「データは整理されたとはいいますが、良くみると条件によりグループ化しているのではないか」、「気体分子の運動軌跡は固体原子表面への衝突位置によって変わるのではないか」、「各試料について凝縮速度は各々一定であるが、値は異なっている。この点に関しても、考察を行うべきではないか」、等々。前半3講演に対し、個人的にはより緻密な考え方で実験が、又後半の2つに対しては各々実験的及び理論的裏付けがなされるべきではないかと考える。最後になるが、京都大学の学生さんからE144に対し、「凝集、凝縮、吸着という言葉が入り乱れて使われているが、・・・。」と言う質問があり、それらの言葉の定義が話題になった。しかし、それに対し明確な定義を下せる参加者が会場にはおられなかったのは残念である。

セッション名に工夫が成されているため、本シンポジウムが伝熱に関するものを対象としているにもかかわらず、このセッションに組み込まれた全18件の講演のうち8件が非加熱の条件下のものであった。日本においてはいわゆる「二相流」という言葉は、その研究の発端からして沸騰流を模擬した空気-水などの二成分非加熱系のものに対して用いられてきた歴史がある。一方米国ではもう少し卒直で、一成分とか二成分にこだわらず、現象面から二つの異なる相の混合した流れを一般に「二相流」と呼んでいる。この意味において「沸騰」のセッションにも多くの沸騰「二相流」(boiling two-phase flow)に関する研究が発表されている。どのセッションに申し込むのかは、その発表者が育ってきた環境(研究室)に依存しているむきがあるのは興味深い。

本シンポジウムでは従来からも非加熱の二相流の研究成果が数多く発表されてきたが、このことは沸騰流に伴う諸現象が流動様式すなわちその流動の問題に強く支配されていることが多いことに困ると思われる。したがって沸騰流を二成分系で模擬する研究手段は否定されるものではないが、相似則や両者の対応関係については十分の認識と配慮が必要であろう。

さて、本セッションでは、原子炉を対象とするか、それを念頭においた研究が6件発表された。地球温暖化をもたらすCO₂を排出しない点において、原子力発電はクリーンである。したがって今後発電装置として重要性を益すことが考えられるので、廃棄物の処理の早急な解決と同時に、エネルギー密度があまりにも高いので、原子炉の安全性を向上させるための地道でかつ集中的な、高レベルの研究がさらに必要である。本セッションでは原子炉の異常時を想定して3mmから50μm程度までの狭いすきまでの二相流の流動様式、伝熱あるいはクエンチの問題が議論され、さらに落下水制限(CCF L)の問題としてダウンカマを模擬した流路での流動様式のほか、CCF L条件などの実験結果が提示されている。これらでは、いずれも流路間隙(ギャップ)の大きさの重要性が指摘されている(E312, E313, E314, E321)。E333においては従来のフラッディング(液膜流フラッディング)に対して、スラグ流やフロス流のように気相と液相とが交互に流れるような軸方向に大幅なボイド率変化があるような場合の液体の逆流現象を対向流フラッディングとして新しい観点を提案している。また、E313では管群内では気相が「より広い空間を好む」ことが明らかにされている。さらに船

用のもののように原子炉全体が揺動した場合のSG内の二相流の挙動が「原子力船むつ」の場合を想定して調べられている(E311)。これらの研究では炉のスケールという幾何学上の相似則と船の揺動という動力学的相似則が十分対応付けられているかどうか例を見るよう

に、相似性と模擬の妥当性を十分配慮して調査されることが望ましい。

複雑な形状の流路内二相流を対象としたものとして、らせん管内での沸騰二相流が主として液膜のドライアウト現象に着目して行われ（E322）、ノズル内フラッシング流下のノズル性能の推力による評価と、ノズル内二相流がMINI-TRACコードでは十分な精度では予測されないことが議論された（E323）。これは気液の熱及び流動の非平衡の問題に関連するものと思われる。このような観点から成されたものとしてE324では環状流領域でのじょう乱波の挙動が水力学的非平衡（発達過程の重要性）にあることを指摘している。これらはいずれも前述した二成分系による一成分系のシミュレーションの問題点を明らかにするものである。

混相流の基礎的研究として以下のものがある。まず静止水中での単一気体スラッグの挙動の圧力依存性が空気-水系で調査されているが（E331）、実用上の問題点との関係や圧力による現象の差異がどのような物性値の変化と関係しているかなど物理的議論が望まれる。広義の流動様相の判定、特に流れの安定判別としてフラクタル次元を用いて表記する試みも成されているが（E325）、従来からのスペクトル解析などとの定量的比較による良否の議論に欠けているのが惜まれる。環状流領域においては気液界面のせん断力やホールドアップを管径、流動方向を広範囲に変えて調査し、従来から提案されている予測式の問題点を指摘し、新しい予測式を提案している（E332）。また大きな二次元波（じょう乱波）近傍で気流中に大規模構造の乱れが存在することを詳細な測定から明らかにしており（E334）、大規模波の伝ばの機構や管壁面上の液膜形成機構に関して有意義な情報を与えている。

特殊条件下の気液二相流の研究として、無重力下の気液二相流を密度の等しい混合しない二つの液体で模擬したものがある（E342）。これでは流動様相、圧力降下、スリップ比などが計られており興味深い。飛行テストによる二相流の実験も始められており、それらと比較して本研究の有効性を示せば、さらに深い研究へ拡大されることが期待される。また、一成分二相流中の水撃現象に与える物性値の影響が調べられているが（E343）、その差異についての物理的解釈が望まれる。さらに端面をもつ鋭直な円柱を流下する液膜の端面近傍での挙動について解析的に検討したE344では、端面でのふくらみの位置、これはフローパターンを左右する重要な因子であるが、その判定に用いられている仮定の妥当性は解析的に示し得るもののようにも考えられる。

以上の気液系に対して、固液系二相流で固相分布や液相流速分布が調査されている（E341）。この研究では固相濃度が非常に小さい範囲に限られているので、実用的にみて1桁高い濃度まで領域を広げた研究が期待される。また、噴霧状気液二相流における平板近傍の流動と伝熱に関してE345ではLDVを用いて液滴の挙動を調べ、熱伝達との関係を議論している。この実験で液滴濃度の影響があまりみられないのは、変化させた濃度の範囲が小さすぎるのではないかとと思われる。

以上、考えたままのことを書きました。失礼のむきはレビュー（クリティカル）であるためであるとして、ご寛容いただきたい。

牧野俊郎(京大)

‘ふく射性媒体の伝熱’というタイトルは私にとってはしっくりしないものであったが、ともあれそこで発表された4件の報告について感想を述べる。

西村・曾田・坂東・宇野・南谷:‘輻射と自然対流の共存する半透過性媒体内の伝熱’は、太陽エネルギーをふく射の半透過吸収性の作動流体層に直接に吸収する方式のソーラー・コレクタの性能評価に関する研究である。実験を行い‘本理論解析の妥当性が認められた’としているが、理論解析の内容は本報告にはなく、本報告にある基礎式はうなずけない。一方、太陽エネルギーの熱利用の研究は重要であり、ラフなとり扱いは、適切ならば、望ましいものと考えらる。

斉木・越後・花村:‘ふく射変換体を用いたメタノール・水蒸気改質に関する研究’は、多孔質層のつくる空間に高密度のふく射場を実現するという著者らのアイデアを、化学工業プロセスに応用するものである。多孔質層での反応を評価し、温度・エネルギー流束・化学種のモル分率の分布などについて緻密で多角的な検討を行っている。ただ、このアイデアの応用性が拡張されるにつれてアイデアが提案されたときに受けた強いインパクトは感じなくなってきた。

円山:‘指向性を考慮した物体からの光エネルギーの均質化’は、よい指向性をもつふく射放射体を見出すことを目的とする。円柱状の放射体の周囲にインポリュート断面をもつ反射板を設置する系について計算を行い、反射板開口面の見かけの放射強度が黒体のそれに近く等方的であることを示している。意欲的な研究であり評価されるが、めざすべきは、黒体的な強度の角度分布の指向性ではなくエネルギー流束の角度分布の指向性であるだろう。

上宇都・岩本:‘球状粒子充てん層内伝導-ふく射伝熱に関する研究’は、高密度の粒子層でのふく射の相関散乱が層内での伝導・ふく射伝熱に及ぼす寄与を評価するものであり、結果は有効熱伝導率の形で示している。緻密で正当的な研究である。一方、対象となるふく射の波長に比べてはるかに大きい粒子における散乱現象が、Mieの理論の延長線上にある粒子散乱の問題であるのか、粒子の表面散乱の問題であるのかは、つねづね疑問におもうところである。

今回セッションは伝熱のメカニズムのみならず工学系の特徴にも注目して細分されたため、‘ふく射...’の研究は見かけ上減った。しかし、他のセッションには従来ならば‘ふく射’のセッションにあつてよかった研究も多く見られ、また、‘ふく射’に注目すべきであるにもかかわらずその配慮がない研究も見られた。‘ふく射(radiation)’は、伝熱学が注目するエネルギーの形態のひとつとして直接的に重要であるのみならず、伝熱学の実験研究の重要な手際にもなるものでもあるが、この点にも目を向けると、‘ふく射’の研究は伝熱学より広い分野でますます重要になりつつあると言える。着実であると同時にむしろ大胆な研究が望まれる。

放射物性（ふく射物性）が放射伝熱（ふく射伝熱）や熱物性のセッションから独立したのは、伝熱シンポジウムの長い歴史の中で始めてではないだろうか。他のセッションの分類も含めて、このような新しい分類法を採用された本シンポジウム運営委員の先生方に敬意を表すると共に、放射物性が伝熱の分野で市民権を持ちつつあることに伝熱工学の転換期を感じる。

伝熱工学資料でも、放射物性が熱伝導率や比熱などの「一般の熱物性」と異なる分野として独立した扱いをうけている。これは、放射物性が他の熱物性値と異なり、「そこにある物質固有の特性」ではなく、電磁気学あるいは量子力学から「推定または計算できる量である」と言う認識があるように推察される。

本シンポジウムにおけるふく射物性のセッションで、論文数は3編であり、大きなセッションに比べると取るに足らない数であるが、計算できる量である放射物性の特色が強く現れ始めているように感じられた。この様な観点に立ち発表論文の感想を述べさせて頂きたい。

F131 周囲温度と異なる一様温度の供試体を捜査型の赤外線温度モニターで計測し、モニター面素よりはるかに小さい材料表面の微小欠陥を検出できることを示した。本論文の取扱は灰色性を仮定した一般的なものであるが、微小欠陥における放射の波長依存性や熱伝導・放射の微細構造の解析など、発展性が期待できる。

F132 金属表面の粗さをモデル化し、その表面に入射する放射線を波動的に扱い解析することによって、実在面の反射散乱特性を推定する試みを行っている。金属面のモデルと実在面との対応や解析結果と実験値との比較など問題点もあるが、非常に面白い着眼点から解析を進めている。表面の皮膜などのモデル化等、今後の研究の進展が楽しみである。

F133 微細な単繊維の散乱特性を計測し解析することによって、物質の複素屈折率を逆問題として求めている。本研究は多孔質体や繊維体の放射物性の計算には不可欠な基礎データを供給するものであるが、F132と共に熱放射を波動としてとらえようとする研究姿勢が伺える。今後、幅広い波長域への適用や高温素材の計測が期待される。

このような、放射物性のとらえ方は極論すれば他の物性値にも適応可能である。つまり、物質の微細な構造を追求することによって熱物性値をかなりの精度で推定可能であろう。これを発展させることによって、熱交換器のようなマクロの伝熱特性の推定や設計だけでなく、物質の熱物性・放射物性のミクロな伝熱制御をも含めた新しい伝熱工学の小さな一歩がふく射物性のセッションから感じられた。

山田悦郎（秋田大鋌口）

No	測定物性値	手 法	対象物質
F141	温度伝導率	レーザーフラッシュ法	輻射半透過物質
F142	熱伝導率	放熱熱交換法	固体微小試料
F143	温度伝導率	光音響法	基板上薄膜
F144	温度伝導率	パルス or ステップ加熱法	層状試料
F145	温度伝導率	レイリー散乱法	熔融塩・アルカリ金属・臭化物
F146	透温度	向流拡散法	多孔質・繊維紙
F147	熱伝導率 温度伝導率	クリッシャー法	含水粒子層

せっかくの御依頼をいただいたので独断と偏見に終始する可能性のある事を気にしつつも、表記セッションのレビューと感想を書くことにいたします。

まず、このセッションで発表された研究を便利のため要約し表にして示すと左のようである。

これから感ずることは、測定物性値の種類としては温度伝導率が多いことが認められる。この原因は、伝熱現象はほとんどが非正常であり、それを支配する熱物性値

は温度伝導率であるという考えと、次に述べる非正常測定法の発達により直接求められる物性値が主に温度伝導率であることの両者に原因があると考えられる。

また、測定方法と対象物質は多種多様であるといつてよいが、測定機器の進歩による非正常測定法の発達と先端技術に関連した物質の熱物性値の必要性の両者が関連しつつ多様化に繋がっていると考えられる。次に、各発表表について概説と感想を述べる。

F141 は輻射を一部透過する物質の温度伝導率を非正常測定法で求める場合、輻射熱移動による誤差を含んだ値が求められることになる。この報告は誤差に影響を及ぼす測定温度レベル、試料の形状、その他のパラメータについて、測定方法としてレーザーフラッシュ法を想定して誤差の評価、輻射伝熱成分の分離法について述べ、次に、石英ガラスの測定結果に適用して、厚さの異なる試料でも真値はほとんど同様の値を示す事を明らかにしている。この条件に相当する試料について有効な成果と言えよう。

F142 は微小試料の熱伝導率を直接・非正常測定によって熱画像装置により求められることに大きな特長を持つ方法である。更に、本報告では既存の試料挿入ブロックを改良しアクテブ法と呼ぶ方法を提案している。また、測定例としてシリコンゴムのデータを標準値と比較し、ほぼ一致する結果を得ている。ただし、この方法は前述の如く微小試料のみで計測が出来る等の多くの長所を持つが、温度分解能が0.1℃とやや劣ること、試料表面の半球全放射率を必要とし、その定性的傾向と熱伝導率のデータの傾向とが類似している

ように見えることなどから、今後更に進歩する方法のように見受けられた。

F 143 はエレクトロニクスや光学の分野に広く用いられている薄膜の温度伝導率を製品の状態のまま測定する目的で開発された新しい測定法といえる。この報告では、位相差測定部他の3か所を改良し、再現性と測定精度の向上を図ると共に、3種類の金属薄膜の測定値を求めている。筆者にとってはSus304とTi膜のデータに試料厚さの依存性、すなわち、加工程度の大きい程（厚さが薄い程）温度伝導率が小さくなっていることが見られるのが興味深かった。

F 144 は層状をなしている試料を対象にして非定常温度応答を明らかにすると共に温度伝導率の評価を行ったもので、複合材料特に傾斜機能材料を念頭においた研究と推定された。複合材料の1種である分散系混合物の熱物性値に興味を抱いてきた筆者にとって、担当したセッション中で最も面白く拜聴させて頂いた発表といえる。理論において、非定常加熱はパルスおよびステップ状加熱の両者に対して求められており、また、計算結果は分散系モデルと分布モデルの2種に対して与えられている。分散系モデルにおいて積層数が4以上になると単層のフーリエ数に近づくこと、分布モデルにおいて積層数が10を超えると次第にある値に漸近し、しかも、その値は分散モデルの値とは異なることなどは予想される結果とはいえ、定量的にこれらを明らかにしたことは大きな成果といえる。

F 145 は F 143 と同様に比較的最近提案された測定法の一つである。本報告はこの方法の非接触という特徴を生かし、これまで測定が困難なために測定例が少ないアルカリ金属臭化物およびヨウ化物の測定を行ったもので、これまでの結果と比較すると共に、2種の化合物の熱伝導率を分子量で整理して明快なグラフを与えている。

F 146 は主にこれまでの測定装置の改良と基準試料（多孔質繊維紙）の測定を行い、数値解析結果と比較すると共に、JISで定められているCUP法によるデータとも比較し考察している。その結果、先に見られた測定初期の立ちがりの遅れは改善され、数値解析結果と良い一致が見られた。しかしながら、数値解析に見られるパラメータ（見掛けの拡散係数）による相違が測定値にはそれほど明らかには現れない原因はなぜなのか知りたかった。また、CUP法は精度の良い測定法とは言えないと結論している。

最後のF 147の研究は土壌の熱物性値測定を目的とするもので、本報告ではクリッシャ一法を用いて砂やガラス粒子層が含水している場合の測定を試みている。始めに、装置の工夫や熱損失の誤差評価が述べられ、次に、既存の結果と比較するためにプラスチック樹脂2種について測定している。結果を見るとデータのばらつきは小さいがヒータへの電流値による相違が見られる場合があり、この原因を解明すると更に良い測定が可能なように思われた。また、含水したガラスビーズの結果は相当のばらつきがあり、試料設置の工夫や測定時間の短縮などにより今後の測定を期待したい。

燃焼における伝熱のセッションには、9編の論文が提出された。この内、3編は輻射伝熱の燃焼への影響、2編は水面に浮遊する燃料の液面燃焼、残りはそれぞれトピックス的な報告であり、触媒燃焼、セラミックスバーナによる燃焼限界、ガスタービンの燃焼解析および燃焼器設計へのAI導入法の開発に関して各1編ずつである。

1. 輻射に関するもの F211は、気相中に粒子が浮遊している場合における壁面からの輻射伝熱の燃焼場への影響を推算したものであり、著者らの既往の1次元モデルとの比較を行い、興味深い内容である。対象としている粒子が不活性粉体であり、その数密度も小さく適用範囲が狭いことから、反応性と高数密度を有する気固二相流解析への展開が望まれる。F212は、パソコンを用いた放射熱線法の実用ボイラへの適用法を示したものである。形態係数に関するHottelとCohenの値との比較およびパソコンレベルにより実炉スケールの放射量を計算している。しかし計算機の容量から流動計算を別の計算機で行うことが必要であり汎用性を失わせている。F213は、輻射を考慮した単一滴燃焼の非定常解析法により火炎からの輻射および物性値の温度依存性を考慮することが必要であることを示した。しかし輻射には火炎形状が大きな影響をもたらすと考えられ、実形状を推測することが望まれる。

2. 水面に浮遊する燃料の液面燃焼に関するもの F214は、タンカーから流出した原油の迅速な処理法としての焼却過程における着火からボイルオーバー発生までの温度分布を測定し、燃料層内に発生する対流現象を検討した。テーマ的には新規性があるが、燃焼と伝熱とを組み合わせた工学で検討できる点が興味深い。F215は、このボイルオーバー現象の発生時間を予測するために液層内部の温度変化を熱伝導問題として解析した。モデル的には液層内部が熱伝導支配とみなせるまでの短時間で実験結果と予測値が合致すると思われた。

3. 燃焼トピックス F221は、触媒球を充填した直方体の燃焼器内で水素と炭酸ガスを主成分とする低発熱量ガスを触媒燃焼させた場合の特性を解析した。流動計算の簡略さ、壁面での伝熱、充填層としての実験の取扱いにおける問題点を解決すれば、今後の触媒燃焼における計算法の確立に寄与すると思われる。F222は、多孔質セラミックス表面バーナの開発を目的として炉壁からの輻射熱による循環効果および希薄側可燃限界の実験的・理論的解析を行った。多孔質内での燃焼現象も考慮することの必要性が討論された。F223は、ガスタービン用モデル燃焼器内の流動および燃焼特性の推算を行い、二次燃焼用空気の吹き込みによる燃焼特性の変化を検討した。2次元解析の限界を明らかにする必要がある。F224は、燃焼器の設計・診断などのパラメータの数が多く経験的に対応している分野に対してAI化により系統的な知識ベースを構築する方法を示した。経験者のレベルも検討しながらAI化するシステムとなっているが、実務に富む技術者は知識が断片的であり、教科書的知識の豊富な研究者は実務に疎いわけで、レベルの評価が難しいと思われた。しかし、現象のパラメータが錯綜する操作では熟練者の減少に対応する一つの手法と期待される。

ヒートポンプセッションでは6編の発表があったが、内容が多様であるので、発表順に各論文の概要と感想を述べることにする。

F231は、非共沸混合冷媒R22+R114を用いたヒートポンプサイクルについて、著者らの伝熱に関する実験式を用いて性能評価を行った。計算結果が実験結果とよい一致を示したため、本解析方法は妥当であると述べている。また、伝熱管長および組成比が性能に及ぼす影響について検討されたが、さらに、流量、伝熱面積など他のパラメータの影響について調べることににより、本解析が一般化されると思われる。

F232は、水/LiBr系吸収式ヒートポンプ、冷凍機の吸収能力を向上させるため、吸収溶液に界面活性剤を添加したときに発生する界面攪乱が熱・物質伝達の促進に及ぼす影響を明らかにするため、乱数発生による界面攪乱を仮定して数値解析を行った。アスペクト比が増加すると、シャーウッド数やヌッセルト数が減少する結果となったのは、縦方向に20の等間隔メッシュで分割したためであって、界面付近のメッシュ分割を細かくする必要である。

F233は、長方形フィンをもつ吸収面を流下するLiBr水溶液への水蒸気の吸収現象について数値解析を行い、フィンによる冷却効果が水蒸気の吸収に及ぼす影響を明らかにした。フィンによる単なる伝熱(冷却)促進は吸収促進に余り効果がなく、界面を攪乱するようなフィン形状とする方が重要であるようだ。

F234は、サーモケミカル反応を利用したサイクルの中でも、吸収式ヒートポンプや冷凍機に用いられている吸収サイクルを用いて、熱エネルギーの蓄積と変換(昇温・増熱)及び動力(機械エネルギー)の蓄積・変換の可能なシステムの熱工学的特性を調べた。今後、非定常状態の解析をすることが望まれる。

F245は、 $\text{Ca(OH)}_2/\text{CaO}$ 反応系高温型ケミカルヒートポンプにおける固体反応層に銅メッシュフィンを挿入し、伝熱促進体による固体反応層の伝熱性能向上について実験及び理論の両面から検討を行った。層内にはフィンと粒子層からなる二次元的な熱の流れが起こり、有効に熱回収されていることがわかった。実用化に当たっては、長時間運転によって、反応層内で粉化がどの程度進むかを調べる必要がある。

F236は、低温排熱利用型吸着ヒートポンプの開発を目的として、シリカゲル及び活性炭/水蒸気系吸着のヒートポンプへの適用性について吸着平衡の測定結果に基づいて検討した。汲上げ温度差や汲上げ熱量が大きくとれる系が見いだされたが、今後、吸・脱着の繰り返しによって、吸着剤の性能劣下が生じないかを調べる必要がある。

自然エネルギー利用のセッションには、3編の論文が提出された。このうち、1編は太陽日射の予測に関するものであり、2編は太陽熱の地中および地下帯水層への蓄熱に関するものである。

地球的規模での環境問題から、自然(環境)エネルギー利用に対する最近の社会的関心は高いと言われている。今回のシンポジウムの発表件数は近年にない数であると懇親会の会場で報告されたが、このセッションにエントリーされた論文数から、再生可能なエネルギー利用の研究が何か伺い知れない問題点を秘めているようではなかった。ただ、自然エネルギー利用研究の多くは、自ずから体系的研究にならざるを得ず、伝熱研究のみでは問題が解決しない事をも考慮すべきであろう。ともあれ、今後多くの研究者の関心をこの分野へ集めるためには、工学的に興味のある現象が見つかるか、社会的にその重要性が明確に認識されることが必要のように思える。しかしながら、当日のF室の聴講者は予想以上に多く、それも若い研究者達の参加が印象的であり、熱心な質疑応答が行われたことは今後への期待がもたれる所である。以下発表順に論文の内容を紹介し、若干の感想と質疑応答について述べることにする。

F241は、地域、季節により大きく変動する太陽エネルギーの日射特性を、水平面全天日射量と法線面直達日射量のデータに基づき、これを日照時間から推定している。法線面直達日射量が $3\text{MJ}/\text{m}^2\text{d}$ 以下を曇天日とした理由は、著者らの実験データに基づく経験則としているが、暖房負荷の大きい地方であっても、 $10\sim 15^\circ\text{C}$ の熱が得られるならば、ヒートポンプを援用することで給湯・暖房が可能である。こう言った観点からも、低日射量での採熱を考慮してほしい。

F242は、空港の滑走路を太陽熱コレクターに見立て、春から夏にかけて集めた熱を水蓄熱あるいはボアホールに土壌蓄熱し、降雪時の滑走路の融雪、空港施設の暖房に利用しようとするもので、融雪過程の解析から設計パラメータの最適化を計り滑走路融雪システムのシミュレーションを行っている。仙台空港を対象とした結果では、 20000t のタンクを備えた水蓄熱方式は適当でなく、 $6\times 6\text{m}$ のユニットを35ユニット備えたボアホール蓄熱システムを交互に使用する法がよいとわかった。ボアホール蓄熱システムの詳細は不明であるが、地中蓄熱だけでなく地下帯水層蓄熱システム等を組み合わせる事を今後検討してほしい。

F243は、過去7年間にわたる地下帯水層蓄熱法の実験結果において、熱回収サイクルが増えると熱回収率に向上が見られる原因を、著者らは鉄コロイドによるダム効果と見なし、野外実験によってこれを検証している。電気探査法による検証の結果は、深度 50m 付近までは表層の影響が見られるが、 50m 以上の深さにおいては比較が可能である。これを予め解明している蓄熱井戸地質柱状図と比較することで、比抵抗値の低い領域に鉄コロイドダムの存在を確認している。鉄コロイドを形成するのに必要な時間は注入鉄量と時間で決まるがまだ十分な精度が得られていない。

「対流伝熱の促進・制御」のレビュー

一宮 浩市 (山梨大・工)

「対流伝熱の促進・制御」の分野は他の剥離，乱流および噴流等の伝熱流動の分野とも関連しているもののセッションとしては，強制対流熱伝達の促進を主として熱伝達の制御に関する5件の発表がなされた。EHD効果の利用，管内への振動片の挿入，噴出流の利用，衝突噴流，粗面の熱伝達といった幅広い研究発表であったため，最終日でありながら参加者も多く積極的な討論が行われた。

F311は，液体の管内強制対流について伝熱面近傍に高電圧を印加し誘起される乱れを伝熱促進に利用するものである。この方法は熱媒体に電場を付与し，電気力学的効果（EHD効果）による伝熱促進と印加電圧を制御パラメータとする制御性を兼ね備えた方法として気体・液体の単相流から固気，気液等の2相および多相流の熱伝達の改善まで幅広く適用でき将来的にかなり有望であろう。本報告では，印加電圧によっては平均熱伝達が無負荷の20倍も促進されている。討論としては電極の配置，流体の種類の影響，流動抵抗，伝熱促進のメカニズム等に集中した。

F312は，管内助走域に振動片を挿入し熱伝達の促進を試みたものである。振動片としては二重ヒンジを使用し，振動のタイプを3種類に分類している。その各々について流れ方向および周方向の局所熱伝達の特徴を求め，抵抗を測定し性能を評価している。伝熱促進はなされているものの現在の段階では期待するほどの結果は得られていない。それは振動片の振幅および振動ストローハル数が小さいことによると考えられる。討論は，振動のモードの種類，振動片を非対称に挿入してはどうか，ヒンジの摩擦等についてなされた。

F313は，ガスタービン船舶のエンジン吸気取入れ口の氷結防止対策の基礎研究として，一様流中におかれた円柱に単一円形ノズルからの噴出流の噴流特性を実験的に検討したものである。噴出角度，噴出流量比により影響領域が円柱表面および空間的に変化するので，ノズルを複数設置することにより局所的に伝熱流動を制御できる可能性がある。しかし，主流と噴出流が互いに干渉するので局所的に複雑な流れとなる。討論は，パラメータのとり方，今後の進め方等についてなされた。

F314は，衝突噴流の淀み点近傍の流れの組織構造の非定常性を調べることにより伝熱促進機構を解明しようとするものである。噴流中心速度，乱れ強度を局所的に測定し，衝突面間距離の影響を議論している。また講演者がかねてから唱えられている界面更新パラメ

ータには到達速度ではなく新しく淀み点での壁面速度勾配変動で定義している。衝突面間距離の大きい場合の伝熱促進には縦渦の伸張・消滅とlarge scale eddyの伝熱面への衝突による両方の界面更新の効果によると説明している。なお縦渦の発生については議論の集中したところである。

F315は、非円形流路内の粗面による伝熱特性を求める基礎研究として正方形流路の片面を粗面とし、全壁面を等温加熱したときの壁面熱流束、断面内の速度分布と温度分布を詳細に測定している。粗面に対向している平滑面上の局所壁面熱流束分布は局所壁面せん断応力分布と相似となるが粗面に隣接する平滑面上では非相似となっている。粗面近傍では乱れによる熱輸送が運動量輸送に比較して活性でないことを示しており、このことより伝熱性能に対し最適な粗さ寸法、ピッチを求めようとしている。これに関連して今後の研究の進め方について議論があった。

「伝熱の制御」という言葉はエネルギーの有効利用とともに最近特に使用されるようになった。従来は受動的にしろ、能動的にしろ伝熱促進が主であったが、それをも含めた広い意味で目的に応じて伝熱を時間的にも場所的にもコントロールできるような方法が研究されよう。その意味で電気力学的効果による方法は印加電圧により熱伝達が変化するので”制御”という意味合いが強く出ている方法といえよう。伝熱促進機構という面では衝突噴流の淀み領域の組織構造の非定常性は興味あるところである。今後、対流伝熱のみならず幅広く「伝熱の制御」という意味で研究が進められることが望まれる。

「回転場の伝熱」セッションの概要

高城敏美（大阪大）

回転場における流動と伝熱に関する4件の講演が行われた。実験と数値解析がそれぞれ2件ずつであった。片桐晴郎氏（豊田中研）と筆者が座長を勤めた。

F 321「回転場における非対称マランゴニ・密度差複合対流の発生限界」（庄司，平井）は回転場に置かれた水平液体層の自由液面を加熱・冷却した時に生じるマランゴニ・密度差共存対流における非軸対称波動流の発生限界を実験的に研究した。発生限界は Ma 数， Ra 数， Ta 数， Pr 数を組み合わせた無次元量により整理された。この熱・流動系はマランゴニ力，浮力，遠心力，コリオリ力が相互に作用し，複雑な現象であるがゆえにまた興味深い。数値解析手法も有力と感じた。

F 322「ガスタービン動翼内冷却流路の熱伝達特性」（望月，高村ほか）は回転流路内の流れについて熱伝達実験を行い，コリオリ力による2次流れの影響と遠心加速度による浮力の影響について調べた。Leading側とTrailing側の熱伝達率の差異を明確に示し，また， Re 数が小さいときは Ra 数（浮力の効果を含む）の影響が生じること，流路の屈折の影響も大きく下流まで及ぶことが示された。実験にはコンピュータと連動するデジタル回路の利用が回転体から外部へのデータの取り出しに工夫されている。

F 323「回転する矩形管内の流れと熱伝達」（田村，石垣）は管軸に垂直な軸のまわりに一定角速度で回転する矩形管内の流れと熱伝達を数値解析した。主流に垂直方向にコリオリ力が作用するため二次流れが生じ，管摩擦損失や熱伝達が増加すること， $K_L (= Re / Ro^{1/2})$ ， Ro （ロスビー数）が約130以上でコリオリ不安定による渦の発生があること，これが管摩擦係数とヌセルト数の不連続なジャンプの原因であること等を示した。

F 324「軸方向流れのある回転二重円筒間の流れのシミュレーション」（福山）はテイラー渦の発生を伴う流れ場とともにスカラー量の輸送現象を数値予測した。スカラー量はテイラー渦により上下流方向にほぼ対称に拡散し，全体として軸方向流により下流に輸送されること，テイラー渦の存在がスカラー量の拡散を加速することを示した。

回転場で生じる特徴的な流動現象と熱伝達，拡散現象が実験と数値解析により理解が深められてきたと感じられる。

吉岡啓介（大分大工）

このセッションに配当された論文は5編であったが、内1編は発表者の講演がなされなかった。以下、講演発表がなされたものについて紹介する。

能動素子に属するもの1編〔C321〕があり、これについてはドリームパイプ（第25回、本シンポで著者のうち一人が発表）の発展的応用であることが討論のなかでコメントされた。銅棒フィンによる放熱との比較計算で、等価熱伝導率および等価温度伝導率の値がそれぞれ約3.5倍、約2倍に達していることを示した計算結果の発表であり、このすぐれた放熱器としての伝熱性能の実験的検証はこれからということである。

受動素子に属するものは3編の発表があった。いずれも重力による凝縮液の還流を利用した熱サイフォンであり、混合冷媒をもつもの2編と水を冷媒とするもの1編である。

水-エタノール混合によるすぐれた低温特性を現象の観察結果と関連づけて説明し〔C323〕、主題の非定常特性については急加熱を対象としている。このステップ状変化において未凝縮のエタノール蒸気中に急増した水蒸気が突っ込んでくるという様相が観察されているという報告である。他の1編〔C324〕は水-メタノールを用い、最大熱輸送量という観点からして伝熱性能に対する加熱面粗さの効果を実験的に検証している。実験の範囲内で縦溝付き伝熱面とすることが有効であり、溝の幅と深さに最適寸法が存在することを指摘している。以上3編は直立姿勢を対象としている。

単一冷媒を用いた実験である水-ガラス熱サイフォン〔C325〕では傾斜角による伝熱性能変化を実験している。熱電対による測温点をガラス壁に80点近く面状に配置して定常状態の計測を行い、有効熱伝導率によって伝熱性能を評価している。水平に近い姿勢では蒸発面積が支配的であることにたいし、垂直に近い姿勢では重力の作用が支配的であることを示した。このことから傾き角の変化に対して伝熱性能の極大値が2個存在する現象を説明している。この討論の中で沸騰の研究にも長年携わってこられた先生から、水-ガラスの組合せに対する実験では沸騰開始に到る過熱度の大きさと相変化の際の体積膨脹についての懸念がコメントされ、発表者から指摘されたような事態に遭遇した経験があるとの応答があった。実験と無縁ではない研究者にとって銘記すべきことと感じさせられた。

物質の熱物性値

長島 昭 (慶大理工)

今年の熱物性関係のセッションで話題を投げかけたのは、小竹進先生らのグループによる一連の発表で、分子動力学を用いた熱物性値の計算法の研究であった。これは例えば薄膜の熱伝導現象を、分子間のポテンシャルに基いて分子の運動を純理論的に計算し、熱流束も熱伝導率も理論的に算出してしまおうという方法である。もちろん物性値の理論計算は、昔からガスや結晶など多くの例がある。しかし今回の小竹グループの研究は、物性と移動問題をま正面からコンピューターの力わざで押さえ込もうという意欲あふれるもので、興味深かった。会場でも、「いずれは熱伝達率も熱伝導率もいらなくなる。伝熱屋も熱物性屋も失業だ!」といわれたかどうか忘れたが、小竹先生の過激な意見で大いに盛り上がった。数値計算技術の進歩が目覚ましいので、これからの重要な研究の方向を示唆していると思う。

見慣れた物質の熱物性値に、意外な情報の盲点があることを示したのが、山田悦郎先生らのグループによる皮革の熱伝導率の発表であった。これまでよくわかっていなかったことが不思議な位である。いろいろな皮革の有効熱伝導率を丁寧な実験によって測定し、種類や微細組織や水分が違って、有効熱伝導率が見掛けの密度の関数としてほぼ一義的に表せることを示した。実用上、貴重な成果であると思う。高級な皮ほど熱伝導率が大きいのか、それとも逆であったのかは、うっかり聞き落としてしまった。

最近世間で話題になることの多いフロン代替物質についても、熱物性値の発表が2件あった。1件は佐藤春樹、渡部康一両先生らのグループによる比熱の研究である。HFC-134aおよびHFC-123の液相の定圧比熱を測定し、簡単な形の相関式によって表せることを示した。もう1件は長坂、長島らのグループによる熱伝導率の研究で、HFC-134aを高圧域まで測定し、被代替物質CFC-12との違いを述べている。

セッション全体としては、発表件数は少ないものの、なかなか話題に富んだ内容であった。やはり学会は分かり易いチャレンジがあると面白い。それは理論研究の挑戦であり、新しい測定技術の提案であり、未知の現象の発見であり、そして重要な応用との結び付きである。分子動力学の計算など、その意味で今後の発展への期待を持たせる内容であったように思う。

〈地方研究グループ活動報告〉

中国・四国研究グループ講演会

日 時：平成2年5月18日（金）13:30～17:10

場 所：もみじ会館（広島市）

講 演：1) 粉塵爆発における最小着火エネルギーの予測

野村 伸一郎（バブ日立呉研）、田中 達夫（北大）

2) 音波CT法による炉内の温度分布測定

今田 典幸、吉廻 秀久（バブ日立呉研）

3) 擾乱を与えた軸対称噴流の渦輪の挙動

栗間 諄二、宮本 政英、神田 浩司、津村 雅昭（山口大）

4) 沸騰開始の気泡の挙動と過渡熱伝達

佐古 光雄、金丸 宏、日野 圭太、菊地 義弘（広島大）

5) 流動する過冷却水を利用した連続製氷に関する研究

稲葉 英男、野津 滋、武谷 健吾（岡山大）

6) 二成分蒸気の水平二重管環状部における凝縮（気相の物質伝達の整理）

野津 滋、尾崎 公一、稲葉 英男（岡山大）

本田 博司（九大機能研）

7) 水平回転円筒内凝縮熱伝達（凝縮液膜が厚い場合）

青山 善行、阿部 文明、水上 紘一、二神 浩三（愛媛大）

渡辺 知範（川崎重工）

〈講演概要〉

- 1) 粉塵雲の簡単着火モデルを基に、最小着火エネルギーの予測を試みた。その結果、過去の実験と定性的には満足される一致が得られた。しかし、絶対値については、実測値が装置の影響でより大きくなっており、真の値は実測値の1/10かそれ以下とする経験を考慮すると、本解析は、まだまだ改良されるべき点があるものの、充分利用できるものと思われるとの報告がなされた。
- 2) 火炉内における温度・流速分布を測定するため、音波を用いた計測装置が試作され、その性能が調べられた。幅1.5 m × 1.0 m の風洞を用いた流速分布の計測を行った結果、誤差20%（実機では誤差4%に相当）以下で測定できることがわかった。また、幅1.0 m × 2.0 m のテスト炉を用いた温度分布の計測を行ったところ、誤差5%（実機では誤差1.4%に相当）以下で測定できることが明らかにされた。
- 3) 軸対称噴流ノズル上流に擾乱を与え、渦輪の発生周波数及び通過周波数を流れの可視化

により測定し、渦輪の挙動に及ぼす擾乱の影響を調べた。渦輪の発生周波数 f と擾乱周波数 F が $f=F$, $f=2F$, $f=3F$ の条件を生じる 3 つの周波数域が存在し、 $5200 < Re < 7500$ では擾乱周波数に対する渦輪の発生周波数を予測することができることが報告された。

- 4) 沸騰開始時の気泡の挙動を高速カメラを用いて観察し、気泡の成長及び過渡熱伝達について考察した。同時に簡単な 1 次元モデルによる数値解析と比較してその成長過程を比較検討した。その結果、気泡前縁の形状及び円筒状気泡の直径がどの時間レベルにおいてもほぼ同じであることから、蒸気の大半は、極めて短時間のうちに気泡前縁近傍で生成されることがわかった。また、伝播気泡前縁近傍の伝熱面上に薄い液膜が存在することを示唆した。
- 5) 流動する過冷却水を用いた連続製氷技術の可能性を検討するため、基礎的実験を行い、過冷却状態の安定維持と過冷却の限界及び生成される氷に影響する諸因子の効果について調べた。限界パラメータとしてレイノルズ数とステファン数を用いると、実験データが比較的良好に整理できた。また、製氷率は過冷却度の増加につれて大きくなった。
- 6) 高性能伝熱管の一種を内管とする水平二重管を用いて凝縮実験を行った。全長 2 m の試験区間は 8 個の小区間 (長さ 250 mm) に分けられ、各小区間における伝熱量、静圧降下、平均壁温、蒸気温度、蒸気組成を測定した。気相の物質伝達に関する実験値は既存の関係式と比較され、その適用限界について明らかにされた。
- 7) かき残し液膜が凝縮熱伝達と流動状態に及ぼす影響について実験的研究を行い、その結果を乱流解析と比較した。熱通過率は隙間が大きくなるにつれて増加した。この傾向は固体膜モデルによる予測と定性的に一致した。しかし、隙間が 0.1 mm 以上になると、実験値は計算値の約 2 倍になった。一方、乱流解析による結果は、実験結果と定量的にも定性的にも一致しなかった。

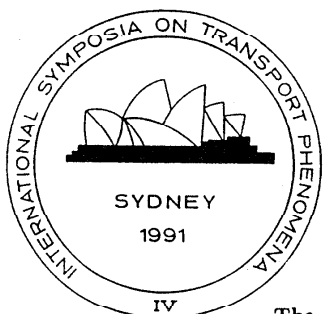
(中国・四国地方連絡幹事 菊地 義弘)

<おしらせ>

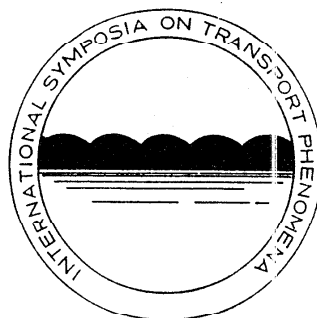
～訃報～

日本伝熱研究会初代会長 小林 明 先生（豊田中央研究所所長（当時）、名古屋大学名誉教授）は、平成2年6月27日、心不全のため御逝去されました。享年92歳。心から御冥福をお祈り申し上げるとともに、謹んで会員各位にお知らせいたします。

日本伝熱研究会
事務局



CALL FOR PAPERS



The Fourth International Symposium on Transport Phenomena (ISTP-4)—Heat and Mass Transfer Sydney, Australia, July 14–18, 1991

The purpose of this symposium is to provide a forum for specialists in heat and mass transfer to present new developments and discuss the state of the art, the future direction and priorities in the areas of transport phenomena. The Symposium is the fourth in a series of international conferences held in the area of transport phenomena, with the first three symposia held in Honolulu, 1985 (Rotating Machinery), Tokyo, 1987 (Turbulent Flow), and Taipei, 1988 (Thermal Control).

Scope

Papers are solicited which deal with any aspect of thermo-fluid transport phenomena (mass, momentum, heat and energy transfer), and related topics. Modeling, theory, experiments, and numerical methods and simulations are all appropriate. Papers may be results of original research or those which summarize a specific subject.

Selection of Papers

Initial selection will be based on submitted abstracts of about 300 words. The abstract should contain: 1) paper title, 2) five keywords, 3) authors' names, affiliations and full addresses and 4) name, address, phone number and teletype (fax) or telex number of the author to whom subsequent correspondence should be directed. The abstract should contain sufficient information to enable the scope and nature of the paper to be assessed. Final acceptance will be based on review of the complete manuscript. All accepted papers will be published in the proceedings.

Schedule

September 15, 1990	Three (3) copies of abstract due
September 30, 1990	Notification of abstract acceptance
November 30, 1990	Three (3) copies of full length manuscript due
January 31, 1991	Notification of final paper acceptance
March 31, 1991	Camera-ready manuscript due

Abstracts should be sent to:

Dr. M. Behnia (Symposium Co-chairman)

School of Mechanical and Manufacturing Engineering -
University of New South Wales

P.O. Box 1, Kensington, N.S.W. 2033, Australia

Phone: (61)(2)697-4253 Fax: (61)(2)663-1222 Telex: AA26054

For further information, please contact Dr. Behnia at the above address or:

Professor W.J. Yang
Dept. of Mechanical Engineering
and Applied Mechanics
University of Michigan
Ann Arbor, Michigan 48109
U.S.A.
Phone: (1)(313)764-9910
Fax: (1)(313)747-3170

or

Professor J.P. Gostelow (Symposium
Co-chairman)
School of Mechanical Engineering
University of Technology, Sydney
P.O. Box 123,
Broadway, N.S.W. 2007, Australia
Phone: (61)(2)218-9325
Fax: (61)(2)281-5919

turbulent shear flows

CALL FOR PAPERS

Eighth Symposium on Turbulent Shear Flows

Technical University of Munich
Munich, F.R. Germany
September 9-11, 1991

The Eighth Symposium on Turbulent Shear Flows aims to advance understanding of the physics of turbulent motion and capabilities for predicting momentum, heat and mass transport processes in turbulent shear flows of engineering and geophysical importance.

Approximately 20 technical sessions are planned. Contributed papers are invited on original work in the following general areas:

- Fundamentals:** Measurements, theories and concepts that illuminate the nature of turbulence.
- Turbulence Models:** Developments in single and two-point closures; large-eddy and other numerical simulations.
- Experimental Techniques:** Improved experimental methods for single and two-phase turbulent flow.
- Computation Techniques:** Advances in computation methods for single and two-phase turbulent flow.
- Heat and Mass Transfer:** Developments in scalar modeling; related measurements and calculations.
- Combustion:** Developments in modeling of turbulent flames and their application; experiments and calculations of combusting flows.
- Applications:** Contributions to applied turbulent flows including those concerned with internal and external aerodynamics, geophysical flows, meteorology and engineering processes.

Abstracts

Paper selection will be based upon a review of extended abstracts of approximately 1000 words which should be double-spaced and state clearly the purpose, results and conclusions of the work with supporting figures as appropriate. Five copies of the abstract should be submitted to:

Professor F. W. Schmidt
Secretary, Turbulent Shear Flows
Department of Mechanical Engineering
The Pennsylvania State University
University Park, PA 16802 USA
614-865-2072; FAX 614-863-4646

Deadlines

Final date for receipt of abstracts: November 15, 1990
Authors informed concerning acceptance: March 15, 1991.
Final date for receipt of camera-ready manuscript: May 31, 1991

BTH SYMPOSIUM PAPERS COMMITTEE

U. Schumann (Chairman)
DLR
Institut für Physik der
Atmosphäre
D-8031 Oberpfaffenhofen
F. R. Germany
08153-28-521
FAX 08153-28-243

R. Friedrich
Lehrstuhl für
Stromungsmechanik
Technische Universität
München
Arcisstraße 21
D 8000 München 2
F. R. Germany
089-21052508
FAX 089-21052000

B. E. Launder
Department of Mechanical
Engineering
UMIST
Manchester, M60 1QD
UK
061-200-3701
FAX 061-200-3723

J. H. Whitelaw
Department of Mechanical
Engineering
Imperial College
London, SW7 2BX
UK
71-225-8966
FAX 71-823-8845

ADVISORY COMMITTEE:

R.J. Adrian, USA
H. Alfredsson, Sweden
J.-C. Andre, France
R.A. Antonia, Australia
G. Bergeles, Greece
R. Blackwelder, USA
P. Bradshaw, USA
M. Chanie, France
S. Corrae, USA
J. Cousteix, France
H. Fernholz, F.R. Germany
I. Gartshore, Canada

W.K. George, USA
V.W. Goldschmidt, USA
H. Ha-Minhi, France
K. Hanjalic, Yugoslavia
T.J. Hanratty, USA
J.R. Herring, USA
J.A.C. Humphrey, USA
F. Hussain, USA
N. Kasagi, Japan
J.F. Keffler, Canada
W. Kollmann, USA

E. Krause, F.R. Germany
B. Laschka, F.R. Germany
A. Leonard, USA
M. Lesieur, France
M.A. Leschziner, UK
J.L. Lumley, USA
P.J. Mason, UK
J.J. McQuirk, UK
G.E.A. Meier, F.R. Germany
P. Moin, USA
Y. Nagano, Japan

I. Nakamura, Japan
M. Peric, F.R. Germany
S.B. Pope, USA
W.C. Reynolds, USA
W. Rodi, F.R. Germany
A.J. Smitis, USA
M. Sokolov, Israel
R.I. Street, USA
K. Suzuki, Japan
A. Taylor, UK
M. Wolfshtein, Israel

東海地方研究グループ
特別講演会のご案内

日本学術振興会の招聘により来日される Thomas F. Irvine 教授をお招きし、先生のご専門である非ニュートン流体の流動や熱伝達に関する特別講演会を下記のように開催致します。多数ご参加くださいますようお願い申し上げます。

主催： 日本伝熱研究会東海地方研究グループ
協賛： 東海流体熱工学研究会

日時： 平成2年9月26日(水) 14:00~19:00

会場： 名古屋工業大学 機械工学科 M3講義室
(地下鉄鶴舞線 鶴舞駅下車 徒歩10分 または JR中央線 鶴舞駅下車
徒歩10分)

講演会： 14:00~16:30

(1) "A New Multipurpose Viscometer to Measure Thermophysical
Properties of Newtonian and Non-Newtonian Fluids."
Thomas F. Irvine, Jr. (State University of New York)

(2) 「自由表面を有する高分子流体の流動・伝熱解析」
新垣 勉 (名古屋工業大学 応用化学科)

(3) 「円管内溶融樹脂流動の研究」
上地 哲男 (三菱重工業(株)名古屋研究所)

懇親会： 講演会終了後、17時頃より、名古屋工業大学内において懇親会を予定しております。ぜひご参加下さい。

問合せ先： 藤田 秀臣(連絡幹事)
〒464-01 名古屋市千種区不老町
名古屋大学工学部機械学科
TEL (052) 781-5111 内線 2700
FAX (052) 781-9243

長野 靖尚
〒466 名古屋市昭和区御器所町
名古屋工業大学機械工学科
TEL (052) 732-2111 内線 2458
FAX (052) 733-9979

東海研究グループ企画
浜名湖畔セミナー
”乱流伝熱の基礎と最前線”

伝熱研究会東海グループでは標記のセミナーを下記の通り開催致します。ふるって御参加下さいますよう御案内申し上げます。

- 日時 : 平成2年10月12日(金)～13日(土), 1泊2日
 場所 : 地方職員共済組合保養所 浜名荘
 〒431-02 静岡県浜名郡舞阪町舞阪字乙女園2994-1, TEL 05359-2-0668
 交通 : JR東海道本線弁天島駅より徒歩14分
 参加費 : 一般 11,000円, 学生 7,000円
 (宿泊, 食事および懇親会費を含みます。)
 定員 : 50名(申し込み先着順により満員になり次第締め切ります。)
 申し込み : 綴じ込みの申し込み用紙に必要事項を記入の上下記まで郵送下さい。
 参加費は当日受付にて集めさせていただきます。参加申し込み後の取り消しは御遠慮下さい。
 申し込み先 : 〒432 浜松市城北3丁目5-1
 静岡大学工学部エネルギー機械工学科
 中山 顕 (TEL 0534-71-1171内線247, FAX 75-4794)
 申し込み締切 : 平成2年9月27日(木)

日程
 10月12日(金)

時間		内容
12:00～ 13:00	受付開始 開会	
13:10～ 17:10	話題提供 (理論)	乱流入門 : 藤田秀臣 (名大) 速度場のモデリング : 島 信行 (静大) 温度場のモデリング : 長野靖尚 (名工大) ラージエディ・シミュレーション : 森西洋平 (東大生研) ダイナミクス・シミュレーション : 黒田明慈 (東大)
17:10～ 17:40	特別講演	エンジン内の空気流動と燃焼のシミュレーション : 大澤克幸 (豊田中研)
17:40～ 18:30	休息	あなたもすぐにできる”パソコンによる熱流動の数値シミュレーション” (自由参加)
18:30～ 20:30	夕食および懇親会	”乱流”についての放談

10月13日(土)

時間		内容
8:00～ 9:00	朝食	
9:00～ 12:00	話題提供 (実験)	熱流体計測入門 : 熊田雅弥 (岐阜大) 乱流境界層 : 蒔田秀治 (豊橋技大) 管内乱流 : 田川正人 (名工大) 廣田真史 (名大) 乱流自然対流 : 辻 俊博 (名工大) 乱流共存対流 : 北村健三 (豊橋技大)
12:00	閉会	

----- 切り取り線 -----

浜名湖畔セミナー・参加申し込み用紙

ふりがな
氏名

所属 (大学研究室)

役職 (学年)

連絡先住所 〒

(TEL)

(FAX)

ご要望等

中四国研究グループ企画

1990年 中四国伝熱セミナー・山口

中四国研究グループでは標記のセミナーを下記のように企画しました。伝熱に関する知識や興味を広げるために、特に若手会員や大学院生の自由な討論の場にしたいと考えておりますので、奮ってご参加くださいますようご案内申し上げます。

記

1. 日時 平成2年11月9日(金)～10日(土)
2. 会場 宇部興産・健康保険組合 「海の家」
〒755-02 宇部市東岐波区宮浜
電話 0836-58-2332
3. 参加費 (宿泊、食事、懇親会費を含む)
会員： 8,000円 非会員： 10,000円
学生： 5,500円
4. 定員 約60名
5. 申し込み 下記宛先まで申し込みください。申し込みいただいた方には、詳しい案内をお送りいたします。

締め切り 平成2年10月16日(火)

申し込み先 〒755 山口県宇部市常盤台

山口大学工学部機械工学科

中四国伝熱セミナー準備委員会 栗間 諄二

電話 0836-31-5100 内線 227 (FAX) 0836-34-0624

6. 日程

= 11月9日(金) =

時間	内容
12:30 13:00	受付開始 開会
13:10～ 17:00	Seminar (1) 混相媒体の伝熱 1. アメリカ、カナダ流動層研究の実例 -在外からの帰国報告- 加藤 泰生(山口大学) 2. マルチソリッド型循環流動層ボイラ 三井 達夫(三井造船) 3. 二段浅層流動床ボイラーにおける伝熱と制御 出井 安正(宇部興産) 4. 気液二相流動に与える気体密度の影響 -垂直上昇および水平流-- 中里見 正夫、清水 英男(宇部高専) 5. 石炭ガス化プラントにおけるCWMの加熱 十亀 盛男、岡田 一夫、赤崎 淳(宇部アンモニア工業)
18:00～ 21:00	夕食および懇談会

= 11月10日(土) =

7:30～	朝食
9:00～ 12:00	Seminar (2) 伝熱の制御 1. 粗面乱流境界層の抵抗減少に関する制御 大坂 英雄(山口大学) 2. 吸収冷凍における水蒸気の吸収および拡散 森岡 斎(徳島大学) 3. 流動層利用による熱交換器の着霜制御 鳥越邦和、川端克宏、蛭子毅(ダイキン工業)、坪田祐二(東京電力) 4. 流れと熱の可視化 (Visual Session) 大成 博文(徳山高専) 他
12:00	閉会、記念撮影、昼食

「伝熱研究」の原稿のワープロ化のお願い

「伝熱研究」編集委員会（伝熱研究会）

1. はじめに

日本伝熱研究会の会誌「伝熱研究」の原稿をワープロで打って提出して下さる方が、近年増加しており、現在では、かなりの割合に達しております。もし、ワープロ原稿をそのまま会誌にのせることができれば、「伝熱研究」の印刷費用は安くなりますし（活字組みから写真製版への移行による費用の減少）、活字組みの時に生じる文章中の誤字、脱字を減らすこともでき、また、ゲラ刷りの校正作業もずっと楽になるなど種々の利点が生じるものと思われまます。そこで、原稿をワープロで打っていただける方には、なるべくワープロの出力原稿を提出していただき、それをそのまま会誌にのせることにいたしました。印刷用原稿としては、各著者のプリンタ出力をそのまま使用しますので、印刷の仕上りは機種による字型の違いなどのために多少不揃いになると思われまますが、以下の標準書式に従ってプリンタ出力をし、原稿を御提出いただきますよう、ご協力のほど、どうぞよろしくお願い申し上げます。

2. 「伝熱研究」用原稿の標準書式

2.1 標準出力フォーマット

- ★この用紙の書式を参考にして、A4の用紙に打出す。（切り貼りは自由。印刷時にB5に縮小します。なお、縮小された大ききでB5に打出しても構いません。）
- ★縦長、横書き。（プリンターは、24×24ドット以上の文字構成とする。）
- ★全角文字を標準とする。（英語、数字は半角が望ましい。）
- ★一行に印字する文字数：42文字程度（40～44文字の間なら構いません。）
横 幅：160mm 程度（150mm～170mmの間なら構いません。）
（この場合、文字間隔は1/8文字程度に対応します。）
- ★一行の行数：34行程度（33～35行の間なら構いません。）
縦の長さ：255mm 程度（245mm～265mmの間なら構いません。）
（この場合、行間隔は1文字分程度に対応します。）
- ★図面・表は、シンポジウム講演論文集と同様に貼り込む。

（以上よろしくお願ひいたします。）

1.....(一行目は表紙の頁のみ空白とする。二頁目以降は文章を書く。).....40・42・44

.....10.....20.....30.....

.....「伝熱研究」の原稿のワープロ化のお願い.....

.....(表題は二行目の中央に文章と同じ大きさの文字で書く。).....

5.....「伝熱研究」編集委員会・(伝熱研究会).....

.....(表紙の頁は一行空白).....(氏名、所属〔略称〕を右に詰めて書く。).....

1. はじめに.....(本文スタート↓).....

.....日本伝熱研究会の会誌「伝熱研究」の原稿をワープロで打って提出して下さる方が、近年

増加しており、現在では、かなりの割合に達しております。もし、ワープロ原稿をそのまま会

誌にのせることができれば、.....

.....↑.....

.....↑.....

.....|.....

.....160mm.....

15.....|.....

.....255mm.....

.....↓.....10mm.....

.....なお、.....↓.....

.....、事務局で対応できますので、お気軽にお申し付け下さい。.....

.....(一行空白).....

20.....(一行空白).....

2. 「伝熱研究」用原稿の標準書式.....

2. 1 標準出力フォーマット.....

★この用紙の書式を参考にして、A4の用紙に打出す。(切り貼りは自由。印刷時にB5に

縮小します。なお、縮小された大きさとB5に打出しても構いません。)

25★縦長、横書き。(プリンターは、24×24ドット以上の文字構成とする。)

★全角文字を標準とする。(英語、数字は半角が望ましい。)

★一行に印字する文字数：42文字程度(40～44文字の間なら構いません。)

★横 幅：160mm程度(150mm～170mmの間なら構いません。)

(この場合、文字間隔は1/8文字程度に対応します。)

30★一頁の行数：34行程度(33～35行の間なら構いません。)

★縦の長さ：255mm程度(245mm～265mmの間なら構いません。)

(この場合、行間隔は1文字分程度に対応します。)

★図面・表は、シンポジウム講演論文集と同様に貼り込む。

.....(以上よろしくお願いたします。)

.....

35.....

Typing Instructions for Contributors to
Journal of Heat Transfer Society of Japan

Editorial Board for J. Heat Transfer Soc. Japan

c/o Dept. Mechanical Engineering for Production
Tokyo Institute of Technology
Meguro-ku, Tokyo 152, Japan

Manuscripts should be typed single-half-spaced within a space of 170 x 255 mm, on one side of the page, using A4 (210 x 296 mm) or letter-size (8¹/₂ by 11 inch) white paper and 12-pitch typing letters. The manuscripts must be typewritten clearly using a black carbon or film ribbon on an IBM or equivalent typewriter. A word processor may be used with a letter-quality printer. The printing plates will be prepared by photographing the original manuscripts submitted. Therefore, it is important for typists to avoid erasers and keep the manuscripts as clean as possible. The pages will be reduced approximately 14% by the printer so that the data must be large enough to be readable at that reduction.

On the first page of each chapter, the chapter title should be typed centered, leaving two lines of space above it. The author's name and affiliation should also be typed centered. Put them on a line separate from the title and the text, leaving one line of space above and two lines of space below. On the second and subsequent pages, start typing at the top of the page. Each text page holds 40 lines of type. Using a light-blue pencil, lightly write the page number at the upper right corner of the page.

Equations should be typed if possible. If handwritten, they must be carefully lettered using black ink, using symbols approximately the same size as the typewritten characters. Type the equation and its number enclosed in parentheses as follows:

$$St = 0.0287 Pr^{-2/5} Re_x^{-1/5} \quad (1)$$

All symbols should be defined in the text. If a nomenclature section is included to define unique symbols, place it at the end of the text just ahead of the reference section. All data should be reported in SI units.

Place the table/figure preferably at the top or bottom of a page as close as possible to its first mention in the text. Type captions for tables/figures right above/under them. Leave one line of space between the table/figure and

following or preceding text. High quality reproduction of illustrations depends on the condition of the original artwork. It should be prepared as carefully as the text. In planning sizes of line figures and labels, keep in mind that the final page will be reduced 14% by the printer. Be certain that labels and data points will be legible at this reduction. Glossy prints, photostats, or reprints of drawings may be used if they are of high quality with sharp, even lines and lettering. Photographs must be sharp black-and-white glossy prints.

References should be listed immediately following the text. They may be listed either in alphabetical order or in numerical order by text citation. In the text, reference citations should be either by the last name of the author(s) and the year of publication or by the reference number enclosed in square brackets, respectively. Some sample lists of symbols and references follow:

NOMENCLATURE

c_p	specific heat at constant pressure, J/kg K
h_x	local heat transfer coefficient, W/m ² K
Pr	Prandtl number
Re_x	Reynolds number, $u_\infty x/\nu$
St	Stanton number, $h_x/\rho c_p u_\infty$
u_∞	free stream velocity, m/s
x	distance from the leading edge, m
ν	kinematic viscosity, m ² /s
ρ	density, kg/m ³

REFERENCES

- [1] Clark, J. A., 1986, Private Communication, University of Michigan, Ann Arbor.
- [2] Lee, Y., Korpela, S. A., and Horne, R. N., 1982, "Structure of Multi-Cellular Natural Convection in a Tall Vertical Annulus," Proc. 7th Int. Heat Transfer Conf., U. Grigull et al., ed., Hemisphere, Washington, DC, vol. 2, pp. 221-226.
- [3] Sparrow, E. M., 1980, "Forced-Convection Heat Transfer in a Duct Having Spanwise-Periodic Rectangular Protuberances," Num. Heat Transfer, vol. 3, pp. 149-167.
- [4] Tung, C. Y., 1982, "Evaporative Heat Transfer in the Contact Line of a Mixture," Ph.D. Thesis, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy.

Note that a long list of references may be typed single-spaced.

2. 会員の方々へ

事務局は、大学に有りますが外部に委託して専従の係が処理に当たっている訳では有りません。お問い合わせには必ず『書面』にて、事務局までご一報くださいませ。書面には、郵便振替用紙の通信覧やFAXでも結構ですが電話での直接の応対は致しかねます。

(1) 会費請求について

会費請求は一括して、毎号の伝熱研究の送付封筒の『宛名ラベル』の表示で行っています。この請求金額は、貴方の入会時からのデータを基にデータベース上で処理された”最新のデータ”で表示していますので、御確認を申し上げます。
本年より事務処理量低減の為、以下の様にしますので御注意下さい。

注意：入金作業は、個人名をフリガナ検索で行っていますので会社名のみで個人名が特定できない場合、照会行為等はせず未納扱いとなりますので御注意ください。
※ トラブルを防ぐ上からも貴方自身で送金手続きをしてください。

(2) 変更事項について

事務局では、貴君もしくは代理と認めうる方の『書面』をもってデータベースの変更を受け付けています。事由が発生した時点で、速やかに”巻末の変更届用紙”にて御連絡下さい。連絡が頂けませんと送付物はデータベースに登録されている宛先へ一括処理で発送を続ける恐れが有ります。従って、貴方宛の書籍や通信物は回収されるまでは再度お送りはできませんし、再発送する場合にはその費用につきましては、別途御請求を申し上げます。
※ 変更事由等の『予告通知』は受け付けません。

(3) 会員資格変更について

学生会員で社会人になられた方々は（学生会員→正会員）への変更届を至急してください。特に、指導教官の方々には適切な御指導をお願いを申し上げます。

(4) 長期会費滞納会員に対する一括連絡

前年度分までの会費を今だに充当されていない会員諸氏に連絡をします。会費が充当されない場合には、『伝熱研究7月号』以後の送付を停止致しますとともに退会の意志が有るものとして、下記期日をもって退会処置を致します。尚、個々には別途会費請求の案内はしませんので、『本7月号の宛名ラベル』に御注意を申し上げます。

- ※ 納入期日：平成2年8月25日（消印可）まで。
前号までの郵便振替用紙（東京6-14749）をお使いください。
- ※ 事務局では滞納者の扱いなどで苦慮をしています。
問い合わせ例：会費を払わない方や新年度に入って送金したがシンポ論文集が送ってこない。
対応：各年度毎に正しく入金されている方々には、データベースによって事前送付の該当者の扱いで一括処理をしています。

(5) 退会予定者の方々に

事務局では、通常の場合は書面通知（郵便振替用紙に記載可）を持って退会手続きを行います。但し、会費請求が有る方には充当をもってお願いを申し上げます。また、退会連絡には『○月○日付けで退会を致します。』と具体的な内容で御指示を願います。

尚、退会手続きが完了しますと貴方のデータベースを削除するとともに『退会案内』を送付してお知らせします。従って、以後の問い合わせには会員外の扱いとなります。

日本伝熱研究会 新規入会申し込み・変更届用紙

(該当に○を記入の事。)

1. 新規入会個人会員(正・学)申込書
2. 変更届書(書面での届出に限って手続きをします。)

0	申込年月日	H	年	月	日	※入会の方は同時に郵替にて 会費の納入をお願いします。 氏名にはふりがなを記す事。 ※余白に通信文記載可	
1	会員資格	正・学					
2	氏名						※難読乱書は再届が有ります。
3	ふりがな						
4	生年月日	M・T・S	年	月	□		

5	* 勤	名称				
6		〒	—			
7	務	所在地				
8		所在地				
9	先	TEL				共通・専用
10		FAX				
11						

12	自宅	〒	—			
13		住所				
14		住所				
15		TEL				

16	通信先***	勤務先 ・ 自宅				
17	学位					
18	最終出身校					
19	卒業年次	T・S・H	年			
20	専門分野	・	・	← (下記専門分野の番号)		

21	学生会員の場合：指導教官名**	印				
----	-----------------	---	--	--	--	--

専門分野

- | | | | | | |
|---------|-----------|-------------|------------|----------|---------|
| 1: 自然対流 | 2: 強制対流 | 3: 熱伝導 | 4: 凝縮 | 5: 沸騰・蒸発 | 6: 混相流 |
| 7: 物質移動 | 8: 反応・燃焼 | 9: 放射 | 10: 熱物性 | 11: 熱交換器 | 12: 流動層 |
| 13: 蓄熱 | 14: 冷凍・空調 | 15: 内燃機関 | 16: ガスタービン | 17: 蒸気機関 | 18: 原子力 |
| 19: 太陽熱 | 20: 環境 | 21: その他 () | | | |

*) 学生の場合はここに在学学校名、学部、学科、研究室名、学年(M2、D3など)を記す。

**) 指導教官の署名及び捺印の事。

***) 送付先限定の為、必ず記入の事。

伝熱研究
Vol.29, No.114

1990年7月発行

発行所 日本伝熱研究会

〒152 東京都目黒区大岡山2-12-1

東京工業大学工学部生産機械工学科気付

日本伝熱研究会

電話 03(726)1111(代) 内線3090,2540

Fax 03(729)0587

振替 東京 6-14749

(非売品)