

ISSN 0910-7851

# 伝熱研究

Journal of The Heat Transfer Society of Japan

1996 April  
Vol. 35 No. 137

〈小特集：伝熱工学・熱工学の将来－伝熱学会発足3周年を迎えて〉

ISSN 0918-9963

**THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING**

Vol. 4

No. 2

社団法人 日 本 伝 熱 学 会  
The Heat Transfer Society of Japan

## 日本伝熱学会第34期（平成7年度）役員

会 長 副 会 長  理 事 (編集出版) 東 北 北陸信越 中国四国 (企 画)  関 西  (総 務) 北 海 道 監 評 員	(編集出版) 山 田 悦 郎 (秋 田 大) 青 木 和 夫 (長 岡 技 大) 稲 葉 英 男 (岡 山 大)  萩 野 文 丸 (京 大) 松 木 健 次 (シ ャ ー プ) 金 子 邦 彦 (東 大)  杉 山 憲 一 郎 (北 大) 前 田 昌 信 (慶 大) 鈴 木 立 之 (富 山 県 立 大) 平 澤 良 男 (富 山 大) 功 刀 資 彰 (原 研) 一 宮 浩 市 (山 梨 大) 丸 山 茂 夫 (東 大) 長 坂 雄 次 (慶 大) 縄 田 豊 (八 代 高 専) 田 中 宏 史 (福 岡 工 大) 山 田 明 (三 菱 重 工) 三 田 地 紘 史 (豊 橋 技 科 大) 廣 田 真 史 (名 大) 小 林 健 一 (東 工 大) 早 坂 洋 史 (北 大) 山 岸 英 明 (釧 路 高 専) 高 橋 一 郎 (山 形 大) 稲 室 隆 二 (京 大) 竹 中 信 幸 (神 戸 大) 片 岡 勲 (京 大) 鈴 木 豊 彦 (鳥 取 大) 加 藤 泰 生 (山 口 大) 数 土 幸 夫 (原 研) 東 之 弘 (い わ き 明 星 大) 中 島 利 誠 (お 茶 水 女 大) 田 辺 新 一 (お 茶 水 女 大) David Copeland (東 工 大)	相 原 利 雄 (東 北 大) 林 勇 二 郎 (金 沢 大) 鳥 越 邦 和 (ダ イ キ ン) 斎 藤 彬 夫 (東 工 大)  部 会 長 東 海 增 岡 隆 士 (九 工 大) 熊 田 雅 弥 (岐 阜 大) 伊 藤 正 昭 (日 立)  部 会 長 笠 木 伸 英 (東 大) 前 川 博 (新 潟 大) 尾 添 紘 之 (九 大) 柳 謙 一 (三 菱 重 工) 水 野 彰 (豊 橋 技 科 大) 河 村 洋 (東 理 大)  塩 治 震 太 郎 (石 播 重 工) 日 向 滋 (信 州 大) 石 黒 博 (筑 波 大) 森 岡 幹 雄 (石 播 重 工) 神 永 文 人 (茨 城 大) 西 野 耕 一 (横 浜 国 大) 師 岡 慎 一 (東 芝) 中 山 昭 男 (九 州 産 大) 森 英 夫 (九 大) 長 野 靖 尚 (名 工 大) 大 原 敏 夫 (日 本 電 装) 大 河 誠 司 (東 工 大) 三 松 順 治 (岐 阜 大) 戸 倉 郁 夫 (室 蘭 工 大) 原 利 次 (日 本 工 大) 泉 正 明 (岩 手 大) 小 澤 守 (関 西 大) 増 田 雅 昭 (シ ャ ー プ) 橋 本 律 男 (三 菱 重 工) 奥 山 喜 久 夫 (広 島 大) 森 康 彦 (慶 大) 飛 原 英 治 (東 大) 小 原 拓 (東 北 大) 中 谷 元 (三 菱 電 機) 新 井 紀 男 (名 大) 川 西 康 平 (三 菱 重 工)
---	--	--

「Thermal Science and Engineering」

チーフエディター

小 竹 進 (東 大)

# 伝熱研究 目次

## 〈小特集：伝熱工学／熱工学の将来－伝熱学会発足3周年を迎えて〉

小特集「伝熱工学／熱工学の将来－伝熱学会発足3周年を迎えて」にあたって .....第34期編集委員 熊田雅弥（岐阜大学）.....	1
--	---

## 〈随想〉

随想――未来への期待をこめて.....甲藤好郎（日本大学・理工学研究所）.....	2
随想（35年の回顧と将来への希望） .....森 康夫（日本伝熱学会特別名誉会員，米国工学アカデミー会員）.....	5
TSE の投稿論文からみた伝熱／熱工学研究の将来.....小竹 進（TSE チーフエディター）.....	8

## 〈伝熱・熱工学の各分野の研究の将来〉

強制対流伝熱伝達研究の将来.....鈴木健二郎（京都大学大学院工学研究科機械工学専攻）.....	10
自然対流伝熱研究の将来.....尾添紘之（九州大学機能物質科学研究所）.....	12
凝縮伝熱研究の将来.....本田博司（九州大学機能物質科学研究所）.....	14
沸騰伝熱研究の将来課題.....庄司正弘（東京大学）.....	16
気液二相流伝熱研究の将来.....芹澤昭示・河原全作（京都大学）.....	19
燃焼研究の将来.....高城敏美（大阪大学）.....	21
ふく射伝熱研究の将来.....黒崎晏夫（東京工業大学）.....	23
より速く、より微細に、より論理的に－熱物性研究の将来－.....荒木信幸（静岡大学）.....	25
環境伝熱研究の将来.....斎藤武雄（東北大学工学部機械航空工学科）.....	27
生体に関する伝熱研究の可能性.....棚澤一郎（東京大学生産技術研究所）.....	30
ミクロ伝熱研究の将来.....松本洋一郎（東京大学）.....	33
化学反応を伴う伝熱研究の将来.....岡崎 健（東京工業大学炭素循環素材研究センター）.....	35
数値解析伝熱研究の将来.....河村 洋（東京理科大学）.....	37
機器伝熱の将来.....石塚 勝（東芝・研究開発センター）.....	39
計測研究の将来.....前田昌信（慶応義塾大学）.....	41

## 〈私の伝熱研究の将来〉

伝熱研究の将来.....土方邦夫（東京工業大学）.....	43
伝熱：熱を伝えることと熱が伝わったこと.....西尾茂文（東京大学生産技術研究所）.....	46

## 〈基盤強化委員会からの提案〉

伝熱学会の将来と基盤強化.....林勇二郎（金沢大学）.....	48
----------------------------------	----

## 〈研究会報告〉

電荷移動を伴う熱科学現象研究会

……………水野 彰（豊橋技術科学大学），吉田英夫（東京工業大学），中谷 元（三菱電機） ……54

高温エネルギー変換工学研究会……………新井紀男（名古屋大学高温エネルギー変換研究センター） ……56

非線形熱流体研究会－活動報告および伝熱研究の将来と非線形力学－

……………金子邦彦・庄司正弘・飛原英治（東京大学） ……57

人間熱科学研究と着心地の科学

……………中島利誠（お茶の水女子大学生生活科学部生活環境学科生活工学講座） ……59

## 〈特別委員会の報告〉

国際活動委員会－活動の概要……………森 康彦（慶応義塾大学） ……61

伝熱研究のネットワーク作り

……………ネットワークシステム化委員会 前田昌信（慶応義塾大学）・小林健一（東京工業大学） ……62

伝熱学大系出版委員会報告……………坂口忠司（神戸大学） ……63

## 〈支部活動の現状と将来〉

関西支部の活動の現状と将来……………関西支部支部長 高城敏美（大阪大学） ……64

東海支部の活動の現状と将来……………東海支部支部長 藤田秀臣（名古屋大学） ……65

## 〈研究トピックス〉

SFU 推進系の熱設計……………山田 明（三菱重工業 長崎研究所） ……66

## 〈お知らせ〉

「第33回日本伝熱シンポジウム」プログラム……………69

平成8年度日本伝熱学会東海支部総会・特別講演会・東邦ガス見学会ご案内……………88

日本機械学会部門・関西支部合同第20回講演会……………88

CALL FOR PAPER for “NURETH-8” ……89

「伝熱研究」原稿の書き方……………90

「伝熱研究」会告の書き方……………91

事務局からの連絡……………92

日本伝熱学会 入会申込み、変更届用紙……………93



**Journal of The Heat Transfer Society of Japan**

**Vol.35, No.137, April, 1996**

**CONTENTS**

**〈Special Issue : Future Aspects of Heat Transfer and Thermal Engineering Studies  
- On the Occasion of the Third Anniversary of The Heat Transfer Society〉**

Preface to Special Issue : Future Aspects of Heat Transfer and Thermal Engineering Studies  
- On the Occasion of the Third Anniversary of The Heat Transfer Society  
Masaya Kumada (Gifu University) ..... 1

**〈Essay〉**

An Essay .... in Expectation of the Future  
Yoshiro Katto (Nihon University, Research Institute of Science and Technology) ..... 2

Prospect and Retrospect to the past 35 Years  
Yasuo Mori (Special Honored Member of HTSJ,  
Member of the National Academy of Engineering of the U.S.) ..... 5

Future Aspects of Heat-Transfer and Thermal Engineering Studies, Viewing from Editing TSE  
Susumu Kotake (The Chief Editor of TSE) ..... 8

**〈The Future Prospects of Researches in Various Field of  
Heat Transfer and Thermal Engineering Study〉**

Prospect of Studies on Forced Convective Heat Transfer  
Kenjiro Suzuki (Department of Mechanical Engineering, Kyoto University) .....10

The Future Prospects of the Study on Natural Convection  
Hiroyuki Ozoe (Institute of Advanced Material Study, Kyushu University) .....12

Personal View on the Future of Condensation Study  
Hiroshi Honda (Institute of Advanced Material Study, Kyushu University) .....14

Future Problems of Boiling Heat Transfer Research  
Masahiro Shoji (The University of Tokyo) .....16

Prospect in Gas-Liquid Two-Phase Flow Heat Transfer Research  
Akimi Serizawa and Zensaku Kawara (Kyoto University) .....19

Future Trends in Combustion Research

Toshimi Takagi (Osaka University).....	21
Research Prospects of Radiative Heat Transfer	
Yasuo Kurosaki (Tokyo Institute of Technology) .....	23
More Quickly, More Microscopically and More Logically	
-Future Prospects of Research on Thermophysical Properties-	
Nobuyuki Araki (Shizuoka University).....	25
Future Aspects on Environmental Heat Transfer	
Takeo S. Saitoh (Dept. of Aeronautics and Space Engineering, Tohoku University) .....	27
Future Prospects for Bio-Heat and Mass Transfer Research	
Ichiro Tanazawa (Institute of Industrial Science, University of Tokyo).....	30
Future of Micro Heat Transfer Research	
Yoichiro Matsumoto (University of Tokyo) .....	33
Promising Aspects in Chemical Reactive Heat Transfer	
Ken Okazaki (Research Center for Carbon Recycling and Utilization, Tokyo Institute of Technology).....	35
Future Research Fields in Numerical Heat Transfer	
Hiroshi Kawamura (Science University of Tokyo).....	37
Future Aspects for the Heat Transfer Study of Equipment	
Masaru Ishizuka (Toshiba Research & Development Center) .....	39
Apprehension and Study of Tomorrow on Heat Transfer Measurements and Modelling	
Masanobu Maeda (Keio University) .....	41

### 〈My Heat Transfer Research in Future〉

Heat Transfer Research in Future	
Kunio Hijikata (Tokyo Institute of Technology).....	43
Heat Transfer Transmission of Energy and Creation of Structures	
Shigefumi Nishio (Institute of Industrial Science, University of Tokyo).....	46

### 〈Proposals from the Base-Strengthening Committee〉

The Future and Base-Strengthening of the Heat Transfer Society	
Yujiro Hayashi (Kanazawa University) .....	48

### 〈Reports of the Research Group〉

Thermal Science Associated with Charge Transfer	
Akira Mizuno (Toyohashi University of Technology)	
Hideo Yoshida (Tokyo Institute of Technology)	

Hajime Nakatani (Mitsubishi Electric Corporation Itami Works) .....	54
Activity Report of Workshop for Advanced Energy Conversion	
Norio Arai (Research Center for Advanced Energy Conversion, Nagoya University) .....	56
Reports from the Research Group of Nonlinear Heat Transfer	
Kunihiko Kaneko, Masahiro Shoji and Eiji Hihara (The University of Tokyo) .....	57
Thermal Science on Human and the Microenvironment Next to Skin	
Toshinari Nakajima (School of Human Life and Environmental Science, Ochanomizu University) .....	59

### 〈Reports of the Special Committee〉

The Special Committee on International Affairs : a Summary of Its Activities	
Yasuhiko H. Mori (Keio University) .....	61
Inter-Networking for Heat Transfer Research	
Network Systematize Committee	
Masanobu Maeda (Keio University)	
Kenichi P. Kobayashi (Tokyo Institute of Technology) .....	62
Reports from the Special Committee on Publication of the Encyclopedia of Heat Transfer	
Tadashi Sakaguchi (Kobe University) .....	63

### 〈Present and Future Activities of Chapters〉

Activities of Kansai Chapter	
Toshimi Takagi (Osaka University) .....	64
On The Start of Tokai Chapter	
Hideomi Fujita (Nagoya University) .....	65

### 〈Research Topics〉

Thermal Design of Propulsion System for Space Flyer Unit (SFU)	
Akira Yamada (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Nagasaki Research & Development Center) .....	66

〈Announcements〉 .....	69
-----------------------	----

小特集「伝熱工学・熱工学の将来

—伝熱学会発足3周年を迎えて」にあたって

*Preface to Special Issue: Future Aspects of Heat Transfer and Thermal Engineering Studies*

*—On the Occasion of the Third Anniversary of The Heat Transfer Society*

第34期編集委員

熊田 雅弥 (岐阜大学)

Masaya KUMADA (Gifu University)

「伝熱研究会」としてスタートした日本の伝熱工学／熱工学研究は、衣替えした日本伝熱学会となつて、今年3周年を迎える。学会は、発足と同時に特別委員会として「基盤強化委員会」(林勇二郎委員長)を設置して、文字通り「基盤強化」に取り組んでいる。これは「学会」としての「体裁」を如何に整えるかという問題よりも、すでに「研究会」の段階で内包していた問題と言ってよい“危機意識”の表れと言える。実際、幾度となく形を変え伝熱工学／熱工学研究の“将来”への“危惧”が議論されてきた。然るに、一方では、伝熱シンポの講演論文数に象徴されるように、増加傾向は一向に衰えていないのに、これは、「学会」(＝リーダー)あるいは「会員個々」の自浄作用の結果と言えるのだろうか？或いはより危機的状況と言うべきか？しかし、何れにしても依然、会員の“世代”に関係なく問われ続けられている。然も、これは国際的な傾向でもある。だとするならば、活路が見いだせない限り、気休めと言われても、陳腐と言われても議論せざるを得ない。これが、本小特集を企画した背景であり、同時に、基盤強化委員会から答申がでるという時期的なことも考慮してのことでもあります。

問題が顕在化していないこともあって、編集の基本を「将来的研究方向とも言うべき研究内容の深化」と「組織論的問題」においた。したがって、前者に関連して「伝熱研究会」発足以来の先達としての先生に、「随想」と言う形で執筆を、また、*Thermal Science and Engineering* のチーフエディターには、TSEへの投稿論文からの観点で執筆を頂いた。各分野別の研究の将来については、分野の分類と種類に問題を残していると思われるが、その分野で適当と思われる方に執筆を、また、分野に関係ない「私の伝熱研究の将来」という形でも、執筆を頂いた。さらに、伝熱研究の新しい展開として、他領域の研究者に参加を頂いている各研究会の委員長には、本小特集の主旨を踏まえて活動報告という形で執筆頂いた。後者に関連して、基盤強化委員会の委員長に、

答申に至る議論を踏まえて、骨子を執筆頂いた。また、特別委員会の委員長には、この小特集の主旨を踏まえた形で、報告を頂いた。さらに、支部規約を持って活動している関西と東海支部の支部長に、支部活動の現状と将来という形で執筆頂いた。

しかし、以上のような小特集の主旨を各執筆者と議論を深めることなく依頼せざるを得ない時間的制約があつて、最終的に執筆内容は執筆者の自由にお任せした。したがって、内容において、全体との整合性に問題がある場合には、執筆者ではなく小特集担当者に責任があるもののご理解頂きたい。

本小特集に「研究テーマ」と「組織論」という骨組みがあるとしても、総花的だとの批判は甘受すべきだと思っている。しかし、紙数の制限とは別に、この議論が本小特集だけで終わってしまうことには、むしろ問題があると考えている。特に、「研究テーマ」の決定とか、如何に研究を進めるかということ、確かに最終的には研究者個々の問題であり、何かの組織に依存したり、時流に左右されるものではない。原則論は、その通りだと思うが、「学会」として議論することは、組織論の立場だけではなく、研究論文のレベルを議論することと同等の重要な意味をもっている。

したがって、当然のことではあるが、この小特集の個々の原稿に対して、「感想」なり、「批判的」な「意見」なりを掲載していくことが、大切なことと思われる。これによって、執筆者の「再反論」も期待できるし、ぜひそうして頂きたいと思う。小特集の担当者としても、できる限り会員に執筆を依頼していく考えである。この持続的な議論が、基盤強化委員会の提案(＝*Frontier Forum*)を実現していく道であると考えている。執筆頂いた方々に、このような展開のご了解は、事前に頂いていませんが、ご協力頂けるものと思っています。

最後に、学期末という大変ご多忙の折に、ご執筆下さった方々に心よりお礼申し上げます。



随 想

---- 未来への期待をこめて

An Essay

---- in Expectation of the Future

甲藤 好郎 (日本大学・理工学研究所)

Yoshiro KATTO (Nihon University, Research Institute of  
Science and Technology)

1. はしがき

広い宇宙の中で時の流れをせき止め得たものは未だかつて皆無、早いもので私もこの世に生れてから71年半が流れた。そして話を最近に限れば東大工学部の定年退官(60歳:1985年3月)から数えて11年、さらに日大理工学部の定年退職(70歳:1994年9月)からは約1年半が経つと言うことになる。

ただ研究については上記2大学の勤務間にいさかも中断はなかった。遙か以前にプール沸騰、強制流動沸騰など一切を含めて限界熱流束メカニズムの研究を開始以来、ある意味で世界的定説だった考え方とは本質的に異なるモデルを提唱、それに付随する問題があったことなどによる。そして、ここ4年ほど(1992-1995)は毎年、前年の秋から新年を経て春までの間、沸騰に関する国際会議キーノート講演論文<sup>(1)</sup>、<sup>(2)</sup>や展望論文<sup>(3)</sup>(下記注参照)など広範な記事内容の準備と執筆に多忙だった。

ところで伝熱研究会(現:伝熱学会)は、わが恩師(故)曾田範宗教授が主となって潤滑学会(現:トライボロジー学会)を設立される姿に啓発された私が未だ35歳の若い頃、スタートボタンを押したところに元来の起点がある。爾来三十数年、多くの関係者の努力によって関連分野の研究、活動に対しある種の寄与をして来たことは慶賀に堪えない。

- (1)Katto, Y. Critical heat flux in pool boiling. Keynote Lecture Paper in Int. Conf. on Pool and External Flow Boiling, pp.151-164 (1992), Santa Barbara, California, USA.
- (2)Katto, Y. Critical heat flux mechanisms. Keynote Lecture Paper in Int. Conf. on Convective Flow Boiling, pp.1-17 (1995), Banff, Alberta, Canada.
- (3)Katto, Y. Critical heat flux. Int. J. Multiphase Flow, Vol. 20, Suppl, pp. 53-90 (1994).

2. 学会の価値

もともと時の流れと共にいろいろ大きな状況変化を生じるのが常である。特に最近の情報工学的技術の発展には、人類の在り方を根底から変えさせる勢いがあり、われわれに特に関係の深い”学問、学会、書物、研究発表、論文集”など一見不動に見えるようなものさえ、従来とは著しく異なる性格、内容のものへと次第に姿を変えつつある。

だから筆者のような年配の者が、研究や学会の将来問題などに軽々しく口を挿むのは避けた方がいい。実際、日常の生活でさえ、自分の子供たちや孫たちのそれを見ると随分レベルの差を感じる。やはり新しい時代は若い人達のものであり、また彼等が責任を負うべきものであろう。

とは言え伝熱学会への衣がえもすんで3周年、なのに将来の展望にある種の懸念を抱く向きもあるようである。そこで、ここでは「亀の甲より年の功」の諺を思い出し、研究の背景について日頃ひそかに感じていることの一部を記して参考に供したい。つまり新しい研究を始める時、誰しもその時点で知られている知識、学問、技術、書物、論文などから出発する。だから出発点はほぼ同じ条件下にあるのに、同種の研究でも人によって成果に大きな差が現われ、一般にそれを創造性の質と大小によると言う。そこで以下、日頃あまり気にしていないことでありながら、この創造性に対して実は微妙不可思議な影響力を持つ事柄について考えてみることにしよう。

3. 集団主義と個

さて日本では広く農耕民族的な傾向、つまり集団的に目的を追及する動きが非常に強い。そしてそれは一般社会の在り方だけではなく、学会の活動などにまで及んでいて、組織を固め個人をまとめて一致団結させる管理主義的傾向が顕著である。これに対し伝熱研究会はもともと、その会則(1961年秋の設

立総会で説明された)を見ても、珍しく開かれた方向を目指していた。つまり個人や個人グループのゆるい連合を指向し、また天下りの規制、憲法よりはむしろ経験的なルールの積み上げを尊重すると言った開明的傾向に裏付けられていた。

しかし最近では、そういった特徴も何時しか日本の社会固有の構造や個性に埋没して、すっかり忘れ去られて来たかのである。大体、日本学術会議の改組以来、わが国の諸学会は例外なくその影響下に組込まれる形になったが、この学術会議こそ従来の日本の強固な管理社会の性格を持つものである。その上、伝熱学会として文部省の承認を得るからには実質より形式、組織の方が重要になるし、また同質の問題として最近の学会の多額の募金の目的、使途の問題がある。なお学会の主目標を訳もなくエネルギーや環境など時流に乗る方向のみに設定するなど原理的に安易な傾向もない訳ではなかった。

もちろんこれらはすべて来たべき新しい時代への対応として考えられたものであろう。しかし本当に新しい時代への対応であり得たのだろうか。否むしろ現在の日本社会は、規制緩和の言葉にも象徴されるように、明治開国以後の集団主義的、もたれ合い体質からの大きな脱却を考えざるを得なくなろうとしているのであり、ここに先見性の問題がある。

#### 4. 個人の創造性

日本の経済力向上と共に新しい学問や技術の創造面で今後日本の果たすべき先行性が期待されている。またそれだけに政治の世界でも急に基礎研究の振興などが強調されるようになって来た。だがその重点は財政的なサポート、また理工学の教育的振興などに置かれており、口幅ったい言い方ながら、これらは誰でもが思いつく月並な手段である。そして仮にこれでことがすむのなら、従来の日本の科学行政と質的に大きな差異がなく簡単であるのだが、真の創造(例えば新しい学問分野の構成と言う程の)とは実は今後の日本が初めて体験すると言った性格の知的文化活動であることを忘れてはならない。

そしてそれゆえ、従来の日本を支配して来た学問的雰囲気をはじめ、いろいろの問題についての十分な反省と分析、またそれに基づく新しい文化的変革を抜きにしてはことがすまなくなる。従って以下、特に特徴的な事柄二三を考えてみることにしよう。

第一、学問や技術の進歩にとって集団と個人の相

互の関わり合いは微妙複雑である。が、それにしても新しいものを論理的、創造的に見いだしたり、創り出す仕事に関わるだけに、ここでは集団よりむしろ個人の創造性(およびその影響力)がまず本質的に重要である。そしてこのとき研究者個人(優れた個人の存在を前提とする)の自由な発想と成果とを気長に待つことが大事である。またそれに適した雰囲気醸成することも重要で、目先の果実ばかりすぐ期待するような日本のせつちちな環境は研究者の真の創造性を内面の方から本当に駄目にしてている。

#### 5. 真の論理性

第二、日本文化には優れた面が少なくない。が他方、希薄な論理性とか哲学性の欠如という特色が厳然と存在する。かって聖徳太子は和をもって尊しとし、また近く夏目漱石は智に働けば角が立つと書いたが、こうした曖昧さへの愛着傾向には根深いものがあって、例えば日本語は古来、同一の漢字を二通り、三通りに読み分け、さらに発音だけの当て読みも実に多い(最近でも女子の命名などに猛威をふるい続けている)。それにその統一の無さから、知らぬ地名や姓名などでは読み方の分らぬものが実に多い。筆者の勤務する大学の近く、都営地下鉄・新宿線内に隣り合う3駅名:神保町、小川町、岩本町の末尾に置かれた同じ「町」の字でさえ *ジノボウチヨウ*、*オガワマチ*、*イワボマチヨウ* と不思議な読み分けをする。

こうした事柄は日本人の心に宿る論理的不明確さを無意識のうちに著しく増幅するものであるが、そのせいかな否か、わが国には神道、神社という“*ホウイ*”以外に原理原則の無い宗教(仮にこれを宗教と言えものとして)がある。しかも新年になると実に八千万人以上の日本人が初詣でに出向き、5円(ご縁玉、あるいは45円(始終ご縁)のコインを賽銭箱に入れて語呂合せで現世の利益を祈る。しかも祈る神が何であるかについてろくに考えもせずである。

限りある人間の弱さの問題とは言え、こうした原始的な精神状態を普通の生活と併存させてまるで平気な社会。そこでは論理的な曖昧さが社会を支配し、その構成員に見えない影響を与えている。実際、われわれに関係の深い「熱力学」ですら、その明確な論理構成をいい加減にして平気な工学者が何と多く、また大学教授でさえ必ずしも例外でない点が多い。

#### 6. 二元的な世界観

第三。例えば日本の日常芸術（例えば短歌、俳句、舞踊など）をみると、これらに共通の特徴は、目に見える個々の素材だけで世界像を構成し、その描写で満足すると言う素朴な傾向である（正岡子規が俳句について「写生」と言ったのは至言である）。もともと、そこら辺に転がっている木ぎれや石ころでも有難がって拝み、茶道の道具や生け花にさえ人格を感じる国民である。宗教感覚にしても自然との合一に深い喜びや安心感を持つ。

そしてこうした、言わば一元的世界観では世界のなり立ちの理性的解釈への動機は生まれにくく、第5項に記したところの「哲学性の欠如」も実はこんな所に原因がある。一方、科学や哲学は、論理的抽象的な世界を現実世界に並立させて統一解釈する形の二元的世界観の上に立つもので、ギリシャ以来の伝統を背景とし日本固有の世界観とはまるで異質なものである。そしてその区別認識こそが研究者の発想の「質」を支配していることが多い。

## 7. 思想的なスケール

最近では進んだ学問、技術に関する国際会議が国の内外あちらこちらで絶えず開かれ、また先端的な各種研究所が国家の支持のもとに開設されたりしている。そしてそうした状況下、前項までに記して来たような事柄はいかにも迂遠に見えるかも知れない。しかし真に創造的な仕事や活動を展開しようとするからには、これらに対する正当な配慮（特に個々の研究者が胸中に明確な視点を確立すること）なしには十分な成果は決して得られないであろう。

またその上、研究者に対し期待されるものは、その研究対象や研究視野の持つスケールの大きさ、およびレベルの高さの問題である。一般に研究は、ただそれを時間と金をかけて行えばいいと言うものではない。同じ研究であっても、重箱の隅をつつく視野の狭いもの、無用に複雑化したものより、学問的、技術的にスケールが大きく、また質的にレベルの高いものが遙かに価値が高い。この点で筆者が若い頃、身近に接した恩師・曾田教授（前出）が私たちによく言われた言葉、「真の学者たるもの教科書など書くべきでない。ライフワークを書いてこそ真の書物である」を思いだす。これだけでは誤解を招き易い点も無いではないが、それにしても学者とか研究者、また書物の性格、在り方などについて深く切り込んだ含蓄ある卓見ではないであろうか。

## 8. 未来への展望

考えてみるのに最近の技術分野、例えば核融合、スペースプレーン、宇宙、地殻、電子機器、マイクロ問題等々を中心にわれわれの未来に関わる多くの未知分野が大きな広がりを見せている。そしてそれらの大部分に対して伝熱や熱工学の分野が深くかつ興味ある関わりを持つのだが、これら分野は宇宙全般にまで通じるような普遍性を持つ基礎的分野であるがために、マスコミ受けする表面的トピックスを形成するようなものにはなり難く、外面的華々しさを持たぬ場合が少なくない。またそう言った事情から当然、事前に個々の重要研究テーマを具体的に予想したり出来ない面もある。

しかしそのような状況に焦りを感じたり、また無力感を持ったりするとすれば、それは日本の持つ科学的伝統の底の浅さ、未熟さによると言わざるを得ない。前に第4項に記した「目先の果実をすぐ期待する」形の日本の企業や学会の風習も、実はこのことと無縁ではない。そして各研究者がもっとじっくり構えて、将来の科学や技術の展開に人生を賭けるだけの重厚さが個人にも社会にもあっていいのではないか。またそうしてこそ真に創造的な学問、技術の展開が可能となり、世界人類の進歩に対する寄与が本格化することにもなろう。

## 9. むすび

すでに第2項に記したように、新しい時代は若い人達のものと言うのが筆者の基本的スタンスである。そして以上、纏々述べて来たような事柄も、これを若い人たちに無理に押しつけようとする気持などさらさらない。

ただしかし日本の場合、とかく表面的、即物的な判断基準のみが幅をきかせ、特に最近では目先に視点を合せた政治やマスコミなどの影響のせい、軽薄な傾向が特に強くなっているようである。それに〇×式の受験制度とか漫画の流行とか、若い人たちを取り巻く文化的環境には実に多くの問題がある。今ひたすら筆者の願うことは、深みのある真剣な思想、また幅のある論理的発想、そしてこれらに基づく真に豊かな研究活動の展開とである。またその意味で若い人たちの未来に新しい時代の「夢」を期待したいものと思う。

## 随想 (35年の回顧と将来への希望)

*Prospect and Retrospect to the past 35 Years*

森 康夫 (日本伝熱学会特別名誉会員)  
(米国工学アカデミー会員)

*Yasuo MORI (Special Honored Member of HTSJ)  
(Member of the National Academy of  
Engineering of the U.S.)*

本学会が伝熱研究会から発展的に改組されて3年になるが、本特集号がVol.35であることから分かるように、わが国の伝熱研究の実質的発足から約35年経つ。本特集号は「伝熱工学・熱工学の将来」という題目になっており、伝熱工学の将来だけでなく熱工学全般についての将来展望が取り上げられるものと思われる。熱工学は一般には熱力学・伝熱・燃焼の分野を含んでいるが、この随想では伝熱学分野を中心にそれを取り巻く熱工学関連分野についても私見を述べさせていただく。

大学での教養課程等では、科学史と技術史の講義が広く行なわれているが、工学史という講義が行なわれたと云うことは殆ど聞かない。これが先ず伝熱工学の位置付け・重要さのために強調したいことである。

即ち伝熱分野には、伝熱の基礎現象を対象・内容とする伝熱科学と、各種伝熱機器の性能・構造設計及び性能の良い機器の開発等を目的とする伝熱技術とがあり、これらの基礎科学現象とその現象を活用する技術とを結ぶものとして伝熱工学が存在する。伝熱科学の研究は主に大学の研究者を中心として進められ、伝熱技術は伝熱機器を設計・製作するメーカーの技術者等により開発が進められ、伝熱工学の研究は伝熱科学の応用に関心の有る研究者により展開される。わが国の伝熱分野の活動が始まった頃は、伝熱科学、伝熱工学の研究と論文発表が多くを占めていた。

伝熱分野の活動は先ず最も本質的な分野である強制・自然対流伝熱、沸騰・凝縮の実験・理論研究が行なわれた。その後、コンピュータの導入とともに流体力学分野と同様な手法での乱流伝熱の基礎研究が活発となり、最近では、熱媒体物質を構成する分子間力を考慮する分子熱流体の研究が始められ、活発な研究・展開が行なわれるようになってきている。さて上述の各分野の独創的基礎研究と、これとは思考構成の異なるシステムの基礎研究、すなわち伝熱システム科学とも云うべき私の回想的研究成果につ

いて説明する。

40年位前に、MHD境界層の理論研究の英文論文を日本航空学会誌に発表し、その3年後論文を読まれた米国Cornell大学の航空科主任より研究者として招聘され、MHDの磁場境界層の理論研究のために米国に1年半ほど滞在した。帰国後、垂直2平面間に水平磁場が掛かる場合のMHD流体の自然対流の理論研究を行い、その結果を1962年開催の国際伝熱会議で報告したが、この時我が国から国際伝熱会議に出席した方は僅か5人であった。帰国後、管内の熱・流動を支配する因子として外力、管形、流れの状態の3つの因子があることに思い付いた。すなわち、

- a) 体積力：浮力、曲り・回転遠心力、コリオリ力
- b) 流路：円管、正方形・長方形、二次元
- c) 流れの状態：層流と乱流。

文献を調べた結果、これらの因子の組み合わせの内、曲がり管内層流の伝熱特性の研究のみが報告されていることが分かった。そこでMHD・EHD力が作用する場合を除き、これら3つの因子のあらゆる組み合わせについて強制対流伝熱システムの研究を東工大の私の研究室の若い研究者と開始した。上のa, b, cの3つの因子には32の組み合わせが有る。当時は高速計算機を利用することが出来なかったために、理論研究は境界層理論を用いる解析を主に行い、これと並行して実験研究を考え、この伝熱システムの研究を行ない、論文を発表した。その中には理論研究を博士課程の学生とともに計算し、10日間で完了したものもある。これらの研究結果は主にInt. J. Heat & Mass Transferを中心に発表した。

さて1970年の始めに米国GE社のガスタービン開発部から連絡があり、タービン翼中に明けた小径の空冷孔の伝熱特性の検討のため我々の論文の結果の利用を始めたので、実験装置を見ながら議論して欲しいと連絡があった。GE社ではコリオリカの影響を論じた我々の論文の結果を基に設計マニュアルが作られており、試作した翼の実験結果を技術者と議



論した。その数年後、シカゴで開催された国際伝熱会議の展示場に、外覆を取除いた無人人工衛星が展示されており、内部に燃料・冷却液等の多くの配管が設置されていた。軌道では衛星は回転しているので管内の伝熱計算には何の式を用いたかを聞いたところ、我々の結果を用いて設計したとの説明があった。当時、我々がこのシステムの研究をしているとき、その成果の技術への応用は全く考えていなかった。伝熱科学の結果の工学的整理・設計への展開は技術者により予想外の分野で利用されることに驚かされ、伝熱科学の重要性を認識した。最近では大学の研究者により、伝熱機器の設計を指向して伝熱工学の研究がなされ、その成果が利用されている。しかし、伝熱科学の基礎研究が学問的・基礎的立場で行なわれれば、直接伝熱機器への適用を指向しなくても、熱エネルギーが人類に欠かせないものである以上、研究成果は必ず利用されると断言できる。

最近ではコンピュータの性能が非常に向上してきたために、計算のメッシュ間隔と時間間隔を十分小さく取ることが出来るようになり、上述の伝熱システムや助走区間、複雑な流路形状などの伝熱問題の数値計算結果も数多報告されるようになった。然し、これらの数値計算結果は計算手法に誤りがなくとも、現象に対する基礎方程式を導く際の物理的仮定に間違いがないかについて十分吟味する必要がある。例えば、先に述べた円管軸に平行な軸回りに回転する管内流の結果は、大型発電機のジュール熱を取り除くために回転軸に平行に設けられた数多くの冷却管内流れに適用できが、数値計算において流れが軸方向に不変という仮定をおいた場合、計算結果が収斂するためには回転数に上限があることがある。これに対し境界層理論による解には上限が生じることはない。これは境界層の理論解析時の物理量がアンサンブル性を持つためと思われる。

凝縮現象の分野では、約20年前までは垂直平板の周りの単一成分の凝縮についての Nusselt の理論解が基礎知識として広く用いられた。その解では板最上端は特異点となっている。この特異性を除くため、前縁が小さな有限な曲率半径を持ち、有限厚さの凝縮膜が存在するとし、表面張力の影響を考慮して厳密解を求めた。その結果、前縁において表面張力の効果により局所液膜が薄くなり、大きな局所凝縮伝熱係数が得られることを伝熱科学的に明らかにした。この結果を基にフィン付き水平或るいは垂直円管等の凝縮特性向上のための伝熱工学分野の論文

を発表した。その成果は他の研究者にも利用され、高い凝縮性能の凝縮器の技術へと展開された。

近年は着霜の工学的研究が活発であるが、凝固現象では凝縮の場合と異なり、フラクタル構造の解明など伝熱科学としての凝固物理の研究が必要である。沸騰現象については、気泡発生、バーンアウト、限界熱流束などが各種の伝熱面形状等について多くの工学的研究者により研究が行なわれ充実した成果が得られているが、私は沸騰現象の研究発表をしていない。その理由は、沸騰の最初の蒸気核生成時のマイクロ伝熱機構を最も重要な伝熱科学現象と考え、その検討をしてきたが、未だ独創的切っ掛けが得られないことによる。

一方、MHD、EHD のような電磁気力が作用する場での伝熱現象はより複雑な伝熱系であり、現象の深い理解によってはじめて、伝熱現象を解明できる。これは実験研究だけでなく、正確な基礎方程式に基づく理論研究を同時に行うことによるのみ可能である。MHD 発電の発電流路内においては電流集中による非平衡状態、放電形態の遷移などすべて電極近傍における伝熱現象に関連しており、これらの現象を境界層理論と不安定解析によって説明した。その理論解析からえられた電極近傍の現象は気体の MHD 研究の基礎となっている。また、当時 EHD による伝熱現象は実験研究主体であり、実験事実の羅列に過ぎなかったため、我々の研究室で理論研究を開始して正確な基礎方程式を確立し、現象の本質を明らかにしたが、その成果はその後の EHD 伝熱促進研究へと展開された。

上述のように物質移動を含む伝熱学の研究は、多くの研究者による活発な研究と、わが国特有の技術の基礎を築くための努力が次第に実を結び、先進国が認める水準となった。かくてエネルギーショック、ハイテク開発に際して発生した各種の伝熱問題、次いでコンピューター産業の興隆に伴い発生したチップの性能向上に必要な特殊微細要素の冷却などについて、世界的水準の多くの工学・技術的な研究開発が行なわれてきた。一方、最近の研究で注目すべきものは、分子熱流体であり、多くの伝熱研究者の関心を引くようになってきた。

社会的、文明的にこれから伝熱・熱工学の研究に要求されるのは、エネルギー及び地球環境の問題である。これらの問題に対する熱工学の研究は10年位の間にかかなりの進展があったが、現在までのところ

解決に向って提案されている研究開発の具体的研究課題はあまり説得力は無い。すなわち、エネルギーの分野では自然エネルギーと省エネルギーが期待されているが、わが国の新エネルギーについての調査が進むにつれて、現実的・量的には太陽光・熱が有望視されているが、実用に達するまでには多くの研究・開発が必要である。一方、熱工学的には省エネルギーの研究開発の必要性が叫ばれている。その具体的解決方法はエネルギーの機器の利用効率の向上と、工場・大型建築物からの排出エネルギーの周辺地域での利用である。前者については、従来メーカーにおける伝熱技術性能向上のための努力によりかなり成果を上げたが、今後、さらに向上を図ることは容易ではないと予想される。エネルギー利用産業の排熱のその地域・地区での利用は、排熱エネルギーの時間・温度・量の3つの面で、供給側と需要側との間の調和をとる必要があり、実用化は容易ではないと思われ、計画の進捗は余り見られない。今後、伝熱分野でどのような研究開発を行なわなければならないかにつき真剣な現実的議論が行なわれる必要が有る。

地球温暖化と大気汚染は熱工学のうちの燃焼・燃焼装置に関連が深い。燃焼で生成する炭酸ガスの処理は容易でなく、今後の伝熱工学・技術の研究が望まれる。この問題の解決には原子力発電所の安全性・信頼性の向上も必要で、原発に関する伝熱技術の向上開発が不可欠である。わが国特有の排ガス問題の一つはジーゼル機関の黒煙を含む排気であり、最近シリンダー中の流れの時間的変化を数値計算することが可能となってきたが、次ぎの段階では非定

常燃焼過程に対して、各瞬間瞬間の化学反応による化学物質の変化が精度良く計算できれば、排気対策の基礎が築かれると思われる。

最近 nm の分子スケールから  $\mu\text{m}$  位の範囲をカバーするマイクロ伝熱研究が、その研究内容・将来の応用面から注目を集めるようになった。先ず熱物性の分野では超臨界状態を含む各種の物性値、現象分野では凝縮・固体境界現象の分子スケールの数値計算と微細観測等の科学的研究が行なわれ始めた。一方、微細寸度の部品高精度の製造、高速急凝固、レーザ・電子線によるマイクロ加工過程等のマイクロ伝熱の研究もスタートした。然し、これらのマイクロ伝熱の研究結果が実用化されるには、電場により電子線を制御するように、能動的マイクロ伝熱現象を制御しうる適当な因子の研究・導入が必要であり、この因子を含むマイクロ伝熱学の今後の進歩を大いに期待したい。

最後に熱・物質動科学に属させて議論が望まれる問題は医科学、特に人体内での血液流等による各器官等への酸素・各種栄養分の輸送と細胞膜を通しての吸収、器官からの不要物の排出と血液の流れの研究、レーザ・電子線によるマイクロ部分の切開・溶着などであろう。医科学分野は伝熱研究者が実験研究するには法律的制約があり、我々の考える様に容易に研究を進められない場合があるのは残念である。

将来の伝熱科学を基礎として、伝熱学の新展開のために、若い研究者諸君が広義の熱・物質移動分野の現象に関心を持たれ、科学・工学・技術的研究が展開されることを期待している。

## T S E の投稿論文からみた伝熱／熱工学研究の将来

*Future Aspects of Heat-Transfer and Thermal Engineering studies,**Viewing from Editing TSE*

小竹 進 (T S E チーフエディター)

*Susumu KOTAKE (The Chief Editor of TSE)*

伝熱学会発足後たったの3周年目でその将来を云々するとはそもそも「ヘン」な話である。伝熱研究会30周年日でのその将来像というような気がする。やはり、「伝熱学会」としての認識があまり強くないことの現われであり、「伝熱学会」の発足に力を入れた者の一人としてはやはり残念な感に耐えない。学会でも研究分野でも、いや世の中すべてがそうかも知れないが、「\*\*\*の将来」という議論が起こると言うことは、「\*\*\*」が成熟期あるいは老齢期にあることを意味すること。研究に関しては、「\*\*\*の将来」として問題になるような分野の研究は、その基礎や手法がほとんど確立されており、研究の展開はその延長レール上にあり、その意味では安全であり、無難である。論文を数多く作ろうというのであるのなら、最も効果的な分野である。しかし、冒険や大きな楽しみと同時に大きな失敗はあまり期待できない。

さて、まえおきは兎も角として、熊田雅弥編集担当からの「T S E の投稿論文からみた伝熱／熱工学研究の将来」ということであるが、これは上述の学会の研究分野の将来ということよりさらに大きな問題である。T S E (Thermal Science and Engineering) は伝熱学会の学術論文集であり、(社団法人)伝熱学会と同年に発足している(1993年1月)。学会論文集の発行が法人化のための必要条件ということで発刊を半年早くしている。

学会の学術論文集というのは、その掲載基準にもよるが、だいたいにおいて、完結したあるいは一応「終わった」研究の報告である。完全ではないにしても、主題に対して論理展開が一応完結していることが要求される。完結しているものが「掲載可」であり、多くの問題を残したりあるいは問

題を提起しただけのものは「未完成」と評価され「掲載否」の理由の一つになる。

したがって、極端な言い方をすれば、論文集に掲載された研究は一応完結されたものであるから、疑問が無い限り研究する必要はない。これは言い過ぎであるが、少なくともそのような一面を持つことは確かである。パラメーターを変化したり、対象条件を広げたりして、新しい発見や展開がある場合も多いが、少なくとも「萌芽的」とは言い難い。しかし、通常の学会の研究論文はこのカテゴリーのものでほとんどが占められている。

今は亡き先輩のある先生が実験装置とは言えないような簡単な実験装置でつぎつぎに新しい現象を発見(?)して学会で発表していたときに、対象に対する科学的論理展開が不備であるという理由から、ついに一編の学術論文にもならなかった記憶がある。あとで、同じような現象に対して一応の論理展開をして学術論文とした研究者に、先生は「事実に対してだけでも、なぜ、私にoriginalityがないのか」と激憤しておられた。この論文の掲載に関係したことがあったことから、先生に了解というか説明に何うと、粗末な座り机だけがある清貧な小さな部屋で快く理解して下さったことが強く印象に残っている。もともと、学会の論文集のありかたについての長いご講義のあとであるが。

T S E では、これらのことを考慮して、未完成でも、単なる問題の提起で、「何だか分からないが、こうした事実、現象が発見された」ということでも、論文として評価することになっている。既存の分野の研究はそれなりの既存の学会の論文として評価されるあるいは評価されたいというものが一般的であろうから、新しい学会の論文はそれなりの特徴が必要である。さらに、「失敗」に終

った研究についても、見方を変えれば“失敗”という成果があったことであるから、それ相当の評価の価値があると思われる。

多くの既存の学会論文は、こうした“失敗”の後の最終的な美しい結果だけを記述してあるが、多くの読者にとっては、この美しい結果もさることながら、それに至る失敗の事実が大きく参考・参照に値することが多い。このようなことから、T S E では、他の学会論文集と同じく査読プロセスはとるものの、editor 制にして editor に論文評価の大きな権限を与えている。査読者が「掲載不適当」と評価するものでも、editor の判断で「掲載可」とできるものとしている。

そのために、T S E 掲載の論文では、なぜこの論文を「掲載可」と判断したか、なぜこの論文を T S E 論文として評価したかということ、editor's comment として論文後尾に付記することになっている。ASME の paper review では“poor, marginal, acceptable, good, honor”の評価があるが、honor とした場合それを“justify”しなければならないことになっている。T S E の評価もこれに似ているが、すべての論文についてその掲載の“justify”を公表することになっている。

このような基準方針で、論文の科学的工学的な水準を低下せず、年4回、1回に3～4編の論文を目安として3年間の編集を行ってきた。論文数は次のとおりである。

巻   号	1	2	3	4
1(1993)	3	2	2	2
2(1994)	29	3	3	3
3(1995)	3	4	20	4

このうち、2巻-1号と3巻-3号は特集号であり、Microscale and Molecular Heat Transfer 関係のものである。

内容の質の低下を伴わずに、上述の方針による学会論文集として最初の基盤を築くために、かなり慎重な editorial work をしてきたつもりである。ほぼ、ヒナ型はできてきたと思われる。しかし、まだ circulation の問題などもあり、伝熱

や熱工学の研究者の憧れの世界的な学術論文集となるまでには、さらなる年月を要するであろう。さらにまた、論文の体裁書式については、土方邦夫先生の個人的なお骨折りによっており、この点を今後どうするかは T S E 編集からみた将来の研究問題の一つである。

この2年間に Microscale and Molecular Heat Transfer 関係の特集号を2回も発行したということは、それ自体、伝熱分野として非常に特徴的なことである。この分野の研究は、伝熱シンポジウムをみてもわかるように、最近急激に増加してきており、知っているだけでも今年中に国内外で4件の専門シンポジウムが企画されている。この分野の研究は地道な基礎的研究が必要であり、あまり急激な増加は fever 的な流行性を感じ、その将来が危惧されないでもない。

この特集号を除いては、伝熱／熱工学の将来を見るに十分な数の論文集には至っていない。しかし、一応、熊田先生の主旨にしたがって、特集号以外の掲載論文の内容・キーワードをみると、  
 薄膜関係：deposition, condensate, growth  
 環境関係：combustion, pollution, kinetics  
 バイオ関係：tissue  
 非平衡関係：kinetics, plasma, MD, QMD, DSMC  
 対流、輻射など：augmentation, LES, mixed  
 となり、一応の伝熱研究の最近の傾向を反映していることがわかる。

T S E は、基本的に伝熱／熱工学の新しい興味ある研究が既存のより完成度の高い研究と共にちらほらする論文集でありたいとしており、より近い将来に、伝熱／熱科学工学の研究者・技術者の必読の論文集として高く評価されるようになることを望むものである。



強制対流熱伝達研究の将来

*Prospect of Studies on Forced Convective Heat Transfer*

鈴木 健二郎 (京都大学大学院工学研究科機械工学専攻)  
 Kenjiro SUZUKI (Department of Mechanical Engineering,  
 Kyoto University)

1. なにゆえ強制対流熱伝達なのか

対流熱伝達において対象となる媒質は流体である。流体は、僅かな大きさのせん断応力を加えるだけで変形し、応力を取り除いても変形は回復せず、その結果として容易に流動を起こす物質である。したがって、物質を連続的に供給しようとするプロセスでは、物質は流動しやすい流体として供給される。とくに流体の運動速度は、その流入、流出端の圧力を変えることによって容易に変化させることができる。このため、熱エネルギーから動力を取り出すエネルギー変換プロセスで、一旦そのエネルギーを流体の運動エネルギーに変える場合には、流体は欠くことのできない媒体である。この場合、流体はまず熱エネルギーを与えられるので、そこには強制対流熱伝達が必要である。

また流体は、気体と液体の総称でもある。媒質が不均質な混合体の場合には、その中で各成分の拡散が生じるが、流体中の拡散は固体中のそれよりずっと迅速である。なかでも、気体中の拡散はかなり早い。そのため、異物質を混合し、化学反応を起こさせて、別の物質を作る化学反応プロセスや、その際に解放される熱エネルギーを利用する燃焼プロセスでは、物質は

(固-気あるいは固-液混相流も含めて言えば) 必ず流体として供給されると言っても過言ではない。流体の供給速度や供給流量の制御の容易さが、この場合の全体プロセスの制御に役立つ。また、物質の供給速度を上げると流れが乱流化することは、物質を流体として供給する場合の一つの特徴であって、それは物質の混合速度を高める上で非常に有効である。このような背景から、流体は種々の工業プロセスで使用されており、その多くは加熱、冷却、保温を伴うプロセスである。したがって、場合によって自然発生的であったり、人為的なものであったりする違いはあるが、強制対流熱伝達はかかるプロセスに必ず含まれるものであり、そのプロセスの根幹にかかわる重要な現象である。

2. 強制対流熱伝達技術の広がり

上述の伝統的な伝熱学の二つの応用例では、強制対流熱伝達はプラントの設計やプロセスの制御等を支える基盤技術につながるものであるから、かかるプロセスが存続する限り強制対流熱伝達の重要度は変わることはない。そのうえ、気象学、気候学、地球工学にかかわる非常に大きな長さスケールと時間スケールで特徴づけられる海洋や大気中の伝熱現象、都市空間や森林などの植生環境、あるいはオフィス等の比較的大規模の建物や家屋などの住空間における日常生活と関連する伝熱現象、宇宙往還機や次世代型自動車などの交通・輸送手段あるいは発電設備における原動機の内部冷却や機体の冷却等に関連する伝熱現象、電子機器の冷却や磁気ディスク等の電子情報の記憶媒体等の情報化社会を支える技術にかかわる伝熱現象、シリコンを初めとする各種電子材料の結晶成長、各種の高機能性物質の製造過程、あるいはプラズマ溶射による金属材料の表面改質等に関連する伝熱現象、医療工学や生体工学のライフサイエンスあるいはマイクロマシン等に関連する小寸法スケールと短い時間スケールで特徴づけられる伝熱現象など、強制対流熱伝達が重要な役割を果たしている技術あるいは今後それが重要な役割を果たすであろう技術が、我々の回りに多数存在している。かかる技術に関連する伝熱現象には広いレイノルズ数とプラントル数の範囲の流れはもちろん、非圧縮性連続体流れにとどまらず圧縮性流れや希薄気体流れも含まれている。また地球規模からマイクロメカニクスにわたる極めて広い時空スケールの問題が含まれている。これらの諸現象における伝熱データベースの構築に加えて、かかる伝熱現象の制御に目を向けるならば、その機構の解明はもちろんその数値的予測にも取り組まなければならない。いまもし強制対流熱伝達の研究に何か問題があるとすれば、それは我々が研究として取り組むべき問題に事欠いていることにあるのではなく、むしろ多数の問題に取り巻かれているために、どの問題に取り組むべきか戸惑うことにあるのではないだろうか。

### 3. 強制対流熱伝達研究の方向

伝熱現象に関連する技術については、上で少し触れたことでもあるし、紙数の都合もあるので、ここでは研究で対象とすべき手法や現象について著者が気がつくことを述べてみたい。

多くの応用伝熱技術において、伝熱面と流体間の熱移動や流体中の熱・物質移動を促進したり、あるいは抑制することが必要となる場合が少なくない。場合によっては、一部の流れ領域で混合を促進し、他の領域ではそれを抑制したいとの要請等も存在する。たとえば希薄混合燃焼を実現しつつ、シリンダー壁への熱損失を低減する内燃機関燃焼法の開発等がこれにあたる。かかる、技術の開発には、流動パターンをコントロールし、領域ごとに乱れの発生を抑制し、あるいはそれを助長することが必要となる。かかる要請に応えるためには、流体力学的な深い洞察や検討が必要であり、精度の高い実験的研究が必要であるとともに、ある程度の目途をつける補助手段として数値解析を利用することも有益である。すなわち、強制対流熱伝達研究の基盤技術となる計測法の開発と、より複雑な流動様式に適用できる数値解析法の開発は極めて重要である。とくに、高分解能の3次元非定常問題に対処できる温度場計測技術と数値解析法の開発が重要である。

上に述べた広い応用技術の中の幾つかの分野では、それに関わる強制対流伝熱を定常現象として見るときには、すでに知見がかなり集積され、その予測もある程度可能であるに拘わらず、現象の非定常特性に注目すると、以外にその理解が進んでいない場合も少なくない。たとえば単純な例を挙げれば、気体の流入速度の計測法の一つに熱線風速計やカルマン渦式流速計があるが、自動車の吸気管内のように気体の流入速度が周期的に変動する場合の、熱線の熱伝達特性やカルマン渦の発生周期が、あらゆる場合に対して正確に把握できているかと問われれば、残念ながら答えはNOである。振動燃焼をおこなっている燃焼器の熱的損傷を防止し、ノッキングによるバルブやシリンダー壁の熱的損傷を防ぐためには、その場合の熱伝達機構を解明し、高い熱伝達率を抑制することが必要であるが、検討は十分には進んでいない。このように、非定常対流熱伝達の分野では、未解決の問題が少なからずある。

機械的、音響的、電気的、あるいはその他の手法による伝熱促進制御技術は全て上に述べた流動様式のコントロールの範疇に入る。熱効率向上の目的から、ますます要請が強くなっているガスタービンの高温化のためには、イノーベティブな翼冷却技術の開発が必

要である。いっぽう身近な住空間における伝熱現象においても、フロン代替冷媒の熱伝達が良好でないことと関連して、室内空調フィン側伝熱特性の向上は依然として緊要である。この場合には、低レイノルズ数下の伝熱促進を如何にして達成するかは重要であり、このことと関連して縦渦や、カルマン渦あるいは非定常流による流動様式のコントロールは重要な課題である。

有効な伝熱促進を達成するには、熱伝達率の高い乱流をベースにすることが大事である。この意味において、乱流熱伝達における伝熱機構の詳細な研究や、その熱伝達率の正確な予測法の開発は、依然として極めて重要である。現在、この方面の研究は我が国が一つの核となって進められているが、その重要性は今後も続くであろう。

その他では、世界的に見ても研究集団が限られているものの、今後重要性を増す分野としては高速気流中の熱移動現象や希薄気体流れにおける熱伝達、あるいは多孔性物体内部の非定常熱移動現象などがある。また、回転流中の熱移動現象は、CZ炉によるシリコン単結晶引き上げ法、ガスタービン動翼の冷却、地球環境と関連する海洋中の物質移動現象等にまたがる重要な研究課題である。また将来のマイクロマシンの開発に備えるにはマイクロチャネルやマイクロデバイス内の熱伝達も重要である。

以上述べた幾つかの研究課題は、とくに目を見はるような新奇性があるわけではない。しかし、それぞれに重要で学問的に興味をそそられるものである。なるべく多くの実際問題に共通する基本的課題を自分で見いだして研究を行い、成果を出すことが、我々研究者に今要求されていることだと思う。

我が国においては今時新しい技術を創生するための科学研究が推奨され、技術的観点を中心に据える研究が増えつつある。一方、科学研究の伝統は一つの課題を深く掘り下げることである。敢て言えば、前者は最近米国においても強まっている傾向であり、後者はどちらかと言えばヨーロッパ的である。強制対流伝熱研究に限らず、我が国の研究が世界をリードして行くためには、どちらの要素も必要である。現在は多様化のチャンスであると同時に、重厚さを増すチャンスでもある。いずれの研究方向を選ぶかは、一人一人の考え方による。人によっては、東洋的とも言うべき、両方向に調和的なアプローチを好むかも知れない。いずれにしても、その総体として日本の伝熱研究のあり方が自ずと定まる。種々の意味で、果敢な挑戦が必要な時期である。

自然対流伝熱研究の将来

*The Future Prospects of the Study on Natural Convection*

尾添 紘之 (九州大学機能物質科学研究所)

*Hiroyuki OZOE (Institute of Advanced Material Study,  
Kyushu University)*

1. はじめに

本特集を提案された理由が、熱工学研究の将来が危惧され活路が見いだせないという現状認識からである。自分がそれに答えるとはとても思えない。一方、冷たいように見えるかも知れないが、ある特定の研究分野にしる、何にせよ、もし社会が必要としなくなったり、役目を終えた物事は消えざるを得ないのであって、無理に存続させようとする事自体、経済的、歴史的原則に反することであろう。当面、伝熱シンポジウムが隆盛であり、例えば *Int. J. Heat Mass Transfer* 誌がかなりの増頁になって出版されている現状を見る限り伝熱研究はそれなりに存在価値と参加の意義が多くの人々によって支持されていることの証であるように思われる。

2. アメリカの伝熱研究について

伝熱学における先進国のアメリカがかつての隆盛を失っている様に見えるが、これは、研究費の配分が、その分野の研究者や大学院生の人口までもほぼ一義的に決めてしまう研究行政のシステムのなせるためであり、これ自体経済社会の必然である部分では否定できない。先日会った K.T. Yang 教授 (ノートルダム大学・*J. Heat Transfer* の Editor-in-Chief, 1980-1985) はこの問題について、次のように語っていた。これからの若い人は、伝統的、古典的伝熱研究のテーマに固執するのではなく、伝熱研究が何等かの寄与ができる学際的な問題にどんどん挑戦していくべきであると。これは実に既に今のアメリカの伝熱研究者が歩まざるを得なくなっている道であり、我々も既にそうせざるを得なくなっている。つまり、伝統的伝熱研究が、減ったり、消えたりしていてもそれは仕方の無いことであり、我々としては、伝熱研究の遺産を必要としている他の分野に進んで出かけて行ってそこで生き残りの道を模索せざるを得ないように思われる。

3. 自然対流について

本稿で期待されたことは、自然対流研究の世界の現状を概観し、今後の展望を与えることなのかもしれないが、研究テーマは研究者各人が、重要であると自ら認識し、あるいは興味をそそられ、あるいは現場からの解決の要請に迫られて決まってくるように思われる。したがってここでは、自分にとっての自然対流について述べるにとどめる。

自然対流に関連して今やっているテーマは機能物質科学研究所に所属しているという建前によって決まってきた部分が多い。半導体材料の単結晶成長において、混合対流が果たす役割が無視できないということで、低 Pr 数流体の振動流を取り上げている。これは私の過去 30 年の自然対流研究の一つの延長上にあり、テーマとして存続しようと考えて行なっているが、これが唯一の必然では決してなく、他にいろいろな道があり得たと思っている。また自然対流だけがやるべきことであるとも思っていない。

さて、自然対流が関与する現象は本当に多岐多様であり、とても種がつきとは思われず、自然対流研究の将来を考えなくてはならないなど考えたことは無い。自然対流研究は、ベンチマーク問題だけでも、正方形断面内自然対流 (ベンチマーク解が試みられた) だけでも無い。我々が予測したり、設計を適切に行なうために解かねばならない問題は現実の問題からいくらかでもでてき、本特集で取り上げられている各分野全てとの接点において自然対流は関与してくる。

4. 企業の方へのお願い

自然対流に限らず、従来試みられていないという観点からだけで研究テーマを探せば、いくらか出てくるが、それを行なう必然性がなければほとんど意味がないと思われる。そこで企業の方をお願いしたいことは、どのような問題が、我が業界、我が社において当面あるいは近い将来解決を迫られていて、従来の研究業績が無いのかということ、研究

部門の指導的立場の方が、問題提示をして欲しいということである。これは必ずしも日本伝熱学会に由来所属している人でなくてもよく、あるいはしておられないの方がより好ましいかも知れない。本研究誌上でこのような企画が試みられ、そのようなテーマを取り上げようとする人を募集してみられるのはいかがであろうか。一番いいアイデアを寄せてきた人と共同研究を組んでいけば、それなりのメリットがあるのではなからうか。従来通り、本当に困っている問題は、企業秘密のため、外に出さないという状態を続けている限り、急速で本質的な問題の解決は遠のくばかりである。

### 5. 自然対流について (続)

近着の *J. Heat Transfer* とか *Int. J. Heat Mass Transfer* 誌を改めてながめて、現在どのような問題が取り上げられているのかを考えてみることは将来を考えるのに一つの助けになるかも知れない。前者は純粋の自然対流というよりは混合対流のものが多く、数年前機械学会誌の年鑑で記した傾向が続いているものようである。後者によると、計算機能力の向上を反映して三次元解析が増加している。しかしこれ以上は特にここからは自然対流の研究が今後どうなるのかは解からない。そこで、今後やる必要があると考えられる問題の幾つかを自分なりにあげてみることにする。

まず第一には乱流モデルの構築が必要とされる。自然対流は水平加熱面上のものと鉛直加熱面上のものは全く流動形態が異なり、両方のモデルが作られる必要がある。モデル作りはその系の乱流実験データから特徴を見い出して試行的に作らざるを得ないので、誰にでもできることではなく、乱流測定の実験家にお願ひせざるを得ない。しかし、どのような系にでも適用できるユニバーサルなモデルなど多分作ることができないので個々の問題毎に各研究者が乱流量の測定とその問題に適した乱流モデルの提案をすることにならざるを得ない。その意味で乱流測定のやり方とかデータ処理法を早急に乱流非専門家勉強することが絶対的に必要である。乱流は乱流屋さんだけのものにしてはいけないと思う。逆に言えば、乱流の専門家の方々にはそのような情報、ノ

ウハウを皆が享受できるようにさらに一層の御助力をお願いしたい。乱流は伝熱・熱工学の各分野全てに共通する問題であり、本特集ではしたがって乱流伝熱研究の将来というタイトルがないのであろうと推測している。

次に考えられることはいかにも伝統的な自然対流の問題らしい問題でないものをやらざるを得なくなる。つまり強制対流との混合対流とか二重拡散対流のような駆動力が複数ある問題で、例えば、表面張力流やローレンツ力のようなものとの共存対流、物性値が桁違いに大きく変化するマントル対流のような問題、相変化とか反応を伴うもの、対流領域が非定常的に変化するもの、つまり自然対流伝熱と言えるかどうか解からないような問題である。現実の問題はほとんどこのような色彩を帯びているであろうから、自然対流だけしかやりませんと言っている限り、やる問題が無くなってくるのは必然であり、柔軟に考えれば問題は幾らでもある。

また対象とする流体が、機械工学で伝統的に対象としてきた水や空気のようなものではなくなる。例えば非ニュートン流体、導電性流体、物性値が大きく変わるもの、多相系、多孔質、多成分系、磁性流体等々であり、ナビアストークス式が必ずしも使えない場合が、やっかいとなる。

さらには、極限状態と言うべき領域の問題も考えられる。減圧時、高圧時、高温時、低温時で、今はやりのマイクロ伝熱は極小スケールの問題で、逆に極大スケールの問題もありうる。例えば大気大循環や、海流、エルニーニョ、核融合反応が起きているといわれる太陽のガスの対流や黒点の問題、さらにはもっと大きいスケールの宇宙の星や銀河系の流れの問題まで未知の問題は多種多様にある。これらは伝熱工学ではないと言われるかもしれないが、活動領域を自ら規定してその中に安住するのではなく、若い人は積極的に新分野に挑戦していけばよい。伝熱研究の将来は洋々として、とどまるところを知らないと言うべきではなからうか。伝統的伝熱研究が一種の成熟期を迎えていることは確かであるが、そこから一歩出て、多くの他の領域で伝熱研究が必要とされるところでそれぞれが寄与をしていけばよいように思われる。



## 凝縮伝熱研究の将来

## Personal View on the Future of Condensation Study

本田 博司 (九州大学機能物質科学研究所)  
Hiroshi HONDA (Institute of Advanced Material Study,  
Kyushu University)

## 1. はじめに

最近の熱工学、伝熱関係の学術雑誌および国際会議における凝縮関係論文数の割合が低下しつつあるのは確かである。その原因は、凝縮現象の全領域にわたって伝統的な方法による研究はほぼしつくされており、研究者が魅力ある新しいテーマ、実験法、解析法を見いだせないでいるためであると考えられる。しかし、これは解決すべき問題が残っていないということを意味するものではない。伝熱工学としての凝縮研究は、実用的に重要な課題が残っており、また新たに現れる限りは将来とも継続し、発展するであろう。しかし、例えば最近問題となっている代替フロン混合物の凝縮促進と言う課題の現状を見れば明らかなように、残された課題について工業的に有用な成果をあげるのは容易ではないのも事実である。

凝縮伝熱研究については、最近いくつかのレビューが発表されている。藤井教授(東亜大)は1993年に開催された ICHMT International Symposium on New Developments in Heat Exchangers において "Enhancement to Condensation Heat Transfer - New Developments" と題する招待講演をされ、その中で(1)管内凝縮、(2)管群凝縮、(3)プレートフィン凝縮器 に関する最近の進展と残された課題について述べられている<sup>(1)</sup>。また、棚澤教授(東大)は1994年に開催された第10回国際伝熱会議において "Recent Advances in Condensation Heat Transfer" と題する基調講演をされ、その結言において将来発展が期待される研究の方向について見解を述べられている<sup>(2)</sup>。そこで取り上げられたトピックスは(1)凝縮における分子動力学、(2)滴状凝縮、(3)伝熱促進、(4)多成分蒸気の凝縮の4つである。その概要については、伝熱研究誌の第10回国際伝熱会議特集号<sup>(3)</sup>に報告がなされている。上述の2つのレビューに取り上げられたトピックスには重複が少ないし、視点も異なるので、この両者をお読

みになれば最近の凝縮伝熱研究の進展とその将来についての概略の知識を得ることができよう。ここでは、上述の2論文も引用させて頂きながら、凝縮伝熱研究の将来についての私見を述べることにする。なを、筆者は2年前の本誌に"管内・管外凝縮のメカニズムと促進"と題する小文を掲載して頂いた<sup>(4)</sup>。したがって、内容の一部に重複があることをお許し頂きたい。

## 2. 分子レベルの凝縮研究

分子レベルで見た凝縮現象の研究は、近年我が国で盛んになっている。その成果の一つとして、凝縮係数の値が種々の物質について実験のおよび分子動力学による数値シミュレーションによって求められている。また、薄膜凝縮に関する基礎研究も精力的に進められている。この分野の研究が今後の大きな潮流になることは間違いない。

## 3. 凝縮促進

受動的な凝縮促進法としては、フィンを設け、表面積拡大と表面張力の効果を利用する方法がポピュラーであり、効果も大きい。フィン付き管、フィン付き面の開発には製造技術の進展が不可欠である。外面フィン付き管および内面フィン付き管については、すでに多数のフィン形状、フィン寸法を有する凝縮管が試作、試験され、経験的に最適化されている。2次元フィン付き管の水平管群については、伝熱性能の理論的予測とフィン寸法の最適化も可能になっており、残された問題は少ない。さらに伝熱性能を上げるには、フィン側面に二次的な微細構造を設けるのが効果的であるが、その採用の是非は経済性の面から検討されるであろう。内面フィン付き管については、伝熱性能の予測法が確立されていない。その原因は、蒸気流のせん断力を伴う内面フィン付き管内の液膜流の挙動が解明されていないためである。微細なフィン寸法を有する内面フィン付き管によって実

現される高い凝縮熱伝達率を解釈するには、外面フィン付き管の場合と同様に表面張力効果を考える必要があるが、液膜厚さの時間的変動を考慮しない単純なモデルではフィン間溝部に容易に凝縮液が充満することになり、現象を説明できない。液膜流に関する新しい測定法と、測定された液膜流の挙動に基づいた伝熱モデルの開発が望まれる。寸法の微細化による凝縮促進効果は、円管以外の流路形状についても報告されている。この分野の今後の進展は製造技術の進歩にかかっている。

能動的な凝縮促進法としては、電場の利用が著名である。この方法は主として我が国で開発が進められ、不平等電界による凝縮液の引き出し、平等電界による擬似滴状化などの興味ある現象が発見された。また、実機規模の縦型シェルチューブ凝縮器による実証試験も行われ、単管の場合と同程度の伝熱促進率が得られている。しかし、その値は水平フィン付き管群について得られた最高値に比べてかなり低い。したがって、この方法を実用化に結び付けるには更に改善が必要である。また、新しいアイデアを導入する余地もあろう。

#### 4. 混合蒸気の凝縮

近年、非共沸の混合媒体が相変化する際の温度グライドを利用した高性能冷凍・空調機、ヒートポンプの開発が進められている。わが国で実施された「スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム」開発研究では、シェルチューブ型とコンパクトなプレートフィン型の熱交換器が成功裏に開発され、パイロットプラントにおいて高いCOPが実現されたことから、非共沸混合媒体の相変化伝熱について強い関心が寄せられるようになった。また、最近では空調機の主要冷媒であるHCFC-22の代替冷媒の有力候補の一つとしてHFC-32/HFC-125/HFC-134aが検討されており、その伝熱促進法の開発が重要な課題となっている。

混合蒸気が凝縮する際には、低沸点成分蒸気が気液界面付近に濃縮され、濃度境界層を形成するため、純蒸気に比べて熱伝達率が低下する。したがって、混合蒸気に対する伝熱促進法は液膜の熱抵抗と蒸気相の拡散抵抗を同時に減少させるものでなければならない。液膜の伝熱促進には、純蒸気の凝縮促進技術がそのまま適用できる。蒸気相の拡散抵抗低減には、単相強制対流の伝熱促進技術が応用できよう。なを、拡散抵抗は蒸気流速が

減少すると大幅に増大する。したがって、凝縮器の構造についても、純蒸気の場合とは異なる注意が必要になる。混合蒸気の凝縮促進に関する研究は管内、管群、プレートフィン凝縮器などについて行われ始めているが、まだ十分ではない。今後の研究の進展が望まれる。

#### 5. 滴状凝縮

滴状凝縮によって実現される高い熱伝達率を復水器に利用することは研究者の長年の夢であった。滴状凝縮の機構に関する研究は、近年我が国において顕著な進展を見た。滴状凝縮を実現するための表面処理に関しては、添加物、貴金属メッキ、撥水性高分子コーティング、イオン注入などの方法が採用されている。このうち、最後の方法は小型復水器において高い熱通過率を長時間維持する事に成功しており、有望である。この方法の実機への適用性について、経済性を含めて検討する必要がある。

#### 文献

- (1) Fujii, T., J. Enhanced Heat Transfer, 2, 1-2 (1995), 127-137.
- (2) Tanasawa, I., Proc. 10th Int. Heat Transfer Conference, 1 (1994), 297-312.
- (3) 棚澤一郎, 伝熱研究, 33, 131 (1994), 16-17.
- (4) 本田博司, 伝熱研究, 32, 124 (1993), 105-115.

沸騰伝熱研究の将来課題

*Future Problems of Boiling Heat Transfer Research*

庄司 正弘 (東京大学)

Masahiro SHOJI (The University of Tokyo)

沸騰伝熱の研究は1930年代に始まり、今日まで60余年の歴史を有している。この間の1940年代から1980年代にかけての期間は、原子力その他の実用上の要請から研究が非常に活発に行われ、研究の進展にも目ざましいものがあった。しかし、1980年代以降、研究は量的に減少の傾向にあり、質的にも停滞気味との指摘がなされている。筆者は本誌の学会30周年記念特集号において、「沸騰研究の過去・現在・未来」と題し、それまでの沸騰伝熱に関する研究を整理して、到達点と残された問題点を明らかにした<sup>(1)</sup>。そして沸騰研究の将来についても言及し、当面の将来、先端的な実用技術や応用技術に先導される形で沸騰研究が行われるであろうこと、高効率で高制御性のある沸騰冷却の技術や伝熱促進に関連した沸騰研究が続けられ、超伝導や宇宙空間の利用のための極低温流体の沸騰や特殊環境下での沸騰特性が調べられるであろうこと、環境問題との関連で混合液体や多相流体の沸騰が関心を呼ぶであろうこと、そしてメカニズム探求の基礎研究も現状程度は継続して行われるであろうことなどを記し、沸騰研究が今後発展していくには沸騰の科学についての基礎研究が不可欠であるとの私見を述べた。その記事以来、約3年程経過しているが、その後の沸騰研究に特記すべき進展は無く、また沸騰研究の将来に対する筆者の考えも以前とそれほど変わっていない。したがって、ここで改めて沸騰伝熱の将来を論じることは屋上に屋を架す感じがするが、せつかく機会をいただいているので、現在の問題点と将来の課題について項目を挙げて改めて私見を述べたいと思う。ただ、研究の将来はそれ自体が客観的に存在するものではなく、ましてや評論家のような立場から推測したり予想したりできる性質のものでない。それは、我々研究者あるいは研究集団の不断の研究努力の結果として現れるものであり、我々自身の今後によるところが大である。したがって、ここで述べる考えも、あくまで筆者自身が反省し、意識し、指向している沸騰研究の将来像であり、ま

た、将来の沸騰研究はこうあって欲しいとの願望である。

沸騰伝熱研究の時代から沸騰現象研究の時代へ

正直に言って筆者は、沸騰伝熱の研究の将来はあまり明るくないと考えている。しかし、沸騰現象研究の将来は明るく、他の活発な研究分野と同等かそれ以上に研究するに値する課題があると考えている。

改めて言うまでもなく、沸騰とは元来、液体が熱せられて内部から気化し、気泡として上昇する現象一般を差すものであって、加熱面から水中へ如何ほどの熱が輸送されるかとの伝熱の問題は、沸騰現象の属性の一つについての問題でしかない。ただ、原子力を始めとした過去の実用上の要請の多くが、この熱輸送の問題に関連していたため、沸騰の研究と言えはすなわち沸騰伝熱の研究を意味するものであった。しかしこの伝熱の問題は、先賢の多大の努力によって今日までにある程度満足できる成果が得られており、現在の沸騰伝熱研究に対する工業的要請も以前ほど強くない。また、沸騰伝熱の問題に科学的、工学的に格別興味深いものがあるようにも思えない。これに対し、加熱面から気泡がどの程度どのように発生するのか、どのように1次気泡が合体して2次気泡(蒸気塊)を形成するのか、気泡は加熱面からどのような形でどのように離脱し、どのように液中を上昇して液体を攪拌混合するのか、加熱面上の液膜の力学はどうかと言った沸騰現象の動力学的な性質はほとんど不明に近い。こうした状況を考えると、沸騰の研究を全て熱伝達の問題に結びつけ、熱伝達の整理式を導くことのみが目的とされた時代はもう終わったのではないかと考えている。そして、将来に残された問題は、熱と流体の力学的挙動に関するものであらうと考えている。

沸騰のダイナミクスと沸騰曲線

将来の沸騰研究で是非必要と思われるのは、沸騰を動的現象として把握する視点である。これまで沸

騰現象の特性は沸騰曲線を用いて理解されてきた。しかし、沸騰曲線は静的（スタティック）な特性を表すものであって、時間要素は含まない。しかるに沸騰現象は、周知のように非常に動的（ダイナミック）な現象である。核沸騰では孤立気泡域と合体気泡域の区別がある。高熱流束では形と周期の異なる合体蒸気塊が生成、離脱する。遷移沸騰では加熱面のぬれと乾きが激しく生じ、加熱面の過熱度や熱流束は時間的に大きく変動して瞬間的な過熱度と熱流束は核沸騰の延長に近く、あるいは膜沸騰の延長に近く位置することが多い。沸騰曲線は平均的な熱伝達の人きさを理解するのに大変便利なものであるが、上記のような動的挙動を表すには全く不向きなものである。動的挙動はそれにふさわしい表現方法によってのみよく理解できるものである。

沸騰伝熱の特性を沸騰曲線で表すことにはもう一つ別の問題がある。膜沸騰は別として、核沸騰や遷移沸騰においては加熱面の温度と熱流束は時間的空間的に複雑に変動する。これを沸騰曲線として示すためにふつう平均操作が行われるが、平均操作が意味を持つにはいくつかの前提と制約条件がある<sup>(2)</sup>。沸騰現象の場合、この平均操作の制約条件が十分満たされないことがある。

沸騰現象をより深く理解するためにはダイナミックスの研究が必要との上記の筆者の主張は、沸騰研究を乱流あるいは乱流熱伝達研究の歴史と対比してみるとわかり易い。乱流では流体の流速や温度が時間的、空間的に不規則に変動する。そして以前（20数年以前）の乱流の研究では、平均流速や平均温度を用いて熱伝達や壁面摩擦の整理式を表現し、マクロな議論で十分としていた。しかしその後の乱流の研究では、乱れの時間的、空間的な挙動、その微細構造に関心が向き、その結果として近年見るような研究の著しい進展を達成したことは周知のとおりである。この観点からすれば、沸騰の研究は大きく立ち後れていると言わざるをえない。

#### 先端の実験技術と測定技術の必要性

沸騰は乱流に相変化が加わった複雑な現象である。相変化が生じるため、単相乱流のもつ難解さに加え、核生成の問題や加熱面の性状（粗さやぬれ性）などが関係し複雑になる。流体の運動も二相流動であって自由度が大きく、単相の場合よりはるかに複雑である。このように複雑にして難解な現象を研究対象にしているにも拘らず、沸騰の研究における実験技

術、測定技術は旧態依然としたところがあって大きな進歩が見られない。現在の優れたレーザ技術、光技術、表面処理技術、薄膜技術や真空技術、電子計測技術はいずれも沸騰の実験や計測に使用可能なものであり、積極的な導入と利用が望まれる。上記の諸因子の影響などは、こうした計測技術を用いることによって始めて明らかにできるものである。

#### 沸騰の数値シミュレーション

周知のように沸騰は、現在でも数値シミュレーションが行なえない稀な分野である。この原因として、二相流動系の完全な方程式が構成し難いことがあると思うが、一方で沸騰研究者に共通した性格とか好み、意欲と言ったものが原因していないか危惧の念を抱いている。たとえ現象の完全なシミュレーションは無理としても、気泡の生成や成長、気泡の運動とか加熱面上の液膜挙動などは数値的な取扱いが可能と思われる。勿論、数値シミュレーションによって沸騰現象が現在以上に深く理解出来るかどうかについては疑問無しとはしないが、少なくとも実験では得難い情報が得られる可能性がある。今後の沸騰研究においては、計算力学に基づいたこうした研究も必要であろう。

#### 新たな応用分野、応用技術の展開

ここまで述べてきた筆者の論点は沸騰の基礎的部分に重きを置き過ぎているかも知れない。言うまでもなく我々工学技術者は、現象を単に研究するのが使命ではない。それを工学的、工業的に有効に役立てて始めて評価されるのであろう。先に述べたように<sup>(1)</sup>、これまでの沸騰研究は原子動力、省エネルギー、エネルギーの有効利用、高効率冷却技術、伝熱促進、環境技術などの工業的要請に導かれる形で進展してきた。しかし残念ながら、現在は以前ほどの強い工業的要請は無く、これが沸騰研究停滞の一因となっていることはほぼ間違いない。したがって新しい応用分野の拡大を図ることが急務であるが、この意味でも沸騰の伝熱特性のみならず沸騰現象のもつ他の躍動的な属性についての研究が必要となる。若い新進の研究者が、今後沸騰の研究に多く参加されることを期待している。

#### 文献

- (1) 庄司, 伝熱研究, Vo.32, No.124, p.93(1993).
- (2) Nelson et al., 伝熱研究, Vol.36, No.135, p.22(1996).

気液二相流伝熱研究の将来

Prospect in Gas-Liquid Two-Phase Flow Heat Transfer Research

芹澤 昭示, 河原 全作 (京都大学)

Akimi SERIZAWA

and Zensaku KAWARA (Kyoto University)

1. はじめに

気液二相流は、①時空間と共に移動、変形、分裂、合体、発生、消滅する極めて複雑な気液界面、②相間の相対運動による様々なスケールの乱れ渦、③気液界面を通しての質量、運動量およびエネルギー輸送、④分子レベルのミクロ構造から、個々の気泡、液滴、液膜波、乱流渦などのメゾスケールの瞬時局所構造、平均化された物理量により表現されるマクロ構造に至る多重構造的性によって特徴づけられている。後述のように、気液二相流はその発生の仕方に応じて気液各相の時間・空間分布が著しく異なり、様々な流動様式が存在し、流れの構造自身も流動様式によって大きく異なる。気液二相流伝熱も当然流れの機構に大きく左右されるため、単相流れに比し複雑な過程となる。

図1は蒸発系における流動様式と熱伝達モードを最近の文献[1]から編集したものである(熱伝達モード境界は必ずしも正確でない部分もある)。同図の(a)は例えば、加圧水型原子炉冷却材喪失事故再冠水時に過熱された燃料棒間を冷却材が上昇する場合に予想される流動様式と熱伝達モードを示したものであり、左はフラッディング速度が遅い場合、右はフラッディング速度が大きくクエンチフロントで逆環状流が形成される場合である。前者は(b)に示す蒸発管内の二相流と同様に高クオリティ域で環状流が形成され、クエンチフロントは液膜ドライアウトに対応する。しかし、蒸発管内の場合と異なり、液膜内核沸騰やクエンチフロント付近での液膜からの激しい液滴、液塊の発生と吹き上げ、それに続く領域での流れの再構築、膜沸騰へ至る過程での液滴分散流による遷移沸騰等が見られる。(b)に示す蒸発管系では典型的な流動様式が見られるが、流動条件やサブクール度に依存して CHF は DNB または液膜ドライアウトによる。CHF が液膜ドライアウトによる場合でも、スラグ流から環状流への移行直後は液膜内

核沸騰と蒸発を伴う液膜流による強制対流熱伝達が共存する。液膜が薄くなると核沸騰が抑制され、液膜による強制対流が主流となる。逆環状流が形成される図中の真中のケースでは、逆環状流移行直後の遷移沸騰、多様な逆環状流動などがあり、逆スラグ流を経て液滴分散流による膜沸騰へ至る過程は複雑である。このように、蒸発系気液二相流の熱伝達は複雑な二相流動機構を反映している。また、管路系では気液二相流固有の流れの不安定現象が熱伝達と相関を有することもある。

気液二相流伝熱研究は凝縮熱伝達、液膜熱伝達、液滴熱伝達等々を含めると実に多岐に亘るが、凝縮熱伝達、液滴熱伝達(燃焼関連)、プール沸騰伝熱は本稿の対象外とした。最近のInt. J. Multi phase Flow (Vol. 20, 1994)に甲藤先生[2]および Andreani & Yadigaroglu [1]が、それぞれCHFおよびポストドライアウト熱伝達について研究の発展、各種モデルと相関式、問題点などを整理、レビューされている。是非参照されたい。

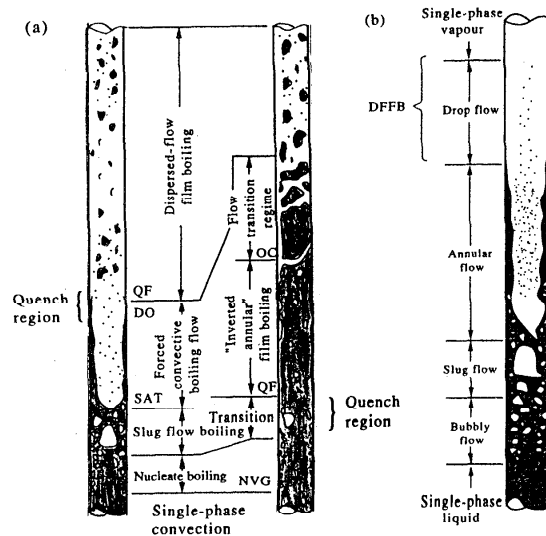


図1 気液二相流の流動と熱伝達

2. 気液二相流伝熱研究の動向

図2は国際伝熱会議の開催年度およびその翌年の2年間に主要ジャーナルおよび国際会議・国内シンポジウムで発表された論文で気液二相流伝熱を取り扱った論文を抽出し(総計約700件)、項目に分類したものである。これから以下の特徴が読み取れる。①サブクール沸騰、CHF および界面現

象(主に凝縮)に関する基礎研究、②工業機器への応用や原子炉熱流動安全研究等実用的性格を有する研究が多い。また、③微小重力下の現象、蒸気爆発、極小流路内現象などの研究、④分子動力学や直接数値シミュレーション、カオスなど新しい解析手法を用いた研究等が今後増加する傾向にあるが、⑤依然として実験研究への依存も強い。

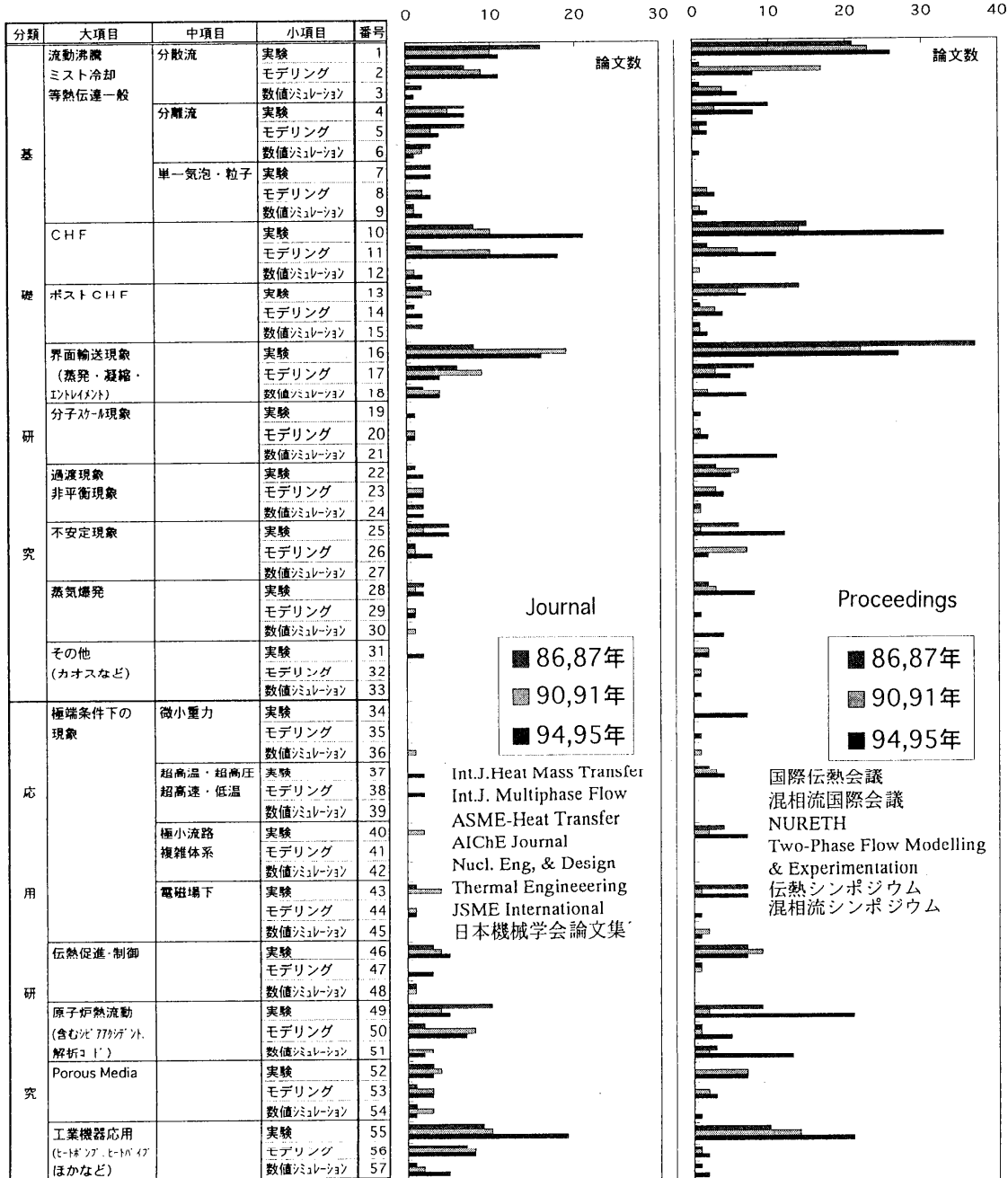


図2 発表論文に見る気液二相流伝熱研究の動向

3. 将来の気液二相流伝熱研究

気液二相流伝熱研究のハイライトは将来とも強制流動沸騰系CHF機構の解明とその予測手法の確立にある。それはCHFの予測が工学的に極めて重要であるとともに、CHF現象に沸騰熱伝達および気液二相熱流動機構のエッセンスが集約されているからである。換言すれば、CHFは気液二相熱流動機構の多次元性または局所性、過渡性、非平衡性の解明と深い係わりを有する。従って、伝熱機構の研究と流動機構の研究を有機的に結び付けた研究が必要であり、それらは実験→物理モデル→数値モデル→実験・・・といった繰り返しの相互連携によってのみ達成されよう。以下に私見述べる。

サブクール沸騰、核沸騰

質量速度依存性の問題があるが、気泡層内の多次元特性、気泡挙動、界面熱伝達などに関する機構論的モデルとその実験的検証が望まれる。特に、サブクール沸騰開始からCHFに至る沸騰現象の発達過程の一貫した予測、シミュレーションは工学的に重要な課題の一つであり、数値計算手法や計算機技術の発展に対応して今後の進展が期待される。特に高流速、高サブクール度、高熱流束がポイントであると思われる。

CHF

CHFのメカニズムに関するモデルについては文献[2]に詳述されている。液膜ドライアウトは比較的モデル化し易いこともあり、特に大きな問題はなさそうである。DNBについては、気泡層モデル、マクロ液膜消失モデルなどが提案されているが、モデルと実験で観察される現象との相違がしばしば報告されている。図3はCelataによるサブクール沸騰CHF時のvapor clotsの様子を示したものである。vapor clots挙動とホットスポット形成が液流速、サブクール度により異なり、CHFは何れかが主因となって決まることが報告されている。同様な観察結果は藤田らによってもなされている。CHF機構の解明と現象に忠実で一貫性のあるモデル構築への努力は今後も続けられるであろう。また、工学的には実験相関式によることなく、流路入口条件、加熱条件などの境界条件が与えられた場合に、流路のどの位置でどのような機構でCHFが発生するかといった解析的予測手法の確立やCHF改善の努力も重要な事項である。

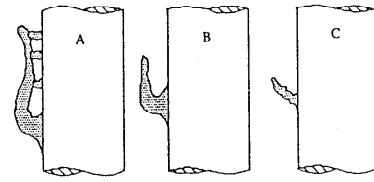


図3 Typical shapes of the vapour blanket for low (A), intermediate (B) and high (C) liquid velocity and subcooling.

ポストドライアウト熱伝達

原子炉、冷凍機等で重要な液滴分散流による膜沸騰熱伝達は液滴、蒸気流、加熱壁間の対流、輻射、直接接点、蒸発に起因し、蒸気の熱的非平衡や液滴挙動に依存することから、history effectが強い。液滴径、壁面への液滴衝突、液滴によるturbulence modification, heat sinkの分布など速度場、温度場への影響を考慮した解析が望まれている。特に、液滴挙動のラグランジュ的解析の必要性が強調される。また、実用面からは流路障害物の影響に関する知見も望まれている。

数値シミュレーション

気液界面における熱力学的輸送現象や蒸発・凝縮など相変化の解析に分子動力学が用いられるようになってきたが、これについては「マイクロ伝熱」で述べられるので割愛する。気液二相流解析の困難は界面が変形することにあるが、近年気液界面挙動と内外の流れが直接数値解析により求められるようになってきた。代表的なものとしてSMAC法、VOF法、ALE法、境界適合座標法、セル・オートマトン法、などがあり、気泡運動と変形、気液界面からの液滴発生、液滴の変形・分裂、相分離、沸騰気泡の成長・離脱と周辺流れ場のシミュレーション等がなされている。また、種々の乱流モデルやLESによるシミュレーションを含め、二相流伝熱分野での急速の発展が期待される。

その他

原子炉過酷事故時の混相熱流動、蒸気爆発、沸騰二相流の熱的非平衡現象、微小重力下の二相流伝熱、porous mediaや極小流路内、あるいは極端条件下現象等々将来の研究に託す所が大きい。キーワードは多次元特性、過渡、非平衡、数値シミュレーションなどが挙げられる。

文献：[1] M. Andreani & G. Yadigaroglu, 1994, Int. J. Multiphase Flow, Vol. 20, pp. 1-51. [2] Y. Katto, 1994, ibid., pp. 53-90.



## 燃焼研究の将来

## Future Trends in Combustion Research

高城 敏美 (大阪大学)

Toshimi TAKAGI (Osaka University)

## 1. 燃焼の役割と研究目標

現在、一次エネルギー源の約85%が化石燃料の燃焼によっており、2010年でもその比率は75%と予想されている。好むと好まざるにかかわらず、今後も相当長期間、莫大な化石燃料の燃焼に依存することになる。このとき、化石燃料(石炭、石油、天然ガス)の埋蔵量の有限性から、消費量の節約を目指した有効利用をはかることが最重要課題であり、また、地球環境や局地環境の保全のために燃焼に伴う環境汚染物質の低減がもう一つの課題である。燃焼研究の多くは広い意味でこれら2つの課題を目標としているが、燃焼のエネルギー利用以外に、材料生成、焼却などへの利用もあり、それらの基礎になる燃焼科学と技術に関する研究分野は広い広がりを持つ。このような大まかな目標や分野は近い将来では大きく変わらないと考えられるが、具体的な研究課題、研究手法は日進月歩である。

## 2. 燃焼計測

レーザーを用いた各種計測が可能となってきている。粒子からのミー散乱による速度測定として、LDVから2次元速度測定のためのPIV (Particle Imaging Velocimetry) やPTV (Particle Tracking Velocimetry) が用いられ、分子からのレーリ散乱、ラマン散乱、誘起蛍光などを用いた温度、化学種濃度の測定が行われている。レーザーシートを用いた2次元計測も行われるようになってきている。測定法の開発研究とそれを用いた火炎計測による火炎構造研究が今後も活発に行われよう。このような計測の原理は光と分子の相互干渉に基づくから、分子の構造と光の干渉効果の定量的な予測を可能にするミクロな物理になじむ必要がでてくる。今後、この分野がより必要になると考えられる。これらの測定のためには、かなり大がかりな装置(レーザーおよび検出器)が必要で、手軽に測定できる段階ではない。たとえば、熱電対では素線が溶けてしまうような燃焼ガス温度を熱電対と同程度の手軽さで測定する方法はな

い。安価な半導体レーザーを用いた測定法の開発の動きがある所以である。

## 3. 燃焼流の数値解析

燃焼の状況を数値的に予測するための方程式系は反応性流体力学としての質量、運動量、化学種、エネルギーの保存式で、ほぼ確定している。たとえばメタンの層流燃焼であれば40成分、200種程度の素反応を考え、多成分拡散を考慮して、数値計算すればかなり精度よく火炎の状況(速度、温度、化学種濃度の分布)を予測できる段階にある。これらを用いれば、火炎の基礎現象を合理的に、的確に、詳細に分析・予測できる。今後、燃焼速度に及ぼす温度、圧力、燃料種の影響、火炎の曲率、選択拡散、温度拡散、圧力拡散の影響、非定常性の影響、消炎、不安定性、その他まだ気づいていない諸現象が詳しく解明されよう。数値計算に際して、各化学種の輸送物性(粘性係数、熱伝導率、拡散係数)、熱力学的量(エンタルピー、比熱)などが必要であるが、それらのデータベースはChemkinプログラムやJANAF表から得ることができるが、不確定なのは素反応過程と速度定数である。とくにC、Hを多く含む分子が関係する反応過程のデータベースが不足している。高位炭化水素の燃焼や低位炭化水素でもその重合で生成されるすすを予測するとなると困難となる。今後、それらのデータベースの作成が必要になる。

乱流燃焼の現段階での実用的数値解析では乱流モデルと乱流場での燃焼モデルを用いて、時間平均した保存式を基礎にする。これにより、ガスタービン燃焼器、ボイラーなどの3次元燃焼流れが解析できる範囲にある。しかし、計算結果がどれほど現実を現すかについては、層流火炎における予測よりもはるかに不明確である。同様な流れ場(旋回や重力による体積力、密度の不均質が影響しているかなど)での実験的な検証が必要で、より汎用性のあるモデルの構築と検証は今後も継続されるべき項目である。NO<sub>x</sub>、すすなどの生成・排出特性を予測するとなれば、マクロな乱流混合とミクロな反応との

練成モデルが必要であり、その構成や検証は今後の問題である。

一方では、不確定なモデルを用いず、確定した基礎式を直接数値解析する方法(DNS)が行われるようになった。乱流燃焼場では速度、温度、濃度の時間的、空間的変動や不均質の分解能を持つ数値計算が必要で、高速、大容量の計算となる。これによれば、層流火炎の場合と同様の正確さで、実験ではとうてい得ることのできないデータを、詳細な解析が可能となる。これにより、乱流火炎の基礎特性の解明や乱流燃焼モデルの検証も可能となる。今後、乱流燃焼研究の分野ではDNSが大きい役割を持つことになると考えられる。

計算機の計算速度は5年で約10倍進歩する傾向がある。10年経てば現在行っているような計算であれば計算機の使用料は現在の1%程度となり、無視できる状況となる。しかし、10年後は現在の計算よりはるかに大容量の計算をし、計算機の費用は無視できないかもしれないが、コストパフォーマンスは非常に上がっていることになる。

#### 4. 量子・分子動力学と反応制御

近年、量子・分子動力学の手法が熱工学分野にも取り入れられ、ミクロ現象を経験則を用いない直接的手法で解析されるようになってきた。しかし、燃焼の分野ではその手法がほとんどつかわれていない。たとえば、最近の日本の燃焼シンポジウムおよび国際燃焼シンポジウムではほとんどその分野の報告がない。

燃焼は多数の素反応が並列に生じて進行するので、その素反応と速度定数が確定すれば燃焼の主要な部分が記述できる。従来、素反応の速度定数は実験的に決められており、ばらつきが大きい。素反応の速度定数を決めることは主として2種の分子(または原子)が衝突したときに反応するか否かの確率で定まるから、まさに量子・分子動力学の範疇にはいる問題である。将来、実験と並行して、このような計算により速度定数を予測するとともに大気汚染物質を選択的に反応分解するような反応制御の基礎理論として利用されることが考えられる。(小竹進, *New Research Trends of Pollution Control and Treatment, Thermal Science and Engineering, Vol.4, No.1*)

#### 5. 新燃焼技術

通常、燃料を空気と混合して燃焼させる。このとき、到達する断熱火炎温度は2000 K程度で、その温

度では原理的に機械的エネルギーに変換できる割合(エクセルギー率)は0.65程度となるので、元の燃料のエクセルギー率(通常の炭化水素では0.95程度)と比べて燃焼により30%のエクセルギーを失ってしまうことになる。このことから、化学エネルギーから熱エネルギーへの変換過程(燃焼)の改善がエネルギー高度利用の要点と考えられている。(土方邦夫, エクセルギー増進による高度エネルギー利用, 高温エネルギー変換工学研究会資料, 1994)。

エクセルギー再生・回収燃焼法が提案されている(越後亮三, エクセルギー再生・回収燃焼法, 文部省重点領域研究, エクセルギー再生産の学理, 研究成果報告書, 1994)。その基本的な考え方は、熱エネルギーのエクセルギー値は温度の関数で、高温であるほど高い。このため、燃焼によるエクセルギー損失を低減したり、回収・再生させるには燃焼過程中に運動、光、電気等のエネルギーを抽出し、かつその抽出率を高めるとともに燃焼生成物の温度を高めることとされている。このような観点から、多孔構造体を用いた超断熱燃焼の研究が行われ、極低発熱量燃料の燃焼と温度の急峻な勾配を用いた熱電発電による電力の抽出が提案されている。

燃焼過程でのエクセルギー損失を低減する新燃焼法の開発が望まれる。

#### 6. 燃焼システム構成

エクセルギー有効利用のためにはコンバインドサイクル、エネルギーのカスケード利用が有効で、総合効率の向上に著しい効果があることが知られている。各要素の高効率化が限界に達しつつあるとき、エネルギーの回収・再生を含むシステム構成の最適化のための系統的な研究が望まれる。

#### 7. むすび

燃焼研究の対象として、基礎から応用技術まで広範囲の問題がある。順不同で例を列挙すれば、水素燃焼、超音速燃焼、デトネーション、純酸素燃焼、高温予熱燃焼、無重力場での燃焼、触媒燃焼、噴霧燃焼、石炭燃焼、流動層燃焼、燃焼による材料精製、廃棄物燃焼、火災、等限りがない。これらが、エネルギー、環境問題、利用形態、規模、燃料供給、燃焼制御、安全などと相互に関係しており、それぞれの問題について、過去から現在、将来へと研究の流れが容易に留まるところがないように感ぜられる。

## ふく射伝熱研究の将来

## Research Prospects of Radiative Heat Transfer

黒崎 晏夫 (東京工業大学)

Yasuo KUROSAKI (Tokyo Institute of Technology)

## 1. はじめに

ふく射伝熱の将来について書くのはなかなか難しい。筆者のこれまでの研究と時代の要請を鑑みながら、ふく射伝熱研究に関して日頃感じていることを、将来への期待をも含めて述べることにする。

ふく射伝熱の研究と言うと、高温熱交換器、燃焼炉やボイラー、太陽熱利用などの高温領域での熱交換や燃焼に関連した研究が重要のように一般には認識されている。しかし、最近では中温、低温の領域においてもふく射伝熱の重要性が認識されて従来とは異なる切り口の研究が始まっている。例えば、地球温暖化に関連してのふく射、居住空間のふく射冷暖房、電子機器の冷却でのふく射の役割、ふく射利用による非接触での温度や物性の測定、低温における断熱でのふく射の影響、宇宙機器、生産技術におけるふく射の利用、生体や医療へのふく射の応用などの研究がある<sup>1)</sup>。

## 2. ふく射伝熱研究の位置付け

まず、日本のふく射伝熱研究の現状に触れておく。ふく射伝熱の研究の伝熱研究の中で占める割合を、ここ2年の日本伝熱シンポジウムに発表された論文数で見ると、4.5% (1995)、5.5% (1994)である。10年前の2年を取り上げてみると、6.0% (1986)、6.5% (1985)であり、占める割合は現在の方が減少しているが、論文総数では10年前は10~15編程度であったのが現在では20~25編程度になり全体の論文発表数が多くなった分だけ増加している。比較のために、ASMEのJ. of Heat Transferに掲載された論文でみると、ふく射伝熱関係の論文の占める割合は、10% (1995)、9% (1993)であり、10年前の5.2% (1985)よりは増加している。また世界的な観点からとして4年ごとに開催される国際伝熱会議で発表される論文でみると、4.5% (1982)、5.2% (1986)、3.4% (1990)、6.4% (1994)であり、多少の変動はあるもの余り変わらない。このような結果を見ると、ふく射の研究の伝熱研究の中で占

める割合は時間的には大きく変わっていない。また、日本におけるふく射伝熱の研究も決して少ないわけではなく、その質においては世界から注目されているといつてよい。このことは、昨年 (1995) トルコで開催された International Centre for Heat and Mass Transfer 主催のふく射輸送 (Radiative Transfer) の国際シンポジウムに出席し再確認した。

## 3. ふく射伝熱の特殊性と研究

ふく射伝熱の特色は、先ず第一にそのエネルギー輸送が電磁波による遠隔輸送であり、途中で気体や液体の媒体を必要としない。これは他の伝熱過程が温度差に基づき媒体を介してのエネルギーの拡散現象で有るのは全く異なっている。第二としては、電磁波によるエネルギー輸送であるため電磁波の波長依存性を有することである。

ふく射伝熱の研究は、この二つの特色のために実験研究においても、また理論的な研究においても難しさが存在している。特に、ふく射の実験では全部の波長域を対象とすることは現在でも大変難しいし、また、測定器の不十分さ、言い換えると十分な実験をするためには高額の費用を必要とする。その結果、数値シミュレーションによるふく射伝熱研究が数多くなされている。言い換えると、電子計算機利用による数値解析が、ふく射伝熱の研究を今日のレベルにまで発展させたと言ってよい。数値シミュレーションにおいてもふく射伝熱の基礎式が微積分型でしかも非線形性が強いために、他の伝熱過程の数値シミュレーションの場合よりも計算が煩雑になり、一般のアルゴリズムがそのままでは有効ではなく、未だにふく射伝熱に完全なアルゴリズムは確立されていないと言ってよい。従って、現在もふく射伝熱に有効なアルゴリズムに対する検討に世界中の多数の研究者が取り組んでいる。

## 4. 今後のふく射伝熱研究

ふく射伝熱研究を基礎的研究と応用的研究とに分けて考えた場合、もちろん両者はバランスよく発展

して行くものであるが、基礎的研究の必要性を強く訴えたい。たとえば、ある応用的研究において使用する物質のふく射物性値が知りたいと思っても殆ど存在しないのが現状である。また、それを測定する場合にも測定方法が十分に確立していない場合もある。物性値は、独りの研究者では求められるものではないので、日本がリードして情報を整理する組織を作る必要は有るのではないだろうか。特に、最近では先端技術の発展に伴い多くの新材料がでてきているが、ふく射物性値の測定は、他の物性値の測定に比べて明らかに遅れている。大変根気の必要な仕事ではあるが、ぜひとも、新しい物性測定方法の研究を開始することが必要である。

現在のふく射伝熱の研究の一領域となっている燃焼関係におけるふく射伝熱があるが、燃焼により生成されたスートからのふく射に関してはこれまでに多くの研究がなされてきたが、まだ完成されていない。特にスートの生成過程に多くの影響因子があり現象は大変複雑なために今後とも実験研究を基盤とした基礎的研究が成される必要がある。また、燃焼と関連して環境問題としてのふく射問題は、社会の要請に伴い研究が必要となってくる。

ふく射を放射・吸収・散乱するいわゆるふく射性媒体（燃焼ガスも含まれる）におけるふく射と他の伝熱過程が共存するふく射伝熱に関連する研究は現在でも多く報告されている。しかし、個々のマイナーな結果の違いは有っても、基本的な問題はすでに解決されていると言ってよい。ただし、流れとふく射がスート生成に相互影響を与えるような何か新しい応用としての問題の場合には、もちろん研究に値する。

また多孔質や繊維層のふく射伝熱は、応用面からも基礎的な研究が今後必要である<sup>[2]</sup>。また二相流におけるふく射伝熱も十分に解決されていない問題である。

### 5. マクロからマイクロへの研究展開

ふく射伝熱もやはりマクロな観点からマイクロな観点へと視点が移行して行くのは、他の科学技術の発展経過と同じで当然である。特に、最近注目を集めているマイクロスケール伝熱、分子伝熱におけるふく射の寄与を検討する研究は、今後益々発展すると考えられる。その際のふく射を考える上では以下のようなことを十分に検討する必要がある。

ふく射伝熱の解析においては、ふく射輸送方程式

とふく射項を取り込んだエネルギー方程式と連立して解く必要がある。マクロなふく射を考えている場合は、これで十分である。しかし、マイクロなふく射、すなわち非常に微細な面積のふく射、非常に短い時間のふく射<sup>[3]</sup>、ふく射の波動性が問題となるふく射においてはふく射輸送方程式を用いるのでは不十分な場合が起きてくる。すなわち、マイクロな観点からのふく射では、ふく射の波動性へ戻って考える必要があり、電磁波の基礎式である Maxwell の方程式を用いて検討する必要がある。

### 6. ふく射伝熱から他分野への発展

伝熱は学問としては、かなり成熟して来ていることは誰もが認めるところである。しかし、伝熱分野を一步離れると伝熱はまだ十分に理解されておらず、役立てられていないことが多い。このことはふく射伝熱にも当てはまり、例えば生産技術の分野などでは応用的な問題はまだ沢山存在している<sup>[4]</sup>。基礎的な問題をも含めて積極的に他分野へ目を向けて行くことにより興味ある研究の展開が開けてくることは間違いない。上で述べたマイクロなふく射において電磁波の基本に戻ることにより、またふく射の新しい分野が見えてくる場合がある。それは、必ずしも伝熱の領域では無いかも知れないが、ふく射伝熱から異分野へのアプローチとなり従来とは異なった視点からの研究で従来のその分野では見えなかったことが明らかになることが有ることは、これまでも多く事例を見ても言えることである。

### 7. おわりに

最後に、ふく射伝熱の研究は、その重要性から見て波動性を入れたマイクロな取り扱いをする固体・液体・気体の基礎的問題、多孔体や繊維層・二相流でのふく射の問題、生産技術とか生体・医療関係などの他分野への発展、独創的なふく射伝熱の利用方法の開発、並びに数値シミュレーションに有効なアルゴリズムの開発などに力を注ぐ必要がある。

### 文 献

- [1] 西川編：熱工学の研究動向と熱技術の進展，日本学術会議，pp.50-51 (1988)
- [2] 山田ら：第32回伝熱シンポ講演論文集，vol. 2，pp. 601-602 (1995)
- [3] S. Kumarら：第32回伝熱シンポ講演論文集，vol. 2，pp. 593-594 (1995)
- [4] 黒崎：成形加工，7巻8号，pp.491-498 (1995)

より速く、より微細に、より論理的に  
—熱物性研究の将来—

*More Quickly, More Microscopically and More Logically*  
—Future Prospects of Research on Thermophysical Properties—

荒木 信幸 (静岡大学)  
Nobuyuki ARAKI (Shizuoka Univ.)

1. プロローグ

「熱物性研究は、これからどんな方向に行くのでしょうか。あるいは行ってほしいと思いますか」と熱物性研究者の集まりで、この道のベテランに尋ねてみた。缶ビールを片手にしながらの雑談である。

「プロセス途中の物性値がわかるといいんですがねー。しかも、ローカルで微小な部分の物性が微妙に効くんですよ」

「時間的にはゆっくりでもいいんですか」

「いやー、その場でしかも素早く測定しないと意味がないねー」

「測定するのが難しいなら、分子動学的な手法などを使って、物性値を推定するのはどうですか」

「うーん、分子動力学は、これだけみんな騒いでいるけど、一部の単純な場合を除いて、ずい分あわないからなー」

「だからこそ研究する必要があるのではないですか」

「……………」

互いに血中のアルコール濃度が上がって難しい話ができなくなってしまった。しかし、この会話の中から熱物性研究の展望としてあるいは研究してほしいと願っている方向として次のようなキーワードを抽出できる。「より微細な部分の物性値をより速く測定し、より論理的に推論すること」である。

それにしても、熱物性研究の将来を展望するなんて酔っぱらっていても私には難しくできない。対象とする物性値の種類は膨大であるし、取り扱う物質も身近にあるものから最先端といわれる新しい素材まである。形状も薄いものや小さいものや種々複合しているものもある。おまけに高温とか高圧とか物理的条件によっても特異な変化を示すものもある。

熱物性研究はこのように広範囲な領域を含み、全体の動向を把握するには、物理、化学、生物、計算力学等理工学のベースとなる学問領域の動向を熟知

している必要がある。しかし、このような全領域を習熟しているスーパーマンは恐らく居ないであろうから、一般にはそれぞれの分野でそれぞれの立場からアプローチすることになる。言いかえれば、熱物性研究は、このような境界領域的な性格を持っている学問であると言える。このような状況と私自身の専門性から、ここでは、熱伝導率や熱拡散率などの熱伝導現象に直接関わる物性値を念頭において話を進めることをお許し願いたい。

2. より微細に

マイクロマシンとか高集積化電子デバイスなど製品がますます微細化する方向が工学の一つの大きな流れである。それに伴って素材の形状もますます小さく、薄くなり、また、性状としてもナノストラクチャーという言葉で代表されるように微細な構造を制御するようになってきている。当然のことながらこれら微小部分の物性値を知ることが重要課題となってきた。

例えば、基盤上に半導体モジュールを形成するとき、電気的な絶縁性を持ちながら熱伝導率の良い薄膜を作る必要があるが、開発された薄膜の熱伝導率を測定し評価するのは簡単ではない。薄膜の面方向の熱伝導率は八田らの交流加熱法<sup>(1)</sup>によりかなりよく測定できるようになったが、厚さ方向については種々試みられてはいるもののまだまだ不十分である。薄膜が薄くなればなる程、熱伝導が大きくなればなる程、測定が難しくなる<sup>(2,3)</sup>。

この難しさは、微小スケールの温度分布あるいは温度変化をいかに測定するかということとこの温度分布を発生させるための加熱をいかに局所的に行うかによる。この測定可能な微小スケールの限界が小さくなれば、ファイバーや粉粒体さらには微小な結晶粒界などの熱伝導、またその異方性などを測定することも夢でなくなることになる。

この夢を現実的なものとする研究の方向はいくつか考えられる。まず、最近急速に発達してきている

プローブを用いた走査型顕微鏡 (SPM) を利用することである。1982年 Binnig らによって発明された走査型トンネル顕微鏡 (STM)<sup>(4)</sup>, 1986年の原子間力走査型顕微鏡 (AFM)<sup>(5)</sup> はプローブと試料間との相互作用により原子スケールの性状を観察できるものとして各方面に大きなショックを与えた。このSPMを種々の物性測定に応用しようとする研究も盛んに行われている。Dinwiddie ら<sup>(6)</sup> は熱伝導率測定を試みている。まだ、熱伝導率分布のイメージを得た段階であるが、絶対値を得ることも困難ではない。日本においても中別府ら<sup>(7)</sup> がAFMを利用した微小スケールの温度場の測定を行っている。

もう一つの研究の方向は、高速度でコヒーレントなレーザー光を積極的に利用し、微小加熱と微小温度変化を高速度で測定することにより薄膜や微量試料に対応しようとするものである。通常のレーザーフラッシュ法を改良したり、長島ら<sup>(8)</sup> のように強制レーザ散乱法を用いたりするなど種々工夫されている。SPM法と比較してスケールはずいぶん大きいが高確度の高い測定が可能であり、応用面の展開と共に今後の発展が期待される。

### 3. より速く

Cezairliyanが金属試料に大電流を直接流し、試料が溶融した瞬間の熱物性値をマイクロ秒の分解能で測定したのはずいぶん古い話になった<sup>(9)</sup>。これは室温から金属の融点のすぐ上の温度まで高速度で、まさしくダイナミックで重厚な測定を行ったものであるが、最近では大きな進展はない。

世の中の流れの軽薄短小の方向に熱物性研究も呼応しているようである。装置的にも、試料的にも小さくなり、速度が急激に速くなっている。加熱や測定がピコ秒のオーダーで行われるようになってきている。Paddock らや馬場ら<sup>(10)</sup> のピコ秒反射法はその典型的な例である。薄膜試料の表面を周波数76MHzで1パルスの時間幅が数ピコ秒で加熱する。その加熱パルス波よりわずかに遅れて、表面の温度を反射率の温度依存性により測定するものである。高速度であることの必要性は、加熱による温度波が試料のスケールを越えないうちに測定を完了させるためである。これによって厚さが $\mu\text{m}$ 以下の試料の熱拡散率を測定できる。この方法は前節の「より微細に」の方向の話でもある。

このように速い測定が可能になると、熱伝導がフーリエの式に従わない現象を測定できるようにな

る可能性がでてきた。非フーリエ効果は Cattaneo ら<sup>(11)</sup> の提案する緩和時間で代表的に表現できる。唐、荒木らはこの緩和時間を熱物性値と位置付けて、その測定方法を提案している<sup>(12, 13)</sup>。

### 4. より論理的に

一般に物質の性質は、それを構成する分子等の単位粒子の性質と粒子間の相互作用を理論的に解明できれば計算により求められるはずである。この考え方に基づく計算法が分子動力学的手法である。しかし、プロローグにあるようにきわめて単純な場合を除き成功していない。これは粒子の性質と相互作用を計算するためのモデルが、実物を十分に表現できていないことに起因している。計算機と計算手法の発達に伴い、正確な予知が可能になると考えている。

この間、分子動力学的手法と実測値あるいは経験的な推算手法 (分子構造による加減性や対応状態の原理による相関など) とを組合せることにより満足できる結果を得ることも重要課題である。

### 5. エピローグ

オリンピックのスローガンのような表題をつけて奇異をてらったわけではないが、熱物性研究の方向性がかなり包含されている。さらに付加えるとすれば「より極限へ」である。つまり、高温、低温、高圧、臨界点など物理的な極限状態における熱物性値を求め、既知の範囲を拓けることである。もちろん、熱物性値は普通の状態におけるデータも不足している現状において、系統的な測定と評価を行うという地道な努力が大切であることは言うまでもない。

### 参考文献

- (1) Hatta ら, Rev.Sci.Instrum.,56 (1985), 1643
- (2) 小野, 熱物性, 6-3 (1992), 200
- (3) 荒木ら, 9回熱物性シンポジウム集, (1988), 179
- (4) Binnig ら, Phys.Rev.Lett.,49 (1982), 57.
- (5) Binnig ら, Phys.Rev.Lett.,56 (1986), 930.
- (6) Dinwiddie ら, Proc.22nd Int.Conf.Thermal Conductivity, (1994), 668
- (7) 中別府ら, 機論B, 62 (1996), 284
- (8) 長島ら, 機論B, 57 (1991), 440
- (9) Cezairliyan,A.,Proc.ATPC. (1989), 1
- (10) Baba ら, 16回熱物性シンポジウム集, (1995), 365
- (11) Cattaneo,C.,C.R.Acad.Sci.,247 (1958), 431
- (12) 唐, 荒木, 16回熱物性シンポ, (1995), 377
- (13) 唐, 荒木, 機論B, 62-595 (1996-3)

## 環境伝熱研究の将来

### *Future Aspects on Environmental Heat Transfer*

齋藤 武雄 (東北大学機械航空工学科)

Takeo S. SAITOH (Dept. of Aeronautics and Space Engineering,  
Tohoku University)

#### 1. はじめに

「伝熱研究」編集委員会の熊田雅弥教授から“伝熱研究の将来”についての特集を組むので執筆してほしいとの依頼があった。その理由は伝熱研究の将来に対する危惧を依然として払拭し切れないからであるという。

しかし、よく考えてみると伝熱シンポジウムは、ことしで33回目を迎えるのだから、学会も成熟化したと考えてもよいのではないだろうか。従って、学問としての基礎は疾に固まり、また画期的な発見・知見はもう出ないと考えるべきであると思う。

それでは、伝熱屋の仕事はもう終わったかというところではなく、これからが最も充実した“起承転結”の結の時期を迎えると考ええる。

その典型例として筆者が、20年来取り組んできた都市温暖化(ヒートアイランド)の研究を伝熱学的視点から紹介したい。

従来の伝熱学で取り扱う現象あるいは対象は、ほとんどが、実験室規模のものが多かった。すなわち、代表長さにして $\approx 0.0001 \sim 50$ m程度のスケールと考えてよい。超高層ビルや橋梁、新幹線および航空機などは、その上限に近いスケールを有している。

これに対し、昨今、俄かにクローズアップされてきた都市や地球の環境の問題では、そのスケールが都市(東京など)で40~100 km、地球規模では、40,000 kmに及び、前述のスケールと比較し2000倍から100万倍も大きい。

これまで、都市や地球規模の環境問題は、主に、理学部の気象学の分野で行われてきている。気象学は古い歴史を有する学問で、研究者の人口は少ないが、多くの優れた成果が世に提出されている。

こうしてみると、工学部の、それも伝熱学という比較的狭い学問が、これらの分野に役に立つかという疑問が生起されるが、筆者は20年に及ぶ都市温暖化の長い研究の過程で、「伝熱学は都市や地球の環境の問題を究明する上で、極めて重要で、大いに役

立つ」という結論をえた。

確かに、都市気象は、将来の伝熱学のテキストには、殆ど登場せず、索引を引いても全く情報を得ることはできない。しかし、大事なのは、テキストに書いてある、そのままの事柄ではなく、たとえば、都市の気象を支配するのは都市大気における熱と流れ(大気汚染の場合は、これに物質拡散が加わる)であって、その駆動力(driving force)は、密度差による浮力流れであり、山地や海からの流れである。その基本的メカニズムは、伝熱学の基本と全く同様であると考えてよい。

都市大気も地球大気と同様に密度成層が支配的となるので、よく気象学では、静水力学平衡の近似を導入することが多い。しかし、都市大気の浮力流のモデリングを、これを含む従来の気象学の基礎式で行って計算すると、かなり違った結果を与えることが、すでに、筆者らの研究で明らかになっている。すなわち、地味ではあるが、伝熱学の自然対流(浮力流れ)の基礎式を忠実に解くやり方が最も信頼できる結果を与えるのである。

次に、地球温暖化の方であるが、こちらの方は、“unknown”パラメータの数が都市温暖化に比し一桁以上多く、また、大気、海洋、陸上生物圏、日射、地球放射、雲、雪氷、蒸発、水分移動など、解明されていない現象・事象が多すぎて、シミュレーションの精度も低い。都市温暖化の10倍は難しいと正直に思う。ただ、これまで5年間地球温暖化のシミュレーションを行って判ったことは、やはり、伝熱学の重要な要素である、ふく射が極めて重要な要素である点である。

以上、述べたように、都市温暖化も地球温暖化も、ともに伝熱学が極めてよく貢献しうる分野と言える。

次に、従来の伝熱学で扱う問題と都市や地球規模のスケールの環境問題との相違点を述べる。

筆者は、次の3点が異なると思う。ラージスケール問題は、



- (1) 実験的検証が容易にできない。
- (2) 現象がいろいろな要素を含み複雑であるため、モデリングが難しい。
- (3) 本質的に3次元非定常問題であるため、コンピュータの演算時間が莫大となる。

の際だった特徴を有する。

上記のうち、(1)と(2)の半分は、やはり気象学の力を従来通り借りなければ解決できない。しかし、前述したようにモデリングのうち、伝熱および流れに関与する部分は、貢献できる。また、(3)の莫大な計算時間がかかる点も、最近の工学における数値解析技術の長足の進歩が、その解決に力を発揮できると考えてよい。

次に、都市温暖化と地球温暖化に関する最近のシミュレーション結果を紹介したい。

## 2. 都市温暖化のシミュレーション

近年の東京への一極集中化により、とくにエネルギー消費密度の顕著な増大がみられる。たとえば、千代田区では、人工エネルギー消費密度が平均で  $120 \text{ W/m}^2$  を越えている。エネルギーの集中消費や建物などの構造物の熱容量（日射の蓄熱効果を含む）などのため、都市の気温の上昇、すなわち都市温暖化（ヒートアイランド）がおこる。

この問題の解析上重要な点は2つある。1つは、浮力流れ（ヒートアイランドプルーム）をどのように基礎式に取り込むかの問題である。従来、気象学では浮力流れの項を人工的に仮定し、この寄与を取り込むモデリングが行われていたが、筆者らの研究により、そのやり方は正しくないことが示された。現在では、いわゆる伝熱学モデルを用いている。また、この場合、静力学平衡の近似は導入していない。この点も重要である。

2つ目は、熱と流れの方程式にでてくる渦拡散係数の評価である。伝熱や流体力学にみられる通常の乱流現象では、流れ場は比較的単純で、都市や地球大気境界層のような密度逆転層を有しない。また、地表面近くの接地境界層は、ビルなどの建物や、起伏の影響を受けるため、ここでは、異なる表現が必要である。

筆者らが、用いる最新の改良モデルは、接地層の上部には、Mellor-Yamadaのクロージャーモデル（レベル2）、接地層には対数法則モデルを適用している。しかし、これでも厳密には不完全で、都市キャノピー層など、もっと細かい対流や伝熱を考慮した

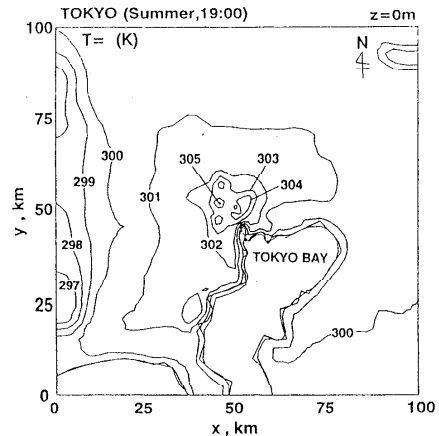


図1(a) 現在の広域東京圏のシミュレーション結果（気温分布）

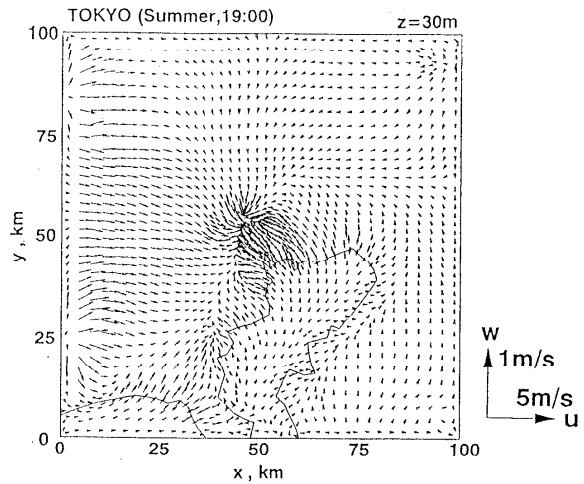


図1(b) 水平方向速度ベクトル線図

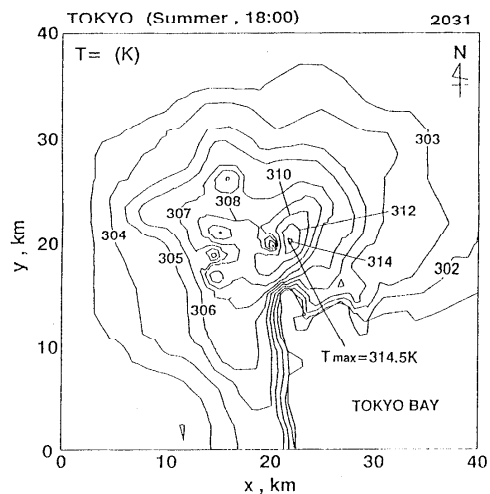


図2 2031年の東京の地表面温度分布図

モデルが必要である。

図1に現在の広域東京圏(100 km×100 km)のシミュレーション結果を示す。また、図2には、2031年東京の温暖化予測図を示す。

### 3. 地球温暖化のシミュレーション

人類最大の課題の一つは、CO<sub>2</sub>に起因する地球温暖化の問題である。すなわち、人類の化石燃料消費などにより来世紀中庸以降大気中CO<sub>2</sub>濃度が倍増し、気温が平均で2℃以上(最近のIPCC報告による(17))上昇し気候変動を含む大きなインパクトを与えるというものである。

図3は、筆者の研究室において行ったCO<sub>2</sub>濃度倍増時の地上気温上昇の分布を示している。

北極および南極の両極の近くで6~7℃の昇温がみられる。このような極地方に際立った気温上昇がみられるのは、共通した結果である。

これから、このような地球温暖化の予測は十分でないことがわかる。

とくに、最近では、CO<sub>2</sub>の吸収源として海の役割が目されるようになってきている。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)による炭素収支の見積もりによるとCO<sub>2</sub>の発生率は、化石燃料と森林破壊、土地利用で7.0±1.2Gt/年であり、また吸収源は大気中の残留と海洋の吸収で、5.4±0.8Gt/年と報告されている。

### 4. おわりに

地球温暖化と都市温暖化の数値シミュレーションの最近の結果を紹介した。地球温暖化は関与する因子が多く、また海でのCO<sub>2</sub>吸収など未解明の要素が多すぎるため、信頼できるシミュレーション結果が出るまでには長年月を要するとみられるが、都市温暖化のシミュレーションは、現在でも完成の域に近づいており、信頼性が高いものと筆者は考える。

地震なども含め、これまで手薄だった予知・予測シミュレーション技術が長足の進歩を遂げ、人類のモデル的な発展と幸福につながることを切に望みたい。この意味でも伝熱学の将来は明るいものと考えたい。

### 文献

- (1) 野崎, 地球温暖化と海, (1994), 東京大学出版会
- (2) T.S.Saitoh, et al., Urban Warming and Energy

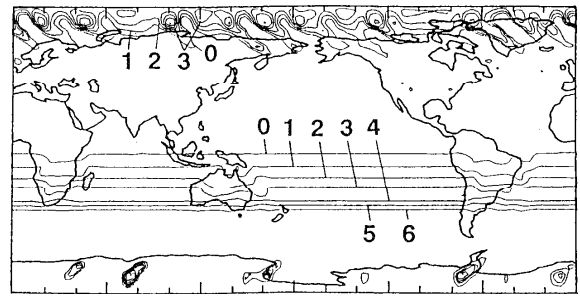


図3 CO<sub>2</sub>濃度倍増時の地上気温上昇の分布量

Consumption in Tokyo Metropolitan Area, 27th IECEC, 5 (1992), 341-348.

- (3) 齋藤, 東京の温暖化のスーパーコンピューティング, スーパーコンピューティングジャパン, (1992), 1-6.
- (4) T.S.Saitoh, et al., The Present Status of Urban Heat Island in Tokyo Metropolitan Area, Urban Atmosphere, (1995), in press.
- (5) 齋藤, 数値伝熱学, (1986), 養賢堂.
- (6) 齋藤・ほか, 都市温暖化と緑化による環境緩和効果に関する研究, 第30回日本伝熱シンポジウム, (1993), 1021-1023.
- (7) 齋藤, 地球と都市の温暖化, (1992), 森北出版
- (8) 齋藤, 過熱を続ける大都市と未来環境, FOP, 5-9 (1980), 18-28.
- (9) 齋藤・ほか, 日本機械学会論文集, 49-445, B (1983), 2035-2040.
- (10) 齋藤, 都市温暖化の現状, 日本機械学会誌, 94-869 (1991), 281.
- (11) 齋藤, 地球環境時代の都市とエネルギー, 日本機械学会誌, 95-878 (1992), 91.
- (12) 齋藤, 都市温暖化からみた未来の東京, 太陽エネルギー, 18-4 (1992), 10-19.
- (13) 東京都都市計画局地域計画部土地利用計画課, 東京の土地利用一現況編, (1987).
- (14) 荒川・ほか, 日本の大都市における気温と湿度の経年変化, 天気, 17 (1970), 37-39.
- (15) 齋藤・久田, 地球温暖化のシミュレーション, 太陽エネルギー, (1996), in press.
- (16) T.S.Saitoh, T.Shimada and H.Hoshi, Urban Atmosphere (1996), in press.
- (17) IPCC 報告書, 第5回アジア太平洋地球温暖化セミナー報告書 (1996.1) 仙台.

## 生体に関する伝熱研究の可能性

*Future Prospects for Bio-Heat and Mass Transfer Research*

棚澤 一郎 (東京大学生産技術研究所)

*Ichiro TANAZAWA (Institute of Industrial Science,  
University of Tokyo)*

### 1. はじめに

工学の諸分野で生体に関連する研究の重要性が認められ、時としては過度に喧伝されるようになって久しい。既存の学問分野の名称に、「バイオ」あるいは「生物」・「生体」という接頭語を付けるだけで旧来の分野の突然の進展や変革が見られるはずもないが、国あるいは助成財団等への研究費申請の場合などに、このおまじないが有効に作用することがしばしばあるらしい。「先端」とか「超」とかの接頭語と並んで、「バイオ」や「生体」は、何となく心疚しく感じながらも、我々が頻繁に利用するキーワードの一つのようである。

しかし、「バイオ」・「生体」という接頭語が、若干邪しな目的に使用されているらしいという憶測はともかくとして、生命現象にかかわるあらゆる理工学分野の研究は、それなりに高い重要性をもちうるはずである。その理由の最大のもは、研究の実施者であるわれわれ自身が生きているということであり、生きているということ自体がこの世における最大の謎だからである。極言すれば、(広い意味での)生命活動への関与の程度こそがある研究課題の重要度を測る一つの尺度であるとしてもよいのではないだろうか。

このように考えてみると、生体工学の研究が医学との境界領域においてまずスタートし、現在もこの医工学分野での研究がもっとも活発であることが容易に理解できる。国外・国内で開かれるバイオエンジニアリング関連の学会のプログラムの中で、機械工学関係の研究発表の題目を調べてみると、骨や関節や靭帯に関する力学、心臓や血液循環系に関する力学などの論文が日につく。これらは当然整形・形成外科や心臓血管系外科などでの医療技術と密接に結びつくものである。

一方、医工学の分野での伝熱研究は、上に挙げたような力学系の研究に較べてやや低調であるように見える。それは一体どういうわけなのであ

うか。その理由を考えてみることによって、本稿の表題である「生体に関する伝熱研究の可能性」の一端を探ることができるのではないかと筆者は考えている。

### 2. 熱・物質移動の場としての生体の特徴

生体と一口に言っても、動物もあり植物もあり、また単純な単細胞生物からヒトなどの哺乳動物のようにきわめて複雑なものまで多種多様である。さらに、一つの生物の全体が対象となる場合もあり、また生物体内の一器官・一組織を扱う場合もある。ここでは主としてヒトの全身あるいは一部の組織を念頭に置いて生体の特徴を考えることにしたい。

さて、生体にかかわる熱・物質移動の問題(といってもこれまた多種多様であるが)に対処しようとするとき、まず留意すべき生体の特質・特徴は次のようなものであろう。

(1) 生体は「生きている」ということ：このことのために、研究の対象となる生体の状態は時間的にきわめて多様に変化する。細胞内でのエネルギー・物質代謝、細胞間・組織間でのエネルギー・物質移動が絶えず続いているからである。生体組織は、内外の状況変化(刺激)に敏感に反応して自らの状態を変化させる。変化には季節的变化、ひと月周期の変化、一日単位の(あるいはサーカディアン・リズムによる)変化のように比較的ゆっくりしたものから、一瞬に起こる変化まで様々なものがある。そのため、生体の状態を正確に規定することがきわめて困難になる。とくに厄介なのは、生体の状態が物理・化学的な刺激ばかりでなく、内外の生理的および心理的な刺激によっても変化するという点である。

(2) 生体の構造および形態の複雑性と複合性：何よりも生体は生命活動を続けていることによって複雑である。同時に構造・形態としてもきわめて複雑である。たとえば、人体や臓器をどのよう

な形と表現すればよいのであろうか。また、ヒトを構成している細胞の数は、数兆から数十兆 ( $10^{12}$  から  $10^{14}$ ) といわれているが、そのどれ一つとして形や大きさが同じではない。さらに、1個の細胞自体が複雑な構造と形態を持っている。このようなものの集合体である生体組織は、当然不均質・非一様・非等方的である。例として生体組織の熱物性値について考えると、一体生体組織の密度とか比熱とか熱伝導率などの値をどのように決めたらよいのか大いに迷ってしまう。たとい苦労や工夫を重ねて1個の細胞について、見掛けの密度・熱容量・見掛けの熱伝導率などを測定することができたとしても、それはどのような意味をもちうるのだろうか。それを使って、伝熱の問題を解くことができるのだろうか。考え出せば際限なく疑問が湧いてくる。このような疑問は、細胞の複合体である組織や器官を考える場合には、さらに大きなものになる。

(3) 生体には個性(個体差)があるということ：生体について何かの実験をしデータを取ろうとすると、必ず個体差の問題で苦労する。その身近な例はヒトの温冷感である。ある温度・湿度の状態がある人は寒いと感じ、別の人はちょうどいいと思ひ、ある人は暖かいと言う。個体による感覚の差、耐性の差、反応の早さの差などは往々にして実験値の有意差を超え、結論の導出を困難にする。温冷感のように、生理的・心理的因子が大きく影響するようなものでなく、前に挙げた生体組織の物性値のようなものにも個体差がある。測定の対象となったヒトの性別、年齢、人種などももちろん個体差を生み出す重要な変数であるが、これらの条件をそろえてもなお個人個人の顔が異なるように、ヒトに付随する多くの属性はきわめて個人的色彩が強い。このような対象物を相手として実験結果をどうまとめればいいのかは大きな問題である。

### 3. 生体に関する伝熱工学の将来

本特集号では、伝熱工学・熱工学の将来について執筆者の考えを表明することが求められている。そのような要求に対する筆者の意見を先に述べるとすれば、今後の伝熱研究が目指すべき方向は、(1) 微視的なメカニズムのより正確な把握、(2) 形態的・構造的に複雑な対象物における熱・物質移動問題の取り扱い手法の確立、(3) 非線

型系のような解析困難な対象への挑戦、(4) 自然科学における他分野との協調(言い換えれば境界領域への展開)、(5) 社会的要請への敏速な対応、などであろうと考える。

生体に関する伝熱研究は、上に挙げた5つの方向のすべてにほぼ合致しうる性格を持っている。すなわち、生体における熱・物質移動過程は、(1) 細胞レベルで生起するミクロな生理的現象が基本であり、(2) 細胞の集合体である生物全体(あるいはその一部の組織・器官)は、きわめて複雑な構成と形態を持っており、(3) 生体内での熱・物質移動を記述する方程式は単純な形ではありえず、(4) 研究の実施に当たっては伝熱工学以外の多くの情報(とくに生物学・医学・化学などの知識とそれらの分野の研究者の協力)が不可欠である。さらに、(5) 医工学に関連する研究課題は、切実な社会的要請を背景としている場合がきわめて多い。

このように考えると、生体に関する伝熱研究はもっと活発であってもよいはずであるが、現状は必ずしもそうではない。理由はいろいろ考えられようが、これまでしばしば挙げられてきたうちの一つは、生体に関する境界領域的研究では、どうしても生体側(つまり医学・生物学)の専門家がイニシアティブを握り、われわれはその手伝いをさせられる羽目に陥ってしまうというものである。確かにこの理由には真実が含まれていると思うが、決定的なものとは言えない気がする。

筆者の経験からの直観では、現在の伝熱工学の体系あるいは伝熱研究の方法論は、生体のような複雑な対象を扱うにはずいぶんと未熟であり、不完全な武器を以て生体に挑戦することの無理さ加減が、この魅力的な課題を敬遠する気持ちにつながっているように思える。別な言い方をすれば、従来の伝熱研究では、対象物の形態を幾何学的に単純化し、構成成分をできるだけ均質なものに置き換えることによってのみ、ある程度普遍性のある法則に到達することができた。そして、このような手法は学問体系の基礎を固めるのには不可欠であり、また工業装置の一部には適用可能であったかもしれないが、当然限界のつきまとうものである。生体に限らず、この世に存在するいろいろの事象や物体について、適用できる伝熱の相関式が一体どのくらいあるのかを考えてみると、もう十分に完成したように見える伝熱学の体系も意外

に中途半端なものであることがわかるであろう。

生体に関する伝熱研究でもう一つ重要なことは、(そしてこれは生体に限らず、境界領域に踏み込んでいく場合に常に言えることだが)、伝熱学へのこだわりを捨てて、相手方の学問体系について十分な理解を持つことではないかと思う。これは当然のことでありながら大変重要かつ困難なことである。今後の伝熱研究の発展は、人間社会の繁栄にわれわれがどれだけ寄与できるかにかかっていると筆者は考えるが、そのためには伝熱学を他の多くの学問・技術の分野に柔軟に対応しうるものに改質させていく努力が必要である。

前述のように生体に関する伝熱研究は、将来の方向としてきわめて魅力的な選択肢の一つであ

り、また重要度の高いものでありながら、現段階では大きな領域を形成するところまで行っていない。しかし、現在散発的ながらも進められているいくつかの研究テーマ、例えば人体内の温度分布の無侵襲計測、生体組織や器官にかかわる熱物性測定、生体組織や器官内での熱・物質移動過程の解明と人工臓器への応用、レーザー手術や凍結手術(cryosurgery)における伝熱現象の解明および画像化、生体組織の凍結保存、ヒトの体温調節機能と温冷感覚、等々は伝熱研究者にとっても格好の課題であり、社会的インパクトも大きいものである。これらを核にして、次世代の生体伝熱学が大きく発展していくことを望みたい。

## マイクロ伝熱研究の将来 Future of Micro Heat Transfer Research

松本 洋一郎 (東京大学)  
Yoichiro MATSUMOTO (University of Tokyo)

### 1. はじめに

「マイクロ伝熱研究」の定義はかなり任意性があり、曖昧であるが、ここでは、従来マクロな立場から、連続体としての質量、運動量、エネルギーの保存を論じてきた「伝熱研究」に対比して、微小な領域や非平衡性の強い領域での伝熱現象、光と物質との相互作用など本質的に古典力学を逸脱した領域の伝熱現象などを対象とする「マイクロ伝熱研究」について考えてみることにする。かなり、独断と偏見があることはお許し頂きたい。

マクロな立場では、輸送物性は実験等により経験的に得られるものであり、その輸送物性を用いて方程式系を閉じさせ、解析を試みてきた。多くの伝熱現象はその手法により基本的には解析可能ではあるが、乱流など熱流動現象の持つ非線形性に起因した諸々の問題、混相流などに見られる様々なスケールの現象が重畳して起きる多重性、複雑性の合理的な解釈と数理モデルの構築など、まだ未解決の問題が山積していると思われる。

しかしながら、最近の技術の発達に伴い、微小な領域での熱・流動現象が機器の性能や半導体製造プロセスなどに大きな影響を及ぼすようになって来ており、マイクロな領域や非平衡性の強い場、すなわち、特性距離が小さく、特性時間も短い場における伝熱現象や流動現象に対する理解が益々求められていることも確かであり、マイクロな立場からの研究が希求されている。

そのような流れではもはや流体をいわゆる連続体としての取り扱うことは出来ず、個々の分子・原子の運動を考慮した解析が必要となってきた。さらに光や電子の挙動が関係してくれば、量子力学的な効果をも考慮して解析する必要がある。流れを観察する空間・時間スケールを小さくしていくと、マクロに見た流体は平衡状態にあるとしても、マイクロに見れば流体分子は様々な速度を持

ち、周囲の分子とエネルギー交換を行っている。すなわち、対象物体のスケールが小さくなれば、熱流動現象の非一様性の影響が顕著になって来る。このような状態では、分子間の衝突過程や、気液界面、固体表面などにおける境界条件が熱流動現象に直接的な影響を及ぼすことが考えられる。例えば、気体分子の固体表面での挙動によって、ディスク表面とディスクヘッドとの間の流れ、ターボ分子ポンプ内の希薄気体流れは影響を受ける。また、半導体製造過程における成膜形状、成膜速度などは気体分子の固体表面への付着確率により大きな影響を受ける。さらに、気体が多原子分子である場合は、気体分子の内部自由度をも考慮する必要がある。これらの現象の解析には、個々の分子・原子挙動を考慮した解析が必要となる。また、連続体としての解析で用いる輸送物性などもそのような解析の中から、分子挙動の統計平均量として求められることになる。

### 2. ミクロスケール解析 (量子分子動力学法)

個々の分子・原子の挙動を考慮した解析手法の一つに分子動力学法がある。さらに、光子、電子の挙動を考慮する場合には、シュレディンガー方程式を解く量子力学的な解析が必要である。光と物質の相互作用、各種の反応、非平衡相変化過程で現れる分子クラスターのレーザー光による制御の解析、荷電粒子と電子の相互作用が問題となるプラズマ流れなどには、それらを組み合わせた量子分子動力学法を用いることになる。しかし、これらの計算手法はまだ確立されているとは言えず、現在精力的に開発されているところである。特に、熱流体現象で問題となるエネルギーレベルの低い領域では今後の発展が期待される。

古典的分子動力学法は、研究対象を原子や分子を表わすモデル粒子の集合体としてモデル化し、量子力学的な効果は全て、分子間力を記述するポ

テンシャルに含まれているとして、そのモデルにおける各粒子の運動や空間配置の特徴を解析する手法である。計算物理、計算化学の進展とともに、構造的物性、熱力学的物性、動力学的物性、輸送現象的物性、などの研究において成果を上げてきているとともに、注目されている。モデル分子の質量、分子間力などを変化させ、実験では実現不可能な系についても解析可能であり、各パラメタの影響を独立に調べることも出来、現象の本質を抽出して理解するには有利な方法である。さらに、分子レベルの挙動を可視化して観察することが出来、ミクロな現象の理解に大いに役に立つ。また、分子のポテンシャルを合理的に決めれば、常に分子同士が力を及ぼし合っている液体など凝縮系における衝撃波のような強い非平衡現象における微細構造、気液界面における分子構造、固体表面における液体や気体の分子挙動などの研究には有力なツールであり、多くの成果が期待される。

### 3. メソスケールモデルの構築

熱流動現象を解析するにあたってミクロな領域からマクロな領域まで全てを量子分子動力学法または分子動力学法によって解くことは、現在の、または近い将来開発されるであろう、大容量、高速の計算機を以てしても、記憶容量、計算速度の点で難しく、マクロな領域は直接シミュレーションモンテカルロ (DSMC) 法等で解くことになるであろう。このような場合、気体分子と表面・界面との相互作用、多原子分子の衝突、電子と中性粒子、荷電粒子との衝突、光・物質相互作用など、メソスケールのモデルを使わざるを得ない。これらのメソスケールのモデルが量子分子動力学法、分子動力学法を用いて合理的に構築されておれば、DSMC法は非平衡性の強い流れにおいても強力な解析手段となるであろう。言い換えれば、メソスケールモデルが正しい加減であれば、解析された結果も正しい加減となる。

多原子分子気体中の強い衝撃波や、真空中への自由噴流など、非平衡流れにおける気体分子の内部自由度の緩和現象は、合理的なメソスケールモデルが必要な例である。先験的に局所平衡を仮定したメソスケールモデルでは、非平衡性の強い緩和現象を表し得ないが、個々の気体分子の衝突過程に基づいたメソスケールモデルを用いれば、そ

のような非平衡過程でも十分な精度で解析可能となる。また、分子の速度分布も非平衡性が強い場合は、平衡分布から有意にずれることが計算される。さらに、分子の並進、回転エネルギーは連続的と見なして良いが、振動エネルギーは連続的ではなく、量子力学に基づいた解析をする必要がある。そのような場合でも、量子分子動力学法により解析を行えば、適切なメソスケールのモデル構築が可能となるであろう。電子と分子、イオンと衝突についても同様である。さらに、表面、界面における気体分子に対する境界条件も適切なメソスケールモデルが必要な問題の一つである。気体分子の振動エネルギーや金属表面における自由電子などを考慮すると量子力学的な効果を加味してメソスケールモデルを構築する必要がある。

### 4. ミクロ伝熱研究における実験手法

以上、ミクロスケール、または非平衡性の強い伝熱現象に対する数値解析による研究について述べたが、それにも増して重要なのは、実験による詳細な解析である。数値解析が細くなればなるほど、緻密な実験が要求される。ここで問題としている分子の内部自由度やクラスターの計測など、局所非平衡性の強い場における計測において期待される手法として、レーザー分光があげられる。これらの計測においては、極めて高い空間分解能、時間分解能が要求される。また、現象を極限化するには、不必要な外乱を避けるため、高真空下で実験を行う必要もある。さらに、現在、ナノスケールにおけるハンドリング技術が精力的に開発されており、それらの技術との融合が重要な課題となるであろう。

### 5. おわりに

ここで述べてきたように、ミクロ伝熱工学の研究においても考慮すべき現象のスケールには、様々な大きさがあり、現象によっては各スケール間を合理的に繋いで解析する必要がある。また、単にミクロなスケールの現象を追いかけるだけでは「伝熱工学研究」とは言えない。今後益々、熱・流体機械の設計に資するよう、視点を広く持った研究態度が要求されるように思われる。

この一文が将来の伝熱研究の発展に少しでも役に立てば望外の幸せである。



## 化学反応を伴う伝熱研究の将来

*Promising Aspects in Chemical Reactive Heat Transfer*

岡崎 健 (東京工業大学炭素循環素材研究センター)  
Ken OKAZAKI (Research Center for Carbon Recycling and  
Utilization, Tokyo Institute of Technology)

伝熱工学あるいは伝熱学の本を開いてみると、熱伝導、対流伝熱、ふく射伝熱、および相変化を伴う伝熱(沸騰、凝縮)の物理的現象が基本であり、化学反応を伴う伝熱などという項目は普通はない。伝熱シンポジウムでの項目分類も、オーガナイズドセッションは別として、長年、大略これに基づいている。それでは、化学反応を伴う伝熱とはどのような場あるいは現象を対象としているのか。まず誰もが考えるのは燃焼であろう。燃焼とは、多量の発熱を伴う発熱反応で、反応によって発生する熱エネルギーや活性化学種(ラジカル)によって自発的に反応が継続されるものと定義されている。すなわち、流れ場、温度場、濃度場が複雑にカプリングした伝熱と化学反応が共存した典型的な例と言えよう。例えば、NO<sub>x</sub>の生成・消滅挙動は火炎内での局所の温度、当量比に支配され、素反応を含めた詳細な解析がなされており、これが低NO<sub>x</sub>・高効率燃焼技術の進歩に大きく貢献してきた。また、燃焼を単なる熱発生的手段としてだけでなく、主として還元炭を高度な反応場とし応用する研究も盛んに行われている。このような燃焼場における伝熱研究は、火炎構造や汚染物質生成機構の解明、物質合成の制御、工業的には被加熱物や炉壁への伝熱量分布の把握などにおいて、確かに重要な役割を果たしてきたし今後もそれは変わらないであろう。しかしながら、これらの研究のかなりの部分がすでに成熟していること、また、これらの研究は伝熱ではなく主として燃焼の分野で精力的に研究が進められていることから、化学反応を伴う伝熱の将来を考えようとするときの適切なテーマとは思えない。

それでは、例えばCVD(化学気相成長法)による薄膜製造プロセスの制御のようなテーマはどうであろうか。一例としてシリコン薄膜を考えてみよう。シリコン薄膜は結晶学的に見て、自由エネルギーの低い順に、単結晶、多結晶、アモルファス、に分類される。この場合、結晶構造を決定する最も重要な因子は温度である。基板温度が十分高い

(1000℃以上)場合には単結晶、700℃程度だと多結晶、400℃以下になるとアモルファスとなる。したがって、この場合、基板温度の大面积均一化制御が重要な鍵となる。また、ドライエッチングでは、サイドエッチング防止のためにシリコン基板温度の低温均一化制御がICの高度集積化の上で極めて重要となる。しかしながら、これら両者の場合、基板温度制御(伝熱場)は基本的には化学反応場とカプリングしておらず、従来の伝熱学で十分取り扱える範疇にはいる。すなわち、化学反応を伴う伝熱とはならない。一方、上記のアモルファスシリコン薄膜製造の場合、熱エネルギーのみの利用を考える限り、温度が低いため反応速度自体が遅くなりすぎて実用性がない。300℃程度のガス温度でも高濃度のラジカルを高速生成させる方法として非平衡プラズマCVDが用いられ、太陽電池製造において実用化されている。ここでは、電子温度(定義できるとすれば)のみが数万度となり、高エネルギー電子の衝突により親ガスのSiH<sub>4</sub>を高効率で解離させている。

このような非平衡ラジカル化学反応の制御は、伝熱という言葉を超えて一般化したエネルギー授受にまで拡大解釈させてもらえば、化学反応を伴う伝熱の将来の魅力ある研究テーマの1つと考えることができよう。なぜなら、一般の伝熱で扱う熱エネルギーのレベルは数百度(10<sup>-2</sup>eV)程度、燃焼も含めた熱化学反応でも数百~数千度(10<sup>-2</sup>~10<sup>-1</sup>eV)程度であるのに対し、非平衡プラズマの電子エネルギーは数万度(1~10eV)にも達し、従来の熱化学反応ではたとえ触媒を用いても起こせないような、新しい反応パス創成の可能性があるのである。触媒は、自由エネルギーから見て起こし得るいくつかの反応の反応選択性を変化させたり反応速度を高めることはできるが、平衡をずらすものではない。すなわち、ある温度、圧力条件下で、自由エネルギー変化ΔGが大きく正であるような単一反応を実現するための触媒の探索などは、当然のことながら全く無意味なのである。

それでは、 $\Delta G > 0$  となる反応を起こすことはできないのか。大きく分けて、①, ②の2つの方法がある。①熱化学反応では、温度や圧力を変化させて  $\Delta G \leq 0$  にするか、あるいは、単一反応では  $\Delta G > 0$  でも全体としては  $\Delta G \leq 0$  となるように別の熱化学反応とカップリングさせることにより原理的には可能である。前者の例として、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 3\text{H}_2$  ( $\Delta G^\circ = 8.25 \text{ kJ/mol}$ ) の反応では、 $100^\circ\text{C}$  程度で  $\Delta G = 0$  となり反応が進行するが、水の分解による水素製造  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$  ( $\Delta G^\circ = 237 \text{ kJ/mol}$ ) では、 $4000^\circ\text{C}$  以上の高温が必要となり実際上実現できない。後者の例としては、やはり水の分解による水素製造で、より低温 ( $800^\circ\text{C}$  程度以下) で  $\Delta G \leq 0$  となる他の熱化学反応を、条件を変えて  $n$  段階組み合わせることで水を水素と酸素に分解することに成功している。途中段階での膜分離性能の向上や耐食性材料の開発が課題である。生体化学反応も、単一では  $\Delta G > 0$  なる反応を別の  $\Delta G$  が大きく負となる反応とカップリングして実現している。一方、②熱化学反応ではなく、電気エネルギー、光エネルギー、粒子 (電子) の運動エネルギーなどを直接加えることで、単一反応では  $\Delta G > 0$  でもプロセス全体として  $\Delta G < 0$  となれば反応を進行させることができる。電気エネルギーによる水の電気分解がそのいい例であるが、 $\Delta G/zF = 1.2\text{V}$  ( $z$ : 移動電子数、 $F$ : ファラデー定数) 以上の電位差がなければ反応は進行しない。すなわち、反応進行のための電位にしきい値がある。また、先のプラズマ化学反応では、非平衡高エネルギー電子の運動エネルギーを利用している。この場合も、解離や電離を起こせるエネルギーにしきい値が存在する。

さて、①の場合においても温度制御が非常に重要な因子となるが、伝熱という立場から見れば反応とは分離されており、従来の伝熱学で取り扱える問題である。先述のくり返しになるが、化学反応を伴う伝熱において、まだまだブレイクスルーの起きそうな夢のある魅力的な研究テーマは、②の方法の実現とその高効率化の中にあるような気がする。特に、非平衡ラジカル化学反応に属するプラズマ化学反応や光化学反応の高度化 (反応選択性や効率の向上) においては、マクロな反応制御のみならず、量子論的なミクロな素過程の制御が、広義の伝熱学の分野と密接な関連を持って来る。ただし、このような研究を実行するためには伝熱学・熱工学だけではなく、化学、化学工学、電気化学、プラズマ工学、

電気・電子工学、光化学などの他分野との有機的な連携が不可欠となる。この壁を越えるためには、なかなか困難も多いが、それこそ大きなしきい値を上回るエネルギーを持ち続けなくてはならない。

このような立場からの最近の研究例として、プラズマ化学反応によるメタンからメタノールの直接合成について紹介する。化石燃料はこれを直接燃焼させるのではなく、一旦、水素に改質してから燃焼させることにより、燃焼に伴うエクセルギー損失を大幅に低減できる可能性がある。特にメタノールを水素に改質する場合には、先に述べたように原理的には  $100^\circ\text{C}$  程度の低温熱源を利用できエクセルギー再生産も可能となる。したがって、メタンからメタノールへの直接合成を高効率に実現することが可能となれば、エネルギー高度有効利用への寄与はきわめて大きい。この観点から、エネルギー消費の少ない高効率な物質変換の手法として、非平衡低温プラズマによるメタンからメタノールの直接合成の実現とその高効率化に取り組んでいる。方形波パルス無声放電を適用し、メタン/酸素からメタノールの直接合成を行った実験では、ワンパスで高い選択率 (32%) と収率 (2.4%) が達成された。この反応は部分酸化で  $\Delta G < 0$  なので、触媒によっても起こすことができる。一方、高電圧極短パルスプラズマによるメタン/水からのメタノール直接合成では、 $\Delta G > 0$  なので熱化学反応や触媒反応では起こせない反応が実際に実現し、平衡濃度より10桁も高い濃度 (1%) のメタノールが生成した。これが電子衝突による非平衡高濃度の  $\text{CH}_3$  ラジカルの生成に起因していることが推察される。このような非平衡プラズマ化学反応の素過程を解明し、能動的反応制御につなげていくための研究が続いている。

本稿では、自分の興味に偏った内容になってしまったが、化学反応を伴う伝熱に関連する夢のある研究分野としては、非平衡プラズマ (ラジカル) 化学反応のほかに、生体化学反応、ケミカルヒートポンプ、また、地球環境保全に関連して  $\text{CO}_2$  クラスレート/ハイドレート熱物質移動現象などが挙げられよう。いずれにしても、化学反応を伴うプロセスにおける"伝熱"は、これまでどちらかというところの下力持ち的な役割が多かったが、"伝熱"が表舞台で活躍できるようになるためには、通常の熱エネルギーレベル ( $\sim 10^{-2} \text{ eV}$ ) では起こせない化学反応を応用した新しい分野への果敢な挑戦と展開が必要であると思われる。

数値解析伝熱研究の将来

Future Research Fields in Numerical Heat Transfer

河村 洋 (東京理科大学)

Hiroshi KAWAMURA (Science University of Tokyo)

一般に、自然界や工業機器で我々が遭遇する現象は大変複雑である。しかしこれらは実はいくつかの簡単な原理の組合せによるものであるというのが、近代の我々の基本的な考え方である。我々が携わる伝熱研究も例外ではない。たとえば対流伝熱を例にとると、一見複雑に見えるこの現象も、物質、運動量及びエネルギーの保存式、及び物質の状態式によって支配されていることを知っている。しかしながら、これらの基礎原理から逆に複雑な現象を再現することは、実は近年までできなかつた。最近になって、スーパーコンピュータの発達によってはじめて、これらの複雑な現象をコンピュータ上に再現することが可能になり始めた。

この約十年間における伝熱数値解析の変遷は、大略以下のように特徴づけられる。

- (1) 二次元計算から三次元計算へ
- (2) 定常計算から非定常計算へ
- (3) モデルからより基礎的な方程式へ
- (4) 平均的な取扱いから統計的取扱いへ
- (5) 均質化した取扱いから非均質な取扱いへ

これらの典型的な例としては、乱流のDNS（直接数値解析）、輻射伝熱におけるモンテカルロシミュレーション、原子・分子伝熱解析などが挙げられる。

乱流の直接数値シミュレーション（DNS）は、このようなコンピュータの発展の恩恵を受けた典型的な分野の一つである。最初の乱流のDNSは、すでに1972年にOrszag [1] によって一様乱流について行われた。メッシュ数（フーリエモード数）は $32^3$ で、これは現在ならWSや大型のPCで実施できる規模である。

伝熱により関係の深い壁乱流についても、現在では多くのDNSが行われるようになってきた。固体壁に接する乱流については、平行平板間乱流に対して、Kimら [2] が1987年にDNSの結果を発表

した。彼らの計算のレイノルズ数は、平均流速と等価直径に基づくレイノルズ数で5,600とかなり低いが、対数速度領域も存在し、壁乱流としての特性を十分そなえた流れが、コンピュータ上に再現された。

平行平板間乱流熱伝達（パッシブ・スカラー輸送）についてもKim-Moin [3], Kasagiら [4,5], 近藤-河村 [6] 等によってDNSが行われ、温度変動や乱流熱流束の分布、それらの輸送方程式の収支、乱流プラントル数の分布等が詳しく得られている。現在まで行われている平行平板間乱流のDNSはレイノルズ数で約20,000以下、プラントル数では0.025~2の範囲に限られている。これらより大きなレイノルズ数やプラントル数の乱流熱伝達を計算しようとする、より大規模な計算が必要となる。そこで、レイノルズ数とプラントル数に対して必要なメッシュ数を推定したのが図1である。現在までに行われたDNSを有意に上まわる計算を行うには、約10GBのメモリーが必要であると推定される。

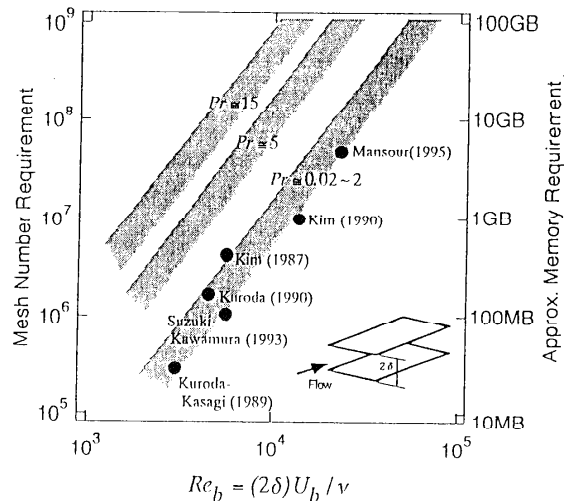


図1 平行平板間乱流熱伝達のDNSに必要なメモリー量の見積り

これらは、流れ方向に十分発達した流れであったが、発達途上の流れの計算は、さらに大規模な計算規模を必要とする。たとえば、Leら [7] のバックステップ流れのDNSでは、安定した時間平均を得るために、Cray-YMPで約2,000時間を要したといわれている。

以上は、筆者が関与している乱流伝熱に関する現状であるが、これ以外にも、たとえば、ふく射伝熱におけるモンテカルロ計算や、分子動力学に基づく伝熱解析も、計算量の規模化によって、ますます発展が期待される分野である。

一般に、伝熱現象（のみならず、自然現象）を数值的に計算する場合には、計算能力及ぶ限りは基礎的な方程式を解き、及ばない部分は何らかのモデル化によって補うというアプローチがとられる。実用計算は、後者にあたる。このように考えると、本稿のテーマである今後の数値計算伝熱研究の将来も、  
 (A) 実験と置きかえ得るか、あるいはより詳しい結果を与える数値シミュレーション  
 (B) より現実的な対象の計算を可能にするための現象の理解とモデル化  
 と方向づけることができよう。このほか、  
 (C) 実験では実現がむずかしい現象（境界条件）の数値シミュレーション  
 も重要な、課題である。

他方、衆知のように、計算機の進歩は著しい。図2には、最近の代表的な各種計算機の性能を示す。現在世界で最大の計算機は本稿の執筆時には航技研のNWTであるが、本誌の発刊時には東大センターのSRになっているはずである。一般に大型の計算機の場合、我々が通常使用できるのはピーク性能の10分の1以下であるから、ワークステーションや

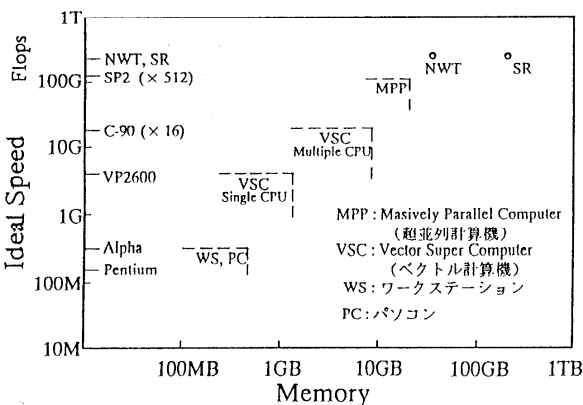


図2 最近の各種計算機の性能

パソコンの能力は、単一CPUのスーパーコンピュータに比べると、すでに十分対抗できる程度になった。また、これらの計算機をつなぐネットワークも整備されつつあり、地理的には遠く離れたコンピュータやデータを利用することも容易になった。

このように、大きな計算がより容易（かつ安価）に行える傾向は、幸い今後も続くと思われる。したがって、上記のAが可能な範囲は、今後ますます増大し、その結果が、Bのモデルに対して貴重な情報と検証対象を与えるものと予想される。このようななかで、数値解析伝熱研究にとって最も重要なことは、どのような現象を設定して意味のあるA（またはC）のシミュレーションを行うかということ、そしてその結果から、どのように現象の本質を抽出してモデル化し(B)、実用計算に結びつけていくかという点にあるといえる。

近い将来、単なるスベックとしてではなく、現実的にテラフロップスの計算機も登場することになる。このような計算機を用いることにより、より現実的な伝熱現象、たとえば

- 複雑形状物体まわりの対流熱伝達
- 物性値変化を伴う対流熱伝達
- 燃焼・化学変化を伴う流れと熱伝達
- 溶融・凝固を伴う現象
- 固気・固液二相流
- 相変化を伴う気液二相流
- 原子・分子レベルの伝熱現象

等の解析が、今後ますます広範に行われるようになるものと期待される。現在まで行われてきたのは極く一部であって、実用的にも研究的にも極めて重要な分野が、未だ数多く残されているといえる。

参考文献

[1] Orszag, S. A. and Patterson, G. S., (1972), Phys. Rev. Lett., 28, pp.76-79.  
 [2] Kim, J., Moin, P. and Moser, R., (1987), J. Fluid Mech., Vol.177, pp.133-166.  
 [3] Kim, J. and Moin, P., (1989), Turbulent Shear Flow 6, Springer, pp.85-96.  
 [4] Kasagi, N., et.al., (1992), J. Heat Transfer, Vol.114, pp.598-606.  
 [5] Kasagi, N. and Ohtsubo, Y., (1992), Turbulent Shear Flow 8, Springer, pp.97-119.  
 [6] 近藤, 河村, (1994) 数値流体力学シンポジウム, pp.273-276.  
 [7] Le, H., et al., (1993), 9th Sym. on Turbulent Shear Flows, Kyoto, pp.13-2-1 - 13-2-6.

## 機器伝熱の将来

## Future Aspects for the Heat Transfer Study of Equipment

石塚 勝 (東芝・研究開発センター)  
Masaru ISHIZUKA (Toshiba Research & Development  
Center)

## 1. はじめに

一般に機器というと千差万別だが、伝熱でいえば、軽電を含めた電子機器と重電機器に人別できる。しかし、発生する熱に変わりはなく、特に取り扱いに差もないため、ここでは電子機器から現状と将来研究について述べ、後に重電機器についても言及することにする。そして、これから伝熱技術者の出番が多くなると思われる製造プロセスと分子動力学についても触れる。

## 2. 電子機器研究の現状

パソコンに代表されるように、電子機器では高速化、小型化の波が続いており、それに伴いプロセッサからの発熱量が増大し、機器の熱対策は実に厳しいものとなっている。その理由は、熱対策に大きな制限を課せられているからである。高速化、小型化の他に、低価格化さらには低騒音対策も課せられている。つまり、音のする冷却ファンも使用出来ない状況である。せいぜい自然空冷という極めて冷却能力の低いツール？を使って、プロセッサを冷却する必要性にせまられている。

それに加えて、製品サイクルが早くなっている。したがって、いま熱技術者に求められているのは、自然空冷のように低価格化で冷却能力を最大限に引き出す技術と早めに製品の熱性能を予測して、設計期間を短縮する技術である。前者は冷却方式によって自ずから決定される要素も大きいので、重要度では現在後者の比重が増している。そして、これは予測精度との関連もあり、将来も当分続く動きである。現在は、パソコンかWSレベルでも解析できる手法が開発されている<sup>(1),(2)</sup>。しかし、計算精度の向上を考えると、単に解析手法の改善だけでは、対応仕切れない局面にたたされている。

## 3. 電子機器研究の将来

## 3.1 小規模解析技術の開発

現場の技術者が直接、解析ソフトを扱えることがますます求められる。その際、自分の机の上で扱えるのが基本であり、3次元CADシステムとの統合も避けては通れない課題である。そのため、すべてのシステムが同じ机の上で扱えることが必須であり、そのための小規模の解析技術が期待される。したがって、スーパーコンを使っての力任せの解析技術は、こと電子機器の設計現場からは、葬りされることになるだろう。そして、簡易な解析技術でありながら、実測値との比較において、精度は要求されるので、熱現象を的確にとらえた解析技術が求められる。

## 3.2 データの蓄積の必要性

解析技術の向上のために、流体抵抗値や物性値等のデータの蓄積が重要になっている<sup>(3)</sup>。合金や構造物のマクロな特性としての物性値データは一般に流通していないものの、その数値が解析結果に与える影響が大きいのが現状である。特に、長年の課題であるが、接触熱抵抗が演繹的に使えるほど整理されていないために、解析技術の結果そのものの意味をなくしてしまう恐れがある。この方面の研究では、実験式を出すだけでもかなりの価値がでてる。

## 3.3 放熱技術の限界追求

いま、放熱の問題は熱源と空気との間の熱抵抗をいかに小さくできるかという一点に集約される。上述した、接触熱抵抗などは代表例である。熱伝達率向上の有効な方策として伝熱面の微細化のためピンフィンの開発がなされ<sup>(4)</sup>、電子機器への応用も考えられているが、これらは、マイクロ伝熱の領域にかかわる。この領域は現象そのものも興味深いが、実験的アプローチに研究課題が多く残っている。実験が難しく、新しい計測技術の確立なくして進展もない。例えば温度計測にしても熱電対では測定不可能である。是非発展を期待したい。

## 3.4 他分野との連携

製品性能を予測するといっても、それは使う材料

の熱的・電氣的物性や機器の製造工程がわからないと難しい。そのため、それら他分野技術者との協力関係が求められている。つまり、熱技術者のみで熱問題の解決はできない段階に入りつつある。これは、極論すると、熱技術者が熱はもとより、材料、製造、電気回路にも精通することが求められるといっても言い過ぎではないであろう。

#### 4. 重電機器研究の現状

重電機器においても、最も問題になっている点はやはり、設計開発コストの低減である。これは、電子機器のように製品サイクルは早くはないが、逆に電子機器のように、量産することがないため、設計開発のコストが直接製品の値段へ反映されることになるからである。設計開発コストには、設計開発期間に比例した人件費、実験装置製作費などが含まれるが、これらは元の額が大きいため、これらを低減するための対策は極めて重要となっている。そのため、設計に数値解析を用いることが電子機器以上に求められている。最近でも、大容量変圧器の冷却設計の設計開発に大規模熱流体数値解析を取り込み、大幅なコストダウンを実現した例も報告されている<sup>(5)</sup>。この場合、乱流で流れの剥離を伴う流れを取り扱っているが、流れそのものは比較的単純な部類に属しており、今後はさらに、複雑な現象を扱うことが必要となっている。

#### 5. 重電機器研究の将来

具体的には、コンバインドサイクル関連機器の開発だけでも、複雑な乱流現象、圧縮性流体、燃焼現象などを伴う熱流体解析技術が必要とされている。そのために、乱流モデル、化学反応モデルの実用化がもとめられる。ただし、これには、現象の把握あつてのモデル化であり実用化であつて、決して計算手法のみの発達ではないことは言うまでもない。さらに、解析手法において、境界移動を伴う熱流体解析の手法も発展が望まれる。いずれにしても、実用化のための流熱解析技術の発達が大きい期待されている。

#### 6. 製造プロセス分野

製造プロセスの分野でも、伝熱現象、物性値共にほとんど分かっていないのが、現状で今のところ製造(装置)に関わっているエンジニアは実機試験による最終製造物の特性で判断する手法に偏っている傾向がある。そのため、学問的アプローチが必要になる。

#### 7. 分子動力学

分子動力学がプロセス関係では今後必要になりそうだが、自由電子の扱いと、分子原子の見える微細な構造と $\mu\text{m}$ 単位のやや粗い構造との計算上の接続が工業的に有用な結果を得るためには必要と考えている。また、このような学術的取り組みをどのように実用的な研究開発に取り込んでゆくかは企業の責任でもあろう。

#### 8. おわりに

機器伝熱分野での将来伝熱技術について、現状技術とあわせて紹介した。電子、重電機器ともに設計短縮技術として熱解析技術が重要となり、今後ますます需要が高まる。ただし、それらの発展は解析技術単独ではありえず、機器性能の向上あつて意味あるものである。高熱伝導率材料の開発とか極細ピンフィン加工技術などのように材料や生産・製造技術などの他分野技術の取り込み、あるいは協調による発展を考えていかなければならない。

#### 参考文献

- (1) 石塚, 機械の研究, 44巻, 11号, (1992), p.1154.
- (2) 久野, ほか, 第31回日本伝熱シンポジウム講演論文集, (1994), p.247.
- (3) 石塚, 日本機械学会論文集, (B編) 52巻484号 (1986), p.3954.
- (4) 水上, ほか, 日本機械学会論文集, (B編) 60巻575号 (1994), p.2485.
- (5) 川野, ほか, 日本機械学会講演論文集, No.940-56, (1993), p.197.

## 計測研究の将来

*Apprehension and Study of Tomorrow  
on Heat Transfer Measurements and Modeling*

前田 昌信 (慶應義塾大学)

Masanobu MAEDA (Keio University)

伝熱研究の危機と喧伝される。確かに既に国際伝熱シンポジウム等では収縮が始まっているようにも見える。日本ではいまだに数の上で、膨張をしてみまことに喜ばしい状況に見えるが、燃焼が終わって膨張行程に入っているエンジンのように現実の世界、応用面に出力を見せてはいるが、一方、内部エネルギーと云うか基礎部門では熱が冷め始めているのではないだろうか。まず排気をした後、新気を吸込んで圧縮、燃焼に持って行けるかどうかだろう。または、別のモデルとして何等かの燃料を打ち込んだ荒療治的なブースターに点火する事をしないと加速はしないように思える。

さて、「過去の乱流、燃焼の研究に於いて停滞の壁を打ち抜いたのは計測技術であった」と、そして伝熱の分野でどうするかとの問い掛けに対して、計測技術への期待が寄せられる事になる。しかし、子供が玩具屋で物を特定せずに「なにか欲しい！」とだだをこねて居るのと同じではないから、知りたい「何か」を持って論議を盛り上げない限り場はしらじらとする。乱流の進展を見た場合は、時空間分解能が要求されて熱線流速計の全盛を見、燃焼の場合は熱間で濃度場の変化を伴う場の速度計測の要求がレーザー計測の発展をうながした。何のために、これがあれば、と云う歌い挙げがあれば圧縮行程から燃焼に繋がるという事になるのだろう。しかし、それもある程度、事が判ってしまうと、または、与えられた計器で測定可能な事を調べてしまうと情熱の火が消えかかる。それは、自然の成り行きなのだろうか。寒い時には焚き火をすると人が集る。(もっとも、都会ではゴミも燃せないが...)。従って、我々に課せられた使命は... (少し大げさで、なんとか大作戦的発想)... 何ができるかではなく、何が知りたいか、何をしたいかを認識することであろう。それは百も承知と云われるが、自己の反省の念をこめて「取敢えずできる事で論文を書こう」方式の発想では夢がかけない。それでは「何をやるのか云え」と聞き直られてもそう簡単ではない。

夢なんて云うものははっきり見たというものでも殆どは目が覚めてから脚色を加えて纏めた話をする事が多い。シューベルト先生よろしく夜中に目がさめてアイデアをその辺の紙に書き留めて安心して寝る。翌朝、何か考えたなと思って紙を探して見つからない時の悔しさは他と較べようが無い。然し、見つかってみると実に論理になってない変な事が殆どである。夢とはそんなもの。では、夢を見る事は意味が無いのだろうか？

面白い事に、幸せな時には熟睡してあまり夢は見ない。個体の悲観、楽観傾向にも左右されるが、苦しい時に普段、潜在的に思っている現状よりの離脱への気持ちが夢となって現れる。アンデルセン創るところのマッチ売の少女が商売用のマッチをすって暖を取ろうとして夢を見る等の例がこれだろうか。

伝熱研究も壁状の物にぶつかりつつあると人は云う。このような困難の極みにかえて何とかしようと言う気持ちから新しいものが出る機運がくると期待しよう。夢には希望という幾分、論理性のないジャンプがある。経験のない情景ははっきりしない。キスの経験の無い時の夢は儂いもので肝心の時はせいぜい映画の俳優同志が演じているのを見るようなもので大抵その辺で目がさめる仕組になっている。しかし、夢、いや、妄想(?) かもしれないが頭の中で何か達成した、または、できるかも知れないという火種ができてくる。人間はフルパワーを出すとすぐへばって、しばらく回復するまで動けなくなるのだそうで、理性がパワーの全開を30%程度に抑えるようになっていくと云う。剣道の烈迫の気合いは自己の抑制的制御を一瞬はずすことにより意識的に100%に近い力を出させるのだと解説されている。言葉が悪いが、火事場の何とか力というのもそうかもしれない。要は何かしなければいけない時には夢を見、いい意味でとてつもなく力が出るものである。

一時代前、思考の訓練が流行った時があった。非現実であっても極端を考えるそしてアイデアを皆で

乗せるが、ルールとして他のアイデアをけなしてはいけない。たとえば、「伝熱の世界でマクロ的な熱伝達係数を使わないで論議をせよ」と言うのはどうだろう。当分現場に居られる方々は不便で大変だと思う。まあ、尺貫法の改廃程度に受け止めてイマジナルな世界でも遊んでみると、現在汕っているようにも見えるミクロの世界とのドッキングが意外に早く見えてくるのではないだろうか。

計測の世界、筆者はなにを間違ったか計測屋の称号(屋号?)をもらっているらしく、なかなかメカニズムについての論議をしても「道具を持っている人はいいですね」とやんわり返されておしまい、と言うケースに直面する。言葉の響きとすれば、市販の汎用になっているものでどうかという話なら自分も出来るから話に乗らましようとも聞こえるのは考えすぎだろうか。この号に与えられた「御題」は「研究の将来」であるが、どうも将来どうなるか判っていればそうリスクなことはしなくてもいいだろうが、道のない処を歩くにはそれなりの武装をととえなくてはならない。いや、歩きながらあれが要るこれが要る、あれは役に立たないといって場面に応じて後からくる人が歩ける道を造るような仕事なのかも知れない。

さて、このような経過から切込み隊の興味はミクロに移っているようである。理論家が分子動力学の手法で、流体の世界でDNSが取りざたされるように、現象の直接解決をしようとする。今は何処へ行くか判らないが、夢を見てもいいだろう。計測もこれまでの歩みの延長ではミクロなことが判りたいという希望に満ち溢れている。現実ばなれかもしれないが、時間を決めるのに現在光が使われている。光の周波数は $10^{14}$  Hzオーダーであるが既に下3~4桁の揺らぎが問題になるほど安定化が進んでいる。LDVなどでは頭の4桁位が充分な精度とすれば、値段と手間暇を考えなければ将来導入する技術はころがっている(ただ、まだそれだけのニーズは無い)。

目先の現実に近い話として、どうしても分解能の高い空間温度計測がしたい。勿論、時間分解能も高

くないと面白くない。伝熱の計測は従来より壁面側の温度より表面温度を推定し、遠く離れた処の温度との差を物さしに用いている。マクロな平均流を取り扱うならいざ知らず、細かい乱流構造を局所的に云々するに至って、未だ、マクロ的指標に直接結びつけるのは一瞬ためらいを持つ。伝導とその間に簡単に計測で得られる指標があればケーススタディに終始せず、マクロの世界をもう少し統一の取れた論議で飾る事が出来ないだろうか。現にラフではあるが、空間の温度分布と速度場の同時計測が発達してきて、空間の熱流速が見えるようにもなってきた。渦が時時刻々形を変え、空間を動きまわるのが判るようになり、数値予測をしている方々との会話ははずむようになってきている。二相流を取り扱う分野の研究者も近年体質を変えてきた。勿論、帰結するところは応用のマクロの世界である事は云うまでも無い。しかし、単相の流体力学分野での乱流がかなり深く論議されるに至り、粒子の乱流中の運動の計測法の確立と数値モデルが論ぜられるようになり、いま花が咲こうとしている(希望的観測)。細かい事を論ずれば粒子のために乱流構造が変化するので計算ではTwo-wayカップリングをしなければならなくなる。さらに、粒子は球として取り扱って現状は仕方ないとされているが、いかな液滴の噴霧流でも剪断で歪んだり、分離合体で不規則な形をする。顔料を含む塗料などは表面がつるつるの球とは云えない物も多い。非球形の粒子の流体中の運動は球のそれとは大いにことなる。気泡を考えると界面が滑り流になる。単一粒子の後流を定量的に観察するとかなり様相が異なるようだ。それが多体になり流れるときはどうなるか興味は尽きない。実用面では流れのバタンと圧損でのケーススタディで済ませられていた。しかし、次第に、ミクロとのドッキングが夢の範疇に入ってきたように思う。伝熱問題にして然り、知りたい欲求が何かを引出すと信じる。目先出来る事を考えるのではなく、出来そうにもないが、こんなのどうかという放談(少し酒が必要か?)会が将来を開くと言っては言い過ぎだろうか。



伝熱研究の将来  
*Heat Transfer Research in Future*

土方 邦夫 (東京工業大学)  
*Kunio HIJIKATA (Tokyo Institute of Technology)*

良い研究とはなにか (価値観の変革)

日本伝熱学会の名簿によれば、私が伝熱研究会に入会したのは1967年、大学院修士課程2年に在学中の時である。それ以前の入会者で現在も会員である人は170人程度だから、伝熱の研究者として見れば、第2世代と言えるだろう。自分の研究スタイルをみれば、第1世代に属する恩師の森康夫先生のやり方と少しも変わっていない。学問の世界で第1世代の研究者の研究に関するコメントや発言がそれなりの重みを持ち、第2世代目の研究者も同じ内容の研究をおこなっているとすれば、それはすでにその学問の研究が飽和しており、研究の結果得られる成果も魅力的でないことを意味している。

このような状況を打破するには、従来の価値観を否定し、新しい別の価値観を確立する以外にない。すなわち、従来良い研究と考えられている「物理現象を観察し、定式化し、基礎方程式を解いてこれを説明する」という研究スタイルが、決して良い研究には直結しないという認識をもつ必要がある。「どんな法則に支配されているか分からないが、やってみたらこうなった。」とか、「現象は少しも新しくないが、こういう組み合わせで実験したらこうなった。」というような、従来評価されていなかった研究スタイルの研究を良い研究と認めて、研究方法のバリエーションを増やし、従来の伝熱研究の枠組みからは出てこない研究を発掘する必要がある。その意味から、伝熱研究会がそのまま日本伝熱学会になってしまったのは、研究の枠組みを、従来の伝熱研究に対する価値観の中に固定化してしまい、新しい展開を妨げているように思われ、別の名称が無かったのかと私個人としては残念に思っている。

このような閉塞的な状況化でどの様に伝熱の将来イメージを描けば良いのだろうか。従来の価値観にとらわれず、研究スタイル、評価基準を変えてもよいという立場からすれば、

1. 伝熱に関する基本的な洞察をもとに、種々の輸

送現象を組み合わせ、新しいシステムを構築する伝熱複合化研究、または伝熱システム化研究

2. 輸送現象には関連するが伝熱とは思えない研究、温度、圧力、化学エネルギー以外を駆動力とする輸送現象 (駆動力として例えば、好き嫌い、お金、年齢、美醜) などの脱伝熱研究などがせいぜい私の考えつくところである。

従来の価値観でみた伝熱の将来

一方、従来の価値観で研究を行うとすれば、良い研究を行うには巨大な研究費 (主に計測器) が必要となる。高真空装置、走査 (透過) 型電子顕微鏡、質量分析計、MRI、分子間力顕微鏡、レーザー顕微鏡、各種イオンレーザー、エキシマレーザー、赤外線温度計、高速度・高分解能ビデオカメラ、そのどの一つをとっても数千万円するものばかりである。これらの装置を1つでも持っている伝熱の研究室はまれである。大部分は学内の共同利用施設を利用しているが、同じ専門分野の人との共同研究は難しい。今までの個々の研究室単位の研究体制となんら変わらない。このような研究スタイルでは、総合力が必要とされる最先端分野での創造的な研究に対応できず、成果は期待できない。全国的な研究者の横断的な組織をつくり、研究センター等の定まった研究施設で柔軟性に富んだプロジェクト研究を行う体制の確立が不可欠である。しかし、そのような研究体制が数年以内でできる可能性は皆無である。文部省科学研究費の重点領域研究やCOE研究の弾力的運営を期待する以外にない。

プロジェクト研究にも依らず、個々の研究室レベルで、従来の価値観と方法によって研究を行う場合の、伝熱の将来に対する私の期待はそれ程高くないが、従来の研究方法で研究を行う場合の研究課題に対する私の考えは、10年前と大きくは変わっていない (自分の進歩のなさに愕然としてしま

うが)。日本機械学会誌第90巻818号(昭和62年1月号)に「伝熱の将来」という雑文を投稿し、幾つかの研究課題を揚げたが、そのうちのあるものはそれなりの進展があり、全く取り上げられなかったものもある。先行きがそんなに明るいとは思えないが、現在でもこれらの分野への取り組みはそれなりの意味があると考え、その要旨を以下に記す。

伝熱現象のなかに我々にとって未知の分野が残されており、その解明に依って世の中の生活が一変するような無限の可能性が含まれているかどうかについて(これを伝熱の将来と呼ぶのであれば)は、かならずしも楽観できない。本当に現在行われている伝熱研究の中に将来の発展のシードとなるもの、また乗り越えるべきブレークスルーをもつものがあるのだろうか。無論、私にはこれに答えることができないが、現在の伝熱研究に対する私なりの認識と将来展望を述べることにより、少しでもこの問題の解答に近付ければと考えている。

#### 伝熱学の現状と研究課題

伝熱学の発展は主に2つの面が相まってもたらされてきた。1つは熱の移動し易さをしるための経験則の確立であり、他の1つはこの経験則を裏付ける為の現象の解明である。経験式は工業上の要請に基づき、常に実用的な観点に立っているので現在のように技術が多様化して来ると、それに応じて対象とする伝熱場も複雑化し、様々な経験式が作られている。これらの成果は工業的な面では有効で伝熱分野の繁栄を支えているかもしれないが、伝熱の将来のシードを含んでいるとは思えない。

一方、伝熱現象の基礎的な機構の解明を試みる研究は、単なる実験研究でなく、優れた理論的アプローチがなされており、これによって現象解明の裏付けがなされている場合が多いことを考えると、従来言われている、“良い研究は実験と理論からなる。”という定説がうなずける。半面このような優れた研究が生み出される余地が今の伝熱研究の分野に残されているのだろうかという疑問が湧いてくるのである。

以上の点から考えると、伝熱研究は成熟した段階にあるとはいえまだ発展の余地が残されており、その中から将来の伝熱研究を支える芽も隠されている可能性があるのではないかと。まず現状の伝熱研究を踏まえこれを発展させるためには、つぎの5つの研

究項目を考える。

#### (1) Heat Transfer for Sub-degree Control

この項目は伝熱研究の新しい発展の場として高精度の温度制御を可能にしようとするものである。伝熱研究が単なる熱エネルギーの輸送から脱却し、新しい分野への進出を図ろうとする時、 $1^{\circ}\text{C}$ の壁を突破しSub-degree下での熱移動と制御を考える必要があるだろう。

その細目には次の様なものが考えられるのではないかと。

- (1-1) 高感度、高分解能、高速応答性をもつ検出装置の開発
- (1-2) Sub-degree下での輸送現象の解明とその制御法の開発

更に放射温度計などを用いた温度の2次元測定開発も重要である。放射温度計と分光分析器を併用し、更に背景の発熱体温度を変化させることにより、NaD線反転法と同様な原理で空間の温度や濃度の測定が出来ないだろうか。

また伝熱場の研究には、流れ場の把握が不可欠であり、レーザビームをスキャンさせる方法などにより、流路平面内での瞬時2次元測定が試みられているが、更にこれを発展させる必要があろう。このような高精度の温度、流れ場の測定が必要とされる伝熱場はどのようなものであろうか。これが(1-2)のテーマである。Sub-degreeまでの測定精度およびその制御技術の向上は、基本的な輸送現象においても新しい進展をもたらすに違いない。

#### (2) Micro-scale Phenomena in Heat Transfer

伝熱現象のマクロ的な現象は測定の容易さと相まって、すでにある程度解明されているといっても良いと思われる。しかしそのミクロ的な挙動は殆ど解明されていない。ミクロ現象によって完全に支配されている伝熱現象も数多く見られる。このような点から基本的なミクロ現象の解明に目を向ける必要があると思われる。これに属するテーマとして次のようなものが考えられる。

- (2-1) 輸送現象の微細構造の究明
- (2-2) 微細物体からの最適輸送

相変化現象における微細構造の内、最も重要と思われるものは固気液の3相の接触点近傍の構造である。この固気液の3相が接触する点近傍の微細構造が解明されていないことがあると思われる。更に、

相変化現象の重要な微細構造の1つに、核生成の動力学がある。この研究はクラスターイオンビームによる新機能材料生成の機構などの解明の手がかりを与えるもので、さらに多方面からの研究が要請されている。

この種の微細機構の重要さが指摘されていたにもかかわらず、研究が遅々として進展しないのは、新しい測定技術の開発が遅れていることにも原因である。μオーダーの厚さ測定技術は、近年の光学分野進展により可能となっており、加えてX線分析器の活用、ESR、NMRの適用など、新しい測定技法の積極的導入が図られるべきである。(近年、STM、AFMの利用も増大している。もっと手軽には共焦点レーザー顕微鏡も微細構造の立体的把握には有効であり、顕微鏡観察下の光量低下の問題の解決には高精度IIを用いることができる。)

### (3) Transition and Heat Transfer

遷移現象は熱伝達率の急変を伴うだけに、良く研究されている。伝熱の最近の進展にあげた論文のいくつかは、この遷移現象に関するものである。遷移現象の解明には遷移する前と後の状態が明確に把握されていなければならず、また遷移と逆遷移とにヒステリシスが存在することが、現象の解明を困難なものにしている。

伝熱に関連する Transition 現象は

- ① Flow、② State、③ Phase

に大別されるが、これらの

- (3-1) 機構の解明  
(3-2) 最適制御

の研究が重要と考えられる。

沸騰や凝縮における遷移現象は現在積極的に研究が進んでおり、その他にも多成分系の Phase Transition や、過冷却・過飽和現象を伴う Transition、2相流状態での流動状態の遷移など多くの問題が残されているように思われる。

### (4) Transport Crises in Heat Transfer

Sub-degree control と Micro heat transfer では、伝熱の高精度化を進むべきひとつの方向と考えたが、もう一つの重要な伝熱研究の流れは、やはり極限化での伝熱現象の解明と、その結果を基礎にした限界の拡張に関する研究ではないだろうか。

したがってその研究項目としては

- (4-1) 超高熱流束及び超高温下での熱・物質輸送機構の解明

(4-2) その安定化の実現  
が考えられる。

### (5) Heat Transfer in Heterogeneous Media

固体力学と熱流体力学では、対象とする媒体が固体と流体であるという差のほかに、媒体の均質性についての差も存在する。伝熱は主に媒体の均質性を前提に議論されているために、確定論的な議論、及び思考方法が先行しやすいように見受けられる。無論、流体では、乱流の不規則運動のように統計的(statistic)な手法が用いられることもあるが、媒体はあくまで均質であり、固体のようにマクロ的に見ると均質であるがミクロ的には多様な不均質さをもっているということはない。固体面を含むような伝熱系でもマクロ的に見れば均質な取扱いが可能であるが、液体の固体面上での濡れのような固体のミクロ的な性状が支配的な問題では、固体面の不均質性がそのまま現象として現れる。このような不均質な現象の伝熱的な取扱い方を確立することにより、伝熱研究の一段の進展が期待できる。

また、二相流も見方によっては界面によって区切られた不均質な媒体であり、二つの均質媒体の混合という観点からだけでなく、不均質媒体としての大胆なモデル化、データ処理手法の確立が必要と思われる。

## 伝熱:熱を伝えることと熱が伝わったこと

*Heat Transfer Transmission of Energy and Creation of Structures*

西尾 茂文 (東京大学生産技術研究所)

Shigefumi NISHIO (Institute of Industrial Science,  
University of Tokyo)

私の所属している生産技術研究所では、所属研究部門名の他に教官の申請により専門分野名を名乗ることができる。私は、伝熱工学研究部門に所属しており、専門分野名は任官当初の「高温熱工学」から「冷却制御工学」を経て、現在では「応用熱事象学」を名乗っている。この間の研究は、液相の相変化現象の素過程と伝熱、振動励起熱輸送現象とその応用、冷却制御システムの開発など伝熱工学に基礎を置いた研究が主体であり「〇□伝熱工学」のように形容詞をつけた専門分野名を名乗ることもできたが、あえてそうしてこなかった。その理由は、任官当初より伝熱工学が具体的技術システムより乖離しつつあることに疑問があったし、かといって伝熱学を基礎学問として捉えることにも抵抗があり、こうした心の揺れ動きの結果であったように思う。工学は人工システム・人工環境など何物かの創造を目指す故に工学であり、基礎学問はその波及効果の広さ・深さ故に基礎学問であると感じている。

今回、「私の伝熱研究の将来」という内容で原稿を書かせていただく機会を得た。自分の研究の将来を原稿として書くのは荷が重い、私が「熱事象学」と呼び研究の糧としていることについて簡単に原稿としてまとめることとした。無責任ではあるが、ここに記したことについて、私がどこまでやれるか否かは結果次第としてご勘弁願いたい。なお、今後の伝熱研究のキーワードについては、領域としてエネルギー、環境、宇宙、素材あるいは生体など、視点としては微視化、巨視-微視間連結、インテリジェント化などが挙げられようが、これらについては他の原稿との重複を避ける意味から今回は触れなかった。

## 1. 「伝熱」の初心に戻って

「工学は何物かの創造を目指す故に工学である」と上に述べた。こうした人工システムや人工環境の創造を目指すモチィブフォースは、飢餓

感であると思う。では、「伝熱」が工学の一分野であるとする、伝熱研究者あるいは伝熱技術者にとってこうした創造を目指す上での飢餓感とは何であろうか。

私にとっての飢餓感は、まず以下のようなものである。即ち、熱伝導と熱放射とを基本原理とする意味での伝熱工学においては、例えば熱伝導を電気伝導と比べると、超熱伝導物質がないこと、完全熱絶縁物質がないこと、ダイオード効果を示す素子が発明されていないことなどである。例えば、電気伝導に関する比抵抗は、物質により20桁程度も変化する。超伝導物質や電気絶縁材を考慮すると、桁数は無限に変化するといっても良いかもしれない。しかし、熱伝導率については高々4~5桁程度しか変化しない。また、半導体の妙味はダイオード効果に代表されると思うが、熱ダイオードは発明されていない。即ち、電気伝導と比べて熱伝導は原理としての幅広さに欠けるという意味の飢餓感がある。

こうした飢餓感はいわば「無い物ねだり」かもしれないが、超流動状態では条件によっては実用上は超熱伝導とも呼べる現象が存在するので常温超流動へと夢が広がるのは世の成り行きである。しかし、一方では、熱伝導がこうした制限を受け、また技術としての要請があるが故に、高機能な熱輸送デバイスの開発を目指したいとも思っている。高機能とは、実効熱伝導率（あるいは実効熱拡散率）が極めて高いことその他に、インテリジェント化に適した制御性を有すること、マイクロ化が可能なこと、あるいは熱ダイオード効果を具現できることなどを意味している。熱輸送デバイスといえば現在はヒートパイプやサーモサイフォンであるが、これらにも熱輸送限界などの欠点がある。我々が行ってきた課題の一つに連続伝熱問題である振動励起熱輸送現象があるが、その一連の研究の中で逆位相振動制御型熱輸送デバイスを提案したもののこうしたことを背景としている。

即ち、伝熱の初心に戻り、熱伝導を初めとする伝熱の基本原理に関する拘束を突破する事象や技術について、最近流行の分子動力学などを含めて考えてゆきたい。

## 2. 「伝熱屋」からの提言

さて、既に述べたように、私は一時期「冷却制御工学」なる専門分野を名乗っていた。冷却制御を勉強する中で、二つのことを疑問に思っていた。一つは均一加熱に比べて均一冷却が格段に難しいことであり、もう一つは時空間的に微細でしかも真の意味の「制御」の概念を含んだ冷却システムがないことであった。後者に関してはインテリジェント化と関連し書きたいこともあるが、ここでは話を前者に限定しよう。

話を固体に限定すると、均一加熱については例えばジュール発熱のような体積的発熱により原理的には可能である。しかし、均一冷却となると、利用できる原理は現在では断熱膨張と断熱消磁程度である。断熱膨張は固体では非現実的であると考えられており、また断熱消磁はエントロピーが電子や原子核のスピンに担われてはじめて発現するので常温の一般物質では困難である。したがって、低温物質をもってきてそれに伝熱することが多用される。伝熱によると、不可避的に温度勾配が発生する。この温度勾配が強化ガラスのように特性を生み出す場合もあるが、多くの場合には温度勾配の発生は好ましくない。

均一冷却が難しいのは、冷却する際には系のエントロピーを減少させる前処理が必要であることに起因していると思われる。エントロピーとはそもそも系の多様性を意味する指標であるから、外部からエネルギーを投入して多様性を減少させることも不可能とは言えず、レーザーを利用する例も現実に研究されてはいる。こうした研究を進めてゆくと、伝熱研究者が自らの首を絞める結果ともなるが、可能であれば伝熱研究者としてこうした提言も進めてゆきたい。問題は、伝熱を研究することではなく、伝熱に関する飢餓感を満たす方途を創造することである。

## 3. 「伝熱」の内包の拡大に向かって

私は、沸騰現象が生み出すビジブルな構造に魅せられて伝熱の研究を志した。その私にとって、バブルジェットプリンターBJPの登場は、大きなシ

ョックであった。BJPで利用されている自発気泡核生成は沸騰研究者にとって馴染み深い現象であるが、BJPでは熱を伝えることが目的ではなく、熱が伝わった結果として生み出される構造に注目する。沸騰現象が生み出す構造に魅せられていながら、なぜこうした発想が出来なかったかという意味で、大きなショックであった。こうした意味から伝熱を見直すと、伝熱とは文字通り熱を伝えることに立脚する視点と、熱が伝わった結果に注目する視点とを含んでいる。私が考えたいことの三番目は、このように熱が伝わった結果として生成される構造についてである。

熱が伝わった結果として生成される構造の意味として、以下の二つを考えている。一つは、例えばBJPのように沸騰において気泡などとして生成される気相構造などの利用である。熱駆動型のマイクロアクチュエータ、熱駆動自励振動による加振機構などはその例である。

もう一つは、構造生成自体についてである。『不可逆過程は秩序の源泉であり、より高いレベルの組織を生み出す。エントロピーは組織化の低い方向への滑り台に過ぎないのではない。ある条件の下ではエントロピーそのものが秩序の先駆けとなる』。これは、ノーベル賞受賞者であるプリゴジンの言葉である。『自然淘汰にかかる以前の遺伝子も変化そのものに、全くランダムな過程しかあり得ないのか？ 分子系内における何らかの自己組織化や内部選択など自立的な調整機能の関与は考えられないのか？ こうした機構が存在しなければ、昆虫の複雑な行動など説明が出来るのか？』。これは、「考える遺伝子」の著者である牧野山彦の言葉である。こうした構造生成、自己組織化、パターン形成、秩序形成など一連の現象は、ベナールセルや凝固組織形成あるいは相分離を初めとして多くの散逸系において見られることが知られている。散逸系ではエネルギーの流れがある。エネルギーの流れがより高次の構造を生み出す。ここでは、エネルギーを流すことより、むしろエネルギーが流れた結果に注目する。秩序性の高い層流状態が一見秩序性のない乱流状態に移移すると、より高次の構造と思われる組織構造が現れる。沸騰でも、核沸騰域で熱流束を増大させると蒸気塊構造が現れ、さらに秩序性の高い膜沸騰が現れる。こうしたことも、構造生成の一環として考えてゆきたい。

## 伝熱学会の将来と基盤強化

*The Future and Base-Strengthening of the Heat Transfer Society*

林 勇二郎 (金沢大学)

Yujiro HAYASHI (Kanazawa University)

## 1. はじめに

日本伝熱学会は、平成6年9月に社団法人として認可された。紆余曲折はあったが、30数年に及ぶ研究会の重みを受け継いだ法人化である。基盤強化の特別委員会は、まさにこの期(中山恒会長)の設置である。法人化のために種々の条件はクリアしたとは言え、社会的に認知された学会としての活動を行うためには、さらなる組織や事業の整備が必要なためである。このことは、学会移行問題検討WG(第28期 小竹進主査)の答申においても指摘されている。しかし、基盤強化の本意は、本学会が領域とする伝熱研究や伝熱技術の分野を将来どのように発展させるかにある。エネルギー変換を中心とした伝熱学は成熟の期にあるし、資源の有限性に裏付けられた伝熱促進の研究も、地球環境の問題にすり代えられた今となってはそれほどの大義はない。エネルギー問題に限らず、材料、生体、環境、など新分野への展開と、それによる研究のパラダイムシフトが叫ばれる所以である。

本委員会は、伝熱研究の将来を見据えた自由な意見交換を行い、そのうえで、伝熱学会の発展のために、どのような基盤強化が必要であるかを検討してきた。本誌の前半は、本学会の組織の整備、会員の増強、事業の拡充、研究分野の拡大の在り方など、基盤強化のための方策を答申の形でまとめ、後半では伝熱研究のこれからの進め方についての若干の考え方を紹介するものである。

## 2. 現状と課題

## 2.1 学会の位置づけ

学会は専門分野を等しくする同好の士が、研究発表や会誌購読などを通して会員相互の交流を図り、それによって学術の発展と知識の普及に努めることを目的としている。それらを敢えて研究と教育の活動とすれば、両者の区別は明確ではないものの、会員1500名の規模で研究講演会への参加者が1000余

名にものぼる日本伝熱学会 The Heat Transfer Society of Japan は、明らかに研究型の学会と言えよう。日本機械学会 The Japan Society of Mechanical Engineers の英訳は、機械技術者の会である。縦社会の我が国では横系列のこのような職能団体は機能しないので、この場合はむしろ、学会が会員に知識や情報を提供する、所謂、教育型の学会あるいは特定分野における公益的な学会と見なすのが妥当であろう。ちなみに、機械学会の会員数は47,000名、このうち総会講演会に参加する会員は5%の2500名程度(平成7年度実績)に過ぎない。

本学会を研究型の学会とするここでの位置づけは極めて重要な意味を持つ。学会員の構成は技術者に対して研究者優位となり、産学官の中では大学を中心とした学がマジョリティとなる。産にあつては熱技術に直接関わるか、またはそれを専門とし得る大企業など、限られた技術者・研究者のみが会員となる。また、研究型の学会では、研究の視点が科学的色彩の濃いものとなる。本来は、技術側からの要請を受けた、あるいはそれを見越した知見・知識の獲得にある工学研究であるが、知識のギャップを埋める作業に終始し、やがて精緻化・成熟化のもとで学問の体系化が進むことになる。この30数年の伝熱研究の顕著な進展が、まさにこのような伝熱学会の状況をもたらしたと言えよう。

本学会は研究型の体制をこのまま維持するのか、あるいは教育型にその性格を変える(変え得る)のかは、学会の将来の大きな問題である。そして、いずれの場合においても、学会としてどのような公益的活動をなすかが、これから問われることになる。

## 2.2 会員と組織

会員および会員をグループ化した組織は、学会の運営における要素にしてかつ機構的な基盤である。即ち、会員増強と組織の充実は、直接的にして効果的な基盤強化の方法である。しかし、学会員の多くが複数の学協会に所属し、会員一人当たりの学会へ

の役割が希薄化している現状では、会員増強はパイの争奪に等しい。そして何よりも、研究型の伝熱学会では、潜在的に会員が少ない。すなわち、会員問題は本学会の性格の位置づけと一体化して考えねばならない。現在の会員数1500名を適正とする訳ではないが、本当の意味での会員増強は、研究者や機械系ばかりの集団ではなく、企業からの技術者や他分野の研究者などの参加を若手会員の養成とともに恒常的に進めることであろう。そして、このような会員の質的混在が、伝熱研究の多様化・学際化を進展させ、个性的にして活力のある学会土壌を形成することになる。

支部は地域ブロックによる会員のグループ化であり、支部主導による地方講演会や講習会は全国ネットでの学会活動を狙いとしている。しかし、他の学協会に見られるように、支部講演会などの活動は、全国区と地方区の複雑な二重構造をもたらしかねない。支部本来の教育的な活動も、研究型の学会である本会の性格や会員の構成を勘案するとき、決してなじみのよいものではない。支部の組織化は、それぞれの主体性に任せることとし、必ずしも従来の形式にとらわれないのがよい。重要なことは、本学会が目的とする活動に相応しい組織化であり、それはむしろ、固定的でない研究グループなどの緩い結合体がいかに知れない。

### 2.3 事業と活動

総会講演会に位置づけられる伝熱シンポジウムの開催、理事会による研究会の設置、支部での伝熱セミナーや講演会の開催、会誌“伝熱研究”や論文集“Thermal Science and Engineering”の発行が主たる事業である。日本学術会議ほかの学術団体との連絡と協力、国際会議やセミナーなどの国際的な研究協力の推進、さらには研究の奨励や業績の顕彰などもある。このような定常業務に加えて、国際的な研究交流の推進が国際活動特別委員会（中山恒委員長）のもとで進められている。伝熱ハンドブックや伝熱学の進展のほか、伝熱学体系の出版が坂口委員会のもとで検討中である。さらには、企業と大学間での共同研究の在り方を検討するFill-Gap特別委員会（鳥越邦和委員長）、ネットワークシステム化の特別委員会（前田昌信委員長）が稼働中である。本委員会は、これらの定常業務と特別委員会の検討結果とを整合させながら、基盤強化に繋がる行事・企画を探ることになる。

### 2.4 研究分野

伝熱学会の最大の問題は、主としてエネルギーとの関わりのもとで発展してきた伝熱研究のマンネリ化であり、伝熱学の成熟化である。これを打破する伝熱研究は何か、いわゆる伝熱研究のThe Frontiersを探るのが本特集号の主旨である。これについては後述することとし、ここでは本委員会の立場から、基盤強化の本質に関わるこのようなThe Frontiersを如何に立ち上げるかについて考えてみる。現在の伝熱シンポジウムは400件程度の講演発表があり、シンポジウムの隆盛はそれなりに評価できる。しかし、一部に萌芽的な研究が見られるものの、大多数は従来型の研究である。このようなシンポジウムや講演会は、例えそれがオーガナイズドされた特定分野のものであったとしても、研究者個人が現在行っている研究の披露の場に過ぎない。発表や討論によって研究の問題点や新たな発展に繋がる情報は交換されるが、これらは現在の研究の枠組みを超え、研究の流れを大きく変えるものではない。The Frontiersには、研究領域と研究方法の拡大が前提であり、研究者個人が積極的にその方向に姿勢を向けることが基本であることは言うまでもない。しかし、それを伝熱研究の潮流とするには、それを推進する力と受け皿が必要である。伝熱研究を一種の相とすれば、現在の安定相から新しい準安定相への移行には、研究クラスター相の形成が前駆として必要になる。

総合的視点と整合性を持って進められる研究会は、その分野の発展に極めて有効である。しかし、研究のThe Frontiersにつなげるためには、それを支援・推進する力が必要である。現在、他学会で活躍している異分野の研究者を主査とし、本部認可のもとで、“人間熱科学（主査 中島利誠）”、“高温エネルギー変換工学研究会（主査 新井紀男）”、“電荷移動を伴う熱科学現象研究会（主査 水野彰）”、および“非線形熱流体研究会（主査 金子邦彦）”の4件が稼働中である。

これらの研究会の成果は、新潟でのシンポジウムに見られるように極めて大きい。しかし、これは飽くまでも外部に期待したものである。伝熱学会を真に発展させるためには、新しい伝熱研究を自発的・内発的な力と受け皿によって推進されなければならないことだけは確かである。

### 3. 基盤強化委員会からの提言

#### 3.1 基盤強化の方策

本会の位置づけを踏まえて、支部組織、会員増強、事業と活動、および新しい伝熱研究についての現状と課題について言及した。それらを分析することにより、基盤強化に繋がる方策は以下のように要約される。

- (1) 支部については、運営が可能な場合には組織化し、そのもとで支部活動を行う。他方、支部主体の自由な研究会（他支部からの参加も可）を設置し、これを支部活動に置き換えることが望ましい。
- (2) 会員の増強は、質的多様化に重点を置き、これによって个性的にして腰の強い学会土壌の形成を図る。
- (3) 事業については、既存のものに加えて現在特別委員会で検討されている、国際活動、伝熱学体系の出版、Fill-Gap、ネットワークシステム化を積極的に進める。既にスタートしているプレシンポジウム“伝熱レクチャー”の教育事業、および公益的な事業は継続的に実施する。
- (4) 新しい伝熱研究を発掘するため、本部認可による基盤的な研究会を設置する。1つは既存の他学会絡みのものとし、他の1つは内発的なものとする。

以上の事項は相互に関連し、図1のように示される。研究会は支部主体と本部主導の計3種類（性格的には2種類）が動くことになるが、これらは本学

会の組織、活動、会員増強、さらには伝熱研究そのものの発展に繋がるものであり、基盤強化の柱として位置づけられる。特に、The Frontiers を内発的に立ち上げる研究会はこれまでにない新しい試みであるので、以下にその方式を簡単に紹介する。なお、提言にある事項の実施には経費負担を伴う。これには法人化の際の募金を充てることとするが、その考え方と具体策については別途に報告する。

#### 3.2 The Frontiers Forum と The Frontiers Group

伝熱研究のThe Frontiers を発掘するための方式として、The Frontiers Forum およびそれを発展させたThe Frontiers Group の設置を提案する。以下にその要点を記す。

- (1) まず、研究テーマを公募ないし有志提案の形で決定し、2～3年後に関心のある研究者による“The Frontiers Forum”を開催する。
- (2) この“The Frontiers Forum”は他の研究者の関心や参加を考えて、伝熱シンポジウムと同時同所で平行して行う。
- (3) この“The Frontiers Forum”は研究発表・講演というより、研究の問題点・研究の進め方・研究の展望などについて2～3年の研究成果をもとにして検討討論相談しあうことを主とする。
- (4) その結果、将来性のあるテーマについては“The Frontiers Group”へと発展させ、例えば、科研の総合研究、あるいは重点研究へと発展させる。
- (5) 「伝熱研究」にはこのThe Frontiers 関係の記事

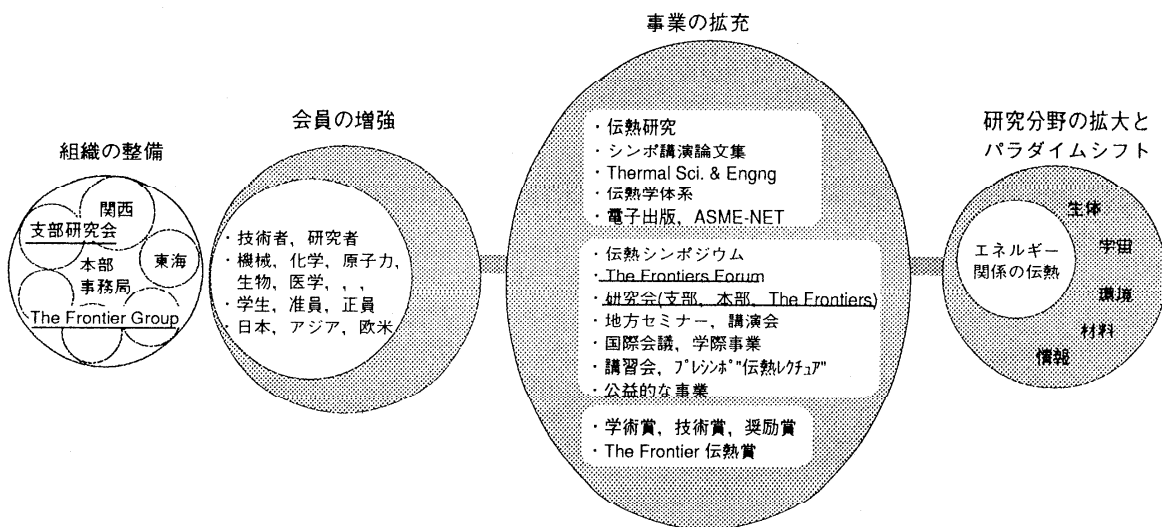


図1 組織・会員・事業・研究分野の連関と基盤強化



を掲載し、より多くの研究者の関心を高める。

(6) 高い評価を受けた The Frontiers には “The Frontiers 伝熱賞” などの授与を考える。

以上は1つの考え方であり、The Frontiers Forum に限らず、現状の課題について、数年後の伝熱シンポジウムでのオーガナイズドセッションを目指した宿題テーマを設け、それをThe Frontiers Groupに発展させることも考えられる。いずれにしても、実施にあたっての詳細は今後つめることになる。

#### 4. 伝熱研究の将来

伝熱学会の将来につながる学会の基盤強化について述べたが、その根幹にあるのは伝熱研究そのものであることは言うまでもない。若手研究者や学生が面白いと感ずる伝熱、企業にとって力を入れざるを得ないと考える伝熱、そして我々のような年輩においては、自信をもって勧められる伝熱研究が何かである。30数年前、伝熱研究の先達がエネルギーという研究の原(分)野に足を踏み入れ、対流伝熱、沸騰、凝縮と言った伝熱の宝を手に入れた、あのような伝熱研究が他にないかということである。本特集号を組まれた熊田先生の意図は、その辺のことを好き放題に述べる(でっちあげる)ということらしいが、これはかぐや姫の宝探しのようなものである。しかし、蓬萊の玉の枝を探しに、敢えてエネルギーの原野を離れ、他の原野に出てみるのも一興である。その際、これまで培われた考え方や手法は通用しないかもしれないが、手を変え、視点を変え、論点を変え、あるいは変えざるを得ないところにあらたなパラダイムが生まれるかもしれない。

##### 4.1 研究分野と視点

21世紀の科学技術は、エネルギー、材料、情報およびバイオを中心とし、環境との適合のもとで展開されるであろう。伝熱を輸送現象の枠組みの中で捉えるとき、特に関わりの強い分野はエネルギー、材料、バイオであり、それらは図2のように示される。また、伝熱研究から見た環境、資源、情報は、各分野を進める上での副次的問題として位置づけられる。すなわち、エネルギー分野については環境(調和)と資源(有効利用)を、生体分野については環境と情報を、材料については資源と情報をそれぞれ視野に置くことにより、研究の領域的拡大と総合化が図られることになる。ただし、この相関は飽くまでも1つの例であり、エネルギーを経由せず環境分野を直接の対象とすることも有り得る。

昨年、Maui 島で開催された 4th ASME/JSME Thermal Engineering Joint Conference で、“Microscale Heat Transfer”, “Education and/or Knowledge Sharing” とともに、“Frontier in 21st Century Thermal Engineering Research”のパネルセッションが企画され

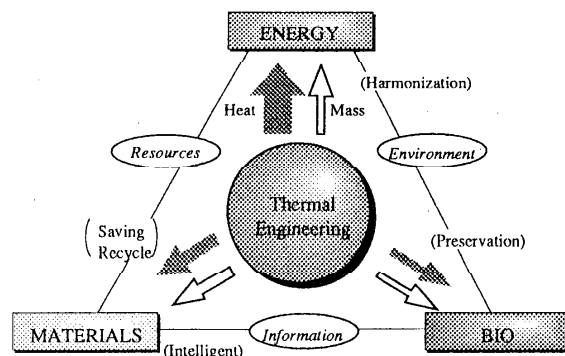


図2 Contribution of thermal engineering to major technology area

##### Energy:

- ・How to convey thermal energy
- ↓
- ・Heat transfer augmentation
- ・Environmentally friendly energy system
- ↓
- ・Heat transfer in complex systems (structurally, physically, chemically complex)
- ・Heat transfer in global system

##### Materials:

- ・How to transform material by/after heat transfer
- ↓
- ・Processing of new material, Manufacturing (thin film, powder, crystal, functional and intelligent material)
- ↓
- ・Heat transfer in macro-micro systems
- ・Molecular dynamics, Quantum molecular dynamics

##### Bio:

- ・What happen in a medium through heat transfer
- ↓
- ・Processing of food and medicine
- ・Preservation, Medical treatment
- ↓
- ・Heat transfer in bio-chemical reaction systems connecting to organic function, life and death, and others

図3 Research target and methodology for advancing heat transfer research

た。アメリカ側のProf.J.R.Lloydと相談して、エネルギー、環境、生体、材料をThe Frontiersにつなげる主要分野として取り上げ、日本側からは棚澤・土方両先生をパネラーとして、材料とエネルギー・環境に対する我国の伝熱研究の情勢を紹介していただいた。"Principle of Exergy Regeneration"と"Development of Micro-Heat Transfer for Manufacturing and Processing of New Material", "Microscale Heat Transfer"をtopicsとしたものであり、それらは以上の考え方に立ったものである。

図3は、これらの分野において進められる伝熱研究の方法論を示したものである。エネルギー問題における伝熱研究の論点は、流体を作動媒体として"如何に多量の熱を恒常的に輸送・伝達するか"にある。いわゆる、伝熱の促進と制御であり、これは熱交換器の流路などの幾何形状、作動流体、二次的な操作を含めた動力を3点セットとして、passive, active両面から追究されることになる。恒常性は、沸騰、凝縮、あるいは着霜といった相の変化を伴う場合には、出現相の除去による表面の更新性にとって代わる。研究の流れは、構造的、物理的、さらには化学的複雑化の方向にあるが、これらの複雑性が、伝熱および流動抵抗を支配する流れ構造にどこまで関与し得るかが焦点であろう。

エネルギーを対象とする伝熱は、このように熱を如何に通過させるかを命題とするのに対して、材料製造においては"熱の通過によって何を残すか(残ったか)"が問題となる。Czochralski法による単結晶、ロール法によるアモルファス、CVD薄膜、さらには傾斜性合金などの新素材は、熱の通過によって $\mu\text{m}$ から $\text{nm}$ 、さらには原子レベルのスケールに至るまでマイクロ性を固定する。流れを対象とする熱交換にあつては、誘起されたマイクロ性は自由度の大きな気相や液相の中に埋没し、やがてバルクの乱れ挙動となる。これに対して、内部エネルギーが小さく安定度の高い固相にあつてはマイクロスケールの個性が発現され、材料としてのバルクの特性を引き出す。すなわち、材料伝熱にあつてマイクロ域への対象領域の大幅な拡大とともに、マクロな輸送現象とマイクロ挙動の連結が問われることになる。

バイオに関する伝熱は特に未開拓の分野である。生体は、原子・分子、オルガネラ、細胞、組織、器官の階層的構造を持ち、最小単位で営まれる生合成反応や代謝をもとに、最上位の個体としての生命活動を維持している。すなわち、生体伝熱はこのよう

なマイクロ複雑構造体のもので"輸送現象を通して、内部で何が起きているか"が最大の興味となる。伝熱を通した生体内情報の抽出は、工学的にはpassiveな課題であるが、凍結保存、クライオ・サージェリー、食品加工、その他のactiveな熱操作による生体問題は、細胞の生死、味覚の官能性などの内部情報(状態)を制御する逆問題を扱うことになる。

以上は、図2の主要(1次的)分野における伝熱研究の視点の違いを、概観したものである。2次の要素を視野に入れた伝熱問題は、さらに複雑であり、多様な展開が期待されよう。

#### 4.2 伝熱(工)学の学際化

工学は、分析(analysis)の科学によって得られた知見を統合(synthesis)し、それを技術に応用する学問として発展して来た。そして、実践に対する強い目的意識は、方法論的にまとまる機械、電気、化学、などの領域工学を形成するに至っている。しかし、このような方法論重視の領域工学は自閉的であり、この自閉性は学問上の致命的なアキレス腱となっている。1つには、基礎科学による知見が底をついた今日、工学は独自の力で技術に繋がる新たな知的ストックを形成できるのかという問題がある。他の1つは、技術の有用性を信じて歩んできた工学である

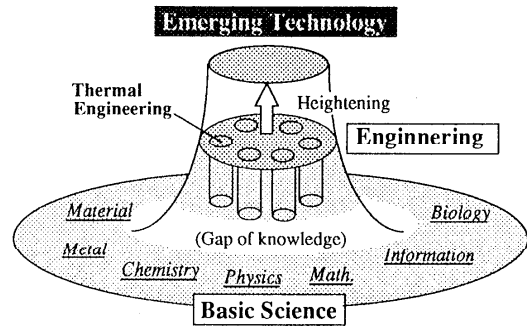


図4 先導的技術の展開

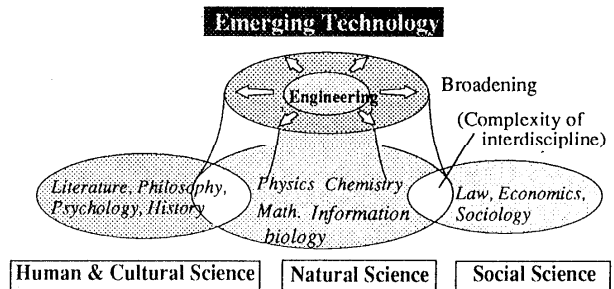


図5 調和型技術の展開

が、技術に対する価値意識が崩壊しつつある現在、新たな価値観を持った技術をリードする役割を、工学自身が持ち得るのかという問題である。21世紀における emerging technology である先導的技術の開発に対する工学の貢献が前者であり、環境に代表される調和型の技術が後者である。

図4は、基礎科学を基盤とした工学群の山を概念的に示したものであり、advanced technologyはこの山を高くした、いわゆる工学の発展によって達成される。しかし、工学と基礎科学とは領域の乖離は大きい。この gap of knowledge に橋を架けること、すなわち engineering science としての学際化が新たな知的形成をもたらす、堅固な基盤を持つ工学の山が技術の高度化を生み出すことになろう。なお、個々の領域工学の壁を破った、メカトロニクス、メカノケミカル、また最近の改組での機械宇宙、機械物理、知的機械なども学際化を目指したものである。しかし、これらの中で、同じ philosophy を共有する領域工学間の学際化は、方法論を拡大するうえで有効であるが、これは high technology のレベルで通用する工学であり、advanced technology に繋がる腰の強さを期待できるものではない。

伝熱工学は、工学の中において比較的広領域の学問である。機械、化学、建築、電気、原子力、などの工学分野に共通する輸送現象を、横断的に括り上げた学問と言える。また、主として物理現象との関わりが強いなど、潜在的に engineering science としての性格を持ち得る。このような広領域にして基礎的な資質を持つ伝熱(工)学は、これからの科学技術を駆動するうえで重要な役割を演ずるはずである。そして、これに対する有力な分野の候補が、図3で述べた材料伝熱であり、生体伝熱と言えよう。

図5は、工学領域の拡大を伴う調和型技術の展開を示す。要素還元のもとで進展してきた自然科学は、要素を統合した相互の協力現象をあらたなパラダイムとしつつある。原子、分子、素粒子へと要素を掘り下げた還元主義は多大な成果をもたらしたが、部分の統合によって全体の個性が表現される複雑現象には対応しきれないためである。他方、技術を支援・推進する工学は要素を統合・組立てた人工物を製造するための議論を展開してきた。要素の微細化と統合の巨大化の傾向はますます強く、これによって技術の高度化は一層進展するであろう。しかし、これは個体技術としての性能や機能を中心とした考え方である。本来は、人間の豊かさを求めた技

術であり工学である。個体中心主義が、それを利用する人間に対して、もろもろの問題を直接的・間接的にもたらすとなれば、それに対処し得る調和型技術の追求は工学の責務であろう。すなわち、工学にあっては、人間と技術、人間の集団としての社会と技術、人間を取り巻く自然(環境)と技術からなる複雑適応系を問題にする必要がある。

工学を伝熱工学に置き換えると、このような複雑適応系は図2の伝熱主要分野に対する副次的なものとしての、人間・熱環境の問題であり、エネルギーを介した地球環境の問題である。そしてそれらを取り扱う伝熱工学にあっては、図5に表現される人文科学や社会科学との学際的な視点が不可欠と言えよう。すなわち、この場合は、学際における複雑性(Complexity of interdiscipline)が追求されることになる。

以上、ここでは21世紀における技術が先導型技術と調和型技術からなるとし、それに関わる工学および伝熱工学の在り方についての私見を述べた。精緻な解析と実験とを武器に、閉鎖系に対する一般論を展開してきた伝熱研究者にとって、後者の伝熱は少々スマートさにかけるものであろう。"飽飢烹宰 飢厭糟糠(飽食の世には美食も飢になるが、飢えている時は粗食をも厭う)"の喩もある。伝熱研究にとって、何が烹宰であり何を糟糠とするかは、伝熱学会および伝熱研究者が、これからの伝熱研究をどのような考え方で進めていくかによろう。

## 5. おわりに

本学会の将来に向けての基盤強化の在り方を、答申の形でここにまとめた。提言の内容はそれほどダイナミックなものとは言えない。それだけに、学会として可及的速やかに実行に移されることを期待したい。

[伝熱学会基盤強化特別委員会]

林勇二郎(委員長)、杉山憲一郎、山田悦郎、太田照和、土方邦夫、西尾 茂、小竹 進、飯田嘉宏、平田哲夫、加藤征三、熊田雅弥、高城敏美、稲葉英男、増岡隆士(ご意見をいただいた方を含む)

電荷移動を伴う熱科学現象研究会

Thermal Science Associated with Charge Transfer

(主査) 水野 彰 (豊橋技術科学大学)

(幹事) 吉田 英生 (東京工業大学), 中谷 元 (三菱電機)

Akira MIZUNO (Toyohashi University of Technology),

Hideo YOSHIDA (Tokyo Institute of Technology)

and Hajime NAKATANI (Mitsubishi Electric Corporation Itami Works)

1 研究会の目的

本研究会は平成6年4月に2年間の予定で設置された。研究会の目的は次のようである。

伝熱工学が省エネルギーに寄与したことは間違いないが、伝熱促進手法などもすでに成熟した段階にあり、これ以上の急激な発展は期待できない。このような点から熱科学の新しい研究方向の一つとして、イオンや電子などの荷電粒子の移動が生じるような場を、科学反応や伝熱促進などに積極的に利用することにより、従来にはない化学反応や、高性能エネルギー伝達などの熱科学現象を生じさせようと考えられる。従来、伝熱分野では電場という EHD による伝熱促進のみが取り上げられてきたが、これは電荷の移動を伴う熱現象のごく一部に過ぎない。電荷の移動は主に、電気、電子工学分野に属すると考えがちであるが、多くの現象は電荷の移動と同時に熱移動が生じており、熱工学分野の技術者、研究者のセンスによるアプローチが求められている。そこで本研究会では、機械工学、化学工学のみならず、電気や電子工学、物理学等を専門とする研究者にも参加していただき、次のような課題に取り組む。

(1) 種々の放電現象下での熱物質移動 (伝熱促進、特殊冷却、放電加工)

(2) イオン化現象と化学反応促進 (環境汚染物質処理)

(3) 電場と光化学反応 (CVD、膜生成)

(4) レーザによる化学反応制御と計測 (LIF)

(5) 薄膜、半導体における量子伝熱学

2 研究会活動概要

本研究会は以下のような内容で開催した。(講演題目の羅列で恐縮ですが、研究会活動内容が判りやすいと考え以下に紹介させていただきます。)

第1回

○熱電気流体場の基礎方程式の考え方 土方邦夫 (東工大)・電磁気学 (パノフスキー)

・電磁気学を考える (今井功)

○沿面放電プラズマを用いたフロン等の分解 小田哲治 (東大工)・Decomposition of Fluorocarbon Gaseous Contaminants by Surface Discharge-Induced Plasma Chemical Processing・Low Temperature

Atmospheric Pressure Discharge Plasma Processing for Volatile Organic Compounds

○非平衡プラズマのガス浄化への応用 水野彰 (豊技大)・放電プラズマによる排ガス処理の研究

○自己紹介・意見交換等

第2回

○三菱電機 (株) 中央研究所見学

○電場を利用した対流熱伝達の促進と制御 多田生 (金沢大工)・電場を利用した対流熱伝達の促進と制御

○無声放電式オゾンナイザの基本特性 葛本昌樹 (三菱電機)・Silent Discharge in Ozonizers and CO<sub>2</sub> Lasers

○大出力エキシマレーザーの高繰返し技術 佐藤行雄 (三菱電機)・スパイカノサステイナ方式大出力XeCl レーザ・プリパルスノPFN回路方式XeCl レーザの予備電離タイミング依存性

○電気スクリーンの開発とその応用 前畑英彦 (日立造船)・電気スクリーン技術とその応用

・電気スクリーン方式による海域遮断技術の開発  
・電気スクリーンによる水力発電所取水口魚類流入防止システムの開発

第3回・・・静電気学会環境対策技術研究委員会

との共催で「放電プラズマによるガス状環境汚染物質処理技術に関する総合的研究」シンポジウムを開催した

○大気圧下非平衡プラズマによるメタンからメタノールの直接合成 上満陽太郎\*, 野崎智洋, 岡崎健, 土方邦夫 (東工大)

○グロー放電下でのメタン改質に関する研究

土方邦夫\*, 小川邦康, 岡崎健, 長崎孝夫 (東工大)

○コロナ放電による四塩化炭素等の分解反応

水野光一\*, Monika Michalska, 田森行夫 (資環研), 山本俊昭 (Research Triangle)

○放電プラズマによる有機ガス分解生成物分析

山下竜一\*, 小田哲治 (東大)

○正ストリーマ放電と沿面放電を重畳したオゾン生成特性 香月直幸, 猪原哲, 佐藤三郎, 山部長兵衛\* (佐賀大)

○静電微泡化による高濃度オゾンの生成

佐藤正之\*, 村井健二, 大嶋孝之, 齊藤正浩 (群大)

○廃棄物の拡散防止と静電気

山本哲夫\*, 林 二一, 渡辺茂男, 大橋朝夫 (愛工大)

- 電気集塵器の集塵率の評価法について  
瑞慶覧章朝\*, 高橋英男, 新見和照, 吉持達郎, 伊藤泰郎 (武蔵工大)
- 運動電荷による電流とエネルギーバランス則  
三好和憲\* (工学院大電子工学科)
- TEOS/O3CVD プロセスによる薄膜の製造と微粒子の発生  
足立元明\* (大阪府大) 奥山喜久夫 (広大)
- SO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O/N<sub>2</sub>混合ガスのイオンラジカル反応による微粒子生成  
奥山喜久夫\* (広大) 足立元明 (大阪府大)
- パルスコロナ放電による排ガス脱硫・脱硝小型実験  
恩田和夫\*, 春日康弘, 加藤健, 藤原正純, 谷木充治 (電総研), 鈴木智博, 牧博司 (東理大)
- パルスプラズマによる脱硝  
保田賢十 (日立造船 技術研)
- The Effect of Ammonia Mixing Concentration on the Reduction of NO<sub>x</sub> in a Combustion Flue Gas by Superimposing Surface/Silent Discharge Plasma Reactor  
K.Urashima, and J.S.Chang\* (McMaster Univ.) and T.Ito (Musashi Inst.Tech)
- 湿式プラズマガス処理  
清水一男\*, 水野彰 (豊橋技科大)
- コロナラディカルシャワーシステムのNO<sub>x</sub>除去特性に及ぼすガス流量の影響  
大久保利一\*, 金沢誠治, 野本幸治, 足立宜良, (大分大)
- J.S.Chang (McMaster Univ.)
- 無声放電プラズマによるディーゼルエンジン排ガス処理  
相馬憲一, 雪竹次太, 吉岡芳夫, 堀 康郎, 山極時生 (日立製作所)

第4回

- レーザによる流れの誘起  
十方邦夫 (東工大)
- レーザと電界による微小渦  
水野彰, 西岡正輝 (豊技大)
- 光励起プロセス  
英 貢 (豊技大)
- レーザ画像計測  
吉川典彦 (豊技大)
- 研究室見学 (1) 光CVD (2) レーザ誘起蛍光法 (3) DNA分子のマイクロマニピュレーション (4) 放電プラズマ応用

第5回

- 研究会の運営等についての自由討論

第6回

- 極短パルスを用いたプラズマCVDによるダイヤモンド薄膜の形成  
安田真一, 岡崎 健 (東工大炭素循環素材研究センター)
- 高出力ミリ波源とその周辺  
菊永敏之 (三菱電機(株) 先端技術 総合研究所 電磁気システム技術部 高周波パワー技術グループ)
- Study of the Voltage-Current Characteristics of Duct Type ESP Under DC/pulse Conditions  
Dr. B.S.

Rajanikanth (Indian Institute of Science)

第7回

- 石川島播磨重工業(株)メカトロ総合開発センター見学
- 大気圧低温プラズマトーチの開発とその応用  
鯉沼秀臣, 河 賢権 (東工大工業材料研究所)
- 固体電解質を用いたラジカル生成と同定  
定方正毅, 鳥本善章 (東大工学部化学システム工学科)
- 超高濃度オゾナイザーの開発  
設楽和弘 (石川島播磨重工業)
- 大型イオン源の特性  
桑原 一 (石川島播磨重工業)

3 活動成果

本研究会は放電プラズマ応用など、研究目的(1)~(5)の項目に関する情報交換を行った。静電気学会との共催で、放電プラズマ技術の環境対策への応用、を主題としたシンポジウムも開催した。熱エネルギーの高密度有効利用をさらに進めるためには、環境調和技術、省エネルギー技術の一層の向上が必要である。熱電併給方式などの化石燃料の高効率利用技術の普及には都市密集地でも使用可能なコンパクトな高効率排ガス浄化装置が必要である。またディーゼルトラックなどの排ガスのクリーン化も望まれており、職場環境等のガス状汚染物質対策も重要となっている。非平衡放電プラズマ排ガス浄化技術はこれらの問題に対し有望な技術であり、本研究会において種々の発表がなされた。これに関連してラジカルのレーザ計測、イオン核生成、等の新技術の紹介もあった。また、オゾン生成、薄膜形成、レーザ光化学反応、パルス放電プラズマによるメタノール直接合成反応等、材料作成、表面改質等への応用に関する研究発表も行われた。レーザによる局所温度制御で、化学反応場を数 $\mu$ m程度の領域に極在化してDNA一分子の輸送、切断等を行うことも生体高分子を個々に取り扱うことを可能にする新しい技術である。

以上のように伝熱工学と他工学分野との境界領域には、多くの重要かつ未解決の問題が存在している。本研究会はこれら境界領域の研究テーマを見出すべく活動を行い、新しい研究分野の動向に関する理解を多少なりとも深めることに役立つものと考えている。また、いくつかの会社の御協力を賜わり、研究所等の見学を行うことができ大学等の研究者にとって刺激となった。

学会として今後さらに研究会活動を通じて境界領域の発掘を続けることで、研究分野の異なる研究会委員の相互交流の場を提供し、技術発展に寄与できるものと考えている。最後に本研究会活動にご助力を賜った委員の方々に深く謝意を表します。

高温エネルギー変換工学研究会

Activity Report of Workshop for Advanced Energy Conversion

新井 紀男 (名古屋大学高温エネルギー変換研究センター)  
Norio ARAI (Research Center for Advanced Energy Conversion,  
Nagoya University)

1. 活動目的

限りあるエネルギー資源に対する危惧から高効率なエネルギー変換や省エネルギーあるいは水素エネルギーに代表される代替エネルギーに関する技術の確立が望まれています。これら技術の実用化において、高温でのエネルギーの効率的な変換技術の確立や高温耐熱材料の開発は緊急かつ重要な課題であり、このためには、機械、エネルギー、材料等の専門分野の有機的な協力が要求されます。さらに、高温エネルギー変換技術の利用に伴う炭素循環をはじめとする環境汚染問題にも積極的に取り組む必要があると考えられます。

このような背景のもと「高温エネルギー変換工学研究会」は、「高温エネルギー変換」技術の開発・応用を目的として、平成6年度に設置が認められ、2年間に亘り活動を行ってまいりました。会員数は、平成6、7年度共に、学官31名、産27名、計59名の参加を頂きました。

2. 活動概要

本研究会は、下記の活動目的を掲げ、高温燃焼技術・高温燃焼解析をはじめとする、高温材料の開発・評価などの技術的・学術的な情報交換を図ってまいりました。

[主な研究会活動目的]

- ・高温エネルギー変換技術の開発と助言を行う。
- ・高温基礎データベースを構築し提供する。
- ・高温材料の開発と物性評価及びその助言を行う。
- ・高温エネルギー変換技術に伴う環境保全技術に関する情報の提供と助言を行う。
- ・高温エネルギー変換に関するシンポジウムを開催する。

具体的な活動成果としては、延べ8回の研究会、国際シンポジウムを含め7回の講演会、3回の施設見学会(共催事業を含む)を開催し、当該研究会会員への最新情報の提供および議論を重ねてまいりま

した。これらの活動成果は、年度末に数10頁にわたる報告書にまとめられ、全会員に配布されております。

さらには、現在、会員外へも研究会の活動成果を公表すべく、著書「燃焼生成物の発生と抑制技術」を本研究会として出版準備を進めており、平成8年度内には刊行される予定であります。

【高温エネルギー変換工学研究会 実施事業一覧】

[平成6年度]

- H6/4/19 第1回研究会(東京工業大学)
- H6/5/19 第2回研究会, 講演会\* (S.W.Chrchill Univ. of Pennsylvania, USA, 北海道大学)
- H6/9/27 第3回研究会(愛知厚生年金会館)
- H6/9/27-28 講演会\*(第27回化学工学会秋季大会シンポジウム「高温エネルギー変換技術の展開」, 中部大学)
- H6/9/30 講演会(George Sfiris, Vattenfall Utvec. Sweden)
- H6/12/2 講演会\*(G.R.St.Pierre, The Ohio State University, USA, 名古屋大学)
- H7/2/3 第4回研究会, 施設見学会(中部電力川越発電所)

- H7/3/9 第5回研究会, 講演会\*(名古屋大学)

[平成7年度]

- H7/5/24 第1回研究会, 第32回日本伝熱シンポジウム オrganイストセッション(第32回日本伝熱シンポジウム会場)
- H7/8/25 第2回研究会, 施設見学会(東京ガスエネルギー技術研究所)
- H7/12/4-6 国際シンポジウム\*(「高温エネルギー変換システム及び関連技術に関する国際会議」, 名古屋大学)
- H8/3/ 第3回研究会, 施設見学会(名古屋大学高温エネルギー変換研究センター), 一般講演会\*(名古屋大学)

注)\*印は他学会等との共催事業であることを示す

このような研究会の活動目的を短期間で達成することは非常に困難であり、今後も引き続き研究会の活動を継続し、当該分野の技術発展に貢献したいと考えております。

非線形流体研究会

—活動報告および伝熱研究の将来と非線形力学—

*Reports from the Research Group of Nonlinear Heat Transfer*

金子 邦彦, 庄司 正弘, 飛原 英治 (東京大学)  
*Kunihiko KANEKO, Masahiro SHOJI*  
*and Eiji HIHARA (The University of Tokyo)*

研究会設立の経緯と趣旨

平成7年の本学会の法人化に伴い、学会の学術基盤強化策の一つとして、学会内に学際的な研究会を設置し、外部専門家の協力を得て積極的な研究活動を行っていくとの新しい方針が決定された。この方針に沿った形で最初に設置された研究会は「人間熱科学研究会」である。この研究会の内容と活動については本号で別に記されているが、これまで主としてハードな分野のみを対象としてきた伝熱研究が人間生活に関わるソフトな方面への応用に目を向けた点大変意義ある研究会である。この「人間熱科学研究会」の設立直後、同研究会の幹事であり、また学会の法人化と会則の整備に尽力されていた河村洋氏（東京理科大学）から企画部会（部長：庄司正弘）に対し、伝熱における学術基礎の拡大を目的とした新しい研究会の設置を検討して欲しいとの要請があった。その要請に従って企画部会では、アンケート調査の形で会員各位の意見聴取を行うなど約1年間に及ぶ検討と準備を重ね、本「非線形熱流体研究会」を発足させることとなった。これは、非線形で複雑な伝熱現象の解明、予測と制御の問題は将来に残された伝熱研究の最大問題であること、その問題の解決には近年急速に進展している非線形力学の知識が不可欠であり、それに基づいた新しい実験、解析、モデル化の手法を伝熱研究の現場に取り入れる必要があるとの認識からであった。したがって、本研究会の設立趣旨はもともと、本特集号の主題、つまり今後の伝熱研究のあり方や伝熱研究の将来問題と密接に関係したものであった。

研究会の活動状況

上記のような経緯と趣旨により、本研究会は平成7年4月発足した。本研究会は学際的な研究会の一つとして、会員外他分野から金子邦彦（東京大学教養学部、基礎物理）が参加して主査となり、本会会員の庄司正弘、飛原英治（共に東京大学工学部）が幹事を務める形で活動している。委員の多くは本会

員であるが、若干の会員外委員にも参加をお願いし、また大学院生も聴講者の形で多数参加している。このように研究会メンバーは会員に限ることなく広く公開しているため、研究会の参加登録者数は現在70数名に及んでいる。

平成7年度の研究活動については、初年度として非線形力学の基礎について学習研究することを目的に、これまで3回研究会を開催している（下記参照）。今後は伝熱研究に結びついた非線形現象の実験、解析、モデル化の手法などについてより具体的な調査研究活動を行っていく予定である。

平成7年度開催の研究会の内容

- 第1回（平成7年4月15日、64名参加）
- ・連続講義(1)
  - 「カオス力学の基礎」（金子邦彦）
- 第2回（平成7年8月10日、37名参加）
- ・連続講義(2)
  - 「低次元カオスと時系列解析」（金子邦彦）
  - ・話題提供
  - 「空調における気流のゆらぎ」（原利次）
- 第3回（平成7年10月21日、45名参加）
- ・連続講義(3)
  - 「時空カオスとCML法」（金子邦彦）
  - ・話題提供
  - 「火炎面のフラクタル構造」（宮内敏雄）
  - 「沸騰におけるカオス挙動」（庄司正弘）
  - 「解析ツールと文献紹介」（根岸紀明）

伝熱研究と非線形力学

非線形力学に関連した伝熱研究の現況については既に本誌1月号に小特集が組まれている。ただ、その内容は個別テーマについての解説が主であって、伝熱研究における非線形力学の意味や必要性、重要性などについての記事は無い。そこで以下、本特集号の主題に即した形で伝熱研究の将来と非線形力学の関連について簡単に記してみたい。ただし、以下

の内容は研究会の幹事である庄司が私見を含めて執筆を担当したこと（文責）を断っておきたい。

さて、伝熱工学は熱と流れが関わった複雑な現象を研究の対象としている。そして残念ながら現在、こうした複雑な伝熱諸現象の機構を完全に解明し、予測や制御ができるに至っていない。また、現状の研究進展状況から考えて、近い将来にそれが可能になるようにも思われない。伝熱研究の将来を考えると、これは極めて重要な問題である。非線形力学は少なくとも、この困難な問題を解決するのに不可欠な学問体系と思われる。すなわち、これまで我々は複雑でわかりにくい現象に遭遇したとき、あるいは線形化により導かれた現象方程式の解が現実を十分説明しないからと言って、複雑であることを免罪符にそれで良しとしなかったであろうか。しかし、複雑なものとは複雑に見えるものとは異なっており、明瞭に区別すべきものである。複雑な現象に見えても実は単純な機構によっているものがあり、非線形力学によればそれを明らかにすることができる。また、一口に複雑であると言っても、本当に極めて複雑なものとはそうでもない複雑さがあるであろう。少なくともこれまで我々は複雑さを定量的に議論することをあまりしてこなかったように思われる。しかし、非線形力学に基づいた解析を行うと、定量的に複雑さの測度（系の自由度）が与えられることがある。現象をモデル化したり現象を予測し制御する際には、この測度は貴重な情報となる。

ところで、非線形力学に関連してカオス、フラクタルなる言葉がよく知られる。カオスは非線形系に特有のものであって熱流体现象とも深い関わりを持っている。カオスはふつう、決定論的な非線形系の挙動が複雑で長期的予測が困難な現象と定義される。乱流、熱対流、相変化（沸騰、熔融と凝固）、混相流動、界面波動、燃焼火炎など伝熱現象は本質的に非線形なものが多く、したがってカオスやフラクタルは伝熱現象に広く観察されるものである。これまで全く不規則なものとして詳しく解析することなく見過ごされていた変動や信号データを非線形カオス力学から眺めると、シンプルな決定論的規則性のあることが発見されたり、またそれによって、現象のモデル化が可能となって現象のより深い理解が得られるかも知れない。少なくとも、従来に無い新しい現象の捉え方や眺め方ができるはずである。しかし伝熱の分野では、こうした観点からの研究はまだ始まったばかりである。

### 非線形力学の重要性—研究のパラダイムシフト—

非線形力学の重要性は、実は上記のような皮相的な事柄にあるのではなく、研究手法や工学技術開発の指導原理に関わるもっと基本的なところにある。すなわち、これまで我々が立脚してきた科学技術の指導原理は、要素分割（要素還元）と線形理論に立脚したシステム構成、理論予測体系であった。言うまでもなく非線形複雑系自体は最近になって突然生まれ出たものでもなく、非線形力学の発展とは無関係にこれまで存在していたし、我々は何らかの方法（確率的あるいは統計的平均操作など）によってそうした系を取扱い、実際一定程度の成果は得てきた。しかしながら、近年の非線形力学の進展はそうした考えや指導原理の根底をゆるがしている。つまり、個々の構成要素を如何に精密に規定しても、非線形な要素が含まれていると我々が望むような究極の理解には決して到達できないことがわかってきた。また、現象のより良いモデルを構築しようとするとき、非線形要素があることによってモデルの連続性が破綻する可能性のあることさえ指摘されており、我々が現に行っているモデル化の手法には大きな欠点のあることが示唆されている。こうした事柄は、非線形な要素が存在するからこそ自然は生き生きとした姿を呈していることや、多くの複雑な現象が未だ解明されず残されていることなどと密接に関わっている。また、我々はモデルを構築して現象を記述しようとするとき、その現象の種類や性質に関係なく、微分方程式系によって全ての現象のモデル化が可能と無意識に考えてはいないであろうか。残念ながらこうした信念はたとえば系にフラクタルな構造が内在する場合には破綻を来すことがある。つまり微分系や微分方程式のみが現象を記述する万能の方法であるとの思い込みは危険であることを充分認識しておく必要がある。

### カオス熱工学の確立

熱と流体の分野には非線形力学の研究対象として恰好の現象が数多くある。したがって、「カオス熱流体」とでも呼ぶべき工学の体系、あるいは非線形性やカオスの持つ画期的な特性を取り込んだ形の工学技術理念の早急な確立が望まれる。このためには、個別分野ごとではなく熱や流体の広い範囲において地道で着実な研究を積み重ねること、そして分野相互の連携を密にすることが重要である。多くの会員諸氏のこの方面での寄与を期待している。



## 人間熱科学研究と着心地の科学

*Thermal Science on Human and the Microenvironment Next to Skin*

中島 利誠 (お茶の水女子大学生生活科学部)  
Toshinari NAKAJIMA (School of Human Life and  
Environmental Science, Ochanomizu University)

人間は、生命維持のための体温制御、生活環境に於ける快適感などを通じて「熱」と極めて大きな関わりを持っている。そこで、伝熱学の研究者と、医学、生理学、被服学、建築学などの研究者との学際的な協力を通じて、人間に於ける熱科学研究の新たな展開を図ることを目的として人間熱科学研究会が発足された。棚沢一郎先生の発案だったと思う。筆者は主査を仰せつかったが、実際には幹事の河村洋(東京理大)・田辺新一(お茶の水女大)両先生の御尽力にお継りして、平成5年度から平成7年度にかけての3年間の運営で分科会としての初期の目的を達成し、一応解散したところである。委員は會川義寛(お茶の水女大)、浅木 恭(都立老人総合研)、石黒 博(筑波大)、門谷皖一(小松製作所)、河田宏(三洋電機)、清水義雄(信州大)、棚澤一郎(東大生研)、竹森利和(大阪ガス)、谷下一夫(慶応大)、多屋秀人(生命工学研)、原 利次(日本工業大)、山田幸生(機械研)の諸先生方である。研究会は委員ないしは委員以外の方々の話題提供とそれに続く討論で進み、時には研究室見学を含む時もあった。これまで、委員以外では入來正躬(山梨医科大学)、永村寧一(生命研)、村上周三(東大生研)の諸先生の話伺った。平成7年12月には関東支部との共催で人体周りの対流伝熱を中心に熱と流れの数値シミュレーションの講習会も開催し、伝熱研究の利用の広さを衣服関連の研究者にも普及することが出来たのは意義深いことであった。

また、昨年の山口に於ける伝熱シンポジウムに於いては人間熱科学研究部門のオーガナイズドセッションに数多くの出席者を得て、活発な討論が行われたが、本年の新潟に於ける伝熱シンポジウムに於いても、是非、昨年並みの活発な討論を期待している。

## 1. 温熱的快適性とその評価

21世紀に於いては人間不在の製品評価技術はありえないと思うが、筆者の関係している繊維工学分

野に於いても、繊維製品の評価に人体生理を考慮した評価法の見直しが進められている。

本来、温熱感覚には年齢の違い、健康の度合いによる個人差や場所による温度差があり、万人に快適な空調はあり得ない。人に優しい空調では極限的には個人用の空調にたどり着くが、衣服は個人用のポータブル空調装置としても扱えるので、人体-衣服-環境系での熱・水分移動面から衣服の着心地を評価する意味があり、着用時の衣服と人体皮膚間の空隙に於ける温度、湿度、風および衣服内面の温度、水分に関心が持たれており、これに対して衣内気候とか衣内微気候または衣内微環境などの名称が使われている。

さて、快適性には2通りがある。暑くもない寒くもないという意味での消極的な快適性と、適度な刺激があつて気持ちが良いという積極的な快適性である。前者は被験者の主観的感覚の申告値と室内温・湿度に関する膨大な測定値から衣内の微気候を32℃、40%にする環境が快適であるとするものであり、生理的には温熱負荷が最少な状態で、この様な状態では被験者は眠気を催してくる。これがcomfortである。一方、後者はpleasantnessに当たり、武者利光(脳機能研)を中心とする(1/f)ゆらぎの提唱以来注目されだした。ここで、(1/f)ゆらぎとは人間に与える周期的刺激に於いて、周波数に逆比例するような周波数ゆらぎを与えると人間にとって快適に感じるというものである。これも、現在では周波数に逆比例する場合のみではなく、広義に捉えて周波数のn乗に比例する周波数ゆらぎと捉えて、フラクタル的な非線形処理の一環として捉えるのが良いと言われている。

さて、着心地には、人-被服-環境系での熱・水分移動現象が深く関わっているが、中でも衣服内から外環境へ抜ける水分移動が一番大きな問題である。衣服を着装した人の身体の周囲には、風の有無にかかわらず境界空気層があり、風の強さにつれ、その境界空気層の厚みが薄くなる。熱放散も水分蒸

発も、この境界空気層の厚み次第で大きく変わる。したがって、衣服の素材や形なども、着装の仕方も、この境界空気層へ及ぼす影響の度合を決める因子と言える。さらに、衣服着用時の熱・水分の移動は布を通しての移動ばかりではない。衣服の開口部を通しての移動も考えなければならない。そのため、三次元形状での衣服の熱抵抗・透湿抵抗・水蒸気透過指数などを求めるための人体形状の加熱ダミーが用いられている。

田辺新一先生は時応答性の良い皮膚表面発熱方式の加熱ダミーを用いて、実際の環境下での熱損失から、それと等しい熱損失を生じる均一温熱環境の作用温度として、加熱ダミーによる等価温度を提案している。これは人体形状をした発熱体の等価温度とも言え、この考えを進めれば、人体形状をした発熱体の各部位での総合熱伝達率が求められ、放射熱伝達率の項を除去して、人体周りの対流熱伝達率が算出される。この様にして求められた人体各部位の対流熱伝達率は、衣内気候のコンピュータを用いた数値計算に利用でき、今後の着心地研究の新しい展開が期待される。

## 2. 衣内気候の非定常性と水分感覚

温熱性発汗は体温を下げるために拍出されるが、発汗は周期的に起こるため、発汗時の衣内温湿度は定常状態にはなっていない。しかも、外部の環境激変時での衣服の役割が大切である。したがって、繊維材料の性能評価は定常状態での特性値のみでなく過渡状態での特性値も必要と考えられ始めている。

この様な過渡段階での衣内の温湿度変化を見るには時定数の小さい湿度センサーの開発やコンピュータによる数値シミュレーションでの検討が役立つ。筆者らは皮膚面側の布表面温度が測定できる微気候シミュレート装置を作成し、綿編地およびポリエステル編地の肌側表面温度を赤外線放射温度計を用いて測定した。環境温度を一定にして、衣服内の湿度のみを急激に上昇、下降させると、綿布の表面温度が瞬間的に上昇、下降した。ポリエステルの場合は表面温度の変化が綿に比べると小さかった。一般に、刺激温度が早く変化するほど、皮膚上での温覚の閾温度は小さくなるので、綿が示した布表面の急激な温度変化は温度感覚を通して着心地に大きな影

響を与えているのではないかと考えられる。また、このような非定常状態を捉えるにはコンピュータによる数値解析が役立つ。

また、時定数の小さい発汗カプセルを試作して発汗挙動を測定し、発汗の周波数解析から、発汗現象に  $(1/f)$  を中心に、 $(1/f^0)$  や  $(1/f^2)$  のゆらぎのあることを見出し、ウェーブレット解析も行い、顕微鏡ビデオカメラでの観察記録、皮膚の血流量測定を通して、温熱刺激ならびに精神刺激の発汗挙動に与える影響を調べている。

さらに、筆者らの研究では湿度の上昇速度を速めると、遅い場合に比べて少ない湿度差で感知でき、温度感覚と圧感覚を組み合わせると、湿度感覚との重相関性が良いなどの知見も得ており、これらの結果から、筆者は濡れ感は液状水が皮膚に付いて、液滴が動くとか、布の摩擦係数が大きくなり、同時に起こる汗の蒸発により、機械刺激に対する感覚受容器と温度感覚受容器を刺激した時に誘発される感覚であり、蒸れ感は体温が上昇して発汗が指令されたにも拘らず、皮膚近傍の湿度が高く汗滴の蒸発が起こせず、さらに体温が上昇する状態で、温度感覚受容器が関与した感覚ではないかと考えている。

## 3. おわりに

人間熱科学研究部会では以上の状況を踏まえて、まず、体温調節系の生理学について学び、体温調節系または衣内微気候ならびに人体周りの対流、放射の数値シミュレーションを討議してきたが、汗の蒸発を考慮した熱・水分移動になると数値解析は必ずしも満足ゆく状態ではない。また、人体の周期的加熱に於ける周期ゆらぎと温度感覚、快適感覚との関係、加熱ダミーを用いる温熱環境評価などについても討議してきたが、こちらの処理法に関しても定常波に対するフーリエ解析のみでなく、非定常波に対するウェーブレット解析が適用され出している。いずれはカオス、フラクタル的な見方の解析も出てくるに違いない。

本分科会の設立が契機となり、伝熱学の研究者と他分野の研究者との学際的な協力を通じて、人間に於ける熱科学研究の新たな発展が本学会にも反映される日を期待したい。

国際活動特別委員会－活動の概要

*The Special Committee on International Affairs: a Summary of Its Activities*

森 康彦 (慶応義塾大学)

*Yusuhiko H. MORI (Keio University)*

国際活動特別委員会は94年9月の理事会においてその設立が承認され、中山 恒委員長、森 康彦幹事、委員9名という構成で95年3月より活動を開始した。この委員会の設立の趣旨については、既に委員長が第33期会長としての立場で本誌 Vol. 33, No. 131に紹介されている。ひとことで言えば、“伝熱学会の国際活動を長期的視野で考えていく”ための組織である。「社団法人日本伝熱学会定款」の中には、“この法人”の目的と事業に関し、「国際的な交流」や「国際的な研究協力の推進」がうたわれているが、その具現化の途を考えるための組織とも言えよう。ここでは当委員会でこれまで検討した事項の一部を、あまり“活動報告”的にならないよう、ご紹介申し上げることにしたい。

既に伝熱学会は法人化のはるか以前から、日本における唯一の全国的な伝熱研究者の組織として、海外伝熱界への窓口の役目を担ってきている。中でも国際伝熱会議の論文審査・選考の業務を本学会が実質的に受け持ってきたことは周知の通りである。しかし、このことに関しても制度上は不備な点を残している。即ち、本学会はすでに *International Centre for Heat and Mass Transfer* の正式メンバーとなっているものの、国際伝熱会議の *Assembly* には委員を推薦していない。(現在は日本機械学会と化学工学会からそれぞれ1名づつ *Assembly* 委員が推薦されている。) 国際伝熱会議への本学会の寄与を公式なものとするためには、本学会から同会議の *Assembly* 委員を推薦できるようにすることが重要であり、このための手続きが現在進められている。

伝熱学会はもともと形式主義を嫌い、会員諸氏の *volunteer* 精神によってその活動が支えられてきた経緯があり、それが一つの良い伝統となっている。しかし、本学会の実質的機能を保証する最小限の制度の整備もまた法人学会としての責務であろう。国際伝熱会議 *Assembly* 委員の件も、このような観点から

の本学会の努力の一つと言える。

さて、上記のような役割を担ってきたとは言え、本学会が現状で海外に向かって開かれた組織になっているとは会員の誰しも思わないであろう。国内の伝熱研究者らと特別の絆を持つ少数の方々を除けば外国人会員は皆無に等しい、などと言う以前に、本学会の存在は外国人研究者の間でほとんど知られていないのではないか。取り敢えず、本学会の海外向け紹介パンフレット(英文)の作成の準備を進めており、その草稿を載せた本学会のホームページが間もなくインターネット上で見れるようになるはずである。こちらから情報を発信することにより、各国諸学会から(特にこれまで国内研究者との交流の乏しかった地域から)情報が流入してくるようになることが望まれる。

一方、会員に対する“国際的サービス”の供与も検討事項にのぼっている。本学会の会員でありさえすれば、たとえば *ASME*, *AICHE* などの会議への参加や出版物の購入に当たり、それらの会員と同等の特典が受けられるよう先方と交渉をしては、という案も出されている。実現性は、先方が本学会をどのように評価するか、そして当方は先方の会員にどのようなサービスを供与できるかにかかっているように思われる。

以上、これまで委員会の組上に載った話題のいくつかについて、状況をかいつまんで紹介させていただいた。ここで触れたことがらに限らず、伝熱学会の将来の姿を視野に入れた国際活動関連の提言・要望を歓迎いたします。

付記：中山委員長の急病により、急遽幹事(森)が本稿を書くこととなった。委員諸氏に諮る猶予もなく独断でまとめたものであり、内容の不備はすべて筆者の責任である。

## 伝熱研究のネットワーク作り

Inter-Networking for Heat Transfer Research

ネットワークシステム化委員会

前田 昌信 (慶応義塾大学), 小林 健一 (東京工業大学)

Network Systematize Committee

Masanobu MAEDA (Keio University)

and Kenichi P. KOBAYASHI (Tokyo Institute of Technology)

### 1. 伝熱学会のインターネット利用の現状

世の中インターネットブームである。自分の机の上にあるパソコンから手軽に全世界の魅力的な情報にアクセスできる便利さのため、インターネットの利用者が爆発的に増加している。これは、WWW (World Wide Web) およびそのブラウザである Netscape の普及によるところが大きい。

伝熱学会においても、インターネット上で情報を提供するサービスを試験的に開始した。現在、WWW による会告・行事等のお知らせ、電子メールによる最新情報の提供、電子メールによる事務局への連絡等、のサービスが提供されている。

- <http://htsj.mes.titech.ac.jp/htsj.html>  
最新の会告・行事の予定等を提供。
- [htsj-info@mes.titech.ac.jp](mailto:htsj-info@mes.titech.ac.jp)  
最新の情報を電子メールで受け取りたい方のための電子メールアドレスの登録受付。
- [htsj@mes.titech.ac.jp](mailto:htsj@mes.titech.ac.jp)  
事務局への連絡の電子メールによる受付。

また、今年の伝熱シンポジウムに関する最新の情報が準備委員会により提供されている。

(<http://tmtherm.eng.niigata-u.ac.jp/~sympo/>)

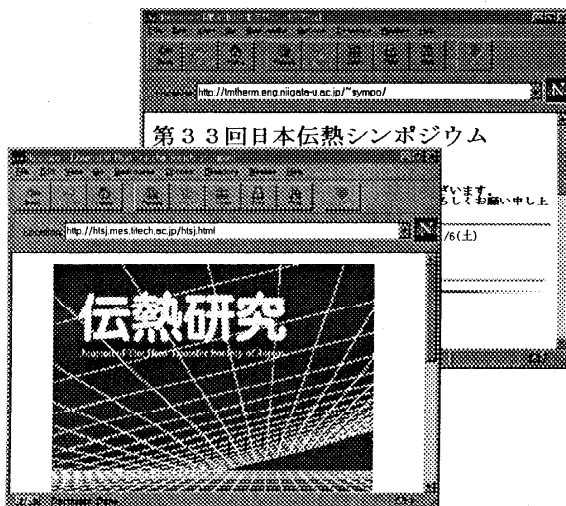
### 2. これからのインターネット利用法

WWW がこれほどの人気を得た原因として、その使いやすさ以上に、情報提供手段としての有用性が考えられる。いくら使いやすくても、中身がなくては、だれも使わない。インターネット上では、ありとあらゆる情報がモノクロの紙面から抜けだし

2D, 3D グラフィックスや動画、音声などを用いて数多く提供され、この情報をもとに活発な意見交換がなされている。

ここで、研究に利用される情報ソースの現状に目を向けると、従来のメディア (出版物) は、テキストとモノクロの画像の限られたスペースで構成されている。計測手法、計算手法の発達に伴い莫大な情報を得ることができるようになっても、その情報を表現するには力不足である。これからは、各研究の現場から最新の情報がインターネットを介して全世界に発信されるようになるだろう。

さらに、ネットワーク社会においては世界中の研究者により提供される個々のデータベースを仮想的に接続し、必要としているデータがインターネット上のどこから手に入るかを示す、「データベースのデータベース」の整備が求められる。近い将来、インターネット上に有機的に接続されたデータベースを利用することにより、仮想的な伝熱実験が行えるような時が来るのではないだろうか。



伝熱学会と伝熱シンポジウムのホームページ

伝熱学大系出版委員会報告

Reports from the Special Committee

on Publication of the Encyclopedia of Heat Transfer

坂口 忠司 (神戸大学)

Tadashi SAKAGUCHI (Kobe University)

伝熱学会の法人化を記念して、何らかの企画を行い、伝熱学会が法人であることの意義・価値を世に問うとの意図のもと「伝熱学大系」の出版について検討することとなった。特別委員会委員は、当時の伝熱学会会長・副会長・編集委員長の中から、棚澤一郎、中山恒、福迫尚一郎、土方邦夫、芹澤昭示の各教授と坂口である。法人となって、早や1年有余が経過してしまった。これまでに委員会が検討した内容の概要を以下に記す。

- 発行形態 単行本、ルーズ・リーフ、CD-ROMのいずれか、あるいはそれらの併用
- 出版期間 初版に関しては、短期間たとえば2年以内に、全巻の出版を完了する。
- 発行部数 単行本の場合を例に述べると、単位として、500ないし1000を考える。
- 価格 単行本の場合、1冊の単価は、3,000～5,000円程度とする。
- 規模 全体の大きさは、単行本を基準に計算した場合、10巻とする。単行本の場合、同一巻内に異なる大項目(別掲)が入ることもある。
- 特色 議論された特色の一部を以下に示す。
  - ・伝熱学に興味を持ってもらう。・知識を楽しむものとしたい。・実用的でもあってほしい。・実用的計算を可能にしたい。・例題などもいれる。
  - ・代表的参考文献に関しては、そのエッセンスを入れたい。・基本的なところを書く必要があるだろう。・物理現象から説き起こす部分があっても良い。・人項目間での内容の若干の重複は避けられない。・検索機能を充実する。全編にわたって、各種の検索ができるようにする。・日本における研究の紹介は重要なことであるから、適正に評価し、積極的に取り上げる。
- 執筆陣 「伝熱学大系」は、日本の伝熱研究者の総力を結集したものであるから、基本的には多くの方が執筆するのが望ましい。
- 執筆体制 各大項目ごとの1人ないし複数の担当責任者が、その大項目の中の各項目の検討とその執筆者の選定を行う。必要に応じて、副責任者を置くことができる。すなわち、実質的に担当責任

者が構成した執筆陣による著作となる。

- 内容 下記の大項目を考えた。これらはいずれも主たる内容を表すもので、本の表題ではない。(順不同)

I. 基礎編

- ・伝熱学概説
- ・熱伝導
- ・管内対流熱伝達
- ・凝縮熱伝達
- ・溶解、凝固、昇華、着氷
- ・直接接触伝熱、蒸気爆発
- ・分子動力的伝熱学
- ・物質伝達及び蒸発現象と伝熱
- ・伝熱計測技術、可視化、画像処理
- ・ふく射伝熱
- ・管外熱伝達
- ・沸騰熱伝達
- ・蓄熱、蓄冷熱
- ・熱物性
- ・高温物体の冷却
- ・熱流動数値計算

II. 応用編

- ・伝熱機器
- ・特殊環境場での伝熱
- ・複雑流路、複雑物質における伝熱
- ・熱交換器
- ・生体と食品の伝熱

以下の大項目に関しては、今後さらに具体化が進んだ段階で検討する。・生産・加工プロセスにおける流動と伝熱、・材料の製造、・加工における伝熱、・省エネルギーと伝熱、・自然エネルギー利用と伝熱、・都市及び地球環境と伝熱

○学会としての対応

内容に関しては、事実上伝熱学会が保証したことになる。「伝熱学大系」の内容を、何代にもわたって常に検討し、改訂などを行うために、伝熱学会内に専任の委員会を置く必要があるだろう。

以上のようなことを検討したが、まだ各編の担当責任者の選定と依頼、出版社の選定などは行っていない。出版に対する go sign の出ていない理由は、

1. 既に、出版されている各伝熱関係の著作との競合問題。
2. 購入者の数、すなわち経済的問題。
3. 20世紀末を迎え、大学関係者の異常なまでの超多忙さのため、本編に時間を割けないのではないかとの危惧。

などである。

各位のご意見を伺わせていただければ幸いである。

## 関西支部活動の現状と将来

### Activities of Kansai Chapter

関西支部支部長

高城 敏美 (大阪大学)

Toshimi TAKAGI (Osaka University)

#### 1. 関西支部の活動の背景

昭和63年2月に出された伝熱研究会将来問題検討委員会(甲藤好郎委員長)の答申(伝熱研究 Vol. 27, No.105)の主旨に鑑み、関西グループでは当時の地方連絡幹事、幹事経験者へのアンケート調査や意見交換を行った。その結果、(1)伝熱学と伝熱技術の融合、(2)若手研究者、技術者の創意の助長、(3)国際化への対処、(4)学際領域の振興、などを目指した活動の企画・運営をし、それを支えていくための基盤作りが必要であるとの認識から、平成元年5月に関西運営委員会(松本隆一委員長、その後、鈴木健二郎委員長)が設立された。その委員会の中に、総務、企画、セミナーの各小委員会と伝熱技術フォーラムが設置され、若手の会(後述)も発足した。これらが現在の関西支部の活動の基盤となっている。伝熱研究会が日本伝熱学会さらには社団法人日本伝熱学会へ移行したことに対応し、関西運営委員会は平成6年5月に日本伝熱学会関西支部に移行した。現在の支部活動はおおむね関西運営委員会当時の主旨を引き継ぎながら、以下のような支部としての活動形態となっている。

#### 2. 関西支部の活動

##### (1) 総会、拡大幹事会

年1回の総会、年3回の拡大幹事会(支部幹事、支部委員会委員長、本部役員)により、年間および将来の事業計画を立てる。総務委員会(牧野俊郎委員長)が主担当となる。

##### (2) 講演会

年3回開催(京都、大阪、兵庫地区で各1回)。企画委員会(小沢守委員長)が企画する。従来から続いている関西地区講演討論会を継承。その内の1回は支部総会講演会を兼ねる。総会講演会では特別講演を含む。

##### (3) 伝熱セミナー

2年に1回開催。セミナー委員会(中島健委員長)が企画する。1泊2日で実施。広範囲の伝熱トピックスから選んだテーマについての話題提供と討論を主とする。平成元年に地区毎で伝熱セミナーが開か

れるようになって以来、関西ではすでに4回開催し、各回で70名近くの参加がある。

##### (4) 伝熱技術フォーラム

年2~4回開催。種々な分野の伝熱、熱技術に携わる研究者、技術者、マネージャーの方々の技術交流、人的交流を目的とした技術懇談の場を提供し産学協同を模索することを主旨とする。毎回見学会、懇親会を含む。片岡邦夫前委員長の後、平田雄志委員長が企画。

##### (5) 熱・物質移動国際シンポジウム

第1回は平成6年11月28日~29日に75名(内十数名は近隣諸国からの招待者)の参加をえて、京都で開催された(荻野文丸委員長)。目的は、関西支部規則にある国際的な交流を推進することと、関西研究グループ(関西支部)の将来の活動の基盤となることを期待して活動を開始した伝熱技術フォーラムも満5年になるのでそれを記念する事業とする事であった。伝熱技術フォーラムの5年間の蓄積からの支援が当シンポジウム開催を可能とした要因の一つであった。

第2回を平成9年11月にISTP-10(第10回輸送現象に関する国際会議)と同時開催する方向で検討中である。

##### (6) 若手の会

関西地区の伝熱関連企業に所属する若手(30才前後)研究者の横のつながりを作り、若手の育成と伝熱学会の活性化を図るために平成4年9月に設置された。関西運営委員会発足当時の「若手研究者、技術者の創意の助長」という主旨に合っているものである。現在、メンバーは20名、14社(1大学を含む)で、主として会社の研究者である。年3~4回開催し、各回で3件程度の話題提供と討論を行っている。会は現在のところクローズした形で、若手の自主運営によるが、若手の会企画の公開講演討論会を開くこともある。

#### 3. むすび

支部活動が会員の役に立ち、支部ひいては学会全体の活性化につながることを期待する。

東海支部活動の現状と将来

*On the Start of Tokai Chapter*

東海支部支部長

藤田 秀臣 (名古屋大学)

*Hideomi FUJITA (Nagoya University)*

日本伝熱学会が社団法人として認可された平成6年9月20日からほぼ1年後の昨年9月18日の午後、東海支部設立総会が相原利雄会長ご臨席のもとに名古屋大学のシンポジオンにおいて開催され、関西支部につづく2番目の支部として東海支部が発足した。この設立総会で、はからずも私が支部長に指名されたので、編集委員より本稿の執筆が依頼されたものと思う。支部設立後まだ日も浅いため、ここでは支部設立に至るまでの経過と設立総会の報告を含めて、現在の活動状況と問題点、さらに将来への希望などを若干記させていただく。

このたびの東海支部設立にあたっては、昨年来、当時地区理事を務めておられた三重大学の加藤征三先生の呼びかけによって、支部設立のための準備の会がしばしばもたれた。その際の議論の中心は、学会の法人化が検討されていた頃の本部の幹事会と同様、「運営労力と経費の負担増」に関するものであった。すなわち、財政的にしっかりした基盤あるいは裏付けもなく形式だけを整えても、事務的作業量やそのための費用が増加するだけで実質的なメリットは果たして期待できるのだろうか、との素朴な疑問に基づくものであった。

真剣に激しい議論もかわされたが、結局、実際の運営は当面これまでと大きく変えなくても、学会が法人化されたこの機会に形式だけでも整えておけば、将来、本来あるべき姿に移行しやすいのではなかろうか、との結論に達した。

支部の組織や規則等の立案・作成には加藤先生が引き続き尽力され、設立総会とその付随行事の計画・準備は、今期の地区理事である岐阜大学の熊田雅弥先生と名古屋工業大学の長野靖尚先生が主に担当された。

設立総会では、ご多用にもかかわらず遠路わざわざご来駕下さった相原会長から、「東海支部は関東と関西の大きな支部の中央にあって特徴のある活動をされたい」とお励ましを頂くとともに、「学会の支

部は自由な雰囲気を活かすことが人切であり、運営は臨機応変に柔軟に対応されてよいのではないかと寛大なお言葉を頂戴した。お言葉にあまえてはいけないと思いつつも正直なところ安堵した次第である。

設立総会に続く記念講演会では、いずれも本会の副会長を務められた名古屋大学工学部長の架谷昌信先生と豊田中央研究所顧問の藤掛賢司先生にご講演を頂いた。また懇親会では、第21期会長を務められた小林清志先生(豊田工業大学学長)からも激励のお言葉を頂き、多数の出席会員とともに支部の門出を祝った。

新しくスタートした東海支部の運営は、当面、地区理事に事務担当の副支部長をお願いして、これまでの地方研究グループの行事を継承し、発展させていくことになろうかと思う。支部設立後最初の事業は、通算6回目の地区セミナーとして、11月10、11日に三河湾が一望できる「三河ハイツ」で開催された。このセミナーは今のところ支部最大の行事であるが、今回も多数の参加者を得て成功裏に終えることができた。

東海支部は、静岡、愛知、岐阜、三重の4県で構成されているが、地理的に比較的まとまりがよく、伝熱に関連の深い企業も相当数存在していることが大きな特徴であるといえよう。このような特徴を活かして、会員が相互に情報交換でき、研究課題の発掘や技術協力などに貢献できる環境づくりを、支部としてできればと考えている。そのためにも必須条件となる財政基盤の確立と会員増加の方策については、幹事会の中にワーキンググループを設けて具体案の検討を行っている。

まだ駆け出したばかりで不安もあるが、幹事の方々の熱意と支部会員をはじめとする皆様方のご協力・ご理解をえて、東海支部が健全に育ち、発展していくことを希っている。

## SFU 推進系の熱設計

Thermal Design of Propulsion System for Space Flyer Unit (SFU)

山田 明 (三菱重工業長崎研究所)

Akira YAMADA (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.,  
Nagasaki Research & Development Center)

## 1 はじめに

本年1月20日に、SFU (Space Flyer Unit) がスペースシャトル STS-72により回収された。その様子をテレビでごらんになった方も多いだろう。しかしそのSFUがスペースシャトルで回収されるために、NASAの厳しい安全審査があり、そこに熱解析や伝熱実験が極めて重要な役割を果たしたことは、残念ながら伝熱研究者にはあまり知られていない。

なお「推進系」とは、人工衛星が姿勢や位置を変える装置であり、SFUでは3N及び23Nの推力を発生するスラスタ、燃料であるヒドラジンのタンクと配管、電磁弁などから構成されている。図1にその概要を示す。

## 2 安全審査と熱設計

NASAのSafety Reviewと呼ばれる安全審査において、推進系では「構造」と「熱」が中心に行われた。「構造」における安全とは、文字通り振動などによる力に構造が耐えうる事が条件となり、理解されやすいと思う。これに対して、「熱」は人工衛星のバルブや配管などの要素が機能を果たせる温度に制御されることが安全の条件となるのだが、少し説明が必要

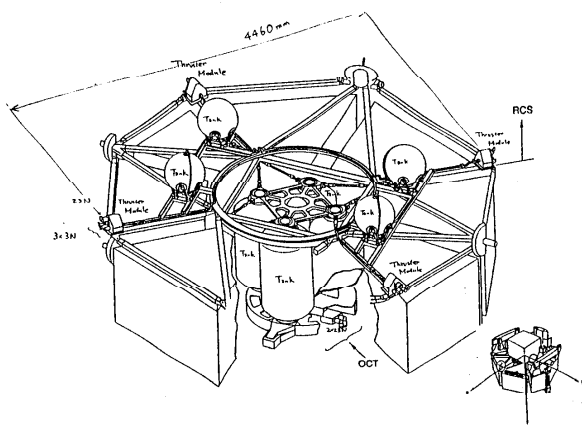


図1 SFU 推進系の概要

要だろう。

元々人工衛星の熱設計の目的は、最小のヒーター電力で所要の温度範囲に制御することである。SFUの推進系では、燃料となるヒドラジンの凍結温度と材料の適合性の観点から、2℃から50℃で燃料タンクを、2℃から77℃で電磁弁を、2℃から93℃で配管を制御する必要があった。これができないと、たとえばヒドラジンが凍結し、次に温度が上昇して融解する際には体積膨張によりバルブ類を破壊して、毒性や反応性の高い燃料が放出される。あるいは高温になれば、バルブのシール材料が劣化しヒドラジンが外部にリークする、金属材料に接触しているヒドラジンが分解してガスになり圧力が上昇する、などの可能性がある。

いずれもNASAの有人システムの安全に重大な影響を及ぼすもので、これが熱設計が安全審査を受けねばならない理由の一つである。SFUの推進系の熱設計に関してもこの観点から関心は高く、1987年から1994年の打ち上げ前の最終の安全審査に通るまで、NASAのJohnson Space Centerで10回以上打ち合わせを行った。なお熱設計では、上述の温度範囲に余裕を持たせてさらに約10℃づつ狭い範囲で制御されるよう、ヒーター量、断熱材の施工方法、金属材料の表面処理、温度監視点、サーモスタットのON/OFF温度などを決めた。

## 3 熱解析と実験

熱設計の安全審査といっても、実際には熱解析の結果が安全であることとその熱解析手法が妥当であることの審査である。熱解析により、熱設計の温度範囲に全ての構成要素が保たれていること、特殊な条件で保てない場合は時間的余裕があること、温度監視点が適切に配置されており最高温度と最低温度を常に監視していること、などが主な審査の対象であった。

解析では輻射と熱伝導を解いて温度の時間変化を予測することになる。人工衛星の輻射伝熱の境界条



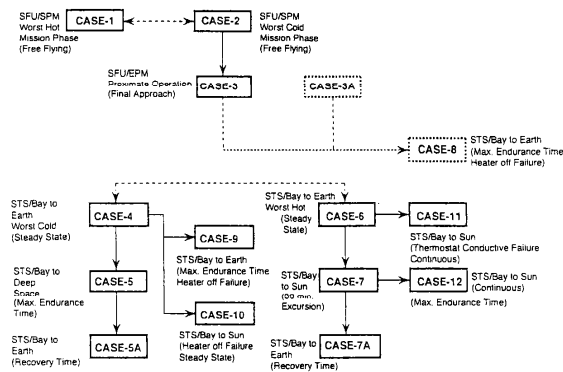


図2 解析条件

件は、太陽光、地球からの赤外線輻射、アルベドと呼ばれる太陽光の地球表面での反射、約3Kの深宇宙への放熱である。また、人工衛星内部では熱伝導、接触伝熱、MLI (Multi Layer Insulation) の性能、特に輻射率 $\epsilon$ と太陽光吸収率 $\alpha$ が重要である。また、宇宙での放射線により表面特性が変わるので、 $\epsilon$ と $\alpha$ はその初期値と最終値それぞれを考慮しなければならない。

SFUで従来の日本の人工衛星と異なるのは、想定するケースが多かったことである。そのケースを図2に示す。ケース1,2,3,8はスペースシャトルに回収する前、それ以後は回収後の条件を表している。たとえばケース6は「(スペースシャトルでSFUが搭載される) カーゴベイが地球を向いて高温となる軌道」であり、ケース7ではその状態から「カーゴベイが30分太陽を向く」ことで温度が上昇する。さらにその後ケース7Aでは「カーゴベイが地球を向く」ことで何時間たったら温度がケース6の状態に回復するかを、他方ケース12では「カーゴベイが引き続き太陽を向く」ことがあと何時間可能かを解析した。

図3には解析結果の例として、ケース6からサー

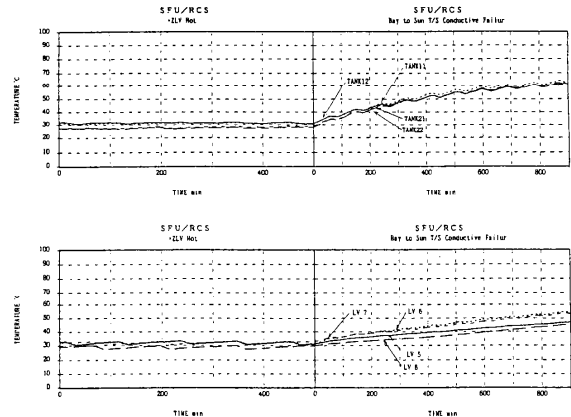


図3 4個の燃料タンク (TANK) と  
4個の電磁弁 (LV) の温度変化予測例

モスタットが故障してヒーターが通電し続けるケース11を示す。この図のような場合でも数時間は設計の高温限界を越えないので、STSの乗務員がヒーターの元電源を切る時間的余裕があると判断された。

解析の信頼性は、熱真空試験と呼ばれる宇宙環境を模擬した伝熱試験により検証される。伝熱試験では、雰囲気圧力は接触伝熱やMLIの性能に影響を及ぼさない $10^{-6}$ Torr以下、深宇宙への放熱を模擬するために周囲を液体窒素で冷却した黒体面で覆って行われる。試験は、供試体にSFU全体を用いる大がかりなもの、配管など要素ごとの試験に分けられる。NASAのSafety ReviewでTechnical meetingという技術者同士の打ち合わせでは、試験方法や結果の妥当性、解析と実測の一致などについて詳細な議論が行われた。

### 参考文献

古川克己ら、SFU (RCS/OCT システム) の開発、三菱重工技報第33巻3号、1996年5月



## 伝熱シンポジウムに伴って開催される企画部会所管行事

伝熱学会企画部会では、第33回日本伝熱シンポジウムの一環として次の二つの行事を開催します。  
下記をご参照の上、奮ってご参加ください。

### プレシンプ・レクチャーコース

【日 時】 平成8年5月14日(火)

13:30~18:00

【会 場】 メルパルク新潟

新潟市川岸町 2-1-7

電話 025-232-0101

【定 員】 150名

【参加費】 一般:2,000円, 学生:1,000円

(当日, 会場で申し受けます)

【講 義】

「LDV から PIV -基本と裏技-」

前田昌信氏(慶應義塾大学理工学部教授)

1. レーザー光源の性質
2. LDV の基本
3. LDV の裏表, よりよく使うためのアイデアと注意
4. LDV の更なる発展
5. 面計測への発展 PIV
6. 合わせ技 温度・濃度計測への展開

「大気運動と熱伝達」

植田洋匡氏(九州大学応用力学研究所教授)

1. 浮力の効果
  - 1)乱流構造および輸送機構に及ぼす浮力効果
  - 2)物体周りの流れ
2. 浮力に誘起される基本的な流動機構
  - 1)熱対流
  - 2)重力流
3. さまざまなスケールの大気運動とその構造

【参加申込方法】

参加をご希望の方は, 氏名, 所属, 一般・学生の別, 連絡先を明記の上, 5月8日までに,  
企画部会幹事 飛原英治宛  
FAX(03)3815-8356 又は  
E-mail(hihara@mech.t.u-tokyo.ac.jp)  
にて申込みください。

### 国際セッション

【日 時】 平成8年5月16日(木)

15:50~17:20

伝熱シンポジウム「第2日目」の総会  
に引き続いて開催します。

【会 場】 伝熱シンポジウム講演会場A室

新潟県民会館小ホール

電話 025-228-4481

【定 員】 375名

【参加費】 無料。

伝熱シンポジウム参加者は自由に聴講  
できます。

【講 演】

「シンガポールにおける伝熱研究」(仮題)

Dr. S. H. Winoto

(National University of Singapore)

「台湾における伝熱研究」(仮題)

Prof. G. J. Hwang

(National Tsing Hua University)

【問い合わせ先】

企画部会幹事 飛原英治

FAX: 03-3815-8356

E-mail: hihara@mech.t.u-tokyo.ac.jp

## 第 33 回日本伝熱シンポジウム

開催 5月15日(水)～17日(金)

主催 日本伝熱学会  
共催 日本学術会議熱工学研究連絡委員会 ほか【開催日】 平成8年5月15日(水)～17日(金)  
【会場】新潟県民会館  
新潟市一番堀通り町 3-1 電話 025-228-4481  
メルパルク新潟  
新潟市川岸町 2-1-7 電話 025-232-0101  
新潟県土地改良会館  
新潟市川岸町 1-38-3 電話 025-265-1111  
JR越後線白山駅から徒歩約15分、または  
JR新潟駅「万代口」から市内バス、「市役所前」下車、  
徒歩約10分

## 【シンポジウム参加費】

一般 事前申込：7,000円 当日申込：8,000円  
学生 事前申込：3,000円 当日申込：4,000円  
(いずれも講演論文集代は含みません)

## 【講演論文集】 1セット 8,000円

講演論文集は会場でお受け取り下さい。  
郵送の場合は送料700円  
(発送は、シンポジウム終了後に行ないます)

## 【懇親会】 日時 5月16日(木) 18:00～20:00

会場 メルパルク新潟  
会費 事前申込：7,000円 当日申込：8,000円

## 【参加申込方法】

「伝熱研究」第136号に挟み込みの郵便振替払込用紙を各一人につき一枚づつお使いになり、通信欄に「氏名(ふりがな)、会員・会員外の別、勤務先または学校名、参加費、懇親会費(ご夫妻でご参加の場合はその旨を明記)、講演論文集代金(進呈分以外)、払込合計金額」をご記入の上、その合計金額をご送金下さい。参加証は前日・当日受付にてお渡しいたします。また、原則として領収書の発行を省略し、郵便振替払込票兼受領書をもってかえさせていただきます。なお、E-mailアドレスをお持ちの方は払込人住所欄にメールアドレスもご記入ください。

## 【事前申込締切】 平成8年4月22日(月) (消印有効)

## 【申込先】

郵便振替口座 00600-2-13010  
第33回日本伝熱シンポジウム準備委員会

## 【問い合わせ先】

〒950-21 新潟市五十嵐2-8050  
新潟大学工学部 機械システム工学科気付  
第33回日本伝熱シンポジウム準備委員会  
電話：025-262-6715 FAX：025-262-7260  
E-mail：sympo@tmtherm.eng.niigata-u.ac.jp  
<http://tmtherm.eng.niigata-u.ac.jp/~sympo/index.html>

- 1) \*印は講演者、講演時間は10分、討論はそれぞれのセッションで適宜まとめて行います。
- 
- 2) 連名者の所属が前者と同じ場合は省略してあります。

第1日 5月15日(水)

&lt;&lt; A室 &gt;&gt;

- [乱流構造と伝熱 I] 9:15～10:25
- 
- 座長 青山 善行(愛媛大工)、中部 主敬(京大工)
- 
- A111 乱流境界層の平均流と乱れに及ぼす逆圧力こう配の影響
- 
- 長野 靖尚(名工大)、\*島田 昌也(豊田中研)
- 
- (三菱化学)、黒石 真且(豊田中研)
- 
- A112 不溶性液滴を含む変形ダクト内液乱流の研究
- 
- 佐々木 真二(京工繊大院)、田中 満(京工繊大)、
- 
- 萩原 良道、石坂 浩之(松下精工)
- 
- A113 自由表面における炭酸ガス吸収過程の可視化
- 
- \*小野山 直樹(東工大)、長崎 孝夫(東工大)、
- 
- 土方 邦夫
- 
- A114 だ円断面管路内発達乱流構造の実験解析
- 
- 杉山 均(宇都宮大工)、秋山 光庸、\*渡辺 岳男
- 
- (宇都宮大院)
- 
- [乱流モデルと数値シミュレーション] 10:35～12:00
- 
- 座長 辻 俊博(名工大)、小尾 晋之介(慶応大理工)
- 
- A121 温度場二方程式モデルによる180°曲がり円管内の乱流熱伝
- 
- 達解析
- 
- 杉山 均(宇都宮大工)、秋山 光庸、\*清水 利壽
- 
- (コバトトレーン)
- 
- A122 180°バンド内乱流について(二方程式モデルによる数値解
- 
- 析と実験値との比較)
- 
- \*青山 善行(愛媛大工)
- 
- A123 鈍頭平板まわりの乱流熱伝達に関するLES
- 
- \*岡本 隆太(新日本空技研)、太田 昭和(東北大工)
- 
- A124 平行平板間乱流熱伝達の並列計算によるDNS
- 
- \*河村 洋(東理大)、近藤 芳行(東理大院)、
- 
- 佐々木 潤一郎、山本 稀義(航技研)
- 
- A125 DNSデータベースによる温度場2方程式モデルのモデリ
- 
- ング(第2報、応用伝熱解析)
- 
- \*服部 博文(名工大)、長野 靖尚

- [乱流構造と伝熱 II] 13:00～14:10
- 
- 座長 萩原 良道(京工繊大)、杉山 均(宇都宮大工)
- 
- A131 チャネル乱流の局所壁面せん断応力の統計量
- 
- \*古川 貴之(慶応大院)、小尾 晋之介(慶応大理工)、
- 
- 益田 重明
- 
- A132 安定成層のある開水路乱流場の構造とスカラー輸送のメカ
- 
- ニズム
- 
- \*永翁 龍一(資環研)、斎藤 隆之
- 
- A133 不安定密度成層下にあるチャネル乱流の大規模構造
- 
- \*飯田 雄章(名工大)、笠木 伸英(東大工)
- 
- A134 不安定温度成層乱流場における混合反応機構
- 
- \*長田 孝二(九大工)、小森 悟

- [層流伝熱 I] 14:20~15:30  
座長 太田 昭和 (東北大工), 三田地 紘史 (豊橋技科大)
- A141 ダクト内後ろ向きステップ流れの三次元熱流動解析  
\*岩井 裕 (京大院), 松原 幸治, 中部 主敬 (京大工), 鈴木 健二郎
- A142 加熱リブ付き平行平板間流路における共存対流  
\*松原 幸治 (京大院), 中部 主敬 (京大工), 鈴木 健二郎
- A143 中間レイノルズ数域におけるインラインフィン列の熱流動特性  
\*稲岡 恭二 (京大工), 鈴木 健二郎
- A144 内管が軸方向に動く偏心環状流路内の層流熱伝達 (壁温一定の場合)  
\*茂地 徹 (長崎大工), 桃木 悟, 東井上 真哉 (長崎大院), Y. LEE (オタワ大学)
- [層流伝熱 II] 15:40~16:50  
座長 菱田 公一 (慶応大理工), 服部 博文 (名工大)
- A151 ヘリウム・空気置換流の置換流量に関する研究 (II)  
\*文沢 元雄 (原研), 菱田 誠
- A152 三次元自然対流伝熱の抑制と促進  
\*能登 勝久 (神戸大工), 清野 和雄, 小沢 信吾, 中島 健
- A153 垂直二重円管における自然対流熱伝達  
\*平野 祐哉 (東理大院), 原田 豊, 服部 直三 (東理大)
- A154 下面より加熱された水平平板間の緩やかな流れの流動形態と伝熱特性  
\*鈴木 孝司 (豊橋技科大), 池田 文寛, 三田地 紘史, 高橋 勇二 (都城高専)
- [対流伝熱の促進・制御 I] 17:00~18:10  
座長 服部 直三 (東理大), 稲岡 恭二 (京大工)
- A161 軟磁性体粒子群による熱流束制御  
\*菱田 公一 (慶応大理工), 梅森 広成 (慶応大院), 前田 昌信 (慶応大理工)
- A162 エアレーションによる対流伝熱制御  
\*田幡 諭史 (山形大院), 高橋 一郎 (山形大工)
- A163 管内強制対流に対するEHD効果のLESによる数値解析  
\*長谷川 雅人 (筑波大院), 矢部 彰 (機械技研), 成合 英樹 (筑波大構造)
- A164 熱により励起される気柱振動  
\*西岡 明 (東大院), 飛原 英治 (東大工), 斎藤 孝基
- << B室 >>
- [都市・地球環境 I] 9:15~10:25  
座長 平田 哲夫 (信州大工), 平井 秀一郎 (東工大)
- B111 ミスト化を利用した排ガスからの熱・物質回収 (理論的研究)  
滝本 昭 (金沢人工), \*岩井 聡 (金沢大院), 多田 幸生 (金沢大工), 林 勇二郎
- B112 円筒型浸透膜内の物質伝達  
\*一法師 茂俊 (熊本大工), 井村 英昭, 河端 茂樹
- B113 無雪道路の熱設計に関する研究  
梅宮 弘道 (山形大工), \*東海林 貴 (山形大院)
- B114 2成分凝縮ガスのミスト生成を伴う物質伝達  
\*澤田 壮之 (長岡技科大), 青木 和夫 (長岡技科大), 服部 賢, 佐藤 浩二 (長岡技科大)
- [都市・地球環境 II] 10:35~12:00  
座長 梅宮 弘道 (山形大工), 一法師 茂俊 (熊本大工)
- B121 海水面を通しての炭酸ガスの移動速度に及ぼす海水の効果  
\*嶋田 隆司 (九大工), 小森 悟
- B122 液体 CO<sub>2</sub> 深海投入用長尺管の伝熱シミュレーション  
\*園田 圭介 (三菱重工), 尾崎 雅彦, 菊池 洋, 松尾 篤二
- B123 ハイドレートを伴う液体 CO<sub>2</sub> の溶解速度と CO<sub>2</sub> 海洋貯留の評価  
平井 秀一郎 (東工大), 岡崎 健, \*田部 豊 (東工大院), 土方 邦夫 (東工大), 森 康夫
- B124 地球温暖化シミュレーションに対するタイム・スペース法の時間積分精度に関する考察  
\*久田 哲弥 (東北大院), 齋藤 武雄 (東北大工)
- B125 都市温暖化の広領域3次元シミュレーション  
\*砂塚 隆 (東北大院), 齋藤 武雄 (東北大工)
- [蓄熱・蓄冷 I] 13:00~14:10  
座長 竹越 栄俊 (富山大工), 百生 登 (富山県大)
- B131 グラニューラー・アイス方式氷蓄熱: 実験的研究  
\*須田 不二夫 (東海大教養), 豊崎 美代子 (東海大学), 森沢 知詠子 (東海大学)
- B132 疎水性液中における水層の融解挙動  
山田 雅彦 (北大工), 福迫 尚 郎, \*M. E. SAYED (北大院)
- B133 水平矩形流路内におけるスラッシュアイスの融解熱伝達  
山田 雅彦 (北大工), 福迫 尚一郎, \*川南 剛 (北大院)
- B134 水平円管内におけるスラッシュアイスの融解熱伝達  
山田 雅彦 (北大工), 福迫 尚一郎, \*伊藤 健司 (動燃), 河部 弘道 (専大北海道短大)
- [蓄熱・蓄冷 II] 14:20~15:30  
座長 岡 峰夫 (富士電機総研), 山田 雅彦 (北大工)
- B141 熱伝導体による流水中におかれた冷却円管群周りの凍結抑制  
\*西田 耕作 (信州大工), 平田 哲夫, 石川 正昭
- B142 水平円筒カプセル型潜熱蓄熱システムの性能評価シミュレーション  
\*石川 止昭 (信州大工), 平田 哲夫, 玉木 忍乎
- B143 密度反転を考慮した球カプセル内の自然対流/接触複合融解の数値解析  
\*保科 栄宏 (東北大院), 齋藤 武雄 (東北大工)
- B144 縦置き円筒カプセル内の複合融解に関する実験的研究  
楊 開滿 (東北大院), 齋藤 武雄 (東北大工)
- [蓄熱・蓄冷 III] 15:40~16:50  
座長 大久保 英敏 (玉川大), 大河 誠司 (東工大)
- B151 温度成層過程に与えた水平邪魔板の影響  
\*莫 雲 (九大工), 船津 茂義, 宮武 修
- B152 管群型潜熱蓄熱槽における凝固過程の数値シミュレーション  
\*上園 昌一郎 (日立), 寒河江 勝彦, 山川 正剛, 藤田 明洋, 竹越 栄俊 (富山大工), 平澤 良男
- B153 管群型潜熱蓄熱槽の凝固特性に関する実験的研究  
平澤 良男 (富山大工), \*平村 英志 (富山大院), 竹越 栄俊 (富山大工), 山川 正剛 (日立)
- B154 接触溶融現象における加熱壁面形状の影響  
\*岡 峰夫 (富士電機総研)
- [蓄熱・蓄冷 IV] 17:00~18:10  
座長 山川 正剛 (日立), 平澤 良男 (富山大工)
- B161 エタノール水溶液を利用した潜熱蓄冷材の開発  
\*大久保 英敏 (玉川大), 西尾 茂文 (東大生研)
- B162 過冷却水の凝固に及ぼす電場の影響  
\*原田 忠英 (三菱化学), 大河 誠司 (東工大), 斎藤 彬夫
- B163 Antifreeze Protein を利用する水スラリーの結晶構造のミクロな研究  
\*S. GRANDUM (筑波大院), 矢部 彰 (機械技研),

- 中込 和哉 (富山医薬大), 田中 誠 (機械技研),  
竹村 文男, 小林 康徳 (筑波大構造)
- B164 非定常接触融融における固相の初期温度の影響について  
斎藤 彬夫 (東工大), \*熊野 寛之, 大河 誠司,  
大田 真朗 (東工大)

## &lt;&lt; C室 &gt;&gt;

- オーガナイズドセッション 《電荷移動を伴う熱科学現象》  
オーガナイザー 水野 彰 (豊橋技科大),  
吉田 英生 (東工大)
- [電荷移動を伴う熱科学現象 I] 9:00~10:25  
[研究会活動報告]  
座長 水野 彰 (豊橋技科大), 吉田 英生 (東工大)
- C111 電場付与による霜成長の抑制  
\*岡本 賢一郎 (岐阜大院), 熊田 雅弥 (岐阜大工)
- C112 周期電場による固気混相流の制御と伝熱促進  
多田 幸生 (金沢大工), \*吉岡 俊 (金沢大院),  
滝本 昭 (金沢大工), 林 勇二郎
- C113 熱プラズマ噴流の固体面への伝熱現象  
橋本 律男 (三菱重工), 星 要之介, \*松田 直彦
- C114 パルス放電排煙脱硫脱硝における高圧極直径や絶縁体放電  
による特性変化  
\*恩田 和夫 (豊橋技科大), 藤原 正純 (電総研),  
春日 康弘, 加藤 健, 谷本 充司
- [電荷移動を伴う熱科学現象 II] 10:35~12:00  
座長 恩田 和夫 (豊橋技科大), 中谷 元 (三菱電機)
- C121 放電プラズマによる窒素酸化物除去  
\*清水 一男 (豊橋技科大), 角田 和彦  
(豊橋技科大学), 木下 勝弘 (豊橋技科大),  
柳原 健也, 桂 進司 (豊橋技科大), 水野 彰
- C122 高電圧極短パルスプラズマによるメタン/水からのメタノー  
ル直接合成  
\*山田 展英 (東工大学), 小川 邦康 (東工大),  
安田 真一 (東工大), 平井 秀一郎 (東工大),  
岡崎 健
- C123 放電によるメタン改質の研究  
土方 邦夫 (東工大), 宮川 宗大 (東工大),  
\*井上 剛良 (東工大)
- C124 低温プラズマを用いたメタンのメタノールへの変換  
金村 聖志 (京大工), 内本 喜晴, 小笠原 毅,  
竹原 善一郎, 小久見 善八
- C125 容量結合型電極を用いた有機ラジカルへの電子移動  
金村 聖志 (京大工), 真岡 孝至 (生研), 伊藤 義博
- [電荷移動を伴う熱化学現象 III] 13:00~14:10  
座長 水野 彰 (豊橋技科大), 小川 邦康 (東工大)
- C131 放電プラズマを用いた空気中希薄VOC処理  
\*小田 哲治 (東工大), 山下 竜一, 高橋 平
- C132 高電界放電場における高濃度オゾン生成  
\*葛本 昌樹 (三菱電機)
- C133 方形波パルス無声放電による活性酸素種の高効率生成  
\*石丸 和博 (岐阜高専), 岡崎 健 (東工大)
- C134 流体不安定現象を利用した非平衡プラズマによるオゾン生  
成  
吉田 英生 (東工大), \*西森 顕 (東工大),  
小林 健一 (東工大), 古田 基, 越後 亮三
- [電荷移動を伴う熱化学現象 IV] 14:20~15:30  
座長 小田 哲治 (東工大), 石丸 和博 (岐阜高専)
- C141 非平衡熱電素子による高速能動電熱制御  
\*円山 重直 (東北大流体研),
- C142 マイクロ波加熱による粒子層の乾燥  
\*青木 和夫 (長岡技科大), 小野寺 聡 (長岡技科大),

- 赤堀 匡俊, 服部 賢 (長岡技科大)
- C143 イオン注入とイオン解離によって引き起こされるEHD対  
流の安定解析  
\*芳賀 正和 (東洋大院), 前川 透 (東洋大工),  
棚澤 一郎 (東大生研)
- C144 メゾスコピック系における単電子トンネル現象の量子解析  
\*児玉 勇司 (東洋大院), 池田 教彦, 前川 透  
(東洋大工)

- [電荷移動を伴う熱化学現象 V] 15:40~16:50  
座長 金村 聖志 (京大工), 桂 進司 (豊橋技科大)
- C151 生体膜を用いた塩分濃度差発電の基礎実験  
中谷 純 (北大院), 山藤 孝弘, 近久 武美 (北大工),  
金城 政孝 (北大電子研), 神 隆, 石橋 輝雄 (北大医)
- C152 生体膜を用いた塩分濃度差発電の性能解析  
近久 武美 (北大工), 中谷 純 (北大院), 石橋 輝雄  
(北大医), 金城 政孝 (北大電子研), 神 隆
- C153 円板まわりの二次元電析に及ぼすイオンドリフトの影響  
\*奥谷 仰 (静岡大工), 下本 豪紀, 長谷 隆
- C154 準二次元薄層電析における単一溝のカバレッジ  
\*下本 豪紀 (静岡大工), 奥谷 仰, 長谷 隆

- [自然エネルギー] 17:00~18:10  
座長 青木 和夫 (長岡技科大), 多田 幸生 (金沢大工)
- C161 自由地下水熱流動とシミュレーション (第一報: 2相モデル  
と縮小2次元実験による検討)  
\*横山 孝男 (山形大工), 東浦 将夫 (防災科研),  
飯田 俊彰 (山形大農), 廣瀬 宏一 (岩手大工),  
桂木 公平 (日本地下水開発)
- C162 ポアホールエネルギー貯蔵システムの性能解析  
\*山口 明德 (東北大院), 齋藤 武雄 (東北大工)
- C163 フライホールエネルギー貯蔵に関する研究  
齋藤 武雄 (東北大工), \*古橋 豊樹 (東北大院)
- C164 日射量測定値のスペクトル解析  
馬場 弘 (北見工大), 金山 公夫, 遠藤 登,  
金沢 浩志 (北見工大)

## &lt;&lt; D室 &gt;&gt;

- [熱物性 I] 9:15~10:25  
座長 富村 寿夫 (九大機能研), 長坂 雄次 (慶応大理工)
- D111 固体表面間の接触熱抵抗に関する分子動力学的アプローチ  
(接触点の弾性変形と塑性変形)  
\*若林 英信 (京大工), 青木 泰高 (京大院),  
牧野 俊郎 (京大工)
- D112 ボルツマン方程式の数値計算による金属点接触場の熱起電  
力の解析  
\*伊藤 衡平 (東工大), 土方 邦夫, 井上 剛良
- D113 GaAs 溶液中のAsの拡散に関する分子動力学解析  
\*森安 繁 (東洋大院), 松本 聡, 前川 透 (東洋大工)
- D114 液体の熱物性に関する数値シミュレーション  
山田 雅彦 (北大工), 福迫 尚 郎, \*野岡 暁  
(三菱重工), 河合 洋明 (北海道工大)
- [熱物性 II] 10:35~12:00  
座長 前川 透 (東洋大工), 佐藤 春樹 (慶応大理工)
- D121 超音波による金属間の接触熱コンダクタンスの評価  
\*富村 寿夫 (九大機能研), 黒住 敏弘 (九大院),  
張 興 (九大機能研), 藤井 丕夫
- D122 ソーラー効果を用いた強制レイリー散乱法による拡散係数  
の測定 (第2報)  
\*林田 貴一 (慶応大院), 大矢 文仁 (慶応大学),  
長坂 雄次 (慶応大理工)

- D123 凝固点近傍における融液挙動の微粒子散乱による光学的観察 (第5報)  
\*吉川 直弥 (慶応大院), 奥 雅俊 (慶応大学), 長島 昭 (慶応大理工)
- D124 リブロンを利用した熔融シリコンの表面張力及び動粘性率の同時測定の研究 (第1報 熔融シリコンの表面張力の予備的測定)  
\*川崎 暢哉 (慶応大院), 渡辺 浩太郎, 長坂 雄次 (慶応大理工)
- D125 CO<sub>2</sub> レーザーを用いた強制レイリー散乱法の研究 (第5報: 熔融 Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> および Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> の測定)  
\*大坪 誠司 (慶応大院), 野崎 貴弘 (慶応大学), 長坂 雄次 (慶応大理工), 長島 昭

[熱物性Ⅲ] 13:00~14:10  
座長 荒木 信幸 (静岡大工), 松島 英次 (大阪工大)

- D131 R-125 の液相域における定圧比熱  
菅 貴志 (慶応大院), 安田 学, 鈴木 雅之, 佐藤 春樹 (慶応大理工), 渡部 康一
- D132 湿分移動を伴う布地の熱伝導率の伝熱モデルによる考察  
高橋 カネ子 (秋田大鉱山), \*山田 悦郎, 太田 照和 (東北大工)
- D133 乾留過程における古紙を原料とした綿状物質の有効熱伝導率  
莫 立勤 (岩手大工), 泉 正明, 佐々木 茂子, 白鳥 祐一 (三九化学), 照井 恒一, 山川 紀夫 (岩手大工)
- D134 光音響法による傾斜機能材料の熱物性値評価の研究 (第5報)  
\*山田 真嗣 (慶応大院), 佐藤 務 (慶応大学), 長坂 雄次 (慶応大理工)

[熱物性Ⅳ] 14:20~15:30  
座長 山田 悦郎 (秋田大鉱山), 泉 正明 (岩手大工)

- D141 レーザパルスを受ける有限媒質中の非フーリエ熱伝導  
\*唐 大偉 (静岡大工), 荒木 信幸
- D142 半導体融体の熱拡散率測定法 (第1報 測定理論の検証)  
荒木 信幸 (静岡大工), \*加藤 英貴 (静岡大院), 牧野 敦 (静岡大工)
- D143 フラズ交換を用いたステップ状誘導加熱法に関する研究  
\*松島 栄次 (大阪工大), 北條 勝彦
- D144 有限要素モデルを用いた熱拡散率の測定法に関する研究  
\*井納 智史 (大阪工大), 松島 栄次 (大阪工大), 北條 勝彦

[ヒートパイプ・熱サイフォンⅠ] 15:40~16:50  
座長 宮武 修 (九大工), 前沢 三郎 (成蹊大工)

- D151 密閉二相熱サイフォン内での沸騰および凝縮熱伝達特性  
\*神永 文人 (茨城大工), 橋本 宏之 (茨城大学), 後藤 功次
- D152 液捕集部を持つ金網ウィックの作動液供給効果  
\*角口 勝彦 (資環研), 山本 裕, 田代 守文
- D153 振動励起型熱輸送管に関する研究 (加熱・冷却部における管内熱伝達率)  
\*申 興泰 (東大院), 西尾 茂文 (東大生研)
- D154 冷媒流制御を用いた小型熱サイフォン (素子多段取付時の放熱性能向上)  
\*小林 和雄 (日本電装), 門田 茂, 川口 清司, 鈴木 昌彦, 西尾 茂文 (東大生研)

[ヒートパイプ・熱サイフォンⅡ] 17:00~18:25  
座長 神永 文人 (茨城大工), 角口 勝彦 (資環研)

- D161 金網ウィックの最大毛細管圧力に関する研究  
\*野田 英彦 (九大工), 永淵 慶秀 (三菱レイヨン), 東田 淳 (九大院), 宮武 修 (九大工)

- D162 ヒートパイプ式熱駆動ポンプ  
前沢 三郎 (成蹊大工), \*茂手木 剛 (成蹊大院), 熱田 匡照, 魏 啓陽 (成蹊大工)
- D163 振動型細管サーモサイフォンの基礎研究  
前沢 三郎 (成蹊大工), 南沢 枝世 (成蹊大院), \*中島 亮輔, 魏 啓陽 (成蹊大工)
- D164 ガス制御型サーモサイフォンの研究 (その1: 平面界面モデルによる蒸気温度の推定)  
魏 啓陽 (成蹊大工), \*奥田 史郎 (成蹊大院), 石原 英之, 前沢 三郎 (成蹊大工)
- D165 ガス制御型サーモサイフォンの研究 (その2: 拡散界面モデルによる蒸気温度の推定)  
魏 啓陽 (成蹊大工), \*前沢 三郎

<< E室 >>

オーガナイズドセッション

《融解・凝固利用工業プロセスの新展開》

オーガナイザー 尾添 紘之 (九大機能研), 稲葉 英男 (岡山大工)

[融解・凝固利用工業プロセスの新展開Ⅰ]

[基調講演Ⅰ] 9:50~10:25

座長 尾添 紘之 (九大機能研)

E111 シリコン単結晶製造中における熱と物質の輸送現象 (対流可視化実験と数値計算)

\*柿本 浩一 (NEC基礎研), 李 京雨, 江口 実

[融解・凝固利用工業プロセスの新展開Ⅱ]

[チョクラスキー法結晶成長]

10:35~12:00

座長 日比谷 孟俊 (日本電気), 岡野 泰則 (静岡大工)

E121 Cz結晶成長過程における融液の温度振動

\*山元 崇 (京大院), U. BUCKLE (三洋電機), 中部 主敬 (京大工), 鈴木 健二郎

E122 Cz法ルツボ内振動流の3次精度風上差分による数値解析

\*岩本 光生 (大分大工), 尾添 紘之 (九大機能研), 中尾 太郎 (大分大工), 赤松 正人 (九大総理工)

E123 シリコン融液の密度異常と坩堝内融液流れ

\*十河 慎二 (コマツ電子金属), 寺島 一高 (湘南工大), 木村 茂行 (無機材研)

E124 低Pr数流体の二重拡散自然対流内における振動流れ

鎌倉 勝善 (富山高専), 尾添 紘之 (九大機能研)

E125 InGaAs 三元混晶のバルク結晶成長と溶液対流の数値解析

\*小澤 哲夫 (静岡理工大), 安藤 正彦 (静岡大電子研), 小野 博明, 小山 忠信, 早川 泰弘, 熊川 征司

[融解・凝固利用工業プロセスの新展開Ⅲ]

[浮遊帯域法結晶成長法と金属凝固プロセス] 13:00~14:25

座長 柿本 浩一 (日本電気), 十河 慎二 (コマツ電子金属)

E131 微小重力下での半導体シリコンメルト液柱におけるマランゴニ対流の温度振動

\*日比谷 孟俊 (日本電気), 中村 新, 柿本 浩一, 今石 宣之 (九大機能研), 西澤 伸一 (早大理工), 平田 彰 (早大理工)

E132 フローティングゾーン結晶育成過程に対する高周波加熱の影響

\*宗像 鉄雄 (機械技研), 棚澤 一郎 (東大生研)

E133 結晶熔融過程に及ぼすマランゴニ対流の影響

\*岡野 泰則 (静岡大工), 酒井 奨

E134 単ロール急冷凝固プロセスの数値解析

高田 保之 (九大工), \*佐々木 寛 (九大院), 白川 英親 (九大工), 黒木 虎人, 伊藤 猛宏

E135 過冷却を伴う合金融液のマイクロ凝固

\*義岡 秀晃 (富山商船高専), 林 勇二郎 (金沢大工), 古市 平 (金沢大院)

[融解・凝固利用工業プロセスの新展開Ⅳ]

[基調講演2] 14:35~15:05

座長 稲葉 英男 (岡山大工)

- E141 Enhancement of Natural Convection Heat Transfer with Microencapsulated Phase Change Material Slurries  
\*S. SENGUPTA (ミシガン大)

[融解・凝固利用工業プロセスの新展開Ⅴ]

[マイクロカプセル] 15:15~16:40

座長 佐々木 章 (秋田高専), 堀部 明彦 (岡山大工)

- E151 微細な潜熱物質混合水の直管内輸送特性  
稲葉 英男 (岡山大工), 森田 慎一 (サウエル工業), \*藤崎 将彦 (岡山大院)
- E152 潜熱蓄熱材のカプセル化とスラリー流動特性  
\*福田 英次 (新潟大院), 斉藤 夏風 (新潟大工), 木村 勇雄 (新潟大地共), 田中 真人 (新潟大工)
- E153 マイクロカプセル型空調用潜熱搬送媒体の伝熱/流動特性  
岸本 章 (大阪ガス), 近沢 明夫, 石黒 守 (三菱製紙), 中西 靖憲 (新晃工業)
- E154 マイクロカプセル化相変化物質スラリー熱媒体 (3) 過冷却挙動  
\*秋野 詔夫 (原研), 久保 真治, 中野 文彦, 田中 周長, 島 昭 (慶応大理工), 鷺谷 昭二郎 (日本カプセルラボ)
- E155 マイクロカプセル化潜熱蓄冷材を用いた蓄冷システムに関する実験的研究 (第2報:蓄・放冷温度特性の評価)  
\*山岸 康志 (大同ほくさん), 石毛 隆, 菅野 智久, 武内 洋 (北工研), A. T. PYATENKO (北工研)

[融解・凝固利用工業プロセスの新展開Ⅵ]

[氷蓄熱] 17:00~18:10

座長 西村 龍夫 (山口大工), 秋野 詔夫 (原研)

- E161 ハイブリッド型真空製氷システムの研究 (第2報) 低圧力下における吸収器の性能試験  
\*相沢 和夫 (NKK), 林 謙年
- E162 氷球カプセルの管内流動特性  
稲葉 英男 (岡山大工), 堀部 明彦, 尾崎 公一 \*瀬戸 聡 (岡山大院)
- E163 氷水搬送による地域冷房システム  
浜岡 幸夫 (前川製作所), \*富山 靖司, 栗山 知広 (日建設計), 森川 大和 (関西電力)
- E164 ダイナミック型氷蓄熱システムの蓄氷予測  
\*谷野 正幸 (高砂熱学), 中別府 修 (東工大), 小澤 由行 (高砂熱学), 上力 邦夫 (東工大)
- E165 ダイナミック形氷蓄熱槽に用いる各種氷の氷充填率と放熱速度  
\*梁取 美智雄 (日立機械研), 大平 昭義, 宇多村 元昭 (日立), 坂内 正昭 (日立システム事業部), 加治屋 英治 (日立)

<< F室 >>

[核沸騰Ⅰ] 9:15~10:25

座長 中山 昭男 (九産大工), 鴨志田 隼司 (芝浦工大)

- F111 金属細管内の沸騰熱伝達と可視化  
\*高橋 修 (京大工), 河原 全作, 片澤 昭示, 河野 益近
- F112 ミクロ・マクロ液膜モデルによる非定常沸騰熱伝達の理論的研究 (非沸騰状態から膜沸騰への遷移機構)  
\*趙 耀華 (九工大), 増岡 隆士 (九工大), 鶴田 隆治
- F113 高速流のサブクール沸騰熱伝達と限界熱流束  
藤田 恭伸 (九工大), \*出口 裕展, 内田 悟
- F114 水平加熱面飽和プール沸騰のカオス特性  
庄司 正弘 (東大工), \*根岸 紀明 (東大院),

畑江 尚郎 (東大工), 原村 嘉彦 (神奈川大工)

[核沸騰Ⅱ] 10:35~12:00

座長 原村 嘉彦 (神奈川大工), 高橋 修 (京大工)

- F121 白金表面からの水の沸騰開始  
\*水上 紘一 (愛媛大工), 石本 康二 (愛媛大院), 阿部 文明 (愛媛大工)
- F122 不凝縮気体を含む気泡核の安定限界  
水上 紘一 (愛媛大工), \*竹田 誠
- F123 急速に加熱される平面伝熱面上の揺らぎ核生成後の気泡成長・消滅挙動と伝熱  
飯田 嘉宏 (横浜国大工), 奥山 邦人, \*神田 展昌 (横浜国大院)
- F124 急速に加熱される伝熱面上の揺らぎ核生成後の気泡成長に関する過熱液層蒸発モデル  
\*飯田 嘉宏 (横浜国大工), 奥山 邦人
- F125 蒸気泡発生頻度に伴う飽和プール核沸騰の液体流動  
\*中山 昭男 (九産大工)

[核沸騰Ⅲ] 13:00~14:10

座長 庄司 正弘 (東大工), 櫻井 彰 (未来エネルギー研)

- F131 透明伝熱面を用いた微小重力場のプール核沸騰熱伝達 (第3報:航空機による低熱流束の実験結果)  
大田 治彦 (九工大), \*井上 浩一 (九大院), 川路 正裕 (トロント大), 多田 敏宏 (日産自動車), 村上 浩平 (九大院), 吉田 駿 (九工大)
- F132 高熱流束プール沸騰における液膜形成  
\*鴨志田 隼司 (芝浦工大), 一色 尚次 (日大工)
- F133 核沸騰特性への汚れの影響  
\*刑部 真弘 (東京商船大), 永井 政勝 (東京商船大院)
- F134 減圧下における核沸騰気泡下の温度変動の測定  
\*関根 郁平 (苫小牧高専)

[限界熱流束Ⅰ] 14:20~15:30

座長 関根 郁平 (苫小牧高専), 大田 治彦 (九工大)

- F141 水における広いサブクール度並びに系圧力領域下の定常・非定常プール沸騰臨界熱流束 (1) (指数関数熱入力に伴う臨界熱流束)  
\*福田 勝哉 (神戸商船大), 塩津 正博 (京大原研), 櫻井 彰 (未来エネルギー研)
- F142 熱流束変動によるマクロ液膜厚さの測定  
\*原村 嘉彦 (神奈川大工), 武野 裕之 (神奈川大院)
- F143 二次元沸騰現象における核沸騰および限界熱流束に関する研究  
西尾 茂文 (東大生研), \*後藤 哲史 (東大院), 永井 二郎 (福井大工)
- F144 水における広いサブクール度並びに系圧力領域下の定常・非定常プール沸騰臨界熱流束 (2) (臨界熱流束機構)  
\*櫻井 彰 (未来エネルギー研), 塩津 正博 (京大原研), 福田 勝哉 (神戸商船大)

[限界熱流束Ⅱ] 15:40~16:50

座長 門出 政則 (佐賀大理工), 福田 勝哉 (神戸商船大)

- F151 流動脈動時におけるドライアウト現象の可視化  
梅川 尚嗣 (関西大工), 小澤 守, 光永 有 (関西大院), 三島 嘉一郎 (京大原研), 日引 俊
- F152 強制流動CHFの解析的予測に関する研究  
児玉 茂雄 (京大院), \*片岡 勲 (京大工), 松浦 敬三 (原子燃料工業), 芹澤 昭示 (京大工)
- F153 傾斜管の限界熱流束の整理式  
\*森 英夫 (九工大), 吉田 駿, 大野 正規
- F154 管内強制流動沸騰上流限界熱流束に関する研究  
\*横谷 定雄 (東大工), 渡辺 誠, 西山 薫 (東大工), 庄司 正弘 (東大工)



- [限界熱流束Ⅲ] 17:00~18:10  
座長 水上 紘一(愛媛大工), 横谷 定雄(東大工)
- F161 プール沸騰限界熱流束時の蒸気槽下部液膜厚さ変動に関する研究  
\*矢部 彰(機械技研), 矢島 健史(筑波大院), 劉 秋生(機械技研), 高橋 克行(東理大院), 牧 博司(東理大)
- F162 鉛直円管内を流れる混合媒体 R22/R142b の限界熱流束  
\*宮良 明男(佐賀大理工), H. Auracher (VWI 工科大学), A. Marroquin (シトットガ 財大)
- F163 平面噴流沸騰系の限界熱流束  
\*門出 政則(佐賀大理工), 光武 雄一, 朱 京哲(佐賀大院)
- F164 サブクール沸騰限界熱流束に対する気泡境界層断続の影響  
\*木下 秀孝(筑波大院), 成合 英樹(筑波大構造), 稲坂 富士夫(船研), 吉田 拓也(筑波大院)

<< G室 >>

- オーガナイズドセッション 《分子スケールの伝熱》  
オーガナイザー 加藤 征三(三重大工), 岡崎 健(東工大)
- [分子スケールの伝熱Ⅰ]  
[実験的アプローチ] 9:15~10:25  
座長 矢部 彰(機械技研), 加藤 征三(三重大工)
- G111 由噴流場におけるクラスター分布の分光学的研究  
\*橋本 博文(筑波大構造)
- G112 原子クラスターの光イオン化TOF質量分析  
丸山 茂夫(東大工), \*金原 秀明(東大院), 林 秀明, 小木 貴宏(東大), 井上 満(東大工)
- G113 単原子分子クラスターの薄膜凝縮に関する実験的研究  
\*青木 功(東大工), 小竹 進
- G114 局所温度制御を用いたDNAのマイクロマニピュレーション  
\*石井 龍司(豊橋技科大), 西岡 将輝, 桂 進司(豊橋技科大), 水野 彰
- [分子スケールの伝熱Ⅱ]  
[臨界点現象と連続体連成] 10:35~12:00  
座長 松本 充弘(名大工), 飛原 英治(東大工)
- G121 臨界点極近傍の流体中の分子クラスターに関する研究  
\*渋谷 賢一(東北大院), 佐藤 恭一(東北大工), 小原 拓(東北大流体研), 相原 利雄
- G122 臨界点近傍における熱エネルギー輸送に関する熱流体力学および分子動力学解析  
\*石井 孝治(東洋大院), 大里 浩, 増田 俊輔(東洋大学), 前川 透(東洋大工)
- G123 臨界点近傍の気液界面の分子動力学シミュレーション  
\*丹波 純(東北大院), 小原 拓(東北大流体研), 相原 利雄
- G124 DSMC法の連続流体熱伝達への可能性  
\*宇佐美 勝(二重大工), 加藤 征三
- G125 ボルツマン方程式によるベナール対流の数値解析  
\*瀬尾 昌裕(九大総理工), 平野 博之, 尾添 紘之(九大機能研)
- [分子スケールの伝熱Ⅲ]  
[相変化プロセス] 13:00~14:10  
座長 岩城 敏博(富山大工), 宇佐美 勝(三重大工)
- G131 分子動力学法による Si の固液相変化過程計算  
\*松下 康一郎(九大総理工), 平野 博之, 尾添 紘之(九大機能研)
- G132 固液界面における液体構造の分子動力学  
丸山 茂夫(東大工), \*倉重 俊武(東大院), 山口 康隆

- G133 気泡の生成過程の分子動力学シミュレーション  
\*金城 友之(名大工), 松本 充弘
- G134 物質拡散の分子動力学的研究  
\*河原 治(富山高専)
- [分子スケールの伝熱Ⅳ]  
[衝突生成・凝縮] 14:20~15:30  
座長 平野 博之(九大総理工), 橋本 博文(筑波大構造)
- G141 2次元分子動力学によるクラスターの衝突シミュレーション(7粒子無回転クラスターの場合)  
\*小島 聡(富山大院), 岩城 敏博(富山大工)
- G142 基板上におけるクラスター生成に関する研究  
\*宮崎 康次(東工大院), 長崎 孝夫(東工大), 土方 邦夫, 中別府 修
- G143 フラーレン生成過程の分子動力学  
丸山 茂夫(東大工), \*山口 康隆(東大院), 川上 嵩章(東大工)
- G144 非平衡凝縮過程の分子動力学シミュレーション  
\*松本 充弘(名大工)

- [分子スケールの伝熱Ⅴ]  
[水溶液構造] 15:40~16:50  
座長 丸山 茂夫(東大工), 河原 治(富山高専)
- G151 EXAFS(広域X線吸収微細構造)測定による電解質水溶液の構造に関する研究(第1報)  
\*猿渡 英樹(東大院), 大宮司 啓文, 飛原 英治(東大工)
- G152 EXAFS(広域X線吸収微細構造)測定による電解質水溶液の構造に関する研究(第2報:分子動力学法を用いた解析)  
\*大宮司 啓文(東大院), 猿渡 英樹, 飛原 英治(東大工), 斎藤 孝基
- G153 水の動的構造に関する分子動力学的研究  
\*小原 拓(東北大流体研), 相原 利雄
- G154 一様電場中における水分子の微視的構造  
\*竹村 文男(機械技研), 小原 拓(東北大流体研), 矢部 彰(機械技研)

- [分子スケールの伝熱Ⅵ]  
[量子分子動力学] 17:00~18:10  
座長 小原 拓(東北大流体研), 岡崎 健(東工大)
- G161 クラスレート/ハイドレート形成過程の分子動力学シミュレーション(第1報:2相モデルと縮小2次元実験による検討)  
\*平井 秀一郎(東工大), 岡崎 健, 倉岡 進輔, 河村 雄行
- G162 Energy Transfer of Diatomic Molecules to Solid Surface: QMD Study  
\*T. N. ZOLOTUKHINA(原研)
- G163 光照射による物質の熱運動変化に関する量子分子動力学的研究  
\*芝原 正彦(東大院), 小竹 進(東大工)
- G164 非経験的分子軌道法による酸素原子の反応解析  
\*山本 昌弘(三重大院), 加藤 征三(三重大工)

<< H室 >>

- [密閉空間内の自然対流Ⅰ] 10:35~12:00  
座長 能登 勝久(神戸大工), 木村 照夫(福井大工)
- H121 矩形容器内に置かれた円筒周りの水の非定常自然対流(水の冷却過程に及ぼす密度逆転の影響)  
笹口 健吾(熊本大工), \*草野 剛嗣(熊本大院), 北川 秀昭, 桑原 功治(熊本大学)
- H122 矩形容器内自然対流に及ぼす壁面熱流束分布の影響  
\*菊地 義弘(広島大工), 叫 雅由, 杉森 啓二, 佐古 光雄

- H123 鉛直平行壁面間の自然対流場に生じる流動に関する研究  
\*川久保 昌章 (阪大院), 木本 日出夫 (阪大基礎工)
- H124 鉛直平板間密度成層内の自然対流熱伝達に関する研究  
\*姫野 修廣 (信州大織), 日向 滋, 山寺 進悟 (信州大院)
- H125 2本のスぺーサを有する密閉矩形容器内の自然対流  
\*塩見 洋一 (龍谷大理工), 忽那 泰章, 中西 重康, 小澤 守 (関西大工)

[密閉空間内の自然対流Ⅱ] 13:00~14:10  
座長 菊地 義弘 (広島大工), 姫野 修廣 (信州大織)

- H131 磁気 Rayleigh-Benard 対流の線形安定解析  
\*森本 久雄 (東洋大院), 前川 透 (東洋大工), 石川 正道 (三菱総研)
- H132 火災に伴う浮力流れの数値計算  
岩津 玲磨 (大林組), 土井 暁, 河村 哲也 (千葉大工), 玄 在民 (KAIST)
- H133 濃度差マラコニ効果による表面流動現象の研究  
土方 邦夫 (東工大), \*野口 卓 (東工大学), 鈴木 祐二 (東工大), J. P. LONGTIN (東工大院)
- H134 CAES-G/T の空洞内における熱流体现象に関する実験的研究  
多田 茂 (東工大), 吉田 英生, 越後 亮三, \*鳩宿 貴洋 (東工大学), 韓 朝榮 (東工大院)

[密閉空間内の自然対流Ⅲ] 14:20~15:30  
座長 木本日出夫 (阪大基礎工), 土屋敏明 (計算流体研)

- H141 二重円管内の偏心に伴う自然対流熱伝達の研究  
廣瀬 宏一 (岩手大工), \*八戸 俊貴 (岩手大院), 石井 洋次 (岩手大工), 大内 雅樹
- H142 融解現象を利用した発熱面の冷却に関する研究 (発熱面に対向する冷却面の効果)  
\*笹口 健吾 (熊本大工), 宮崎 明 (熊本大院)
- H143 多孔質層内の二重拡散対流  
西村 龍夫 (山口大工), \*国次 公司 (山口大院), 中野 宏三 (小野田工高)
- H144 同心角パイプ間の自然対流  
\*舟渡 裕一 (富山県大), 鈴木 立之

[密閉空間内の自然対流Ⅳ] 15:40~17:05  
座長 鈴木 立之 (富山県大), 笹口 健吾 (熊本大工)

- H151 側壁加熱容器における自然対流の数値計算  
\*土屋 敏明 (計算流体研), 桑原 邦郎 (宇宙科学研)
- H152 超臨界圧流体の非定常熱伝達と伝熱制御  
\*本木 一郎 (東北大院), 相原 利雄 (東北大流体研), 小原 拓
- H153 偏平な円形断面の密閉容器内における自然対流熱伝達  
\*木村 照夫 (福井大工), 竹内 正紀, 永井 二郎, 平野 誠 (福井大院)
- H154 水平塩水層内における対流発生と熱伝達  
山田 雅彦 (北大工), 福迫 尚一郎, \*高橋 忠克 (東京電力), 山本 春樹 (旭川高専)
- H155 外部磁場による液体金属自然対流の伝熱促進効果  
\*田川 俊夫 (九大総理工), 尾添 紘之 (九大機能研)

第2日 5月16日 (木)

<< A室 >>

- [対流伝熱の促進・制御Ⅱ] 9:00~10:25  
座長 鶴野 省三 (防衛大), 土屋 良明 (信州大工)
- A211 超音波伝熱促進に及ぼす周波数の影響 (第2報:2周波数による連続照射)  
野村 信福 (愛媛大工), \*正瑞 浩章 (愛媛大院), 村上 幸一 (愛媛大工), 青山 善行, 越智 順治
- A212 流れ方向に傾斜したピンフィン群が基板熱伝達に及ぼす影

- 響  
\*松本 亮介 (関西大工), 吉川 進三 (同志社大工), 千田 衛, 鈴木 聖教 (同志社大院)
- A213 環状衝突噴流熱伝達に及ぼすノズル形状の影響  
一宮 浩市 (山梨大工), \*福本 浩通 (山梨大院)
- A214 加振伝熱面上の2次元衝突噴流熱伝達  
\*一宮 浩市 (山梨大工), 吉田 裕 (山梨大院)
- A215 薄い多孔質板の対流熱伝達の促進に関する研究 (自然対流での空孔の大きさの影響)  
\*西 義久 (電中研), 木下 泉, 古谷 正裕

[対流伝熱の促進・制御Ⅲ] 10:35~12:00  
座長 一宮 浩市 (山梨大工), 千田 衛 (同志社大工)

- A221 壁面変形による渦対と熱伝達のアクティブ制御  
\*三戸 陽一 (東大院), 笠木 伸英 (東大工)
- A222 可視化・計測による層流馬蹄渦の研究 (第2報:平板面に接する面の渦構造)  
鶴野 省三 (防衛大), 宮原 宏, \*松口 淳, 田村 健一
- A223 二重円筒流路における対流熱伝達率測定用試験体の開発  
工藤 一彦 (北大工), 黒田 明慈, 持田 あけの, \*中村 啓一 (北大院), 中西 啓太 (北大学)
- A224 ポルテックス・ジェネレータによる流路内熱伝達の促進  
\*瀬名波 出 (琉球大工), 屋我 実, 親川 兼勇
- A225 障害物後流の旋回渦による気体巻き込みに関する研究  
\*熊沢 達也 (東北大院), 江原 真司, 橋爪 秀利 (東北大工), 戸田 三朗

<< B室 >>

- [ふく射伝熱Ⅰ] 9:00~10:25  
座長 牧野 俊郎 (京大工), 山田 純 (山梨大工)
- B211 炉内ふく射伝熱計算に及ぼす狭域バンド内非一様性の影響  
\*武藤 哲雄 (阪大院), 岡本 達幸 (阪大工), 吉本 隆光 (阪大院), 高城 敏美 (阪大工)
- B212 非灰色ガス層内伝導-ふく射伝熱  
\*上宇都 幸一 (大分大工)
- B213 環状プラズマのふく射伝熱における発熱分布の影響  
\*日向野 三雄 (東北大流体研), 円山 重直, 菱沼 信夫, 高木 敏行
- B214 大サイズパラメータの繊維層におけるふく射エネルギー透過に関する研究  
工藤 一彦 (北大工), \*李 炳熙, 黒田 明慈, 佐藤 賢法 (北大学)
- B215 四面体要素による任意形状系のふく射伝熱解析  
工藤 一彦 (北大工), 黒田 明慈, \*三村 宏

- [ふく射物性] 10:35~11:45  
座長 日向野 三雄 (東北大流体研), 上宇都 幸一 (大分大工)
- B221 微粒子による光の減衰、散乱特性の近似予測法  
\*奥山 邦人 (横浜国大工), N. LIOR (パソパニア大)
- B222 表面があらゆる一本の繊維によるふく射の散乱  
\*牧野 俊郎 (京大工), 堀場 潤一 (京大院), 服部 純也
- B223 分子動力学を用いた SiO<sub>2</sub> の赤外スペクトル計算  
\*入沼 敏治 (電中研), 宮永 俊之
- B224 ふく射伝熱物性値逆問題解析  
工藤 一彦 (北大工), 黒田 明慈, \*尾崎 英史 (北大院), 小熊 正人 (石川島播磨)

- [ふく射伝熱Ⅱ] 13:00~13:55  
座長 円山 重直 (東北大流体研), 黒田 明慈 (北大工)
- B231 繊維集合体を用いたガスエンタルピー-ふく射エネルギー変換  
\*山田 純 (山梨大工), 一宮 浩市

- B232 直交選点法によるふく射・強制対流共存問題に対する数値解析  
\*金丸 邦康(長崎大工), 茂地 徹
- B233 天井放射冷房空間の熱放射環境の解析(2)  
-人体の温熱快適感の予測と実験値の比較-  
\*宮永 俊之(電中研), 大沼 敏治, 前田 幸司郎(電力計算センター)

<< C室 >>

- オーガナイズドセッション 《閉空間の伝熱環境》  
オーガナイザー 村上 周三(東大生研)
- [閉空間の伝熱環境 I] 9:00~10:10  
座長 村上 周三(東大生研), 長野 靖尚(名工大)
- C211 壁取合い部分の熱伝達率特性について  
小林 定教(島根大工), \*萩原 文雄(福山大)
- C212 放射温度計による壁取合い部分の熱伝達率測定法について  
\*小林 定教(島根大工), 萩原 文雄(福山大)
- C213 閉空間内熱対流の不安定挙動とその支配方程式  
\*H. MIAOUAH(名工大), 辻 俊博(名工大), 長野 靖尚
- C214 対流・放射連成シミュレーションによる放射パネル冷房居室の熱輸送解析  
\*村上 周三(東大生研), 加藤 信介, 魯 志雄
- [閉空間の伝熱環境 II] 10:35~11:45  
座長 長野 靖尚(名工大), 村上 周三(東大生研)
- C221 アトリウムにおける上下温度分布に関する研究  
\*桑原 亮一(三建設備工業), 山田 義昭, 水谷 国男
- C222 Dynamic LES による非等温室内気流解析  
村上 周三(東大生研), \*持田 灯(新潟大工), 富永 植秀, 松井 巨光(五洋建設)
- C223 業務用厨房の高効率換気・空調システムに関する研究(その1) 実大実験による換気・空調効率の測定結果  
\*赤林 伸一(新潟大工), 近藤 靖史(武蔵工大)
- C224 業務用厨房の高効率換気・空調システムに関する研究(その2) 数値シミュレーションによる換気・空調効率の計算結果  
\*近藤 靖史(武蔵工大), 赤林 伸一(新潟大工)

<< D室 >>

- [二相流のモデル化と数値解析] 9:00~10:10  
座長 藤田 秀臣(名工大), 松井 剛一(筑波大構造)
- D211 VOF法による相変化を伴う熱流動の数値解法(第2報:キャビティからの気泡の成長)  
高田 保之(九大工), \*白川 英観(九大院), 佐々木 寛(九大工), 黒木 虎人, 伊藤 猛宏
- D212 二相流の数値計算  
\*橋口 真宜(計算流体研)
- D213 気泡群の合一挙動シミュレーション  
\*功刀 資彰(原研)
- D214 管内で混合する高速ミスト噴流場の数値解析  
中川 勝文(豊橋技科大), \*武内 裕嗣, 古家 正博
- [二相流の可視化計測] 10:20~12:00  
座長 中川 勝文(豊橋技科大), 高田 保之(九大工)
- D221 同心コンダクタンスプローブによる二相流の液膜厚さの測定精度について  
\*渡辺 修(愛知工大), 藤田 秀臣(名工大)
- D222 気泡を含む流れの乱流構造(PIVによる単一気泡近傍の流動場の計測)  
飯塚 功二(慶応大院), \*前川 宗則, 菱田 公一(慶応大理工), 前田 昌信
- D223 固体高分子水電解装置の流動状態に関する研究

- 山田 明(三菱重工), \*小阪 健一郎, 菅 啓史, 谷 俊弘
- D224 複針式抵抗プローブによる気泡弦長測定値の修正法  
\*文字 秀明(筑波大構造), 松井 剛一
- D225 循環流動層ライザー内の粒子群挙動  
\*武内 洋(北工研), A. T. PYATENKO, 幡野 博之(資環研)
- D226 らせん状細管内の気液二相流(流れの観察と流動様式線図)  
\*藤田 秀臣(名人工), 渡辺 修(愛知工大), 廣田 真史(名大工), 松本 直樹(松下電器), 丸山 直樹(名大院)

<< E室 >>

- オーガナイズドセッション  
《融解・凝固利用工業プロセスの新展開》  
オーガナイザー 尾添 弘之(九大機能研), 稲葉 英男(岡山大工)
- [融解・凝固利用工業プロセスの新展開VI] [蓄熱] 9:00~10:25  
座長 梁取 美智雄(日立機械研), 義岡 秀晃(富山商船高専)
- E211 高融点潜熱蓄熱材を用いた蓄・放熱実験  
\*星 朗(一関高専), 齋藤 武雄(東北大工)
- E212 粒状潜熱蓄冷熱材からの直接接触熱交換による放熱特性  
稲葉 英男(岡山大工), \*佐藤 憲二(岡山大院)
- E213 形状安定化潜熱蓄熱粒子充填流動層の蓄熱挙動  
稲葉 英男(岡山大工), 堀部 明彦, 尾崎 公一, \*山澤 隆行(岡山大院)
- E214 粒状架橋樹脂を充填した潜熱蓄熱槽の放熱特性-数値解と実験結果の比較-  
宮武 修(九大工), 森田 拓記
- E215  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  混合塩系潜熱蓄熱材の研究  
\*垣内 博行(三菱化学)
- [融解・凝固利用工業プロセスの新展開VII] [その他] 10:35~12:00  
座長 相沢 和夫(NKK), 尾崎 公一(岡山大工)
- E221 2成分凝固過程における粘度の影響  
\*西村 龍夫(山口大工), 若松 幹生(山口大院)
- E222 局部的に冷却された容器内の水の凍結  
\*佐々木 章(秋田高専), 佐貫 康治
- E223 噴霧気流中におかれた細線まわりの着氷挙動と着氷限界熱流束(第2報 線径の影響)  
麓 耕二(釧路高専), 山岸 英明, 福迫 尚郎(北大工)
- E224 電子ビームによる揮発性有機物のエアロゾル化  
\*橋本 昭司(原研), ウ・シュンキ(中国技術情報研), 広田 耕一(原研), 箱田 照幸
- E225 低温下における排ガス中の $\text{CO}_2$ の固化技術  
\*竹内 善幸(三菱重工), 広中 正吾, 島田 裕(中国電力), 徳政 賢治

- [冷媒の沸騰・凝縮] 13:00~14:10  
座長 高松 洋(九大機能研), 北原 章(福島高専)
- E231 HFC系混合冷媒の蒸発熱伝達に関する数値解析  
\*内山 直行(京大院), 喜多 亮夫(京大工), 鈴木 健二郎
- E232 冷媒の水平蒸発管におけるドライアウトに関する研究  
\*吉田 駿(九大工), 森 英夫, 大石 克巳, 中邑 隆之(九大院)
- E233 水平管内非共沸混合冷媒の蒸発熱伝達率の予測式  
\*松田 憲兒(三菱重工), 平尾 康彦
- E234 放射冷却利用冷房システムの性能解析  
\*丸島 敬(東北大院), 齋藤 武雄(東北大工)

<< F室 >>

- [限界熱流束Ⅳ] 9:00~10:10  
 座長 茂地 徹 (長崎大工), 永井 二郎 (福井大工)  
 F211 垂直加熱管内流下液膜のドライアウト熱流束  
 小泉 安郎 (工学院大), \*御代田 幸雄, 植田 辰洋  
 F212 密閉型二相熱サイフォンの限界熱流束  
 門出 政則 (佐賀大理工), \*光武 雄一, H. Z. MOHAMMAD,  
 畑谷 岳志 (佐賀大院)  
 F213 核融合炉高熱負荷面の限界熱流束向上に関する研究  
 \*宇井 淳 (東工大), 井上 晃 (東工大総理工),  
 有富 正憲 (東工大), 李 相烈, 松下 英俊 (東工大),  
 松崎 充男 (東工大)  
 F214 限界熱流束および遷移沸騰におけるマクロ液膜蒸発モデル  
 \*坂下 弘人 (北大工), 熊田 俊明

- [膜沸騰] 10:35~12:00  
 座長 熊谷 哲 (東北大工), 坂下 弘人 (北大工)  
 F221 圧力波付加時の蒸気膜内圧力の測定と解析  
 \*高島 武雄 (横浜国大工), 飯田 嘉宏  
 F222 垂直円柱からの強制対流膜沸騰熱伝達  
 \*塩津 正博 (京大原研), 濱 勝彦  
 F223 強制対流膜沸騰熱伝達に関する研究 (蒸気膜流れに及ぼす液相流動特性の影響)  
 大竹 浩晴 (工学院大), \*久恒 仁志 (工学院大院),  
 小泉 安郎 (工学院大)  
 F224 有限長の垂直円柱まわりの膜沸騰熱伝達 (第1報)  
 \*山田 (長崎大工), 茂地 徹, 桃木 悟,  
 金丸 邦康  
 F225 蒸気爆発の素過程における非正常膜沸騰熱伝達に関する研究  
 \*藤井 喜文 (東工大), 井上 晃 (東工大),  
 松崎 充男

- [遷移沸騰] 13:00~13:55  
 座長 井上 晃 (東工大総理工), 塩津 正博 (京大原研)  
 F231 気泡微細化沸騰における気泡挙動と圧力変動  
 \*川端 和典 (東北大院), 熊谷 哲 (東北大工),  
 島田 了八 (石巻専修大理工)  
 F232 沸騰熱伝達における固液接触現象の研究 (接触線長さ密度の提案)  
 永井 二郎 (福井大工), \*西尾 茂文 (東大生研)  
 F233 沸騰熱伝達における固液接触現象の研究 (接触線近傍での蒸発伝熱による沸騰熱伝達モデル)  
 \*永井 二郎 (福井大工), 西尾 茂文 (東大生研)

<< G室 >>

- オーガナイズドセッション《人間熱科学》  
 オーガナイザー 中島 利誠 (お茶の水女大)  
 [人間熱科学] 9:00~10:25  
 座長 中島 利誠 (お茶の水女大), 菅井 清美 (新潟県立女短大)  
 G211 人体着衣熱モデルの実験的検証  
 \*庄司 祐子 (神戸大学), 竹森 利和 (大阪ガス),  
 松波 晴人, 中島 健 (神戸大工)  
 G212 ウェーブレット変換による発汗挙動の時間-周波数解析  
 \*多屋 淑子 (田中千代学園), 長谷川 廣子  
 (お茶の水大), 山野 春子, 多屋 秀人 (生命研),  
 中島 利誠 (お茶の水大)  
 G213 着衣を模擬した多段円柱周りの自然対流熱伝達の解析  
 \*井田 剛 (東理大院), 河村 洋 (東理大)  
 G214 ニューラルネットワークを利用した衣服の着心地に関する因子分析  
 \*菅井 清美 (新潟県女短大), 宮地 あゆみ  
 (長岡技科大), 加藤 和夫, 松田 甚一  
 G215 東京の都市温暖化と湿分移動を考えた新しい快適指数の提案

\*山田 昇 (東北大院), 齋藤 武雄 (東北大工)

- [熱交換器Ⅰ] 10:35~11:45  
 座長 刑部 真弘 (東京商船大), 横堀 誠一 (東芝)  
 G221 代替冷媒を用いた空気熱交換器の熱的性能  
 蛭子 毅 (ダイキン工業), \*笠井 一成, 鳥越 邦和  
 G222 フラットフィンチューブ型熱交換器における流れと熱伝達  
 (第2報: 幾何パラメータの影響)  
 喜 冠南 (ダイキン工業), \*大久保 英作, 蛭子 毅,  
 鳥越 邦和  
 G223 代替冷媒に対応した空調用熱交換器の性能計算  
 木戸 長生 (松下冷機), 谷口 光徳, 菅 宏明  
 G224 対向流式熱交換器における熱電発電に関する研究  
 \*A. M. BETHANCOURT (東工大), 越後 亮三 (東工大),  
 小林 健一, 吉田 英生, 齋藤 元浩 (東工大学)

- [熱交換器Ⅱ] 13:00~13:55  
 座長 鳥越 邦和 (ダイキン工業), 小林 健一 (東工大)  
 G231 衝突噴流下における水平霜相の昇華蒸発現象  
 稲葉 英男 (岡山工), \*今井 誠士 (岡山大院)  
 G232 二次元衝突噴流間の相互干渉熱伝達特性  
 稲葉 英男 (岡山工), 堀部 明彦, 尾崎 公一,  
 \*三宅 智久 (岡山大院)  
 G233 超小型複合サイクル用排ガスエコノマイザ  
 \*巫 源 (東京商船大), 佐藤 貴之 (東京商船大院),  
 酒井 健児, 伊藤 次衛 (東京商船大), 刑部 真弘

<< H室 >>

- [燃焼における伝熱Ⅰ] 9:00~10:25  
 座長 佐野 妙子 (東海大工), 新井 紀男 (名大高エネ)  
 H211 スプレーノズルを用いた気液混合燃焼装置の燃焼特性  
 \*高見 均 (名大院), 鈴木 智博, 板谷 義紀  
 (名大工), 松田 仁樹, 架谷 昌信  
 H212 超断熱燃焼熱機関に関する研究  
 \*花村 克悟 (岐阜大工), 坊田 清 (岐阜大院)  
 H213 回転式蓄熱体を用いた高効率燃焼器の研究  
 土方 邦夫 (東工大), \*佃 浩一 (東工大学),  
 長崎 孝夫 (東工大), 鈴木 祐二, 井下田 真信  
 (東工大)  
 H214 複雑な熱伝達を伴う不活性多孔質媒体内における燃料ミストの自力燃焼  
 \*V. MARTYENKO (東工大), 越後 亮三 (東工大),  
 吉田 英生  
 H215 プール火災での熱の流れ  
 早坂 洋史 (北大工), \*西村 健太 (北大院),  
 工藤 祐嗣

- [燃焼における伝熱Ⅱ] 10:35~12:00  
 座長 早坂 洋史 (北大工), 花村 克悟 (岐阜大工)  
 H221 対向流拡散火炎の消炎機構に関する数値解析  
 \*山田 善久 (東北大院), 齋藤 武雄 (東北大工)  
 H222 新たな乱流燃焼モデルの提案とその評価  
 (第4報: 乱流火炎のフラクタル次元の評価)  
 稲毛 真一 (日立), 小林 成嘉  
 H223 熱循環型セラミックバーナーの希薄燃焼における伝熱特性  
 \*毎原 玲香 (名大院), 小林 敬幸 (名大高エネ),  
 新井 紀男  
 H224 メタン-空気燃焼場における耐酸化コーティングされたC/Cコンポジットの劣化特性  
 \*加知 岳志 (名大院), 小林 敬幸 (名大高エネ),  
 新井 紀男, 加藤 吉成 (TYK), 廣中 与志雄  
 H225 メタン-空気高圧燃焼器の火炎構造に対する圧力の影響  
 \*小林 敬幸 (名大高エネ), 宮崎 智永 (名大工),

第33回日本伝熱シンポジウム

- 新井 紀男 (名大高エネ), 三浦 隆利 (東北大工), 古畑 朋彦
- [燃焼における伝熱Ⅲ] 13:00~14:10  
座長 板谷 義紀 (名大工), 小林 敬幸 (名大高エネ)
- H231 Ti-Al系金属間化合物の燃焼合成  
花村 克悟 (岐阜大工), \*加藤 丈晴 (岐阜大院)
- H232 往復流動超断熱システムによるメタンの直接改質  
花村 克悟 (岐阜大工), \*小柳 公人 (岐阜大院)
- H233 自然着火燃焼におけるオクタン価と着火遅れの相関  
\*魏 啓陽 (成蹊大工), 前沢 三郎
- H234 燃焼ガスと空気との混合領域におけるNO<sub>2</sub>の生成—周囲空気への燃料添加—  
小山 哲義 (東海大院), 佐野 妙子 (東海大工)
- [ヒートポンプ・冷凍Ⅰ] 9:00~10:25  
座長 清田 正徳 (徳島大工), 鈴木 祐二 (東工大)
- I211 ヒートポンプ成績係数に及ぼす圧縮過程液噴霧冷却粒子の影響  
\*尾崎 浩一 (機械技研), 矢部 彰, 棚澤 一郎 (東大生研)
- I212 HFC系混合冷媒の熱力学性質および冷凍サイクル特性  
\*建部 二郎 (慶応大院), 中根 芳之, 石坂 公一, 佐藤 春樹 (慶応大理工), 渡部 康一
- I213 気固系ケミカルヒートポンプの伝熱特性と最適反応サイクル  
\*藤岡 恵子 (阪大院), 平田 雄志 (阪大基礎工)
- I214 ゼオライト/水系吸着ヒートポンプによる冷温熱生成  
\*金森 道人 (中部電力), 柴田 貴之 (名大工), 渡辺 藤雄 (名大工), 松田 仁樹, 架谷 昌信
- I215 業務用2段圧縮式給湯ヒートポンプの開発  
橋本 克巳 (電中研), 岩坪 哲四郎, 斎川 路之, 長谷川 浩巳
- [ヒートポンプ・冷凍Ⅱ] 10:35~12:00  
座長 平田 雄志 (阪大基礎工), 橋本 克巳 (電中研)
- I221 界面活性剤添加低温水溶液の管内流動抵抗及び熱伝達特性  
稲葉 英男 (岡山大工), \*春木 直人 (岡山大院)
- I222 音響管内スタック形状の熱音響特性に及ぼす影響  
\*有川 富貴 (関西大院), 小澤 守 (関西大工), 河本 明 (東芝)
- I223 竜巻型旋回流による局所輸送現象の研究  
土方 邦夫 (東工大), \*内田 進 (東工大), 鈴木 祐二 (東工大), 小澤 由行 (高砂熱学)
- I224 臭化リチウム水溶液の水蒸気吸収に於ける界面不安定に関する研究  
\*藤田 勇 (東大院), 飛原 英治 (東大工), 斎藤 孝基
- I225 多段水平管上を流下する臭化リチウム水溶液膜への水蒸気吸収  
\*清田 正徳 (徳島大工), 森岡 斎, 大平 浩康
- 第3日 5月17日 (金)
- << A室 >>
- [回転場の伝熱] 9:00~10:25  
座長 稲垣 照美 (茨城大工), 瀬名波 出 (琉球大工)
- A311 閉空間内の水平な加熱回転円板上の対流熱伝達  
\*廣瀬 宏一 (岩手大工), 保坂 和郎, 横山 孝男 (山形大工)
- A312 アブレーダブルシュラウドの開発に関する研究 (溝付シュラウドの伝熱特性)  
\*横井 俊之 (岐阜大院), 熊田 雅弥 (岐阜大工), 小幡 正一 (石川島播磨)
- A313 共軸回転円板と回転円筒間における流動および伝熱の数値解析  
稲室 隆二 (京大工), \*山口 哲正 (京大院), 荻野 文丸 (京大工)
- A314 半径方向外向きに貫流を伴う回転キャピティ内の熱伝達特性  
\*齋藤 弘順 (農工大), 望月 貞成 (農工大), 村田 章
- A315 密度成層下にある地衡流の熱輸送機構  
辻村 真治 (名工大), \*岩月 元臣 (名工大), 飯田 雄章 (名工大), 長野 靖尚
- [はく離流における伝熱] 10:35~12:00  
座長 熊田 雅弥 (岐阜大工), 稲室 隆二 (京大工)
- A321 赤外線サーモグラフィによる常温域の定量伝熱計測と乱流自然対流への応用に関する研究  
\*稲垣 照美 (茨城大工), 宮田 和幸 (茨城大院), 岡本 芳三 (茨城大工)
- A322 突起物まわりの三次元非正常流れと熱伝達の数値解析  
\*中島 円 (東北大院), 柳岡 英樹, 太田 照和 (東北大工)
- A323 平行2円板間流路のはく離流における双安定現象  
\*K. BALATKA (農工大), 望月 貞成, 村田 章
- A324 層流および乱流境界層内の円柱突起からの熱伝達  
五十嵐 保 (防衛大), \*筒井 敬之
- A325 180°シャープターンをもつ長方形流路内の局所熱 (物質) 伝達特性 (流路入口形状の影響)  
\*廣田 真史 (名大工), 藤田 秀臣, 吉田 尚史, 荒木 慎二 (名大院), 田中 雅 (中部電力)
- [衝突噴流・膜冷却Ⅰ] 13:00~14:10  
座長 栗間 諄二 (山口大工), 廣田 真史 (名大工)
- A331 衝突平板熱伝達に及ぼす音場の影響  
松和田 宗彦 (岐阜大工), 熊田 雅弥, 田中 光三 (岐阜高専), \*田中 真太郎 (岐阜大院)
- A332 相変化を伴う液体壁噴流の熱伝達  
\*椎名 保顕 (原研)
- A333 矩形狭流路内膜冷却に与えるギャップ高さの影響  
\*元田 徹 (東京商船大院), 宮沢 利明, 刑部 真弘 (東京商船大)
- A334 An Application of Algebraic Turbulent Heat Flux Model to Liquid Metal Turbulent Heat Transfer in Confined Coaxial Jet  
\*J. S. SZMYD (京大工), 矢尾 匡永, 中部 主敬, 鈴木 健二郎
- [衝突噴流・膜冷却Ⅱ] 14:20~15:30  
座長 工藤 一彦 (北大工), 松和田 宗彦 (岐阜大工)
- A341 脈動噴流の衝突熱伝達特性  
\*栗間 諄二 (山口大工), 濱田 周作, 太田 努, 宮本 政英
- A342 平板への二次元衝突噴流熱伝達に関する研究 (小円柱挿入の影響)  
\*羽田 喜昭 (長野高専), 土屋 良明 (信州大工), 倉澤 英夫 (長野高専), 中部 主敬 (京大工), 鈴木 健二郎
- A343 末広ノズルを用いた空気の衝突噴流による熱伝達の実験 (第2報 局所熱伝達率の測定)  
\*小原 宏記 (東北発電), 佐藤 恭三 (東北学院大工)
- A344 直交流を伴う円管噴流群の平板上衝突面における熱伝達  
\*足立 仁 (東理大院), 平野 仁, 服部 直三 (東理大)

## &lt;&lt; B室 &gt;&gt;

- [生体組織の伝熱] 9:00~10:25  
座長 稲田 茂昭 (群馬大工), 石川 正昭 (信州大工)
- B311 組織細胞の凍結過程に及ぼす凍害防御剤の影響  
\*鶴田 隆治 (九工大), 野中 功 (九工大), 増岡 隆士 (九工大)
- B312 造血幹細胞の凍結過程の観測  
\*山口 亮 (慶応大院), 谷下 大 (慶応大理工), 岡 浩太郎
- B313 細胞懸濁液の方向性凝固過程における微視的構造 (凍結保護物質濃度の影響)  
石黒 博 (筑波大構造), 小池 一人 (筑波大院)
- B314 生体凍結過程における組織サイズの影響  
\*白樺 了 (東大院), 棚澤 一郎 (東大生研)
- B315 生体細胞の解凍過程のシミュレーション  
\*百生 登 (富山県大), 多田 幸生 (金沢大工), 林 勇二郎
- [粒子層における伝熱 I] 10:35~12:00  
座長 小澤 守 (関西大工), 松田 仁樹 (名大工)
- B321 固体境界壁近傍の影響を考慮した球状粒子層の熱伝達解析モデル  
稲葉 英男 (岡山大工), \*尾崎 公一
- B322 流動層内水平円管上の粒子挙動と熱伝達特性の実験的研究  
宮本 政英 (山口大工), \*金 仁杰 (山口大院), 加藤 泰生 (山口大工), 栗間 諄二
- B323 固気流動層における流動粒子群-伝熱面間のふく射熱交換に与える粒子性状の影響  
山田 純 (山梨大工), 黒崎 晏夫 (東工大), \*永井 孝典 (東工大)
- B324 流動層中に置かれた伝熱管からの熱伝達の数値シミュレーション  
\*飯田 重信 (都立大院), 浅古 豊 (都立大工), 山口 義幸
- B325 流動層内の粒子循環に基づいた伝熱促進効果の検討  
黒崎 晏夫 (東工大), 佐藤 勲, \*高瀬 創研 (東工大)
- [粒子層における伝熱 II] 13:00~14:10  
座長 黒崎 晏夫 (東工大), 渡辺 藤雄 (名大工)
- B331 超高温用高性能セラミック熱交換器に関する基礎研究  
\*姫路 裕二 (岐阜大院), 花村 克悟 (岐阜大工), 熊田 雅弥
- B332 浮遊粒子群による熱輸送機構の解明  
\*内藤 善之 (岐阜大院), 前田 栄一, 熊田 雅弥 (岐阜大工)
- B333 主き裂の周りに2次き裂を伴う流れ場における物質移動  
荻野 文丸 (京大工), 稲室 隆二, 山村 方人 (京大院), \*吉田 剛
- B334 地下水流動蓄熱に関する研究  
梅宮 弘道 (山形大工), \*鈴木 泰夫 (山形大院)
- [粒子層における伝熱 III] 14:20~15:45  
座長 服部 賢 (長岡技科大), 佐藤 勲 (東工大)
- B341 繊維質吸着剤の熱物質移動特性  
稲葉 英男 (岡山大工), 堀部 明彦, 尾崎 公一, \*下山 力生 (岡山大院)
- B342 流動層熱交換器におけるボイド率の挙動  
\*松田 健 (関西大院), 梅川 尚嗣 (関西大工), 小澤 守, 竹中 信幸 (神戸大工), 松林 政仁 (原研), 鶴野 晃
- B343 不飽和粒子層内に置かれた加熱平板上の気流熱伝達  
\*赤堀 匡俊 (長岡技科大), 青木 和夫 (長岡技科大), 小谷 誠 (長岡技科大), 服部 賢 (長岡技科大)

- B344 低レイノルズ数領域における球充填槽の熱伝達特性  
\*山田 健一 (東北大院), 齋藤 武雄 (東北大工)
- B345 水蒸気吸着におけるシリカゲル充填層内熱・物質移動特性  
葛山 弘一 (名大院), \*渡辺 藤雄 (名大工), 松田 仁樹, 架谷 昌信, 佐藤 英明 (日本電装), 本田 伸

## &lt;&lt; C室 &gt;&gt;

- [直接接熱・ミスト冷却] 9:00~10:25  
座長 滝本 昭 (金沢大工), 村田 圭治 (東芝)
- C311 電場による油中の水滴の凍結促進  
\*棚谷 吉郎 (金沢大工), 福井 敦 (金沢工大院)
- C312 蒸気インジェクターノズルの流動特性  
浅野 等 (神戸大工), 藤井 照重, 竹中 信幸, 永江 信也 (神戸大院)
- C313 水-水直接接熱法における熱伝達特性に関する研究  
河田 剛毅 (長岡高専), 服部 賢 (長岡技科大), 青木 和夫, \*谷口 修一 (長岡技科大), 橋本 陽介
- C314 圧力急増によって蒸気膜を破壊した時の直接接熱  
\*小川 矩弘 (東大工)
- C315 噴霧液滴の慣性を利用した蒸発促進 (第2報)  
\*荒井 清志 (慶応大院), 菱田 公一 (慶応大理工), 前田 昌信
- [蒸発伝熱] 10:35~12:00  
座長 中西 重康 (龍谷大理工), 宇高 義郎 (横浜国大工)
- C321 水平管を流下する液膜の蒸発熱伝達 (多段管の特性)  
\*藤田 恭伸 (九大工), 筒井 正幸 (九大工)
- C322 高吸水性樹脂を用いた耐火材の保水・熱特性  
\*金 招芬 (都立大院), 浅古 豊 (都立大工), 山口 義幸, 吉田 博久
- C323 真空中での液滴相変化に関する研究  
\*秋山 理 (東北大院), 神通 晶, 早川 大孝 (東北大学), 橋爪 秀利 (東北大工), 戸田 三朗
- C324 カーボンの蒸発に関する分子動力学的研究  
中館 博 (東北大院), 勝村 幸博 (東北大工), 橋爪 秀利, 戸田 三朗
- C325 液膜内での炭酸カルシウム結晶化に対する輸送現象の影響  
\*鈴木 貴光 (東理大), 竹村 文男 (機械技研), 矢部 彰, 牧 博司 (東理大)
- [沸騰凝縮利用機器] 13:00~14:10  
座長 藤田 恭伸 (九大工), 橋爪 秀利 (東北大工)
- C331 熱交換器における熱伝達係数と付着因子の算出に関する研究  
朱 寧 (三重大院), 加藤 征三 (三重大工), 楊 瑞昌 (中国・清華大)
- C332 流路断面の変更による二相流型蒸発器の最適化に関する検討  
\*村田 圭治 (東芝), 土方 邦夫 (東工大)
- C333 排ガスからの水蒸気潜熱回収に関する研究  
第2報:逆傘型フィン付き管群の伝熱性能  
\*大橋 幸夫 (東芝RDC), 川本 浩一
- C334 気液相変化マイクロアクチュエータの熱的モデル  
\*加藤 重雄 (日本工大), 細井 聡 (日本工大)
- [凝縮伝熱] 14:20~15:15  
座長 小川 矩弘 (東大工), 小山 繁 (九大機能研)
- C341 水-エタノール混合蒸気の凝縮熱伝達の研究  
宇高 義郎 (横浜国大工), \*剣持 達也 (横浜国大院), 大島 正 (横浜国大), 横山 俊哉
- C342 炭酸ガスの体積力対流凝縮熱伝達  
石原 勲 (関西大工), 松本 亮介, \*奥野 勝利 (関西大院), 海老原 努

C343 サブクール水中における噴出蒸気の凝縮挙動の研究  
\*楠 剛 (原研), 菊島 一泰 (筑波大構造),  
錦織 正孝, 成合 英樹

<< D室 >>

[複合対流伝熱] 9:00~10:25  
座長 中山 顕 (静岡大工), 高津 康幸 (九工大)  
D311 水平回転二円柱間の熱伝達 (自然対流の影響)  
\*山崎 慎一郎 (東京高専), 筒井 健太郎  
D312 自由界面を伴う流体と熔融する固体面間の熱伝達数値解析  
\*勝村 幸博 (東北大工), 橋爪 秀利, 戸田 三朗  
D313 回転管内の複合対流  
\*石垣 博 (航技研)  
D314 キャピティ内物質移動への粘性の影響  
\*三河 大介 (東京商船大院), 刑部 真弘 (東京商船大)  
D315 垂直な加熱面に沿う対向流共存対流の流動と伝熱  
\*北村 健三 (豊橋技科大), 藤原 克成 (豊橋技科大)

[多孔質内の伝熱 I] 10:35~11:45  
座長 藤井 丕夫 (九大機能研), 劉 秋生 (機械技研)  
D321 ガラスビーズ充てん層の温度応答  
\*中沢 健一 (都立大院), 浅古 豊 (都立大工),  
山口 義幸  
D322 多孔体内における往復流動燃焼の可燃限界  
越後 亮三 (東工大), \*壁谷 尚樹 (東工大院),  
J. G. HOFFMANN (東工大院), 多田 茂 (東工大),  
吉田 英生  
D323 多孔質体中における凝縮を伴う蒸気流の非定常熱挙動 (II)  
川口 孝弘 (東北大院), 橋爪 秀利 (東北大工),  
\*戸田 三朗  
D324 G-M冷凍機の膨張機内部における伝熱と流れの理論解析  
(第1報, 定式化)  
\*井上 久希 (富山県大院), 本田 朋寛 (富山県大学),  
藤川 重雄 (富山県大)

[多孔質内の伝熱 II] 13:00~14:10  
座長 石垣 博 (航技研), 北村 健三 (豊橋技科大)  
D331 多孔質内部乱流現象の可視化  
\*高津 康幸 (九工大), 増岡 隆士, 鈴木 康植  
(九工大院), 山口 哲哉  
D332 局所表面加熱された水平多孔質ダクト内の非定常強制対流  
熱伝達  
\*張 興 (九大機能研), 矢野 健一郎 (九大院),  
藤井 丕夫 (九大機能研), 富村 寿夫  
D333 多孔質体内非ニュートン流体流における慣性効果  
\*井上 昌彦 (静岡大院), 桑原 不二朗 (静岡大工),  
中山 顕  
D334 多孔質体内乱流の数値モデル  
\*桑原 不二朗 (静岡大工), 亀山 吉朗 (静岡大院),  
山下 聡, 中山 顕 (静岡大工)

[多孔質内の伝熱 III] 14:20~15:15  
座長 戸田 三朗 (東北大工), 桑原 不二朗 (静岡大工)  
D341 液相化学反応における触媒内輸送現象の影響  
\*劉 秋生 (機械技研), 竹村 文男, 矢部 彰,  
梶山 士郎 (三菱ガス化学), 梶田 敏夫, 中村 賢司  
D342 改質触媒層内の非定常伝熱特性  
宇佐見 優 (東京電力), 福迫 尚一郎 (北大工),  
山田 雅彦, \*尾熊 英樹 (J R西日本)  
D343 CO変成器触媒層の伝熱・反応特性に関する研究  
\*川本 浩一 (東芝RDC), 村田 圭治, 久保 亮

<< E室 >>

[微小重力下の流動と熱・物質移動] 9:00~10:25  
座長 長島 昭 (慶応大理工), 西野 耕一 (横浜国大工)  
E311 小型ロケット実験による液柱マランゴニ流の3次元観測  
西野 耕一 (横浜国大工), 河村 洋 (東理大),  
斉田 浩明 (東理大院), \*山本 英 (横浜国大院),  
依田 真一 (宇宙開発事業団), 森田 知二  
(宇宙環境利用推進)  
E312 熔融塩内のマランゴニ対流と、短時間微小重力実験  
\*有馬 博史 (九大総理工), 百崎 信, 有福 智之,  
小嶋 又範, 今石 宣之 (九大機能研), 佐藤 恒之  
E313 低重力下でのスプレー冷却  
(広い壁面過熱度域にわたる伝熱特性評価、続報)  
\*曾根 来 (慶応人院), 吉田 顕一 (慶応大学),  
岡 利春 (石川島播磨), 阿部 宣之 (電総研),  
森 康彦 (慶応大理工), 長島 昭  
E314 微小重力下における塩素酸ナトリウム水溶液と結晶の二重  
拡散と相変化現象  
円山 重直 (東北大流体研), \*柴田 敏行 (東北大院),  
菱沼 信夫 (東北大流体研), 塚本 勝男 (東北大理)  
E315 液滴における3次元表面張力対流の解析  
\*戸谷 剛 (北大院), 工藤 一彦 (北大工),  
黒田 明慈, 青木 康修 (北大院)

[沸騰・凝縮における伝熱促進] 10:35~12:00  
座長 藤川 重雄 (富山県大), 鶴田 隆治 (九工大)  
E321 細線の浸漬急冷過程における極小熱流束点に及ぼす超音波  
照射の影響  
\*山城 光 (九大機能研), 高松 洋, 矢野 知孝  
(九大院), 本田 博司 (九大機能研)  
E322 純冷媒のフィン付鉛直面上での膜状凝縮に関する近似解析  
\*小山 繁 (九大機能研), 兪 堅, 松元 達也 (九大院)  
E323 超音波を用いた核沸騰開始温度の低減化に関する研究  
大竹 浩靖 (工学院大), \*井上 成実 (工学院大院),  
小泉 安郎 (工学院大)  
E324 ねじりテープ付垂直管内ポストドライアウト熱流動  
竹中 信幸 (神戸大工), 藤井 照重, 後 利彦  
(神戸大院), 岩谷 淳二, 永森 英樹 (神戸大工)  
E325 伝熱面を周期的に運動させた場合のプール沸騰  
\*北原 章 (福島高専), 亀井 秀也

[凝縮のメカニズムとモデル化 I] 13:00~14:10  
座長 森 康彦 (慶応大理工), 杉山 憲一郎 (北大工)  
E331 水平平滑管内における2成分混合冷媒の凝縮特性の予測法  
小山 繁 (九大機能研), \*石橋 晃 (九大院), 兪 堅  
(九大機能研)  
E332 分子動力学法による蒸着過程の研究  
\*高橋 能正 (九大院), 井上 剛良 (東工大),  
土方 邦大  
E333 分子動力学法による気液界面での凝縮過程の研究(界面温度  
の影響)  
鶴田 隆治 (九工大), \*田中 弘之 (九工大院),  
玉島 薫, 増岡 隆士 (九工大)  
E334 2次元 Lennard-Jones 粒子系における臨界点付近のクラスター  
形成  
\*杉山 智之 (東工大), 越後 亮三 (東工大),  
吉田 英生

[凝縮のメカニズムとモデル化 II] 14:20~15:45  
座長 本田 博司 (九大機能研), 井上 剛良 (東工大)  
E341 二成分不凝縮性気体を伴う垂直管型コンデンサの過渡伝熱  
特性  
\*横堀 誠一 (東芝), 飛松 敏美, 栗田 智久,  
新井 健司, 及川 弘秀  
E342 非共沸混合冷媒(HFC32/134a)の水平管内凝縮熱伝達率の予測  
\*鹿園 直毅 (日立機械研), 伊藤 正昭, 内田 麻里,

- 福島 敏彦  
E343 水中における金属面のレーザーパルス加熱と圧力発生  
\*上野 一郎 (東大院), 木村 大 (東大), 井上 満 (東大工), 庄司 正弘  
E344 蒸気の凝縮係数に及ぼす熱的非平衡度の影響  
\*古谷 正直 (富山県大院), 藤川 重雄 (富山県大), 藤井 康宏 (富山県大), 鎌田 美玲  
E345 熱的非平衡状態で相変化している気液界面での蒸気温度の測定 (第2報: メタノール蒸気測定例)  
\*佐藤 博 (富山県大院), 葛山 達夫 (富山県大), 藤川 重雄 (富山県大)

## &lt;&lt; F室 &gt;&gt;

- [生産加工プロセスにおける流動と伝熱 I] 9:00~10:25  
座長 龍腰 健太郎 (旭硝子), 齋藤 洋子 (日立機械研)  
F311 回転水中紡糸における冷却特性および金属細線の性質に及ぼす製線条件の影響  
\*曹 奎常 (九大院), 高松 洋 (九大機能研), 山城 光, 本田 博司  
F312 重ねシーム溶接の電気伝導と熱伝導解析  
\*豊増 康昭 (九大工), 深井 潤, 宮武 修, 清水 信義 (東洋鋼鉄)  
F313 スピア周りの熱流動  
横山 孝男 (山形大工), \*山本 研 (山形大院), 佐藤 敦  
F314 ライザーバットを考慮したマニホールド熱解析  
横山 孝男 (山形大工), \*小関 範一 (世紀), 羽生田 孝  
F315 鋼管スプレー冷却時の熱伝達率に及ぼす諸因子の影響  
\*播木 道春 (住友金属), 矢葺 邦弘 (住金マシント)

- [生産加工プロセスにおける流動と伝熱 II] 10:35~12:00  
座長 横山 孝男 (山形大工), 播木 道春 (住友金属)  
F321 エキシマレーザー照射時の高分子材料内の伝熱現象  
\*伏信 一慶 (東工大), 黒崎 晏夫, 佐藤 勲, 君塚 淳一 (東工大)  
F322 エキシマレーザーによる高分子材料のアブレーションに関する基礎的研究  
石黒 博 (筑波大構造), 山本 博之 (筑波大院), 菊池 薫 (機械技研), 山田 幸生  
F323 ガラスプレス成型品のひげに対するガラス-金型間の接触熱抵抗の影響  
\*龍腰 健太郎 (旭硝子), 黒崎 晏夫 (東工大), 佐藤 勲  
F324 THMによるInP溶液成長の数値モデリングと解析  
\*松本 聡 (東洋大院), 前川 透 (東洋大工)  
F325 溝付基盤におけるアルミスパッタ膜埋め込みの解析的検討  
\*齋藤 洋子 (日立機械研), 平沢 茂樹, 齋藤 達之 (日立デセ), 根津 広樹

- [電子機器の冷却 I] 13:00~14:10  
座長 望月 貞成 (農工大), 近藤 義広 (日立機械研)  
F331 ヒンジ機構を持つヒートパイプ式CPU冷却  
望月 正孝 (フジクラ), \*後藤 和彦, T. NGUYEN, 斎藤 祐士  
F332 CPU冷却用カクタス型ヒートパイプ  
望月 正孝 (フジクラ), \*益子 耕一, 斎藤 祐士  
F333 プリント基板の熱伝導率: 測定と考察  
\*大竹 賢二 (東工大), 野津山 智, 中山 恒  
F334 並列計算機によるLSIチップ内部温度解析の高速化  
\*平沢 茂樹 (日立機械研), 齋藤 洋子, 大和田 伸郎 (日立デセ)

- [電子機器の冷却 II] 14:20~15:30

- 座長 中山 恒 (東工大), 平沢 茂樹 (日立機械研)  
F341 内気冷却用熱交換器を適用した密閉筐体の熱設計とシミュレーション  
中村 光典 (東京電力), \*小林 孝 (三菱電機), 岩丸 明史, 大串 哲朗, 川崎 博文  
F342 噴流によるプレートフィン型超コンパクトヒートシンクの伝熱特性  
\*田坂 誠均 (住友金属), 相原 利雄 (東北大流体研), 林 千博 (住友金属)  
F343 高圧力損失放熱器の電子機器への応用 (第2報: 導風板設計指針の検討)  
\*水上 浩 (東芝), 宮本 英則, 岩崎 秀夫, 望月 貞成 (農工大)  
F344 LSIパッケージの噴流冷却におけるヒートシンク形状の最適化  
\*近藤 義広 (日立機械研), 松島 均, 大橋 繁雄

## &lt;&lt; G室 &gt;&gt;

- [二相流の流動と伝熱 I] 9:00~10:25  
座長 坂口 忠司 (神戸大工), 古谷 正裕 (電中研)  
G311 垂直管外流下液膜の最小濡れ膜流量に関する研究  
小泉 安郎 (工学院大), \*児玉 裕紀, 大竹 浩靖, 宮下 徹  
G312 気液二相流の波脈に関する上昇流と下降流の比較  
\*森 幸治 (阪大工), 加治 増夫, 近藤 喜之 (阪大院), 中里見 正夫 (宇部高専), 清水 英男, 世古口 言彦 (阪大工)  
G313 垂直上昇気液二相流の波脈の特徴と界面における気液の干渉について  
森 幸治 (阪大工), 加治 増夫, \*近藤 喜之 (阪大院), 中里見 正夫 (宇部高専), 清水 英男, 世古口 言彦 (阪大工)  
G314 気泡対向流の流動特性に関する研究 (II) 空気流量と水流量の影響  
\*有富 正憲 (東工大), 周 士榮, 溝口 順之 (芝浦工大), 武田 靖 (PSI), 森 治嗣 (東京電力), 吉岡 譲 (原電)  
G315 傾斜上昇環状流における液膜流量と膜厚の関係  
\*逢坂 昭治 (徳島大工), 飯屋崎 侃 (福岡大工), 真本 英光 (徳島大院)

- [二相流の流動と伝熱 II] 10:35~12:00  
座長 逢坂 昭治 (徳島大工), 森 幸治 (阪大工)  
G321 噴霧気流中の鋸歯状壁における流動と熱伝達の実験的研究  
菱田 公一 (慶応大理工), 河島 弘毅 (慶応大院), \*津田 勝巳, 前田 昌信 (慶応大理工)  
G322 噴霧気流中の鋸歯状壁における流動と熱伝達の数値解析  
\*早川 啓朗 (慶応大院), 佐藤 洋平, 菱田 公一 (慶応大理工), 前田 昌信  
G323 垂直管内空気-水系噴霧流熱伝達に関する研究  
\*北川 哲也 (横浜国大院), 鳥居 薫 (横浜国大工), 西野 耕一  
G324 原子炉燃料棒支持用スペーサ近傍の沸騰二相流動特性に関する研究  
\*後藤 昭和 (九大工), 深野 徹, 江頭 竜 (九大院), 内藤 宏治  
G325 混合冷媒の毛細管内部の流動特性  
\*益川 貴之 (三洋電機), 片岡 久典, 山本 泰司, 上田 雅文, 名迫 賢二, 大隅 正人

- [二相流の流動と伝熱 III] 13:00~14:10  
座長 小泉 安郎 (工学院大), 後藤 昭和 (九大工)  
G331 チムニを有する沸騰自然循環ループの流動不安定現象 (第2報: 高圧下における不安定現象)



- \*古谷 正裕 (電中研), 稲田 文夫, 安尾 明  
 G332 Li単相流とHe-Li二相流の熱伝達に及ぼす磁場の影響  
 \*高橋 実 (東工大原研), 松崎 充男, 井上 晃, 有富 正憲  
 G333 ねじり板を取り付けたBWRスパーサの限界出力特性  
 矢野 隆 (東芝), \*師岡 慎一, 白川 健悦, 山本 泰, 光武 徹, 木村 次郎  
 G334 オーガナイズドモーションにより誘起される蒸気爆発のトリガー現象  
 杉山 憲一郎 (北大工), \*鈴木 佳文 (北大院), 島田 太郎, N. M. REZA

[二相流の流動と伝熱IV] 14:20~15:30

- 座長 有富 正憲 (東工大), 師岡 慎一 (東芝)  
 G341 ボイドドリフトによるサブチャンネル内ボイド率の軸方向変化  
 \*川原 顕磨呂 (熊本大工), 佐田富 道雄, 佐藤 泰生  
 G342 鉛直円管内粗大粒子系固気液三相スラグ流の体積率特性  
 \*坂口 忠司 (神戸大工), 楊 京龍 (神戸大院), 木下 茂生  
 G343 鉛直円管内気液二相気泡流の気相体積率分布に関する一考察  
 坂口 忠司 (神戸大工), \*赤対 秀明 (神戸高専), 井尻 弘紀 (神戸大院), 煙崎 正之 (神戸大工)  
 G344 断熱長極細管からの飽和水の流出特性  
 \*王 小平 (東大院), 賀 纓 (大連理工大), 横谷 定雄 (東大工), 渡辺 誠, 庄司 正弘

<< H室 >>

[物体周りの自然対流I] 9:00~10:25

- 座長 畑 幸一 (京大原研), 服部 康男 (電中研)  
 H311 傾斜平行平板間の自然対流熱伝達  
 \*竹内 正紀 (福井大工), 木村 照夫, 永井 二郎, 川口 和広 (日本電子計算)  
 H312 後流加熱によるカルマン渦の崩壊  
 増岡 隆士 (九工大), \*長沼 公明 (九工大院), 鶴田 隆治 (九工大), 高津 康幸  
 H313 Analysis of Natural Convection Heat Transfer from Rectangular Fin Arrays  
 \*魏 杰 (東工大院), 土方 邦夫 (東工大), 井上 剛良  
 H314 二酸化炭素の遷臨界域における細線の熱伝達特性  
 \*高橋 俊雄 (東北大院), 相原 利雄 (東北大流体研), 小原 拓, 丹波 純 (東北大院)  
 H315 吸着・脱着を伴う自由対流に関する数値解析と実験  
 \*田中 宏史 (福岡工大), 栗田 好治 (福岡工大)

[物体周りの自然体流II] 10:35~12:00

- 座長 竹内 正紀 (福井大工), 田中 宏史 (福岡工大)  
 H321 水中に置かれた水平円管内の氷の融解熱伝達の研究  
 廣瀬 宏一 (岩手大工), \*浜田 泰充 (岩手大院), 大内 雅樹 (岩手大工)  
 H322 液体ナトリウム中の水平平行二円柱における自然対流熱伝達(2)  
 \*畑 幸一 (京大原研), 塩津 正博, 武内 右人, 濱 勝彦, 櫻井 彰 (未来エネルギー研)  
 H323 水平加熱体上方の自然対流現象に関する研究  
 辻本 利幸 (阪大院), 木本 日出夫 (阪大基礎工)  
 H324 水平円筒周りの自然対流乱流境界層  
 \*服部 康男 (電中研)  
 H325 冷却円柱周りの自然対流熱伝達  
 \*稲田 茂昭 (群馬大工), 山崎 真裕 (群馬大学)

[計測技術I] 13:00~14:10

- 座長 吉田 篤正 (岡山大工), 松本 茂昭 (能開大情)  
 H331 液状高分子ポリマーの先端部熱流動の非定常測定  
 \*三松 順治 (岐阜大工), 川瀬 長隆 (岐阜大院), 熊田 雅弥 (岐阜大工)  
 H332 表面温度と熱流束予測のための熱伝導逆問題解析法  
 \*白 強 (九大工), 清田 高德, 近藤 英二, 藤田 恭伸  
 H333 仮想熱源を用いた2相 Stefan 問題の逆解析  
 \*桃瀬 一成 (阪大基礎工), 山川 貴志 (阪大院), 木本 日出夫 (阪大基礎工)  
 H334 交流細線プローブによる温度・速度・濃度計測  
 中別府 修 (東工大), 木下 敦夫 (東工大学), 藤井 丕夫 (九大機能研), 土方 邦夫 (東工大)

[計測技術II] 14:20~15:45

- 座長 三松 順治 (岐阜大工), 中別府 修 (東工大)  
 H341 高速応答性を旨とした遠赤外線湿度計の試作  
 \*吉田 篤正 (岡山大工), 三阪 崇, 江 小海 (岡山大院), 鷺尾 誠一 (岡山大工)  
 H342 レーザー光のブルースター角入射による溶液表面における吸着現象の可視化・解析法  
 \*石田 賢治 (慶応大院), 大村 亮 (慶応大学), 森 康彦 (慶応大理工)  
 H343 多光子吸収型誘起蛍光を用いたCO<sub>2</sub>濃度のレーザ計測  
 平井 秀一郎 (東工大), 岡崎 健, \*川上 宏 (東工大学), 伊東 輝行 (日産自動車)  
 H344 色空間補間を用いた感温液晶温度同定法  
 \*松田 寿 (東芝RDC), 池田 一隆, 中田 裕二, 渡辺 嶽司  
 H345 光干渉法による凝結露の成長測定(2)  
 \*松本 茂昭 (能開大情), 高山 欣也 (埼玉大院), 豊岡 了 (埼玉大工), 星野 光男 (拓殖大工)

第33回日本伝熱シンポジウム(新潟) 表 (1日目) [5月15(水)]

時刻	A:県民会館小ホール	B:県民会館会議室	C:県民会館・米山	D:県民会館・雪穂	E:県民会館・弥彦	F:県民会館・白鳥	G:県民会館・秋田	H:土地改良会館	I:県民会館・砂山
8:30									
9:00	9:15 乱流構造と伝熱 I A111~A114 10:25	9:15 都市・地球環境 I B111~B114 10:25	9:00 OS 電荷移動を伴う 熱科学現象 I 研究会活動報告 C111~C114 10:25	9:15 熱物性 I D111~D114 10:25	9:50 OS 融解・凝固利用工業 プロセスの新展開 I 基調講演 I E111 10:25	9:15 核沸騰 I F111~F114 10:25	9:15 OS 分子スケールの 伝熱 I G111~G114 10:25		
10:00	10:35 乱流モデルと数値 シミュレーション A121~A125 12:00	10:35 都市・地球環境 II B121~B125 12:00	10:35 OS 電荷移動を伴う 熱科学現象 II C121~C125 12:00	10:35 熱物性 II D121~D125 12:00	10:35 OS 融解・凝固利用工業 プロセスの新展開 II E121~E125 12:00	10:35 核沸騰 II F121~F125 12:00	10:35 OS 分子スケールの 伝熱 II G121~G125 12:00	10:35 密閉空間内の 自然対流 I H121~H125 12:00	
12:00									
昼 食 (60分)									
13:00	13:00 乱流構造と伝熱 II A131~A134 14:10	13:00 蓄熱・蓄冷 I B131~B134 14:10	13:00 OS 電荷移動を伴う 熱科学現象 III C131~C134 14:10	13:00 熱物性 III D131~D134 14:10	13:00 OS 融解・凝固利用工業 プロセスの新展開 III E131~E135 14:25	13:00 核沸騰 III F131~F134 14:10	13:00 OS 分子スケールの 伝熱 III G131~G134 14:10	13:00 密閉空間内の 自然対流 II H131~H134 14:10	
14:00	14:20 層流伝熱 I A141~A144 15:30	14:20 蓄熱・蓄冷 II B141~B144 15:30	14:20 OS 電荷移動を伴う 熱科学現象 IV C141~C144 15:30	14:20 熱物性 IV D141~D144 15:30	14:35 OS 基調講演 2 E141 15:05	14:20 限界熱流束 I F141~F144 15:30	14:20 OS 分子スケールの 伝熱 IV G141~G144 15:30	14:20 密閉空間内の 自然対流 III H141~H144 15:30	
15:00	15:40 層流伝熱 II A151~A154 16:50	15:40 蓄熱・蓄冷 III B151~B154 16:50	15:40 OS 電荷移動を伴う 熱科学現象 V C151~C154 16:50	15:40 ヒートパイプ・ 熱サイフォン I D151~D154 16:50	16:40 E151~E155 16:50 OS 融解・凝固利用工業 プロセスの新展開 V E151~E155 16:40	15:40 限界熱流束 II F151~F154 16:50	15:40 OS 分子スケールの 伝熱 V G151~G154 16:50	15:40 密閉空間内の 自然対流 IV H151~H155 16:50	
16:00	17:00 対流伝熱の促進・ 制御 I A161~A164 18:10	17:00 蓄熱・蓄冷 IV B161~B164 18:10	17:00 自然エネルギー C161~C164 18:10	17:00 ヒートパイプ・ 熱サイフォン II D161~D165 18:25	17:00 OS 融解・凝固利用工業 プロセスの新展開 VI E161~E165 18:15	17:00 限界熱流束 III F161~F164 18:10	17:00 OS 分子スケールの 伝熱 VI G161~G164 18:10	17:05 密閉空間内の 自然対流 V H161~H164 18:10	
17:00									
18:00									
19:00									

第33回日本伝熱シンポジウム(新潟) [5月16日(木)]

時刻	A: 県民会館小ホール		B: 県民会館会議室		C: 米山		D: 雪椿		E: 弥彦		F: 白鳥		G: 加代		H: 土地改良会		I: 砂山			
受付開始 (県民会館一階展示ホール)																				
8:30																				
9:00	対流伝熱の促進・制御II A211~A215		9:00 OS 閉空間の伝熱環境 C211~C214		9:00 二相流のモデル化と数値解析 D211~D214		9:00 OS 融解・凝固利用工業プロセスの新展開VII E211~E215		9:00 限界熱流束IV F211~F214		9:00 OS 人間熱科学 G211~G215		9:00 燃焼における伝熱I H211~H215		9:00 ヒートポンプ・冷凍I I211~I215					
10:00	10:25 10:35		10:10 10:35 OS		10:10 10:20		10:25 10:35 OS		10:10 10:35		10:25 10:35		10:25 10:35		10:25 10:35					
11:00	対流伝熱の促進・制御III A221~A225		10:35 OS 閉空間の伝熱環境II C221~C224		二相流の可視化計測 D221~D225		融解・凝固利用工業プロセスの新展開VIII E221~E225		膜沸騰 F221~F225		熱交換器I G221~G224		燃焼における伝熱II H221~H225		ヒートポンプ・冷凍II I221~I225					
12:00	昼食 (60分)																			
13:00	13:00 ふく射伝熱II B231~B233						13:00 冷媒の沸騰・凝縮 E231~E234		13:00 遷移沸騰 F231~F233		13:00 熱交換器II G231~G233		13:00 燃焼における伝熱III H231~H234							
14:00							14:10		13:55		13:55		14:10							
15:00	(移動30分) 総会 14:40 15:40																			
16:00	国際セッション 県民会館小ホール 17:20																			
17:00																				
18:00	(移動40分)																			
20:00	懇親会 18:00 20:00																			

第33回日本伝熱シンポジウム(新編)

表 (3日目) [5月17(金)]

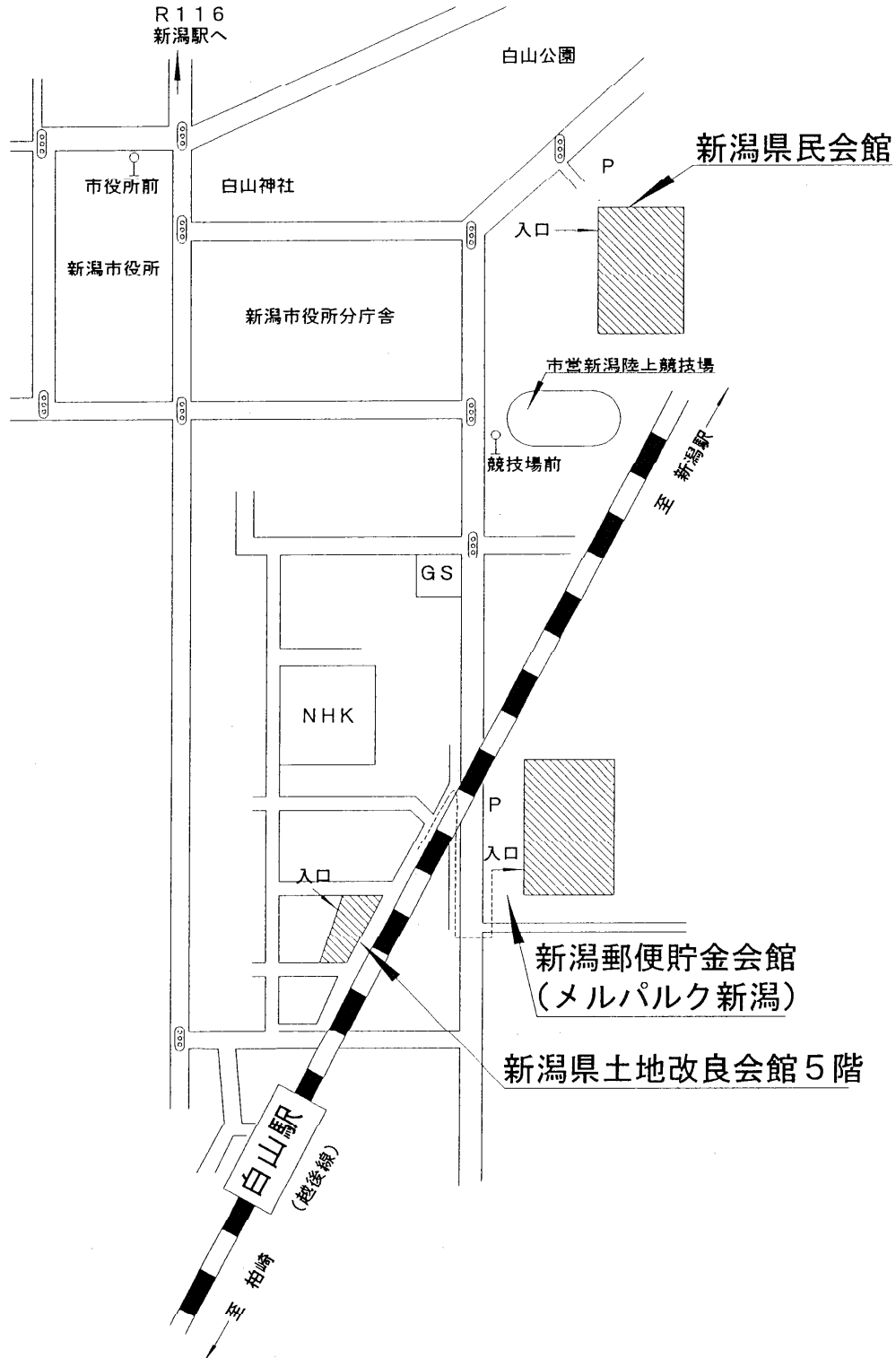
日

程

時刻	A: 県民会館小ホール B: 県民会館会議室 C: 刈羽町・米山 D: 刈羽町・雪樺 E: 刈羽町・弥彦 F: 刈羽町・白鳥 G: 刈羽町・赤井・A II: 土地改良会館 I: 刈羽町・砂山									
8:30	受付開始 (県民会館一階展示ホール)									
9:00	9:00	9:00	9:00	9:00	9:00	9:00	9:00	9:00	9:00	9:00
10:00	10:25	10:25	10:25	10:25	10:25	10:25	10:25	10:25	10:25	10:25
11:00	10:35	10:35	10:35	10:35	10:35	10:35	10:35	10:35	10:35	10:35
12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00
13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00
14:00	14:10	14:10	14:10	14:10	14:10	14:10	14:10	14:10	14:10	14:10
15:00	15:30	15:30	15:30	15:30	15:30	15:30	15:30	15:30	15:30	15:30
16:00										

昼 食 (60分)

# 第33回日本伝熱シンポジウム 会場のご案内



平成8年度日本伝熱学会東海支部総会・特別講演会・東邦ガス見学会ご案内

平成8年度日本伝熱学会東海支部総会並びに特別講演会・見学会を下記のように開催しますので、多数ご参加下さいますよう御案内申し上げます。

月日：平成8年4月19日（金）

場所：東邦ガス（株）（愛知県東海市新宝町507-2）総合技術研究所5Fホール

1. 総会：13:45～14:15

2. 特別講演会：14:15～15:15

講演者 東邦ガス（株）基盤技術研究部エネルギー・環境技術G総括  
中村 泰久氏

講演題目 「伝熱研究の都市ガス利用機器への応用」

3. 見学会：15:25～16:50

見学先：総合技術研究所（燃料電池、NGV、燃焼、エネルギー館）

交通機関

電車利用：名鉄「新名古屋」駅より常滑、半田、河和方面行普通列車、「柴田」駅下車（約19分）

柴田駅～総研間の送迎バス（13:25発）に乗車、定員40名。尚、タクシーで約5分、約800円

連絡先：

東海支部事務局 岐阜大学工学部機械工学科

熊田雅弥 TEL:058-293-2530 FAX:058-230-1892

当日連絡先：

東邦ガス（株）総合技術研究所 基盤技術研究部

中村泰久・青木修一 TEL:052-603-5311 FAX:052-601-8671

日本機械学会部門・関西支部合同第20回講習会

「光学計測はエンジン燃焼の本質にどこまでせまれるか？」

—実習・カタログ展示付き—

協賛：日本伝熱学会他14学協会

と き 平成8年6月5日（水）～6日（木）

と ころ 同志社大学工学部（京都府）

定 員 第1日（講義）130名

定 員 第2日（実習）48名

参加料 第1日のみ参加：会員 15,000円 学生員 5,000円

会員外 20,000円

2日間とも参加：会員 35,000円 学生員 15,000円

会員外 45,000円

\*協賛学協会員の参加料も上記のとおりです。

お申し込先（問い合わせ先）

日本機械学会関西支部 550 大阪市西区靱本町1-8-4

TEL (06) 443-2073 FAX (06) 443-6049

## CALL FOR PAPER for "NURETH-8"

8th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal-Hydraulics (原子炉熱流動国際会議)

Kyoto, Japan, September 30-October 4, 1997 (国立京都国際会館)

名誉委員長：飯田孝三 (日本原子力発電 (株)), 組織委員長：櫻井彰 (京都大学),

国際諮問委員長：内田秀雄 (東京大学), プログラム委員長：秋山守 (東京大学)

主催：日本原子力学会, 米国原子力学会, 後援：日本伝熱学会他 20 団体

**SCOPE:** Papers are invited for the first NURETH in Asia. Especially encouraged are papers on leading-edge developments or novel applications of thermal-hydraulic techniques. Studies relevant to existing and emerging nuclear systems including, but not limited to, fission and fusion reactors, fuel cycle facilities, accelerators and nuclear energy utilization facilities are welcome.

### TOPICS:

1. Fundamentals and Advanced Methods in Thermal-Hydraulics;
2. Thermal-Hydraulics in Complex Geometry;
3. Water Reactors Thermal-Hydraulics;
4. Advanced Reactors Thermal-Hydraulics;
5. Non-Commercial Reactor Thermal-Hydraulics;
6. Coupled Thermal-Hydraulics;
7. Thermal-Hydraulics in Water Reactor Safety;
8. Thermal-Hydraulics in Advanced-Reactor Safety;
9. Thermal-Hydraulics in the Nuclear Fuel Cycle;
10. Nuclear Heat Utilization;
11. Thermal-Hydraulics in Beam Technologies;
12. Fusion Reactor Thermal-Hydraulics;
13. Space-Nuclear Thermal-Hydraulics;
14. Nuclear-Environmental Thermal-Hydraulics

### DEADLINES:

500 to 1000 word abstract (three copies), due: by **June 15, 1996;**

Notification of acceptance of abstract by **August 15, 1996;**

Full-length paper due by **December 15, 1996;**

Notification of paper acceptance by **March 15, 1997;**

Author-prepared mats due by **June 15, 1997**

問い合わせ先:

論文投稿関係: 〒 319-11 茨城県東海村 日本原子力研究所原子炉安全工学部 久木田豊

Tel: 029-282-5263, Fax: 029-282-6728, e-mail: kukita@lstf3.tokai.jaeri.go.jp

一般事項: 〒 230 横浜市鶴見区江ヶ崎町 4-1 東京電力 (株) 原子力研究所 滝沢昭彦

Tel: 045-585-8946, Fax: 045-585-8958, e-mail: nereth-8@rd.tepco.co.jp

インターネット <http://www.rd.tepco.co.jp/nereth-8/>

30

# 「伝熱研究」原稿の書き方

42 mm

伝熱 太郎 (伝熱大学)

(1行)  
(2行)  
(3行)  
(4行)  
(5行)  
(6行)  
(7行)  
(8行)

## 1. 「伝熱研究」用原稿の標準形式

用紙サイズ：A4 縦長 (210mm×297mm), 横書き

余白サイズ：上余白 30 mm, 下余白 30 mm

左余白 20 mm, 右余白 20 mm

コ ラ ム：2 段組とします。

1 コラム長 80 mm, コラム間隔 10 mm

活字サイズ：10 ポイント (10×0.3514=3.514 mm) の

全角文字を標準とします。英文字・  
数字には半角文字が好ましい。

1 行の字数：1 段あたり 23 文字程度

行 送 り：15 ポイント (15×0.3514=5.271 mm)

1 頁あたり 45 行となります。

## 2. 「伝熱研究」用原稿作成上の注意

(1) 印刷は原稿からそのままオフセット印刷で行いますので、この点を考慮の上、写真・図表等には特に注意して鮮明なものをご使用ください。

(2) 原稿枚数は原則として最大10枚 (図表込み) を越えないでください。

(3) 原稿は出力フォーマットに従って作成の上編集委員会までご送付ください。

(4) 図表は、原稿内に直接張り込んでください。

(5) 原稿の頁数は各頁の上すみに青鉛筆で薄く1/8, 2/8のように記入してください。

(6) 本手引きの各種寸法及び文字数等は、お手持ちのワープロの機能によっては、必ずしもこれらを満足できないかもしれません。このような場合には適宜これにできるだけ近くなるように、原稿をおつくりくださいますようお願い申し上げます。

15 ポイント行間

15 ポイント行間

題目の部分は、編集委員会で作成いたしますので、8行の空白 (=42 mm) を用意しておいてください。また、表題・氏名・所属の和文および英文は別紙にご用意下さい。なお、2 頁目以降は、最初の行から2段組で本文をお書きください。

22.5 ポイント行間あるいは半行を挿入

22.5 ポイント行間あるいは半行を挿入

### その他の事項

・この原稿形式は、1996年4月号より採用されることになりました。

・可能ならば、字体に関しては、本文には明朝体を使用し、見出しにはゴシック体を使用してください。

20

20

30



## 「伝熱研究」会告の書き方

印刷は原稿からそのままオフセット印刷を行いますので、鮮明な原稿にして下さい。大きさは、この外枠に入るように縦 115 mm 以内横 170 mm 以内に収まるようにして下さい。この範囲に入らないものは、「伝熱研究」原稿の書き方に従って下さい。

115 mm

170 mm

## 事務局からの連絡

### 1. 学会案内と入会手続きについて

#### 【目的】

本会は、伝熱に関する学理技術の進展と知識の普及、会員相互及び国際的な交流を図ることを目的としています。

#### 【会計年度】

会計年度は、毎年4月1日に始まり翌年3月31日までです。(但し、「伝熱研究」の巻と表紙の色は1月号から10月号までの一年間同じです)

#### 【会員の種別と会費】

会員種別	資格	会費(年額)
正会員	伝熱に関する学識経験を有する者で、本会の目的に賛同して入会した個人	8,000円
賛助会員	本会の目的に賛同し、本会の事業を援助する法人またはその事業所、あるいは個人	1口 30,000円
学生会員	高専、短大、大学の学部および大学院に在学中の学生で、本会の目的に賛同して入会した個人	4,000円
名誉会員	本会に特に功勞のあった者で、総会において推薦された者	0円
推薦会員	本会の発展に寄与することが期待できる者で、当該年度の総会において推薦された者	0円

#### 【会員の特典】

会員は本会の活動に参加でき、次の特典があります。

1. 「伝熱研究、THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING」を郵送します。

(本年度発行予定：4月号、7月号、10月号、1月号)

- ・正会員、学生会員、名誉会員、推薦会員に1冊送付
- ・賛助会員に口数分の冊数送付

2. 「日本伝熱シンポジウム講演論文集」を無料でさしあげます。

- ・正・学生・名誉・推薦の各会員に1部、賛助会員に口数分の部数(但し、伝熱シンポジウム開催の前年度の3月25日までに前年度分までの会費を納入した会員に限る)

#### 【入会手続き】

正会員または学生会員への入会の際は、入会申込用紙にご記入の上、事務局宛にファックスまたは郵送で送り、郵便振替にて当該年度会費をお支払い下さい。賛助会員への入会の際は、入会申込用紙にご記入の上、事務局宛にファックスまたは郵送でお送り下さい。必要があれば本会の内容、会則、入会手続き等についてご説明します。賛助会員への申込みは何口でも可能です。

(注 意)

・申込用紙には氏名を明瞭に記入し、難読文字にはJISコードのご指示をお願いします。

・会費納入時の郵便振替用紙には、会員名(必要に応じてフリガナを付す)を必ず記入して下さい。会社名のみ記載の場合、入金の取扱いができず、会費未納のままとなります。

・学生会員への入会申込においては、指導教官による在学証明(署名・捺印)が必要です。

### 2. 会員の方々へ

#### 【会員増加と賛助会員口数増加のお願い】

個人会員と賛助会員の増加が検討されています。会員の皆様におかれましても、できる限り周囲の関連の方々や団体に入会をお誘い下さるようお願いいたします。また、賛助会員への入会申込み受付におきまして、A(3口)、B(2口)、C(1口)と分けております。現賛助会員におかれましても、できる限り口数の増加をお願いいたします。

#### 【会費納入について】

会費は当該年度内に納入してください。請求書はお申し出のない限り特に発行しません。会費納入状況は事務局にお問い合わせ下さい。会費納入には折込みの郵便振替用紙をご利用下さい。その他の送金方法で手数料が必要な場合には、送金額から減額します。フリガナ名の検索によって入金の手続き処理を行っておりますので会社名のみで会員名の記載がない場合には未納扱いになります。

#### 【変更届について】

##### （勤務先、住所、通信先等の変更）

勤務先、住所、通信先等に変更が生じた場合には、巻末の「変更届用紙」にて速やかに事務局へお知らせ下さい。通信先の変更届がない場合には、郵送物が会員に確実に届かず、あるいは宛名不明により以降の郵送が継続できなくなります。また、再発送が可能な場合にもその費用をご負担頂くことになります。

##### （賛助会員の代表者変更）

賛助会員の場合には、必要に応じて代表者を変更できます。

##### （学生会員から正会員への変更）

学生会員が社会人になられた場合には、会費が変わりますので正会員(正会員)への変更届を速やかにご提出下さい。このことにつきましては、指導教官の方々からもご指導をお願いします。

##### （変更届提出上の注意）

会員データを変更する際の誤りを防ぐため、変更届は必ず書面にて会員自身もしくは代理と認められる方がご提出下さるようお願いいたします。

#### 【退会届について】

退会を希望される方は、退会日付けを記した書面にて退会届(郵便振替用紙に記載可)を提出し、未納会費を納入して下さい。会員登録を抹消します。

#### 【会費を長期滞納されている方へ】

長期間、会費を滞納されている会員の方々へ、至急納入をお願いいたします。特に、平成6年度以降の会費未納の方には「伝熱研究・THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING」の送付を停止しており、近く退会処分が理事会で決定されます。

### 3. 事務局について

次の業務を下記の事務局で行っております。

#### 事務局

##### （業務内容）

- 入会届、変更届、退会届の受付
- 会費納入の受付、会費徴収等
- 会員、非会員からの問い合わせに対する応対、連絡等
- 伝熱シンポジウム終了後の「講演論文集」の注文受付、新入会員への「伝熱研究・THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING」発送、その他刊行物の発送
- その他必要な業務

##### （所在地）

〒113 東京都文京区湯島2-16-16  
社団法人日本伝熱学会  
TEL,FAX: 03-5689-3401  
(土日、祝祭日を除く、午前9時～午後5時)

##### （注 意）

- 事務局への連絡、お問い合わせには、電話によらずできるだけ郵便振替用紙の通信覧やファックス等の書面にてお願いします。
- 学会事務の統括と上記以外の事務は、下記にて行なっておりません。

〒152 東京都目黒区大岡山2-12-1 東京工業大学 工学部  
機械科学科 齋藤彬夫  
TEL:03-5734-2167, 3308 FAX:03-5734-2167, 2893

日本伝熱学会正会員・学生会員入会申込み・変更届用紙

- (左の該当に○を記入) 1. 正会員・学生会員入会申込書  
 2. 変更届 (書面による届出のみ受付)  
 ・ 楷書体で明瞭に記入  
 ・ 氏名にふりがなを付す  
 ・ 通信文は余白に記入  
 ・ 申込み時に郵便振替にて会費納入

0	申込年月日	1	9	9	年	月	日
1	会員資格	正・学					
2	氏名						
3	ふりがな						
4	生年月日	1	9	年	月	日	
5	名称						
6	〒						
7	勤務先						
8	所在地						
9	TEL						
10	FAX						
11	〒						
12	住所						
13	TEL						
14	自宅						
15	〒						
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					
20	専門分野	← (下記の専門分野の番号)					
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: 液相流  
 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: ガービッ 17: 蒸気機関 18: 原子力  
 19: 太陽熱 20: 環境 21: その他 ( )  
 例: 電子機器の冷却、生体伝熱、分子動力学等  
 \*) 学生会員入会申込者は学校名、学部、学科、研究室名、学年 (M2, D3など) を記す。  
 \*\*) 郵送物発送先として通信先を必ず記入する。  
 \*\*\*) 学生会員入会申込者は、指導教官の署名・捺印を受ける。

日本伝熱学会 入会申込み・変更届用紙

日本伝熱学会 賛助会員新規入会申込み届用紙

0	申込年月日	1	9	9	年	月	日
1	会員資格	賛助会員					
2	代表者氏名						
3	ふりがな						
4	名称 (所属)						
5	代 表 者						
6	〒						
7	所在地						
8	勤務先						
9	TEL						
10	FAX						
11	〒						
12	口数	口					

日本伝熱学会入会のご案内

1. 本学会の会計年度は毎年4月1日から翌年3月末日までです。  
 2. 賛助会員の会費は1口30,000円/年で、申し込みは何口でも結構です。申し込み口数により、次のように分けております。  
 A (8口)、B (2口)、C (1口)  
 3. 会員になりすと「伝熱研究」をお申し込み口数1口につき1部お送りします。「日本伝熱シンポジウム 講演論文集」等をお申し込み口数1口につき1部無料でお届けします。  
 この伝熱研究は通常、年4回 (4、7、10、1月号) 発行しております。  
 但し、日本伝熱シンポジウム講演論文集につきましては、前年度の会費を年度末までに完納された会員に限り当該年度のもを無料でお送りさせていただきます。  
 向、年度途中で入会の方には残部の都合でお送りできない場合がありますので、あらかじめご承知おき下さい。  
 4. 本学会では、事務作業効率化のために会費の領収書の発行は郵便振替や銀行振込の控えをあてております。領収書はご用意できませんが、それ以外の場合には貴社ご指定の書式をご送付下さいますようお願いいたします。  
 申込書送付先: 〒113 東京都文京区湯島 2-16-16  
 社団法人日本伝熱学会事務局 TEL, FAX 03-5689-3401  
 会費の払込先:  
 (1) 郵便振替の場合-郵便振替口座 00160-0-4-14749 社団法人日本伝熱学会  
 (2) 銀行振込の場合-第一勧業銀行大岡山支店 普通預金口座 145-1517941 社団法人日本伝熱学会  
 (3) 現金書留の場合-上記の事務局宛に郵送金下さい。

## 複写をされる方に

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、著作権者から複写権の委託を受けている次の団体から許諾を受けて下さい。

学協会著作権協議会内日本複写権センター支部  
〒107 東京都港区赤坂9-6-42-704  
Phone 03-3475-4621/5618  
Fax 03-3403-1738

### Notice about photocopying

In the U.S.A., authorization to photocopy items for internal or personal use, or the internal or personal use of specific clients, is granted by [copyright owner's name], provided that designated fees are paid directly to Copyright Clearance Center. For those organizations that have been granted a photocopy license by CCC a separate system of payment has been arranged.

Copyright Clearance Center 27, Congress St.  
Salem, MA 01970  
Phone (508)744-3350  
Fax (508)741-2318

平成7年度の「伝熱研究」の出版には、平成7年度科学研究費補助金「研究成果公開促進費」の補助を受けています。

<b>伝 熱 研 究</b>	ISSN 0910-7851
(Journal of The Heat Transfer Society of Japan)	
Vol.35, No.137	1996年4月発行
<b>THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING</b>	ISSN 0918-9963
Vol.4, No.2	April, 1996

発行所 **社団法人 日 本 伝 熱 学 会**  
〒113 東京都文京区湯島2-16-16  
電話 03(5689)3401  
Fax. 03(5689)3401  
郵便振替 00160-4-14749

Published by

The Heat Transfer Society of Japan  
16-16, Yushima 2-chome, Bunkyo-ku,  
Tokyo-113, Japan  
Phone, Fax: +81-3-5689-3401

# 伝熱研究 Vol. 35, No. 137

〈小特集：伝熱工学／熱工学の将来—伝熱学会発足3周年を迎えて〉

小特集「伝熱工学／熱工学の将来—伝熱学会発足3周年を迎えて」にあたって  
 ..... 第34期編集委員 熊田雅弥 (岐阜大学) ..... 1

〈随想〉

随想—未来への期待をこめて ..... 甲藤好郎 (日本大学・理工学研究所) ..... 2

随想 (35年の回顧と将来への希望)  
 ..... 森 康夫 (日本伝熱学会特別名誉会員, 米国工学アカデミー会員) ..... 5

TSE の投稿論文からみた伝熱／熱工学研究の将来 ..... 小竹 進 (TSE チーフエディター) ..... 8

〈伝熱・熱工学の各分野の研究の将来〉

強制対流伝熱研究の将来 ..... 鈴木健二郎 (京都大学大学院工学研究科機械工学専攻) ..... 10

自然対流伝熱研究の将来 ..... 尾添紘之 (九州大学機能物質科学研究所) ..... 12

凝縮伝熱研究の将来 ..... 本田博司 (九州大学機能物質科学研究所) ..... 14

沸騰伝熱研究の将来課題 ..... 庄司正弘 (東京大学) ..... 16

気液二相流伝熱研究の将来 ..... 芹澤昭示・河原全作 (京都大学) ..... 19

燃焼研究の将来 ..... 高城敏美 (大阪大学) ..... 21

ふく射伝熱研究の将来 ..... 黒崎晏夫 (東京工業大学) ..... 23

より速く、より微細に、より論理的に—熱物性研究の将来— ..... 荒木信幸 (静岡大学) ..... 25

環境伝熱研究の将来 ..... 斎藤武雄 (東北大学工学部機械航空工学科) ..... 27

生体に関する伝熱研究の可能性 ..... 棚澤 郎 (東京大学生産技術研究所) ..... 30

マイクロ伝熱研究の将来 ..... 松本洋一郎 (東京大学) ..... 33

化学反応を伴う伝熱研究の将来 ..... 岡崎 健 (東京工業大学炭素循環素材研究センター) ..... 35

数値解析伝熱研究の将来 ..... 河村 洋 (東京理科大学) ..... 37

機器伝熱の将来 ..... 石塚 勝 (東芝・研究開発センター) ..... 39

計測研究の将来 ..... 前田昌信 (慶応義塾大学) ..... 41

〈私の伝熱研究の将来〉

伝熱研究の将来 ..... 土方邦夫 (東京工業大学) ..... 43

伝熱：熱を伝えることと熱が伝わったこと ..... 西尾茂文 (東京大学生産技術研究所) ..... 46

〈基盤強化委員会からの提案〉

伝熱学会の将来と基盤強化 ..... 林勇二郎 (金沢大学) ..... 48

〈研究会報告〉

電荷移動を伴う熱科学現象研究会  
 ..... 水野 彰 (豊橋技術科学大学), 吉田英夫 (東京工業大学), 中谷 元 (三菱電機) ..... 54

高温エネルギー変換工学研究会 ..... 新井紀男 (名古屋大学高温エネルギー変換研究センター) ..... 56

非線形熱流体研究会—活動報告および伝熱研究の将来と非線形力学—  
 ..... 金子邦彦・庄司正弘・飛原英治 (東京大学) ..... 57

人間熱科学研究と着心地の科学  
 ..... 中島利誠 (お茶の水女子大学生産生活科学部生活環境学科生活工学講座) ..... 59

〈特別委員会の報告〉

国際活動委員会—活動の概要 ..... 森 康彦 (慶応義塾大学) ..... 61

伝熱研究のネットワーク作り  
 ..... ネットワークシステム化委員会 前田昌信 (慶応義塾大学)・小林健一 (東京工業大学) ..... 62

伝熱学大系出版委員会報告 ..... 坂口忠司 (神戸大学) ..... 63

〈支部活動の現状と将来〉

関西支部の活動の現状と将来 ..... 関西支部支部長 高城敏美 (大阪大学) ..... 64

東海支部の活動の現状と将来 ..... 東海支部支部長 藤田秀臣 (名古屋大学) ..... 65

〈研究トピックス〉

SFU 推進系の熱設計 ..... 山田 明 (三菱重工業 長崎研究所) ..... 66

## THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING Vol. 4, No. 2

1. Measurements and Numerical Simulation of Heat Transfer of an Arc Plasma Jet to Wall (in Japanese)  
 Ogawa K. & Hijikata K. .... 1
2. Heat Transfer Characteristics at High Temperature of an Impinging Air Jet Laden with Solid Particles Recirculating in an Enclosure (in Japanese)  
 Wang J., Kurosaki Y. & Satoh I. .... 11
3. On the Behavior of Pulse-Laser-Induced Bubble in Liquid Nitrogen (in Japanese)  
 Sato H., Odagawa M., Prat C., Maeno K. & Honma H. .... 21
4. Cluster Formation around the Critical Point in Two-dimensional Lennard-Jones Particle System (in Japanese)  
 Sugiyama T., Echigo R. & Yoshida H. .... 29