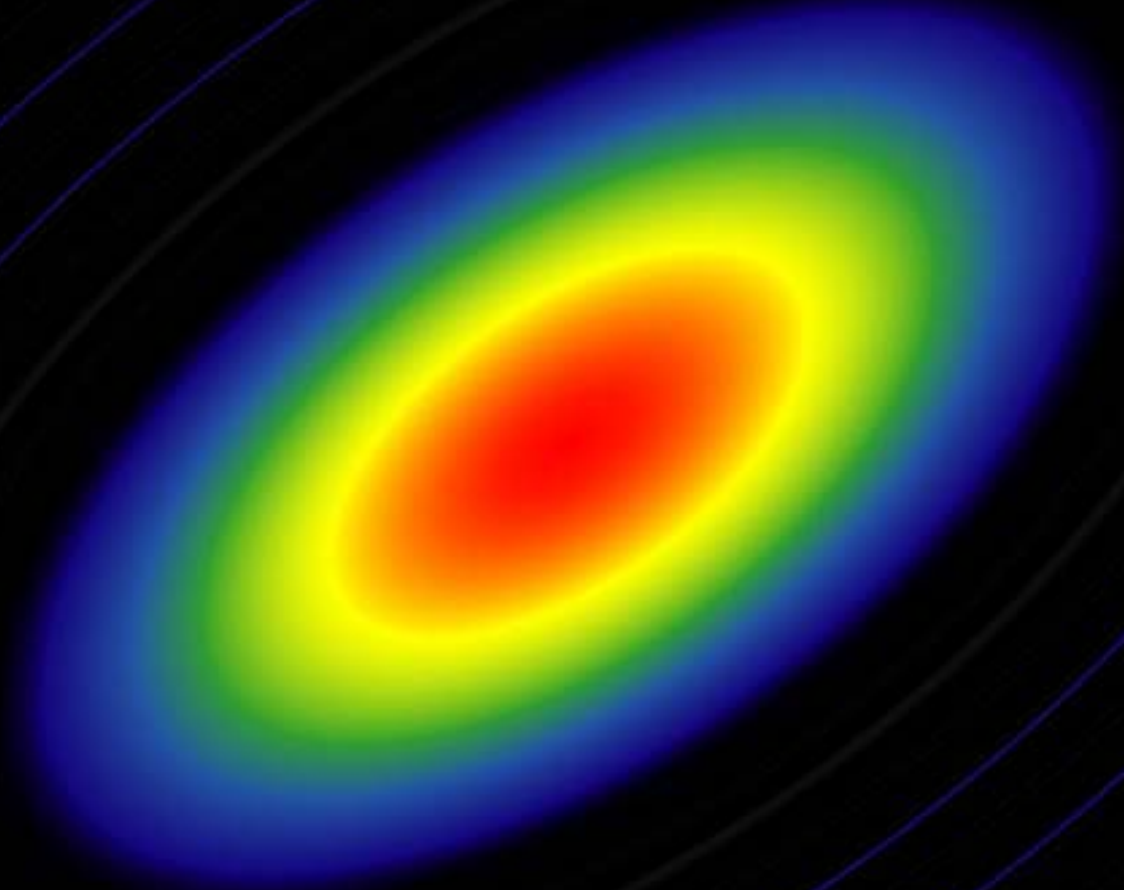


# 伝 熱

*Journal of the Heat Transfer Society of Japan*

ISSN 1344-8602 Vol. 45, No. 191  
2006. 4



*HSTJ*

◆これからの伝熱研究を考える◆  
—大学と企業におけるニーズギャップと壁—

# 「伝熱」原稿の書き方

## How to Write a Manuscript of Dennetsu

伝熱 太郎 (伝熱大学)  
Taro DENNETSU (Dennetsu University)  
著者が了解するときは記入→ e-mail: taro@dennetsu.ac.jp

### 1. はじめに

以下の注意事項に留意して原稿を作成すること。

### 2. 「伝熱」用原稿作成上の注意

#### 2.1 標準形式

原稿は Microsoft Word 等を用いて作成し、図や写真等は原稿に張り込み一つのファイルとして完結させる。原稿の標準形式を表 1 に示す。

表 1 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 30mm, 下余白 30mm 左余白 20mm, 右余白 20mm
タイトル	1 段組, 45mm 前後あける (10 ポイント(10×0.3514mm)で 8 行分)
本文	2 段組, 1 段 80mm, 段間隔余白 10mm
活字	10 ポイント(10×0.3514mm) 本文 (Windows) MS 明朝体 (Macintosh) 細明朝体 見出し (Windows) MS ゴシック体 (Macintosh) 中ゴシック体 英文字・数字 Times New Roman または Symbol
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=5.271mm) 1 ページあたり 45 行 ただし、見出しの前は 1 行を挿入

#### 2.2 見出しなど

見出しはゴシック体を用い、大見出しはセンタリングし前に 1 行空ける。中見出しは 2.2 などのように番号をつけ左寄せする。見出しの数字は半角とする。行の始めに、括弧やハイフン等がこないように禁則処理を行うこと。

#### 2.3 句読点

句読点は、および、を用い、、や、は避けること。

#### 2.4 図について

図中のフォントは本文中のフォントと同じものを用いること。

#### 2.5 参考文献について

##### 2.5.1 番号の付け方

参考文献は本文中の該当する個所に[1], [2, 4], [6-10]のように番号を入れて示す。

##### 2.5.2 参考文献の引き方

著者名、誌名、巻、年、頁の順とする。毎号頁の改まる雑誌(Therm. Sci. Eng.など)は巻-号数のようにして号数も入れる。著者名は、名字、名前のイニシャル、のように記述する。タイトルの有無は自由。雑誌名の省略法は科学技術文献速報(JICST)に準拠する。日本語の雑誌・書籍の場合は著者名・書名とも省略しない。

#### 参考文献

- [1] 伝熱太郎, 伝熱花子, 伝熱のフォーマットに関する取り決め, 日本機械学会論文集 B 編, **80-100** (1999) 3000.
- [2] Incropera, F. P. and Dewitt, D. P., *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Sons (1976).
- [3] Smith, A. et al., How to Write a Manuscript of Dennetsu, Therm. Sci. Eng., **7-5** (1999) 10.
- [4] 山田太郎, やさしい伝熱, 熱講社 (1980).

原稿作成用のテンプレート (MS-WORD) は伝熱学会のホームページよりダウンロードできます。

原稿は、特に指定のない限り、出版部会長宛てに e-mail で提出して下さい。なお、ヘッダー・フッターや最後の横棒は、編集出版部会で整えますので、記入する必要はありません。

# 伝 熱

## 目 次

### 〈特集：これからの伝熱研究を考える－大学と企業におけるニーズギャップと壁－〉

特集：これからの伝熱研究を考える－大学と企業におけるニーズギャップと壁－

.....逢坂 昭治（徳島大学）	1
産学連携はいかにあるべきか？－企業と大学文化の狭間を越えて－勝田 正文（早稲田大学）	2
伝熱分野における連携ギャップ.....西尾 茂文（東京大学）	6
産業界とのギャップ解消に向けた大学での伝熱研究.....岡崎 健（東京工業大学）	8
産学連携の狭間で－企業からみた産学連携における大学とのニーズギャップと壁－	
.....森 治嗣（東京電力）	9
都市ガス事業から期待する伝熱研究.....中村 恒明（東京ガス）	14
新しい「伝熱屋」の仕事.....橋本 律男（広島大学）	18
リサイクルとクリーンエネルギー.....行本 政雄（中部大学）	20
熱交換器性能と周辺技術の関係.....田中 収（三浦工業）	25

### 〈特別寄稿〉

沸騰の科学（6）.....甲藤 好郎（東京大学名誉教授）	29
サクラの来た道.....染郷 正孝（東京農業大学）	35

### 〈プロジェクトQ〉

愛知万博マンモスラボの冷却保存システム.....吉井 一（東洋製作所）	40
CO <sub>2</sub> 給湯機用熱交換器の開発.....山本 憲，沖ノ谷 剛（デンソー）	44

### 〈博物館めぐり〉

三菱重工業㈱長崎造船所 史料館.....山田 明，横川 清，浅山 徳史（三菱重工業）	50
--	----

### 〈Heat Transfer〉

温冷感.....高津 康幸（広島国際学院大学）	55
-------------------------	----

### 〈Library〉

マイクロ・ナノ熱流体ハンドブック（編集代表：丸山 茂夫）.....高田 保之（九州大学）	56
温度から見た宇宙・物質・生命 ビッグバンから絶対零度の世界まで（ジノ・セグレ）	
.....永井 二郎（福井大学）	57

スケートと氷 –Torino 冬季五輪を終えて– .....	編集出版部会 .....	58
--------------------------------	--------------	----

〈行事カレンダー〉 .....	59
-----------------	----

## 〈お知らせ〉

第 43 回日本伝熱シンポジウム .....	61
International Conference on Thermal Issues in Emerging Technologies - Theory and Applications - (ThETA) .....	81
事務局からの連絡.....	82
編集出版部会ノート：これからの伝熱研究を考える.....	中込 秀樹（千葉大学） .....90

日本伝熱学会 2005 年度（第 44 期）会長・副会長・理事・監事
------------------------------------

◆会 長	庄司 正弘（神奈川大学）		
◆副会長	勝田 正文（早稲田大学）	久角 喜徳（大阪ガス）	宮内 敏雄（東京工業大学）
◆理 事	佐藤 勲（東京工業大学）	吉田 英生（京都大学）	花村 克悟（東京工業大学）
	池川 昌弘（北海道大学）	円山 重直（東北大学）	辻 俊博（名古屋工業大学）
	青木 和夫（長岡技科大学）	竹中 信幸（神戸大学）	逢坂 昭治（徳島大学）
	小山 繁（九州大学）	長野 靖尚（名古屋工業大学）	田中 収（三浦工業）
	森 治嗣（東京電力）	康 倫明（ダイキン）	
◆監 事	工藤 一彦（北海道大学）	青木 博史（豊田中央研究所）	

## CONTENTS

### < Future Heat Transfer Research

#### - Needs Gap and Barrier between Industry and University - >

Special Issue on 'Future Heat Transfer Research

- Needs Gap and Barrier between Industry and University - '	
Akiharu OUSAKA (Tokushima University).....	1
How should the Collaboration between Industry and Academia be?	
- Bridging the Discrepancy of Industrial and Academic Culture -	
Masafumi KATSUTA (Waseda University).....	2
Collaboration Gap in the Heat Transfer Field	
Shigefumi NISHIO (University of Tokyo) .....	6
Heat Transfer Research for Bridging the Gap between University and Industry	
Ken OKAZAKI (Tokyo Institute of Technology) .....	8
Clear-Blue Water as Gap on Needs Lying between Industrial and Academic Cultures	
Michitsugu MORI (Tokyo Electric power Co., Inc.) .....	9
What does the city gas industry expect from heat transfer research?	
Tsuneaki NAKAMURA (Tokyo Gas Co., Ltd.).....	14
A New Mission for Engineers in Thermal Science and Engineering	
Ritsuo HASHIMOTO (Hiroshima University) .....	18
Recycle and Clean Energy	
Masao YUKUMOTO (Chubu University).....	20
Restrictive Conditions on Heat Transfer Efficiency in the Field's Heat Exchangers	
Osamu TANAKA (Miura, Co.Ltd) .....	25

### < Contribution >

Science of Boiling (6)

Yoshiro KATTO (Professor Emeritus of the University of Tokyo).....	29
How it became SAKURA in Japan	
Masataka SOMEGO (Tokyo University of Agriculture).....	35

### < Project Q >

Cooling Storage System of Mammoth Laboratory in EXPO 2005 AICHI

Hajime YOSHII (Toyo Engineering Works, Ltd.).....	40
Research of Heat Exchanger for CO <sub>2</sub> Heat-Pump Water-Heating System	
Ken YAMAMOTO, Takeshi OKINOTANI (Denso).....	44

---

## < Museum Tour >

MUSEUM Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. Nagasaki Shipyard & Machinery Works Akira YAMADA, Kiyoshi YOKOKAWA, Norichika ASAYAMA (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.) .....	50
--	----

## < Heat Transfer >

Thermal Sensation Yasuyuki TAKATSU (Hiroshima Kokusai Gakuin University) .....	55
---	----

## < Library >

Handbook of Microscale and Nanoscale Heat and Fluid Flow Edited by Shigeo Maruyama Yasuyuki TAKATA (Kyushu University) .....	56
A Matter of Degrees: What Temperature Reveals about the Past and Future of Our Species, Planet, and Universe By Gino Segrè Niro NAGAI (University of Fukui) .....	57

Skate and Ice - After Torino 2006 - Editorial Board .....	58
--	----

## < Calendar > .....59

## < Announcements > .....61

Note from the Editorial Board: Future Heat Transfer Research Hideki NAKAGOME (Chiba University) .....	90
--	----

## 特集：これからの伝熱研究を考える －大学と企業におけるニーズギャップと壁－

*Special Issue on 'Future Heat Transfer Research – Needs Gap and Barrier between Industry and University-'*

逢坂 昭治 (徳島大学)

Akiharu OUSAKA (Tokushima University)

e-mail: ousaka@me.tokushima-u.ac.jp

---

どの分野においても，“これからの〇〇を考える”に類する特集やフォーラムは数多く行われており，決して目新しいことではない．言い換えれば，我々を取り巻く社会環境・経済状況が予想以上に早い速度で変化しているのに，それへの対応に大学と企業間で相当な差を生じており，結果として，産学連携が必ずしも十分に機能していないことの一つの現れであろう．したがって，時機を見てこのような特集を組むことは意義のあることと思う．

このような背景から，本特集では，「大学と企業におけるニーズギャップと壁」に焦点を絞った．大学側からは3名の著名な先生方に，企業側からは第一線でご活躍中の5名の研究者の方々に，執筆をお願いした．それぞれの先生方からは，年度末でご多忙のなか，これまでの豊富な経験を基に非常に有益なご提言あるいはご指摘を戴いている．たとえば，本学会副会長の勝田先生は，産学連携の現状における，「多くの研究原資が海外の大学や研究機関に流れる原因が何なのか．」，「海外の大学はどうして新規分野や将来技術に強いのだろうか．」などについて考察されている．また，東大副学長の西尾先生は学会等において実施して来られたご経験を基に，伝熱学会としての改善プロセスを指摘し，さらに伝熱分野における研究者と産業人とのギャップを埋めるためのアイデアを述べておられる．東工大教授の岡崎先生は企業との関わりや基礎研究と応用研究のあり方において，「大学の研究者が旧来の狭い分野に閉じこもり，新領域に向けた果敢な挑戦と展開を図っていない場合が多い．」，「大学と企業との間のギャップを埋めるための組織論や方法論だけを議論しても意味は薄く，伝熱の分野での大学での研究のあり方についての議論が重要である．」，「大学での応用研究

はやはり，基礎現象をベースとした新しいアイデアの実証による社会貢献を意識したものではなくてはならない．」と，大学の研究者に向けた提言をされている．一方，東京電力(株)の森グループマネージャーは，大学研究者と企業研究者の学会活動に対する認識の現状および要望の調査から，産学連携を深めるための学会活動についてまとめておられ，さらに，学会の在り方について価値ある提言をされている．東京ガス(株)の中村研究所長は「ホロニック・エネルギーシステム」が新しいエネルギー供給の姿であると紹介し，伝熱研究に携わる者がエネルギーと伝熱研究の有機的調和を図ることができれば，さらなる展開が期待できるのではないかと提案されている．三菱重工(株)橋本研究所長(執筆時)は「企業の中では忙しい，しかし学問分野としては何か閉塞感が漂っている」というこのギャップはどこから来ているのか，何かの発想の転換をすれば全く別な世界が拓けるのではないかと．」という期待を込めて，ものづくりに必要な研究の役割を述べておられる．JFEホールディングス(株)の行本部長(執筆時)は環境ソリューション技術について紹介し，環境エネルギーに関わる伝熱分野の研究ポイントを論述されている．最後に，三浦工業(株)の田中室長は，研究対象となる産業用熱交換器の伝熱性能に関連した課題を具体的に挙げておられる．

このように，行政面から研究内容に至る幅広いご提言・ご指摘はまことに貴重なもので，じっくりと噛みしめながらご一読願いたい．これらが会員諸氏の今後の研究ならびに技術開発において大きな飛躍を遂げるヒントとなることができれば，特集を企画した担当者(森(東京電力)，中込(千葉大学)，逢坂(徳島大学))としてこの上ない喜びである．

## 産学連携はいかにあるべきか？－企業と大学文化の狭間を越えて－

*How should the Collaboration between Industry and Academia be?*

*(Bridging the Discrepancy of Industrial and Academic Culture)*

勝田 正文 (早稲田大学)

*Masafumi KATSUTA (Waseda University)*

*e-mail: katsuta@waseda.jp*

### 1. はじめに

徳島大学の逢坂教授よりテーマを頂戴した。振り返るとわが国の第二期科学技術基本計画（平成13年から17年）が推進される中、勤務する大学の研究推進の中核を担いある程度の実績を収めたことからのご指名ではないかと思う。一方、日本伝熱学会においても長く続いたフィルギャップ委員会の発展的解散の節目にあり、今後の展望を考える時期に当たっている。わずかな経験ではあるが、その中での施策を（というよりもそこで培った知恵やノウハウをも含め）ここに報告し、出来ればいくつかの提言に繋げたい。

### 2. わが国における産学連携の現状

#### 2.1 産学官連携・知的財産に関わる国家施策

平成8年の科学基本計画策定以来、多くの国家レベルでの施策が実行されてきている。中でも平成10年の大学等技術移転促進法による承認TLO（現在41機関）の創設、平成11年のいわゆる日本版パイドール法、すなわち国の委託研究成果を実施機関に移転する、産業活力再生特別措置法の制定は第I期のエポックであろう。その後、第II期では、科学技術の戦略的重点化、産学官の連携による科学技術システム改革、大学の知的財産等（研究成果）の機関帰属化などが推進され、国立大学の法人化（平成16年）に至った。その間、5年計画で24兆円の国家資金投資ならびに競争的資金の倍増が図られている。加えて知的財産基本法や知的財産推進計画なども策定され（平成14、15年）、法的な整備も進んでいる。これを背景に、知的クラスターの創成事業（平成14年現在18地域）や大学知的財産本部整備事業（平成15年現在43大学）がスタートし、現在中間評価を終えたところである。

#### 2.2 施策による実績

内閣府、総務省、文部科学省のホームページに掲載されている資料<sup>1) 2) 3)</sup>から抜粋して、上記の施策による成果あるいは実績の数値を挙げてみよう。産学連携推進による企業との共同研究では、平成16年度の国立大学の共同研究は9000件を超え、国公私を合わせると1万件を突破している。民間企業からの国立大学への研究資金も急速に伸び、治験も含め平成16年度には926億円に達している。特許の出願数では平成12年度との比較において11.7倍と増加し、国内国外を含め5994件（私立1720件）である。発明の審議件数はもちろんこれよりはるかに多い。実施料（大学が得た収入、外部のTLOではない）収入も着実に伸び、総額で5億5000万円に近づいている。一方、いくつかの種類に分けて本来述べなければいけないが、承認TLOの累計では、実施許諾累計件数が1863件、実施料収入は約43億円である。本学会にはあまりなじまないかもしれないが、大学発のベンチャー創出数も累計で昨年度1141件となり、当初の目標（1000件）を達成している。

このように数値目標が次々とクリアされ、これに伴い目標もさらに高いところに設定し直されたりしている。数値だけを見ると行政による戦略および政策は、見事に功を奏しているかに見える。

#### 2.3 課題の抽出

ここに、3枚の図を提示したい。いずれも民間企業の産学官連携に対する意識調査（経団連および総務省統計局）である。図1は、民間企業の研究費支出先の状況である。統計資料がいささか古い、現在もこの傾向は変わっていないと思われる。すなわち、図1に示すように企業研究費の内、約7割が海外の大学あるいは研究機関に向かっていくことが分かる。また、国内大学への研究費投資の大学研究費総額に占める割合は、図2



に見るようにアメリカ・イギリスの半分、ドイツの約 1/4 である約 2.5% 弱で、かなり低い水準にある。図 3 は文科省の「民間企業の研究活動に関する調査報告 平成 15 年度」結果である。見方によってかなり相違があるかと思うが、少なくとも企業は国内外の大学との研究協力を推進していきたいとする意識を強く持っていることが分かる。

企業側での高い意識にも関わらず、多くの研究原資が海外の大学や研究機関に流れる原因は何なのだろうか？国内外の研究体制の比較において次のように言えるのではないだろうか。産学連携や知財施策の導入時期に一日の長があること、企業ニーズの把握を十分行い大学側からこれを踏まえた提案がなされていること、大学が法人格を持つ

て責任ある契約を柔軟に締結可能であること、また契約は専門家が担当すること、部門横断的な人的なリソースの協力体制が出来上がっていること、などが挙げられる。また、海外の大学は新規分野や将来技術に強く、一方国内の大学との基礎的要素の研究（数値解析、高度な化学分析、理論の構築）は非常に上手くいっているとの報告もある。

ただ、これは表面的なことに過ぎず、例えば海外流出の研究費には、高い割合を占める一般管理費や人件費が含まれることや、加えて不正競争防止法などの遵守（秘密保持）が厳格になされていることがその他の要因として考えられる。

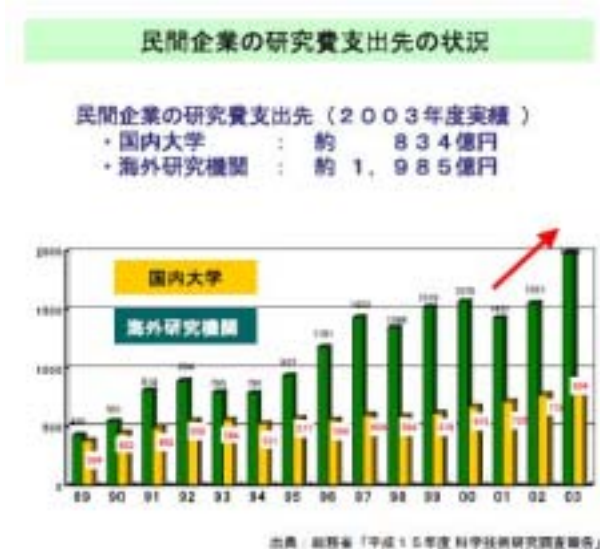


図 1 民間企業の研究費支出先<sup>4)</sup>

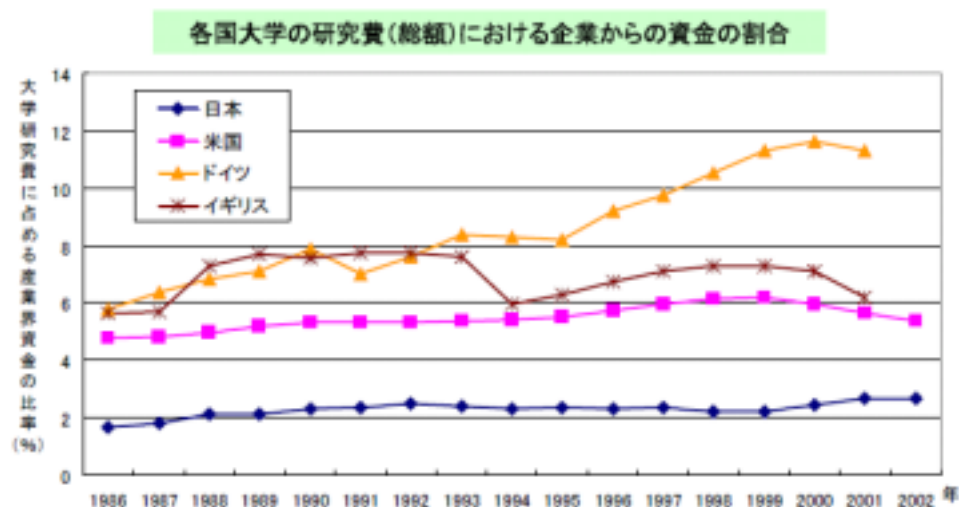


図 2 大学研究費に占める企業資金の割合<sup>5)</sup>

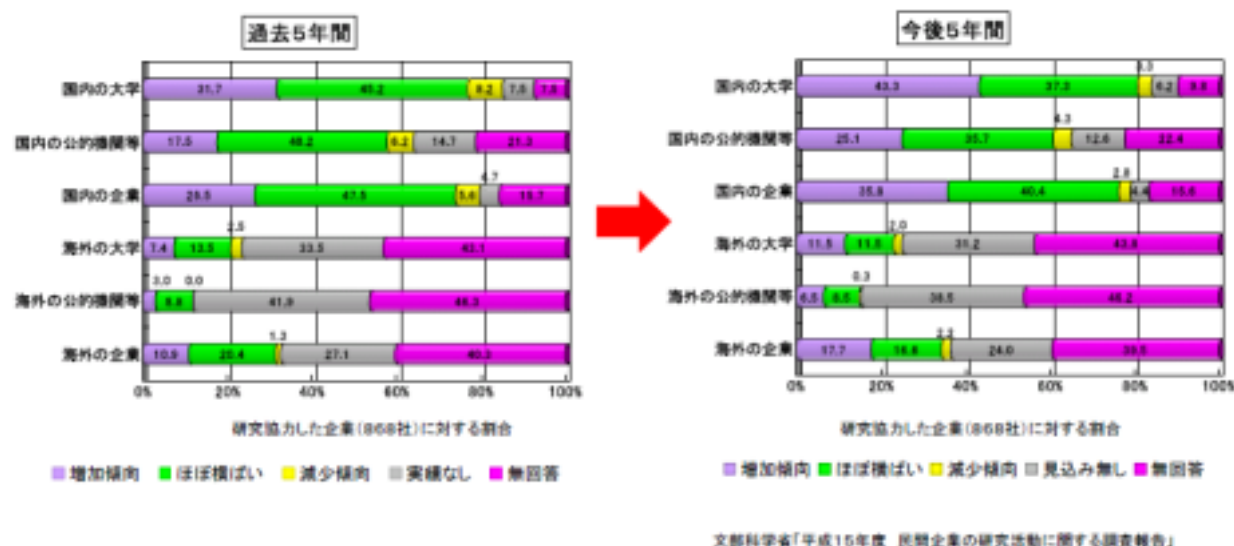


図3 民間企業の研究会開発協力意識調査結果<sup>5)</sup>

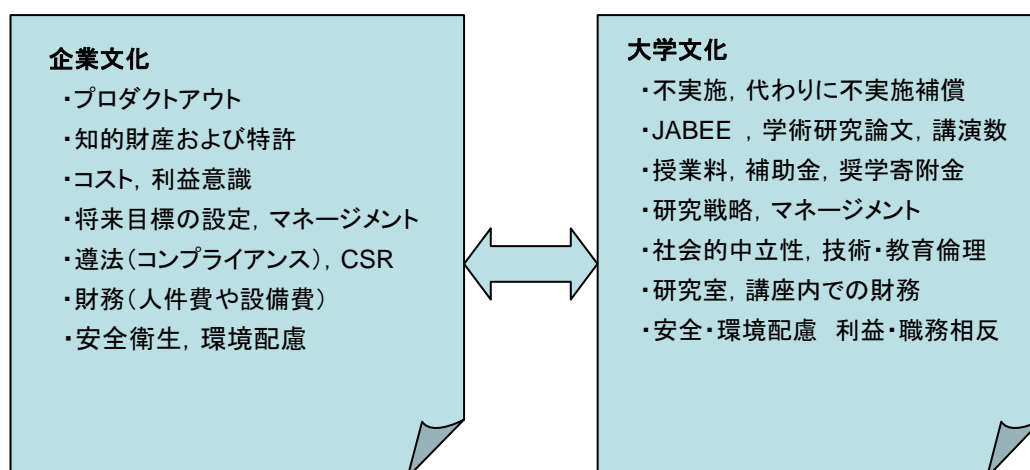


図4 研究・開発に対する企業と大学文化

### 3. 企業と大学文化の相違

産学連携や知財関連の施策の遅れに対する評価は、継続は力なり、というようにいまま少しの時間を必要とするように思う(多分、次世代の大学人が回答を出すこととなろう)。しかしながら、図4のキーワードに示すように研究開発に対する企業と大学の文化の相違は、意外と高く大きな障壁となっているように思える。なにより大学における研究は、プロダクトを伴わず、公開を原則としており(万人に利用を可とする)、教員の評価も論文数や著作数によっており、これらによって中立性を確保してきた歴史的な事実がある。とはいえ、このような課題を解決してこそ本来の産学連携が軌道に乗ることも事実であろう。

ここで勤務する大学における研究推進を担当して経験したことを述べてみたい。

共同・受託研究は、教員自身の個人的つながりが密な企業と行われることが多い。これは既に多くの点で親密な信頼関係が構築されていることを意味する。また、地域との連携に見られる、中小企業との間での研究では、早い時点で大学という敷居をはずし、出来るだけ交流を深めること(例えば、今の時期であればお花見やボートレース見物に積極的に入り込んで溶け込んでしまうこと)が勧められる。ここでの活性化の触媒として学生の参加も意義あることであろう。

学内 TLO では、学内のシーズの事業化を日夜検討しているが、研究テーマはニーズオリエンテッドの方が設定しやすい。研究者も研究のための研究ではなく、つねに応用を見据え常日頃これらに

対応できるようにしておくことが肝要である。若い教員、研究者の方には、是非本来の基盤工学における専門と、応用を企図した基盤技術を視野に入れた専門、すなわちダブルメジャーをお勧めしたい。言い換えれば、大学で何が出来るのか？何を「創造」出来るか、を常に考えていたいものである。

連携を担う人材の育成では、寄附講座の提供による産学官の人材交流、学生のインターンシップへの参加や OJT プログラムの活用、先端技術を融合した COE の活用がある。特に知財や MOT に関わる専門家の育成は、OJT による効果が大きい。このような人材交流に対して学協会が寄与できる部分が大いにある。

昨年仙台における伝熱シンポジウムでの産学連携セッション実施は、「お見合い成立」という今後への期待もこめて、本学会の一つの試みとして大いに評価したい。お叱りを承知の上で、懇親会別室のような場で行われればより効果があがるのではないかなと感じている。

#### 4. おわりに

前号にもまとめて述べさせていただいたが、伝熱（学会）は、技術創造立国へ向けた基盤技術の確立に大いに貢献してきた。今後は、期待される先端複合領域でのイノベーションへの貢献に向け、人材育成を含め、学会から生み出される産学連携でこれに答えられればと思う。

#### 参考文献

- [1] <http://www.mext.go.jp>
- [2] <http://www.cao.go.jp>
- [3] <http://www.soumu.go.jp>
- [4] [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gi\\_jyutu11/houkoku/0504231/021.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gi_jyutu11/houkoku/0504231/021.htm)
- [5] <http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/ip/haihu27/siryu7-1.pdf>

## 伝熱分野における連携ギャップ *Collaboration Gap in the Heat Transfer Field*

西尾 茂文 (東京大学)  
*Shigefumi NISHIO (University of Tokyo)*  
*e-mail: nishios@iis.u-tokyo.ac.jp*

### 1. はじめに

「企業の求める幅広いニーズと大学の研究方向とのニーズギャップ」を議論する特集【これからの伝熱研究を考える】に原稿を書かせていただくことになったが、伝熱分野において、大学や公的研究所と産業とのギャップの克服あるいは連携の必要性が叫ばれて久しい。

本会においても Fill-Gap なる委員会が置かれていると了解している。Fill-Gap の一環として産学連携に関する合宿も行われた。伝熱シンポジウムにおいてオーガナイズドセッションも企画され、技術応用を考えたテーマも選択されている。個人的にも、伝熱シンポジウムにおける宿題セッションや冠セッションの提案なども行ってきた。別の学会であるが、学術論文投稿時に技術応用解説を同時に提出することも提案し、実施してきた。

伝熱学会に関する限り、問題ははっきりしていると思っている。すなわち、今までの議論を集約し、何が実行され、何が継続され、何が解決し、何が問題として残っているのかという当然の改善プロセスを繰り返し、課題を順次解決してゆくことが重要であると思う。積み重ねが行われていないような気がしてならない。

これが基本であると信じるが、以下に思うところを記しておきたい。

### 2. 学術的態度

学術とは、「個別性・具体性を持った物事から出発して普遍的な論理を形成する知の体系」であり、普遍性を追求する上で「問い」と「抽象化」とが重要である場合が多い。概念やモデルを作って具体的な物事を眺めると少し普遍的な見通しが得られる。このことは、普遍化作業の典型である。また、「こんなことができないか」という問いについても、その問いに対して例えば連続の式、運動量の式、エネルギーの式を解き、「こんなこと」に対

する普遍的な結論を得ることも、「普遍性の内包の拡張」という意味で普遍化の一環であろう。

工学も、学問である以上、理学と同様に普遍性を求める。しかし、工学では普遍化が単なる興味からではなく「物事を創造する」という「態度」から行われ、したがって具体性を一定程度残して普遍化が行われることが特徴である。誤解を恐れずに換言すれば、工学と理学との相違は、東洋文化論あるいは日本文化論と文化論との相違であると思っている。日本文化論は文化論の応用であろうか。日本文化論と文化論との間に、学術的軽重があるろうか。工学は理学の応用ではなく、工学と理学との違いは学術的態度の違いである。伝熱分野においても、具体性を失うことなく普遍性を追い求める学術的態度が不可欠である。これは、伝熱分野の第二世代（伝熱学会創成期世代）が主張する「厳しさ」の意味するところに近いかもしれない。

産業界と学界とのギャップを埋める第一として重要なことは、当然ながら学術としての意味のある成果が生まれていることである。

### 3. 技術的態度

一方、技術は個別性や具体性を指向し、個別性や具体性から普遍性へ向かう学術とはベクトルが逆である。したがって、工学的態度と技術的態度とは、「物事を創造する」という態度では同じであるが、具体性と普遍性との間のベクトルという意味では態度が異なる。態度が異なるがゆえに、連携する意味がある。工学的態度と技術的態度とは多くの人が持っている態度の両面であり、ある個人においてどちらが鮮明かという問題であろう。いずれにしても、意味のある連携を行うためには、この二つの態度が鮮明である二者がそろう必要がある。数値計算繁栄の弊害とは思わないが、工学的態度と技術的態度とを併せ持つ研究者が少なく

なっているように思われる。

エネルギーに関する資源・環境的制約はますます厳しくなっているが、エネルギー技術が「成熟」しつつある現在、伝熱分野を主たる活躍分野とする技術者の活躍の場が少なくなっているように思われる。このためか、伝熱学会において鮮明な技術的態度を示せる人材も少なくなっているように思われる。そのため、伝熱学会では学術的態度に長けた研究者と技術的態度に長けた産業人との遭遇する機会が少なくなっているように思われる。

技術的態度の重要性認識が急務であろう。伝熱分野の技術としての再認識が重要である。

#### 4. 相補型連携

普遍性・抽象化を追い求める学術と個別性・具体化を追い求める技術との相関が弱い場合は、双方は一定程度距離を置いて進む。そして、連携において、普遍化の産物は企業等の個別化の源として還元される。個別化が普遍化の機会を生むこともある。普遍化の産物が先に述べた「普遍性の内包の拡張」である場合、即ち「こんなことができる」ことが分かった場合、連携の意味は大きくなる。これを還元型連携と呼んでおこう。早く走りたいとか便利になりたいという人間の物理的制約から解放を目指した 20 世紀の技術の多くは還元型連携に基づいている。

一方、極めて制御された環境（例えばクリーンルーム）において実現する技術やそうした環境において発現する現象・構造など（例えば量子ドット）を基盤とする N-BIT (Nano-technology based Bio- and Information-Technology) では、MEMS で造れるようになったものを何に応用するかといったことを考えると分かるように、シーズが先行し、シーズによってニーズが牽引されることが多い。シーズがニーズを牽引するため、普遍化が一定程度完了してからそれが個別化・具体化に還元されるのではなく、例えばナノ・サイエンス（普遍化）がナノ・テクノロジーによって製品化（具体化）されることを媒介にして深化するというように、普遍化と具体化とが相補的に進行する。このような分野では、普遍化と具体化とがフェーズをずらして進行する還元型連携でなく、密接な連携のもとに進行する「相補型連携」が必要と思われる。

相補型連携が必要となる先端科学技術分野でも、半導体技術を考えればわかるように、当然のことながら熱的あるいは伝熱的課題が生じているが、そこに伝熱分野の専門家が居る可能性は少ない。したがって、N-BIT を中心として熱的あるいは伝熱的ニーズが伝熱分野の研究者に届き難く、いわゆるギャップが生じる。これは深刻な問題であり、先端異分野における熱的あるいは伝熱的課題に関する優れたインタープリターの養成が必要である。

#### 5. ビジョン牽引型技術

以上のように、技術は、（還元型連携に関連して既に述べたようにニーズが自明な）Needs Driven Technology (NDT) から（N-BIT に関連して既に述べたようにニーズが自明でない）Seeds Driven Technology (SDT) へと変化してきており、それがゆえにニーズを意味づけるビジョンが重要となる Vision Driven Technology (VDT) の時代を開きつつある。癌などの病気撲滅は分かりやすいが、遺伝子改変など、生命科学によりもたらされるべきものは我々が構想する社会ビジョンにかかっている。我々が現在遭遇しつつある地球環境の課題について如何なる技術を如何なるロードマップのもとで開発するかも、我々が構想する社会ビジョンにかかっている。

したがって、ギャップを埋めて今後の連携を図るには、研究者と産業人とビジョンを共有することが重要であろう。バリアフリー社会、ユビキタス社会、循環型社会など、社会ビジョンが出されている。伝熱学会でも、研究者と産業人との社会ビジョンが共有されるような工夫が必要であろう。

#### 6. おわりに

以上において、学術的態度、技術的態度、相補型連携、ビジョン牽引型技術などの造語を絡めて、伝熱分野における研究者と産業人とのギャップを埋めるためのアイデアを記した。

しかし、基本は試行の継続と経験の蓄積であると思う。継続すべきである。蓄積すべきである。時間をかけるべきである。私事であるが昨年の末に生まれて始めて一ヶ月ほどの病気入院を経験した。時間という財産を持っている若手に期待すること、誠に大である。

## 産業界とのギャップ解消に向けた大学での伝熱研究

*Heat Transfer Research for Bridging the Gap between University and Industry*

岡崎 健（東京工業大学）

*Ken OKAZAKI (Tokyo Institute of Technology)*

「伝熱研究の将来を考える」に類する特集は、新分野や境界領域研究の展開にしる、大学と企業の連携強化（Fill Gap）にしる、これまでに何回企画されてきたのだろうか。筆者自身、その都度、1992 年（Vol.31, No.120）、1996 年（Vol.35, No.137）、1998 年（Vol.37, No.145）など、何かしらの記事を依頼されてきた。また、日本機械学会の熱工学部門においても、部門と企業の関わりや基礎研究と応用研究のあり方などについて、やはり頻繁に議論されてきた。問題は、何をどう変えるためにどのような具体的なアクションを起こしたか、それによって何が変わったか、という点である。現実には、伝熱研究における大学研究と企業研究との乖離は、かえって増大しているようにさえ思える。

その理由の一つとして、伝熱工学は学問体系としてほぼ確立している成熟分野であるから研究分野の広がりには乏しく、工業的な新しい応用分野が見えにくいという意見もある。本当にそうだろうか。確かに伝熱工学なる本をひもといてみると、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）などが列挙されており、基本的な物理現象はほぼ体系化されているのかも知れない。しかし、産業の高度化に伴い、ミクロ・ナノ、原子・分子・量子、化学反応、界面、非平衡などに関連する極限状態や境界領域でのエネルギー伝達、物質変換、物質輸送の現象の本質的解明が要求されており、伝熱学を広義に解釈させてもらえば、大学での基礎研究に対する産業界からの強いニーズはかえって増大している。問題は、大学の研究者が旧来の狭い分野に閉じこもり、新領域に向けた果敢な挑戦と展開を図っていない場合が多く、大学側がニーズに対応できていないことである。もちろん、体系化された基礎学問のさらなる深化が極めて重要であることは言うまでもないが、これらの新領域へのチャレンジにより、新現象の発見などによる大学側からのシーズ発信とその応用展開の可能性も出てきて、伝熱研究の夢が大きく広がっていく。

このようなニーズとシーズのマッチングが起これば、

大学と企業との連携は自然発生的に成立するし、広義での伝熱研究の分野においてもそのような具体例は、個別にはこれまでも多数存在している。ほとんどの大学に最近設置された産学連携組織は、このような本来の意味の共同研究の実施をより容易にする環境作りと知的財産の保護を明確にしたりするためのものであり、産学連携の枠組み作りだけがいくら先行しても、シナジー効果が期待される本来の共同研究は成立しない。したがって、大学と企業との間のギャップを埋めるための組織論や方法論だけを議論しても意味は薄く、伝熱の分野での大学での研究のあり方についての議論が重要なのである。

それでは大学での基礎研究とはどうあるべきなのか。最近の学会で目に付くのは、ある計測法を適用するために、場を単純化するあまり実現象から遊離しすぎてしまい、計測のための計測に陥っている例である。計算でも同様である。これでは企業ニーズとは合致しない。大学の研究なら基礎現象の解明だけに徹しても構わないという考え方もあろうが、筆者は、大学での基礎研究はとことん基礎であるべきだが、たとえ基礎研究でも、それが具体的な問題点の本質的解決や新しい技術の創出にどのように生かされ得るかをイメージし続けることが最も重要であると考えている。

一方、大学での応用研究はどうか。最近、大きな外部資金が付いたからといって大学内に単なるミニプラントを建設し、多大な労力とエネルギーを使ってデータ取りだけを行っている例を目にする。大学での応用研究はやはり、基礎現象をベースとした新しいアイデアの実証による社会貢献を意識したものではなくてはならない。

基礎研究は大学、応用研究は企業という構図にとらわれる必要は全くない。いずれにおいても、社会や産業界の動向を十分把握した上でこれに迎合しすぎることなく、大学での研究のあり方を正しく認識しこれを実行に移すことによって、大学と企業との間のギャップが解消する方向が芽生えることに期待したい。

産学連携の狭間で  
－企業からみた産学連携における大学とのニーズギャップと壁－  
(Clear-Blue Water as Gap on Needs Lying between Industrial and Academic Cultures)

森 治嗣 (東京電力株式会社)

Michitsugu MORI (Tokyo Electric power Co., Inc.)

e-mail: michitsugu.mori@tepcoco.jp

## 1. はじめに

この特集のテーマである、産学連携における大学と企業のニーズギャップと壁については、この2年間編集出版部会委員を担当してきて一度とりあげてみたいと考えていた。近年、企業が学会を見る目は厳しく、多くの学会は企業会員と賛助または維持会員の減少また減口に悩まされている。企業に席を置く研究者として学会を賛助維持していく事への意義を企業内から問われ、一方で学会にはその危機感の在処を見いだせないまま、その狭間で、企業内でその意義を訴え続け、また悩み続けた2年間でもあった。しかしながら、編集出版部会担当理事として実質的に最終となる前回の編集員会で提案してみたところ吉田委員長をはじめ産学を問わず賛同が得られ、改めて共通の悩みであったのだと考えさせられた。同じく編集出版部会委員である逢坂先生から各界の主だった方へ寄稿をお願いしていただき、企業の求める幅広いニーズと大学の研究方向とのニーズギャップに焦点を当て、これからの伝熱研究の方向に関する貴重な要望、提案をいただいた。企業や大学などの若い研究者に刺激となる大きな示唆を与え、産学連携を通した、また学術的な観点とは別の観点から、社会的貢献に繋がる伝熱分野の黎明期を再び迎えることになるのではないかと期待し、このテーマで調査を重ねた結果を簡素にまとめ報告したい。

## 2. 学会活動に対する産学認識の現状

### 2.1 学会活動に対する基本認識

大学会員の学会活動に関する基本認識は、人材交流と情報交換に重きがおかれている。すなわち大学会員にとって学会の最も大きな存在意義は、「(研究に役立つ) 人材交流」と「情報交換」と認識されており、その点において大学会員の学会への満足度は高い。特に海外の研究者との交流は、

学会主催の国際学会や研究会等を通し活発に行われており、その顕著な例となっている。一方で、公国立大学の独立行政法人化により、大学研究活動に留まらない存在意義を示すことの必要性が近年認識されつつある。

企業会員の学会活動に関する基本認識は、学術研究発表の場、また情報交換の機会と捉えていることでは、大学会員と同じ概念にあるが、やや趣が異なっている。すなわち、企業会員の特性として、学会での研究成果を企業活動に結び付けたがる意識が存在する。企業会員は研究費用負担が生み出す企業への見返りの期待において、当然ながら大学会員の基礎研究に軸足を置く研究スタンスとの乖離が大きい。しかしながら、企業会員が基礎研究をおろそかにすることを学会活動に決して望んでいる訳ではなく、応用研究に発展させ事業へ結びつける作業は企業内研究者の役割と認識している。研究成果の一つである特許や技術の実現に向けた実用化に関するアドバイスへの期待が、大学会員から企業会員へ向けて存在しているのも事実である。

### 2.2 学会に対する存在意義と期待

意見は勿論多様である。いくつかの学会を取り上げ、学会を同じくする大学会員と企業会員の学会の存在意義と学会への期待を、調査結果を基に次頁にまとめてみた。学会の存在意義において、大学・企業の共通点は、「情報収集」「交流の場」であることに変わりはないように見える。ただ、大学では、「研究発表の場」との認識が強く、また研究が「社会貢献」という認識が為されている。一方、企業では、「研究発表の場」との認識は勿論のこと、研究が「自身のキャリア形成」、「自社PR」また、成果が収益等に結びつける等において多様な認識が持たれている。これらの傾向は、学会別の差異は特に見られないと言って良く、企業



	大学研究者側	学会の存在意義・意味	企業研究者側
1	・研究発表の場であると同時に研究者の交流の場 ・学会自体の存在意義は、研究を通して技術の発展とその結果を社会貢献に役立てる		・学会は大学と民間企業とを結ぶ情報交流機関 ・基礎研究を如何に実用化するか大学と企業が率直に意見交換・情報交換し合って社会的に生かしていくことが必要不可欠
2	・研究発表の場として重要 ・情報収集・情報交流の場 ・民間企業研究者との交流/研究情報の交換		・技術者としてのキャリア形成の場 ・自社PRの機会 ・研究情報の入手交換等の場
3	・研究者、技術者が相互に学術的、技術的啓発を図り学問と技術の発展を通して、社会に貢献すること		・各専門分野における最先端の研究内容や技術動向に関する情報収集の場 ・公私にわたって人的なネットワークが構築され研究者として刺激を受ける良い機会
4	・研究発表の場 ・人的ネットワークの構築 ・民間企業研究者との交流/研究情報の交換		・産・官・学の密接な連携の元で情報交換や交流を推進することに大きな意義 ・研究発表や情報・人材の交流がその基礎にある
5	・研究発表の場/研究者同士の交流の場 ・科学技術振興の為に役立っている		・異業種交流の場、人的ネットワークの構築、同業他社との交流、研究発表会など学会企画行事への貢献を通じた自社PR

がますますグローバル化の中で競争に晒される以上、この認識の多様化はさらに広がるものと思われる。大学もまた独立行政法人化、研究のさらなる国際的協力および真の競争化により同様に認識の多様化は進むと考えられ、ニーズギャップを超える道筋は、今後この観点から考慮されなければならないように思える。

### 3. 学会活動に対する要望

#### 3.1 学会活動への満足度からみた要望

学会活動への満足度は、所属する学会の規模や学会での役割役職で異なる傾向にある。その満足、不満足の数値と理由を、調査結果を基に下表にまとめてみた。学会への満足不満足の見方は多様であり、期待があるからやや満足と感じている学会員もいるが、どちらかと言えば企業の満足度の方が低い。その具体的な不満理由としては、研究発表には強い興味があるが、企業側からの声が執行部に届きにくい、産学の連携を取った共同研究成果が大学と企業で達成度への考えの違い等から、企業から見て掛け声程実っていないなどがある。

る。

学会はやはり大学会員の影響力が圧倒的に強く、企業会員の声が執行部に届きにくいと企業会員が感じると、発表や委員会から足が遠く傾向にある。大学会員の満足度は、学会の存在意義と重なっている傾向がありその点で明確である。当然ながら、専門分野での国際的な交流、情報交換、あるいは中立的な立場から、専門分野での社会的発言の機会に期待と満足を見いだしているケースもある。

大学会員からは、企業からの発表が少ないという不満がある一方、企業の発表の場を確保し、応用研究や産学協同を進めたいという大学会員からの声も少なくない。裏を返せば、企業会員が積極的に学会活動に関与していない傾向があると言う面も否定できない。しかしながら、特定の分野、例えば原子力に関わる伝熱流動分野などでは、豊富な研究資金をもとに大学と企業が積極的に役割の分担を図り研究費をシェアし、企業が基礎研究と実機適用に繋がる開発のための研究成果を効率よく取り入れているというケースもあり、これら

	大学研究者側	満足・不満足の原因	企業研究者側
1	＜やや満足＞専門分野での研究に役立つ大学や企業の研究者と交流が出来る。国際的な研究者とも情報交換を行っている。会員を増やし活動がより活発化するような効果ある施策を。		＜満足＞ある分野などでは大学と企業がうまく役割分担をして、大学は研究費を企業は実機開発のための研究成果を手に入れている。学会の目指す研究成果や人材の交流や産・学の連携による成果は出ている。
2	＜満足＞ただ企業の研究者の発表が少ない、もっと増やすようにしていくべき。		＜やや期待＞ニーズ側とシーズ側が自由に意見を交換できる場であり、その点に最大の期待をしている。
3	＜やや満足＞自分の研究に役立つような大学や企業の研究者と知り合いになれば、お互い切磋琢磨する関係が構築されつつある。		＜どちらともいえない＞産学の連携を取った共同研究成果がかけ声程実っていない。不満だが全体としては普通と思う。
4	＜満足＞研究発表ができ、他の研究者の先端的な研究も知ることができる。若手の発表の場も用意されており、そこで新しい才能と出会うこともできる。応用研究の発表が少ない。		＜満足＞学会活動で社会的・政治的な問題も多く、取り上げるべきテーマが多く充実感がある。
5	＜期待する＞中心的学会として中立的な立場でエネルギー問題に対して提言すべき。会員メンバーのレベルも高く、切磋琢磨して研究開発が活発化する事に期待。		＜どちらともいえない＞学会の活動自体は活発だが、世の中に於ける発言力は少し弱いということで満足と不満が半々。



	大学研究者側	大学会員と企業会員相互への期待	企業研究者側
1	・大学の持つ技術や研究成果を社会に役立つような製品化に結びつけるアドバイスを企業に期待。公国立大学は独立行政法人として、技術や特許を有効活用することへの期待。		・大学/企業とも独自の視点を。大学へは基礎研究を、企業は費用対効果と研究成果を単純に評価せず、研究成果を加工して事業と結びつけるという認識を。
2	・企業には学会を利用して研究を進めるための提言や、積極的な研究発表を期待。		・もっと企業会員の意見を聞いて欲しい。大学は研究発表に注力し過ぎと感じている企業会員も存在。
3	・企業の持つ技術や製品開発活動を工場見学や研究所見学を通し知ることが有意義。大学の研究活動への具体的な方向性などの示唆になる。企業会員には産学連携を強め社会貢献できるような体制強化を期待。		・新規研究発表と言うだけではなく学会やセミナー等で保有する技術を紹介するような場を通し、企業側から共同研究などの提案への刺激と機会を。保有する特許情報などの積極的な紹介を期待。
4	・企業研究者へは大学という狭い世界ではなく社会・経済活動の中にいる研究者の視点で研究発表を期待。若い研究者の育成を大学・企業が協力して推進を。		・所属する学会の部門は産・官・学の連携は進んでおり、さらに大学に期待する或いは期待されるのは、より進歩的な最新の技術や基礎研究の推進を。
5	・企業は物事を体系的に研究はせず現実的で製品化に結びつく研究にしか予算を投入しないのでは。大学は社会に役に立つ現実的な研究も。		・大学および大学会員への期待は、技術人材の育成、研究の活性化、中立で偏りのないオピニオンリーダーとして牽引を。

を通し学会の目指す産学連携の成果は出ていると考える研究集団も存在する。

### 3.2 大学会員と企業会員相互への期待と要望

大学会員と企業会員相互への期待は、表現は多様であるが、所属する学会は異なっても共通するものが根底にある。大学会員と企業会員の相互の期待を、調査結果を基に上表にまとめてみた。

大学会員から企業或いは企業会員へ期待するのは、端的にまとめれば研究成果の製品化・技術特許のマナー化へのアドバイスであり、また企業サイドからの積極的な発表を期待する一方、企業サイドが保有する技術活動を、工場見学や研究所見学等を通して研究の裏付けや参考とするために積極的に公開したいという要望もある。また企業研究者は限られた狭い世界ではなく、実際の社会・経済活動の中にいる研究者の視点からの研究発表を期待するほか、若い研究者の育成を大学と企業が協力して推進を、と言う声もある。

一方企業会員から大学会員へ期待するのは、

大学/企業とも独自の視点を持って、大学では基礎研究を確実にやって欲しい、また企業側の意見をもっと聞いて欲しい、研究発表だけでなく保有技術・特許の紹介をして欲しい、また技術人材の育成、研究の活性化、中立で偏りのないオピニオンリーダーとして牽引して欲しいと言う要望もある。そこでは、企業は費用対効果と研究成果だけを考えず、大学の研究成果を加工して事業と結びつけるという認識をもつべきと考える企業会員もいる。

### 3.3 産学連携を深めるための学会活動

大学会員、企業会員とも学会（活動）が産学連携強化に大きな役割を果たすべきものと、期待も含めて認識していることは、力強いことに学会あるいは大学会員、企業会員に依らず共通の意識となっている。下表は産学連携を深めるための学会活動の存在意義について、意識調査を行った結果のまとめである。産学連携を深めるために学会が機能するのは当然という考えが複数の学会間を共

	大学研究者側	産学連携を深めるための「学会活動」の存在意義	企業研究者側
1	・産学連携を深める為に学会があるというのは当然。産学連携で民間企業の開発手順も参考にしながら、目的を明確化し大学の研究も埋もれてしまわないように基礎研究でも開発時間や開発コストを最適化しながら実施して行く必要。		・産学連携の為に学会が機能するのはまさにその通り。そのための専門委員会を立ち上げている学会もある。
2	・大学の研究室は狭い世界。その視野を広げるためにも企業の協力は不可欠。産学協同の研究などをもっと推進するべき。		・ニーズ側とシーズ側の意見交換をもっと活発に、その場を常に開かれたものにすべき。
3	・産学連携の為に学会が機能するのはその通り。企業と大学では同じ研究でも方向性や目的が違っている。学会を通してそのギャップを埋めることが重要。学会があることによって研究者間の交流が生まれ産学連携が成功する基盤になっている。		・大学会員と企業会員相互への期待と要望を相互理解できるような場の設定を学会でやるべき。産学連携を深める場の一つとして「学会」「学会活動」の存在意義が大きいのは確か。
4	・産学連携において学会を通して人材の交流や社会的な広い視野を持つという意味で企業の協力は不可欠。資金面での大きな協力も期待。		・産・官・学の連携は学会の掲げる重要なテーマのひとつ。その実現のために存在意義は大きい。
5	・体系的な研究を志向する大学と現実的な研究を志向する企業との間で、そのギャップを埋め産学連携を深めるのが学会の大きな役割。		・人的ネットワークが産学連携の発端となるので、そのような出会いや自由な意見交換のできる場を提供する学会の存在意義は大きい。

通して、また大学会員と企業会員にも共通して見られる。企業と大学では同じ研究でも方向性や目的が違っているので、学会はそのギャップを埋める重要な役割を果たすべきと大学会員からも企業会員からも大きく期待されている。また学会を通して構築された人的ネットワークが、産学連携の発端となりうることも、また研究者の出会いや自由な意見交換のできる場を提供してくれる学会の存在意義は大きいと捉えられている。いずれも産学連携の重要さの認識、学会がその大きな役割を果たすべきという期待は、学会が異なっても、また所属が大学であれ企業であれ、共通して強いものがあり、時代の流れとなっている。

#### 4. ニーズギャップから見た学会の在り方 －ケーススタディ

どの学会も、大なり小なり危機感をもってその新しい在り方を検討している。(社)情報処理学会では、その HP (ホームページ、下記注) で学会運営の検討経緯を公開しており極めて興味深い。日本伝熱学会に必ずしも当てはまるとは限らないが、情報処理学会の上記 HP の他、日本機械学会、日本原子力学会他における傾向を参考にして、主に企業会員のニーズギャップの視点から見たケーススタディとして、現状では一般的に以下のようにまとめられるのではないと思う。

注：<http://www.ipsj.or.jp/03somu/unei/gakkaiunei.html>  
会員数の減少

会員数は、社会環境の急激な変化と学会活動の時代への対応の遅れなどからどの学会もピーク時から減少傾向にあり、この減少による学会運営への財政面での影響は少なくない。会員の減少の傾向は、企業会員において減少が顕著に見られ、大学・公国立研究所等を含めた学界の会員はむしろ微増傾向にある。これを主に企業界の立場からみると、企業の現場レベルでは、現場技術者と研究開発ラインが遊離し双方の間に壁があると捉えられている一方、学会の活動は依然、大学、公的研究機関が遵守してきた伝統的なテーマに合致したまま企業、産業界のニーズと遊離していると捉えられている。

#### 企業会員がやめないケース

また一方で、活発な研究会活動は活性化しており、これらの活動に参加する会員は増加傾向にある。企

業会員も研究会を中心に活動する人は、個人として学会に参加するメリットを感じている。また、企業会員は新しい技術を実用化し現場適用や応用を図るため、様々な人達と一緒に議論できる場として学会に意義を感じている。しかしながら、これらを企業に持ち帰って、特に短期的な研究開発戦略と照らし合わせると、必ずしも一枚岩とはいかないのが普通であって、従い研究開発ラインの社内ユーザーとなる、設計生産ラインの各事業部に属する一般企業会員にとっては、積極的に参加するメリットが見いだせないというのが実情である一方で、一般企業の多くの会員は、最新の技術を勉強したいという意欲を持っているというのも事実である。

#### シンポジウムの発表の場としての在り方

本会員は伝熱シンポジウムへの発表参加を契機に入会することが多いように思われるし、筆者もまたそうであった。一方でバブル崩壊後、多くの学会では企業からの発表は伸び悩む傾向にある。また大会や個々のセッションによっては、企業にとってはもはや過去のテーマとなった発表が多いなど、企業にとって参加すべき魅力ある場ではなくなってきているケースがある。

学会で新製品などの紹介セッションがあまりに増えるのは好ましくないかも知れないが、2年に一度リスボンで開催される **International Symposium on Applications of Laser Techniques to Fluid Mechanics** では、毎回レーザ流体計測の世界的な企業が一同に介し新技術や新製品の展示を行うが、主催者側の計らいで、出展企業だけで1セッションを占めてプレゼンする機会が順番に与えられる。意外にもそのセッションは、大ホールでも席が埋まるほど出席者が多い。大学会員から企業への要望として、前章で述べたように、企業サイドからの積極的な発表を期待する一方、企業サイドが保有する技術や技術活動を、工場見学や研究所公開等を通し積極的に公開して欲しいという要望とは合致しているようにも見える。新技術あるいは製品発表を含め、現在のように公に発表を行える場が拡大し多様化すると、企業は利益に繋がるより宣伝効果のある場に注力するようになり、学会での発表が減少する傾向にあるにしても、米国の学会は、企業にとってはある種の宣伝効果を期待する場という傾向が強い。学会でそのようなセッションの占有は、プログラム上好ましくないと言う議論は当然あると思う。しか

しながら、学会としての節度は保つ必要はあるが、企業新技術・新製品としての紹介を、上記のレーザー流体計測のシンポジウムのような形で実施すれば、産学連携のきっかけあるいは議論の場としても利用できるかもしれない。ただし、企業会員が機械学会などの大学と比較して、そういう場に伝熱学会を積極的に選択するかどうかは分からないが、多様な約20もの学会と横断的に共催する伝熱シンポジウムの特徴を活かすこともまた重要、かつ必要ではないかと思う。

#### セミナーと講習会の開催など

学会の外で、意外と高額であっても、少なからず企業技術者が参加する外部セミナー、講習会が存在する。初心者向けの簡単な伝熱流動の解析から、最新の解析手法の紹介など多岐に亘っている。これらは、会員サービスの一つとして会員価格で、学会主体でも可能であろう。学会のセミナーは研究の入口に近いものであるのに比べ、外部のセミナーの一般的なもの、一概には言えないが、より実務に役立つ企業の事業部のラインを意識したものとなっているようである。セミナーや講習会の開催は、テーマを選べば学会の財政健全化に寄与するであろうが、むしろ産学連携、学会活性化、会員増強という面から役に立つ。本学会でも一部すでに実施されているが、大学会員からの特許や技術に関するセミナーでの紹介は、企業会員が要望している点でもあり、産学連携を推進する上では良い入口となっている。

機械学会動力エネルギーシステム部門は、その企業との人脈と組織力を活かし、セミナー、講習会、見学会を毎年開催している。同部門のHPでも紹介されているが、部門の規格に関する検討委員会の成果等については、主に企業会員のニーズが強いことから、講習会を通し還元するなどの努力を行っている。これらは、学会活性化、会員増強という面からも役に立っている。また見学会では、航空会社で整備メンテナンスのセミナーを兼ねた機体見学や、電力会社の火力原子力、また風力や地熱発電所の見学など、研究の参考になるような魅力ある見学会を実施している。実施にあたっては部門の企画委員会が担当しているが、この委員会は企業会員が多数を占めており、企業会員を中心に積極的な活動を展開している。本学会が同様なことをする必要はないが、本学会のアカデミックな特徴を活かし、本学会に相応しい、もしくは本学会しかできないようなセミナー

や講習会を、会員相互に協力し、毎年開催できるような体制ができ、そこで大学会員と企業会員が同じ興味と土俵で議論できるようになれば、そのニーズギャップの解消に役に立つかも知れない。

#### 5. おわりに

大学での研究は、米国 MIT での研究生生活を最後に10年以上遠ざかっており、その後企業内研究者として研究開発に携わって産学連携の狭間で大学と企業におけるニーズギャップの壁を感じてきた。その意味で見方はもはや一方的かも知れない。しかし、今現在、直接大学の先生方と実施している共同研究では、幸いなことに学会活動で感じるほど程ニーズギャップを感じている訳ではない。それはシーズとニーズのマッチングを個々に確認し研究を開始するという慎重なプロセスを踏んでいることもある。

調査結果は小規模で統計的に整理できる程のものではなく、もっと多様な意見があるかもしれないが、少なくとも調査結果においては産学連携の重要さは個々には認識されていることの裏付けになった。一方で、企業会員として学会活動を通しての学会との接触は、産学連携の狭間で大学と企業におけるニーズギャップの壁を感じてきたように思う。近年、企業が維持会員もしくは賛助会員として継続するかどうかは、例外なく常に厳しい眼で見られてきた。百を超える学術団体に会員として関与してきた一大企業が、直接活動に携わっていない、あるいは利益に関わらない団体から一気に離脱したケースもある。その時企業内研究員がその流れに逆らって主張する時ほど孤独感とニーズギャップの壁を感じた時はない。

伝熱研究はもはや企業内ではあまりやることがないという人もいるが、業種の分野を超えて競争に晒される企業にとって、生き残りをかけ新しいエネルギー関連の機器の開発や改良を行えば、必ず乗り越えなければならない問題に遭遇することは認識されてきている。企業では当たり前のように、変化の速さと加速化、多様な価値観の創造と寛容が繰り返され、そして短中長期に亘って様々に、生き残りをかけて立てられる戦略、その中に産学連携の重要を認識している人も少なくないのではないかと思う。

## 都市ガス事業から期待する伝熱研究

*What does the city gas industry expect from heat transfer research?*

中村 恒明 (東京ガス株式会社)

*Tsuneaki NAKAMURA (Tokyo Gas Co., Ltd.)*

*e-mail: tn@tokyo-gas.co.jp*

### 1. はじめに

我が国における都市ガス事業は現在殆どが液化天然ガス (LNG) をベースとしたものになった。LNG を輸入・受入れ・貯蔵、気化させた後、導管で輸送し、お客様にお届けしている。LNG 自体が  $-162^{\circ}\text{C}$ 、メタン・酸素の断熱火炎温度が約  $2700^{\circ}\text{C}$  なので、都市ガス事業者は、約 2800K 位の温度範囲で様々な伝熱現象にお世話になりながら、その効能を社会に提供させて頂いている。都市ガス事業として今後も保安の担保・向上に努めつつ、天然ガスで熱源を供給するという原則は変わらない。一方ここ数年のエネルギー事業におけるパラダイムシフトの中で、新しいエネルギー供給の姿が見えてきた。それが、分散発電に代表される「ホロニック・エネルギーシステム」というものである。本稿においては、このホロニック・エネルギーシステムを紹介させて頂き、その中で、伝熱研究に期待するところを提言させていただきたいと思う。

### 2. 天然ガス利用技術の移り変わり

都市ガスの利用は、調理加熱、給湯加熱、工業用加熱など広い範囲に渡るが、その殆どが燃焼熱による物質の加熱が最終形態である。単純に言えば、伝熱の3大形態である熱伝導・対流・放射伝熱の知見を直接活用することで、ガス利用装置の諸課題、例えば、コストダウンや高効率・省エネ化、環境負荷化の低減を達成することが出来た。

一方ここ 20 年位、コジェネレーションの全面的な普及に伴って、エネルギー変換技術、すなわち都市ガスのエネルギーを電力に間接・直接に変換する技術に注目が集まってきた。短中期的には高効率ガスエンジン、中長期的には各種燃料電池に注目が集まってきている。伝熱現象が支配的な物質加熱ではなく、熱機関あるいは電気化学的反応による熱電変換という、より複雑な現象に挑戦していると言って良い。ガスエンジンや燃料電池は、

都市ガスによるコジェネレーションシステムの中でキーとなる要素であり、その高性能化は最重要課題である。発電効率の向上だけではなく、インシヤルコストの低減や耐久性の向上など事業面・実用面での課題も山積している。なお、現在コジェネレーションとしては、家庭に設置する出力 1kW 程度のガスエンジン駆動、あるいは図 1 に示す燃料電池のものが普及し始めた。また産業用では、ガスエンジンでは 8 千 kW 位まで、ガスタービンではさらに数十 MW 位までのユニットが実用化されている。



図 1 家庭用燃料電池コジェネレーション

### 3. ホロニック・エネルギーシステムの時代

#### 3.1 ホロニック・エネルギーシステムの概念

ここ数年のエネルギー事業を取り巻く環境は厳しさを増し、エネルギー安定供給、地球温暖化・オゾン層破壊に代表される環境問題、そして経済成長という「トリレンマ」が認識されるに至った。これを解決し、持続可能な社会への移行を実現するために、「集中と分散」、「転換と利用」、「大規模と小規模」、「都市と地方 (郊外)」という調和したシステム＝ホロニック・エネルギーシステムの





### 3.2.1 再生可能エネルギー

炭酸ガス排出がニュートラルなエネルギーとして今やエネルギー事業にとって必須のアイテム。バイオマス利用では、ガス化高効率発電が最も注目されている。バイオマスをメタン発酵あるいは熱分解によりガス化し、ガスエンジン、燃料電池などで発電する。必要に応じて天然ガスなどと混合して成分や発熱量を安定化し発電効率の向上を図る。発酵や熱分解ガス化の効率向上、エンジンなどの排熱の有効利用による総合効率の向上が課題である。図3に実証試験が進められている下水汚泥熱分解ガス化発電システムを示す。太陽光発電、風力発電は、発電効率のさらなる向上が望まれる。太陽光発電では、集光・集熱技術が課題である。太陽光・風力ともお天気任せで大きく変動する発電量を、電力グリッドの中でどのように制御していくかが課題である。



図3 下水汚泥熱分解ガス化発電システム

### 3.2.2 エネルギー変換

先に述べたエンジン・タービン、各種燃料電池の高性能化が急須の課題である。また、コジェネレーションとして総合熱効率の向上という観点では、エンジンや燃料電池から排出される排熱の蓄熱技術や熱搬送技術も重要になってくる。画期的な熱搬送技術が考案、実用化されれば熱のネットワークもホロニック・エネルギーシステムの一つの重要なネットワーク要素となる。

### 3.2.3 水素製造・利用

天然に存在しない水素は、2次エネルギーとして製造し、利用することが必要である。燃料電池により発電、あるいは、輸送用燃料として燃料電池

自動車に利用する。自然エネルギーから水素を製造するのが理想的ではあるが、現実的には化石燃料からの高効率製造と、発電・輸送用それぞれに高効率利用を組み合わせ、総合的に省エネ性・環境性を達成していく。水素の供給方法としては、オンサイト（利用先）での製造と、集中的に製造し導管ネットワークで供給する方法も検討されている。図4に現在実証中の水素ステーションと、燃料電池自動車を示す。

### 3.2.4 電力貯蔵

電力需要は、秒・分・時間・日単位でそれぞれ変動する。発電側においても風力や太陽光発電は発電量が変動する。電力の安定供給を担保するには、電力貯蔵がエネルギーシステムの中には不可



図4 水素ステーションと燃料電池自動車

欠となる。現在様々な蓄電池（鉛・ニッケル・水素・リチウム等）や、キャパシタを利用した2次電池が研究開発されている。

### 3.2.5 マイクログリッド統合制御

マイクログリッドを構築する場合、マイクログリッド＝ローカルシステムの電圧・周波数を安定化し、また潮流制御によって大規模システムとの調和をとることがホロニックとしては重要になる。このようにマイクログリッド全体を統合制御する技術が重要になってくる。

## 4. 安全・安心・信頼

### 4.1 ガス事業者のCSR

CSR (Corporate Social Responsibility)は企業の社会的責任と訳される。ホロニック・エネルギーシステムなどの将来のエネルギー社会を提言する一

方で、都市ガス事業としては永続的に保安の担保・向上に努めなくてはならない。特にガス漏洩・火災・爆発などは、都市の安全を担保する上でも、決して起こしてはならないし、また、都市ガスをご利用頂く上での安心と、都市ガス事業に対する信頼はかけがえのないものである。

この保安の担保は、いわばホロニック・エネルギーシステムとは車の両輪である。都市ガスの安全・安心・信頼を向上させつつ、エネルギーのセキュリティや環境性を最大化することが都市ガス事業者の責務であり技術的な課題となっている。

#### 4.2 リスクマネジメント

都市ガス事業では、漏洩・火災・爆発等の現象についての詳細な知見とそれを防止する技術を日夜研鑽している。特に、火災や爆発による建物など都市インフラへの熱的影響については、さらなる知見の蓄積と、現象理解に基づいた予防対策が必要である。また、リスクマネジメントとしては、万一事故が起きてしまったときの被害を予測し、その際の対策をしっかりと用意しておく必要がある。熱流体数値解析についてはさらなる進歩を期待したいところである。爆発事故などの現象解明には、逆問題が簡便に扱えるようになれば原因解明と対策を迅速に行うことが出来、再発防止と保安の向上に大きなインパクトを与えるものと思う。

#### 5. 伝熱研究への期待

ホロニック・エネルギーシステムと、それにあわせ、都市ガス事業の保安に対する責務の紹介を通じ、これからのガス事業の一つの方向と技術課題を示させて頂いた。新たなエネルギーシステムの構築という視点で見たとき、残念ながら伝熱研究が技術的課題解決の直接のキーとなるわけではないようである。むしろ、エネルギーシステム中のキーとなる要素、例えば、エンジンや燃料電池、バイオマスガス化などの開発において熱的な問題解決にこれまで以上に威力を発揮するのではと思う。保安の向上という意味では、熱流体解析の一層の進歩を期待したいし、また、リスクマネジメントの概念との融合を図り、単なる熱的な解析だけでなく、人的被害の予測などの医学的知見との融合、あるいは、事故原因としてヒューマンエラーも含めた心理学的側面まで踏み込んだ解析技術が必要となろう。

筆者が学生の頃、伝熱研究で著名な甲藤教授の講義を受けた。当時先生は、「流体力学は、いわばモノクロ写真である。伝熱が入って初めて自然現象を記述できるカラー写真となるのだ」と仰っていたことを思い出す。ガス事業に関わるとそれに燃焼という化学反応を入れ、時間スケールも全く異なる現象と取り組まねばならない。立体写真とも言うべきだろうか。

一方、エネルギー事業という側面から見たとき、伝熱はエネルギー供給を行うための一つ一つの機械要素の中で機能を発揮している。ホロニック＝個と全体の有機的調和という概念を考えてみたとき、エネルギー研究を「全体」としてとらえ、その中で、伝熱研究を「個」としてとらえる事が出来るかと思う。伝熱研究に携わる方々がエネルギーと伝熱研究の有機的調和を図ることが出来れば、伝熱研究がエネルギーシステム研究の中でキーとなる研究領域としてさらなる展開が出来るのではないかと期待している。

もちろん、実業と学問の間でさらなる相互理解と対話が必要であるし、都市ガス事業者としても熱的な問題に関し、技術的課題をもっと明確にし、伝熱研究に携わる方々への問いかけをさらに進めるべきであると痛感している。本稿が伝熱研究に携わる方々に、都市ガス事業、エネルギー事業における展望の一端と、伝熱研究への期待を少しでもお伝えすることが出来たら幸甚である。

#### 参考文献

- [1] 徳本勉, 未来の分散型エネルギーネットワーク構築に向けての技術開発, 空気調和・衛生工学会セミナー (2006-2)
- [2] 浅野浩志, ホロニック・エネルギーシステム, 機械学会誌 (2005-12)
- [3] 浅野浩志, ホロニック・エネルギーシステム論, ホロニック・エネルギーシステム学講座創設シンポジウム (2005-11)
- [4] 浅野浩志, ホロニック・エネルギーシステムー分散型電源の新しい活用策ー, コージェネレーションシンポジウム (2005-11)
- [5] 浅野浩志, 分散型エネルギー資源を活用するホロニック・エネルギー社会の構築, 省エネルギー (2006-1)

## 新しい「伝熱屋」の仕事

*A New Mission for Engineers in Thermal Science and Engineering*

橋本 律男（広島大学）

*Ritsuo HASHIMOTO (Hiroshima University)*

*e-mail: rhashi@hiroshima-u.ac.jp*

（執筆当時は三菱重工業株）

### 1. はじめに

機械製品を扱うものづくり企業の研究所では伝熱技術者は相変わらず忙しい。中堅になるとたいてい何かの製品開発のサブリーダーのような立場になったり、実際の生産工事の現場で走り回っていることが多い。現象を表現する方程式の数が構造、流れ、熱の順に多くなって、技術者もその順により広くものを見る目を持っていることが期待され、製品開発のとりまとめ的存在になることが多い。化学になるともっと広がるが、ちょっと広すぎて目の前の機械を何とかするには伝熱技術者程度が丁度よい。

一方、「伝熱工学は学問体系としてある程度確立してしまい新規の研究領域の広がり乏しい。貢献すべき確たる工業応用分野が見えて来ない」といわれている。確かにこれまでのエネルギー分野における製品中核部の温度制御や伝熱性能向上といった目だったテーマは少なくなった気がする。

企業のなかでは忙しい、しかし学問分野としては何か閉塞感が漂っているというこのギャップはどこからきているのか、何かの発想の転換をすれば全く別な世界が拓けるのではないかという期待を込めて、本稿で少し問題を整理してみます。

### 2. ビジネス環境の変化と研究開発の領域拡大

戦後60年になりますが、自らの経験によると、多くのものづくり企業では最初の20年間は西欧との技術提携等により、製品を必要とする市場、つくるべき製品の概念、また必要となる技術の基盤が与えられ、研究開発は製品の中で起こっている現象を究明したり、一部改良を加えたりすることが主な仕事でした。

次の20年間は高度成長の時代です。より多く、より速く、高品質な製品を安定に生産するという市場の要求が明確でした。そして、それを満足させるために、既にある製品の中で起こっている現

象を解明し、改良を重ねる中で技術が自前のものになりました。この間は企業と学会が問題意識を共有し、現象の解明は進み、データは蓄積され、技術の体系化が進みました。ものをつくる側はその技術をしっかり活用しました。

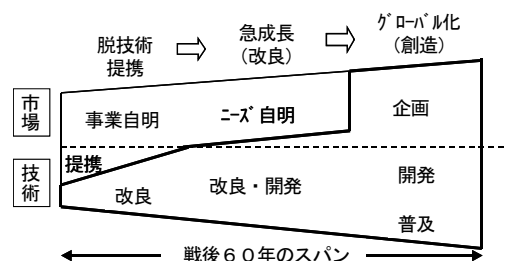


図1 研究開発の領域拡大

最後の20年、国内が高度成長から持続成長の時代になり、特に冷戦終了後に市場が急激にグローバル化したところで、市場は自らニーズを発信しない時代になりました。エネルギー問題、環境問題と課題は山積し、それを解決する必要があるという社会ニーズははっきりしていますが、社会ニーズが経済原理に適う市場ニーズに変化するのはいかなる時なのか、どのような形で具体化するのかは誰にもわからない、自分で先を読むしかない時代になりました。

### 3. ものづくりに必要な研究

研究開発の領域拡大に伴ない、新しい商品を生み出し、それを製品の形に具体化し、商品として世に出し、それが広く普及して世の中の役に立つ、結果的にビジネスも成立するという一連のものづくりのプロセス全体を見通して、研究の役割を再認識する必要があります。

ものづくりに必要な最初の研究は本質的な原理・現象の発見とそれにもとづく基本的な発明を生むような研究ですが、これは工学に関するここでの検討対象から除外します。その他を大別する



と企画、開発、普及の3段階の研究があります。

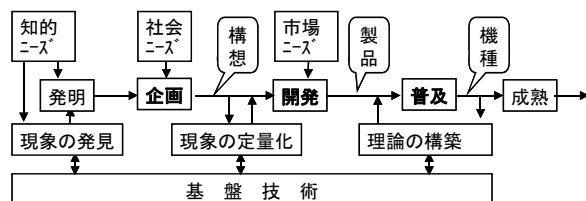


図2 ものづくりに必要な研究

まず、企画段階ですが、生活を便利で豊かにしたいという社会ニーズから新しいものを構想します。しかし、その構想の形や寸法を決め、具体的な製品イメージを描くためには、その製品の機能を実現させる現象の定量化が不可欠です。これが企画段階に必要な研究です。そして一方で、製品構想の実現を前提としてビジネスモデルを考え、市場ニーズの成立条件を見極める作業が必要です。ある程度ビジネスの見通しが立たないと研究投資はしづらい一方で、研究結果がある程度出ないと製品構想が具体化しないためビジネスの成立条件の見極めが出来ません。すなわち、現象定量化の研究とビジネス企画は同時並行的に進める必要があります。

次に開発段階ですが、企画した構想を具体化する技術が整い、また、社会ニーズが経済原理に合う市場ニーズに変化したところで製品開発がスタートします。開発段階では必要な諸元を決めるために実験や解析を行います。現象解明や理論構築は基本的には行いません。開発する製品の使用条件範囲において、最低限の目標仕様を満たすことだけ確認できればそれで十分です。

次に普及段階ですが、開発した製品を世の中に普及させ、ビジネスを発展させるためには、その製品の改良、周辺機器の整備、機種種の品揃えが欠かせません。この段階では、現象理解、理論構築による技術の体系化が必要です。

さて、ものづくりの各段階に応じて以上の研究がそれぞれ重要ですが、前述のように日本企業のビジネスモデルが変化し、グローバル市場で受け入れられる新製品を模索している現在、企画段階の研究を産学全体としてどう取り組むかがもっとも重要な課題になっていると思います。

企画段階では研究とビジネス企画は同時並行で進むため、研究者は共通の基盤となる社会ニーズ

をもとに、新しい製品の構想やビジネスの成立条件等についても自ら探りながら、研究テーマを決めていかなければなりません。研究者の置かれたこの立場は、企業でも大学でも基本的には同じだと思います。ここではもはや基礎研究とか応用研究といった研究の分類はあまり意味をもちません。

#### 4. 企画段階の協業

社会ニーズが市場ニーズに変化し製品開発に移行するまでのプロセスは製品分野によって様々です。企画段階の研究もそれぞれに対応した様々な取り組みが必要です。

エネルギーや環境分野等の社会インフラに関わる製品では市場ニーズを生む外的条件の変化が公に見えており、また技術の目標が比較的わかりやすい。従って、製品のコアとなる部分の新しい特性や高い性能につながる研究テーマを大学単独で設定することが可能です。ただ、製品全体をカバーする技術分野が多様で、実用化までに時間がかかるので、技術目標の取り合い条件とマイルストーンを明確に決めた協業が必要です。

一方で素材産業向けの産業機械製品の場合は一次、二次顧客の産業連関が複雑で、製造プロセスも固有かつ複雑なため、非常に限られた当事者の間でしか市場ニーズは顕在化しません。また、技術目標もその製品自体の機能や品質に加えて2次製品の品質までも含める必要が生じます。この分野では、大学と企業の日常的な共同作業と人的交流も含めた密着した取り組みが必要です。

#### 5. 伝熱屋の新たな仕事

企画段階の研究では、このように製品分野毎に異なる開発プロセスの特性を考慮しながら、研究のバウンダリーを設定していく仕事の研究の中身と同じ位に重要になります。

伝熱という技術分野は、伝熱屋としてのエンジニアリングと熱科学というサイエンスの両側面をもっていますが、この二つを明確に区別して取り組まないと中途半端になる心配がある一方で、曖昧なままに両側面を併せ持つ伝熱屋が徹底的にもものづくりのエンジニアに徹しながら、そのなかにエネルギー分野における直接発電技術のような新しい研究領域を切り拓いていくことを期待したいと考えています。

## リサイクルとクリーンエネルギー

### *Recycle and Clean Energy*

行本 正雄 (中部大学)

Masao YUKUMOTO (Chubu University)

e-mail: m-yukumt@isc.chubu.ac.jp

(執筆当時は JFE ホールディングス)

---

### 1. はじめに

日本鋼管株式会社 (NKK) と川崎製鉄株式会社は 2002 年 9 月に経営統合し、JFE グループとして新たな一步を踏み出した。さらに 2003 年 4 月には、JFE ホールディング (持株会社) の傘下 JFE スチール、JFE エンジニアリングをはじめ 5 社が設立された。JFE グループでは、製鉄とエンジニアリングの強みを活かした総合技術力を通じて、環境・エネルギー分野のビジネスを積極的に推進している。鉄鋼事業は、製鉄技術の中核にして資源リサイクルやエネルギー技術等広範囲の総合技術力が集積されており、エンジニアリング事業は、40 年以上の環境関連設備実績を持つ環境プラント技術を中心に事業を展開している。

このような長年培った総合技術と広範囲な事業活動を背景に、顧客の環境・エネルギー問題のニーズに対応し、ソフトからハードまで一貫した提案型のビジネス展開や資源循環型社会の構築に向けてのソリューションなどを提供してきた。特に、製鉄所を中心にしたリサイクル事業から地元自治体、地域企業との連携を通じた環境共生まちづくりに循環の輪を広げたトータルソリューション事業を展開している。

本報では、リサイクル技術とクリーンエネルギー利用を中心に、JFE の環境ソリューション技術について紹介する。加えて、環境エネルギーに関わる伝熱分野の研究ポイントを各章で論述する。

### 2. 日本における廃棄物、リサイクル問題

環境省が試算した我が国の物質収支を見ると、自然界から資源採取 (水および大気を除く) は国内、輸入を含めて全体の物質投入量約 21 億トンの約 90% を占めている一方、50% 程度がそのまま消費、廃棄に向かっている。資源の再生利用率を見ると、わずか 15% 程度にとどまっており、年々上昇しているものの依然低いレベルにある。

廃棄物処理に関する基本的な事項を定めた「廃棄物の処理および清掃に関する法律」(廃棄物処理法) によれば、廃棄物は大きく、事業活動に伴って生じた廃棄物のうち、燃え殻、汚泥、廃油など 19 種類の産業廃棄物と、その他の廃棄物の一般廃棄物に区分され、そのうち一般廃棄物はさらにごみとし尿に分類される。そして、ごみはさらに商店、オフィス、レストランなどの事業活動によって生じた事業系ごみ (一般廃棄物の約 30%) と一般家庭の日常生活に伴って生じた家庭ごみ (同約 70%) に分類される。家庭からでるごみの排出量は 2003 年度で年間 5,200 万トンとなっており、これを一人一日当たりの排出量に換算すると、1.1kg であり、ごみ総排出量と同じく横ばいで推移している。これら一般廃棄物は、焼却、破碎、再資源化等の中間処理を行った後に最終処分場に埋立て処分されることになるが、これらの処理にかかる費用はこの数年急激に上昇している。また、一般廃棄物の最終処分場は、この廃棄物増加に伴い、その残余年数が非常に小さくなっており、全国平均では 12 年 (2003 年度) と深刻な事態を迎えている。最終処分場の残余年数が少なくなっている最も大きな理由は、建設費の高騰もさることながら、住民の反対による新設処分場の減少によるものと考えられる。

2001 年度における全国の産業廃棄物の総排出量は 4 億トンとなっている。これを業種別に見ると、建設業、農業、電気・ガス・熱供給・水道業からのものがそれぞれ約 20% と大きな割合を占めており、次いで鉄鋼業、パルプ・紙・紙加工業 (約 7%) と排出量が多い。毎年、廃棄物は増え続けているのであって、この 10 年で一般廃棄物は 14%、産業廃棄物は 26% も増加した。この中でウェイトの大きい建設業からの廃棄物の再資源化についてみると、コンクリート塊、アスファルトコンクリート塊および木材の再利用率は、約 90% に

達しようとしており、建設汚泥（減量化を含み約 60%）、建設混合廃棄物は約 50%になろうとしている。産業廃棄物の最終処分場の残余年数は全国平均 4 年（2003 年度）と一般廃棄物（ごみ）の最終処分場以上に深刻な状況にある。廃棄物は焼却、脱水して減量化したり、リサイクルするなど減量化の努力が続けられており、一般廃棄物・産業廃棄物の最終処分量－埋立て処分量は年間合計約 1,700 万トンと減少している。すなわち、廃棄物の捨て場がなくなり廃棄物の発生抑制、リユース、リサイクルが進んでいるものと思われる<sup>1)</sup>。しかし、これらはマテリアルフローのみの議論であり、本来議論しなくてはならないエネルギーフローのデータは 1992 年に平田賢先生がまとめたのが最後である。

### 3. サーマセレクト技術

最終処分場の残余容量は逼迫しておりその延命化、また、焼却等の中間処理においてダイオキシン類に代表される環境負荷物質の更なる低減が求められているなかで、廃棄物熱分解ガス化溶融法は、廃棄物処理に伴う環境への負荷を極限まで削減可能であり、大きな期待が寄せられている。

JFE グループは、1998 年より 150 トン/日・炉×2 炉の設備（現ジャパンリサイクル千葉プラント）を東日本製鉄所千葉地区構内に建設した。図 1 に JFE サーマセレクト方式ガス化改質プロセスを示す。1999 年 9 月から 2000 年 3 月まで、千葉市・千葉県殿との共同研究により一般廃棄物の実証試験を行い、その後、2000 年 4 月からは産業廃棄物を受託処理して燃料ガスを製造し、製鉄所

の発電燃料等に利用する廃棄物燃料製造事業を開始し（新エネルギー利用の促進に関する特別処置法第 8 条第 1 項の規定に基づく大臣認定を取得済み）、2001 年 1 月に処理事業会社であるジャパンリサイクルにプラントを移管した。

2001 年 4 月からは容器リサイクル法でのプラスチック再商品化事業（ガス化認定）にも参入し、2004 年 9 月までに累計約 25 万トンの廃棄物を処理した。主として建設廃材を処理しており、産業廃棄物の種類は廃プラスチック 42%、汚泥 8%、木屑 4%、紙屑 37%、廃油 2%、動植物残さ 2%、その他 5%である。ここで分類（マニフェスト上）されている廃プラスチック類には、他の種類のものかなり混合している廃棄物である。一般廃棄物に比較して、ロット毎の発熱量、灰分等の変動が大きいので、廃棄物の混合管理によるごみ質の安定化がより重要になっている。千葉プラントでは廃棄物の受入の調整、ストックヤードの確保、ピットでの混合に注意を払って操業している。混合後のピット内廃棄物の平均組成は、低位発熱量 13.7MJ/kg、灰分 9.8%、塩素 1.15%、硫黄 0.64%であり、一般廃棄物（実証試験時の千葉市一般廃棄物）に比較して、低位発熱量が大きく、また、灰分、塩素、硫黄、重金属の含有量が多くなっている。また、ダイオキシン類の総排出量は  $0.0003 \mu\text{g-TEQ/t-ごみ}$  であり、一般廃棄物の実証試験とほぼ同程度のレベルである。これは、高温改質によるごみ中のダイオキシン類の分解と急冷による再合成防止効果が十分に発揮されていることを裏付けるものである<sup>2), 3)</sup>。

東日本製鉄所千葉地区では 1987 年より製鉄所内で発生する副生ガス（高炉ガス・コークス炉などで、低位発熱量は約  $1,100\text{kcal/m}^3_{\text{N}}$ ）を用いたガスタービンコンバインド発電（定格発電量 145kW、発電効率 46%）を実施している。そこで、図 2 に示すように、精製合成ガスを発電所に送り、ガスタービンコンバインド発電用の燃料として利用している。精製合成ガスの主成分は水素 32.4%、一酸化炭素 43.1%、二酸化炭素 18.8%である。

スラグはオンラインにて磨砕・磁選処理を実施し、その品質管理に努めている。例えば、環境庁告示第 46 号によるスラグの溶出試験結果からいずれも土壤環境基準を満足しており、用途別に再利用業者との品質確認試験を終了し、インターロ

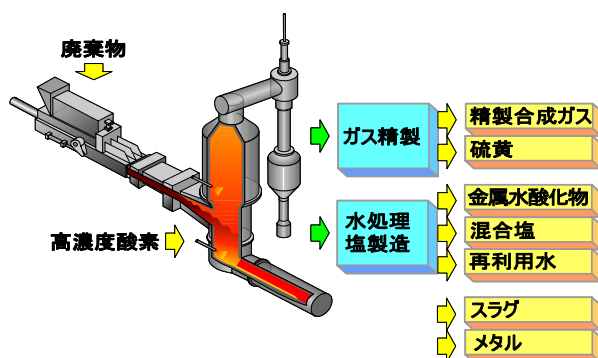


図1. JFEサーモセレクト方式ガス化改質プロセス



8月からスタートした。図5に示すように、食品廃棄物のメタン発酵ガス化事業は食品リサイクル法に対応したものであり、このエリア内ですでに稼動しているサーモセレクト式ガス化改質炉と連携することにより食品廃棄物をメタンガスとして回収している。このガスはガス化改質炉の合成ガスとともに製鉄所で利用され、発酵残渣はガス化改質炉に送りガス、スラグ、メタルとして資源化している。

西日本製鉄所倉敷地区のある臨海部の水島コンビナートでは事業者間の連携を強めて、ゼロエミッション化を図ることが期待されている。県内の建設系廃木材や梱包材、使用済みかき篋を炭化し、炭化物を回収する事業を2005年度より開始する。また、倉敷市の一般廃棄物や下水汚泥、産業廃棄物を併せてガス化溶融炉で処理する事業も立ち上げる。この事業は図6に示すPFI（プライベート・ファイナンス・イニシアティブ）方式で運営するもので、ガス化溶融炉はサーモセレクト式を採用した。回収された合成ガスは製鉄所で利用される。合成ガス以外のスラグやメタル、硫黄、金属水酸化物なども有効利用されゼロエミッションに貢献している。

このようなリサイクル設備を製鉄所に誘致する場合、エネルギーの有効利用を検討する必要がある。例えばプラスチックの高炉利用に伴う発生ガス量の増加や工場廃熱の利用など個別には蓄熱や分散発電などの研究課題が残されており、伝熱分野の若手研究者には取り組んで頂きたい。

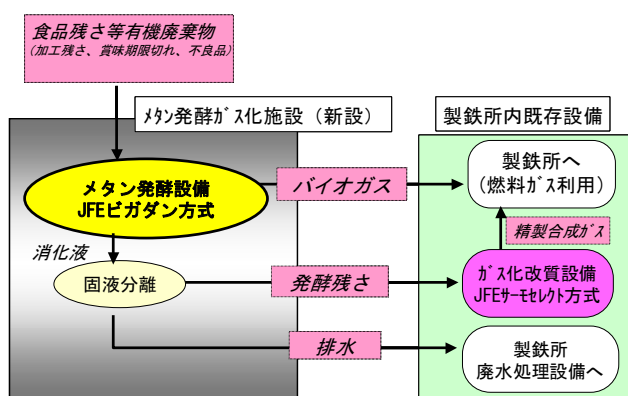


図5. 食品リサイクル事業(千葉エコタウンエリア)

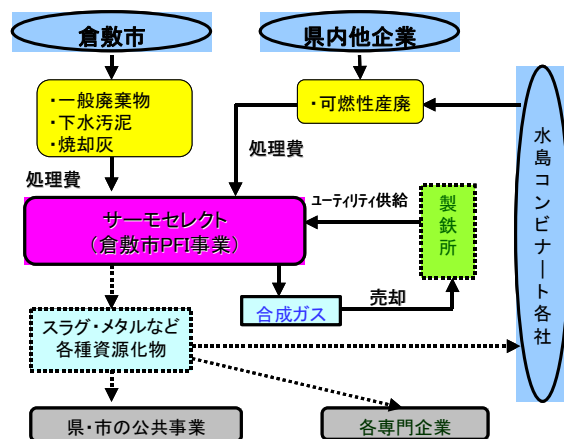


図6. 水島コンビナートPFI事業スキーム

## 5. クリーンエネルギー技術

クリーンエネルギーDME（ジメチルエーテル）は現在スプレー缶の噴射剤として使用されているが、黒煙の出ないディーゼルエンジン燃料、クリーンな発電用燃料、燃料電池の水素源燃料など、さらに幅広い分野での利用が期待されている。特に「すす（黒煙）」および「PM粒子」が発生しない点が、大型自動車用軽油代替燃料として注目されている。

JFE が一酸化炭素と水素から直接 DME を製造する技術に取組んだのは1989年で、翌年、世界で初めて、炭層メタンからの DME 直接合成に成功した。この研究により、DME を直接、大量かつ安価に合成するための技術開発に目途がたち、実用化に向けて大きく前進した。現在、DME 製造の事業化に向けて、図7に示す100トン/日規模の大規

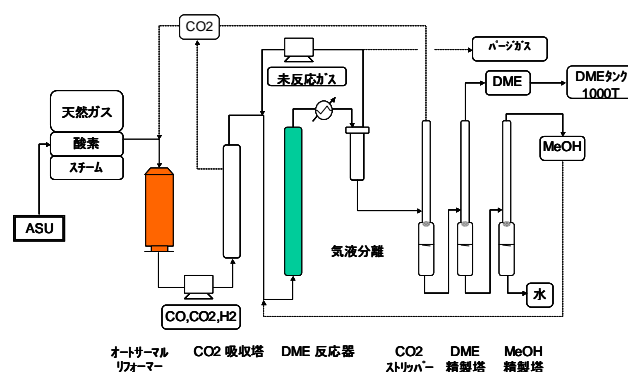


図7. DME製造プラントの概要(釧路実証機)



模実証プラントが釧路にて稼動している。この技術の特徴は、独自に開発した触媒を分散させたスラリー床反応器の中で DME を直接合成する画期的なプロセスで、炭鉱ガスだけでなく、中小天然ガス、石油随伴ガスや石炭ガス化ガス等の未利用天然資源を原料として DME 製造が可能であり、21 世紀の資源エネルギー問題の解決、地球温暖化防止に大きく貢献できるものと考えている。

DME は将来の低負荷自動車燃料として期待されている<sup>6)</sup>。市販トラック用 4 気筒直噴ディーゼルエンジンの燃料供給系の一部を改造して、直接合成した DME 燃料による燃焼試験および走行試験を行い、排気黒煙が全く発生しない、着火性が良く、静粛な運転ができる、軽油と同一運転で 20～30%の NOx 低減効果が得られる、拡散燃焼が迅速に進行するために燃焼時間が短く熱効率の向上が期待できる、実走行において軽油と同等の走行性を有するなど、DME が新しいクリーンなディーゼル代替燃料として、高いポテンシャルを有することが確認できた。

一方、SOFC（固体酸化物形燃料電池）は、燃料がもつ化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換する技術で、kW クラスの小型システムから MW 以上の大型システムまで全てのレンジにおいて既存の発電設備をはるかに上回る高効率発電を可能にする。騒音や有害物質の排出が無く、エネルギー利用効率が高いため、地球温暖化ガスである二酸化炭素排出量削減に寄与する。SOFC 内に送り込まれた天然ガスや DME などの燃料は、セルスタック内で水素と一酸化炭素と反応して電気と高温排ガスを発生させる。SOFC は加圧することによってセルスタックの発電効率を高めることができ、さらに排出される高温排ガスも利用したガスタービン発電が可能となる。SOFC は内部改

質が可能であり、多様な燃料に対応できることから、低温で改質が可能な DME やバイオガス燃料との組み合わせ技術についても研究を推進している<sup>6)</sup>。

DME の触媒反応や反応器の設計には詳細な伝熱計算を必要としており、DME 利用の点からは燃焼器、バーナーの伝熱計算が重要である。特に希薄燃焼による低 NOx 化の研究分野では多くの燃焼モデルが提案されている。SOFC の低温改質の最適条件や排ガス利用での発電効率向上は詳細な解析が必要である。

## 6. 終わりに

大学と企業におけるニーズギャップと壁という大変難しいテーマを頂き、大変戸惑いました。実は 4 月より小職は JFE を退職し、学校法人中部大学に転籍します。元来、企業でも大学寄りの業務を担当しております。

本稿でご紹介しました弊社 JFE は技術力をベースに、環境・エネルギー分野で、さらなる発展を遂げるよう努力しており、『JFE は、新しい発想と技術で、住みよいまちづくりを提案します』のモットーで『環境・エネルギーのことなら JFE』を目指しております。

## 参考文献

- [1] 環境白書（2005）
- [2] 三好，化学装置，40，7，38(1998)
- [3] 福井，環境技術，28，12，35（1999）
- [4] 行本，月間技術士，5，1（2001）
- [5] 小倉，NKK 技報，179，132（2002）
- [6] JFE 環境報告書（2004）

URL：http://e-solution.jfe-holdings.co.jp

## 熱交換器性能と周辺技術の関係

### *Restrictive Conditions on Heat Transfer Efficiency in the Field's Heat Exchangers*

田中 収 (三浦工業㈱)

Osamu TANAKA (Miura, Co.Ltd.)

e-mail: tanaka\_osamu@miuraz.co.jp

#### 1. はじめに

##### 熱利用産業の状況とこれからの課題

産業で利用される伝熱技術は熱交換器に代表され、多管式のシェル&チューブ式、プレート式などが広く使われ、その性能向上は目覚しいが、実運転の問題は多く、それらは伝熱現象と密接に関係している。熱・振動要因の疲労破損、腐食や付着物による性能低下などの問題の原因は水・ガスなどの流体性状によるものや熱流動要因に起因する 경우가多いが、最近では材質、加工方法などの変化と、流体の性状（水処理の高度化など）など種々の要因と複合化してきている。例えば、ビルの給湯温水系で殺菌のために微量の塩素添加を行うが、配管状況や濃度制御方法によっては塩化物イオン濃度が時間的に増加し局所的な表面保護皮膜の損傷繰り返しによる SCC や孔食の発生することがあるが、それらの限界条件などを系統的に記述した文献は少なく使用状況・用途に応じた経験とノーハウに依存している部分が多いように感ずる。

熱交換器としての性能維持を考えると、発電プラントなど常時保守・運転の管理者が配置されているが、産業・業務用機器では予防管理システムなどの導入によって現場運転条件における非安定区間の影響や速度・温度・濃度場の過渡的变化による運転効率の影響などに対する安定運転・性能維持が大幅に改善されてきた。しかし、これからエネルギーシステムの多様化・高度化の要求に加えて、社会環境による使用エネルギーの変化や生産設備の付加価値の追求など社会・経済の変化が激しく、各種システムの利用形態・変動パターンなど予測が次第に困難になってきているような状況がある。

冷凍・空気調和関係においては従来から現場施工技術ハンドブックなどには詳細に記述されたものもみられるが、その工学的要因の記述は少なく、発生条件・限界領域、各熱流動パラメータの影響など設備機器の変化に対応するには十分とはいえない

状況である。一方で製造面から見ても産業機器を取り巻く社会環境は、同等製品の経済性（価格）についてはグローバル化の波や世界経済の変動を受けてより厳しいものとなっており、そのコストダウンの波は製品の材料・加工・組み立て・保管・搬送・設置工事などの履歴を複雑化している。

さらに環境問題として運転による排出物・騒音・振動などの対応は当然ながら、適用材料のリサイクル環境の整備、また運転による微量生成物あるいは排出物質の直接的・副次的反応物への社会環境への配慮、さらに化学合成品に限らず最近のアスベスト問題など微量成分への人体への影響などが生化学的に明らかにされて潜在化していた有害物質が顕在化し、それらの化学物質を使った原材料・1次加工品・2次加工品などについても工業製品としての製造・設計への注意が必要になっている。このような状況を考えると伝熱という機械工学分野だけでなく、経済・社会のマクロ変動による製品材料のデータベース化によって変動の予測とともに、それら適用原材料の化学・生化学・医学のデータベースとのリンクした産学共同のリスクマネジメントデータベースシステムなどを構築しなければならないのではと思う。話が広がりすぎた点はお容赦願いたい。各専門研究に携わる方々のテーマにも、何らかの形で地球環境・生命などに関連した突拍子もない課題が発生するように思われる。

内容の重複や、舌足らずの点はご容赦頂き、ここでは現在の産業機器について伝熱性能に関連した課題の中から、研究対象として何かのヒントになればと思われるような事例について述べる。

#### 2. 産業用熱交換器設計での課題

##### 2.1 現場、工場での熱交換器の稼動状況による実際運転効率と最適運転システム

産業用各種熱交換器は毎日の起動・停止を繰り返す場合や 24 時間運転ではあっても負荷変動を伴う

場合など実稼動状況は様々である。このため、工場生産ラインの効率維持・管理・安定運転・安全管理の考え方に基づいて、例えば数台の大容量ボイラに対して、相応する台数の3位置燃焼制御の小形ボイラを設置することで100%負荷から部分負荷運転まで細かな蒸気量要求に対応したシステムの適用が一般的ななってきた。

工場の運転パターンは一日の工場蒸気負荷設備による稼動時間変動、同様の季節的変動、これに加えて製品需要(景気)による変動などが加わるので、多台数運転の最適な燃焼台数制御パターンは連携制御システムによって実施されている。しかし、極端に低い稼動状況(例えば10%以下など)に低下すると、運転効率は缶体放熱、パージ(炉内換気)、煙突ドラフトなどの放熱損失が勝って急激に低下する。このため総合効率維持の考えからシステム設計として煙道や屋内外の設置状況、給排水システムなどの周辺の設計をも含めた検討が重要であり、空調・冷凍システムなども同様と思われる。

## 2.2 非定常変化、熱・流動の発達領域(单相流温度・速度分布・二相流相分布の流動方向変化)の問題

系の熱的非定常変化は、大型システムほど概ね対象物熱容量の集中定数系による取り扱いで十分な場合が多い。局所的な問題についても、せいぜい1次元非定常で傾向を把握できる場合が多く、複雑な形状でも最近ではFEM解析で推定することができるようになり、非定常が要因と想定できれば境界条件の連成解析などで複数の手法によって、部分的な実験による確認で十分なことも多くなってきた。

その一方、小規模の熱交換器を利用する加工・製品化の側では被加熱対象物が大きく変化するので、製品の仕上がりを経験と勘で把握することが多く、プロコン・マイコンによる工程設定パターン作成の融通性が求められるものの、機器が疲労試験のように急峻な変動の繰り返し(熱や圧力による疲労)を受けるケースもある。

さらに熱交換器を包括するエネルギーシステムのパッケージ化・コンパクト化によって配管系や大型装置の入出口ダクトの流路急拡大や急縮小部の偏流の対応の重要性が増してきている。整流翼等の対応を十分配慮しないと伝熱・物質移動・反応など性能へ影響が表れ、性能に加えて燃焼や流体振動との共振、円柱後方流体振動・騒音の影響などの検討も配慮が必要である。

このほか熱・流れおよび物質移動の発達領域(流

れの助走区間)に与える擾乱物(例えばバルブなどの流動制御機器)の影響範囲の問題、急激な運転状況の変化などによる熱・流れおよび物質移動の非定常変化などがそうである。例えば、縦型多管式の蒸発器では1m程度の加熱管で乾き度が大きく変化する場合もあり、負荷の急増などによる圧力低下時には管軸方向に沸騰様相(ボイド率)が急変することで水の流出やフラッディングによる局所的で間欠的な過熱が発生し、これらを防止・抑制するため圧力制御電動弁、1次圧力調整弁あるいは蒸気ベンチュリ管などが設けられることもある。小容量減圧蒸留器や高圧蒸発器の起動時などこのような変動を抑制する補機が必要になる場合もある。

相変化を伴う熱・流動においては、例えば気液二相流の流動現象に基づいた伝熱機構に関する研究はほぼ体系化され、管内流動についての数値流体解析法もある程度の成功を収めているようである。しかし、広範な業態に使用される産業機械では長年の実績が重要であり、その結果(解明された要因)が設計へと還元されている。したがって、通常複雑な熱流動系への新技術の適用は機能部品に限定しながら実用運転実績を蓄積し適用範囲を広げる方法が多い。

## 2.3 伝熱問題と技術のバランス

工場での実負荷変動の調査は困難なことが多いが、前述のように事前調査が十分であるほど設置効果は発揮され、さらに予寿命評価や将来のシステム変更時にその調査データが比較や条件設定などで再び活かされてくるので、このような事前・事後の経時データの蓄積収集は熱交換器に限らず、装置性能を十分に活かす上で大変重要なことである。

これは自動車でも同様で道路や燃料・電子制御・通信機器などの整備(インフラ)が整いながら初めて高性能化が進み、熱交換器においても周辺技術基盤(材料、加工技術、センサや制御など)技術の高度化と併行して、高機能伝熱技術が有用となる。

近年のセンサ・制御技術の発展によって、急激な変動に対しても高精度な安定制御も可能になってきたが、その周辺の設置・配管・施工などの問題も発生しているのは、装置依存に偏って基盤技術の維持がおろそかになってきていないか危惧するところである。機器全体の技術バランスを配慮した設計を念頭におき、あまり高性能制御化など極端に偏った技術にならないことが大切ではないであろうか。



## 2.4 熱交換器の設置条件について余裕率と寿命

産業用の熱交換器は発電プラントなどとは異なり、多種多様の用途、運転条件、環境の下で使用される。また、民生用となると稼働率は極端に低下するが、使用環境は驚くほどさまざまである。

直接あるいは間接的に機器へ損傷を与える要因は多々あり、腐食は水処理の化学・機械的处理方法が重要であるが、熱疲労の対応については直接原因となる単純なスケール付着を壁面温度センサによる時系列変化で検知し、予防処置が可能になって大きく減少した。しかしながら、長期間にわたる瞬間的な温度変動による熱疲労の繰り返しによる微細亀裂とスキマ腐食が複合したような例もみられ、瞬間的な温度変動の履歴が大きな影響を与えている可能性も考えられる事例もあり、非定常熱伝導温度分布のパターンと材料強度の関係は明確にされていないようである。

燃料成分によるが気体燃料においても、排熱ボイラ熱交換器の排ガス水分による微酸性水の結露（凝縮）・加熱・濃縮の繰り返しによる SCC と考えられる破損例もなどみられ、露点条件の回避、耐食材料選定・加工や設置・運転方法への配慮も必要となっている。

## 2.5 放射伝熱、直接熱交換など

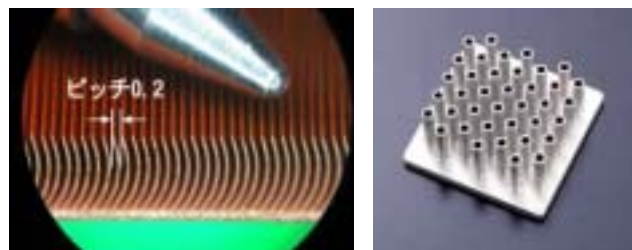
放射伝熱では産業界には既にマイクロ波・高周波などによる連続薄膜乾燥工程、半導体洗浄用赤外線純水加熱装置など普及しているが、伝熱分野というよりも化学工学的な乾燥・硬化工程として省エネと製品付加価値の用途が大きく、分野が複合する技術となっている。産業分野の利用が先行しているのは、材料と電子制御の発展と対象物の高付加価値要求にマッチしたからではと考えられる。

蒸気吹き込みなどの直接接触式の加熱法なども従来からあるが、その接触面積の限界や気液各相からの混合微量成分の影響、極小空間内での混合による発生騒音・エロージョンなどの限界について言及されたものは少ないように思われる。

## 2.6 気相自然対流熱伝達の限界

CPU の高密度実装に伴い、その冷却技術にはヒートシンク、サーモサイフォン、ペルチエ素子、高密度フィンなど高熱流束冷却方法がとられるようになった。高密度フィンには伝熱壁に特殊な加工を施し、表面積を極端に増加させた面が作られるようになり、自然対流熱流束として数倍の値が得られるようである（図 1 参照）。

伝熱性能の要求と加工技術の進歩は車の両輪での関係にあると思われるが、理論モデルで形の創造ができて、実現すべき装置の制約が伴ったり、経験の範囲を脱しきれていないのではなかろうか。



中村製作所 <http://www.nakamuramfg.co.jp> から

図 1 表面微細加工伝熱面

## 3. 産業分野からみたこれからの伝熱研究テーマ

散漫に記述してきたので、産業分野からみて学術的にも面白そうなテーマについてまとめてみる。

### 3.1 気相伝熱の超コンパクト化

空調用熱交換器などの気相伝達は最も低い領域では、気流先端の境界層発達区間の熱伝達発達域を利用した微小突起伝熱表面の利用も進んでいる。図 1 はまだ柔らかい材質に限られているようであるが、今後は各種の材料に対しても微細な突起加工が可能となれば、微細表面形状に対してどのような条件で有効性が発揮できるかなど解明が待たれる。

気体－液体の熱交換器の熱伝達率はガス側熱伝達率に支配されるが、境界層内流動を積極的に制御するようにすることで伝熱は促進するが摩擦は抑制するような形状記憶あるいは静電微動繊維などは可能であろうか。

### 3.2 極低温度差 凝縮－沸騰相変化伝熱

熱交換器で最大熱流束が得られるものは蒸気を熱源とする蒸気発生器でリボイラと称される熱交換器である。伝熱面を介し凝縮－沸騰の相変化伝熱によって  $3000\text{W/m}^2\text{K}$  以上の熱貫流率が得られる。しかしながら、利用温度差が  $10^\circ\text{C}$  程度までなので熱流束は温度差に比例するので、せいぜい  $50000\text{W/m}^2$  である。恒久的撥水などの表面加工によって、その数倍の性能が得られれば産業用途は大きく拡大するであろう。

### 3.3 自律制御伝熱面

伝熱量は目的の熱量あるいは温度で制御される。そのための制御は電氣的な制御装置によって行われている。これが伝熱面自身に感温制御層があつて

伝熱抵抗を調整できる機能を持たせることができれば機能伝熱面となる。

また、この隔壁伝熱面に温度低下によって熱抵抗が増加する自律熱抵抗薄膜などを表面処理できれば伝熱量一定制御が可能となり、蒸発量と温度を一樣に制御することができよう。このような例は蒸気加熱温水器でもみられ、凝縮時の容積変化が大きく低圧になればトラップによる凝縮水の機械的排出が遅れ、ハンマリングや排出水のフラッシュによるエロージョンなどの問題を発生し易く、何らかの自律温度制御機能が望まれている。

### 3.4 スケール付着や腐食の無い伝熱構造

伝熱面のスケール析出・付着物問題の解決はボイラ・熱交換器の恒久的課題である。付着物性状によるが、その早期検知ができれば対応方法はほぼ確立されている。しかし、対応が遅れれば付着速度は急速に増加するので、薬品に依存しないような方法によって、付着しないあるいは析出して自動排除するような表面加工などはこれから検討され続けるであろう。純水の実験では鋭敏な微細加工は電位差による溶解を伴い、溶解物は析出か相変化に直接的に影響を与えるので実験の困難さを伴うが、熱利用面では広く求められている。

### 3.5 放射伝熱の波長による制御

対象物が単一組成固体や流体だけでなく、食品や薄膜物質など種々の材料の加熱用として使われてきているが、放射熱は表面だけでなく、内部にも浸透し熱・物質の伝播と気流の対流移送あるいは被加熱物の反応とも競合して進行するので、付加価値を与える（物性などを変化させる）波長と熱を与える波長を分光し、それぞれの効果を定量化するというアプローチや律速段階となる固体内熱・物質移動の形態を分析しながら形態を分類するなどの方法もあろう。付加価値製品への時間制御最適波長による加熱・加工も研究課題であろう。

## 4 おわりに

現場対応技術に偏った面もあるが、複合化した対象であっても、そこに新規性・発見があるかどうかを見極め、追求するには体系化した学問分野からの切り口が無いとできないのではないかと思う。専門研究成果による先端技術と実際技術（技術基盤とその運用）が年々開いていき、それを埋めるためさらなる高度技術や制御に依存し、広い基盤技術が空洞化するような悪循環に陥っていないか、最近の事故例などに接すると、その融合技術・研究としての何か別の視点で取り組めればと思う。

甲藤好郎先生ご遺稿  
「沸騰の科学 (6)」  
*Science of Boiling (6)*

甲藤 好郎 (東京大学名誉教授)  
*Late Yoshiro KATTO (Professor Emeritus of The University of Tokyo)*

## 6. 液体と加熱面の間の絶縁と復縁

### ラテン語の論文

ここで再び、私たちの身近な事柄に目を向けてみましょう。読者の皆さんは、ガスレンジにかけた空だきのフライパン (温度 110–150°C 位) の上に小さな水滴を落とした時など、水滴がジュッと広がって沸騰しながら乾くのをよく知っておられるでしょう。またフライパンの温度がもっと上げられたとすると (200–300°C 位), 落とした水滴がいくつかの小滴に分かれ、フライパンの上でピョンピョン上下にダンスをしながら、蒸発するようになります。しかし、さらに赤熱された厚い鉄板などのように、加熱面の温度がずっと高くなると (300°C 位以上), 水滴はちょうど蓮の葉の上に置かれたときのように丸くなって (難しく言えば回転楕円体のような形をして), 加熱面上に静かに乗ったままの状態になります。そしてこの時、水滴の下面は非常に薄い蒸気膜をはさんで加熱面から完全に切り離されています。つまり、この時の水滴下面は高温の加熱面から薄い蒸気膜を通して熱伝導や熱放射で伝えられる熱を受け、そして水滴下面から蒸発する蒸気が、その圧力で上にある水滴の重さを支えながら、水滴下面の周辺隙間から外部の方へ徐々に流れ出しているのです。

このようにして高温の加熱面と液滴が薄い蒸気膜によって完全に分離され、その結果として加熱面が液体で濡れない現象は、ドイツの医博ライデンフロストが 1756 年に出版した「水の諸特性に関する論文」、これはラテン語で書かれていて 150 ページにわたるものですが、その中にはじめて記述されたのです。ライデンフロストは当時、この現象に関連する正しい科学的知識を持っていたとは必ずしも言い難く、何故なら例えば水滴が蒸発し切った後、いつもスプーンの底に無機物が残る

のを見て、「強い火にさらされると水は土になる」と言ったりしています (実は水に溶けていた不純物が析出するのです)。また蒸発潜熱のことも知らなかった筈で、イギリスのブラック教授 (1 章「沸点と蒸発潜熱」の項参照) が潜熱の考えをはじめて導入したのは、ライデンフロストの論文の出版より後のことであり、しかもブラック教授は、このことを大学の講義では話しましたが、すぐには論文や書物の形で発表はしていません。けれども、これらのことでライデンフロストの功績が消えるものでは決してありません。

そして、ライデンフロスト現象の開始点、すなわち加熱面と水滴の分離状態が得られる最低の加熱面温度のことを「ライデンフロスト温度」と言い、現実には、加熱面上においた液滴が蒸発しきるまでの時間が、一番長くなる時の加熱面温度として測定されています。

### 核沸騰状態からの遷移

前項で私たちは、加熱したフライパン (あるいはスプーン) の中に水滴を置くと、3つの領域が現れるのを見ました。第1は、比較的低温で水滴が加熱面を濡らし沸騰する領域、第2は分かれた小水滴がダンスをする領域、そして第3は高温で水滴が加熱面から蒸気膜で隔てられている領域です。

もちろん、フライパンと水滴とからなる系には、1個の小さな水滴の他に液体がなく、したがって多量の液体のある普通のプール沸騰とはかなり違う系になります。ただそれにしても、この系は水や蒸気の挙動について、それなりに興味ある大切な問題をいくつか含んでいますので、しばらく見てみることにしましょう。

さて最初、前述の第1の領域から第2の領域への状態の移り変わりを見てみたいと思うのですが、

いま私たちが観察している水滴の状態は、ずっと以前から定常的に加熱面上に続いてきたものではなく、まず乾いた加熱面があって、そこへ水滴を置くことによって初めて出来る状態です。そしてこの時水滴は最初、その下端の球状の凸面がまず加熱面と接し、それから次第に平らに変形して行く筈のものでしょう。だから水滴をごく静かに加熱面上におく場合でさえ、加熱面が非常に高温の場合を除けば、はじめ水滴下端と加熱面の直接接合が起こり、またそれに伴う核沸騰が生じるはずであって、実際、前項で述べたライデンフロスト温度より加熱面温度がかなり高い時でも、この初期の固液接触がごく短時間ながら実際に起こることが実験で確かめられています。

したがって、今問題にしている第1の領域から第2の領域への移り変わりにも、この初期の接触プロセスがからんでいます。すなわち、加熱面の温度があまり高くないうちは、加熱面と水滴下端の初期接触の際に発生する蒸気の力が弱く、水滴はそのまま加熱面を濡らしながら加熱面上に広がり、そこに核沸騰の状態を作り出します。しかし加熱面温度が高くなるに従い、初期接触の際に発生する蒸気の力が増して、やがて一部の水を上の方に押し退け、加熱面上への水の広がりを妨げると同時に水滴を分断して第2の領域、つまり小水滴のダンス領域へ移りはじめるのです。

### 接触面温度及び液体の加熱限界温度

ところで次に、第2の領域から第3の領域への移り変わりの問題、つまり加熱面の温度が上昇してライデンフロスト温度になると、加熱面と液滴の間に完全な絶縁状態がどうして起こるのでしょうか。ただこの問題を考えるには、その準備として、固体壁と液体が初期接触に入る時の固液接触部分の温度、および液体の過熱限界（液層のまま加熱出来る温度の上限値）の2項目について、それぞれ簡単な説明をしておいた方がいいと思います。

#### ①「接触面温度」

熱伝導の理論によると一般に、広く平らな面をもつ2つの大きな物体LとW（物体内の温度がそれぞれ一様で $T_L$ と $T_W$ とします）が、ある瞬間からその平らな面同士でぴったり接触したとすると、その接触面は接触の瞬間から以降、次式で与えら

れる一定の温度 $T_i$ をずっと取り続けることが分かっています。随分不思議に思われるかも知れませんが、この接触面温度 $T_i$ は接触の瞬間から以後ずっと一定に保たれるのです。

$$T_i = (T_W + BT_L)/(1+B),$$

ここに  $B = [\lambda_L c_L \rho_L / (\lambda_W c_W \rho_W)]^{1/2}$

この式で $\lambda$ は熱伝導率、 $c$ は比熱、 $\rho$ は密度であって、添え字Lは一方の物体Lの値を示し、添字Wは他方の物体Wのものを示します。そこでいま、Lが液体、Wが加熱面側の固体としてみましよう。この時、接触面温度について、次のような2つの特徴的な状態があるのに気がきます。まず第1は、加熱面が銅などの時、熱伝導率 $\lambda_W$ の値が高く $B$ の値が非常に小さくなりますから、接触面温度 $T_i$ は接触前の固体Wの温度 $T_W$ とほとんどそのままに近く、一方、第2の状態は、加熱面がガラスなどのとき、熱伝導率 $\lambda_W$ が低くて $B$ の値が大きくなりますから、接触面温度 $T_i$ は接触前の固体Wの温度 $T_W$ よりかなり低くなります。

#### ②「液体の過熱限界」

前章までの話の中で、飽和温度以上に熱せられた液体、つまり過熱液体の話がたびたび出ました。しかし液体をもっと高温まで加熱することを考える場合には、液体はどこまでも限りなく過熱出来るものではないことに留意する必要があります。というのは、液体が飽和温度より高温になるに従い、液体を構成する分子の中で高いエネルギーを持つ分子の個数が増えていく訳ですが、十分高温になると、それら高エネルギー分子がいっしょに集まって、ある大きさの「気泡核」が液体内のあちこちにひとりだに出現する可能性が出て来ます。そして、こうして「気泡核」が液体内に出来れば、そこから蒸発が起こりますから、もはや液体だけの状態を保てなくなるのです。このように液体が自分自身でその内部に「気泡核」を作れることを、大変難しい言葉ですが「自発核生成」といい、またその起こる温度を「自発核生成温度」と呼びます。

そして、例えば大気圧の水の場合、よく知られているように飽和温度は100℃ですが、その水を毛細管に入れて非常にゆっくり加熱していった結果、約300℃近くまでは水の状態を保つことが出来たという記録があります。つまり換言すれば、

大気圧の水が液相でいられるのは、その程度の温度までと言うわけです。ですから、大気圧の水は、加熱面温度が 300℃程度の高さまでは液体として加熱面を濡らすことが出来て、したがってその温度まで核沸騰が一応可能な筈になります。けれども現実には、5章で述べたような別の仕組みの核沸騰限界が、そのずっと手前の温度で起こってしまうので、少なくとも5章までの温度範囲では液体の自発核生成温度が何ら問題にならずにすんだのです。

### 加熱面と液体の絶縁の始まり

では次に、ライデンフロスト温度になると、なぜ水滴と加熱面の絶縁が始まるのか、そのメカニズムについて考えてみることにしましょう。さて水滴を加熱面上に置く時、まず水滴下端の凸水面が、平らな加熱面に接近しますが、はじめ両者が接近していく期間中、両者の間の狭い隙間に生じるであろう僅かの蒸気層は、加熱面が非常な高温でない限り、容易にまわりに押出され、水滴下端は加熱面に直接接触して行きます。そして、もしその接触部の温度（前項で見たところの接触面温度  $T_i$  になると考えます）が水の自発核生成温度（仮に 300℃とします）より高いと、接触面で水は液相を保てず蒸気になるため、固体面と水の「絶縁状態」が現れると考えるのが最も簡単な考え方です。今もしこれが正しいとすると、前項に記した接触面温度の式で左辺の  $T_i$  を 300℃と置いた上で物体Wの初期温度  $T_w$  の値を解いて、ライデンフロスト現象の開始点の加熱面温度  $T_w$  の値が次のように求められることになり、これが大気圧の水のライデンフロスト温度ということになります。

$$T_w = T_i + B(T_i - BT_L),$$

ここに  $T_i = 300^\circ\text{C}$

そして、 $B$  の値が小さい銅の加熱面（前項の説明参照）ではライデンフロスト温度が低く現われ、一方  $B$  の値が大きいガラスの加熱面ではライデンフロスト温度が高く現われることになります。そしてこのことは定性的な傾向として実験結果と合っているのですが、現実に見られるライデンフロスト温度は、これだけで説明がつくものでなく、もっと複雑な性格を見せるのです。なぜなら、水滴下端の凸面が加熱面に初期接触をし、加熱面に

触れた水が過熱される時、水の温度が自発核生成温度以前でも、加熱面上に存在する気泡核からの発泡もあるでしょう。しかも水滴を加熱面から離すためには、蒸気発生だけでなく力学的な条件も大切で、例えば、水滴寸法が大きくなると、水滴、加熱面間の完全分離がそれだけ難しくなり、また圧力の高低による発生蒸気の比体積の変化、液体の表面張力の大小による液滴表面の安定性の変化なども多かれ少なかれ影響を持つであろうと考えられます。

結局、ライデンフロスト温度は、蒸発や気液の複雑なプロセスを経て初めて決まるもので、従って与えられた状況で微妙に変わり得る、それなりの複雑さを持つ量であると言えます。それにまた、気液界面の安定性（4章参照）に関係して、次のようなことにも注意せねばなりません。すなわち、いま小さな液滴をライデンフロスト温度以上の高温の加熱面上に置き加熱面と絶縁状態に置いた後、そのまま加熱面の温度を下げてみたとします。すると加熱面がライデンフロスト温度より低温になってもまだ、液滴と加熱面の絶縁状態はしばらく続くでしょう。なぜなら、前に4章「面白い手品」の項で、水を入れたコップの口に金網をあて逆さにしても水がこぼれない話をしましたが、寸法の小さな下向き液面は一旦出来てしまえば比較的安定であり、従って加熱面との間に蒸気膜を挟んだ状態をかなり良く保持出来るからです。

### 膜沸騰

さてここで再び、加熱面周りに多量の液体がある場合の沸騰状況の話に戻ろうと思いますが、すでに5章のはじめに、水中に張った白金線に電気を通して加熱をする時、白金線の表面から出る熱の強さが限界熱流速を超えると、水中の白金線が急に白熱に近い高温状態となり特殊な沸騰状態になることをお話しました。そしてこれは、高温加熱面上に液滴を置いたときに起こるライデンフロスト現象と本質的には同じ状態であって、つまり高温の白金線はその前面が薄い蒸気膜で覆われて水と絶縁されているのです。そして、ライデンフロスト現象の時は、液滴下面で発生する蒸気が液滴中を通らずに周辺から外部へ流出し、液滴は静かに止まっているので、これを沸騰と呼ぶのはいささか問題です。けれども高温の白金線が水中に

ある場合は、水中で蒸気を発生させますから、明らかに一つの沸騰であって、この様式の沸騰のことを一般に膜沸騰（まくふつとう）と言っています。

ところでこの膜沸騰の場合、高温の加熱面から出る熱は、まず加熱面を包む蒸気部分を経て、周りの液面（そこは飽和温度です）に伝わりそこで蒸発する蒸気は加熱面の周囲にたまり、それから液体の中へ脱出して行くといったプロセスになります。そして、この加熱面周りの蒸気部分から液中への蒸気の脱出は、前に4章（および5章）でお話した気液界面の波動的な動きに伴って起こることになります。しかも、現在の膜沸騰では、加熱面全体を連続的に覆う蒸気部分があるわけですから、その気液界面に起こる波は核沸騰の時よりずっと規則的で、またその気液界面から、蒸気のかたまりが液中へ離脱する運動も随分規則的なものになります。また前に3章で話したような直径10-20 ミリメートル位の比較的小さな上向き円形加熱面上で膜沸騰が起こる時は、加熱面と同じぐらいの大きさの蒸気のかたまりが1個ずつ周期正しく加熱面上で成長、離脱を繰り返すようになります。

そして膜沸騰では加熱面が全面的に薄い蒸気膜で包まれている（熱伝導の悪い蒸気で包まれている）だけに、一般に加熱面の温度が飽和温度より非常に高くなり、また加熱面の周りにある蒸気は過熱蒸気（飽和温度より高い温度に熱せられた蒸気）になるわけです。そして、加熱面から蒸気部分を通して加熱面周りの液面にいたる熱の伝わりは、蒸気内の熱伝導、および蒸気の流れによって行われるほか、加熱面から蒸気を素通りして液面に至る熱放射が加わります。そして加熱面温度が高くなるに従い熱放射による伝熱の割合が急に大きくなるのですが、ただ例外として大気圧下の沸点が零下約200度以下の液体ヘリウム、液体水素、液体窒素、あるいは液化天然ガス（メタンなどを主成分とする天然ガスを冷却液化したもの）など、いわゆる低温液体と呼ばれているものでは、一般に加熱面が比較的低温で膜沸騰が起こるので、熱放射はほとんど問題になりません。

また膜沸騰では、蒸気膜をはさんで加熱面が液体と完全に分離されているので、核沸騰のときのように加熱面の粗さが熱伝達を左右するようなこ

と（2章の最初の項など参照）はまったく無くなります。しかしその代わり、加熱面周りの蒸気の流れや運動が熱伝達に影響を持つようになります。例えば長い水平円柱加熱面が液中にある場合、加熱面の直径 $d$ がテイラー不安定の臨界波長 $\lambda_c$ （4章参照）よりずっと大きいのか、同じぐらいの大きさか、あるいはずっと小さいかによって、加熱面周りの蒸気の運動特性に差を生じ、これらに応じて膜沸騰熱伝達の特性に変化が生じます。なぜなら加熱面周りから液中へ逃げる蒸気のかたまりの大きさ、および加熱面上の発生分布間隔（両方とも大まかに言ってテイラー不安定の臨界波長 $\lambda_c$ ぐらいの寸法）は、加熱面直径の大小にあまり関係せず、ほぼ同じになるからです。

### 液体との復縁のいとぐち

いま飽和温度の液体の中に置かれて、前項で述べたような膜沸騰が続いている高温の加熱面があるとしましょう。この時、加熱面の温度を下げていくと、加熱面から流体側に伝わる熱流束が減っていきます。またそれに比例して蒸気の発生量も減っていきます。そしていつか膜沸騰域の限界、つまり加熱面と液体の絶縁状態に終わりがきて、それを過ぎると加熱面は液体との復縁、つまり液体との接触を再び起こし始めるのです。この時の熱流束は、その膜沸騰領域で一番低い値になるわけですから、これを膜沸騰の「極小熱流束」と呼んだりします。これは、鋼の焼入れの時、あるいは過熱された原子炉の炉心に水を注入する時など、はじめは膜沸騰のため、ごくゆっくりしか冷却しなかった高温面に、いよいよ水が直接接触して急速な冷却状態に入り始める点になるわけですから技術的にも大変重要なものになります。

では、この「極小熱流束」の現象がどうして生じるのでしょうか。つまり加熱面温度を下げていくとき、膜沸騰の状態に限界をもたらす原因はなにかという問題です。そしてこれについて、前に5章で紹介した核沸騰の限界に対する「気液相対速度の限界」モデル、つまり、ある量以上の蒸気は液体中を通過して上方に逃げられなくなるという考えに裏腹とも言えるような説があります。つまり膜沸騰では、前にお話したように気液界面の波動的な運動をもとに発生蒸気は液中に離脱しているのですから、単位時間に液中に逃げうる蒸気量

には、どうしてもそれ以上は低くならない限界があって、その量以下の蒸気が気液界面から液中へ逃げる状態は起こりえないという説です。これは確かに一理ある考え方です。しかしこの説は、その限界状態で加熱面と液体の接触が具体的にどういう風に始まるのか、それに何の説明も与えることが出来ません。つまり実際現象との物理的な対応の取れない不完全なモデルと言わざるを得ない訳です。

ところで、加熱面周りの薄い蒸気層を包んでいる液面は、発生蒸気の離脱運動から考えても分かるように、少なくともその一部は必ず波打っています。従って凸面上の液面が加熱面のほうに近寄っていく運動が、加熱面上のどこかにあり得るわけで、そうなると多かれ少なかれ、本章の初めに話した加熱面上に水滴を置く時の初期接触の状況に似てきます。そして固液の接触や、その結果そこに生じる諸現象について、前にライデンフロスト温度（液滴と加熱面の絶縁状態の限界）の場合に見たと同じようなことが起こり、そんなしくみを通して液体との復縁の糸口が付けられるということとは十分に考えられることです。

なお最近、この考えをさらに側面から支持するような大変面白い事柄も見出されてきています。すなわち、膜沸騰を生じている加熱面の温度を下げていく時、前もって耐熱塗料のようなものを加熱面に薄く塗っておくと、そうでない普通の加熱面より速く液体との接触を持ち始める、つまり加熱面の温度がまだ高いうちに液体との接触が始まる、という実験的事実です。耐熱塗料は金属に比べてはるかに熱伝導の悪い物質ですが、それを薄く塗った面の方が、塗らない面より速く冷え始めることになるわけで、一見とても不思議に見えます。しかし私たちはすでに前の「加熱面と液体の絶縁の始まり」の項で、水滴を加熱面に置く時、加熱面がガラス（熱伝導率が悪い）の時の方が、加熱面が銅（熱伝導が良い）の場合よりライデンフロスト温度が高いことを見てきました。そしてそれを考えると、耐熱塗料を塗った加熱面のほうが、高い温度のうちから液体との接触を持ち始めるのが当然で決して不思議ではないということになります。

#### 蒸気爆発の起こる状態

蒸気爆発のことについては、すでに1章の終わ

りで触れましたが、高温の溶けた金属（あるいは溶融塩など）が低温の液体中に落ちた時、発生する蒸気の強い力などによって溶融金属が液中にばらばらに散らされ、その結果、溶融金属の熱がほとんど瞬間的に液体に伝わるため、多量の蒸気を爆発的に発生させる現象です。なお常温の水が液化天然ガス（LNG）の低温液体の中に落ちる場合もこれに似た状態となり、しかもこの時は可燃性ガスを多量に発生するので、蒸気爆発の後恐らく火災を起こすでしょう。いずれにせよ大変厄介な現象ですが、ここでは簡単のため、高温の比較的小さな溶融金属滴がただ1個、サブクール水（飽和温度より低温の水）の中に落ちて蒸気爆発を起こす場合を考えてみることにしましょう。

さて本章のはじめに、比較的広い高温加熱面上に小さな水滴を置く話をしましたが、現在は、多量の水の中に小さな高温金属滴を落とすわけですから、この両者を比べてみると、高、低温両物質の量関係が大小逆になっていますものの、とにかく高温面と低温液体が会合して起こす現象だという点では両者同じです。それに、両方とも水滴あるいは溶融金属滴を落とすという初期の過渡的なプロセスを経てから初めて発生する現象です。

そこで今試みに、この両者の間で比較対応を考えてみましょう。まず高温加熱面に水滴をおく場合、前に見たように加熱面温度によって特徴的な3つの領域がありました。第1が核沸騰、第2が小滴に分かれてダンス、第3が固液間の完全な分離で特徴付けられるものでした。そしてこのうち第2の領域では、加熱面と水滴の間に圧力の高い蒸気が発生、それが水滴を小滴に分断したり、跳ね飛ばしたりしています。従って、前述の3領域のうち、特にこの第2の領域が蒸気爆発に対応しているように考えられます。

一方、溶融金属滴を水に落とす場合には、水に接する金属滴の温度が高すぎれば、蒸気膜で液体と隔てられてしまい、また低すぎれば液体と定常的に接して普通の核沸騰を継続するだけになりますから（ただし滑らかな溶融金属表面と荒さのある固体加熱面の間には差がありますが）、やはりその中間に蒸気爆発の発生に都合の良い温度範囲があると考えられます。なお、この温度範囲内で蒸気爆発を引き起こすもとなる蒸気の発生は、溶融金属滴をばらばらに砕きさる作用を持つものだ



けに、恐らく溶融金属滴の表面全体が一様に液体と接触するのではなく、表面上の一部に偏って液体が局所的に接触する形で起こるものと推定されます。

ところで、直径1センチメートルぐらいの大きさの溶融スズ滴を水中に落とした実験の結果によると、約500℃以上の高温のスズ滴を、20度ないし30度以上にサブクールされた水に落とすというくらいの条件の時に、激しい蒸気爆発が起こっています。そして、この蒸気爆発は、溶融スズ滴が必ず、ある程度水中を沈んでいった後に水中で発生しているのですが、蒸気爆発が起こるまでに溶融スズ滴が水中を沈む距離は、飛び込む前のスズ滴の温度が高く、また水温が高い時ほど長くなります。一例をあげると、800℃の溶融スズ滴を落とす時、水温が低く20℃のときは約7センチメートルくらい沈んでから爆発しますが、もっと水温が高く60℃の時は約36センチメートルもの長さを沈んでから初めて爆発を起こしています。これは一見大変不思議に見えるかもしれませんが、この実験の場合、前者では溶融スズ滴が速く冷え、後者ではゆっくり冷えることから考えて、恐らく前述のような蒸気爆発に都合の良い温度レベルまで溶融スズ滴が冷えるための時間がからんだ問題であろうと考えられます。

### 蒸気爆発の引き金

しかし蒸気爆発について私たちの最大の関心事は、高温の溶融金属滴を包む蒸気膜や、それをさらに取り巻くサブクール水に一体何が起こって溶融金属滴と水の局部接触に至るのか、そしてまたその接触部でそしてまたその接触部で蒸気爆発の引き金になるだけの強力な蒸気の発生が、どんな機構で起こるのかです。これらのうち、まず接触に至るプロセスについては、最近、水中に生じる衝撃は、あるいはサブクール水による蒸気膜の冷却などの非定常的な作用によって、金属滴を覆う蒸気膜の一部がつぶれ、水との接触が起こるといった機構が論じられています。

また次に、接触部に起こる強い蒸気発生については、溶融金属の滑らかな表面には固体面のような傷や凹み（沸騰を助ける）などが存在しないこ

とを考えてみると、本章で前に述べた液体の「自発核生成」現象による沸騰が支配的な作用を持つように考えられます。従って、蒸気爆発を起こす溶融金属滴温度は自発核生成温度より高くなるでしょう。そして自発核生成による気泡核をもとに発生する沸騰はかなり突沸的（2章「少し変わった状態の核沸騰」の項参照）で、それゆえ金属滴をこなごなにするような非常に激しい効果を持つものになるのかも知れません。

なお以上、本章において前項まで話をしてきた事柄の多くの部分は、東京大学、東京工業大学、横浜国大、京都大学、日本原子力研究所等における比較的最近の研究を参考にしながら、かなり大胆な推測も加えたものであることを申し添えておきます。

### 沸騰曲線

それにしても飽和液体の中に加熱面を沈め、その面の温度 $T_w$ を飽和温度 $T_s$ 以上に高く上げていく場合、2章から6章までの説明によると次の2領域が現れました。すなわち、まず弱い核沸騰と強い核沸騰、つまり核沸騰の領域が現れ、ここでは加熱面の過熱度 $\Delta T_s = T_w - T_s$ の上昇とともに加熱面から液体側へ伝わる熱流束 $q$ が上昇していきますが、やがて「限界熱流束」現象のためこの領域はそこで頭打ちとなります。一方、もし過熱度 $\Delta T_s$ が十分に大きいと加熱面上に膜沸騰が生じますが、この領域では過熱度 $\Delta T_s$ を減少させると熱流束 $q$ も減っていき、やがて「極小熱流束」現象のため、この領域に下限界が現われます。

ところで前述の2限界、すなわち限界熱流束と極小熱流束の両限界点の間は、加熱面の過熱度 $\Delta T_s$ が増加する（減少する）に従って熱流束 $q$ が却って減少する（増加する）という特殊な領域を構成し、これは核沸騰と膜沸騰の間の移り変わりを起こす領域の意味で「遷移沸騰」領域と呼ばれます。そして前述の「核沸騰」、「遷移沸騰」、「膜沸騰」の3領域を含んで加熱面過熱度 $\Delta T_s$ と熱流束 $q$ の間の関係を表す曲線のことを一般に「沸騰曲線」と呼び、広く沸騰熱伝達の特性を示すものになります。

（次号に続く）



## サクラの来た道

*How it became SAKURA in Japan*

染郷 正孝（東京農業大学）

*Masataka SOMEGO (Tokyo University of Agriculture)*

*e-mail: xgns058@ybb.ne.jp*

### 1. はじめに

サクラは日本の風土の中で春を告げて咲き、そして散り急ぐ姿も美しく、それは昔から変わらない風景として、日本人の心の中に生きています。

わたしは国のサクラ保存林で250の品種と1900本のサクラに出会い、花びらの舞う春、夏の緑、秋の落葉そして冬化粧と四季おりおりにみせるサクラの多様性に、研究者の客観性を失うほど魅力的な樹木だと感じました。

### 2. 秋に咲くサクラの品種

樹木の遺伝の研究で得た経験をもとにサクラに直面すると、雑種説で有名な品種が実は雑種でなかったり、幹から自根が発生したり、しだれザクラや緑色のサクラなど、わたしにとってサクラは謎の多い樹木でした。とくに目を引いたのは秋に咲くサクラ品種の存在です。秋の落葉期のサクラ林に、淡い紅白色の花を咲かせているフユザ

クラやジュウガツザクラという品種は、なぜか謎めいて映るのです [1]。

これまでの秋に咲くサクラの理由については、休眠の深さと低温反応の違い、ホルモンの代謝の変化、さらには交雑の繰り返しによって生じた開花期の変化などと言われていました。しかし、わたしはこの現象を種の起源や進化という側面から見直してみる必要を感じていました。

### 3. ネパールのヒマラヤザクラ

サクラの起源を解くカギは、意外に身近なところにありました。ネパールのビレンドラ前国王が熱海市に贈ったというネパール産のヒマラヤザクラ (*Prunus cerasoides* D. Don) です (写真1) [2] [3]。ネパールでは秋の10月に開花するという唯一の野生種です。熱海でも毎年11月下旬には、樹高15mの樹冠いっぱいに濃い紅紫色の花を着け、故郷を偲んでいるかのようでした。



ネパール、ビレンドラ国王から贈られたヒマラヤザクラ (静岡県熱海市)



*Prunus cerasoides* D. Don.  
Sent by Birendra (Atami city)

写真1 ネパールビレンドラ前国王が熱海市に贈ったヒマラヤザクラ (20年生時)

この秋咲性のサクラを前にした時、秋に咲くジュウガツザクラやフユザクラの品種の存在は、遺伝学で言う「先祖返り (atavism)」という現象だと直感しました。進化の過程で隠されていた形質が、突然その子孫に現れる現象です。そうであれば「日本のサクラの祖先は、大昔は秋に咲いていた」という壮大な物語が秘められていたことになります。目ざといサクラの育種家は、時折発現するその変異枝をつぎ木で保存し、秋咲きの珍品種として今日に伝えたものと考えられます。

ヒマラヤザクラの染色体を調べると、日本のサクラと同数 (16 個) の安定した野生種で、交雑実験やつぎ木の親和性も遺伝的に日本種と近縁であることが確認されました。

しかし、ヒマラヤザクラは日本のサクラと比べて、花の構造はもろいのに花びらが全く散らない矛盾や、枝は風に弱く折れやすい性質などが注目されました。また、花からは朝露のようにポタポタと蜜を落とします。

わたしはその木の下で、ヒマラヤザクラの原産地であるネパール地方の風土は、常夏のように温暖で、強い風も吹かない穏やかな中にサクラが咲いている光景を想像したものです。

#### 4. ネパールの踏査

このことを確認するため、わたしは昭和 62 年から平成 17 年にかけて 5 回ほどネパール踏査を行いました (図 1 参照)。地元の研究者との出会いや秋咲きのヒマラヤザクラとの初対面は感動的でした。そのサクラは首都カトマンドウ周辺の丘 (標高は 1400~2000 メートル) に神々しい万年雪のヒマラヤの山々を背に咲き誇っていました。ここの気象は沖縄と同緯度の亜熱帯に属するため高地を除けば 1 年を通じて気温差は少なく、5m 以上の風の無い穏やかな気候でした。サクラの原型と考えられるヒマラヤザクラは、いわば温室のような地形に温存されているのです。

ところがネパールの標高 3000~4000m 付近の雪も降る地帯には、すでに春咲きになったサクラ種、ヒマラヤヒザクラ (*Prunus carmesina*) ヒマラヤタカネザクラ (*Prunus rufa*) など数種が存在していました。その付近の年間平均気温は 1℃であり、カトマンズの平均気温 20℃との気温差が、サクラを春咲きに変身させる要因ではないかと考えています (写真 2, 3) [4]。

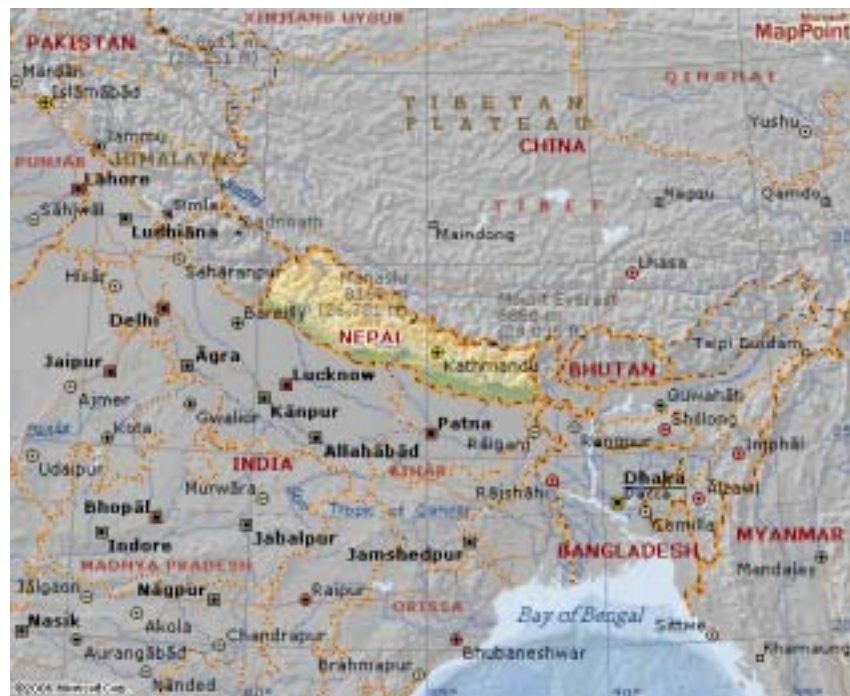
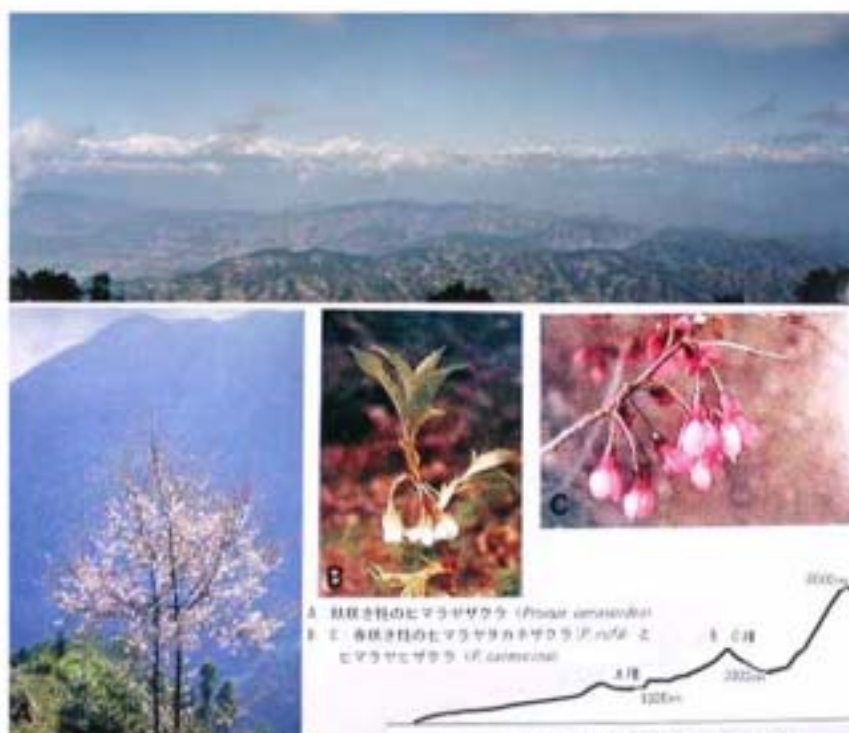


図 1 ネパールとその周辺

(<http://encarta.msn.com/encnet/features/mapcenter/map.aspx> より)



ネパールに分布する秋咲き性 1 種と春咲き性 2 種の標高差の違い

The autumn flower species or spring flower species where sea level are different.

写真 2 ネパールの標高の違いによる秋咲き性と春咲き性サクラの種の分布

ネパール、パルーンの自然林のヒマラヤザクラ (2005年11月, 標高1,700m)

*Prunus cerasoides* in Natural forest . Palung. (Nov. 2005)



写真 3 カトマンズに近いパルーンの森に残るヒマラヤザクラ



## 5. サクラの日本への分布

サクラの種の分布をみると、ネパール地方を基点として秋咲きのヒマラヤザクラから春咲きのヒマラヤヒザクラ、ヒマラヤタカネザクラなどがミャンマーの奥地を経て中国の雲南に伸び、そこではシナノミザクラ系のサクラの種が増え、そして台湾、沖縄および中国の東シナ海沿岸にはカンヒザクラ、韓国、日本列島にはヤマザクラやエドヒガン、さらに東北・北海道にはオオヤマザクラが弧を描くようにサクラの分布がみられます [5].

## 6. サクラの来た道

なぜ、ヒマラヤザクラの1種のみが秋に咲いているのか？ わたしはこの疑問に秋の日照時間が短くなる（暗期は長くなる）光周期に反応して開花するキクのように短日性の習性を獲得し、遠い昔からネパール地方の環境に温存されてきたサクラ基本種ではないのかと推論しました。こうして、秋に咲いていたサクラの祖先は、その生育範囲を広げるとき、冬の厳しい寒さや乾燥に耐えるため

一時、葉を落として生育活動を止める「休眠（dormancy）」という性質を獲得した結果、春に咲く種に分化していったものと考えました。この休眠現象を裏付ける有力な手がかりはネパールの高地にも見られました（写真2）。

これらの姿から数千万年前、8000m級のヒマラヤ山脈の造山活動、また日本列島が大陸と地続きであった頃から、ネパール地方のサクラは旅立ち、長い進化の道のりを経て今日のサクラになったという「サクラの来た道」が見えてきます [6].

そして、大陸を離れた日本列島という南北に細長い四季のはっきりした風土の中では、日本特有の9種のサクラ、すなわちヤマザクラ (*Prunus jamasakura*)、エドヒガン (*P. pendula*)、オオシマザクラ (*P. lanneciana*)、マメザクラ (*P. incisa*)、タカネザクラ (*P. nipponica*)、カスミザクラ (*P. verecunda*)、チュウジザクラ (*P. apetala*)、ミヤマザクラ (*P. maximowiczii*) およびオオヤマザクラ (*P. sargentii*) の種分化がみられます [7]. さらに日本人は250もの品種を育てあげました。



写真4 昭和天皇のお言葉によってできたサクラの新品種（芝浦工大大宮キャンパス）

昭和 60 年の春、昭和天皇は東京・八王子の多摩森林科学園（当時浅川実験林）のサクラ保存林でご生涯最後のサクラを観賞されました。「ここでは、ずいぶん雑種ができるでしょうね」と問いかけられたのです。その生物学者らしいお言葉には、古くから都では地方のサクラが集まり、それらが自然に交雑して今日のサクラの品種になったことを示唆されたものでした。

その後の実験では、数種のヤマザクラ、シュジャク、ミカドヨシノ、カンヒザクラなどの母樹を選び、その周辺のサクラの種類や距離を示す位置図を記録してタネを採取し、発芽させた自然雑種の苗には、同じ母樹から葉や花そして樹形（しだれ）にもいろいろな変異のサクラが生じることが確認されました。これらの実証からようやく陛下へのご返事ができたという思いがしたものです [6]。

昭和天皇のお言葉にもっともふさわしい唯一のサクラは現在、芝浦工大宮キャンパスで 4 月中旬に美しい花を咲かせています (写真 4)。

## 7. おわりに

これまでに学んだいくつかのサクラの素颜には、サクラは豊かな森に寄り添いながら点在して生きてきたこと、春爛漫のサクラの姿は、孤独ゆえの自己主張であること、そして花びらが散り急ぐのは、春の嵐の風圧からタネを守るための必死の装いであること・・・華麗に振舞うサクラにも生きるための戦いや、したたかさがうかがわれます。これらの理解から今後、サクラとわたしたちとの新たなつき合い方も生まれてくるのではないかと考えているところです。

## 引用文献

- [1] 本田正次・林 弥栄：日本のサクラ，誠文堂新光社 1974

- [2] 静岡県さくらの会：「桜」1976  
<http://kankyou.pref.shizuoka.jp/fureai/sakurakai.htm>
- [3] 中日新聞ホームページ  
<http://www.chunichi-tokai.co.jp/tree2/tree236.shtml>
- [4] Oleg Polunin & Adam Stainton: Flowers of the Himalaya, Oxford University Press 1984
- [5] 中尾佐助：花と木の文化史 岩波新書 1986
- [6] 染郷正孝：桜の来た道—ネパールの桜と日本の桜，信山社 2000  
および、東京農業大学のホームページ  
[http://www.nodai.ac.jp/web\\_journal/adventure/vol5.html](http://www.nodai.ac.jp/web_journal/adventure/vol5.html) サクラは実は秋咲きだった!?
- [7] 川崎哲也ほか：日本の桜 山と溪谷社 1993



染郷 正孝

- 1930 年 宮崎市に生まれる
- 1947 年 宮崎県立農学校卒  
農林省林業試験場に入る
- 1973 年 森林総合研究所主任研究官
- 1984 年 筑波大学，農学博士取得  
日本林学会賞授与
- 1985 年 多摩森林科学園樹木研究室長
- 1992 年 東京農業大学短期大学部教授  
現在，同学環境科学部客員研究員

## 愛知万博マンモスラボの冷却保存システム

Cooling Storage System of Mammoth Laboratory in EXPO 2005 AICHI

プロジェクト Q

吉井 一 (東洋製作所)

Hajime YOSHII (Toyo Engineering Works, Ltd.)

### 1. はじめに

株式会社東洋製製作所は昭和 27 年に冷熱エンジニアリング会社として創立しました。現在までに数多くの冷凍冷蔵倉庫、凍結装置、冷熱プラントを納入しております。今回、2005 愛知万博において冷凍マンモス展示施設を納入させていただきましたのでご紹介させていただきます。

### 2. 愛知万博と冷凍マンモス

2005 年日本国際博覧会 EXPO2005 AICHI-JAPAN「愛・地球博」は 2005 年 3 月 25 日から 9 月 25 日の期間、愛知県名古屋東部丘陵で開催され、入場者数は約 2200 万人となり、大盛況の内に終了しました。テーマは『自然の叡智』とし、サブテーマに「宇宙、生命と情報」「人生の‘わざ’と智慧」「循環型社会」を掲げて、「環境万博」を標榜していました。このテーマに沿った愛知万博のメイン展示が、大阪万博「月の石」とならぶ「冷凍マンモス」だったのでした。

2002 年秋にロシア連邦サハ共和国の凍土の中から発掘された「ユカギルマンモス」は、3.2 メートルもの立派な両牙を持つ完全な頭部と左前足が凍結状態で見つかり、100 年振りの大発見とされました。環境の変化で絶滅したマンモスを展示することで環境問題を考えることは万博のテーマに合致していましたので、「ユカギルマンモス」を冷凍展示し一般公開することとなりました。

マンモスは冷凍コンテナで輸送し、慈恵医大の鈴木教授を中心にした研究グループが牛用 CT スキャナーなどで調査の結果、約 18,000 年前に死亡したケナガマンモスのオスで 40 歳位と推定され、体高、脳の大きさも現在のインド象とほぼ同じ大きさで知能レベルや行動はインド象並と考えられるそうです。

今回私も、このマンモスの冷凍展示施設の建設に関わりましたので、この機会にご説明させ

ていただきます。

### 3. 冷凍マンモス展示施設

主催者の万博協会殿や建設を担当した(株)大林組名古屋支店殿と様々な検討をして、本工事を完成させましたが、この中での技術的な大きなポイントは 4 点でした。それは

- 〔1〕 環境万博の名に恥じない環境対応技術
  - 〔2〕 冷凍マンモスの保護と劣化の防止
  - 〔3〕 見学客に感動を与える見せ方
  - 〔4〕 危機管理
- となりました。

冷凍マンモス展示施設（マンモスラボ）の概要

- ・発注者：日本国際博覧会協会殿
- ・研究グループ：
  - ユカギルマンモス研究プロジェクト
  - 代表 東京慈恵会医科大学 鈴木直樹教授
- ・施工者：株式会社 大林組 名古屋支店殿
- ・冷却・内装：株式会社 東洋製作所
- ・ラボ外寸：約 7m W × 約 5m D × 約 3m H
- ・保持温度：-15℃
- ・保持湿度：75%～80%RH 以上
- ・バイオハザード：レベル P2
- ・冷却設備：完全自然冷媒使用
  - CO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub> 自然循環方式
  - NH<sub>3</sub>(アンモニア)レシプロ型冷凍ユニット
  - 15kW×1 台
- ・冷却方式：無風輻射冷却方式
- ・展示窓：アルゴン封入 3 層ガラス

- 〔1〕 環境万博の名に恥じない環境対応技術

完全自然冷媒 CO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub> 自然循環冷却システムを採用しました。2005 年 2 月 16 日に京都議定書が発効され、オゾン層破壊防止と地球温暖化防止は私たちの義務になりました。現在の主要冷媒です。



表 1 現在の主要冷媒

冷媒名	R-22	R134a	R404A	R407C	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	空 気
	HCFC 冷媒	HFC 冷媒			自然冷媒		
ODP オゾン層破壊係数	0.055	0	0	0	0	0	0
GWP 地球温暖化係数	1700	1300	3300	1500	0	1	0
臭い	無	無	無	無	有	無	無
腐食性	無	無	無	無	有	無	無
可燃性・ 爆発性	無	無	無	無	有	無	無
冷凍効率	中	小	中	中	大	低温で良い	低温で良い
冷媒コスト	中	高	高	高	低	低	0

← 代 替 フ ロ ン 冷 媒 → ← 自 然 冷 媒 →

HCFC 冷媒の消費量は 2010 年には 65%削減され、2020 年には補充用を除き全廃となります。また HFC 冷媒も温暖化ガスとされ今後制限の可能性あります。

この他 HC（炭化水素系冷媒：プロパン、イソブタンなど）も有りますが可燃性があり中大型設備には不向きと考えられます。この中で最も冷凍効率が良いのはアンモニア NH<sub>3</sub>になりますが、フロンのように直膨方式で大量に保有する場合は臭気・毒性があり、人が作業する場所に直接アンモニアを搬送することは抵抗があります。そこで、一部ではアンモニアを冷凍機ユニット内のみに限定させて保有量を極端に少量化させ、ブラインを冷熱の連絡に使用してきましたが、その生産や搬送エネルギーコストの高さからその設備導入は限られた部分でしか有りませんでした。今回完全自然冷媒化を目指し、これらの弱点を克服する為、新たに開発されたのが、二酸化炭素 CO<sub>2</sub>を二次冷媒に利用する技術です。CO<sub>2</sub>を二次冷媒として利用する場合、相変化を伴う潜熱利用となり、顕熱利用の今までのブラインと比較して、1/10 以下の搬送量ですみ大幅なエネルギーコスト低減に繋がります(システム COP 比較で 13~15%減)。また、この技術は 2004 年 12 月の冷凍保安規則改正により CO<sub>2</sub>は二次冷媒に規定され、冷凍能力は 0 とされて冷凍機側だけの冷凍能力になり、規則としてもはっきり認知され益々利用し易くなり、今後の産業用低温設備では主流になる技術になりました。

この CO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub>冷凍システムには二元冷凍システムと自然循環システムの 2通りのシステムがありますが、今回は自然循環システムを利用し CO<sub>2</sub>液ポンプは使用しませんでした。

展示室「マンモスラボ」の真上の屋上に、CO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub>ユニットを設置し、ユニット内に NH<sub>3</sub>を完全に密閉させNH<sub>3</sub>の保有量を極端に少量化させ、たうえて、カスケードコンデンサーで CO<sub>2</sub>を冷却液化させ、その重力だけでマンモスラボ内のユニットクーラーに CO<sub>2</sub>を送液させました。

ユニットクーラー内の CO<sub>2</sub>は蒸発ガス化して、カスケードコンデンサーに戻ります。CO<sub>2</sub>送液ポンプを設置しませんでした。また CO<sub>2</sub>は蒸発潜熱利用ですので、不凍液ブラインの顕熱利用よりはるかに流量を小さく出来、ユニットや配管の小型化に貢献もしました。

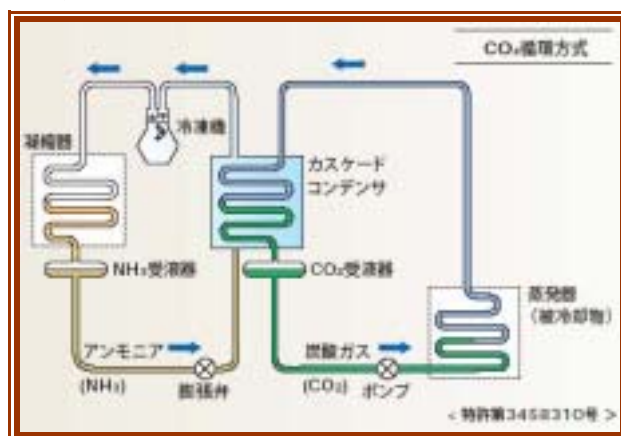
図 1 CO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub>冷凍システム

写真1 CO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub>熱源ユニット

## 〔2〕冷凍マンモスの保護と劣化防止

冷凍マンモスは化石ではなく、凍結状態です。牙はご覧の通り立派な本物ですし、皮も体毛を生きていたまま、鼻や下あごはありませんが筋肉や脳味噌はしっかり凍結保存されています。ちなみにこれを劣化させたり変化させるわけにはいきません。

### ①輻射熱利用の無風冷却

保持温度は-15℃です。従来の方式ですとユニットクーラーで大きな温度差のもと冷却し、循環ファンで室内空気を攪拌して冷却してきました。この方法ですと温度差と直接冷風があたる為、乾燥してしまいます。冷凍倉庫で言う油焼けが発生します。これを防止する為に採用したのが、輻射式の無風冷却です。当社が主に北日本で長く採用してきました冷凍カニ・エビの脱色防止や冷凍魚の目減り油焼け防止の技術を利用しました。マンモスラボの断熱された外壁とその内側に設けた輻射パネルの間をユニットクーラーで冷却します。冷凍マンモスは輻射パネルからの輻射で冷却されます。また室内は自然対流で隅々まで温度差なしで-15℃を保持することが出来ました。

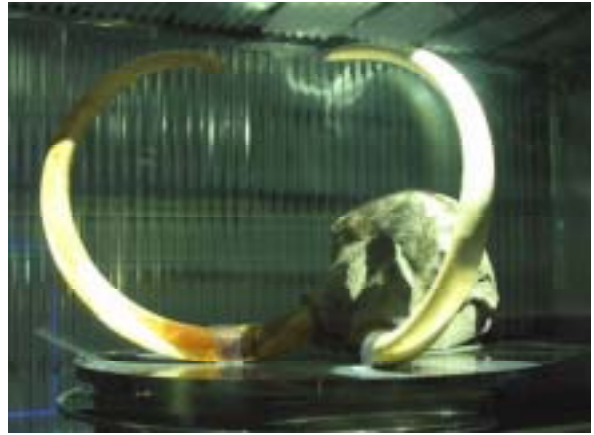


写真2 冷凍ユカギルマンモス

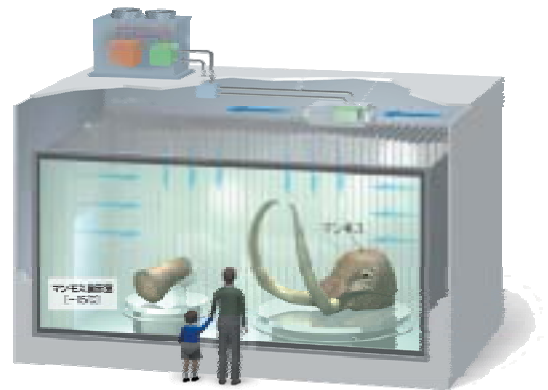


図2 輻射熱利用無風冷却方式

### ②紫外線カットの自然光照明

出来るだけ自然の色で見て頂く為、自然光ランプを採用しました。但し直接スポットライトで照明しますと輻射熱で光の当たっている部分の温度が上がってしまう恐れがありました。そこで自然光ランプは室外に設置して、光ファイバーでのスポット照明としました。

これにより、紫外線カットにもなり、部分的な昇温被害の防止・乾燥防止で、自然色での展示が可能になりました。

### ③バイオハザード

冷凍マンモスも展示室温度も-15℃なので、菌の活動はほとんど停止しています。しかし何か不測の事態が起こるかもしれません。マンモスと研究者を守る為に、室内は研究用前室とともに、バイオハザード(P2レベル)になっています。また入庫前に展示室は徹底した消毒を行っています。

### 〔3〕見学者に感動を与える見せ方

#### ①動く歩道の採用

国内外から大変多くの見学者がいらっしゃいました。また大変に期待されて居られます。遠くから大勢の方々が、長く待ってご覧になられるので、全員にしっかり見ていただきたく動く歩道を2レーン用意しました。滞ることなく全ての方にゆっくりとまたしっかりとご覧になれるようしました。通過時間1分に設定しました。

#### ②超大型結露結霜防止ガラス窓の採用

室内 -15℃、見学コースは一般空調ですので窓ガラスには結露による曇りが生じます。それを防ぐ為にアルゴンガス封入の3層ガラス窓を採用しました。大型窓ですので国内最大の3層ガラスを3枚組み合わせています。結露防止ヒーターは視界を阻害するのでガラス面には使用せず、窓枠には使用しました。

### 〔4〕危機管理

災害、事故、テロによる展示機能の停止を防止する為、いくつかの危害予防を施しました。

#### ①展示室窓ガラスの保護

超大型アルゴンガス封入3層窓ガラスを割るわけにはいきません。そこで窓ガラス保護のため強化ガラスを結露防止窓ガラスの前面に設置しました。また強化ガラスの結露防止のため、窓ガラスと強化ガラスの間に乾燥低温空気を吹き込んでいます。この空気はコンプレッサーと中空糸膜ドライヤーでの組合せで実現発生させました。

#### ②停電、送電不良の時

マンモスラボ専用の自家用発電機を用意しました。停電2秒後の復帰が可能でした。

#### ③冷凍設備不良の時

新冷媒 R-404A 冷却設備一式をバックアップさせました。CO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub> システムが不調の場合、完全自動で新冷媒システムに切り替わります。

#### ④マンモスラボ使用不可能の時

ロシアから輸送してきた冷凍コンテナを、展示室に直接ドッキングさせたままにしてありました。これは冷凍マンモスの搬入搬出時に外気とは一切接触させないようにしたためです。

特殊な連結装置でつないであり、コンテナ内は常時-13℃に保持されています。展示建物に不都合が生じた場合にはこの冷凍コンテナに避難収容することにしましたが、幸いにも期間中に不具合が生じることもなくコンテナは使用しませんでした。

以上、いくつかの技術を紹介させていただきました。おかげさまで当社では、2003年より提案開始いたしましたCO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub>システムが、この万博を契機として皆様にご理解を頂き、大型製氷設備、超大型冷凍倉庫、配送センター、低温ピッキングセンター、連続式冷凍食品凍結設備等、大変多くのご採用を賜ることが出来ました。これからの産業用低温設備の主流になると確信しております。設備費などいくつかの問題を解消して、更に皆様にご採用しやすくすべく努力をしてみたいです。また、乾燥防止輻射熱冷却など直接利益に結びつく技術がたくさんございます。ご利用いただければ幸いに存じます。

又、冷凍ユカギルマンモスは愛知万博終了後、無事サハ共和国に返却されました。その後、再来日し、2005年12月10日(土)～2006年3月12日(日)まで東京お台場のフジテレビ 7F に設営されたユカギルマンモスミュージアムで展示されました。その後、2006年4月8日(土)～6月18日(日)愛知県豊橋市自然史博物館で展示される予定です。愛知万博で見逃した方は是非、足を運んでいただき冷凍ユカギルマンモスと共に輻射熱式無風冷却装置をご覧頂きたいと思います。

今回は貴重な投稿の機会を与えていただき、誠にありがとうございました。

CO<sub>2</sub> 給湯機用熱交換器の開発Research of Heat Exchanger for CO<sub>2</sub> Heat-Pump Water-Heating System

プロジェクト Q

山本 憲, 沖ノ谷 剛 (株デンソー)

Ken YAMAMOTO, Takeshi OKINOTANI (DENSO Corp)

## 1. はじめに

近年地球環境への関心の高まりにより地球温暖化問題への対応が、重要課題となっている。これを解決するために、温暖化ガス排出量の規制と機器の効率向上が検討されている。その中で、家庭分野での省エネルギーと CO<sub>2</sub> の排出量削減の必要性が高まっている。家庭でのエネルギー消費の、約 3 割は給湯であり、そのほとんどが化石燃料により賄われている。従って、給湯に使われるエネルギーの削減をねらいとした高効率なヒートポンプの開発、普及は、地球温暖化防止の観点から重要である。[1]

一方、オゾン層保護や地球温暖化防止の観点から、ヒートポンプの作動媒体として、温暖化係数の低い自然冷媒が注目されており、これらを利用したヒートポンプ、冷凍機の研究開発が盛んになっている[2][3]。これらを背景に、2001 年世界初の自然冷媒 (CO<sub>2</sub>) を使用した高効率のヒートポンプ式給湯機 (以下エコキュート) を製品化した。エコキュートの高効率を支える要素技術の一つとして、キャピラリとオフセットフィンを用いた新しい構造の水冷媒熱交換器、を開発した。ところが 2003 年モデルでは、給湯専用の 4.5kW 仕様に加えて、床暖房等の多機能に対応できる 6kW 仕様を新たに開発する必要がある、従来タイプで性能を上げると体格が大きくなり搭載できないという問題があった。そこで 2003 年モデルとしては、高性能とコストダウンをねらいとした新たな構想の製品を開発した。今回は、製品構想とそれを達成させるための、製造技術を紹介する。

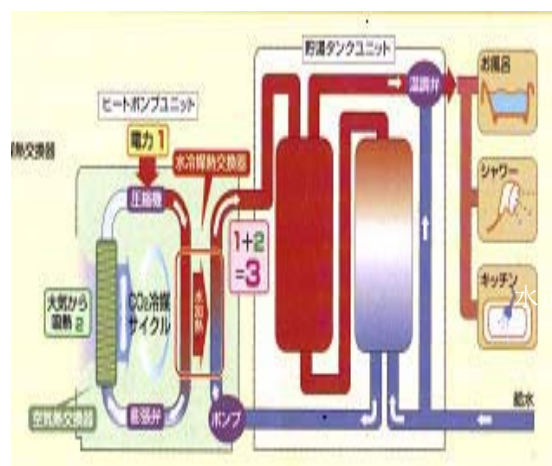
## 2. システムと特徴

## 2.1 システムの構成

CO<sub>2</sub> ヒートポンプシステムは、膨張弁・蒸発器・圧縮機と、今回報告するガスクーラ (以下水冷媒熱交換器) からなる単純冷凍サイクル (Fig. 1 に

示す) である。

ヒートポンプユニットは、冷媒として二酸化炭素を用い、空気を熱源として、水道水を加熱して 90℃ の温水をタンクに貯めることができる。コンプレッサーを運転するのに必要なエネルギーを 1 とすると、空気から 2 倍のエネルギーを得ることで、給湯としては、3 倍の熱を貯めることができる。深夜電力を用いて温水を、タンクに貯め給湯水として使う。

Fig. 1 CO<sub>2</sub> heat pump system diagram2.2 CO<sub>2</sub> 冷媒の特徴と熱交換器への要求特性

CO<sub>2</sub> 冷凍サイクルは、Fig. 2 に示すように、臨界温度以上の範囲で使われる、超臨界サイクルである。特徴は、従来のフロン系サイクルに対して作動圧力が高い。そのために、熱交換器としては高強度が要求される。

また、Fig. 3 に示すようにフロン系の冷媒の様に凝縮域で使われない為、入口から出口に向かって冷媒の温度が下がる。従って冷媒と水との温度差を、大きくとることができない。性能確保の為には、高性能な伝熱面が必要になる。



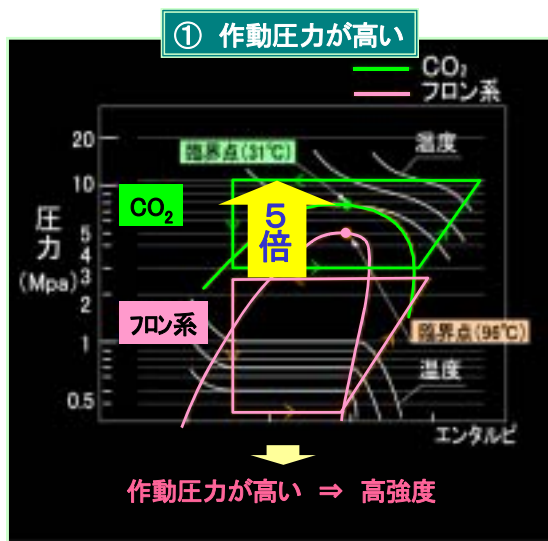
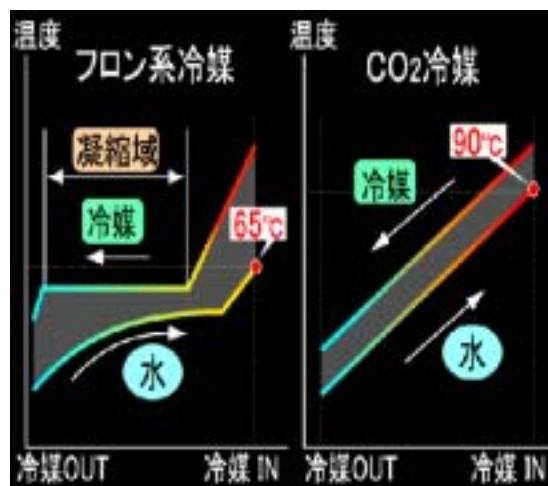


Fig. 2 Refrigerant cycle diagram

Fig. 3 Comparison of CO<sub>2</sub> and fluorocarbon refrigerant

### 3. 製品構想

#### 3.1 基本方針

2003 年モデルの基本構造は、2001 年モデル (Fig. 4) の形状を踏襲し、水側の蛇行流路をオフセットフィンからストレートのインナーフィンに、冷媒側をキャピラリから、長円形に成形加工したチューブを巻きつけた構造とした (Fig. 5)。

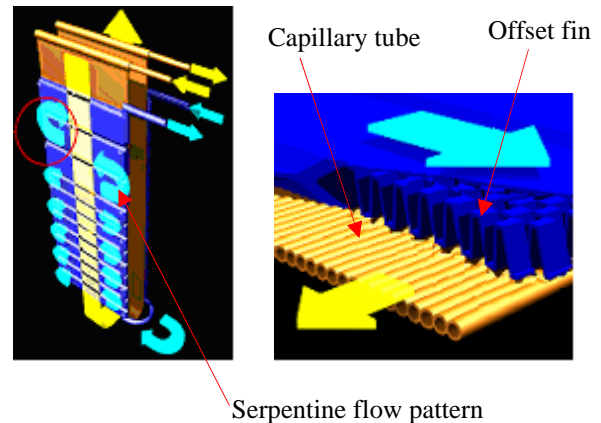
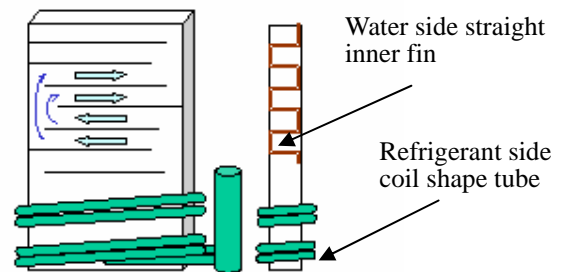
Fig. 4 Capillary type water and CO<sub>2</sub> refrigerant heat exchanger (2001 model)

Fig. 5 New type heat exchanger (2003 model)

#### 3.2 水側改善の着眼点

2001 年モデルは、Fig. 4 に示すように冷媒側は内径 0.5mm のキャピラリを 150 本並べ、水側はオフセットフィンを用いて、その外側を絞り加工したプレートでカバーする構造であった (Fig. 6)。

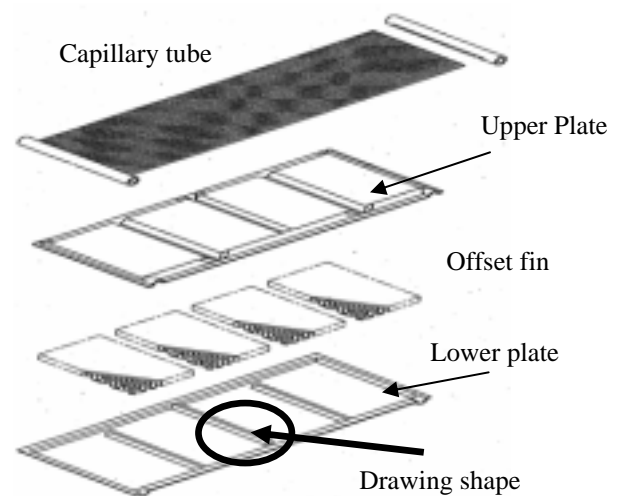


Fig. 6 Construction of 2001 model heat exchanger

Fig. 7 に示すように、水側の流路を仕切るために絞り加工して一定の幅の平坦部が必要である。これは、デッドスペースになるのをこれを無くす方法を検討した。それは、インナーフィン自体で水側の仕切りにすれば良いということである。この場合、端部の仕切りが問題になる。

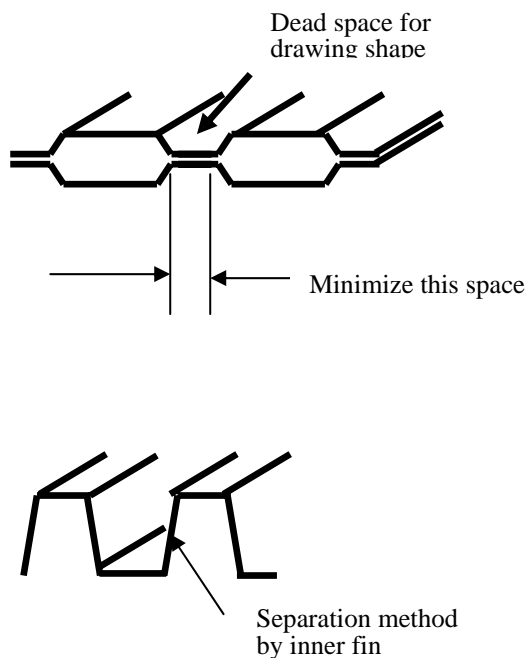


Fig. 7 Construction of water side separation

アッパープレートとローワプレートを型で絞って作ると、端部が曲線で結ばれてしまい、インナーフィンの角の形状が合わないために、そこからの水の漏れ流路形成が問題になる (Fig.8)。これについては、インナーフィンの端部にサイドプレート挿入することで解決した (Fig. 9)。

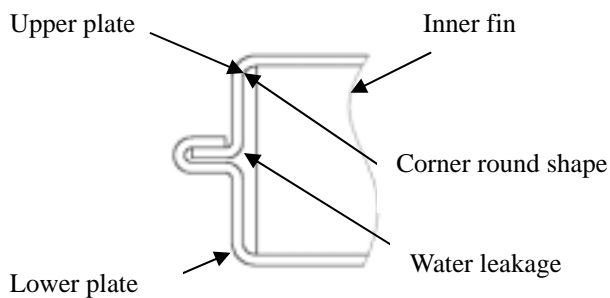


Fig 8 Not insert side plate

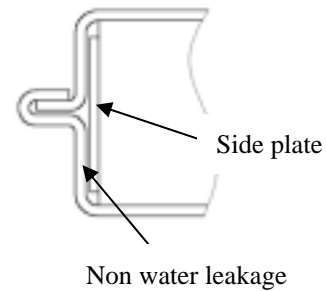


Fig9 Insert side plate to stop the water leakage

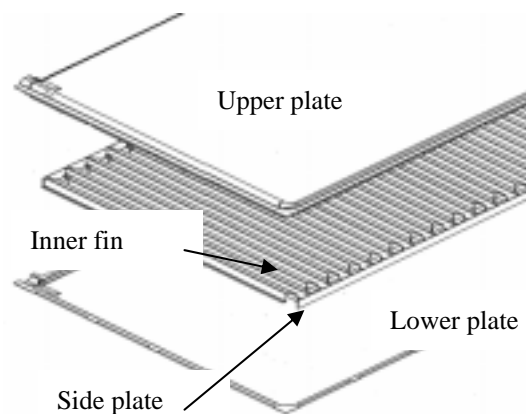


Fig 10 Construction of water side

Fig. 10 にしめすように、インナーフィンの両端に長方形の短冊状の板を挿入する構造とした。

### 3.3 冷媒側の改善の着眼点

2001 年モデルには、キャピラリを採用してきたがコストおよび入手性の問題から使わない事を検討した。キャピラリより太い径を、使うという方針で、重量コストから最適なサイズの検討を行なった。チューブ径を大きくすると、断面積が大きくなるため管内の流速が下がり、圧力損失 熱伝達率が低下する。そのため、全長が長くなり内径が大きくなるため、チューブの板厚が厚くなり、重量は重くなる。一方チューブ径を、小さくすると管内流速が上がるため、圧力損失 熱伝達率は増加するためチューブの重量は軽くなる。銅チューブは、ビレットを順番に引き抜き加工により、径の細かいチューブにしているの、径が細い程、チュ



ープ重量当たりの単価が高い。したがって重量は重くなるが、製造コストは、Fig. 11 に示したように径を大きくすると下がる。重さとコストを考慮した結果  $\phi 3.2\text{mm}$  チューブの 2PASS を採用した、2001 年モデルのように片側に沿わせることは長さからできない為に、水側の周囲に巻きつけることとした。

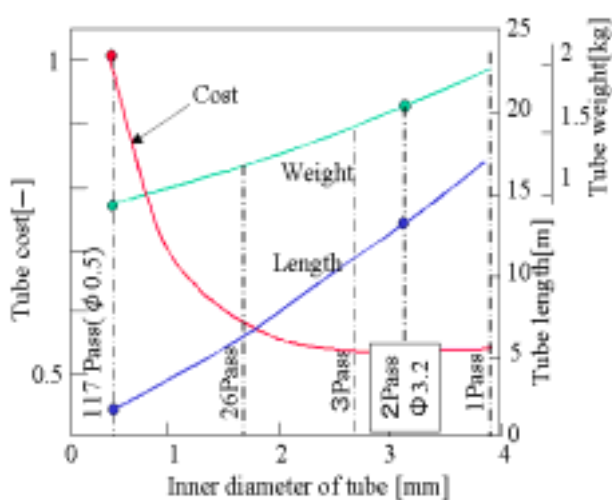


Fig. 11 Most suitable inner tube diameter



Fig. 12 Refrigerant side tube shape

### 3.4 プロト試作品

最初に試作したものは、Table 1 に示すものであった。性能の目標は達成したが、水側の圧力損失が、流量  $1.67\text{L/min}$  で  $43\text{kPa}$  となり、目標の  $20\text{kPa}$  を大幅に未達であった。

Table 1 Prototype specification and performance

	Target	Prototype
Specification		
Performance	4.5 kW	4.52 kW
Pressure drop	20 kPa	43 kPa

### 3.5 圧力損失の分析

圧力損失が、目標値よりも高い理由を明確にする為に、水側の流れを数値計算し圧力損失の高い個所を調べた。数値計算は、STAR-CD により計算した。曲がり部の数値計算の結果を Fig. 13 に示す。このベクトル図より、剥離および渦が発生していることが分かる。また計算結果を等圧線で表示した結果を Fig. 13 に示した。曲がり部で等圧線が詰まっておりここで圧力損失が大きいことが明らかとなった。

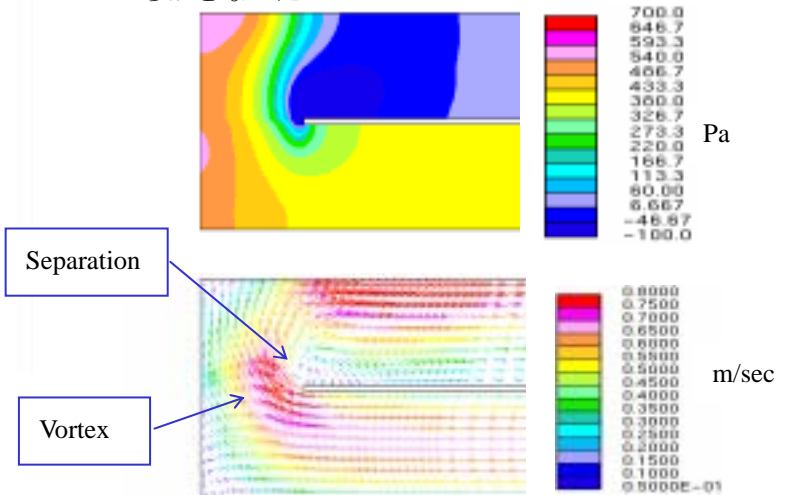


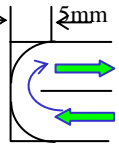
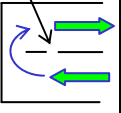
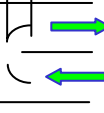
Fig. 13 Numerical solution of fluid flow in water side at  $1.67\text{L/min}$

### 3.6 曲がり部の圧力損失低減方法

計算の結果から、渦及び剥離を減らす方向で曲がり部の圧力損失低減を検討した。

Table2 に圧力損失低減案と実測値を示す。対応策としては、曲がり部にスペーサを入れて流れを剥離させない方法、曲がり部の手前で微細な穴をあけて曲がりによる渦発生を抑える方法あるいは、ガイドを入れる事を検討したが、圧力損失の低減はできなかった。

Table 2 Method of pressure drop reduction at 1.67L/min flow rate at water side sharp turn

	Target	Corner spacer	Small hole at turn point	Guide turn point
Reduction Method of pressure drop at sharp turn				
Pressure drop	20kPa	43kPa	42kPa	30kPa

### 3.7 新たな低減方法の検討

圧力損失を低減する為には、水側流路を多PASS化して全体として曲がり部の数を減らす事にした。全体の流路の数は同じであるが、PASS 数を増やせば、入口から出口までの距離が短くなる為、曲がり部の数が少なくなり、圧力損失は、下がると考えた。

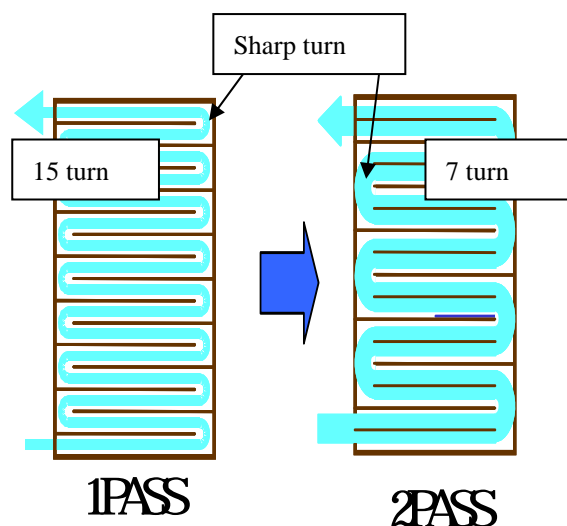


Fig. 14 Reduction of pass turn number

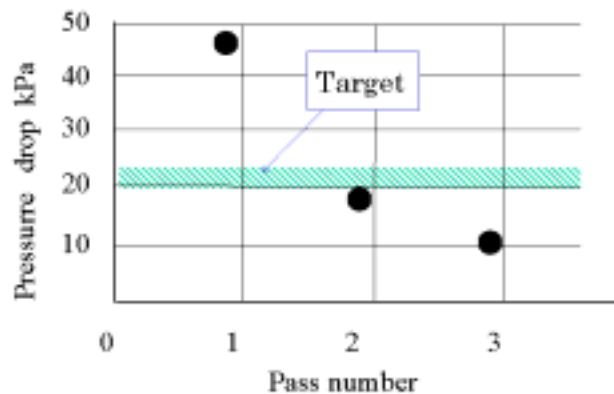


Fig.15 Relation between pass number and pressure drop

Fig. 15 に 1~3PASS の圧力損失を机上計算し、結果を示す。この結果から、2PASS にすれば、圧力損失の目標を満足できることが分かった。

### 3.8 水側の分配性能検討

2PASS にすると、各 PASS へ流入する流量のアンバランスが懸念された。

そこで Fig. 16 に示すように、曲がり部の切り欠きを段付形状とし、流れの均一化を図った。L1 を 6.3mm として、L2/L1=2 にした場合、もっとも分配が均一になり、通水抵抗もさがりそれ以上大きくしても、下がらないことがわかった。

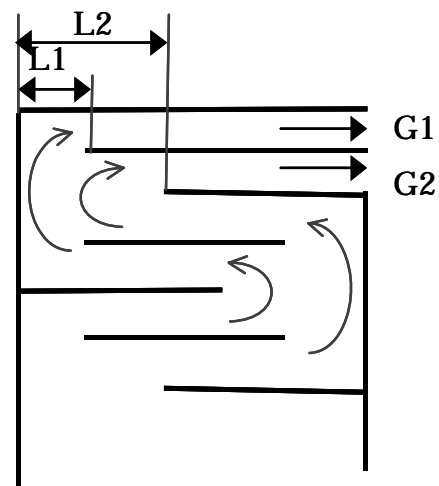


Fig16 Water flow distribution

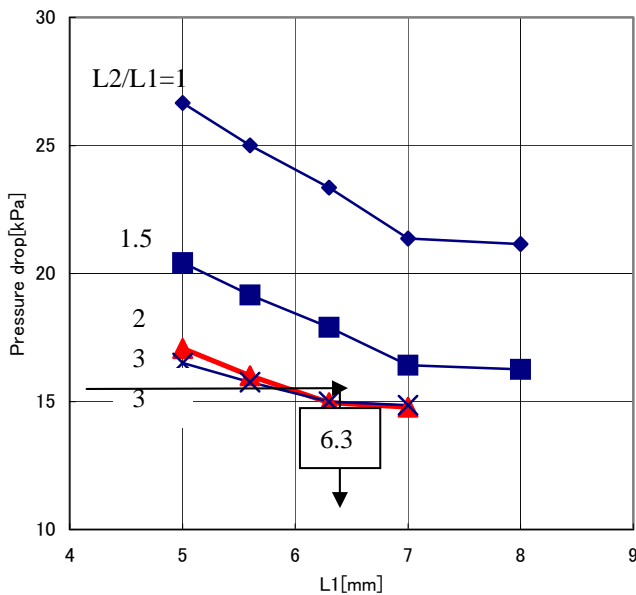


Fig. 17 Most suitable open space at shape turn

### 3.9 最終製品仕様と達成レベル

入口温度 7℃ の水道水を 90℃ まで加熱することができ、給湯能力は目標値である 4.52kW (Table 3) を達成した。また、冷媒側の温度効率  $\phi_{CO_2}=0.92$  を達成した。2001 年モデルに対して、同一性能で 30% の小型化を達成した。また通水抵抗は、約 10kPa の低下を達成した。外観形状を Fig. 18 に示す。高い性能が要求されている機種については、冷媒チューブを 2PASS から 3PASS にすることで 6.15kW (Table 4) の性能を達成した。

Table 3 Evaluation of performance 4.5kW

	2001 年モデル	2003 年モデル
サイズ	185X580X40mm	260X580X20mm
能力	4.52kW	4.52kW
体積/能力	1.0	0.7
通水抵抗	26kPa	15kPa

Table 4 Evaluation of performance 6kW

	2003 年モデル (高性能タイプ)
サイズ	260X580X20mm
能力	6.15kW
体積/能力	1.36



Fig. 18 External appearance of 2003 year model

### 4. 構成材料と製造技術

水側には、耐食性を考慮してりん脱酸銅のプレート材をプレス成形し、その中にインナーフィンを挿入してりん銅ろーの箔を用いて接合した。冷媒側は、高強度チューブ材を採用する事で、薄肉化を行った。チューブは、コイル形成機により長円形に成形しこれを水側に巻き付ける構成とし、水側と同様にりん銅ろーで接合した。接合は、炉中ろー付けで行った。

### 5. 結言

2001 年に世界初の CO<sub>2</sub> ヒートポンプ給湯器を世の中に出して、2 年後にはさらにコンパクトな新しいタイプの水冷媒熱交換器を世に出すことができた。

この熱交換器を製品化するにあたっては、製造面で優れたろー付け技術保有しているアタゴ製作所の皆さんの協力のお陰であると感謝しています。これからも、小型軽量化をめざして製品の改良を進めていく予定です。なお今回執筆の機会を頂いた小山繁教授(九州大学)に感謝の意を表します。

### 文献

- [1] 飛原英治：エネルギーフォーラム, (555), 90, (2001).
- [2] Preliminary Proceedings of the 4<sup>th</sup> IIR-Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids at Purdue, (West Lafayette, USA, July, 2000), (2000).
- [3] 飛原英治：建設設備と配管工事, 39 (3), 1, (2001)
- [4] 長田・山内, 日本機械学会 2000 年年次大, 5 (2000), 548

## 三菱重工業（株）長崎造船所 史料館

MUSEUM

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.  
Nagasaki Shipyard & Machinery Works

山田 明, 横川 清, 浅山 徳史 (三菱重工業)  
Akira YAMADA, Kiyoshi YOKOKAWA, Norichika ASAYAMA  
(Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.)

### 1. はじめに

海上空港で名高い長崎空港から約 1 時間、そこには異国情緒漂う長崎の街並みが広がる。(図 1)

三菱重工業(株)長崎造船所は、観光で有名なグラバー邸をはじめとした洋館群を擁する南山手の対岸に位置し、工場群や建造された商船が岸壁に係留されているのが望見される。長崎を訪れた多くの観光客にはその風景がまたとないシャッターチャンスとして喜ばれている。(図 2)



図 1 長崎空港と長崎造船所



図 2 長崎造船所の位置

長崎造船所の工場群の中に位置する史料館は、イギリス洋式にて築き上げられた赤レンガ作りの重厚な建物である。

館内に歩を進めると大物記念物や壁面に掲示された歴代所長の写真、歴史年表、天井一面に広がるオレゴンパインに思わず目を惹きつけられ、歴史の重みを感じさせられる。

史料館は、明治 31 年(1898 年)建設の鋳物工場に併設された「木型場」の建物をもちいて、昭和 60 年(1985 年)に開館された。(写真 1)

この建物は、三菱重工業(株)の発祥の地である長崎造船所内に現存する最も古い建物であり、昭和 20 年(1945 年)の空襲や原子爆弾にも耐えてきた。

館内には、珍しい品々のほか写真等 900 点あまりを岩崎家コーナーから客船コーナーまでの 12 のコーナーに展示している。

また、長崎造船所が作り上げてきた機械の中で、その責務を全うしお客様の御好意によって譲り渡された大物記念物も展示されている。それらは貴重な史料として長崎造船所の歴史的変遷を静かに見守り続けている。



写真 1 史料館



## 2. 江戸から明治時代

三菱重工業(株)長崎造船所の起源は、安政4年(1857年)に海軍伝習所の初代総取締であった永井玄蕃頭尚志(なおゆき)が、軍艦の修理工場が必要との判断から、オランダに資材などを発注して、長崎鋳鉄所の建設を開始したことに始まる。

工場建設に必要な煉瓦造りやわが国初のトラス工法による工場建設など、オランダ海軍将校ハルデスから指導を受けるなどして、さまざまな困難を克服して落成したのは文久元年(1861年)であり、わが国初の本格的な洋式工場が完成した。

写真2は万延元年(1860年)当時の絵である。写真3は泳気鐘、写真4は日本最古の工作機械だが、これら以外でも明治初期に長崎造船所工場の支柱に使用された鋳鉄柱なども展示してある。



写真2 長崎鋳鉄所

建設途中の万延元年(1860年)に、長崎鋳鉄所から長崎製鉄所へと改称

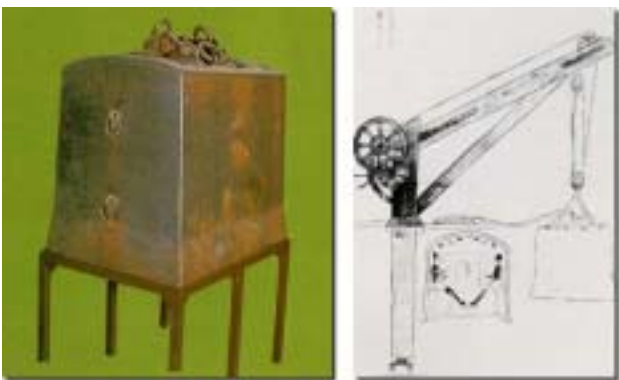


写真3 泳気鐘

寛政5年(1793年)に徳川家斎が出島オランダ商館に注文し、天保5年(1834年)に長崎に到着した。

鋳鉄製(1.2m x 1.8m x 1.8m, 4.5ton)の英国製潜水器具で、空気は上部の穴から、光は上部のガラス丸窓から採り、人は中に入って底から海底を調査した。長崎鋳鉄所建設時の岸壁工事に使用された。

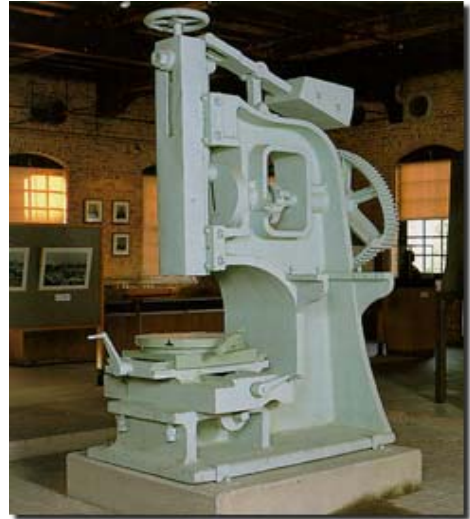


写真4 日本最古の工作機械

安政4年(1857年)に徳川幕府がオランダから購入した縦削盤。約100年間にわたり稼動しわが国造船工業の発展につくした。平成9年(1997年)国の重要文化財に指定された。

## 3. 造船

長崎造船所における最初の鉄製汽船は、明治20年(1887年)に竣工した夕顔丸(206ton, 330馬力, 8ノット)であり、その後もわが国初的大型貨客船常陸丸(6,172ton, 3,847馬力, 14.2ノット, 写真5)を明治31年(1898年)に建造した。

また、明治42年(1909年)頃には、天洋丸、地洋丸、春洋丸など豪華客船を竣工した。大正期からは、霧島(27,500ton, 27.5ノット)、日向(31,260ton, 23ノット)、昭和戦前期には武蔵(69,100ton, 27ノット)など戦艦の建造に着手した。

戦後は、タンカー、LNG船、貨物船や客船を建造している。客船に関する資料は客船コーナーに展示しており、船内装飾の元になるカラースキーム(装飾図)や、浅間丸の食事メニューと航海日誌などを見ることができる。

客船建造は戦後長らく途絶えていたが、約50年振りの平成2年(1990年)クリスタル・ハーモニー(写真6)竣工により再開された。



写真 5 常陸丸

明治 31 年(1898 年)に建造したわが国初の近代的大型貨客船 (6,172ton, 3,847 馬力, 14.2 ノット). 明治 37 年(1904 年)日露戦争で戦没.



写真 6 クリスタル・ハーモニー

48,621ton, 12,000kW 電気推進機 x 2 基, 22 ノット, 乗客 960 名, 乗員 505 名. 平成 2 年(1990 年) 6 月竣工.

#### 4. 発電設備

タービンは, 明治 41 年(1908 年)に国産初の船用蒸気タービン(9,000 馬力)を, 同年国産初の陸用蒸気タービン(500kW, 写真 7)を, それぞれ製作した.

史料館の屋外には, 中国電力より寄贈いただいた小野田発電所 3 号タービン(出力 35,000kW)を展示している.

また, 昭和 13 年(1938 年)の日本初の溶接ドラムの破壊試験や, 昭和 15 年(1940 年) 日本初の実用ボイラ用溶接ドラム製作中の写真が展示してある.

石炭など化石燃料を用いる発電設備以外に, 長崎造船所では風力発電(9m 翼を展示), 地熱発電, 太陽電池(平成 16 年からアモルファス年産 10MW)を製造している.

昭和 45 年(1970 年)高速回転中の 50 トンの大型

タービンローターが破裂するという, タービン史上に残る事故を経験した.

破壊力学上貴重な資料(写真 8)として, 破裂の起点と疲労面を含む破片を回収して展示しており, 材料強度にたずさわる者にとって必見の価値がある.

長崎造船所は, 長崎研究所や大学など関係先と一体となって事故原因を徹底的に追求した. これによって日本のローター製造技術は飛躍的に改善された.



写真 7 わが国最初の国産陸用蒸気タービン

明治 41 年(1908 年)に英国パーソンズ社との技術提携により製作された. 出力 500kW で当所の中央発電所用として大正 9 年(1920 年)まで使用された.



写真 8 タービンローター破片

#### 5. その他展示物など

史料館には, 上記以外にも創業以来研究を重ね作り上げてきた機械の中で責務を全うしたものが, その栄光を記録する意味と今後の研究に役立つことを祈念して展示されている.

これらは, 代々大切に保管(写真 9)されてきたものの他, 関係先の御好意によって史料館開設にあたって譲り渡されたもの(写真 10)もある. 長崎造



船所がわが国工業の近代化に果たした役割を少しでもご理解いただければ幸いである。

また、平成 16 年 2 月と 5 月に当所で竣工し引き渡した大型客船「ダイヤモンド・プリンセス」、  
「サファイア・プリンセス」の特徴・要目・配置・代表的な区画の写真を、客船コーナーに展示している。

併せて客船火災反省コーナーも設け、平成 14 年 10 月 1 日、旧「ダイヤモンド・プリンセス」で発生した火災事故の発生状況、その後の焼損部撤去から復旧までの様子や、火災関連の新聞記事などを展示している。

火災後は、全国の方々から励ましの言葉や手紙が数多く寄せられたが、長崎市出身の歌手「さだまさし」氏の激励の色紙(写真 11)が展示されている。



写真 9 6UEV30/40 実験機関

2 サイクルユニフローUEV30/40 機関開発のため昭和 35 年(1960 年)完成され、当時においては世界最高の過給度を持つ実験機関である。



写真 10 北斗丸 500 馬力オーブ・サイクルガスタービン  
昭和 29 年(1954) わが国最初の船用ガスタービン

として当所で開発されたもの。運輸省航海訓練の練習船「北斗丸」で、昭和 33 年(1958 年)まで実船実験に供されガスタービン技術の発展におおいに貢献した。



写真 11 さだまさし氏激励の色紙

色紙にはダイヤモンド・プリンセスとあるが、船名をサファイア・プリンセスへと命名替えした。

## 6. おわりに

三菱重工業(株)長崎造船所は平成 19 年(2007 年)10 月 1 日に創業 150 年を迎えようとしている。社員約 6 千名を擁して、今日現在もボイラ、タービン、船舶、から太陽電池、風力発電設備など社会に必要なインフラを、多岐にわたって送り出していることに、誇りをもって仕事をしている。

安政 4 年(1857 年)に徳川幕府によって長崎製鐵所が開設されて以来、わが国重工業発祥の地として技術情報を発信し、今日の長崎造船所ひいてはわが国技術発展の礎を築いてきた。

史料館の展示物一つとってもまさに三菱重工業(株)長崎造船所の歴史そのものであり、わが国技術発展の歴史そのものである。

本誌での紹介は 900 点あまりの展示物の中から紙面の都合上一部に留めたが、日本における技術発展の礎を、歴史を垣間見ることができる建物として、是非一度は訪れて欲しいものである。

また、長崎では 4 月 1 日から 10 月 29 日まで、「長崎さるく博」が開催されている。さるくとはぶらぶら歩くという長崎弁で、日本ではじめての街歩き博覧会である。長崎ならではの歴史や風物など 42 のコースを歩きながら、「さるくガイド」が案内する。

他にも 74 もの特別うんちくコースや、コース巡

りを楽しく彩る演出も企画されている。ここに紹介して結びとする。

交 通：長崎駅前よりタクシーにて 10 分

史料館 HP：<http://www.mhi.co.jp/nsmw/menu/index.htm>

## 7. 来館案内

住 所：〒850-8610 長崎県長崎市飽の浦町(あくのうらまち) 1-1

電 話：095-828-4134 (FAX.095-828-4124)

公 開：平日の午前 9 時～午後 4 時 30 分  
(見学は電話で事前に要予約)

休館日：土，日，祝日等，長崎造船所の休業日  
入館料：無料

## 参考文献

[1] 楠本寿一，「長崎製鉄所～日本近代工業の創始」(中公新書 1077) 中央公論社，1992 年，P. 251

[2] 深川雅幸ら，(三菱重工技報)，「42 巻 4 号」2005 年 P. 164

---

## 温冷感

### Thermal Sensation

## Heat Transfer

高津 康幸 (広島国際学院大学)

Yasuyuki TAKATSU (Hiroshima Kokusai Gakuin Univ.)

e-mail: takatsu@hkg.ac.jp

「心頭(Heart)を滅却すれば火(Heat)もまた涼し」という言葉もコラム名と馴染むようでありますので、以前に暑い・寒いという温冷感の研究<sup>(1)</sup>を行いました際のエピソードについて少し書かせていただこうと思います。

まず、温冷感への伝熱の関わりについてですが、相原先生の教科書<sup>(2)</sup>に示されているフーリエの法則の体感実験がよくわかると思います。この体感実験では、温度・寸法が同じアルミニウムと発泡スチロールのブロックに手を触れた際には、アルミニウムの方が冷たく感じる事が示されており、温冷感には熱流(heat flow)が寄与していることが理解できます。生理学的<sup>(3),(4)</sup>には、皮膚には温点および冷点という温度受容器が存在し、外部からの温度刺激に対して温感あるいは冷感を惹起することになります。また、温冷感は、発汗や皮膚血流などによる体温調節機構とも深く関係することが知られております。

そもそも温冷感の研究に携わったのは、平成7年頃で、“非定常温熱環境下での温冷感の挙動”について検討するようにとの恩師である増岡隆士先生(当時九州工業大学)からの突然のお達しに、初めは戸惑いを覚えました。といいますのは、温冷感の実験に際しては、音楽の分野での絶対音感のような、絶対温冷感を有する被験者を用いるということを知り及んでいたので、音感ならば、カラオケでマイクを握れば少しは上達するやもしれませんが、とかく温冷感に関しては上達するすべが見当たりません。最初はなすすべなく、温冷感ならぬ怨・霊・感(?)に苛まれる日々を過ごしましたが、とにかくやってみようということで研究に着手いたしました。

実験を始めてみて温冷感には個人差があるということは想定内のことでありましたが、同じ被験者でも日によって同一温熱環境下でも温冷感の挙動に差異が認められたことは想定外のことでした。そこで、被験者(学生)には、性別・身長・体重・喫煙の有無・起床時間・就寝時間・体調などが記入された問

診表に答えてもらい、個人差などを検討するためのデータベース化を試みたこともあります。ただ、年頃の女子学生にとって体重は鬼門であつたらしく、データベースは門外不出にするということで快く(?)協力していただきました。小生も被験者として実験に一度参加したことがありますが、たまたま通常とは異なる実験結果が出たため、当時実験を担当していた修士課程の学生から“喫煙者だからですよ”と冷たく言われ、それ以降被験者として実験には参加させてもらえなかったのは、今でも残念に思います。

クールビズあるいはウォームビズという言葉を、昨年よく耳にしました。例えば、室温 25℃という設定でも、夏季と冬季では快適な着衣量に大きく差があることは、経験することだと思います。人間は恒温動物ですので、体内温度は 37℃程度で一定、着衣の影響は熱抵抗で表せば、簡単な伝熱モデルが構築されます。それでは、季節により快適な着衣量に差が生じるのは、外気へのふく射伝熱の影響それとも生理学的要因によるものなのでしょうか? 温冷感というのは、つくづく不思議なものです。

温冷感の実験は人間相手ですのでエピソードには事欠かないのですが、この辺で筆を置かせていただきます。なお、非定常温熱環境下での温冷感申告法ならびに個人差をどのように取り扱うかについては検討しておりますので、興味のある方はご一報ください。

### 参考文献

- (1) Masuoka, T., Takatsu, Y., and Kohri, I., “Thermal Sensation under Unsteady Thermal Environments,” Proc. of 2002 ASME IMECE, IMECE2002-39630, pp. 1-5 (2002).
- (2) 相原利雄, 伝熱工学, 裳華房 (1994).
- (3) 横山真太郎, 生体内熱移動現象, 北海道大学図書刊行会 (1993).
- (4) 日本機械学会編, 生体力学, オーム社 (1991).



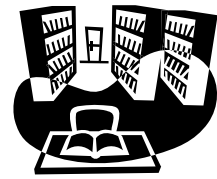
## マイクロ・ナノ熱流体ハンドブック

*Handbook of Microscale and Nanoscale Heat and Fluid Flow*

編集代表：丸山 茂夫

発行：エヌ・ティー・エス

B5 版 696 ページ 本体価格 52,400 円



高田 保之 (九州大学)

Yasuyuki TAKATA (Kyushu University)

e-mail: takata@mech.kyushu-u.ac.jp

まさにこういうハンドブックが欲しかったのである。これまでにマイクロマシン関連の書籍は数多く出版されているが、マイクロ・ナノ熱流体の広い分野をカバーしたハンドブックにはお目にかかったことがなかった。

本書の構成は、「基礎編」と「活用編」に大別される。基礎編は 8 章からなり、各章は 2~4 節で構成されているが、活用編は章立てではなく、合計 23 節の話題で構成されている。基礎編では、MD、統計力学、ミクロな視点の熱伝導、流体力学、界面と相変化、などの基礎の他、マイクロチャンネル、電場駆動、材料、計測、加工など熱流体工学分野で最近精力的に研究が行われ、学問としての形ができつつあると思われる分野が軒を並べている。各章とも簡潔にまとめられており、より深く知りたい場合には、各章末に掲載してある文献を調べれば必要な情報が入手できる。

活用編では、マイクロバブル、燃料電池、ガスタービン、熱交換器、冷凍機、CNT、温度・物性計測、レーザー加工、DNA 操作、単位操作、などマイクロ・ナノ熱流体が現象の主役となる応用分野が紹介されている。個人的な感想を述べさせてもらおうと、第 13 節「マイクロ熱交換器」が大いに役に立ちそうである。マイクロ熱交換器における構造材の熱伝導率には最適値があり、熱伝導率が高すぎると逆に熱交換効率が悪化するという知見やマイクロチャンネル内の单相流における表面粗さの効果に関する Kandlikar の研究などが紹介されている。

また、液体のマイクロ流動系では、表面張力の効果が相対的に大きくなるので、壁面の濡れ性も無視できない。基礎編においては、第 4 章第 1 節「界面・表面の基礎」、第 6 章第 5 節「エレクトロウエットティング」、活用編においては第 7 節「マイ

クロポンプとマイクロバルブ」、第 16 節「マイクロ／ナノトライボロジー」で表面張力と濡れ性に関することが解説されている。

本書の執筆陣は 50 代がほんの数名いる他は、30 代と 40 代の若手を中心とした当該分野の第一線で活躍中の研究者たちである。執筆者が若手中心ということは、それだけこの研究分野の歴史が浅く、今後大いに発展していく可能性の高い有望な分野であることを物語っている。編集代表の丸山先生も、まえがきの部分で現在が黎明期であると書いておられる。まさにその通りであろう。

さて、この黎明期にあるマイクロ・ナノ熱流体の研究分野が今後どのように発展していくのか、評者は興味を持って見守っていきたいと考えている。10 年後に本書を改訂すると、現在とは異なる分野が育ってきているかもしれないのである。マイクロ・ナノ熱流体もひとつの大きな学問分野として体系づけられていることであろう。ごく一部の執筆者は 60 代に突入するものの、大部分は油の乗り切った 40 代、50 代となり、マイクロ熱流体分野を世界的にリードする存在になっていることであろう。40 代の最後に書評を書かせていただいたことを光栄に思う次第である。

なお、本書の目次など内容に関する情報が出版社のホームページに掲載されているので参照していただきたい。この種のハンドブックは伝熱工学資料などと異なり、最新情報を盛り込んでいる。したがって、自ずと賞味期限があり、出版直後が食べ頃なのである。本書はこれからすぐにマイクロ・ナノ熱流体分野に関連する研究を始めたいと思う研究者にとっては必携の書であり、研究室に少なくとも一冊は所蔵されることをお勧めする。

出版社の WEB: [http://www.nts-book.co.jp/item/detail/summary/setubi/20060208\\_13.html](http://www.nts-book.co.jp/item/detail/summary/setubi/20060208_13.html)



## ブルーボックス B-1442 温度から見た宇宙・物質・生命

ビッグバンから絶対零度の世界まで

著者：ジノ・セグレ 訳者：桜井邦朋

発行：講談社

単行本 330 ページ 本体価格 1,155 円



永井 二郎 (福井大学)

Niro NAGAI (University of Fukui)

e-mail: nagai@mech.fukui-u.ac.jp

### 1. 概要紹介 (目次)

私がこの本の書評を書くことになったのは、この本を読み感動(嫉妬)したことがきっかけです。この本の面白さや素晴らしさの一部でも感じ取って頂ければ幸いです。

まずは概要を知って頂くために、目次を抜粋いたします。この目次だけで、その内容はおよそご理解頂けるはずです。

はじめに一定規, 時計, 温度計

#### 第1章 三七. 0度C

代謝で生じる熱の行方, 一定の温度, サハラへ, 南極へ, 熱によるショック, など

#### 第2章 尺には尺を

熱が語る文明, 温度計の四人の発明者, 熱力学の三つの法則, エントロピーと生命, など

#### 第3章 地球を読み解く

地球物語, エルニーニョ・昔と今, 温室効果—その科学, その歴史, 政治的問題, など

#### 第4章 極限状況下の生命

スノーボール・アース, 生命の第三の分岐, 氷の下・三キロメートルの生命, など

#### 第5章 太陽からのメッセージ

熱をめぐる余談, 星の誕生, 三Kの光子・二Kのニュートリノ, など

#### 第6章 量子飛躍

量子世界と絶対零度, 最後の液体, 低温世界, アインシュタインの冷蔵庫, など

#### あとがき, 参考文献

ちなみに原著(英文)のタイトルは,

“A MATTER OF DEGREES”

What Temperature Reveals About the Past and Future of Our Species, Planet, and Universe

Gino Segrè, Brockman, Inc., New York, 2002

ですが, “What Temperature Reveals About . . .”の部分に著者の意図が強く感じられます。

### 2. 見どころ

目次から明らかですが、私の得た本書の全体像のイメージ図を図1に示します。「温度」をキーワードとして、宇宙や地球の歴史から生命の進化と本質の解説がなされ、現代の人類が抱える環境問題にも言及されます。さらには量子の世界(極低温の世界)を通じた現代物理学の入門書と見ることもできましょう。「生命」「宇宙」「地球」「量子世界」を知ること、すなわちこの世界(universe)全体を知ることになりますが、「温度」という我々伝熱学会会員が日常扱う尺度によって、世界の全体像を把握できます。

(欲を言えば、「温度差の存在 = 非平衡状態」の重要性を explicit に表現してほしいかと私は感じます。)

文章は極めて平易かつ魅力的であり、一般の読者を対象として執筆されています。本書から多くの“ネタ”を仕入れて、学生の興味を引く話題として学部・大学院の講義に用いました。著者のジノ・セグレ先生はペンシルベニア大学天体物理学の教授(現在は名誉教授)で、高エネルギー素粒子の理論物理学者ですが、一般の読者を対象とした著書は本書が初めてだそうです。ジノ・セグレ先生渾身の力作、ご一読をお薦めいたします

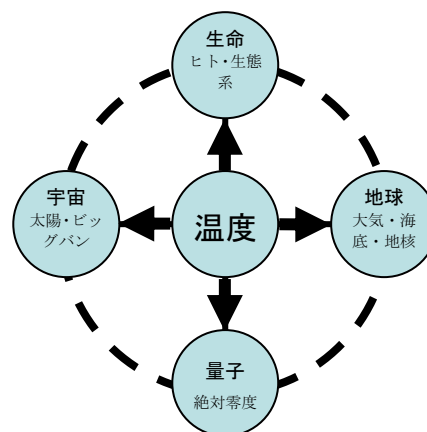


図1 本書全体のイメージ図



## スケートと氷 –Torino 冬季五輪を終えて–

*Skate and Ice - After Torino 2006 -*



前号では、対馬勝年富山大学教授に“スケートはどうして滑るのですか？”を特別寄稿していただきました。トリノ冬季五輪女子フィギュアスケートで荒川静香選手が金メダルに輝いたことで、日本ではスケートに対する関心が一段と高まっているようです。Ina Bauer と Turandot の話は一躍有名になりました。

編集出版部会メンバーの気付いたところでは、朝日新聞（地域により 2 月 28 日夕刊あるいは 3 月 1 日朝刊）の記事で、“スケートなぜ滑る”という記事が掲載され、やはり対馬教授のコメントが紹介されていました。また、その記事の中で取り上げられていた以下の論文も興味深いと思います。

Why Is Ice Slippery? (cover story)

By: Rosenberg, Robert, Physics Today, Dec2005, Vol. 58, Issue 12, pp. 50-55

8 年前の長野冬季五輪に遡って、氷筈（ひょうじゅん：氷の単結晶）氷による高速スケートリンクの試みが導入された M-WAVE (<http://www.nagano-mwave.co.jp/>) については、例えば

ニューズレター雪氷北信越 No.63 (1998 年 10 月 10 日)

(社)日本雪氷学会北信越支部発行

<http://www.seppyo.org/~hse/news/news63.htm#63-3>

に、伝熱 2006 年 9 月号の“博物館めぐり”にもご寄稿いただいた神田健三氏（中谷宇吉郎 雪の科学館）が紹介しておられます。

なお、M-WAVE の氷の厚さは 50-70mm で、ガスエンジンスクリュウ型冷凍機が地下に設置されているそうです。（[http://www.daidan.co.jp/daidan\\_tech/establish/est\\_6.html](http://www.daidan.co.jp/daidan_tech/establish/est_6.html)）



（編集出版部会）



# 行事カレンダー

## 行事カレンダー

### 本会主催行事

開催日	行事名(開催地, 開催国)	申込締切	原稿締切	問合せ先	掲載号
2006 年					
5 月 31 日(水) ～ 6 月 2 日 (金)	第 43 回日本伝熱シンポジウム 名古屋国際会議場	'06.1.20	'06.3.13	第 43 回日本伝熱シンポジウム実行委員会 名古屋工業大学 しくみ領域内 FAX: 052-735-5343, E-mail: nhts43@thermo.mech.nitech.ac.jp HP: <a href="http://thermo.mech.nitech.ac.jp/~nhts43/">http://thermo.mech.nitech.ac.jp/~nhts43/</a>	2005.11 2006.1 2006.4

### 本会共催, 協賛, 後援行事

開催日	行事名(開催地, 開催国)	申込締切	原稿締切	問合せ先	掲載号
2006 年					
4 月 19 日(水) ～ 21 日(金)	[第 6 回]2006 熱設計対策技術シンポジウム (幕張メッセ 国際会議場 千葉市)			〒105-8522 東京都港区芝公園 3-1-22 社団法人 日本能率協会 産業振興本部 産業情報推進部 熱設計・対策技術シンポジウム事務局 佐藤・加藤 TEL:03-3359-1410 FAX:03-3434-3593	
4 月 19 日(水) ～ 21 日(金)	第 40 回空調・冷凍連合講演会 (東京海洋大学, 東京都江東区)			〒160-0008 東京都新宿区三栄町 8 三栄ビル 4 階 TEL:03-3359-5231 FAX:03-3359-5233 URL: <a href="http://www.jsre.or.jp/">http://www.jsre.or.jp/</a>	
4 月 20 日(木) ～ 21 日(金)	ここは串本, むかいは大島セミナー (No.06-12 日本機械学会熱工学会部門企画セミナー) (国民宿舎「あらふね」和歌山県)			神戸大学 工学部 浅野等 (熱工学会部門講習会委員会・幹事) TEL/FAX 078-803-6122 E-mail:asano@mech.kobe-u.ac.jp	
5 月 25 日(木) ～ 26 日(金)	Second International Symposium on Standard Materials and Metrology for Nanotechnology (SMAM-2) (「ナノテクノロジーの展開に向けた極微スケール標準物質と計測技術 第 2 回国際シンポジウム」 (東京・秋葉原コンベンションホール))		'06.3.31	〒305-8568 つくば市梅園 1-1-1 産総研中央第 5 SMAM2-EC@m.aist.go.jp T.Fujimoto@aist.go.jp	
5 月 25 日(木) ～ 26 日(金)	日本機械学会関西支部 第 282 回講習会「破壊力学の基礎と最新応用 (実験実習・計算演習付)」 (瀬島津製作所 三条工場研修センター, 京都市)			〒550-0004 大阪市西区靱本町 1-8-4 大阪科学技術センタービル内 (社)日本機械学会関西支部事務局 TEL:06-6443-2073 FAX:06-6443-6049 E-mail: jsme@soleil.ocn.ne.jp	
6 月 11 日(日) ～ 15(木)	Second International Conference on Transport Phenomena in Micro and Nanodevices Il Ciocco Hotel and Conference Center Barga, Italy	'05.11.30		Co-Chair: Professor Nobuhide Kasagi Department of Mechanical Engineering The University of Tokyo Hongo, Tokyo 113-8656 E-Mail: kasagi@thtlab.t.u-tokyo.ac.jp <a href="http://www.asmeconferences.org/ICNMM06/">http://www.asmeconferences.org/ICNMM06/</a>	
6 月 19 日(月) ～ 21 (水)	The Fourth International Conference on Nanochannels, Microchannels and Minichannels University of Limerick, Ireland			<a href="http://www.asmeconferences.org/FuelCell06/">http://www.asmeconferences.org/FuelCell06/</a>	
6 月 19 日(月) ～ 21 (水)	The Fourth International Conference on Fuel Cell Science, Engineering and Technology Irvine, California			<a href="http://www.asmeconferences.org/FuelCell06/">http://www.asmeconferences.org/FuelCell06/</a>	
7 月 24 日(月) ～ 26 日(水)	第 34 回可視化情報シンポジウム (工学院大学 新宿校舎)	'06.2.24	'06.5.12	〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学 大学院理工学研究科 器械制御システム専攻 川口達也 TEL:03-5734-3090 FAX:03-5734-3917 E-mail:kawat@mep.titech.ac.jp	
8 月 4 日(金) ～ 6 日(日)	日本混相流学会 年会講演会 2006(金沢工業大学 石川県石川郡)	'06.3.31	'06.6.9	〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇が丘 7-1 金沢工業大学工学部機械工学科 日本混相流学会年会講演会 2006 実行委員会事務局 齊藤康弘 TEL:076-248-9182 FAX:076-294-6704 E-mail:y-sugi@neptune.kanazawa-it.ac.jp URL: <a href="http://www.kanazawa-it.ac.jp/jsmf2006/">http://www.kanazawa-it.ac.jp/jsmf2006/</a>	

行事カレンダー

8 月	5 日 (土)	第 2 5 回混相流シンポジウム (金沢工業大学 石川県石川郡)			〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇が丘 7-1 金沢工業大学工学部機械工学科 日本混相流学会年会講演会 2006 実行委員会事務局 実行委員長 佐藤恵一 TEL:076-248-9214 FAX:076-294-6704 E-mail:y-sugi@neptune.kanazawa-it.ac.jp URL:http://www.kanazawa-it.ac.jp/jsmf2006/	
8 月	13 日(日) ～ 18 日(金)	The International Heat Transfer Conference IHTC-13		'05.7.31	IHTC-13 Conference Managers GPO Box 128 SYDNEY NSW 2001 AUSTRALIA Phone: + 61 2 9265 0700 Fax: +61 2 9267 5443 Email: ihtc-13@tourhosts.com.au http://ihtc-13.mech.unsw.edu.au/	
8 月	27 日(日) ～ 9 月 1 日 (金)	10th International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems (ICLASS-2006)	'06.2.28	'05.12.15	〒554-0022 大阪市此花区春日出中 2-14-9 日本液体微粒化学会 事務局 ㈱学術出版印刷気付 事務局長 近藤 健 Tel:06-6466-1588 Fax:06-6463-2522 E-mail:info@ilass-japan.gr.jp	
9 月	4 日(月) ～ 8 日(金)	The Seventeenth International Symposium on Transport Phenomena (ISTP-17)		'06.03.18	〒939-0398 富山県射水郡小杉黒河 5180 富山県立大学工学部 機械システム工学科 教授 石塚 勝 Tel:0766-56-7500 Fax:0766-56-6131 e-mail: ishizuka@pu-toyama.ac.jp	
9 月	25 日 (月) ～ 29 日 (金)	5th International Symposium on Turbulence, Heat and Mass Transfer (Dubrovnik, Croatia)	'06.1.31	'06.5.31	Professor Yasutaka Nagano, Co-Chairman Department of Mechanical Engineering Nagoya Institute of Technology Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya 466-8555 E-mail: thmt-06@heat.mech.nitech.ac.jp URL: http://www.ichmt.org/Thmt-06	2005.11
10 月	15 日 (日) ～ 18 日(水)	International Workshop on Process Intensification (IWPI2006) (神戸大学百年記念会館, 神戸市)		'06.04.15	〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院自然科学研究科 鈴木 洋 Tel / Fax:078-803-6490 e-mail: hero@kobe-u.ac.jp	
10 月	20 日 (金) ～ 21 日 (土)	日本機械学会 No.06-29 第 10 回スターリングサイクルシンポジウム(神奈川大学工学部, 横浜市)	'06.06.2	'06.9.11	〒160-0016 東京都新宿区信濃町煉瓦館 5 階 (社)日本機化学会 滝本 Tel:03-5360-3504 Fax:03-5360-3507 e-mail:takimoto@jsme.or.jp	
11 月	24 日 (金) 25 日 (土)	日本機械学会熱工学部門 2006 年熱工学コンファレンス (慶應義塾大学理工学部矢上キャンパス, 横浜市)	'06.6.23	'06.9.22	〒223-8552 横浜市港北区日吉 3-14-1 慶應義塾大学理工学部システムデザイン 工学科 菱田研究室内 Tel: 045-566-1739, Fax: 045-566-1720 E-mail : tedconf06_secret@mh.sd.keio.ac.jp http://jsme.kir.jp/Kouenkai/tedconf06/	
2007 年						
1 月	3 日 (水) ～ 6 日 (土)	International Conference on Thermal Issues in Emerging Technologies: Theory and Applications (ThETA)	'06.7.3	'06.9.4	http://www.thetaconf.org 国内連絡: 中山 恒 watnakayama@aol.com	2006.4

## 第 43 回日本伝熱シンポジウムご案内

<http://thermo.mech.nitech.ac.jp/~nhts43/> (確定情報はホームページに掲載します。)

### [開催日]

平成 18 年 5 月 31 日 (水) ～ 6 月 2 日 (金)

### [講演会場]

名古屋国際会議場 (〒456-0036 名古屋市熱田区熱田西町 1 番 1 号,

Tel: 052-683-7711, <http://www.u-net.city.nagoya.jp/ncc/>)

### [シンポジウム参加費]

一般(事前申込:8,000 円, 会場申込:10,000 円)

学生(事前申込:4,000 円, 会場申込:5,000 円)

### [講演論文集]

#### 1) 伝熱学会会員

全員に CD-ROM 版を事前に送付します。事前申込者と会場申込者には受付にて印刷版を配布します。不参加者には原則として印刷版を配布しません。

#### 2) 伝熱学会非会員

事前申込者で論文集代金(8,000 円)を支払われた方には CD-ROM 版を事前送付し, 印刷版を当日会場受付にて配布します。会場申込者で論文集代金(8,000 円)を支払われた方には会場受付にて CD-ROM 版と印刷版の両方を配布します。ただし, 会場受付にて学会会員登録した場合には論文集代金は無料です。なお, 論文集のみの購入を希望される方は CD-ROM 版と印刷版の両方をシンポジウム終了後に送付します。この場合は, 別途送料 1,000 円をいただきます。

### [懇親会]

日 時:平成 18 年 6 月 1 日 (木) 18:00～20:00

会 場:全日空ホテルズ ホテルグランコート名古屋

参加費:一般(事前申込:8,000 円, 会場申込:10,000 円, 夫婦同伴者 1 名無料)

学生(事前申込:4,000 円, 会場申込:5,000 円)

### [参加申込方法]

学会誌「伝熱」(2006 年 1 月号)会告もしくは本シンポジウムのホームページをご覧ください。

事前申込期限:平成 18 年 4 月 14 日 (金)

### [発表の形式]

原則として, 1 講演あたりの発表時間を 15 分(発表 10 分, 個別討論 5 分)とし, 各セッションの最後に総合討論の時間(5 分×セッション内の講演件数)を設けます。ただし, 特別セッション展望講演, 「研究の回顧と後進への期待」, 優秀プレゼンテーションセッションは上記の発表形式によりません。なお, 液晶プロジェクタ(OHP 兼用)は実行委員会で準備しますが, パソコン(「ミニ D-Sub15 ピン端子」付き)は各自ご持参ください。また, パソコンとの接続トラブルに備えて, プレゼンテーションファイルを A4 用紙にハードコピーしたもの(カラーも可。ただし, OHP シートは不可)をご持参ください。液晶プロジェクタ以外での発表を希望される場合には予め事務局に連絡ください。

[特別セッション]

・研究の回顧と後進への期待

5月31日(水), 15:20~16:00(A室, B室, F室)

「より速く, より微細に, より論理的に」, 荒木 信幸(静岡大学名誉教授), A室

「伝熱工学の将来展開への一見解: 生産技術へ寄与からの展望」, 黒崎 晏夫(電通大  
共同研究センター), B室

「沸騰伝熱研究の今後への期待」, 藤田 恭伸(九州大学名誉教授), F室

・自動車における熱流体問題 1~3

5月31日(水), 9:00~15:10(B室)

展望講演: 「自動車の環境対応と熱・流体工学」, 小林 信雄(トヨタ自動車)

・燃料電池における熱流体問題 1~6

6月1日(木), 9:40~15:10(B室) & 6月2日(金), 9:00~14:20(B室)

展望講演: 「自動車用燃料電池技術の現状と課題」, 森本 友(豊田中央研究所)

・航空・宇宙における熱流体問題 1~3

6月1日(木), 9:00~15:10(F室)

展望講演: 「小惑星探査機「はやぶさ」の熱設計」, 大西 晃(宇宙航空研究開発機構)

・IECEC2006 Pre-Symposium セッション 1~3

6月1日(木), 9:00~14:50(C室)

・遷移沸騰に関連する諸問題(急速冷却や加熱面の濡れなど) 1~5

6月2日(金), 9:10~17:00(F室)

[優秀プレゼンテーション賞セッション]

本セッションはポスターセッション形式(1件につき2分程度の口頭ショートプレゼンテーションとポスター展示)で実施します。

5月31日(水), 16:10~18:00

・口頭ショートプレゼンテーション 16:10~16:45(A室, B室, F室)

・ポスター展示 17:00~18:00(展示室)

(学生会交流会が本セッションの関連行事として18:00から開催される予定です。)

[宿泊・航空券等について]

実行委員会では, 宿泊, 航空券等の斡旋・仲介はいたしませんので, 「伝熱」1月号の会告および名古屋国際会議場の交通案内 <http://www.ncvb.or.jp/ncc/guide/shukuhaku/index.html> 等をご参考に各自で手配くださるようお願いいたします。なお, 本シンポジウムのホームページには宿泊・旅行用のWebサイトを掲載しています。

[お問い合わせ先]

〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町

名古屋工業大学 しくみ領域内

第43回日本伝熱シンポジウム実行委員会事務局

FAX: 052-735-5343

E-mail: [nhts43@thermo.mech.nitech.ac.jp](mailto:nhts43@thermo.mech.nitech.ac.jp)

URL: <http://thermo.mech.nitech.ac.jp/~nhts43/>

## 第1日(5月31日)

## 第43回日本伝熱シンポジウム[名古屋]

## プログラム[第1日目:5月31日]

A室	B室	C室	D室	E室	F室	G室	H室	I室	J室
A11 二相流の モデル化と 数値解析 9:00～10:20	B11 O. S. 自動車に おける 熱流体問題1 9:00～10:20	C11 生産・加工 プロセスにおける 流動と伝熱1 9:00～10:20	D11 ヒートパイプ・ 熱サイフォン1 9:00～10:20	E11 対流熱伝達の 促進・制御1 9:00～10:20	F11 マイクロ伝熱1 9:15～10:15	G11 蓄熱蓄冷1 9:00～10:20	H11 粒子-流体系に おける伝熱1 9:00～10:20	I11 熱物性値と 測定法1 9:00～10:20	J11 膜沸騰・ 極小熱流束 9:00～10:20
A12 二相流の 流動と伝熱1 10:30～12:10	B12 O. S. 自動車に おける 熱流体問題2 10:30～12:10	C12 生産・加工 プロセスにおける 流動と伝熱2 10:30～12:10	D12 ヒートパイプ・ 熱サイフォン2 10:30～12:10	E12 対流熱伝達の 促進・制御2 10:30～11:30	F12 マイクロ伝熱2 10:30～11:50	G12 蓄熱蓄冷2 10:30～12:10	H12 粒子-流体系に おける伝熱2 10:30～12:10	I12 熱物性値と 測定法2 10:30～12:10	J12 凝縮伝熱 10:30～11:50
A13 二相流の 流動と伝熱2 13:10～14:30	B13 O. S. 自動車に おける 熱流体問題3 13:10～15:10	C13 生産・加工 プロセスにおける 流動と伝熱3 13:10～14:30	D13 ヒートパイプ・ 熱サイフォン3 13:10～14:30	E13 対流熱伝達の 促進・制御3 13:10～14:10	F13 マイクロ伝熱3 13:10～14:30	G13 蒸発伝熱 13:10～14:50	H13 複合対流伝熱 13:10～14:50	I13 伝導伝熱 13:10～14:30	J13 沸騰・凝縮に おける伝熱促進 13:10～14:50
A14 研究の回顧と 後進への期待 15:20～16:00	B14 研究の回顧と 後進への期待 15:20～16:00				F14 研究の回顧と 後進への期待 15:20～16:00				
A15 優秀プレゼン テーション賞 セッション マイクロ・ ナノスケール 16:10～16:45	B15 優秀プレゼン テーション賞 セッション 対流・熱伝達 16:10～16:40				F15 優秀プレゼン テーション賞 セッション 環境・ エネルギー 16:10～16:40				
ポスターセッション(展示室) 17:00～18:00									
学生会交流会 18:00～									

## 第2日(6月1日)

第43回日本伝熱シンポジウム[名古屋]

プログラム[第2日目:6月1日]

A室	B室	C室	D室	E室	F室	G室	H室	I室	J室
A21 二相流の流動と伝熱3 9:00～10:20	B21 O. S. 燃料電池 における熱流体問題1 9:40～10:20	C21 IECEC2006 Pre-Symposium セッション1 9:00～10:20	D21 融解・凝固1 9:00～10:20	E21 高性能コンパクト 熱交換器1 9:00～10:20	F21 O. S. 航空・ 宇宙における 熱流体問題1 9:00～10:20	G21 分子動力学1 9:15～10:15	H21 バイオ伝熱・ 食品の伝熱1 9:00～10:20	I21 自然エネルギー 利用1 9:00～10:20	J21 核沸騰1 9:00～10:20
A22 二相流の流動と伝熱4 10:30～12:10	B22 O. S. 燃料電池 における熱流体問題2 10:30～12:10	C22 IECEC2006 Pre-Symposium セッション2 10:30～11:50	D22 融解・凝固2 10:30～12:10	E22 高性能コンパクト 熱交換器2 10:30～11:50	F22 O. S. 航空・ 宇宙における 熱流体問題2 10:30～12:10	G22 分子動力学2 10:30～11:50	H22 バイオ伝熱・ 食品の伝熱2 10:30～12:10	I22 自然エネルギー 利用2 10:30～11:30	J22 核沸騰2 10:30～11:30
A23 二相流の流動と伝熱5 13:30～14:50	B23 O. S. 燃料電池 における熱流体問題3 13:30～15:10	C23 IECEC2006 Pre-Symposium セッション3 13:30～14:50	D23 融解・凝固3 13:30～15:10	E23 高性能コンパクト 熱交換器3 13:30～14:50	F23 O. S. 航空・ 宇宙における 熱流体問題3 13:30～15:10	G23 分子動力学3 13:30～14:50	H23 相変化利用機器 13:30～14:50	I23 密閉空間内の 自然対流 13:30～14:50	J23 限界熱流束 13:30～14:50
総会(レセプションホール) 15:30～17:00									
懇親会(全日空ホテルズ ホテルグランコート名古屋) 18:00～									



## 第3日(6月2日)

プログラム[第3日目:6月2日]

第43回日本伝熱シンポジウム[名古屋]

A室	B室	C室	D室	E室	F室	G室	H室
A31 燃焼および 反応プロセスに おける伝熱1 9:00～10:20	B31 O. S. 燃料電池に おける熱流体問題4 9:00～10:20	C31 ヒートポンプ・ 冷凍・空調1 9:00～10:20	D31 電子機器の冷却1 9:00～10:20				
				E31 多孔質体の伝熱1 9:15～10:15	F31 O. S. 遷移沸騰に 関連する諸問題1 9:10～10:15	G31 計測技術1 9:15～10:15	H31 乱流のモデル化と 数値シミュレーション1 9:15～10:15
A32 燃焼および 反応プロセスに おける伝熱2 10:30～12:10	B32 O. S. 燃料電池に おける熱流体問題5 10:30～11:50	C32 ヒートポンプ・ 冷凍・空調2 10:30～11:50	D32 電子機器の冷却2 10:30～11:50	E32 多孔質体の伝熱2 10:30～11:50	F32 O. S. 遷移沸騰に 関連する諸問題2 10:30～11:50	G32 計測技術2 10:30～11:50	H32 乱流のモデル化と 数値シミュレーション2 10:30～11:50
A33 燃焼および 反応プロセスに おける伝熱3 13:00～14:20	B33 O. S. 燃料電池に おける熱流体問題6 13:00～14:20	C33 ヒートポンプ・ 冷凍・空調3 13:00～14:20	D33 電子機器の冷却3 13:00～14:20	E33 多孔質体の伝熱3 13:00～14:20	F33 O. S. 遷移沸騰に 関連する諸問題3 13:00～14:20	G33 計測技術3 13:00～14:20	H33 乱流構造と伝熱1 13:00～14:20
A34 燃焼および 反応プロセスに おける伝熱4 14:30～15:50	B34 ふく射伝熱1 14:30～15:50	C34 ヒートポンプ・ 冷凍・空調4 14:30～15:50	D34 電子機器の冷却4 14:30～15:30	E34 噴流・せん断層の 流動と伝熱1 14:30～15:50	F34 O. S. 遷移沸騰に 関連する諸問題4 14:30～15:50	G34 電場・磁場・ 電荷移動下での伝熱1 14:30～16:10	H34 乱流構造と伝熱2 14:30～15:50
A35 燃焼および 反応プロセスに おける伝熱5 16:00～17:20	B35 ふく射伝熱2 16:00～17:20	C35 層流熱伝達 16:00～17:20		E35 噴流・せん断層の 流動と伝熱2 16:00～17:00	O. S. 遷移沸騰に 関連する諸問題5 (特別総合討論) 16:00～17:00		H35 はく離流における伝熱 16:00～17:40

## 第 43 回日本伝熱シンポジウムプログラム

【以下のプログラムは 4/10 時点での暫定版です。確定版はホームページをご覧ください。】

### 第 1 日 5 月 3 1 日 (水)

#### < A 室 >

#### 【二相流のモデル化と数値解析】 9:00～10:20

座長: 功刀 資彰 (京都大)

- A111 微細気泡を含む一様等方性乱流の伝熱特性  
田中 満 (京都工繊大), 武智 一晃, 萩原 良道
- A112 強制対流下における熱泳動による物質伝達の数値解析  
吹場 活佳 (宇宙航空研究開発機構), 佐藤 哲也, 坪井 伸幸
- A113 鉛ビスマス冷却高速炉のチムニー内の給水直接接沸騰二相流特性  
山田 由美 (新型炉技術開発), 高橋 実 (東京工大原子炉研), 内田 正治 (新型炉技術開発)
- A114 反応度事故を模擬した熱入力時の非定常ボイド挙動に関する研究 (第2報: モデル化と数値解析)  
井上 晃

#### 【二相流の流動と伝熱1】 10:30～12:10

座長: 小泉 安郎 (工学院大)

- A121 分岐管による固液二相流の分配特性 (鉛直方向から分岐する場合)  
二宮 洋介 (福井大), 椎葉 祐太 (福井大), 太田 淳一
- A122 ヘッド型蒸発器内の冷媒分配特性に関する実験  
小山 繁 (九州大), 桑原 憲, アグントリ ウィジャヤンタ, 神崎 正広, 生田 四郎 (カルソニックカンセイ)
- A123 超音速二相流ノズル出口に発生する膨張波に関する研究  
中川 勝文 (豊橋技科大), 宮崎 博規, 原田 敦史
- A124 マイクロ蒸気インジェクタにおける不凝縮ガスによる性能劣化の改善  
才原 淳 (東京海洋大), 堀木 幸代, 刑部 真弘, 森 治嗣 (東京電), 大森 修一
- A125 自動吸引ノズルによる二相衝突噴流冷却の効率向上  
有本 佳史 (東京海洋大), 堀木 幸代, 刑部 真弘

#### 【二相流の流動と伝熱2】 13:10～14:30

座長: 太田 淳一 (福井大)

- A131 小径円盤の超高速回転による液体の微粒化 (微粒化過程の瞬間写真観察)  
鈴木 孝司 (豊橋技科大), 田中 祐治, 三田地 紘史
- A132 偏平ミニチャネル内流動沸騰熱伝達と二相流動に関する研究  
小泉 安郎 (工学院大), 大竹 浩靖, 秋元 信彦
- A133 障害物流路における環状流中液滴付着位置に関する実験的研究  
藤田 高幸 (大阪大), 南谷 純, 大川 富雄, 片岡 勲
- A134 液滴・液膜衝突後の二次液滴生成に関する実験的研究  
白石 卓也 (大阪大), 森 敏昭, 大川 富雄, 片岡 勲

#### 【特別セッション・研究の回顧と後進への期待】 15:20～16:00

座長: 未定

- A141 より速く, より微細に, より論理的に  
荒木 信幸 (静岡大学名誉教授)

#### 【優秀プレゼンテーション賞セッション: マイクロ・ナノスケール】

16:10～16:45 (ポスターセッションは展示室: 17:00～18:00)

座長: 松本 充弘 (京都大)

- A151 浸透圧変化を受ける単離細胞の脱水収縮挙動の三次元実時間計測  
吉森 崇志 (九州大), 高松 洋
- A152 Electroformation 法におけるリポソーム生成挙動の観察実験  
白樫 了 (東京大生研), 谷口 和也 (芝浦工大)
- A153 サブミクロン Si CMOS におけるデバイス間相互作用の熱・電気連成解析  
畠山 友行 (東京工大), 伏信 一慶, 岡崎 健
- A154 マイクロチャネル内電気浸透流速度への表面改質の影響  
佐々木 誠一 (慶應大), 佐藤 洋平
- A155 電場配向によるネマティック液晶分子の熱伝導異方性制御とセンシング  
元祐 昌廣 (慶應大), 石井 秀和, 長坂 雄次
- A156 フォノン輸送理論を用いたナノ構造物の熱伝導計算  
小田 陽子 (九州工大), 牧野 大輔, 宮崎 康次, 塚本 寛
- A157 マイクロチャンネル内の二酸化炭素の強制対流沸騰熱伝達  
植田 裕也 (関西大), 山本 拓, 石原 勲, 松本 亮介, 小澤 守, 梅川 尚嗣
- A158 レーザー蒸発触媒CVD法によるナノカーボン物質の生成  
谷 啓太 (九州大), 徳永 隆広, 高田 保之, 鈴木 信三 (首都大), 阿知波 洋次, 河野 正道 (九州大)
- A159 MEMS センサによる少数細胞の代謝熱モニタリング  
中別府 修 (東京工大), 坂寄 純一, 出野 恒平
- A1510 金ナノ薄膜面方向の熱伝導率および電気伝導度の測定  
田中 秀治 (九州大), 高橋 厚史, 生田 竜也, 張 清光 (清華大), 曹 炳陽, 張 興, 藤井 丕夫 (九大先端研)
- A1511 垂直配向単層カーボンナノチューブ膜の合成と応用  
エリック エイナルソン (東京大), 村上 陽一, Masayuki Kadowaki, ハイ ドオン, 井上 満, 丸山 茂夫

#### < B 室 >

#### 【特別セッション・自動車における熱流体問題1】 9:00～10:20

オーガナイザ: 須賀 一彦 (大阪府立大),

池上 徹 (トヨタ自動車), 佐藤 英明 (デンソー),

若井 和憲 (岐阜大), 廣田 真史 (名古屋大)

座長: 池上 徹 (トヨタ自動車)

- B111 自動車用ヘッドランプのふく射解析  
塩澤 藤一郎 (小糸製作所), 米山 正敏, 有馬 健司
- B112 自動車用ラジエータの熱流体・構造連成解析  
佐々木 聡 (カルソニックカンセイ), 王 偉民, 柿沢 真樹
- B113 サーマルマネキンを用いた車室内温熱環境計測  
松永 和彦 (いすゞ自動車)
- B114 自動車用HVACにおける乱流混合制御に関する基礎研究  
黒木 守忠 (名古屋大), 伊藤 俊一, 廣田 真史, 中山 浩 (大同工大), 浅野 秀夫 (デンソー), 平山 俊作

#### 【特別セッション・自動車における熱流体問題2】 10:30～12:10

座長: 廣田 真史 (名古屋大)

- B121 フィン付回転円板の対流熱伝達機構  
三村 佳正 (九州大), 吉田 敬介, 田坂 誠均 (住友金属), 伊崎 崇博 (九州大), 齋藤 晃 (住友金属)

- B122 エンジンルーム内の熱環境予測  
長谷川 巧(富士重工), 小森谷 徹
- B123 混合時間スケール SGS モデルを用いたエンジン定常吸気流のLES  
稲垣 昌英(豊田中研), 永岡 真
- B124 解析的壁関数乱流モデルのエンジン流れへの適用  
須賀 一彦(豊田中研), バサラ プラニスラブ(AVL)
- B125 CNG 直噴エンジンの燃焼解析  
野村 佳洋(豊田中研), 稲垣 英人, 塚崎 之弘(トヨタ自動車)

【特別セッション・自動車における熱流体問題3】13:10～15:10

座長:須賀 一彦(大阪府立大)

展望講演 13:10～13:50

- B131 自動車の環境対応と熱・流体工学  
小林 信雄(トヨタ自動車)
- B132 高温高圧雰囲気下におけるエマルジョン燃料液滴の蒸発・燃焼挙動  
井原 禎貴(岐阜大), 福井 政広, 原田 洋輔, 鯉江 和俊, 若井 和憲
- B133 中性子ラジオグラフィによるディーゼルエンジン燃料噴射ノズル内キャビテーションの可視化  
竹中 信幸(神戸大), 川端 健介, 田中 裕也, 川端 祐司(京都大), I. C. Lim(韓国原研), C. M. Sim
- B134 凹曲面への液噴流の衝突によって生成する噴霧の特性  
稲村 隆夫(弘前大), 尼ヶ崎 真, 柴田 陽介, 柳岡 英樹
- B135 ポート噴射用インジェクタの壁面衝突噴霧の熱流束解析  
永岡 真(豊田中央研), 植田 玲子, 久保田 正人(トヨタ自動車)

【特別セッション・研究の回顧と後進への期待】15:20～16:00

座長:未定

- B141 伝熱工学の将来展開への一見解:生産技術へ寄与からの展望  
黒崎 晏夫(電通大共同研究センター)

【優秀プレゼンテーション賞セッション・対流・熱伝達】16:10～16:40

(ポスターセッションは展示室:17:00～18:00)

座長:村田 章(東京農工大)

- B151 対向形T字合流管における流動及び混合特性  
竹内 一平(名古屋大), 小出 小夜歌, 中山 浩(大同工大), 廣田 真史(名古屋大)
- B152 実時間画像センシングによる二次元噴流群の混合制御  
堀尾 晋(慶應大), 長谷川 直之, 山本 和之, 菱田 公一
- B153 並列配置された高温加熱円柱後流に形成される渦構造  
栗田 英一郎(芝浦工大), 矢作 裕司
- B154 三次元ふく射伝熱解析のための離散方位ふく射要素法(DOREM)の提案  
櫻井 篤(東北大), 円山 重直, 小宮 敦樹
- B155 Kelvin 力によって誘起された磁気熱風の定常特性  
小笠原 仁(秋田県大), 赤松 正人, 日向野 三雄
- B156 直方柱を有するチャネル流の遷移域における熱伝達に関するDNS 解析  
川村 英雄(東京理大), 関 洋治, 岩本 薫, 河村 洋
- B157 低 Pr 数液柱マランゴニ振動流の温度変動挙動  
佐々木 宏衛(千葉工大), 松本 聡(宇宙航空研究開発機構), 益子 岳史, 大平 博昭, 依田 眞一, 依田 英里香(エー・イー・エス), 今石 宣之(九州大), 茂木 徹一(千葉工大)

- B158 熱音響流の熱伝達  
山本 孝祐(日本大), 山内 芳樹, 桑原 卓雄, 田辺 光昭
- B159 矩形流路内振動流の熱流動解析  
林 知生(北海道大), 池川 昌弘
- B1510 高応答熱流束ゲージの開発  
小田 祐介(大阪大), 武石 賢一郎, 藤本 健, 松浦 正昭(三菱重工業)

< C室 >

【生産・加工プロセスにおける流動と伝熱1】9:00～10:20

座長:宗像 鉄雄(産総研)

- C111 赤外線放射利用による新プラスチック溶着法の開発 (透明固体ヒートシンク利用による表面損傷の回避)  
黒崎 晏夫(電通大), 又吉 智也(三井化学), 佐藤 公俊(広島工大)
- C112 繊維素材の表面改質による脱臭及び濡れ性の改善  
大野 慶詞(群馬大), 稲田 茂昭, 松岡 成樹, 柿沼 正徳
- C113 電着塗装工程におけるエアポケットの数値シミュレーション(第2報:通気穴の影響)  
小森谷 徹(富士重工)
- C114 熱電半導体の薄膜生成とその評価  
白川 寿照(九州工大), 高尻 雅之, 宮崎 康次, 塚本 寛

【生産・加工プロセスにおける流動と伝熱2】10:30～12:10

座長:加藤 泰生(山口大)

- C121 フルゾーン液柱内温度差マランゴニ対流における振動流遷移とモード構造  
梅津 紘一(東京理大), 工藤 正樹, 河村 洋
- C122 液柱内マランゴニ対流に対する周囲気体の熱伝達の影響  
原島 正和(東京理大), 川目 悟史, 河村 洋
- C123 2成分系超臨界圧流体中での熱輸送現象に関する研究  
中納 暁洋(産総研), 白石 正夫, 宗像 鉄雄, 庄司 正弘
- C124 CZ法融液内対流不安定性に与える結晶およびルツボ回転の効果  
宗像 鉄雄(産総研), 染矢 聡(東京大), 中納 暁洋(産総研)
- C125 ガス溶解に伴う三相界面のマイクロ液膜構造とマランゴニ流の研究  
宮本 泰治(芝浦工大), 鴨志田 隼司, 永井 裕明, 居村昌弘, 鈴木健二郎

【生産・加工プロセスにおける流動と伝熱3】13:10～14:30

座長:富村 寿夫(九州大)

- C131 スポット摩擦攪拌接合における材料の温度場形成に及ぼすツール形状の影響  
富村 寿夫(九州大), 沖田 幸二, 山城 光, 平澤 茂樹(神戸大)
- C132 Heat Transfer of Moist Particles in Fluidized Bed Drying  
稲葉 英男(岡山大学), Syahrul Husain, 堀部 明彦, 春木 直人
- C133 研削加工時における水ミスト冷却が被加工物に及ぼす効果に関する研究 (ミスト冷却用超多孔性砥石の評価)  
磯部 佳成(山口産技セ), 加藤 泰生(山口大), 松尾 祐輔(大日本印刷)
- C134 氷内へのオゾンガス含有機構  
上野 祐輔(群馬大), 稲田 茂昭

## &lt; D室 &gt;

## 【ヒートパイプ・熱サイフォン1】9:00～10:20

座長:長崎 孝夫(東工大)

- D111 並列ループ型二相熱サイフォンの伝熱性能特性  
船渡 義明(茨城大), 神永 文人, 松村 邦仁
- D112 リザーバ内蔵ループ型ヒートパイプの熱特性に関する研究  
石川 博章(三菱電機), 大串 哲朗, 野村 武秀, 岩上 健,  
野田 浩幸(宇宙航空研究開発機構), 矢部 高宏
- D113 キャピラリ駆動式ループヒートパイプの性能向上  
中別府 修(東京工大), 平島 大輔
- D114 ループヒートパイプの性能に及ぼす各部大きさからの影響  
貞廣 哲(フジクラ), 清岡 史利, 齋藤 祐士, 望月 正孝

## 【ヒートパイプ・熱サイフォン2】10:30～12:10

座長:倉前 正志(北海道大)

- D121 中性子ラジオグラフィによる自励振動型ヒートパイプの可視化  
竹中 信幸(神戸大), 杉本 勝美, 河見 英雄, 吉田 壮寿
- D122 自励振動型マイクロヒートパイプの熱輸送特性  
西園 崇(九州大), 大仲 泰憲, 日高 澄具, 河野 正道,  
高橋 厚史, 高田 保之
- D123 アンモニアを用いた自励振動型ヒートパイプ  
井上 剛良(東京工大), 鈴木 祐二, 永田 隆介
- D124 自励振動ヒートパイプの熱輸送特性に及ぼす諸因子の影響  
長崎 孝夫(東京工大), 外園 寿幸, 伊藤 優
- D125 オリフィス付き二重管内の振動流による熱輸送  
石井 義久(千葉大), 菱田 誠, 田中 学

## 【ヒートパイプ・熱サイフォン3】13:10～14:30

座長:中別府 修(東京工大)

- D131 濃度差マランゴニ効果を利用したマイクロヒートパイプの解析  
倉前 正志(北海道大)
- D132 潜熱の役割に対する凝縮相の有限熱伝導性の影響 — 物質・エネルギー流量最大値の存在 —  
大西 善元(鳥取大)
- D133 炭酸ガス冷凍サイクルに組み込まれた二相流ノズルの特性に関する研究  
中川 勝文(豊橋技科大), 登尾 昭彦, 飯田 裕文, 武内 裕嗣(デンソー)
- D134 複写機定着ローラへの適用を考慮した新型回転式ヒートパイプの開発と性能試験  
アハマド ジャリルバンド(早稲田大), 勝田 正文, 斉藤 紘一郎, 豊永 純也

## &lt; E室 &gt;

## 【対流熱伝達の促進・制御1】9:00～10:20

座長:稲岡 恭二(同志社大)

- E111 界面活性剤添加による有機系ブラインの流動抵抗・熱伝達低減効果範囲に関する研究  
春木 直人(岡山大), 稲葉 英男, 堀部 明彦, 兒玉 友
- E112 マイクロ熱交換器用極細管群の熱伝達と流動挙動に関する研究  
小泉 安郎(工学院大), 大竹 浩靖, 奥山 武士
- E113 フィルム冷却の高性能化に関する研究  
熊谷 尚憲(大阪大), 武石 賢一郎, 小田 豊, 徳永 代介(TEC)
- E114 遮熱板の設置間隔特性に関する実験的研究  
松井 曉彦(新潟大), 松原 幸治, 鈴木 朋行, 小林 睦夫

## 【対流熱伝達の促進・制御2】10:30～11:30

座長:中部 主敬(京都大)

- E121 CO<sub>2</sub>ヒートポンプ給湯機用熱交換器の水側伝熱促進  
沼田 光春(ダイキン環空技研), 古井 秀治, 笠井 一成,  
岡 恭彦(ダイキン工業), 李 志信(清華大学), 孟 継安
- E122 低流速で運転する給湯機用水熱交換器における水管内の流動・伝熱特性  
古井 秀治(ダイキン環空技研), 沼田 光春, 笠井 一成,  
喜 冠南
- E123 金属バネを挿入した熱交換器の熱流動特性に関する数値解析  
西村 繁昭(同志社大), 稲岡 恭二, 千田 衛

## 【対流熱伝達の促進・制御3】13:10～14:10

座長:望月 貞成(東京農工大)

- E131 切欠きフィン付設流路内の熱流動特性(第2報 伝熱実験による検討)  
巽 和也(大阪府大), 山口 光弘, 西尾 圭史, 中部 主敬
- E132 対向面に波型フィンを使用したヒートシンクの熱伝達特性(熱流動解析と実験との比較)  
羽下 誠司(三菱電機), 大串 哲朗, 小原 雅信, 上田 哲也, 木本 信義
- E133 微細・少量ミスト噴霧による伝熱促進  
瀬名波 出(琉球大), 親川 兼勇, 屋我 実, 照屋 朝也,  
宮藤 義孝(富山高専), 檜和田 宗彦(岐阜大)

## &lt; F室 &gt;

## 【マイクロ伝熱1】9:15～10:15

座長:鈴木 雄二(東大)

- F111 マイクロチャンネルを流れるガス流の伝熱特性(熱流束が負の場合)  
洪 定杓(東京都立大), 浅古 豊(首都大学東京)
- F112 ナノ流体センサの製作とDSMC解析  
伊藤 洋平(九州大), 高橋 厚史
- F113 波数空間を全て離散化したボルツマン輸送方程式による熱・電気現象の数値解析  
邑本 亮平(九州大), 三木 貴文, 伊藤 衡平, 佐々木 一成

## 【マイクロ伝熱2】10:30～11:50

座長:大宮司 啓文(東大)

- F121 温度勾配に駆動されるブラウンリアンラチェットのイオン輸送  
中野 雄大(東北大), 小原 拓, 鳥居 大地
- F122 マイクロプラズマを使ったシリコン量子ドットの気相合成  
野崎 智洋(東京工大), 朝日 大介, 佐々木 健二, 岡崎 健
- F123 FT-ICRによる遷移金属クラスターと炭化水素の化学反応  
吉松 大介(東京大), 小泉 耕平, 須山 直紀, 丸山 茂夫
- F124 免疫磁気細胞分離に用いるラミネーション・マイクロミキサーの性能評価  
井口 裕道(東京大), 永江 剛典, 鈴木 雄二, 笠木 伸英,  
鹿園 直毅, 古川 克子, 牛田 多加志

## 【マイクロ伝熱3】13:10～14:30

座長:浅古 豊(首都大学東京)

- F131 有限長単層カーボンナノチューブのフォノン輸送に関する分子動力学シミュレーション  
塩見 淳一郎(東京大), 丸山 茂夫
- F132 垂直配向単層カーボンナノチューブ膜の超撥水性  
渡辺 誠(東京大), 村上 陽一, 門脇 政幸, エリック エイナルソン, 丸山 茂夫

- F133 衝突性プラズマシースにおけるカーボンナノチューブの配向成長  
野崎 智洋(東京工大), 大西 空摩, 岡崎 健
- F134 ナノフルイディックバイポーラトランジスタの設計  
大宮司 啓文(東京大), 小倉 匡博, 岡 由季子

【特別セッション・研究の回顧と後進への期待】 15:20～16:00

座長:未定

- F141 沸騰伝熱研究の今後への期待  
藤田 恭伸(九州大学名誉教授)

【優秀プレゼンテーション賞セッション・環境・エネルギー】 16:10～16:40 (ポスターセッションは展示室:17:00～18:00)

座長:花村克梧(東京工大)

- F151 着霜現象に及ぼす冷却面温度の影響  
上野 雅之(玉川大), 大久保 英敏
- F152 非灰色ガスを考慮した都市街路空間における人体へのふく射伝熱の影響  
長谷川 豊(長岡技科大), 山田 昇, 酒井 清吾(横浜国大)
- F153 追設凝縮器及びHFC134aを用いた空調機の高効率化  
山内 智裕(名古屋大), 後藤 誠, 大内田 聡, 藤田 真弘(松下エコシステムズ), 谷藤 浩二(ゼネラルヒートポンプ工業), 永田 謙二(名古屋工大), 上野 勲(エコシステム), 長谷川 達哉(名古屋大エコトピア)
- F154 ケミカル調湿システムにおける反応速度の基礎的検討  
岡野 僚太(広島大), 松村 幸彦, 菊地 義弘, 北原 博幸(トータルシステム研究所)
- F155 三角錐状目立て突起を有する性能強化型プライマリサーフェス熱交換器の伝熱特性  
吉田 英生(京都大), 岩井 裕, 齋藤 元浩, 平松 昌人
- F156 エネルギー削減を目指した原料の気中予備溶解によるガラス熔融過程の検討  
由川 格(東京工大), 佐藤 勲, 齊藤 卓志, 川口 達也
- F157 ハイブリッド湿式デシカント空調システムの研究  
伊藤 優馬(東京大), 飛原 英治, 党 超鋌
- F158 水冷プローブを用いた実用燃焼器内ガス温度および化学種濃度測定法の検証  
渡部 弘達(東北大), 呼和 涛力, 両角 仁夫, 青木 秀之, 三浦 隆利
- F159 ミスト化ゼオライト粒子による二酸化炭素の回収・固定  
瀧本 昭(金沢大), 多田 幸生, 大西 元, 山口 仁史
- F1510 雪山及び融雪水を用いた冷房・除湿システムの実験・研究  
吉高神 達(山形大), 安藤 由晴, 兼原 大樹, 松本 大典, 横山 孝男, 安原 薫, 池田 正彦(尾花沢市役所)

<G室>

【蓄熱蓄冷1】 9:00～10:20

座長:大河 誠司(東京工大)

- G111 LNG冷熱利用水素製造プロセス用蓄冷装置  
満田 正彦(神戸製鋼), 山本 誠一, 田中 正幸, 応本 和之(関西電力), 関辰 与志
- G112 水和物付着固相の固体面からの剥離特性  
大徳 忠史(横国大), 宇高 義郎, 廣瀬 生典
- G113 相似曲線をベースとした潜熱蓄熱器のエクセルギ解析  
津野 浩司(豊田工大), 海野 紘治
- G114 潜熱蓄熱器において熱通過有効度の時間的変化から相似曲線を得る逆問題  
松浦 慎(豊田工大), 海野 紘治

【蓄熱蓄冷2】 10:30～12:10

座長:海野 紘治(豊田工大)

- G121 アイススラリーの流動および熱伝達特性に関する研究  
佐嶋 尚之(東京工大), 熊野 寛之, 齋藤 彬夫, 大河 誠司, 島田 才寛
- G122 水和物スラリーの蓄熱特性に関する研究  
熊野 寛之(東京工大), 齋藤 彬夫, 大河 誠司, 後藤 祐介
- G123 アルコール水溶液を用いたアイススラリーの貯蔵に関する研究  
香田 玄(東京工大), 齋藤 彬夫, 大河 誠司, 宝積 勉
- G124 排熱回収エマルジョン蓄熱材の熱サイクル耐久性能評価  
中島 雅祐(IHI), 矢嶋 健史, 小熊 正人, 堀 政義
- G125 Heat Storage Characteristics of Micro-capsule Slurry in a Horizontal Rectangular Enclosure  
稲葉 英男(岡山大), 張 艶来, 堀部 明彦, 春木 直人

【蒸発伝熱】 13:10～14:50

座長:宇高 義郎(横浜国大)

- G131 水蒸気の空気中への移動V  
田中 修(徳島文理大)
- G132 高温面上におけるスラリー液滴の蒸発挙動に関する研究  
齊藤 晋一(大分大), 上宇都 幸一
- G133 潤滑油を含む二酸化炭素の水平管内蒸発熱伝達  
相吉澤 和俊(東京大), 山田 崇司, 原口 昇, 党 超鋌, 飛原 英治
- G134 連続界面系液-液直接接触蒸発熱交換の改善に関する研究  
角口 勝彦(産総研)
- G135 水蒸発による静圧効果が付加された超微細多孔質金属製ハイブリッド気体軸受  
吉田 英生(京都大), 石部 英臣(日本精線), 吉富 聡(京都大), 齋藤 元浩, 松井 裕樹, 江川 猛, 岩井 裕, 坪田 宏之, 桑原 健雄, 金丸 一宏

<H室>

【粒子-流体系における伝熱1】 9:00～10:20

座長:三松 順治(岐阜大)

- H111 充填層を流れる超臨界水溶液の伝熱特性に及ぼす水溶液濃度の影響  
末岡 裕章(広島大), 松村 幸彦, 菊地 義弘
- H112 循環流動層内鉛直平板上熱伝達に関する研究  
加藤 泰生(山口大), 田村 嘉之, 栗間 諄二
- H113 粒子懸濁液膜によるガス吸収促進  
鮎川 友治(能開総大), 佐藤 広美, 望月 高昭(学芸大), 梶 信藤(能開総大)
- H114 可視光型光触媒による室内汚染物質の浄化シミュレーション  
田坂 誠均(住金総研), 正木 康浩, 福田 匡

【粒子-流体系における伝熱2】 10:30～12:10

座長:菊地 義弘(広島大)

- H121 後向きマイクロ・ステップ流における多種混合粒子系の熱流動現象の解明  
三松 順治(岐阜大), 戸田 恭平, 山田 真弘
- H122 管内流動有機系水溶液の連続製氷特性  
堀部 明彦(岡山大), 稲葉 英男, 春木 直人, 中山 達雄
- H123 微細氷の連続生成を目的とするノズル噴霧特性  
森田 慎一(米子高専), 小島 忠将
- H124 固体面上液滴内における粒子運動とパターン形成  
東風谷 和範(東京理大), 上野 一郎
- H125 分子動力学法による微小液滴の固体壁面への衝突シミュレーション  
松本 充弘(京都大), 中澤 伸之



## 【複合対流伝熱】13:10～14:50

座長:姫野 修廣(信州大)

- H131 基板上蒸発液滴内の流動可視化と数値解析  
金田 昌之(九州大), 百田 健太郎, 石塚 博孝, 深井 潤, 安武 重和, 高原 淳
- H132 水平加熱円柱まわりの強制-自然共存対流の流動と伝熱  
北村 健三(豊橋技科大), 本谷 和浩, 木村 文義(兵庫県立大)
- H133 水平正方形流路内複合対流熱伝達に及ぼす壁面熱伝導の影響  
一宮 浩市(山梨大), 鳥山 孝司, 渡邊 久洋
- H134 通気層付き外断熱建築物の熱的制御に関する研究  
稲垣 照美(茨城大), 澤部 秀明, 山内 真悟, 中村 聡(東急建設), 富田 健司
- H135 高レベル放射性廃液ガラス固化体貯蔵設備の冷却性能改善と強制通風試験  
大野 勇(石川島播磨重工業), 神馬 正樹, 大野 昭, 加来 義行(石川島プラントエンジニアリング), 大久保 哲朗(日本原燃), 美濃 佳隆, 宮川 正道

## &lt; I 室 &gt;

## 【熱物性値と測定法1】9:00～10:20

座長:長坂 雄次(慶應大)

- I111 ナノメートルスケールにおける金属薄膜の熱物性(第二報)  
高橋 文明(名古屋工研), 濱田 幸弘, 加藤 良三(アルバック理工), 八田 一郎(福井工大)
- I112 誘導加熱を用いた温度伝導率測定法の金属材料への適用  
松島 栄次(大阪工大), 北條 勝彦
- I113 静磁場印加電磁浮遊法による高温シリコン融液の熱物性値の測定  
塚田 隆夫(大阪府立大), 福山 博之(東北大), 小畠 秀和, 湊 出, 淡路 智
- I114  $3\omega$ 法を用いた垂直配向単層カーボンナノチューブの熱伝導率計測  
石川 桂(東京大), テ ヨル チョイ(チューリッヒ連邦工大), ディーモス ポウリカコス, エリック エイナルソン(東京大), 村上 陽一, 丸山 茂夫

## 【熱物性値と測定法2】10:30～12:10

座長:濱田 幸弘(名古屋工研)

- I121 PEFC 用ガス拡散層の酸素拡散特性  
王 世学(日産自動車), 田崎 豊, 宇高 義郎(横浜国大)
- I122 フォトサーマル赤外線検知法による PLD 法で作製したサブミクロン  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  膜の熱伝導率評価  
實川 仁美(慶應大), 森 嘉史, 長坂 雄次
- I123 非定常拡散場の局所計測による物質拡散係数の濃度依存性評価  
小宮 敦樹(東北大流体研), 円山 重直, 守谷 修一
- I124 van der Waals - Platteeuw モデルを用いたクラスレート水和物の相平衡条件予測(Kihara パラメータの修正)  
佐藤 恵美(慶應大), 三好 達也, 大村 亮(産総研), 泰岡 顕治(慶應大)
- I125 280～360 K, 0.1～15 MPa の温度圧力範囲におけるメタノール水溶液の定圧比熱測定  
田中 勝之(いわき明星大), 藤田 郁生(慶應大), 上松 公彦

## 【伝導伝熱】13:10～14:30

座長:鹿園 直毅(東京大)

- I131 FPGAによる二次元定常熱伝導シミュレータ  
佐竹 信一(東京理大), 廣井 義明, 伊藤 智義(千葉大), 増田 信之
- I132 熱伝達で駆動される固体内部変動温度場の周波数応答とその数値解析  
水野 望(名古屋工大), 加藤 健次, 田川 正人, 北村 憲彦
- I133 発熱変動ある平板の温度変化を最小にする熱制御技術の解析的検討  
平澤 茂樹(神戸大), 伊藤 心也, 福島 芳雅(日立ハイテク)
- I134 蓄熱部材及び断熱部材が及ぼす温水式床暖房放熱特性  
佐々木 寛(山形大), 高橋 真吾, 横山 孝男, 安原 薫, 菊地 薫(千歳工務店)

## &lt; J 室 &gt;

## 【膜沸騰・極小熱流束】9:00～10:20

座長:横堀 誠一(東芝)

- J111 超流動ヘリウム中の垂直円柱における膜沸騰熱伝達  
濱 勝彦(京都大), 塩津 正博
- J112 サブクール膜沸騰領域における有限垂直円柱の冷却曲線  
山田 たかし(長崎大), 茂地 徹, 桃木 悟, 金丸 邦康, 山口 朝彦
- J113 球上の過冷膜沸騰における蒸気膜の安定性  
本田 博司(元九州大), 眞喜志 治(東亜大), 山城 光(九州大)
- J114 塩類添加による蒸気膜崩壊および蒸気爆発の促進効果  
新井 崇洋(電中研), 古谷 正裕

## 【凝縮伝熱】10:30～11:50

座長:茂地 徹(長崎大)

- J121 高温高圧下での凝縮熱伝達に関する研究  
師岡 慎一(東芝), 久保 伸二, 白川 健悦, 湯浅 寛子, 山本 哲三, 小野 寛
- J122 鉛直平滑平板上でのアンモニア/水二成分混合媒体の凝縮伝熱特性  
池上 康之(佐賀大), 秋山 泰有, 有馬 博史, 金 政君
- J123 鉛直細管外面における水蒸気の凝縮現象の観測(続報)  
宇高 義郎(横浜国大), 津田 智司, 木村 哲也
- J124 水平管群を用いた凝縮を伴う高圧湿り空気冷却実験  
井上 浩一(九州大), 有木 香菜子, 大田 治彦, 坂田 照明(三菱重工), 八代 裕嗣, 平岡 賢

## 【沸騰・凝縮における伝熱促進】13:10～14:50

座長:金丸 邦康(長崎大)

- J131 螺旋細管内の沸騰熱伝達及び圧力降下に関する実験的研究  
小山 繁(九州大), 桑原 憲, 三浦 涉臣, 松元 昂
- J132 乳化流体の伝熱特性に対する添加成分の影響  
山崎 博司(日本大), 小幡 義彦, 氏家 康成
- J133 凝縮を伴う蒸気泡の形状変化と表面波の発生・伝播  
有馬 正之(東京理大), 吉田 真人, 古城 達則, 上野 一郎
- J134 縦板上凝縮熱伝達の促進(離散伝熱面におけるフィン厚みの影響)  
儲 仁オ(コマツ), 畠中 勉, 西尾 茂文(東京大生研)
- J135 自然循環通水による管外凝縮型熱交換器の除熱機構  
横堀 誠一(東芝), 飛松 敏実, 小島 良洋, 秋永 誠, 及川 弘秀

## 第2日 6月1日(木)

## &lt; A室 &gt;

## 【二相流の流動と伝熱3】9:00~10:20

座長:高橋 実(東京工大)

- A211 放射線誘起および光誘起親水性の表面科学  
古谷 正裕(電中研), 本城 義夫(電中研), 阿部 弘亨(東京大), 岡本 孝司, 賞雅 寛而(東京海洋大), 鹿野 文寿(東芝), 宮野 征巳(産創研)
- A212 気液二相流における撥水性表面を利用した流動抵抗低減効果に関する研究  
西本 篤志(九州大), 日高 澄具, 河野 正道, 高田 保之, 杉本 敏明(セントラル硝子)
- A213 層流自然対流場における微細気泡混入による伝熱促進  
内田 健司(京都工繊大), 小菅 桂太, 北川 石英, 萩原 良道
- A214 非線形サーモキャピラリー溶液のミニチャンネル蒸発管における伝熱特性と流れの挙動  
小野 直樹(芝浦工大), 吉田 貴洋, 庄司 正弘(産総研), 竹村 文男, 巖 子翔(日産自動車)

## 【二相流の流動と伝熱4】10:30~12:10

座長:刑部 真弘(東京海洋大)

- A221 液滴の流動抵抗に対する液滴の粘性の影響  
工藤 一彦(北海道大), 黒田 明慈, 高原 雅敏, 中島 武志
- A222 鉛ビスマス冷却高速炉の模擬チムニー内における気泡流特性  
高橋 実(東京工大原子炉研), 明石 豊宇(東京工大), 山田 由美(新型炉技術開発)
- A223 垂直落下液膜流の界面波構造と内部流動  
木野 千晶(京大), 功刀 資彰, 芹澤 昭示
- A224 相変化を伴う細管内鉛直上昇スラグ流の研究  
熊谷 健治(京大), 岩井 裕, 吉田 英生, 久野 允史
- A225 CO<sub>2</sub> 地下貯留における多孔質内二相流のLBM解析  
末包 哲也(東京工大), 瀧岸 知子, 平井 秀一郎

## 【二相流の流動と伝熱5】13:30~14:50

座長:大川 富雄(大阪大)

- A231 強制流動によるアルカリ水電解高効率化の実験的検討  
古田 哲也(福井大), 伊藤 智昭, 永井 二郎, 竹内 正紀
- A232 稠密燃料を模擬した流路内の流動様式と液膜挙動  
秋葉 美幸(東芝), 師岡 慎一, 三松 順治(岐阜大), 坂井 臣司, 井上 晃(東工大)
- A233 単一小気泡の上昇速度に及ぼす混入微細粒子の影響  
南川 久人(滋賀県立大), 片山 達也(船井電機株), 木澤 亮(滋賀県立大)
- A234 壁面近傍を落下する液滴内外の流動現象のPIV計測  
高梨 良寛(宇都宮大), 安田 和真(アスモ), 二宮 尚(宇都宮大)

## &lt; B室 &gt;

## 【特別セッション・燃料電池における熱流体問題1】9:40~10:20

オーガナイザ:青木 博史(豊田中研), 田中 雅(中部電力),  
中村 泰久(東邦ガス), 恩田 和夫(豊橋技科大),  
堀 美知郎(大同工大)

## 展望講演 9:40~10:20

座長:岡崎 健(東京工大)

- B211 自動車用燃料電池技術の現状と課題  
森本 友(豊田中研 FC システム研究室)

## 【特別セッション・燃料電池における熱流体問題2】10:30~12:10

座長:堀 美知郎(大同工大)

- B221 固体高分子形燃料電池におけるガス拡散層内水分の存在状態及び挙動の微視的観察  
西田 耕介(京都工繊大), 村上 毅, 津島 将司(東京工大), 平井 秀一郎
- B222 中性ラジオグラフィによる固体高分子形燃料電池内結露水挙動の可視化と計測  
植田 忠伸(神戸大), 竹中 信幸, 浅野 等, 谷本 一美(産総研), 川端 祐司(京大)
- B223 小型NMRセンサーによる水電解運転時のPEM内含水量計測  
小川 邦康(慶應大), 榊原 浩志郎, 伊藤 衡平(九州大), 拝師 智之(MR Technology), 宇津澤 慎
- B224 走査型プローブ顕微鏡による固体高分子電解質膜クラスター構造解析  
津島 将司(東京工大), 平井 秀一郎
- B225 氷点下起動時における固体高分子形燃料電池内凍結現象の温度分布画像計測  
田部 豊(北海道大), 中宮 弘満, 菊田 和重, 近久 武美, 各務 文雄(日産自動車), 吉澤 幸大

## 【特別セッション・燃料電池における熱流体問題3】13:30~15:10

座長:青木 博史(豊田中研)

- B231 固体高分子形燃料電池(PEFC)のセル内湿度分布測定  
佐宗 秀寿(東京電機大), 針山 卓, 西川 尚男
- B232 可視化 PEMFC を用いたフラッドング観察とセル電圧への影響  
宮崎 智彦(九州大), 伊藤 衡平, 佐々木 一成, 大嶋 敏宏, 益田 啓光, 足利 謙介
- B233 二層構造ガス拡散層の自己水分管理機能測定  
工藤 一彦(北海道大), 黒田 明慈, 島津 陽介, 進士 禎一郎, 近久 武美
- B234 MEMS 技術援用 Ti-GDL を利用した PEFC における物質移動  
三浦 敦佑(東京工大), 伏信 一慶, 岡崎 健
- B235 PEFC 内の気液流動現象および電流密度分布と電池性能  
安田 陽介(北海道大), 野原 尚史, 田部 豊, 菊田 和重, 近久 武美, 篠原 英毅(日立)

## &lt; C室 &gt;

## 【Special Session・IECEC2006 Pre-Symposium-1】9:00~10:20

Organizers:

Kuniyuki Kitagawa (Nagoya Univ.) Chair  
Naoki Maruyama (Mie Univ.) Secretary  
Katsunori Hanamura (Tokyo Inst. of Tech.)  
Kunio Yoshikawa (Tokyo Inst. of Tech.)

## Keynote 9:00~9:40

Chairmen: Kuniyuki Kitagawa (Nagoya Univ.), Yusuyuki Ishida

- C211 Hydrogen Generation from Wastes using Ultra-High Temperature Steam Gasification  
W. Cichonski(Silesian Univ. of Technology), A. K. Gupta (Univ. of Maryland)
- C212 Energy Conversion from Fossil Fuel into Spectral-controlled Radiation for TPV by Super-Adiabatic Combustion  
Tomoyuki Kumano (Tokyo Inst. Tech.), Katsunori Hanamura

- C213 Commercial Demonstration of Power Generation from Chicken Manure Using a Stirling Engine  
Kunio Yoshikawa (Tokyo Inst. Tech.)

【Special Session・IECEC2006 Pre-Symposium-2】 10:30～11:50  
Chairmen: Satoru Okamoto (Shimane Univ.), Naoki Maruyama (Mie Univ.)

- C221 Power Generation by SOFC with a new Anode using Proton-Conducting Materials  
Shiko Nakamura (Tokyo Inst. of Tech.), Katsunori Hanamura, Manabu Ihara
- C222 Analytical Chemistry Study on Hydrogen Formation from Biomass by Hydrothermal Process  
Noriaki Sugimoto (Nagoya Univ.), Yasuyuki Ishida, Kuniyuki Kitagawa (EcoTopia Sci. Inst., Nagoya Univ.), Tatsuya Hasegawa
- C223 Numerical Study on Hydrothermal Oxidation in a Tube Reactor  
Kenji Koido (Nagoya Univ.), Kazuma Hirosaka, Takashi Kubo (EcoTopia Sci. Inst., Nagoya Univ.), Masato Fukayama (Nagoya Univ.), Kazuhiro Ouryouji, Tatsuya Hasegawa (EcoTopia Sci. Inst., Nagoya Univ.)
- C224 Influence of Photocatalyst Film Forming Conditions on CO<sub>2</sub> Reforming and Condensation of Reforming Product  
Mitsumasa Fujita (Mie Univ.), Akira Nishimura, Seizo Kato

【Special Session・IECEC2006 Pre-Symposium-3】 13:30～14:50  
Chairmen: Katsunori Hanamura (Tokyo Inst. Tech.), Kunio Yoshikawa

- C231 Thermal Efficiency Enhancement of Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) using Solar Thermal Energy  
Noboru Yamada (Nagaoka Univ. Tech.), Akira Hoshi (Ichinoseki Inst. Tech.), Yasuyuki Ikegami (Saga Univ.)
- C232 Total Assessment of Environmental Impact for Electricity Generation in Japan  
Yucho Sadamichi (Mie University), Naoki Maruyama, Akira Nishimura, Seizo Kato
- C233 An Analysis of Actual Conditions about Waste Heat from Factories  
Satoru Okamoto (Shimane Univ.)
- C234 Design Methodology for Energy Supply System from Efficiency and Environmentally Conscious Standpoints  
Naoki Maruyama (Mie Univ.), Yucho Sadamichi, Shunsuke Nakanishi, Seizo Kato

#### <D室>

【融解・凝固1】 9:00～10:20

座長:青木 和夫(長岡技科大)

- D211 非定常線熱源法による水溶液から生成された氷スラリーの熱伝導率測定(氷の融解潜熱の影響に関する解析的考察)  
鈴木 崇浩(高砂熱学工業), 松本 浩二(中央大)
- D212 非混合性二液の噴流衝突(衝突挙動観察と氷スラリー生成の試み)  
五十嵐 健大(慶應大), 安田 直弘, 森 康彦
- D213 炭化水素系混合ガスと大分子ゲスト物質からのクラスレート水和物生成(気相組成測定に基づく水和物生成挙動の検討)  
小林 岳人(慶應大), 井村 尚貴, 大村 亮(産総研), 森康彦(慶應大)
- D214 メタンハイドレート合成に与える弱い電場の影響  
西井 俊明(電源開発, 東京大), 鳥居 雄弥(電源開発), 榊山 直人, 太田 正廣(首都大)

【融解・凝固2】 10:30～12:10

座長:岡田 昌志(青学大)

- D221 熱媒体中に置かれた水平な管群内の氷の融解を伴う複合対流熱伝達  
廣瀬 宏一(岩手大), 畠山 純一, 阿部 智明
- D222 波形融解面をもつ水平氷板の温度・濃度複合融解  
小松 喜美(秋田大), 菅原 征洋, 佐藤 裕, 藤田 忠
- D223 潜熱蓄熱円筒カプセルの融解特性に及ぼす非均一熱伝達率の影響  
小木 浩通(茨城大), 椎名 保顕(原子力機構), 稲垣 照美(茨城大)
- D224 流れの中におかれた水平円柱内における接触融解熱伝達  
椎名 保顕(原子力機構), 根本 寛幸(茨城大), 小木 浩通, 稲垣 照美
- D225 数値計算によるLiBr水溶液中の氷の生成・融解過程に関する考察  
平澤 良男(富山大), 小坂 暁夫, 喜多野 一幸, 荒井 努, 竹越 栄俊

【融解・凝固3】 13:30～15:10

座長:森 康彦(慶應大)

- D231 アルミニウム繊維層に満たされた水の凍結  
菅原 征洋(秋田大), 小野寺 高広, 小松 喜美, 田子 真, 藤田 忠
- D232 過冷却水中における固体壁面上の氷結晶成長  
寺岡 喜和(青山学大), 岡田 昌志, 樋口 雄介
- D233 冷却固体面と氷の付着現象に関する基礎研究  
小林 寛昌(セイコーインスツル), 松本 浩二(中央大), 大黒 優也
- D234 低温室内で平板に落下する液滴の凍結現象(氷柱の凍結速度とその形状)  
高橋 聡史(信州大), 平田 哲夫, 安江 宣征, 石川 正昭
- D235 高分子の作用による氷結晶のオストワルドライビング抑制  
稲田 孝明(産総研), Poly Rani Modak (Univ. New Brunswick), 安 幸(産総研)

#### <E室>

【高性能コンパクト熱交換器1】 9:00～10:20

座長:川口 清司(富山大)

- E211 CO<sub>2</sub> ヒートポンプ給湯機用熱交換器の伝熱特性向上に関する研究  
木田 琢己(松下電器), 木戸 長生, 浜川 朋子
- E212 クロスフィンチューブ式熱交換器の無次元整理式の検討  
近藤 智恵子(日立空調), 小国 研作, 千秋 隆雄(山口大)
- E213 クロスフィンチューブ型熱交換器の性能に及ぼす伝熱管特性の影響  
水田 貴彦(住友軽金属工業), 柿山 史郎, 佐々木 直栄
- E214 クロスフィンチューブ型熱交換器の性能に及ぼすフィン特性の影響  
柿山 史郎(住友軽金属工業), 磯村 紀寿, 佐々木 直栄

【高性能コンパクト熱交換器2】 10:30～11:50

座長:佐々木 直栄(住友軽金属工業)

- E221 熱交換器一体型遠心ファンにおける伝熱特性  
川口 清司(富山大), 新家 佑二, 三村 直史, 奥井 健一, 田中 太
- E222 扁平多穴管を用いた自動車用空調機用蒸発器の性能予測計算  
桑原 憲(九州大), 小山 繁, 生田 四郎(カルソニックカンセイ)

- E223 多流体熱交換器の特性解析  
青木 和夫(長岡技科大), 山谷 喬紀, へるやんと どうい,  
石川 信幸(宮城高専)
- E224 渦発生体を有する自動販売機用高性能フィンアンドチューブ  
型熱交換器の開発  
岩崎 正道(富士電機), 齋藤 博史(東京農工大), 望月  
貞成, 村田 章

#### 【高性能コンパクト熱交換器3】13:30～14:50

座長:小山 繁(九州大)

- E231 随伴解析に基づく高性能コンパクト熱交換器の形状最適設計  
森本 賢一(東京大), 鈴木 雄二, 笠木 伸英
- E232 燃料電池オフガス熱交換器伝熱モジュール特性の数値解析的研究  
鈴木 健二郎(芝浦工大), 有吉 伴弘
- E233 ミニチャネル沸騰系における薄液膜構造  
宇高 義郎(横浜国大), 田崎 豊(日産自動車), 一井 皇  
介(横浜国大)
- E234 管径の影響を考慮した水平蒸発管内の冷媒 R-134a の沸騰  
熱伝達の予測  
斎藤 静雄(東京大), 大宮司 啓文, 飛原 英治

#### < F 室 >

#### 【特別セッション・航空・宇宙における熱流体問題1】9:00～10:20

オーガナイザ:戸上 健治 (三菱重工), 嶋 英志 (川崎重工),  
長谷川 達哉 (名古屋大), 菱田 学

座長:菱田 学 (名古屋大)

- F211 2 流体モデルによる粗氷形成のシミュレーション  
坪井 一洋(茨城大), 木村 茂雄(神奈川工科大)
- F212 フィルムクーリング燃焼器の開発  
國枝 雅敏(名古屋大), 梅村 章
- F213 低圧雰囲気下での電線火災の危険性に関する研究  
中村祐二(北海道大), 吉村野歩子, 松村智洋
- F214 乱流予混合火災の局所層流燃焼速度に関する DNS データ  
ベース解析  
坪井 和也(名古屋大), 錦 慎之助(長岡技科大), 長谷川  
達哉

#### 【特別セッション・航空・宇宙における熱流体問題2】10:30～12:10

座長:戸上 健治 (三菱重工)

- F221 タービンディスク ローターステーター系における過渡的な熱  
流動場  
大北 洋治(石川島播磨重工)
- F222 PDE サイクル吸気行程における熱的問題の数値計算による  
検討  
菱田 学(名古屋大), 藤原 俊隆
- F223 固体ロケットモータ内の熱流動現象  
嶋田 徹(宇宙航空研究開発機構)
- F224 高温衝撃風洞を用いた再突入物体周りの熱計測  
橋本 時忠(宇宙航空研究開発機構), 小室 智幸, 高橋  
政浩, 佐藤 和雄, 伊藤 勝宏, Gopalan Jagadeesh(インド科  
学大学), K.P.J Reddy
- F225 アーク加熱器内高エンタルピ流れの数値解析  
酒井武治(名古屋大)

#### 【特別セッション・航空・宇宙における熱流体問題3】13:30～15:10

座長:嶋 英志 (川崎重工)

#### 展望講演 13:30～14:10

- F231 小惑星探査機「はやぶさ」の熱設計  
大西 晃(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部)
- F232 二次元衝撃波干渉空力加熱の層流／乱流 CFD 計算につ  
いて  
宮路 幸二(横浜国大)
- F233 極超音速化学反応流解析コードの開発とその検証  
坂村 芳孝(富山県立大), 加藤 浩一, 鈴木 立之
- F234 UPACS による圧縮流・熱伝導連成解析  
山根 敬(宇宙航空研究開発機構), 馬場 隆弘, 福山 佳  
孝

#### < G 室 >

#### 【分子動力学1】9:15～10:15

座長:芝原 正彦(大阪大)

- G211 ナノバブルの界面構造と帯電特性の分子動力学解析  
住吉 宏介(九州工大), 大庭 創, 長山 暁子, 鶴田 隆治
- G212 温度勾配壁面上ナノスケール液滴移動における表面張力と  
拡張係数の温度依存性の効果  
村田 章(東京農工大), 望月 貞成
- G213 LJ 膜における一次元波面熱伝導  
ゾロツキヒナ タチアナ(富山大)

#### 【分子動力学2】10:30～11:50

座長:丸山 茂夫(東京大)

- G221 白金結晶表面近傍における液体水の分子スケール構造(液  
体のせん断の影響)  
鳥居 大地(東北大), 小原 拓
- G222 分子動力学法による白金表面上の水液滴核生成  
木村 達人(神奈川大)
- G223 メンボラスシリカへの水蒸気吸着の分子動力学  
城野 克広(東京大), 大宮司 啓文
- G224 水-イソブタノール界面におけるプロパン酸の分子動力的  
研究  
木下 裕基(東京大), 大宮司 啓文

#### 【分子動力学3】13:30～14:50

座長:小原 拓(東北大)

- G231 水中のアミノ酸ポリペプチドモデルの分子動力学解析  
谷口 比呂実(京都工繊大), 延川 隆, 萩原 良道
- G232 構造 H ハイドレート自由エネルギー計算  
三好 達也(慶應大), 大村 亮(産総研), 泰岡 顕治(慶應  
大)
- G233 低圧燃焼場における PAH およびフラレーンの生成過程に関  
する研究  
芝原 正彦(大阪大), 高田 敬士, 清水 翼
- G234 SiC の表面分解によるカーボンナノチューブ生成過程の分子  
動力学解析  
山口 浩樹(東京大), 丸山 茂夫

#### < H 室 >

#### 【バイオ伝熱・食品の伝熱1】9:00～10:20

座長:石黒 博(九州工大)

- H211 大血管血流の冷却効果を考慮した生体内温度分布推定  
三戸部 嘉洋(北海道大), 池川 昌弘, 山田 雅彦, 中井  
雅俊

- H212 生体材料の熱伝導率, 熱拡散率の非侵襲測定法(寒天を用いた測定法の検討)  
弥永 典宏(九州大), 内田 悟, 吉田 敬介, 高松 洋, 張興, 藤井 丕夫
- H213 食品の凍結・解凍過程における伝熱と損傷の数値シミュレーション  
多田 幸生(金沢大), 瀧本 昭, 相良 タ梨子(シナノケンシ), 林 勇二郎(金沢大)
- H214 ペルチェ効果を用いた能動精密伝熱制御による皮膚凍結手術装置  
円山 重直(東北大流体研), 武田 洋樹(東北大), 相場節也(東北大病院), 小宮 敦樹(東北大流体研)

## 【バイオ伝熱・食品の伝熱2】10:30~12:10

座長: 円山 重直(東北大)

- H221 リポソームの凍結挙動に関する研究  
小林 雅之(千葉大), 根本 健司, 田中 学, 菱田 誠
- H222 高張電解質水溶液による細胞の損傷・死滅特性を記述する反応速度論的モデルの特性(非凍結低温条件における温度の影響)  
石黒 博(九州工大), 福田 敬介
- H223 不凍化タンパク質が氷-溶液界面に及ぼす影響に関する実験的研究  
中西 力也(京都工繊大), 森兼 悠介, 萩原 良道, 中別府修(東京工大)
- H224 低温プラズマ照射による水中浮遊菌の殺菌  
稲田 茂昭(群馬大), 庄司 龍太, 上野 祐輔
- H225 人工臓器への応用を目的とした種々の足場構造の物質輸送に関する基礎的研究  
高野 清(東京大生研), クリストフ プロバン, 酒井 康行, 藤井 輝夫, 白樫 了

## 【相変化利用機器】13:30~14:50

座長: 吉田 英生(京都大)

- H231 Heat Transport Device with Phase-change using Two Parallel Tubes  
アディナ・カルトク(東京農工大), 望月 貞成, 村田 章, イオアナ イオネル(ティミショアラ工科大)
- H232 水蒸気により駆動する水ピストンエンジンの動作条件に関する研究  
内田 正宏(名古屋大), 胡 涛, 百瀬 豊(百瀬機械設計), 北川 邦行(名古屋大学), 長谷川 達哉
- H233 超小型過熱蒸気発生器の開発  
寺田 真也(関西大院), 松本 亮介(関西大), 小澤 守, 竹森 利和(大阪ガス), 久角 喜徳, 毛笠 明志
- H234 低圧フラッシング水洗浄器の性能  
堀木 幸代(東京海洋大), 刑部 真弘

## &lt; I 室 &gt;

## 【自然エネルギー利用1】9:00~10:20

座長: 三木 康臣(北見工大)

- I211 排水性舗装体内埋設管による融雪特性  
山口 正敏(日本地下水開発), 堀野 義人, 沼澤 喜一, 安彦 宏人(日本環境科学), 横山 孝男(山形大), 安原 薫
- I212 太陽熱床暖房における過冷却蓄熱の省エネルギー効果  
平野 聡(産総研), 齋藤 武雄(東北大)
- I213 雪利用による木材乾燥複合技術  
千葉 智徳(山形大), 長谷川 拓也, 横山 孝男, 安原 薫, 沼澤 貞義(沼澤工務店)
- I214 組立式家庭用雪箱(HSB-IV型)の製作と運用法について  
菅野 他人男(山形大), 安原 薫, 安藤 由晴, 吉高神 達, 兼原 大樹, 松本 大典, 横山 孝男

## 【自然エネルギー利用2】10:30~11:30

座長: 横山 孝男(山形大)

- I221 空気式太陽集熱パネルの熱電ハイブリッド化に関する研究  
三木 康臣(北見工大), 郡 壮敏, 武山 倫(オーエム研究所), 相曾 一浩(矢崎総業), 浅井 俊二
- I222 Mm (La0.6-0.8)Ni4.0Co0.6Mn0.2Al0.2 合金の有効熱伝導率と伝熱促進に関する研究  
裴 相哲(佐賀大海洋エネルギー研究センター), 楊 洋, 田苗 孝行(佐賀大), 池上 康之(佐賀大海洋エネルギー研究センター), 門出 政則
- I223 超音波ケミカル効果による BDF の合成および応用  
朱 寧(静岡理工科大), 山梨 倫靖

## 【密閉空間内の自然対流】13:30~14:50

座長: 北村 健三(豊橋技科大)

- I231 鉛直二平板間密度成層内の自然対流熱伝達に及ぼす伝熱面間距離の影響(第2報)  
姫野 修廣(信州大), 辻井 隆也, 金丸 智, 住田 孝史
- I232 水平シアー流れ中での温塩水塊の二重拡散現象  
鎌倉 勝善(富山高専), 平野 博之(岡山理大), 尾添 紘之
- I233 熱格子ボルツマン法における外力項の影響  
瀬田 剛(富山大), 竹越 栄俊, 奥井 健一
- I234 吸着ヒートポンプサイクル試験機による材料評価  
廣田 靖樹(名古屋大), 小林 敬幸, 架谷 昌信(愛知工大)

## &lt; J 室 &gt;

## 【核沸騰1】9:00~10:20

座長: 永井 二郎(福井大)

- J211 極細円管内における強制流動沸騰熱伝達特性の実験的研究  
嶋田 裕一郎(九州大), 井上 浩一, 大田 治彦
- J212 核沸騰過程におけるマイクロ液膜構造  
宇高 義郎(横浜国大), 櫻井 彰則, 中村 考作
- J213 MEMS 技術を用いて作製した人工キャピティ付き伝熱面による核沸騰現象の実験的研究  
佐藤 隆登(工学院大), 小泉 安郎, 大竹 浩靖
- J214 MEMS センサによる核沸騰熱伝達機構の研究 (電解トリガーと熱流評価手法の開発)  
中別府 修(東京工大), 若杉 秀明

## 【核沸騰2】10:30~11:30

座長: 大田 治彦(九州大)

- J221 リチウム系塩類水溶液におけるブール核沸騰熱伝達特性  
鴨志田 隼司(芝浦工大), 柴田 隆雄(三洋電機), 戸塚 圭亮(芝浦工大), 庄司 正弘(産総研), 川口 靖夫(東京理大)
- J222 大直径伝熱面における CHF 付近の液層構造  
鴨志田 隼司(芝浦工大), 井出 幸佑(三洋電機), 弓座京子(芝浦工大)
- J223 高速薄液流による局所高熱負荷冷却に関する研究  
大竹 浩靖(工学院大), 小泉 安郎, 根本 健



【限界熱流束】 13:30～14:50

座長:大竹 浩靖(工学院大)

- J231 飽和およびサブクールプール沸騰におけるマクロ液膜形成モデルの提案  
小野 綾子(北海道大), 坂下 弘人
- J232 ねじりテープ挿入管中の, 種々の圧力及び流速におけるサブクール水流動沸騰 CHF の表示  
福田 勝哉(神戸大), 櫻井 彰(京都大)
- J233 加熱細線のサブクールプール沸騰における限界熱流束(細線材質の影響)  
佐々木 一裕(芝浦工大), 丹下 学(東京大), 渡辺 誠, 鴨志田 隼司(芝浦工大), 庄司 正弘(産総研)
- J234 短い垂直円管内水の強制対流サブクール沸騰限界熱流束(その7. 発熱率上昇周期の影響)  
畑 幸一(京都大エネ理工研), 塩津 正博(京都大), 野田 信明(核融合研)

## 第3日 6月2日(金)

## &lt;A室&gt;

## 【燃焼および反応プロセスにおける伝熱1】9:00~10:20

座長:板谷 義紀(名古屋大)

- A311 すすの生成に関する実験的研究  
富永 貴之(新潟大), 西野 達也, 松原 幸治, 西脇 勝也  
(旭カーボン), 福田 興照, 小林 睦夫(新潟大)
- A312 粉殻によるカーボンナノ物質の燃焼合成時における反応機構  
奥山 正明(山形大), 富村 寿夫(九州大先端研), 稲富  
康利(九電工)
- A313 レーザー加熱法を用いた ACCVD 法による単層カーボンナノ  
チューブ生成  
千足 昇平(東京大), 村上 陽一, 宮内 雄平, エイナルソ  
ン エリック, 丸山 茂夫
- A314 一酸化炭素からの単層カーボンナノチューブ合成に与える  
Co/Mo 比の影響  
西井 俊明(電源開発, 東京大), 野田 優(東京大), 杉目  
恒志, 村上陽一, 榊山 直人(電源開発), 丸山 茂夫(東京  
大)

## 【燃焼および反応プロセスにおける伝熱2】10:30~12:10

座長:井上 剛良(東京工大)

- A321 森林火災現場での伝熱と燃焼  
早坂 洋史(北海道大)
- A322 高温衝撃風洞を用いた壁面触媒性効果の実験研究  
丹野 英幸(宇宙航空研究開発機構), 植田 修一, 小室  
智幸, 佐藤 和雄, 伊藤 勝宏
- A323 コークス炉付着カーボン燃焼除去に関する数値解析  
呼和 涛力(東北大), 両角 仁夫, 青木 秀之, 三浦 隆利
- A324 高温高圧水中におけるグルコースの酸化反応の反応熱の測  
定  
堀本 太一(広島大), 松村 幸彦, 菊地 義弘
- A325 グルコースの超臨界水酸化における管内乱流熱伝達特性  
松村 幸彦(広島大), 伊藤 賢, 菊地 義弘

## 【燃焼および反応プロセスにおける伝熱3】13:00~14:20

座長:長谷川 達哉(名古屋大)

- A331 メタンハイドレート燃焼に関する数値解析  
櫛田 玄一郎(愛知工大), 本多 央憲, 中村 祐二(北海道  
大)
- A332 メタン-空気希薄予混合火炎の「ゆらぎ」の解析  
門脇 敏(長岡技科大), 大倉 直樹
- A333 ごみ焼却炉における二次燃焼火炎の数値解析(高温還元雰  
囲気における拡散火炎の特性)  
木下 進一(大阪府立大), 村上 裕紀, 吉田 篤正
- A334 二次燃料噴射による乱流予混合火炎の燃焼騒音低減機構  
の解明  
志村 祐康(東京工大), 井上 昌平, 店橋 護, 宮内 敏雄

## 【燃焼および反応プロセスにおける伝熱4】14:30~15:50

座長:門脇 敏(長岡技科大)

- A341 3 領域炉心熔融塩炉の非定常特性-負荷追従性の検討-  
山本 高久(豊橋技科大), 三田地 紘史, 西尾 正寿
- A342 水素吸蔵合金法による水素精製・貯蔵システムの最適設計  
勝田 正文(早稲田大), 古澤 宏一朗, 山川 量太, 中村  
拓貴, 藤縄 剛史
- A343 DFT による Pt(100)面上でのメタノール分解反応  
實生 達朗(東京工大), 井上 剛良

- A344 燃料気化供給型 DMFC のクロスオーバーによる発電特性へ  
の影響  
鈴木 祐二(東京工大), 斎藤 立樹, 井上 剛良

## 【燃焼および反応プロセスにおける伝熱5】16:00~17:20

座長:櫛田 玄一郎(愛知工大)

- A351 マイクロコンバスタの燃焼特性に及ぼす燃焼器材質の影響  
相墨 智(東北大), Nam Il KIM (Chung-Ang. Univ), 横森  
剛(東北大流体研), 円山 重直, 加藤 壮一郎(IHI), 藤森  
俊郎, 丸田 薫(東北大流体研)
- A352 微粉炭粒子群の着火における輻射伝熱の数値解析  
阿蘇谷 利光(名古屋大), 山下 亨(出光興産), 富永 浩  
章(燃焼流体研), 上杉 幸弘(名古屋大), 板谷 義紀, 森  
滋勝(名古屋大先端研)
- A353 Effect of Solid to Solid Radiation on the Flame Behavior in  
the Packed Sand Bed  
Kim Seung Gon (Graduate School, Tohoku Univ.), Atsusi  
Sakurai, Takesi Yokomori (IFS, Tohoku Univ.), Shigenao  
Maruyama, Kaoru Maruta
- A354 13A ガスを燃料とする多炎孔バーナーの加熱効率向上に関  
する基礎研究  
森田 慎一(米子高専), 神園 理史

## &lt;B室&gt;

## 【特別セッション・燃料電池における熱流体問題4】9:00~10:20

座長:田中 雅(中部電力)

- B311 プロトン導電体を添加した SOFC 燃料極の特性  
中村 至高(東京工大), 花村 克悟, 伊原 学
- B312 多孔質導電体支持チューブ形状セルを用いた SOFC 発電  
テストモジュールの特性実験  
浜野 文寛(芝浦工業大), 赤木 陽介, 橋本 健, 君島 真  
仁, 鈴木 健二郎
- B313 MOLB 形 SOFC における熱問題と愛知万博での運転概要  
渡部 正治(三菱重工業), 大谷 雄一, 兼平 真吾, 武信  
弘一, 榊 嘉範(中部電力), 相木 英鋭(三菱重工業)
- B314 二酸化炭素回収用 SOFC 複合発電システムのサイクル計算  
荒木 拓人(豊橋技科大), 谷内 拓哉, 恩田 和夫

## 【特別セッション・燃料電池における熱流体問題5】10:30~11:50

座長:恩田 和夫(豊橋技科大)

- B321 差圧計測による燃料電池ガス拡散層の水詰りの推定とシミュ  
レーション  
足利 謙介(九州大), 伊藤 衡平, 大嶋 敏宏, 柿本 益志,  
尾家 慶行, 佐々木 一成
- B322 PEFCセル内水輸送に及ぼすガス流路形状の影響  
中山 浩(大同工大), 加藤 恵, 堀 美知郎
- B323 固体高分子形燃料電池の気液二相流数値解析と可視化実  
験との比較  
益田 啓光(九州大), 伊藤 衡平, 柿本 益志, 宮崎 智彦,  
足利 謙介, 佐々木 一成
- B324 Fluent による PEMFC の数値解析  
李晶(フルエント), パンジャン パラニサミー(フルーエン  
ト・アジアパシフィック), 王曉

## 【特別セッション・燃料電池における熱流体問題6】13:00~14:20

座長:中村 泰久(東邦ガス)

- B331 PEFC 運転条件が及ぼす MEA 劣化現象解明に向けた研究  
村井 淳平(東京工大), 三木 成章, 伏信 一慶, 岡崎 健
- B332 固体高分子形燃料電池カソードにおける配列型触媒層の設  
計  
千坂 光陽(東京大), 大宮司 啓文

- B333 ポーラスシリコン複合電解質膜の性能評価  
井寺 直裕(九州工大), 長山 暁子, 鶴田 隆治
- B334 DMFCにおける水・メタノール輸送現象解析  
寺岡 恒(東京工大), 津島 将司, 平井 秀一郎, 神原 啓則  
(シャープ), 後藤 泰芳, 佐藤 誠治

#### 【ふく射伝熱1】14:30～15:50

座長:花村 克悟(東京工大)

- B341 乱流温度変動が炉内放射伝熱に及ぼす影響の基礎的検討  
岡本 達幸(京都工繊大), 山口 明大
- B342 ソーダガラス窓のふく射・伝導複合伝熱解析  
酒井 清吾(横浜国大), 円山 重直(東北大流休研), 松本  
大輔(横浜国大)
- B343 多分散水滴群のふく射伝熱における単分散近似手法の評価  
円山 重直(東北大流休研), 中居 裕貴(東北大), 櫻井  
篤, 小宮 敦樹(東北大流休研)
- B344 分子の吸収・放射特性を考慮した地球温暖化シミュレーションによる水蒸気濃度影響の解明  
藤井 義喜(東京工大), 平井 秀一郎

#### 【ふく射伝熱2】16:00～17:20

座長:岡本 達幸(京都工繊大)

- B351 熱ふく射の半球反射率と放射率のスペクトルの同時測定法  
若林 英信(京都大), 牧野 俊郎
- B352 大面積微粒子積層構造の熱ふく射特性  
木原 正裕(九州工大), 宮崎 康次, 塚本 寛
- B353 薄膜をもつ表面のふく射の放射性質  
山田 純(芝浦工業大)
- B354 導体矩形マイクロキャビティの熱ふく射放射特性  
亀谷 雄樹(東京工大), 花村 克悟, 和田 恭雄(早稲田  
大), 水野 潤

#### < C室 >

#### 【ヒートポンプ・冷凍・空調1】9:00～10:20

座長:渡邊 激雄(中部電力)

- C311 熱音響現象に関する熱流動数値解析  
小清水 孝夫(北九州高専), 久保田 裕巳(九州大), 高田  
保之, 伊藤 猛宏(東亜大)
- C312 熱音響エンジン・冷凍機の実験  
原 利次(日本工大), 金野 悟, 成瀬 浩也
- C313 ジュール・トムソン型マイクロ冷凍機の基礎研究  
藤井 智明(九州大), 須加原 光喜, 立川 孝幸, 久保田  
裕巳, 河野 正道, 高橋 厚史, 高田 保之
- C314 超小型携帯用冷凍機の開発  
工藤 一彦(北海道大), 黒田 明慈, 村上 大, 堀田 正和

#### 【ヒートポンプ・冷凍・空調2】10:30～11:50

座長:渡辺 藤雄(名古屋大)

- C321 室温磁気冷凍機の空調への適用  
良知 玲生奈(東京工大), 岡村 哲至, 平野 直樹(中部電  
力), 長屋 重夫
- C322 空気冷却を目的とした室温磁気冷凍システムの性能評価  
櫻井 康平(北海道大), 川南 剛, 池川 昌弘, 平野 直樹  
(中部電力), 長屋 重夫
- C323 冷水対応型LNG気化器の開発  
満田 正彦(神戸製鋼), 中岡 威博, 吉田 龍生, 江頭 慎  
二
- C324 冷凍機用ボールクリーニングシステム内ボール捕集器の開  
発  
文字 秀明(筑波大), 佐々木 俊, 中島 元二(イーピーテッ  
ク), 緑川 敏應(HISEC)

#### 【ヒートポンプ・冷凍・空調3】13:00～14:20

座長:高田 保之(九州大)

- C331 超臨界圧二酸化炭素の冷却熱伝達に与える潤滑油の影響  
飯野 康二(東京大), 福岡 賢, 党 超鋌, 飛原 英治
- C332 デシカント空調機用水冷式充填層型吸着器の熱・物質移動  
に関する実験的・理論的検討  
川合 拓志(名古屋大), 窪田 光宏, 渡辺 藤雄, 松田 仁  
樹, 伊藤 睦弘(富士シリシア化学)
- C333 収着剤塗布直交型デシカントユニットの冷却による収着促進  
堀部 明彦(岡山大), 稲葉 英男, 春木 直人, 佐藤 祐輔
- C334 熱交換器に塗布した収着剤の物質移動特性  
稲葉 英男(岡山大), 小松 富士夫, 堀部 明彦, 春木 直  
人, 町田 明登(前川製作所), 石塚 信哉

#### 【ヒートポンプ・冷凍・空調4】14:30～15:50

座長:大原 敏夫(デンソー)

- C341 アンモニア蒸気のアンモニア水溶液への吸収量の推定  
ハーテム ムスタファ(佐賀大), 門出 政則
- C342 ケミカル調湿システムに用いる気泡塔反応器の吸湿特性に  
関する実験的検討  
河野 啓史(広島大), 松村 幸彦, 菊池 義弘, 北原 博幸  
(トータルシステム研究所)
- C343 下向き面を用いた吸収促進法の最適伝熱面形状に関する研  
究  
姫野 修廣(信州大), 岡田 出
- C344 円筒内で回転する流れの抵抗低減  
遠藤 尚樹(産総研)

#### 【層流熱伝達】16:00～17:20

座長:檜和田 宗彦(岐阜大)

- C351 水平下向き加熱面まわりの自然対流 CFD 数値解析  
津田 和則(リョーセンエンジニアズ), 茂地 徹(長崎大), 桃  
木 悟, 山口 朝彦
- C352 液相中での瞬間発熱反応を伴う熱流動解析  
田之上 健一郎(山口大), 渡辺 孝, 西村 龍夫
- C353 スワール型衝突噴流の伝熱流動解析  
一宮 浩市(山梨大), 塚本 恒二
- C354 超臨界圧強制対流液体ヘリウム熱伝達  
西田 治朗(京都大), 塩津 正博, 白井 康之, 畑 幸一,  
濱 勝彦

#### < D室 >

#### 【電子機器の冷却1】9:00～10:20

座長:中村 元(防衛大)

- D311 ペーパーチャンバーの非定常熱輸送特性  
小糸 康志(熊本大), 井村 英昭, 望月 正孝(フジクラ), 鳥  
居 修一(熊本大)
- D312 熱駆動ポンプを応用した熱輸送ループに関する研究  
勝田 正文(早稲田大), 大熊 恭輔, 香月 紀人, 亀山 登
- D313 高品質ダイヤモンド合成膜の電子デバイスへの応用  
奥村 幸彦(舞鶴高専), 金山 光一, 寺木 陽亮
- D314 電子機器用放熱性鋼板の熱特性  
桑原 英明(神戸製鋼所), 渡瀬 岳史, 高橋 和雄, 満田  
正彦

#### 【電子機器の冷却2】10:30～11:50

座長:井村 英昭(熊本大)

- D321 半導体デバイス用の高性能ヒートシンク  
金田 謙治(豊田中研), 長田 裕司, 望月 美代, 前田 光  
俊, 松原 弘幸, 長谷川 和男

D322 平均孔径 0.1mm以下のロータス銅ヒートシンクの熱流動特性  
千葉 博(三菱電機), 大串 哲朗, 中嶋 英雄(大阪大産業科学研)

D323 ファンを背面に埋設した空冷ヒートシンクの伝熱特性  
大串 哲朗(三菱電機), 吉瀬 幸司, 石川 博章, 田中 利貴

D324 多孔板の流体抵抗に及ぼす穴形状の影響  
小泉 雄大(コーセル), 石塚 勝(富山県立大), 本間 徹

#### 【電子機器の冷却3】 13:00～14:20

座長:勝田 正文(早稲田大)

D331 感温磁性流体を用いた小型熱輸送デバイスに関する研究  
麓 耕二(釧路高専), 池川 昌弘(北海道大)

D332 電子機器空冷用軸流ファン近傍の圧力損失特性  
中村 元(防衛大), 五十嵐 保

D333 垂直チャンネル型電子機器モデルの自然空冷に関する研究  
(壁面間距離の影響について)

D334 煙突を追加した傾斜薄型筐体内の熱流体挙動に関する研究  
西野 泰史(富山県大), 今井 亮児, 中川 慎二, 石塚 勝  
北村 陽児(富山県大), 石塚 勝, 中川 慎二, 小泉 雄大(コーセル)

#### 【電子機器の冷却4】 14:30～15:30

座長:中川 慎二(富山県立大)

D341 うねりを伴う金属面間の接触熱抵抗の挙動に及ぼす介在物質の物性と平均接触圧力の影響  
富村 寿夫(九州大), 野村 征爾

D342 ロバスト性を考慮したパワーユニットの熱設計  
横野 泰之(東芝), 久野 勝美, 廣畑 賢治

D343 移動体通信用パワー半導体モジュールの熱設計  
大曾根 靖夫(日立製作所)

#### < E室 >

#### 【多孔質体の伝熱1】 9:15～10:15

座長:桑原 不二朗(静岡大)

E311 紙の蒸気加熱過程における凝縮熱伝達特性(第一報)  
川水 努(三菱重工), 金子 毅(九州工大), 鈴木 節夫(三菱重工), 鶴田 隆治(九州工大)

E312 紙の蒸気加熱過程における凝縮熱伝達特性(第二報)  
金子 毅(九州工大), 川水 努(三菱重工), 鈴木 節夫, 谷川 洋文(九州工大), 鶴田 隆治

E313 フランジ付きノズルを用いた多孔体伝熱面の炭酸ガス衝突噴流冷却  
上宇都 幸一(大分大), 吉田 一仁, 斎藤 晋一

#### 【多孔質体の伝熱2】 10:30～11:50

座長:鶴田 隆治(九州工大)

E321 多孔質平板に向かうよどみ流れ  
柿本 益志(九州大), 増岡 隆士, 大庭 みゆき

E322 多孔質体内乱流における熱分散と界面熱伝達率の予測  
桑原 不二朗(静岡大), 本山 英明, 中山 顕

E323 内部改質円筒型固体酸化物形燃料電池のパラメータスタディ  
党 政(芝浦工大), 紺野 昭生, 石田 将規, 皆藤 康彦, 鈴木 健二郎

E324 水素吸蔵合金粒子層の熱出力向上に関する数値的検討  
中曾 浩一(九州大), 吉村 昭人, 北里 優介, 深井 潤

#### 【多孔質体の伝熱3】 13:00～14:20

座長:上宇都 幸一(大分大)

E331 下面から加熱された含水多孔質体の乾燥に及ぼす自然対流の影響  
谷川 洋文(九州工大), 西田 裕基, 鶴田 隆治

E332 微小な隙間を介した高温体から含水多孔質への伝熱と蒸発特性  
奥山 邦人(横浜国大), 小林 裕太, 森 昌司, 小島 弦(産総研)

E333 多孔質体理論に基づくコンポスト発酵槽のモデリング  
中山 顕(静岡大), 中崎 清彦, 桑原 不二朗, 深澤 辰徳

E334 残留ガストラップに基づくCO<sub>2</sub>地下貯留の研究  
信宗 知寿(東京工大), 末包 哲也, 平井 秀一郎

#### 【噴流・せん断層の流動と伝熱1】 14:30～15:50

座長:一宮 浩市(山梨大)

E341 レーザライトシートによる密度の異なる気体噴流の可視化  
松崎 竜也(日本大), 久留宮 大輔, 村松 旦典

E342 円孔噴流の半円筒凹面における伝熱特性に関する研究  
伊藤 竜太(大阪大), 武石 賢一郎, 長山 展公

E343 噴流出口近くに設置した平行 2 平板が及ぼす衝突噴流熱伝達への影響  
羽田 喜昭(長野高専), 倉澤 英夫, 宮川 寛亮

E344 三次元オリフィスからの衝突噴流熱伝達(分岐噴流を伴う矩形オリフィスの場合)  
檜和田 宗彦(岐阜大), 三松 順治, 親川 兼勇(琉球大), 金森 梓(三菱重工), 泰 泰徳(岐阜大), 堀尾 幸加

#### 【噴流・せん断層の流動と伝熱2】 16:00～17:00

座長:羽田 喜昭(長野高専)

E351 DSMC 新衝突計算法による超音速自由噴流の構造解析  
宇佐美 勝(名城大), 手島 光司

E352 横風を受ける火炎後流に発生する竜巻状の渦に関する実験研究  
篠原 雅彦(消防研)

E353 臨界温度差近傍での平面液体シートの温度マランゴニー安定性  
吉永 隆夫(大阪大), 吉田 拓也

#### < F室 >

#### 【特別セッション・遷移沸騰に関連する諸問題(急速冷却や加熱面の濡れなど)1】 9:10～10:15

相変化研究会[主査:門出 政則(佐賀大)]

オーガナイザ:門出 政則(佐賀大), 小澤 守(関西大), 鈴木 康一(東京理大)

座長:原村 嘉彦(神奈川大)

#### 趣旨説明 9:10～9:15

F311 濡れ性と沸騰現象の関連性について  
永井 二郎(福井大)

F312 沸騰・蒸発における濡れの効果  
高田 保之(九州大)

F313 ナノ微細構造面の濡れ挙動と接触角  
椎木 誠一(九州工大), 長山 暁子, 鶴田 隆治

【特別セッション・遷移沸騰に関連する諸問題(急速冷却や加熱面の濡れなど)2】 10:30～11:50

座長:坂下 弘人(北海道大)

- F321 液滴衝突微細化沸騰に及ぼす加熱面材質の影響  
スハイミ イリヤス(群馬大), 稲田 茂昭, 小野 光
- F322 スプレーによるぬれ開始温度特性 (液体の物性の影響について)  
光武 雄一(佐賀大), 門出 政則
- F323 高温面に噴流が衝突直後の沸騰現象について  
アシュラフ イスラム(佐賀大), ピーター ウッドフィールド, 門出 政則, 光武 雄一
- F324 高温固体面への液体の接触と自発核生成  
奥山 邦人(横浜国大)

【特別セッション・遷移沸騰に関連する諸問題(急速冷却や加熱面の濡れなど)3】 13:00～14:20

座長:稲田 茂昭(群馬大)

- F331 プール沸騰高熱流束域における伝熱面近傍の気液挙動  
坂下 弘人(北海道大), 小野 綾子
- F332 衝突噴流による急冷加熱中の最大熱流束の進行速度に及ぼす濡れ遅れの影響  
アローク ムジュマダル(佐賀大), ピーター ウッドフィールド, アシュラフ イスラム, 門出 政則
- F333 自然循環ループにおける再冠水現象  
梅川尚嗣(関西大), 小澤 守
- F334 サブクール液中における気泡の凝縮による熱輸送  
原村 嘉彦(神奈川大)

【特別セッション・遷移沸騰に関連する諸問題(急速冷却や加熱面の濡れなど)4】 14:30～15:50

座長:小澤 守(関西大)

- F341 気泡微細化沸騰;気泡挙動と終末  
鈴木 康一(東京理大)
- F342 遷移沸騰域の伝熱および濡れ特性  
門出 政則(佐賀大), 光武 雄一, 井 大輔
- F343 急速沸騰におけるマイクロバブルの発現とその挙動  
品川 和明(群馬大), 稲田 茂昭, 住谷 広行
- F344 加熱細線上の気泡微細化サブクールプール沸騰  
丹下 学(東京大), 庄司 正弘(産総研)

【特別セッション・遷移沸騰に関連する諸問題(急速冷却や加熱面の濡れなど)5】 16:00～17:00

座長:庄司 正弘(産総研)

特別総合討論

<G室>

【計測技術1】 9:15～10:15

座長:店橋 護(東京工大)

- G311 渦相関法による都市空間における乱流熱輸送量計測に関する研究  
吉田 篤正(大阪府立大), 田辺 和男, 辻 聡, 木下 進一
- G312 近赤外光を用いた完全非接触型微量流量計の研究  
久保田 壮一(電通大), 山下 健作, 角田 直人(九州大), 有本 英伸(産総研), 落合 洋(東京計装), 山田 幸生(電通大)
- G313 レーザ干渉画像法による液滴径および3方向速度成分の計測  
杉本 大典(慶應大), 井上 雅章, ザログリディス コンスタンティノス(インペリアル大), 松浦 一哲(慶應大), 菱田 公一

【計測技術2】 10:30～11:50

座長:加藤 征三(三重大)

- G321 PEFC 用電解質膜における水輸送物性値の評価  
勝田 正文(早稲田大), 久保 則夫(日産自動車), 佐藤 朋哉(早稲田大), 田村 健, 平井 隆之
- G322 マイクロチャネル内化学反応場におけるイオン拡散現象の時間分布計測  
一柳 満久(慶應大), 佐藤 洋平, 菱田 公一
- G323 メタンハイドレートの誘電スペクトル特性に関する研究  
白樫 了(東京大生研), 笠原 邦彦(東京大), 三浦 悟(鹿島建設), 露木 健一郎, 田島 大輔
- G324 レーザー誘起表面波法による広範な粘性率センシング技術に関する研究ー粘性率及び表面張力算出のための逆問題解析ー  
藪井 謙(慶應大), 岩島 裕美, 長坂 雄次

【計測技術3】 13:00～14:20

座長:菱田 公一(慶應大)

- G331 TLC とリアルタイム画像処理による吸収溶液表面の温度変化の解析  
赤星 秀明(佐賀大), 石田 賢治, 藤野 琢宗, 川崎 雅弘
- G332 Fan-beam 投影データに基づく超音波CTの温度場計測  
朱 寧(静岡理工科大), 名波 大徳, 加藤 征三(三重大)
- G333 細線温度センサ応答特性の同定と時定数推定法の改善  
加藤 健次(名古屋工大), 田川 正人
- G334 近赤外光を用いた微小生体試料の温度測定ー観察領域内の温度差測定のための基礎研究ー  
角田 直人(九州大), 李 富国(電通大), 有本 英伸(産総研), 山田 幸生(電通大)

【電場・磁場・電荷移動下での伝熱1】 14:30～16:10

座長:小林 敬幸(名古屋大)

- G341 マイクロ波加熱を用いた加熱特性の高効率化  
赤堀 匡俊(長岡技科大), 青木 和夫, 川島 祥司, 安嶋 千尋
- G342 融雪促進効果をもたらす電磁波発生スノーシートの開発に関する研究  
岡島 敏(ファイア・アップ), 高橋 清太郎
- G343 コロイド液体中の粒子に及ぼす周波数の影響  
青木 和夫(長岡技科大), 赤堀 匡俊, 安保 一生
- G344 大気圧放電プラズマを用いたオゾン生成における酸化チタンを含む粒子層の影響  
石丸 和博(岐阜高専), 今井 貴之
- G345 高周波電磁波印加による酸素熱燃焼場の制御に関する基礎研究  
大坂 侑吾(名古屋大), 小林 敬幸, モハメド A ラザック, 大野 哲靖, 高村 秀一

<H室>

【乱流のモデル化と数値シミュレーション1】 9:15～10:15

座長:須賀 一彦(大阪府立大)

- H311 乱流モデルを用いた正弦波面上乱流の数値シミュレーション  
堀内 学(富山県大), 永田 哲朗, 中川 慎二, 石塚 勝
- H312 任意回転軸を持つ壁乱流熱伝達の予測に関する研究  
大岩 徳雄(名古屋工大/中部電力), 服部 博文(名古屋工大), 長野 靖尚
- H313 永久塩泉による管内自然対流の数値シミュレーション  
円山 垂直(東北大流体研), 佐藤 鉄哉(東北大), 小宮 敦樹(東北大流体研), 椿 耕太郎(東北大)



---

【乱流のモデル化と数値シミュレーション2】 10:30～11:50

座長:河村 洋(東京理大)

- H321 平衡ダンベルモデルを用いたトムズ効果の数値シミュレーション  
黒田 明慈(北海道大), 若園 昌幸, 工藤 一彦
- H322 気泡乱流場の直接数値シミュレーション  
山本 義暢(名古屋大), 功刀 資彰(京都大), 佐竹 信一(東京理大)
- H323 DNS による乱流中の予混合気着火及び火炎伝播機構の解明  
日出 英輔(東京工大), 寺門 貴芳, 店橋 護, 宮内 敏雄
- H324 平行平板間乱流熱伝達の DNS によるスカラー散逸場の構造解析  
阿部 浩幸(宇宙航空研究開発機構)

【乱流構造と伝熱1】 13:00～14:20

座長:笠木 伸英(東京大)

- H331 安定密度成層下にある低プラントル数流体の乱流構造  
飯田 雄章(名古屋工大), 中村 亮太, 荒谷 一茂, 長野 靖尚
- H332 乱流熱伝達を伴う平行平板間クエット流れの数値シミュレーション  
羽根 将吾(東京理大), 塚原 隆裕, 岩本 薫, 河村 洋
- H333 浮力を伴う乱流温度場境界層のDNS  
服部 博文(名古屋工大), 長野 陽平, 保浦 知也, 長野 靖尚
- H334 ラグランジュ方程式を利用した乱流プラントル数の評価  
永宗 明(大阪市大), 加藤 健司, 東 恒雄

【乱流構造と伝熱2】 14:30～15:50

座長:廣田 真史(名古屋大)

- H341 逆圧力こう配乱流温度境界層の時空間構造  
保浦 知也(名古屋工大), 社河内 省吾, 長野 靖尚
- H342 水を作動流体とした自然対流乱流境界層における乱流諸量の計測  
辻 俊博(名古屋工大), 梶谷 剛, 小島 芳史, 佐々木 和敬
- H343 一様等方性乱流中の液滴蒸発及び蒸気混合機構  
佐藤 允(東京工大), 店橋 護, 宮内 敏雄
- H344 水素拡散火炎の乱流構造に関する研究  
松原 幸治(新潟大), 丸島 弘好, 須藤 仁(電中研), 久保裕希(新潟大), 小林 睦夫

【はく離流における伝熱】 16:00～17:20

座長:武石 賢一郎(大阪大)

- H351 正方形流路の分流における流動特性  
二村 直人(岐阜大), 池田 雅弘, 八賀 正司(富山商船高専), 熊田 雅彌(岐阜大)
- H352 有限体積法による馬蹄渦の生成機構に関する研究  
松口 淳(防衛大), 香川 澄
- H353 長方形断面柱まわりの流動と熱伝達(断面辺長比 0.2～9 の場合)  
五十嵐 保(防衛大), 中村 元
- H354 下向き一様流中に置かれた加熱球まわりの時空間伝熱特性(熱伝達に及ぼすブロックage比と乱れの効果を主として)  
小泉 博義(電通大), 半道 進一, 高橋 紀成
- H355 突起付き伝熱管内の流動・伝熱特性に関する数値計算  
鈴木 洋(神戸大), 沼田 光春(ダイキン環空技研), 笠井 一成

**International Conference on  
Thermal Issues in Emerging Technologies  
Theory and Applications  
(ThETA)**

開催場所 カイロ, エジプト  
期日 2007 年 1 月 3-6 日

主催 Univeristé Française d'Egypte  
協賛 ASME, HTSJ, IEEE, ICHMT (交渉中), JSME, TIMA

目的 各種先端技術への熱工学の貢献に関する多角的展望を拓く.

言語 英語

トピックス Thermal modeling of electronic systems  
Temperature aware computer systems design  
Cooling of electronic systems and data centers  
Micro and nano scale heat transfer  
Modeling of multiple scale heat transfer problems  
Compact thermal models  
Thermo-mechanical analysis in electronic systems  
MEMS – multiphysical problems  
Computational methods in heat transfer  
Energy conservation  
Fuel cells  
Solid state energy generation / cooling  
Multiphase flow with heat transfer  
Thermal issues in biomedical engineering  
Thermal issues in micro-fabrication technology  
Thermal issues in new materials  
New experimental methods in heat transfer

アブストラクト提出期限 2006 年 7 月 3 日  
原稿提出期限 2006 年 9 月 4 日

ホームページ <http://www.thetaconf.org>

国内連絡 中山 恒  
watnakayama@aol.com

## 事務局からの連絡

### 1. 学会案内と入会手続きについて

での会費を納入した会員に限る)

#### 【目的】

本会は、伝熱に関する学理技術の進展と知識の普及、会員相互およ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。

#### 【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	本会に特に功労のあった者で、総会において推薦された者	8,000円 但し70才 以上は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。

- 「伝熱」, 「Thermal Science and Engineering」を郵送します。  
(本年度発行予定: 4, 7, 10, 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
- 「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)

#### 【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 of 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、送金者側の負担にてお願い致します。フリガナ名の検索によって入金の事務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の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は、至急納入をお願いします。特に、平成15年度以降の会費未納の方には「伝熱」「Thermal Science and Engineering」の送付を停止しており、近く除名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》

- i) 入会届、変更届、退会届の受付
- ii) 会費納入の受付、会費徴収等
- iii) 会員、非会員からの問い合わせに対する応対、連絡等
- iv) 伝熱シンポジウム終了後の「講演論文集」の注文受付、新入会員への学会誌「伝熱」、論文集「Thermal Science and Engineering」発送、その他刊行物の発送
- v) その他必要な業務

《所在地》

〒113-0034 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

E-mail: office@htsj.or.jp

HP: <http://www.htsj.or.jp>

（土日、祝祭日を除く、午前10時～午後5時）

（注意）

- 1. 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欄やファックス・E-mail等の書面にてお願いします。
- 2. 学会事務の統括と上記以外の事務は、下記にて行っております。

〒152-8550

東京都目黒区大岡山2-12-1-11-54

東京工業大学大学院理工学研究科

機械宇宙システム専攻

宮内 敏雄

Tel/Fax: 03-5734-3183

E-Mail: [tmiyauch@mes.titech.ac.jp](mailto:tmiyauch@mes.titech.ac.jp)

## 「伝熱」会告の書き方

「伝熱」会告の書き方のテンプレート（MS-WORD）は、下記の伝熱学会のホームページよりダウンロードできます。

伝熱学会のホームページ：[http://www.htsj.or.jp/den\\_guide.html](http://www.htsj.or.jp/den_guide.html)

## 44・45期新入会員（2005. 1. 25～2006. 4. 10） 15名1社

資	氏名	所 属	資	氏名	所 属
学	田中 秀治	九州大学	正	吉永 信也	日立アプライアンス(株)
学	川村 英雄	東京理科大学	正	梅森 道弘	日立化成工業(株)
学	梅津 紘一	東京理科大学	正	原口 洋一	住友金属工業(株)
学	山口 仁史	金沢大学	正	本間 寛己	松江工業高等専門学校
学	櫻井 篤	東北大学	学	堀尾 晋	慶應義塾大学
学	吉森 崇志	九州大学	正	三谷 貴俊	日産自動車(株)
正	森山 哲	(株)東京精密	学	紺野 昭生	京都大学
正	岩崎 真知子	アルパイン(株)	賛助	立原 昌義	キヤノン株式会社

## 44期寄付会費（2005. 1. 25～2006. 3. 31） 4名 8,000円

資	氏名	所 属	資	氏名	所 属
正	小山 繁	九州大学	正	茂地 徹	長崎大学
正	藤井 照重		正	藤田 恭伸	

## 日本伝熱学会正会員・学生会員入会申込み・変更届出用紙

(右の該当に○を記入)

1. 正会員・学生会員入会申込書

2. 変更名 (書面による届出のみ受付け)

(注意)

・楷書体で明瞭に記入

・通信文は余白に記入

・氏名にふりがなを付す

・申込時に郵便振替にて会費納入

0	申込年月日				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	* 勤務先・学校	名称											
6													
7		〒											
8		所在地											
9													
10		TEL											
11	FAX												
12	電子メール												
13	自宅	〒											
14		住所											
15													
16		TEL											
17	FAX												
18	通信先**	勤務先・自宅										自宅情報を会員名簿に記載しない...	
19	学位												
20	最終出身校												
21	卒業年次	T・S・H											
22	分専	基礎的分野											←(下記の専門分野の番号)
23	野門	応用分野											
24	学生会員の場合:指導教官名***											印	

## ※専門分野

## 基礎的分野

- |             |         |             |              |                |
|-------------|---------|-------------|--------------|----------------|
| 1: 強制対流     | 2: 自然対流 | 3: 表面張力駆動対流 | 4: 沸騰・蒸発・凝縮  | 5: 混相流         |
| 6: 融解・凝固    | 7: 熱伝導  | 8: 放射       | 9: 反応・燃焼     | 10: 物質移動       |
| 11: 多孔質伝熱   | 12: 極低温 | 13: 熱物性     | 14: 計測・可視化   | 15: 数値シミュレーション |
| 16: EHD・MHD | 17: 混合物 | 18: マイクロ伝熱  | 19: 分子スケール伝熱 | 20: その他 ( )    |

## 応用分野

- |            |          |                         |               |                  |
|------------|----------|-------------------------|---------------|------------------|
| 1: 熱交換器    | 2: 蓄熱    | 3: 冷凍・空調                | 4: 電子機器・情報機器  | 5: ヒートパイプ・熱サイフォン |
| 6: 航空・宇宙機器 | 7: 海洋機器  | 8: 火力発電プラント             | 9: ガスタービン     | 10: 地熱           |
| 11: 燃料電池   | 12: 熱電変換 | 13: エネルギー貯蔵             | 14: 原子力発電プラント | 15: 製鉄           |
| 16: 材料・加工  | 17: 流動層  | 18: 廃棄物処理               | 19: 生体・人間熱科学  | 20: バイオ・食品       |
| 21: エンジン   | 22: 住環境  | 23: 都市環境                | 24: 地球環境      | 25: 建築・土木        |
| 26: MEMS   | 27: レーザー | 28: グリーンエネルギー・小型分散エネルギー | 29: その他 ( )   |                  |

\*) 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.

\*\*\*\*) 会員名簿等作成時に自宅情報の掲載を希望しない場合はレ点をつける.



## 日本伝熱学会 賛助会員新規入会申込み届け用紙

0	申込年月日					年				月				日
---	-------	--	--	--	--	---	--	--	--	---	--	--	--	---

## ※ご記入に際しての注意

日本伝熱学会からの郵送物は代表者にお送りしておりますので、代表者の所属に変更がありましたら、書面にて事務局宛ご連絡くださるようお願いいたします。

1	会員資格		賛助会員											
2	代表者氏名													
3	ふりがな													
4	代表者勤務先	名称(所属)												
5														
6		〒				—								
7		所在地												
8														
9		TEL												
10		FAX											共通・専用	
11	口数		口											

## 日本伝熱学会入会のご案内

- 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。
- 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(3口)、B(2口)、C(1口)
- 会員になりますと「伝熱」「Thermal Science and Engineering」をお申し込み口数1口につき各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部無料でさしあげます。この伝熱とThermal Science and Engineering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のを無料でさしあげます。なお、年度途中でご入会された方には残部の都合でお送りできない場合もありますので、あらかじめご承知おきください。
- 本学会では、事務作業簡素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います。簡単な書式の領収書はご用意できますが、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申し上げます。

申込書送付先；〒113-0034 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

## 会費の振込先；

- (1)郵便振替の場合—郵便振替口座 00160-4-14749 社団法人日本伝熱学会
- (2)銀行振込の場合—みずほ銀行 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—上記の事務局宛に御送金下さい。

広告

センサテクノス

広告

テクノオフィス

広告

日本カノマックス

## 編集出版部会ノート：これからの伝熱研究を考える

*Note from the Editorial Board: Future Heat Transfer Research*

この特集の担当者のひとりとして無事特集が組めましたことに胸をなでおろしているとともに、「問題提起」を行うことの責任の重さをひしひしと感じ始めております。

ご執筆いただきました先生方全員を担当しておりますでしたが、例えば岡崎先生からは電話口にて「このようなことは書面で書いても、それがなかなか具体的な行動や改革に結びつくものではない。」というようなお言葉を頂きました。先生の記事の中にもそれに類する記述があります。しかし編集者の立場としてはとにかく記事を頂かなくてはならないため、無理に承諾いただきました。従いまして4月号を出したらすべてを忘れてしまうという訳には行かなくなりました。

西尾先生も副学長でお忙しそうだし昨年ご病気をされていたので、原稿をお願いすることは難いかもしれないと思っておりましたが、快諾いただいた上に締切日のはるか手前に貴重な原稿をお送りくださいました。熱工学部門長(05年度)として思うところがあられたのかも知れません。

企業から縁ありまして大学に移って二年たちます。企業時代の経験から学会や大学に少し活を入れたいというような気持ちは少しありました。また今回の特集記事に関して編集委員会で議論をしたときも、なかなか他の委員のご理解を得られず歯がゆい思いをしました。

しかし今回の特集記事を拝見しますと、既に多くの先生方が私など足元に及ばないほど深く考え

られており、当然いろいろなかたちにて既に実行に移されていることを改めて認識することとなりました。ただ学会全体としてベクトルが完全にそろっているわけでは無いのでしょうか。また大学のメンバーと企業のメンバーとの間に意識のギャップも依然として多々あると思います。

最後に僭越ながら私なりに大学へ来て感じたことの一端を書かせていただきます。企業でいろいろな研究開発を行っている、自分の専門以外の技術分野が必要になることが多々あります。その場合、企業ではその技術分野の専門家を引っ張ってきてメンバーに加えます。従ってリーダーはその技術分野に長けている必要は無いが、研究開発の展開の方法論には長けている必要があります。つまり自分の専門外の技術分野に対してもリーダーシップを発揮しなければなりません。

しかし大学においては上記のような状況はなかなかあり得ないように思います。確かにリーダーシップだけで専門性の無い大学の先生はおられないのかも知れませんが、リーダーシップやマネジメントも、強制対流や核沸騰と同じように重要な学問領域のひとつでは無いのでしょうか。またリーダーシップは伝熱工学の範疇では無いから伝熱学会では議論すべきでは無いのでしょうか。現実の社会では「強制対流」と「リーダーシップ」が往々にして同時に出てきてしまうのですが。

中込 秀樹 (千葉大学)

*Hideki NAKAGOME (Chiba University)*

*e-mail: nakagome@tu.chiba-u.ac.jp*

副会長 勝田正文 (早稲田大学)  
委 員

(理事) 森 治嗣 (東京電力)

(評議員) 丸田 薫 (東北大学)

中込秀樹 (千葉大学)

田坂誠均 (住友金属工業)

部会長 吉田英生 (京都大学)

逢坂昭治 (徳島大学)

杉山智之 (日本原子力研究開発機構)

加藤之貴 (東京工業大学)

平澤茂樹 (神戸大学)

小山 繁 (九州大学)

永井二郎 (福井大学)

TSE チーフエディター 河村 洋 (東京理科大学) TSE 編集幹事 佐竹信一 (東京理科大学)

編集出版事務局：京都大学大学院 工学研究科 航空宇宙工学専攻 吉田英生・犬山健二

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 Tel/Fax : 075-753-5255 yoshida@mbox.kudpc.kyoto-u.ac.jp

## 複写される方に

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、日本複写権センターと包括複写許諾契約を締結されている企業の従業員以外は、著作権者から複写権等の委託を受けている次の団体から許諾を受けて下さい。なお、著作物の転載・翻訳のような複写以外許諾は、直接本会へご連絡下さい。

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 3F  
学術著作権協会 (Tel/Fax : 03-3475-5618)

アメリカ合衆国における複写については、次に連絡して下さい。

Copyright Clearance Center, Inc.(CCC)  
222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA  
Tel : +1-978-750-8400 Fax : +1-978-750-4744

### Notice about photocopying

In order to photocopy any work from this publication, you or your organization must obtain permission from the following organization which has been delegated for copyright for clearance by the copyright owner of this publication.

Except in the USA

The Copyright Council of the Academic Societies (CCAS)  
41-6 Akasaka 9-chome, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan  
Tel / Fax : +81-3-3475-5618

In the USA

Copyright Clearance Center, Inc. (CCC)  
222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA  
Tel : +1-978-750-8400 Fax : +1-978-750-4744

**伝 熱**

ISSN 1344-8692

**Journal of the Heat Transfer Society of Japan**

Vol. 45, No. 191

2006 年 4 月発行

**THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING**

ISSN 0918-9963

**(日本伝熱学会論文集)**

Vol. 14, No. 2

April, 2006

発行所 社団法人 日 本 伝 熱 学 会

〒113-0034 東京都文京区湯島 2-16-16

Tel : 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 113-0034, Japan