

ISSN 1344-8692 Vol. 42 No. 177

伝 熱

Journal of the Heat Transfer Society of Japan

研究室のツール特集号(2)

2003. 11

「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)

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、大見出しはセンターリングし前に 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。

2.4.2 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。雑誌名の省略法は科学技術文献速報(JICST)に準拠する。文献の表題は省略する。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, 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., *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/>
会告・記事・論文投稿表紙のテンプレート

http://www.htsj.or.jp/den_guide.html

転載許諾願申請フォーム

<http://www.htsj.or.jp/reqcopy.html>

伝 熱

目 次

研究室のツール特集(2)

単層カーボンナノチューブの生成と評価	丸山 茂夫, 千足 昇平 (東京大学)	1
四則演算から生まれるマイクロ・ナノスケール熱物性値測定法	田口 良広, 長坂 雄次 (慶應義塾大学)	5
コバルト 60 照射施設における伝熱実験	賞雅 寛而 (東京海洋大学)	9
工学応用のための磁気共鳴イメージング (MRI) - 固体高分子燃料電池膜の計測を中心として -	津島 将司, 末包 哲也, 平井 秀一郎 (東京工業大学)	14
熱工学のふく射現象研究のためのスペクトル測定装置	牧野 俊郎, 若林 英信 (京都大学)	18
固体高分子型燃料電池膜内水分の光学計測	伏信 一慶, 岡崎 健 (東京工業大学)	22
極微細薄膜型温度センサーによる温度場計測	宮崎 康次, 塚本 寛 (九州工業大学)	24

国際会議・セミナー報告

TRCON-03 報告	森 昌司 (九州大学)	27
第 1 回エネルギー変換工学に関する国際会議 [IECEC2003] 報告	丸山 直樹 (三重大学)	29
第 8 回英国伝熱会議	本田 博司 (九州大学)	30
日韓セミナー：仙台市秋保温泉	丸田 薫 (東北大学)	32
第 4 回コンパクト熱交換器とその性能向上に関する国際会議参加	石塚 勝 (富山県立大学)	34

海外旅行の裏技シリーズ

旅の裏技	平澤 茂樹, 近藤 義広 (株)日立製作所 機械研究所	36
------	-----------------------------	----

特別寄稿

伝熱シンポジウム 伝熱学会の進歩への期待	小竹 進 (日本伝熱学会元会長)	38
----------------------	------------------	----

行事カレンダー

行事カレンダー		45
---------	--	----

お知らせ

第 4 1 回日本伝熱シンポジウム研究論文募集		47
平成 15 年度日本伝熱学会 学術賞・技術賞・奨励賞 公募のお知らせ		51
「国際伝熱フォーラム」のご案内		53
「伝熱」会告の書き方		56
事務局からの連絡		57

インターネット情報サービス

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

最新の会告・行事の予定等を提供

htsj@asahi-net.email.ne.jp

事務局への連絡の電子メールによる受付

Journal of The Heat Transfer Society of Japan
Vol.42, No.177, November 2003

CONTENTS

< Special Issue for Tools in Laboratories (2)>

- Generation and Characterization of Single-Walled Carbon Nanotubes
Shigeo MARUYAMA and Shohei CHIASHI *CHIASHI* (The University of Tokyo) ······ 1
- Measurement Techniques of Micro/Nano-scale Thermophysical Properties Originated from Simple Arithmetic
Yoshihiro TAGUCHI and Yuji NAGASAKA (Keio University) ······ 5
- Heat Transfer Experiment in Cobalt-60 Facility
Tomoji TAKAMASA (Tokyo University of Marine Science and Technology) ······ 9
- Magnetic Resonance Imaging for Engineering applications
-Measurement of polymer electrolyte fuel cell membrane-
Shoji TSUSHIMA, Tetsuya SUEKANE and Shuichiro HIRAI (Tokyo Institute of Technology) ······ 14
- A Spectrophotometer System for Radiation Phenomena in Thermal Engineering
Toshiro MAKINO and Hidenobu WAKABAYASHI (Kyoto University) ······ 18
- Optical measurement of water content in the membrane of polymer electrolyte fuel cell
Kazuyoshi FUSHINOBU and Ken OKAZAKI (Tokyo Institute of Technology) ······ 22
- Temperature Measurements by using Micro Thin Film Thermocouples
Koji MIYAZAKI and Hiroshi TSUKAMOTO (Kyushu Institute of Technology) ······ 24

< Report on International Conference and Seminar>

- Report on TRCON-03
Shoji MORI (Kyushu University) ······ 27
- Report on 1st International Energy Conversion Engineering Conference
Naoki MARUYAMA (Mie University) ······ 29
- 8th UK National Heat Transfer Conference
Hiroshi HONDA (Kyushu University) ······ 30
- Japan-Korea Seminar in Akiu, Sendai
Kaoru MARUTA (Tohoku University) ······ 32
- Fourth International Conference on Compact Heat Exchangers and
Enhancement Technology for the Process Industries
Masaru ISHIZUKA (Toyama Prefectural University) ······ 34

< Secret Technique for a Trip >

- Tips for Travelers
Shigeeki HIRASAWA and Yoshihiro KONDO (Hitachi, Ltd.) ······ 36

<Special Contribution>

Expectation to advanced Heat Transfer Symposium and Society of Japan

Susumu KOTAKE (Former President of HTSJ) 38

<Calendar> 45

<Announcements> 47

単層カーボンナノチューブの生成と評価

Generation and Characterization of Single-Walled Carbon Nanotubes

丸山 茂夫, 千足 昇平 (東京大学)

Shigeo MARUYAMA and Shohei CHIASHI

(The University of Tokyo)

1. はじめに

グラファイトの一層が直径 1 nm 程度に丸まった構造の単層カーボンナノチューブ(SWNT, Single-Walled Carbon Nanotubes)に関して,その特異な電子的, 機械的および熱的物性ゆえに多くの研究が進められている[1]. また, 様々な分野での応用が期待されており, 純粋かつ高品質な合成方法の確立が渴望されている. SWNT の生成法はアーク放電法, レーザーオープン法から将来的な量産が可能な CVD 法へとかわりつつある. 本研究室では従来の CVD で炭素源として用いられてきた炭化水素ガスをアルコール蒸気と変えることで, 低温度かつ高純度な生成方法 (alcohol catalytic CVD method, ACCVD method) を開発してきており[2,3], メソポーラスシリカ[4]や石英表面への SWNT 合成[5], フラーレンからの SWNT 合成[6], AFM 装置内での合成[7]などの実験を行っている. 本報では, SWNT の CVD 生成装置及びその評価装置について紹介する. なお, TGA (熱重量分析装置) など購入したままで利用[3]している装置については, 省略する.

ンガス供給部と接続する. ガラス管の中央部は電気炉によって加熱ができ, アルコール蒸気やアルゴンガスの圧力, 流速が制御可能である. SWNT の合成自体はこの極めて簡単な装置で可能であり, 今年は 2 台目の CVD 装置も稼働している. 生成実験では金属微粒子を触媒とし, これらを電気炉で 600-800 前後に加熱する. そこにアルコールを約 10 Torr で流し込むと, アルコールが金属微粒子の触媒作用により熱分解し炭素原子が供給され, SWNT が生成される.

SWNT の合成には触媒金属微粒子を作って保持する方法が重要である. 研究室では USY 型のゼオライトを用いて 1~2 nm の Fe/Co 合金微粒子を表面に保持する場合と[2,3], 平滑な石英基盤などに金属塩のエタノール溶液をデップコートする方法[5]を用いている. いずれの場合にも必要な実験装置は乾燥器くらいである.

SWNT の合成までは極めて簡単であるが, 評価にはそれなりの装置が必要となる. 図 2 に示すような透過型電子顕微鏡(TEM)によって SWNT の構造を観察できる[3]. また, 例えば基板上に合成し

2. ナノチューブ生成用 CVD 装置

図 1 に SWNT 合成用の ACCVD 装置を示す. 直径 27 mm の石英ガラス管に真空チャンバーをつなげ, ロータリーポンプ及びアルコール, アルゴ

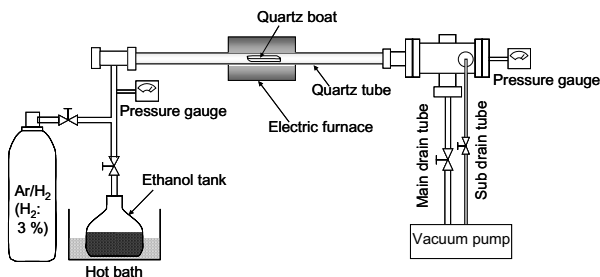


図 1 ACCVD 実験装置図

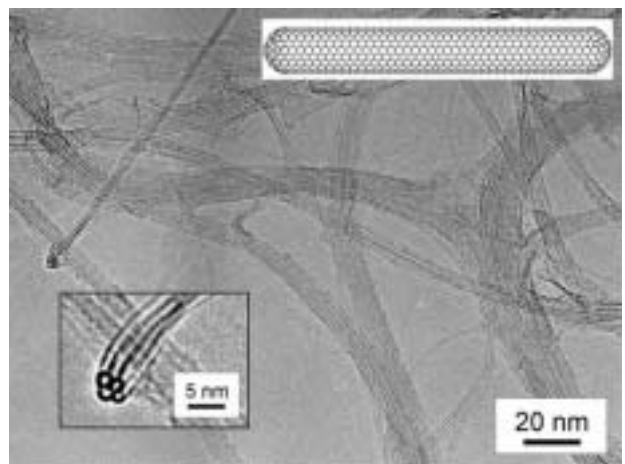


図 2 単層カーボンナノチューブの透過型電子顕微鏡像

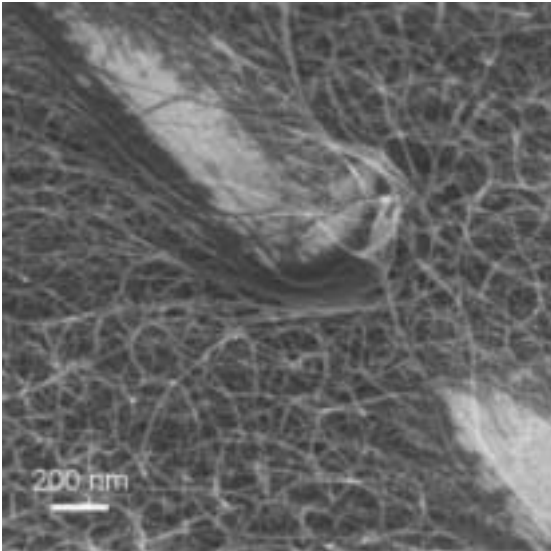


図3 石英基板上に合成した単層カーボンナノチューブ膜の走査型電子顕微鏡像。

た SWNT については, 図3 に示すような走査型電子顕微鏡(SEM)によって, SWNT が束となったバンドルの構造を観察することができる[5]. 現在のところ, TEM は工学系研究科の総合研究機構の共通設備(JEOL 2000EX), FE-SEM は化学システム専攻大久保研の装置(Hitachi S-900)を利用させてもらっている.

3. ラマン散乱分光装置

共鳴ラマン散乱法は SWNT の評価に広く用いられている. ラマン散乱法を用いると, サンプル中の SWNT の質や直径分布, また副生成物として得られるアモルファスカーボンや多層カーボンナノチューブの存在などを知ることができる.

図4 に研究室のラマン散乱分光装置を示す. マクロラマン分光, マイクロラマン分光および SPM 組込型ラマン分光の3種類のラマン分光装置として使えるように光学系を準備している. 励起レーザー[アルゴンレーザー(波長 488.0 nm 及び 514.5 nm) 及びヘリウムネオンレーザー(波長 632.8 nm)] をサンプルに照射し, サンプル表面に生じたラマン散乱光をレンズで集光, 分光器に導きラマンスペクトルを得る. 励起レーザーは主波長以外のレーザー自然放出線をフィルターによって除去し, また, ラマン散乱と同時に発生する励起レーザーと同じ波長を持つレイリー散乱光は分光器手前のノッチフィルターによって除去している.

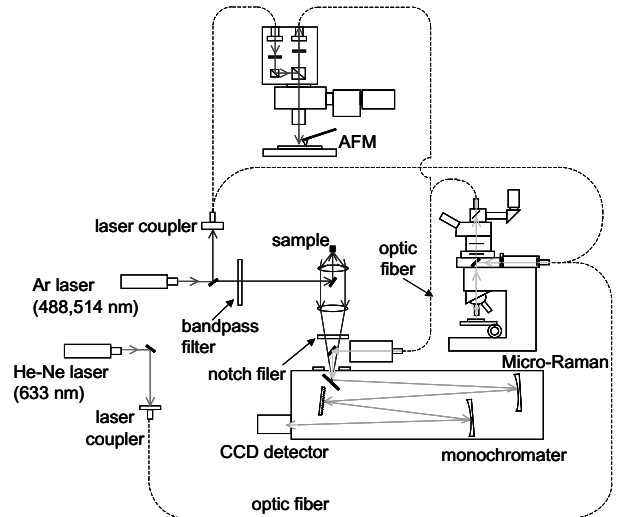


図4 マクロ, マイクロ及び SPM 組み込み型ラマン散乱分光装置

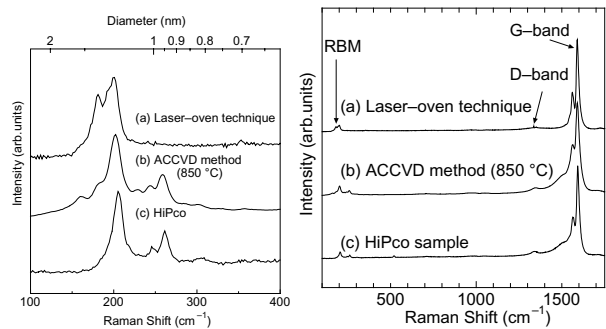


図5 SWNT のラマン散乱スペクトル

ラマン散乱光とは, 励起レーザーと僅かに異なる波長を持つ散乱光で, その励起レーザーとの波長の差(ラマンシフト)はその物質の分子構造によって決まる. SWNT のラマンスペクトルの場合, 主に3つの特徴的なピークが現れる. 図5 に CVD 法およびレーザーファーンエス法によって得られた SWNT の典型的なスペクトルを示す. 1590 cm^{-1} 付近には単層カーボンナノチューブの存在を示す分裂した G-band と呼ばれるピーク, 1350 cm^{-1} 付近にはアモルファスカーボンや多層カーボンナノチューブといった副生成物の存在を示す D-band と呼ばれるピーク, そして 200 cm^{-1} 付近の SWNT の直径方向全対称伸縮振動(ラジアルブリージングモード, RBM)に起因し SWNT の直径分布を示すピークが現れる. RBM ピークのラマンシフト ν (cm^{-1}) はその単層カーボンナノチューブの直径 d_t (nm) に反比例することが知られており, こ

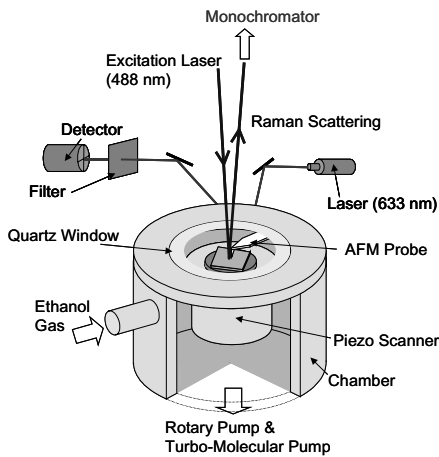


図 6 AFM 装置及びラマン分光システム

では $d_f=248/v$ という関係式を用いている。
 SWNT のラマンスペクトルは共鳴ラマン効果が現れるため、励起レーザーの波長によってそのスペクトルが変化する。特に RBM ピークにおいては励起レーザー波長によって現れるピークが全く異なり、本研究室でも 3 種類の異なる波長のレーザーを用いている。

マクロラマン装置では比較的量の多いサンプルに対してレーザー強度を小さくして外乱のない状態での測定が可能で、マイクロラマン装置では光学顕微鏡を用いることで、量の少ないサンプルでも局所的な測定が可能となる。現実には光ファイバーを用いたマイクロラマンの方が測定が簡便であるため、マクロラマンはほとんど使われていない。また、SPM 組込型ラマン散乱については次の説で述べる。

4. 走査型プローブ顕微鏡装置

SWNT のサンプルを観察する方法としては、SEM, TEM があり、それぞれ SWNT の立体的イメージや内部構造を観察するのに適している。本研究室では更に走査型プローブ顕微鏡 (SII, SPA300HV) を用いてサンプルの観察、分析を行っている。図 6 に装置の概念図を示す。プローブがサンプルに近づくとサンプル表面からプローブが原子間力を受ける。SPM はこの力を利用し、垂

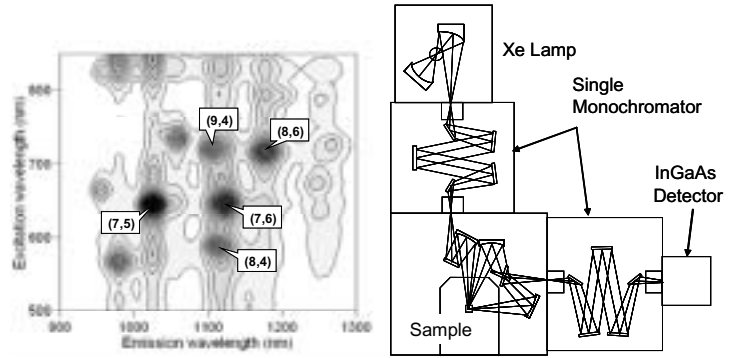


図 7 吸収分光器と励起・発光 3 次元測定例

直方向にはオングストロームオーダー、平面方向にはナノオーダーの分解能の測定ができる。直径数 nm の SWNT でも 3 次元的なイメージを得ることができる。この SPM 装置はそのプローブを取り替えることで、コンタクト AFM モードや、タッピング AFM モード、更にはトンネル電流顕微鏡 (STM) モードと 3 タイプの計測が可能である。

また、この SPM 装置はプローブ及びサンプル台が真空チャンバー内に收容されている為、サンプルの真空環境や他のガス雰囲気中での測定が可能であり、またサンプル台を加熱や冷却 (-70 ~ 800) することでサンプル温度を制御することもできる。更にサンプル台上にあるサンプルのラマン分光測定ができるように、AFM の位置合わせ用の光学系を改造して、ラマン散乱用の光学系を加えた。これによって、SPM によるイメージ測定とラマン散乱測定を同時に行うことができる。最近では、この真空容器内にエタノール蒸気を導入し SWNT を合成しながら、ラマン分光を同時測定することもできるようになった[7]。

5. 近赤外蛍光分光装置

SWNT は 1 枚のグラファイトシートを丸めた構造をもっており、その丸め方 (カイラリティー) によって単層カーボンナノチューブの直径や物性が決定される。そのカイラリティー (n, m) を制御した生成方法は未だ開発されていないが、カイラリティーの分布が近赤外蛍光分光法によって分析できることが昨年末に明らかになった[8]。

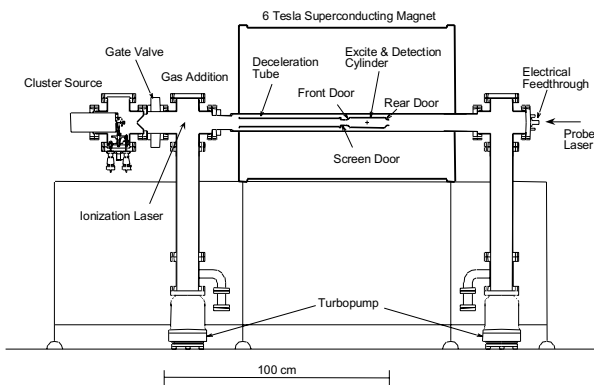


図 8 FT-ICR 質量分析装置

図 7 に近赤外蛍光分光装置と測定例を示す。SWNT の電子状態密度はカイラリティー(n, m)に依存する鋭いピークをもち、このピーク位置が光の吸収や蛍光発光の波長に対応する。このため、図 7 のような装置でキセノンランプの光をモノクロメータで波長選択して、一定波長の光をサンプルにあてて励起光とし、蛍光発光の光をモノクロメータで分光して発光スペクトルを得る。励起光の波長をスキャンさせて 3 次元測定を行うと図 7 の右に示すように励起波長と発光波長の 2 次元の平面にシグナル強度を描くことができ、現れるピークが一定のカイラリティー(n, m)のナノチューブの量に比例すると考えられる[9]。

通常生成した SWNT は多数の SWNT が束になった状態(バンドル)になっている。ただし、蛍光発光はバンドギャップのある半導体 SWNT のみであり、金属 SWNT とバンドルとなると蛍光発光は阻害されると考えられている。このため、界面活性剤溶液中での強力な超音波分散器によりバンドルをほどく。その後まだバンドル状態のものと 1 本にバラバラになったものとを、その比重の違いを利用して遠心分離機による分離をし、バラバラになった状態の単層カーボンナノチューブを含む上澄み液を用いて蛍光分光測定を行っている[9]。

6. FT-ICR 質量分析装置

今までに紹介した実験装置は SWNT の評価を目的とするものであったが、研究室の最大の実験装置(フーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴、FT-ICR)は、SWNT 生成機構の解明に向けて様々な金属クラスターとアルコールとの反応などの実験に使っている。図 8 に FT-ICR 質量分析装置の全

体図を示す[10]。ICR セルは内径 84mm の超高真空用のステンレス管(SUS316)の中に納められており、この管が NMR 用の極めて均一な磁場を発生させる 5.8Tesla の超伝導磁石を貫く設計となっている。2 つのターボ分子ポンプ (300ℓ/s) と前段のターボ分子ポンプ (50ℓ/s) により背圧約 3×10^{-10} Torr, 実験時でもおよそ 1×10^{-7} Torr の高真空を実現する。図 8 の左側のレーザー蒸発クラスター源で生成されたクラスターイオンはスキマーにより軸方向の速度成分を持つクラスタービームとなる。減速管の中央付近をクラスターが通過するときに瞬時に電圧を調整し、一定電圧分の並進エネルギーを奪うことで減速させることができる。この電圧を調整することによりおおよそのクラスター分布を選択することが可能である。その後 5V と 10V の電圧をかけられている 2 枚の極板 (Front Door, Rear Door) 間において、Front Door を越え、Rear Door を越えることのできないエネルギーを持つクラスター群が ICR セル内部にトラップされる。ICR セル内部にトラップされたクラスターは数分程度保持可能であり、ここで化学反応やレーザーによる解離実験など様々な試みが可能となる[10]。

7. 参考文献

- [1] R. Saito et al., Physical Properties of Carbon Nanotubes, Imperial College Press, (1998).
- [2] S. Maruyama et al., Chem. Phys. Lett., 360 (2002) 229.
- [3] Y. Murakami et al., Chem. Phys. Lett., 374 (2003) 58.
- [4] Y. Murakami et. al., Chem. Phys. Lett., 375 (2003) 393.
- [5] Y. Murakami et. al., Chem. Phys. Lett., 377 (2003) 49.
- [6] S. Maruyama et al., Chem. Phys. Lett., 375 (2003) 553.
- [7] S. Chiashi et al., Chem. Phys. Lett., submitted.
- [8] S. M. Bachilo et al., Science, 298 (2002) 2361.
- [9] S. Maruyama et al., New J. Phys., 5 (2003).
- [10] M. Kohno et al., Micro. Thermophys. Eng., 7 (2003) 33.

四則演算から生まれるマイクロ・ナノスケール熱物性値測定法

*Measurement Techniques of Micro/Nano-scale Thermophysical Properties
Originated from Simple Arithmetic*

田口 良広, 長坂 雄次 (慶應義塾大学)

Yoshihiro TAGUCHI and Yuji NAGASAKA (Keio University)

1. はじめに

伝熱研究諸氏にとって熱物性測定はとかく「縁の下の力持ち」感が否めなくもないのかもしれないが、近年のナノテクノロジーの勃興によってその雰囲気は薄れつつあるようだ。例えば有機 EL 膜を例にとってみても、その成膜過程において表面の極微細な表面張力勾配によってムラの無い均質な有機 EL 膜を製造するのは難しいと聞く。単分子膜レベルでの制御が必要なこの分野では極微細領域での表面張力分布測定が企業側から強く望まれている。また、カーボンナノチューブあるいはフラレンなどナノマテリアル分野では新デバイスへの提案は多くあるものの、実用化には至っていない。デバイスのシステムデザインにとって最も重要な物性情報が従来型の測定技術では対応しきれなくなってきたからという理由にも頷ける。工学的要求もさることながら未開の研究分野として数多くの特異な現象が存在するこの領域は熱物性屋の心を熱くする[1]。

もちろんマイクロ・ナノスケールの熱物性測定法はいくつか研究されている。空間分解能が高いものや、測定精度が高いものなどまちまちであるが、いずれもその場測定あるいはインプロセス制御に適していないものばかりである。筆者らは予てより現場から要求の多かったその場測定あるいはインプロセス制御によるマイクロ・ナノスケール Thermal システムデザインという観点を礎に据え、極微細領域の熱物性値測定法について数多く研究を行ってきた。これら研究の中で培ってきたノウハウ(あるいは研究ツール)については枚挙に遑がないが、本稿では「四則演算: 和, 差, 積, 商」というキーワードに絞って簡単ではあるが紹介する。研究段階としてまだ産まれたてのヨチヨチ歩きをしているものもあるが、これらノウハウやアイデアが読者にとって研究の一助あるいは

一考となれば幸いである。

2. 『和』『商』～高熱伝導薄膜の異方性計測～

2.1 測定概要

CVD ダイアモンド薄膜の電子デバイスパッケージング技術への応用は 10 年程前から盛んに行われているものの、成膜コストなど経済的な問題に加えて、その熱物性値の計測の難しさ(高熱伝導性, 異方性, 薄膜・微小領域, 微弱信号)が実用化への大きな障壁となっている。CVD ダイアモンド薄膜のマイクロスケールでの高速な熱伝導現象を *in-situ* でしかも異方性まで同時測定できる欲張りな熱物性値測定法が動的格子加熱法 (Dynamic Grating Radiometry: DGR) である。

測定原理は至ってシンプルである。Fig. 1 に示すように、試料はレーザーの 2 光束によって励起された干渉縞によって瞬間的に加熱され、その試料表面の温度応答を高速赤外ディテクターによって検出する。空間分解能は $50\mu\text{m}$, 測定可能な膜厚は数 μm 程度まで及び。Fig. 2 に簡単な装置構成概要を示したが詳しい構成などについては参考文献を参照されたい[2~4]。

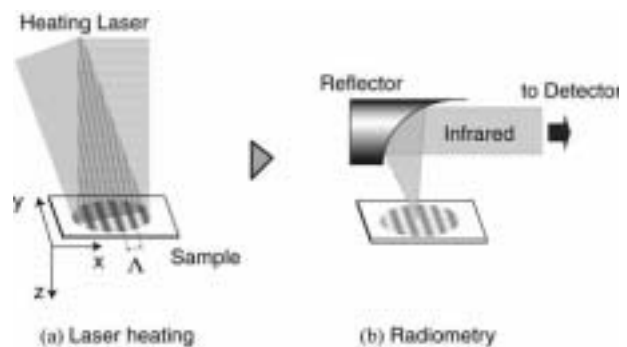


Fig. 1 The basic theory of DGR. (a) The sample is heated by the interference fringe pattern of two pulsed laser beams. The fringe space λ is around $200\sim 500\mu\text{m}$. (b) The temperature distribution of sample is monitored via infrared thermometry as a function of two dimensional heat conduction.

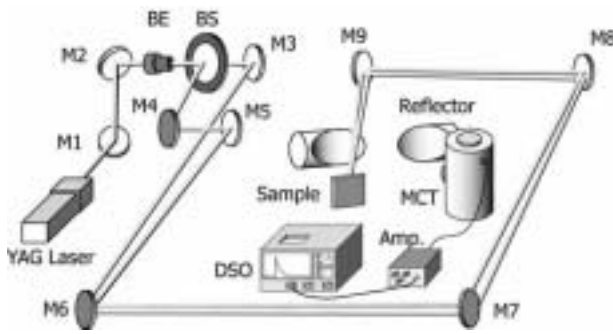


Fig. 2 Experimental apparatus of DGR.

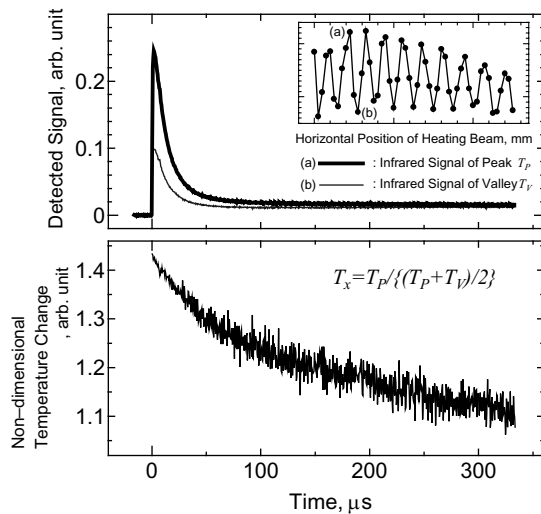


Fig. 3 Upper diagram: The inset shows the thermal grating detected by the scanning thermometry. (a) is defined as a peak and (b) as a valley of interference pattern. Lower diagram: The temperature change includes the information of heat conduction parallel to the sample surface.

2.2 『和』『商』による情報抽出

動的格子加熱法の真骨頂は、薄膜試料の面方向と厚み方向の温度伝導率を分離して同時に測定できることにある。一般的な測定法では一次元性の仮定が成立する領域で測定を行い、得られる熱物性値は1パラメータにすぎない。しかしながら本測定方法では一度の測定で温度伝導率の異方性(つまり $a_{//}$ および a_{\perp})を得ることができる。

開発の起こりはこうである。どうしても非接触その場測定可能な異方性同時計測法を開発したいと考えあぐねていたある日、式をジッと見ているとある条件で正負が逆転することがわかった。

$$T(0,0,t) = \left[T_0 + T_1 \exp\left\{-a_{//} t \left(\frac{2\pi}{\Lambda}\right)^2\right\} \right] \times \left\{ \exp(a_{\perp} \alpha^2 t) \operatorname{erfc}\left(\sqrt{a_{\perp} \alpha^2 t}\right) \right\} \quad (1)$$

$$T(\Lambda/2,0,t) = \left[T_0 - T_1 \exp\left\{-a_{//} t \left(\frac{2\pi}{\Lambda}\right)^2\right\} \right] \times \left\{ \exp(a_{\perp} \alpha^2 t) \operatorname{erfc}\left(\sqrt{a_{\perp} \alpha^2 t}\right) \right\} \quad (2)$$

つまり、干渉縞の山と谷の頂点では正負が逆になるのである(理論詳細についても文献[2~4]を参照されたい)。ということは両者の『和』を取れば何かキャンセルアウトできるのではないかと正にその通りであり、山と谷の式の『和』を取ることで $a_{//}$ のみの式になり、さらに『商』を取ることによって a_{\perp} だけが抽出された式になることがわかった。実際の波形と『和』『商』を行った結果を Fig. 3 に示す。

このように、動的格子加熱法では四則演算の『和』『商』を用いることによって異方性を分離して試料面方向と厚み方向の温度伝導率を同時にしかも非接触で抽出することが可能となった。しかしながら一つ問題が生じた。それは S/N 比の問題である。干渉性の悪い状態で加熱した場合や、CVD ダイヤモンド薄膜など非常に信号の出難い試料を測定する場合には信号の S/N 比は悪化する。特に波形がゼロ近傍で『商』計算する場合は計算結果が発散してしまう。Fig. 4 に S/N 比の違いによる解析結果への影響について見積もった例を S/N 比が悪化するに従って理論値からのズレが大きくなり、ばらつきも増えていることが確認される。動的格子加熱法では、S/N 比の向上のために信号を最高で 1000 回加算平均(言い換えれば『和』?)を行っている。波形の加算平均を行うた

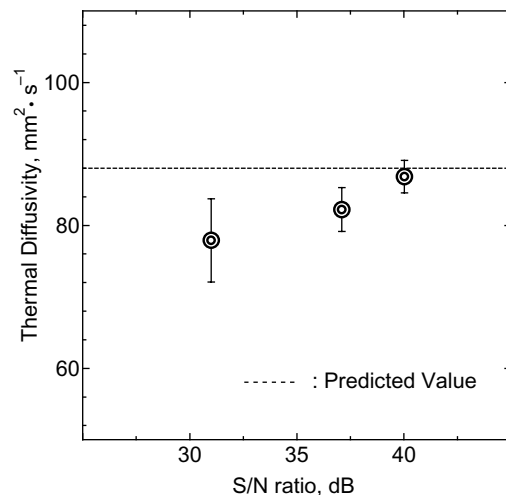


Fig. 4 The influence of S/N factor in the case of Si. The mean values of the thermal diffusivity parallel to the plane and standard deviation of the mean are demonstrated.

めには系の再現性の向上と同期が必要である．この結果 動的格子加熱法では高い S/N 比を達成し、ばらつきや偏差の低減に成功している．

3. 『差』『積』～ナノスケール熱物性計測法～
3.1 測定概要

ナノテクノロジーの進展により物性計測における高空間分解能化の要求は日増しに高まっている．デバイスのシステムデザインにおいても同様であり，ナノスケールの分解能でその場測定できる測定技術が望まれている．しかしながら従来の光学的熱物性計測法では，所謂「光の回折限界」のために空間分解能は波長程度に留まっている．そこで筆者らは近接場光を用いたナノメートルオーダーの空間分解能を有する熱物性その場測定法を新しく提案している[5~7]．ここで紹介する近接場光学熱顕微鏡 (Near-field Optics Thermal Nanoscopy: NOTN) の特徴として，

~10nm の空間分解能，~100nm 積層試料の各レイヤーの熱物性値その場測定

温度マッピング，試料形状マッピング，3次元熱物性マッピングが可能

などが挙げられる．

NOTN の測定原理についてここでは簡単に説明する．詳しい測定原理については[7]を参照されたい．近接場光ファイバーの先端には Fig. 5 で示すように近接場光が励起される．局在近接場領域に誘起された近接場光によって試料は周期的に加熱され，試料は周期的に温度変化する．このとき試料の温度変化に対応した反射率変化をプローブ光で励起された近接場光によって検出することで観察する．加熱光と観察光の位相差から熱伝導率・温度伝導率を測定することができる．装置構成を

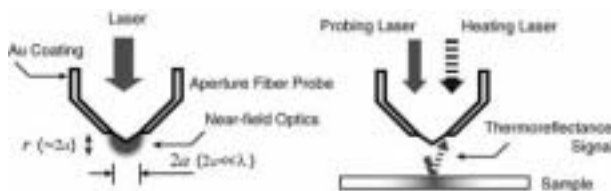


Fig. 5 A schematic image of NOTN. Left: an image of near-field optics. The spatial resolution is depending on the diameter of circular aperture of the tip. Right: The power of reflected light, which is generated by near-field optics of probing beam, is dependent on the temperature change of sample.

Fig. 6 に示した．

3.2 『差』『積』による微弱信号検出

試料の温度変化に対する反射率変化（所謂サーモリフレクタンス信号）の割合は非常に小さく ~ 10^{-5} [1/K]程度である．近接場ファイバーにおける近接場光の励起効率 は 1~10%程度であり，NOTN では極微弱な信号光変化を検出しなければならない．ここでノイズ源として考えられるのは，

He-Ne レーザーの発振ノイズ

ミラー等光学機器の振動に伴うノイズ

空気の揺らぎに由来するノイズ

近接場ファイバー先端の金属コーティングによるバックグラウンドノイズ

である． のノイズに対しては光学系をポールポストに取り付ける形ではなく，空気ばね式除振台に直付けしたり，空気の擾乱が発生しにくい雰囲気に設定したりすることによって低減することが可能であるが限界がある．そこで，導入したのが差分検出法である．リファレンス光とシグナル光の『差』を取ることによって，レーザー光の発振ノイズや機器の振動によるノイズなど信号成分に『和』の形で重畳されているノイズはキャンセルされ，ディテクターのショットノイズ限界までの S/N 比を得ることができる．Fig. 7 に簡単なダイアグラムを示した．PD1 には近接場光による信号成分とミラー等のノイズ成分を含んだ光が入射し，PD2 には共通のノイズ成分のみを含んだ光が入射する．例えば差動型ロックインアンプでロックイン検出することによって S/N 比の高い信号として計測することが可能になる．高周波の場合

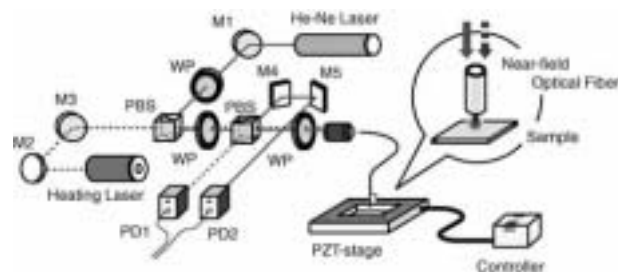


Fig. 6 Experimental apparatus. He-Ne laser is for a probing lights source, and heating laser is sinusoidally modulated with up to 1GHz frequency. A distance between the sample and tip of near-field optical fiber is controlled by the nano-meter order positioning system.

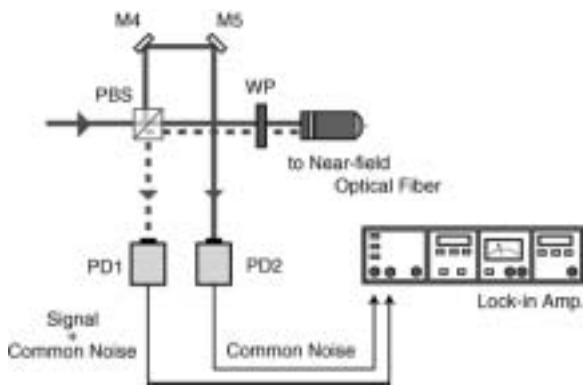


Fig. 7 The schematic diagram of differential detection scheme. The common noise such as optics vibrations and laser noise and background noise are canceled out by subtraction.

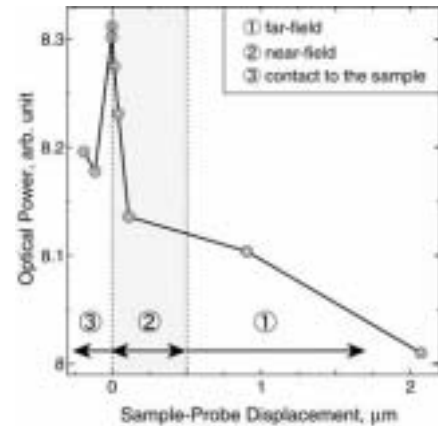


Fig. 8 The distance dependence of detected optical power.

は差分回路が組み込まれているディテクターを用いることによって同様の効果を得ることができる。NewFocus社のバランスレシーバーがこれに相当し微弱光検出系に特に有用である。しかしながら高周波で高いゲインを必要とする場合などは Fig. 7 に示した方法が好ましいであろう。(基本的な原理は同じである。)この『差』を検出することによって ~ のノイズは激減した。しかしながらのノイズに対しては『差』を取るだけでは改善は難しい。

そこで提案されたのが POM (Probe Oscillation Method) である。近接場光強度は近接場ファイバーの開口端から距離に依存して減衰する(Fig. 8)。従って近接場ファイバーと試料との距離を周期変調し、ロックインアンプで検出することによって近接場光の変化のみを測定することが可能となる。加熱光によって励起された近接場光強度 I は、

$$I = \frac{I_0}{2}(1 + \cos \omega_h t)(1 + \cos \omega_z t) \quad (3)$$

という加熱光の変調周波数と距離の変調周波数の『積』の形で表すことができる。したがって、サーモリフレクタンス信号は、

$$\Delta R_{\text{POM}} = \beta A \cos\{(\omega_h - \omega_z)t - \Delta\phi\} \quad (4)$$

と表すことができ、 $\omega_h - \omega_z$ つまり加熱周波数とプローブ励振周波数の『差』でロックイン検出することにより、バックグラウンドノイズを分離して計測することが可能となる。POMを導入することによって近接場光成分のみを抽出することが可能

となり、ナノメートルオーダーの空間分解能を有する熱物性計測の道が開けつつある。

4. おわりに

本稿ではマイクロ・ナノスケールの熱物性値その場測定法におけるアイデアやノウハウについて簡単ではあるがまとめてみた。『和』『差』『積』『商』という一見簡単な方法により最先端の研究が進展することもある。式をこねくり回すばかりが成功の鍵ではなく、フと身を引いて頭を柔らかくして取り組みたいものである。

参考文献

- [1] 長坂雄次, 第 23 回日本熱物性シンポジウム講演論文集, (2002) 268.
- [2] 田口良広, 長坂雄次, 日本機械学会論文集 B 編, 68-665 (2002) 194.
- [3] Taguchi, Y. and Nagasaka, Y., *Int. J. Thermophys.*, 22-1 (2002) 289.
- [4] Taguchi, Y. and Nagasaka, Y., *Proc. 15th Symp. Thermophys. Prop.*, (2003).
- [5] 田口良広, 堀口幸裕, 齋木敏治, 長坂雄次, 第 40 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, (2003) 361.
- [6] 堀口幸裕, 田口良広, 齋木敏治, 長坂雄次, 熱工学コンファレンス 2003, (2003).
- [7] Taguchi, Y., Horiguchi, Y., Kobayashi, M., Saiki, T., and Nagasaka, Y., *Proc. ISMME2003.*, (2003) (to be presented).

コバルト 60 照射施設における伝熱実験

Heat Transfer Experiment in Cobalt-60 Facility

賞雅 寛而 (東京海洋大学海洋工学部)

Tomoji TAKAMASA (Tokyo University of Marine Science and Technology)

1. 光触媒と伝熱特性

酸化チタンなどの半導体材料に可視光以上の振動数の電磁波を照射すると、光電極反応により、光電子を材料表面より取り出すことができる。この光電子により接触面において気液体が化学反応することを、光触媒反応という。酸化チタンの励起エネルギーは紫外線のエネルギーとほぼ等価であり従って酸化チタンは紫外線に対して反応を生じることができ、また酸化チタン以外に安定した光触媒反応を生じる金属材料が無いとの理由から、光触媒反応は紫外線と酸化チタンの組み合わせで利用されてきている。紫外線領域の酸化チタン光触媒の一般的利用には、電気分解、酸化による接触気液体の除菌、セルフクリーニングなどがある。ごく最近の物性関連の研究によれば、この光触媒壁面は接触する液体の表面張力を減じ、接触面の濡れ性が向上することが明らかになっている。

一方、沸騰現象において、沸騰気泡やライデンフロストにおいては、一般的に濡れ性が良いほど液膜が形成されやすくなり、安定した高熱伝達が行われる。九州大学の高田保之先生らは、紫外線照射による酸化チタン塗布沸騰面の核沸騰熱伝達率の向上を確認している[1]。この研究結果は光触媒反応による表面化学反応、特に濡れ性の向上が沸騰熱伝達の向上に寄与していることを示したこの分野のエポックメイキング的研究である。

筆者は前年(1998年)の伝熱シンポジウムで高田先生の関連のご発表を拝聴する機会を得、非常に感銘を受けた。長年原子炉内の熱流動を研究している立場からこれを原子炉に応用できないかとすぐに思いついたが、この光触媒を原子炉内熱伝達改善に利用しようとするとなつたような問題がある。

1) 伝熱部に紫外線を外部から照射することが難しい。原子炉内チェレンコフ光による紫外光は、例えば燃料被覆管にはなかなか到達しない。

2) 酸化チタン塗布伝熱面は、物理的・化学的に不安定であり、長期の使用が難しい。被覆管に新たな材料を塗布することは、認可上困難。

3) なんとか伝熱面に一般的に使用される酸化金属被膜(ジルカロイ)もしくはSUSが使用できないか。

ここで、放射線による表面触媒反応は、例えば線のエネルギーが紫外線より5~6桁大きい(従って酸化チタンのみならず、どの酸化金属の励起エネルギーよりはるかに大きい)放射線の高透過性のために表面で反応を生じる確率が著しく小さいとの理由から、それまでほとんど研究が行われていなかった。筆者は、放射線のコンプトン散乱、電子対生成によるデルタ線の発生という減弱過程を経れば酸化金属の励起エネルギーにマッチングするエネルギーの電磁波が生じ、その結果放射線による表面触媒反応が生じる可能性はあるだろうという考えを持っていた。その年の末に東大の班目春樹先生・岡本孝司先生と京大の三島嘉一郎先生・日引俊先生にその考えを説明し、東大京大のコバルト照射施設を使った実験をさせていただくようお願いをした。幸い各先生ともご興味を持っていただいたが、それまでにこのような現象(放射線による伝熱促進)の報告例はなく、かなりキワモノの研究(要するに実験結果に全く保証がない)である。とりあえず年明け(1999年)に京大炉コバルト実験施設と東大弥生炉の実験を春にかけて行いましょうとことになった。

2. 京大コバルト実験施設における

放射線誘起表面活性実験

放射線誘起表面活性の実験は、上記のように東大・京大を中心にこれまでに東芝、電力中央研究所、及び産業創造研究所などで行われている。ここでは編集出版委員会からの原稿依頼が三島先生を通じてあったこと、放射線誘起表面活性の成果

が初めて得られた場所であるということから，京大炉コバルト実験施設における研究，また依頼によれば学術的な結果でなく実験計測における苦労話を書けということなので，内輪の話を中心に記したい．また放射線誘起表面活性（Radiation Induced Surface Activation）という言葉は，現象がほぼ確認された 2001 年に岡本先生と相談して作った造語であり，当初は放射線触媒，酸化不導体放射線作用などと呼んでいたが，ここでは放射線誘起表面活性という言葉で統一することにする．

2.1 表面濡れ性実験（失敗編）

最初に計画したのは，線照射による濡れ性変化実験である．もちろんこのような計測実験に予算はどこからも工面できない（三島先生には共同研究ということで旅費を補助していただいたが）ので，費用負担のかからないことが重要．ここで酸化被膜をどのように付着させるかが問題になったが，まず SUS 板（30×30×3 mm）にチタンとジルカロイをプラズマ溶射した試験片の液滴濡れ性を調べることにした．プラズマ溶射は，船舶技術研究所（現海洋安全技術研究所）の植松進博士の協力を得た．植松博士も興味はあったもののこのような実験には懐疑的（まあ当たり前であるが）であり，私の依頼に対し困ったような顔をしていたことを覚えている．後からわかったことであるが，プラズマ酸化は他の酸化被膜形成方法に比較して放射線誘起表面活性の効果が高く，その点で研究は最初からラッキーな面が多かったかもしれない．すなわち，このような研究には計測施設や計測器具の提供などの協力をしてくれる（言い方を変えれば根拠のない無理な説得にも応じてくれる）信頼できる研究者の存在と，多分の幸運が必要ということだろう．

というわけで，実験を開始したが，放射線場で観測実験を行うことは筆者らにとって簡単なことではなかった．一応筆者も放射線主任者（東京商船大学（現海洋大学）は原子力関係の研究室は筆者の研究室だけなので，核理論から熱流動まで一応原子力全域を学部・研究科で教えなければならない）なのだが，放射線環境の実際の計測実験を行うのは初めてである．

しかしながらとりあえずやってみようということで，当時京大炉のコバルト照射施設の責任者であった長谷博友先生に年度途中なのに施設（図 1）



図 1 京大炉コバルト線源 .真ん中の円筒がコバルト線源容器 .使用時には地下から線源が上昇する .少し見にくいが見えが円筒容器向こう側にある 3 枚の細い板に試験片を貼り付けて照射準備をしている .円筒容器中心にあるくぼみ内だと線量が高いが ,このような離れた線量の低い状態だと 1 ヶ月以上照射しないと放射線誘起表面活性による濡れ性の変化は生じない .

を使わせていただくことにして 翌 1999 年 1 月に実験を早くも行った．線照射場は簡単な液滴接触角測定といえども駆動装置や観測装置などの遠隔機能は費用の点から用いることはできないが，紫外線光触媒はある程度の濡れ性保持時間があるので放射線による表面活性反応も照射中と直後後ほとんど変わらないだろうとの考えから，線照射直後に取り出した時の試験片の液滴接触角を計測した．1 週間くらいかけて照射実験をあれこれと繰り返したのだが，まったく液滴濡れ性の変化は出なかった．

がっかりしたが，もしかしたら照射中と照射後の濡れ性は変わっているかもしれないとのことから，今度は 3 月に放射線計測の専門家である東大の高橋浩之先生から開発中の耐強放射ファイバースコープをこれも無理を言って借りだし，東大コバルト実験施設で照射中の液滴接触角測定を行った．液滴落下は内径 1mm のシリコンチューブを照射部から 10m ほど引き出し，ファイバーでの画像を見ながら注射器で行った．しかしながら，これも残念ながら照射中も照射直後の液滴濡れ性とほとんど変化のないことが判明した．最後に岡本先生のお勧めで，中性子照射影響も含めて確認するというので，5 月に東大東海村の弥生炉で中性子ポートにおいて，シリコンチューブによる遠

隔液滴落下とビデオカメラ（もちろん鏡で直接中性子に照射されないようにしてだが）で中性子照射環境（かなりの線も含まれている）での液滴濡れ性計測実験を行った。しかしながら、これも濡れ性の変化は全く生じなかった。万事休す。これ以上打つ手は考えられないので、「まあやはりこういう現象は生じないんでしょうね」ということで、岡本先生にも三島先生にもお礼を言って、放射線誘起表面活性の第一次実験シリーズは見事失敗に終わったのである。

2.2 表面濡れ性実験（成功編）

本研究室でこの放射線誘起表面活性実験を担当していた当時修士1年の井口孝志君（現日揮）は、その年1999年の9月半ばからPurdue大学のIshii先生の研究室に半年間留学する予定でもあったので、上記の弥生炉の実験以後その準備に忙しかった。ほぼ準備も終わった8月の終わりに、彼は京大炉コバルト実験装置に1月に入れておいたままの試験片を一応調べたいと申し出てくれた。筆者らは、もう放射線による表面反応は期待できないとまるっきりあきらめていたのだが、とりあえず井口君の申し出のようにやってみようということになった。筆者は8月の後半は、大学（部長なので）のラグビーの合宿があり、そのため井口君一人に実験を任せきりで（実験結果を期待せず）、菅平で走り回っていた（車で各グラウンド間を）。合宿から帰ってくると、井口君から「試験片に表面反応が生じており、その線照射と暗室保持により濡れ性がサイクル性を持つということが確認された」という連絡を受けた。驚いて、すぐさま再実験を指示したところ、大体積算線量200kGyくらいの強放射線積算量で濡れ性の変化が生じることがわかった。放射線誘起表面活性は短期間、少量の放射線照射では生ぜず、従ってそれまでの実験では結果が出なかったのである。今では線の高透過率から当然のことだとわかっているのだが、そのころは光触媒の反応時間（長くても2～3時間）が頭にあったため、長時間照射するという考えはまったく出てこなかった。すなわち実験研究はしつこさが必要、学生の言うことには素直に耳を傾けるべしということであろう。

さて、井口君はこの貴重な成功結果を残して海外に行ってしまう、半年後に帰ってきてからも微小重力実験環境の気泡流研究にテーマを移したの

で、その後の放射線誘起表面活性実験は学部4年生の今井康之君（その後、東船大院、現東大博士課程）を中心に行うことになった。濡れ性向上現象はすでに臨界積算照射を越えれば確実に生じることがわかったので、後はパラメータを振って影響因子を調べることになる。井口君と今井君はいろいろ試験片に工夫をしてくれて、チタンやジルコニアを母材に溶射するよりも、それらの材料をそのものをプラズマで酸化させた方が放射線誘起表面活性の効果が高い（これは原子炉内での実用化に際しては非常に重要）ことや、円筒型の京大炉コバルト線源内部での試験片照射により実験効果が早まる（この円筒型線源の中心部は時間当たり15kGyくらいある。これでも実炉内部の線量より1桁ないし2桁少ないのだが、それまでの実験と異なり半日ほどの照射で濡れ性変化が生じる）ことを確認してくれた（図2参照）[2, 3]。

2.3 ライデンフロスト、クエンチング実験

翌2000年には、放射線誘起表面活性による酸化被膜内の伝導度変化が確認され、この作用を利用した放射線計測装置の開発[4]、及び放射線誘起表面活性による表面化学反応によって生じる電気的作用により防食効果を確認する研究[5]が始まっている。前者は、京セミ株式会社との共同研究に

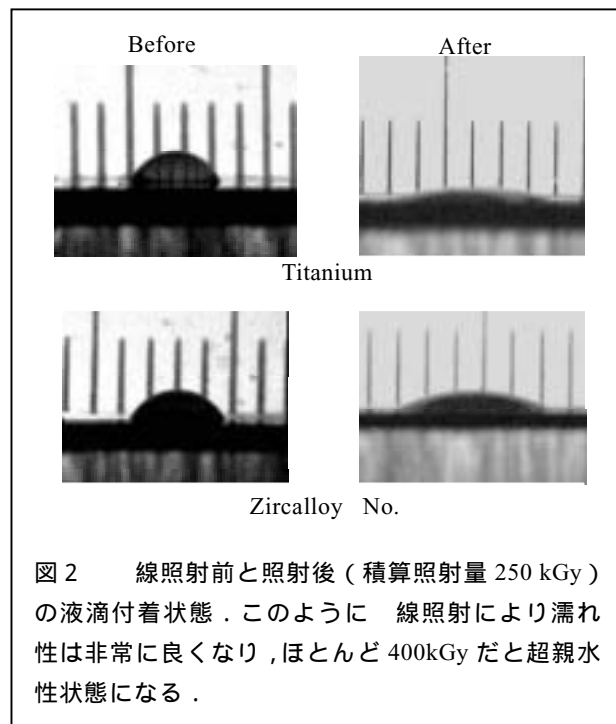
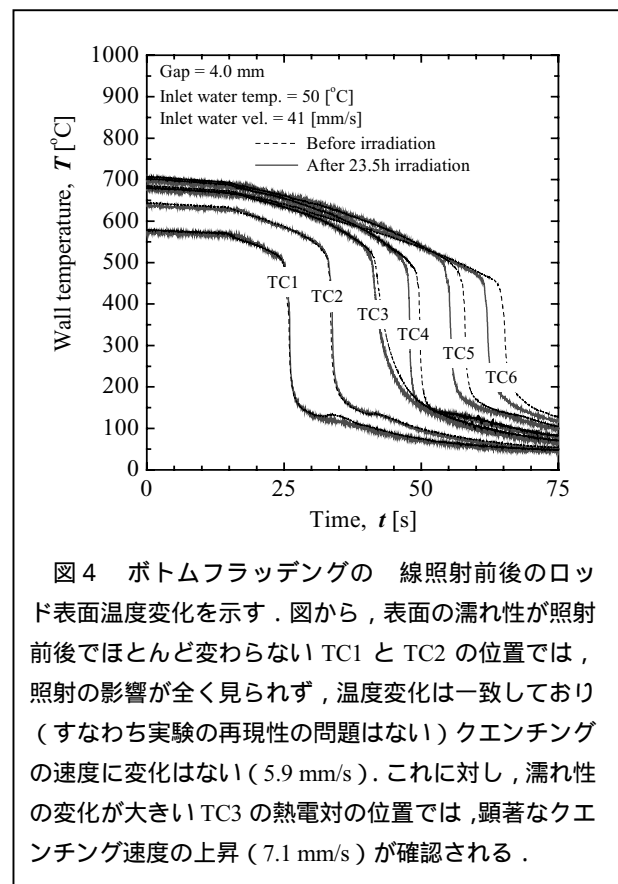
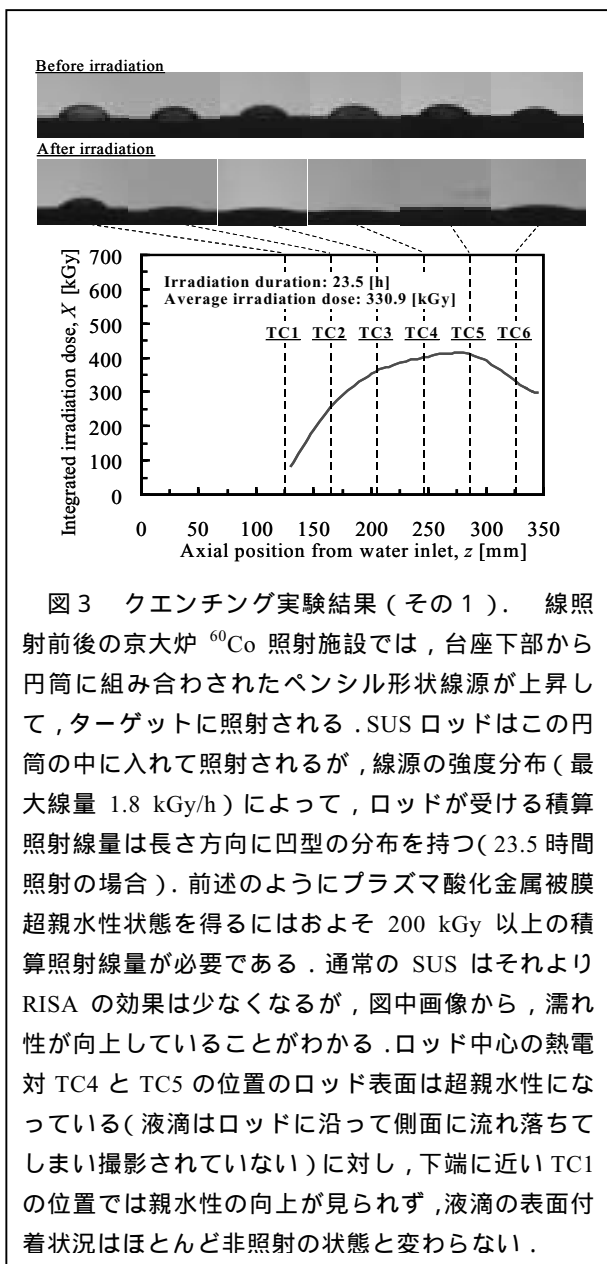


図2 線照射前と照射後（積算照射量250kGy）の液滴付着状態。このように線照射により濡れ性は非常に良くなり、ほとんど400kGyだと超親水性状態になる。

よってその新しいメカニズムによる放射線計測装置の可能性の大きさが明らかにされ,2002年度より JNC の公募研究によってその実用化がほぼ確実になっている[6]. 後者は,電中研の古谷正裕研究員の非常に大きな努力により,放射線誘起表面活性による防食効果は応力腐食割れを防ぐほどの母材金属卑化が生じることが確認されている[7].

京大炉コバルト実験施設では,その2000年から現在まで,引き続き放射線誘起表面活性がライデンフロストやクエンチングに与える影響が実験計測されてきている[8,9].2001年春から当研究室の

一員となった波津久達也講師は,今井君と一緒にになって,ライデンフロストやクエンチング計測を精力的に行ってくれた.筆者も,彼らと一緒に実験を何回か京大炉で行ったが,彼らは若くほぼ1週間徹夜の連続(すなわち寝ない)をしたりするので,とても付き合いきれない.昼間は良いのだが,明け方には高速ビデオカメラや照明を保持する(そのくらいしか教授は実験を手助けできない)手にも力が入らなくなり,彼らには迷惑をかけるばかりであった.幸い,ライデンフロスト実験もクエンチング実験も三島先生,日引先生及び斎藤泰司先生のご協力を得て,予想以上の結果(図3,4)を得ることができている[10].放射線誘起表面活性の実験は,放射線直後の時間経過によって表面状態が変化するために,特に素早く実験を行わなくてはならない.特にクエンチング実験は,コバルト照射施設から離れたところで行ったので,組立,加熱準備および実験計測を秒単位でスケジュール化し,かつ周囲環境(特に温湿度)を一定にする必要がある.そうでないと実験計測の再現性が失われる.



2.4 終わりに

放射線誘起表面活性にはまだ確認されていない点が多いが，これまでの研究結果からほぼ図5のようなメカニズムによって生じることが明らかにされている[11]．放射線誘起表面活性は，うまくこの効果を用いることにより，原子炉内における多くの特性向上を期待されている．本年度から，経産省革新的実用原子力技術開発に「放射線誘起表面活性効果による高性能原子炉に関する技術開発」というテーマで採用され，放射線誘起表面活性による実炉環境の伝熱促進が東芝・原研によって，防食効果が神鋼・産創研によって，海洋大，東大，京大及び電中研による協力のもとに，それぞれ研究が開始されている．この技術開発は，東芝の光武徹博士と師岡慎一博士が中心になって2001年度から計画してくれたのだが，ようやく経産省に認められた 新規的であるには違いないが，大学の計測結果しかない状況で，良く予算化していただいたと感謝している．

以上，コバルト照射装置を用いた伝熱研究の内輪の話を記したが，とりあえずやってみた，無理矢理頼んだ，幸い計測できたなどという記述ばかりで，あまりにも場当たりの計画的でないようである．しかしながら，新しい実験研究はうまくいかないことが当たり前，目的に合わせて計測手段は臨機応変ということも必要．昨今，大学では独立法人化のこともあって，ますます先が見えている研究しかなかなか予算が認められないのだが，まだまだ伝熱の分野はわからないことばかり．特に若い研究者の伝熱計測研究におけるブレークスルーを期待しています．

参考文献

- [1] 高田保之他 7 名，第 36 回日本伝熱シンポジウム講演論文集，#D232 (1999).
- [2] 賞雅寛而，井口孝志，班目春樹，岡本孝司，三島嘉一郎，植松進，第 39 回日本原子力学会 2001 年春の年会要旨集，#I29 (2001).
- [3] 賞雅寛而，今井康之，班目春樹，岡本孝司，三島嘉一郎，植松進，第 38 回日本伝熱シンポジウム講演論文集，CD-ROM, #G233 (2001).
- [4] 友澤秀征，中田杖佑，岡本孝司，賞雅寛而，日本原子力学会春の年会要旨集，#C 43 (2001).
- [5] 古谷正裕，賞雅寛而，岡本孝司，第 67 回 (平

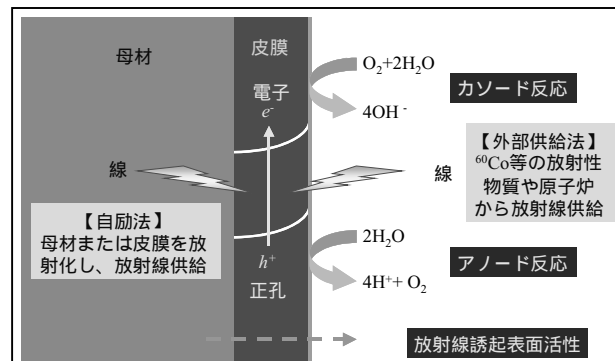


図5 現在考えられている放射線誘起表面活性のメカニズム．酸化被膜の電気抵抗測定結果と放射線照射シミュレーションから，例えば線エネルギーの大部分は母材に吸収され，酸化被膜近傍 0.5-1mm 程度の母材層からの励起電子が酸化被膜と反応して，酸化被膜表面のカソード・アノード反応を生じることがわかってきている．この表面電気反応が濡れ性向上や母材腐食電位卑化などを生じ，放射線照射環境における伝熱と防食の向上がなされる．また母材自身を放射化して，自励的にこれらの効果を生じさせる研究も進められており，表面照射線量 10 μGy 程度の郵送可能放射線量以下で放射線誘起表面活性を生じることが確認されている．

成 14 年春季) マリンエンジニアリング学術講演会講演論文集, (2002) 125-128.

- [6] Takamasa, T., Hazuku, T., Tujimura, N., 他 4 名, *Proc. the Second Int. Sympo. Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-2)*, A6-4, (2003).
- [7] 古谷正裕，植松進，賞雅寛而，岡本孝司，広石大介，河村浩孝，日本原子力学会和文論文誌 1-2 (2002) 242-243.
- [8] 今井康之，賞雅寛而，岡本孝司，小川矩弘，三島嘉一郎，植松進，第 39 回日本原子力学会 2001 年春の年会要旨集，#I30 (2001).
- [9] 今井康之，賞雅寛而，岡本孝司，小川矩弘，三島嘉一郎，植松進，第 38 回日本伝熱シンポジウム講演論文集，CD-ROM, #G234 (2001).
- [10] 賞雅寛而，波津久達也，三島嘉一郎，岡本孝司，光武徹，師岡慎一，第 40 回日本伝熱シンポジウム講演論文集，CD-ROM, # D131(2002).
- [11] 賞雅寛而，岡本孝司，三島嘉一郎，古谷正裕，日本原子力学会誌，45-2 (2003) 42-47.

工学応用のための磁気共鳴イメージング (MRI)

-固体高分子燃料電池膜の計測を中心として-

Magnetic Resonance Imaging for Engineering applications

-Measurement of polymer electrolyte fuel cell membrane-

津島 将司, 末包 哲也, 平井 秀一郎 (東京工業大学)

Shohji TSUSHIMA, Tetsuya SUEKANE and Shuichiro HIRAI (Tokyo Institute of Technology)

1. はじめに

磁気共鳴イメージング(Magnetic Resonance Imaging, MRI)は, 1970年代前半に原理が提案され, 1980年代初め頃から医療用診断装置として用いられるはじめた画像計測法である. 近年, 医療分野以外での応用が広がっており, 生物学, 食品学そして本稿の主題である工学などへの応用が展開されてきている. とともに計測原理は同じであり, 医療用MRIとの違いは, 高分解能計測が実現でき, その分, サンプル領域が数cmから数十cm程度と小さくなるということである. そのため, 実験装置の製作に多くの制約が生じるが, MRIを用いて初めて見える現象がある. 本稿では, MRIを用いて何ができそうなのか, を感じ取っていただくために, 計測原理の詳細については, 多くの良書[1-3]に譲り, MRI計測法と我々の研究室での取り組みを紹介したいと思う.

2. MRI計測法

「磁気共鳴イメージング(Magnetic Resonance Imaging: MRI)は非破壊・非侵襲で物体内部の可視化が可能で, かつ, 速度計測や温度計測, さらに, 化学種・化学構造の識別, 物質拡散の計測, までもが出来る」と筆者は, 研究室に見学に来られた方に説明している. そうすると「空間分解能は?」「時間分解能は?」と大抵, 質問される. 医療分野で広く利用され, “MRI”という単語を耳にされたことがある方がほとんどであることから, 興味を持っていただけるのであるが, 前述の質問に答えるためには, その計測原理とハードウェアの現状を知っていただく必要がある. また, 個々の工学的な研究に活用できるかどうかについては, 計測原理に制約される適用限界を考え, 可能であれば, 実験装置を工夫することで対処することになる. そのため, MRI計測の原理を理解することは, 研究を行う者にとって重要であるが, ここで

は, 「MRI法とは, 測定対象とする場の原子核に電磁波を照射し, エネルギーを吸収した原子核の緩和(エネルギー放出)過程における核磁気共鳴(Nuclear Magnetic Resonance: NMR)信号を計測することで, 原子核の空間分布などを画像再構成する手法」と概念的に説明するにとどめたいと思う.

また, MRI法では, 測定核種として「ゼロでないスピンを持つ原子核であること」が条件となる. 代表的なものとして, ^1H , ^{13}C , ^{31}P , ^{23}Na , ^{39}K などがあるが, 水素原子核 ^1H が天然存在比も大きく, 多くの物質に含まれることから, 測定対象となることが多い. 本研究室でも, 水やオイル中, さらに固体高分子膜中の ^1H を対象とした測定を行っている.

どのように空間中の原子核の位置を識別し, 画像再構成するのかについては, 「原子核から発生されるNMR信号の周波数が原子核のいる磁場の強さに比例する」という原理に基づいて, コイルにより空間中に磁場強度の分布(傾斜磁場勾配)を生成することで, 原子核の空間位置をNMR信号の周波数の違いとして把握する.

3. MRI計測装置の実際と計測結果

3.1 MRI計測装置

図1は我々が使用しているMRI装置(静磁場強度7T)の概観写真である. このようなMRI装置はサンプル挿入の方向によって, 縦型と横型に分類できるが本装置は縦型であり, サンプル挿入口(写真では見えないが, 矢印の位置にある)は上部と下部にあり, 装置中心部に位置する直径57mmの計測領域にサンプルを設置する. 装置の高さは約3mほどで流体を用いた計測などを行う場合には, MRI装置の下部から上部(または上部から下部)に向かって配管を行うことになる. 以下では, 本研究室におけるMRIに関する研究について示す.

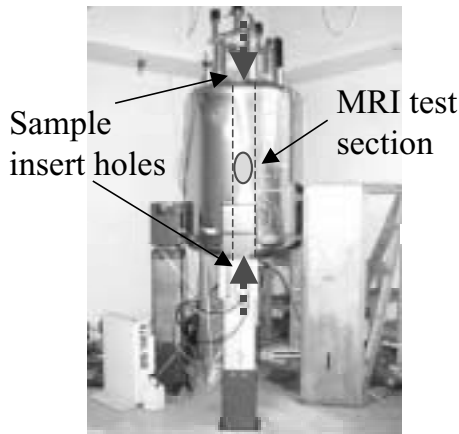


図1 MRI装置の概観

3.2 PEFC 発電時の電解質膜内水分のMRI計測

固体高分子形燃料電池 (Polymer Electrolyte Fuel Cell: PEFC) は、将来の自動車用動力源として注目されている。しかしながら、電解質膜に用いられる固体高分子膜のイオン伝導性は膜が乾燥すると急激に低下するため、常に含水状態を保ちながら、燃料電池を運転する必要がある。そのため、水素や空気に加湿を行うなどの手法が取られるが、電解質膜内の水分分布を計測する手段はこれまでなかった。このような背景から、我々の研究室では、数十～数百ミクロンの膜厚の固体高分子膜内の含水状態を PEFC の発電時において MRI 計測することに成功した[4]。図2は実験装置の概略であり、MRI 計測室の外におかれたボンベから水素、酸素を MRI 装置内に設置した PEFC セルに供給する。前述のとおり、我々の MRI システムの計測領域は、試料設置領域は直径 57mm しかなく、既存の PEFC スタックは勿論、PEFC 単セルを挿入することもできない(また、もし挿入できたとしても、PEFC セルに使用されている材料などの点で、MRI 計測はできない)。そこで、MRI 計測用の PEFC セルを製作した。

図3は、我々が製作した PEFC セルの構造である。すべて非磁性材料から構成されている。固体高分子電解質膜を Pt 触媒付き拡散電極で挟み込んで膜電極複合体 (Membrane Electrode Assembly: MEA) としている点では、一般の PEFC セルと変わりはない。しかしながら、通常の PEFC セルでは、MEA を炭素材料や金属材料によるセパレータで挟み込む構造となっており、セパレータは燃料供給とともに集電体としての機能を果たす。我々のセルでは、集電体として、表面に金メッキ

をほどこした銅の薄板を使用している。いくつかの材料について、MRI 実験を行ったが、入手が簡単でかつ加工も容易であること、そして何より、MRI 計測が実現できたことから、現在のセル構成となっている。MRI 計測においては、計測領域内の磁化率 (susceptibility) の不均一が画像の歪みをもたらすため、材料および材料形状 (形状の鋭角な変化は局部的に磁化率の不均一をもたらす場合がある) の選定が MR 画像を取得するために重要となる。このように予備実験を繰り返した後に、ようやく取得できた発電時における PEFC 電解質膜内の水分濃度分布を図4に示す。ここで、膜厚方向の画素サイズは約 25 μm である。しばしば我々の有するような MRI 装置が MR 顕微鏡 (Magnetic Resonance Microscopy: MRM) と表現される所以である。図中、左から次第に出力電流密度を増加させていくと、アノード側 (水素極) から電解質膜の水分濃度が減少していく様子が初めて捉えられた。これは、電解質膜内を水素イオンが移動する際に電気浸透現象により周囲の水を伴って移動することに加えて、カソード側 (酸素極) で電気化学反応により生成水が生じていることに

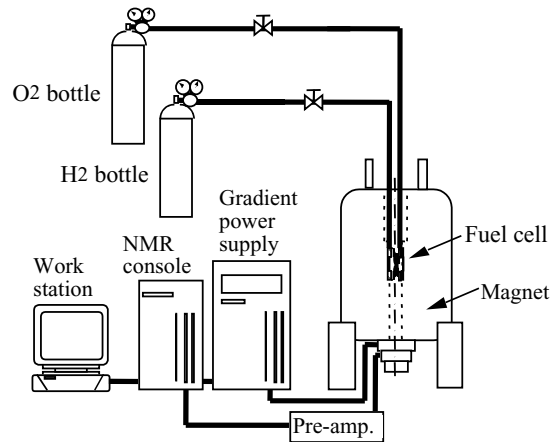


図2 PEFC の MRI 実験装置の構成

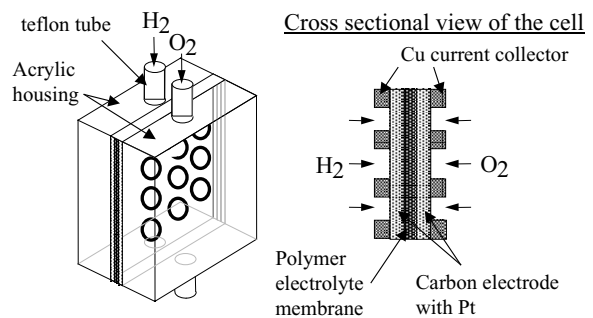


図3 MRI 実験用 PEFC の構造

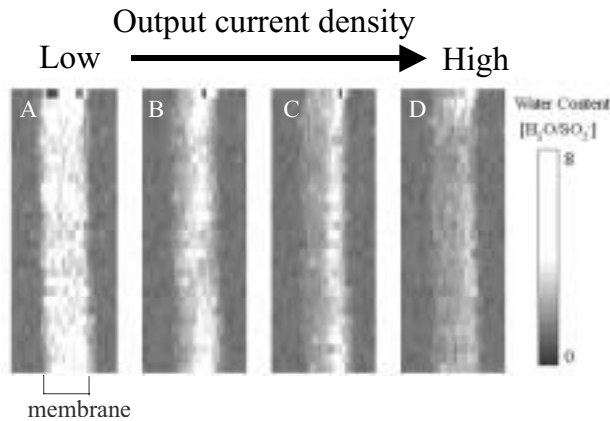


図4 PEFC 発電時の電解質膜内水分濃度分布 (各画像中、左側が水素極、右側が酸素極)

起因している。これらは、水素・酸素ともに無加湿で PEFC を運転させた時に得られた結果であり、現在、MRI 装置内で供給ガスの加湿ならびにセル温度の制御を可能とするシステムを非磁性材料により構築し、PEFC への加湿の影響を調べる実験を開始している。今後、PEFC セル内水分制御に関して、熱物質移動の観点から指針が得られるものと期待している。

3.3 CO₂ 地下貯留のための MRI 計測

我々の研究室では、PEFC 以外にも様々な熱流体現象の解明に MRI 計測を用いている。その一つが、二酸化炭素(CO₂)の地下貯留に関する研究である。CO₂は地下では、高温・高圧になるため、超臨界状態となる。そのため、浮力を生じるが、どのような多孔質(地中)構造のときに、どのくらいの速さで上昇するのか、など未だ明らかではない。そこで、地中構造を模擬した水で充填された多孔質体内に超臨界 CO₂ を圧入し、多孔質内での挙動を MRI を用いて計測を行っている[5]。実験装置の製作に際しては、地中を模擬するために 100 気圧まで耐える圧力容器を樹脂材料と真鍮を

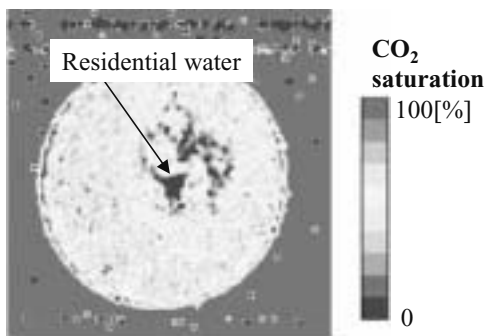


図5 CO₂ 圧入時の充填層内 CO₂ 分布

用いて設計した。その結果、図5に示すように、直径約 70 μ m のガラスビーズ充填層内で、CO₂ 圧入時に残留水が生じる様子が捉えられた。現在は、実コア(実際の岩石サンプル)を用いた実験を行うべく装置の開発を行っている。

3.4 気体の MRI 計測

以上、PEFC と CO₂ 地下貯留の MRI 計測においては、計測対象は液体水中の ¹H であったが、気体の MRI 計測に関する研究も行っている。気体中では液体中に比べ、¹H の数密度が大きく減少する。そのため、MRI 計測が困難である。そこで我々は、高圧気体を用いた気体 MRI 計測について検討を行っている。図6は、直径 6mm の円管内のメタンガス(約 10 気圧)の軸方向速度分布を MRI により計測したものである。ここでは、“位相法”という方法により流速計測を行った。これは、速度成分の計測方向に沿って一対の傾斜磁場を印加し、流体の移動に伴って観測される NMR 信号の位相のずれから流速を導出するものである[6]。画素ごとに流速が求められるという利点がある。図より、放物線型の円管内の軸方向速度分布が捉えられている。この結果を踏まえ、ディーゼルパーティキュレートフィルター(Diesel Particulate Filter, DPF)内の流動計測に応用を行った。興味のある方は参考文献[7]を見ていただきたい。

3.5 縮流部における粘土流動の MRI 計測

MRI による流速計測法には“タグ法”というものもある。図7は、12mm から 6mm に縮流される矩形流路(奥行きは 10mm)内の粘土の流動を MRI により可視化したものである。研究背景は、八二カムセラミックスの押し出し成型時に見られる粘土流動である。ここでは、粘土の一部を縞状に選択的に励起し、移流後の MR 画像を取得することで、“タグ”の移動から流速分布を求める行う

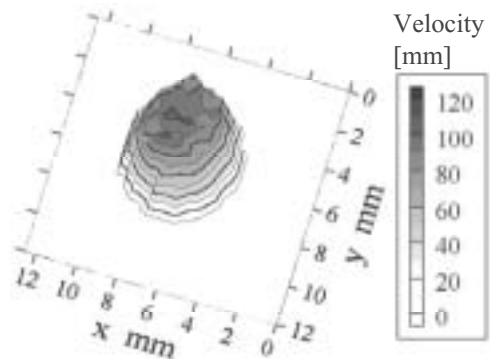


図6 円管内のメタンガスの MRI 速度計測

ことができる[8]。前述の“位相法”は、流体内部の磁場の不均一に敏感であることから、粘土内部の流動については適用できなかった。このような非透明流体の計測では MRI 計測法が有効である。

4. MRI 計測の工学応用への期待

文中で、MRI は速度、温度、化学種、物質拡散なども計測できると記した。紙面の関係で述べることはできなかったが、いずれも NMR 信号は原子核の周囲環境の影響を受ける、ということを利用している。すなわち、画像のコントラストは原子核を取り囲む物理的因子の影響を受け、これにより、例えば、温度計測、化学種イメージングなどの応用[9]が可能となり、X 線 CT などと異なる MRI 法の多様性が生み出される。現在、MRI の空間分解能は、 $10\mu\text{m}$ 程度であり、マイクロコイルを用いて $3.5\mu\text{m}$ の空間分解能を達成したという報告もある[10]。空間分解能は、一画素当たりの十分な信号強度 (SN 比) の確保と、より強い傾斜磁場生成のコイルが必要である、というハードウェア上の制約による。時間分解能については数十 ms 程度での画像の取得が可能な高速 MRI 計測法も報告されているが、あらゆる計測対象に拡張できるものではない。これも、高速での磁場のスイッチングを可能とする傾斜磁場コイルなどのハードウェアによるところが大きい。一部には、空間分解能・時間分解能とも頭打ちになっている、という研究者もいるが、我々としては、どのようなものを対象として何を見るのか？ということが最も重要であり、その意味からは、MRI の工学的応用は緒についたばかりであるといえると思う。

最後に、最も(!?)よく聞かれる質問の一つに「いくらですか？」というものがある。現在、MRI を装置として製造・販売しているところは数えるほどしかなく、お世辞にも安い、とは言えない。しかしながら、MRI システムを導入し、工学的な応用を先駆けて探求することで、現在のノウハウと研究成果の蓄積があるものと考えている。MRI という計測法の奥深さを痛感しながら、また、先見の明をもって、MRI 導入時にご尽力いただいた先生方に感謝しながら、研究に取り組んでいる次第である。今後、MRI 計測が工学的応用にも広がり、発展していくことを願い、また、東工大に来られる機会があれば、是非、一度、実物を見てい

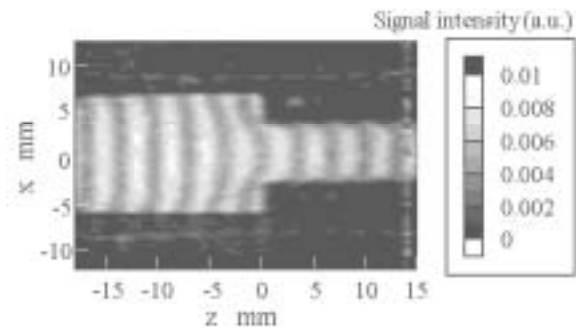


図7 縮流部粘土流動のMRI計測結果
ただきたい、と思う次第である。

5. 謝辞

本稿で示した研究成果の一部は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)、地球環境産業技術研究機構(RITE)、文部科学省科学研究費からの助成を受けた。実験装置の製作にあたり、旭化成(株)、田中貴金属工業(株)、日東高圧(株)、日本ガイシ(株)にご協力いただいた。また、MRI 実験は、東京工業大学炭素循環エネルギー研究センターに在籍した学生とともに行ったものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- [1] 亀井裕孟, 核磁気共鳴技術, 工業調査会, (1987).
- [2] ピーター・ルイテン, カレン・ヤンセン編著, 石川徹監訳, MRI の原理と応用, 通商産業研究社, (1996).
- [3] 岩井喜典, 斎藤雄督, 今里悠一, 医用画像診断装置, コロナ社, (1998).
- [4] 津島将司, 寺西一浩, 平井秀一郎, 第10回燃料電池シンポジウム(2003), 326.
- [5] Suekane, T. et al., Green House Gas Control Technologies, (2002), 144.
- [6] Fukushima, E., Annu. Rev. Fluid. Mech., 31(1999), 95.
- [7] 津島将司, 平井秀一郎, 高尾洋, 山本昌弘, 中筋善淳, 圧力技術, 40-1(2002), 4.
- [8] Tsushima, S. et al., Mag. Res. Ima., 21(2003), 673.
- [9] Callaghan, P. T., Principles of Nuclear Magnetic Resonance Microscopy, Oxford (1991).
- [10] Ciobanu, L., et al., Jour. Mag. Res., 158(2002), 178.

熱工学のふく射現象研究のためのスペクトル測定装置
A Spectrophotometer System for Radiation Phenomena in Thermal Engineering

牧野 俊郎, 若林 英信 (京都大学)

Toshiro MAKINO and Hidenobu WAKABAYASHI (Kyoto University)

1. はじめに

京都大学のわれわれの研究室では、年月をかけて、われわれが広波長域高速スペクトル測定装置と呼ぶ実験装置を開発してきた。それは、われわれの研究室を訪れるお客さんには、とりあえずお見せする装置である。がちがちと動き、けなげに測定をするので、その意味はしっかり通じなくても、とりあえず好評である。

この装置は、工学系の実環境下にある実在表面における熱ふく射現象を実験研究する目的のものであり、0.30~11 μm の近紫外~赤外の波長域のふく射(radiation)の反射(reflection)と放射(emission)^(#)のスペクトルを2sのサイクル時間をもって繰り返し測定する。光学系はもとより、検知系・信号処理系や装置の箱に至るまで、基本的に自作のものであり、不格好ではあるが、それゆえに「かわゆい」。「高速」というにはあまり高速でないが、そのトータル性能において世界のNo.1の装置であると自負するものである。

2. 実在表面とは

上述の「工学系の実環境下にある実在表面」とは、たとえば、高温の工業装置を構成する金属の壁面を指す。そのあらい表面には、通常なんらかの表面被膜が形成されている。あるいは、表面処理プロセス下にある鋼板や薄膜プロセス下にある半導体回路の表面である。その表面の微視構造は積極的に変化させられ、そのふく射性質は、その表面構造の変化に敏感に応じて時々刻々にも変化する。われわれは、そのような表面を、理想的な実験室の清浄な光学鏡面(ideal surface)と区別して、実在表面(real surface)と呼んできた(図1)。

このような表面のふく射性質を把握する研究を、大学の基礎研究のサイドで始めようと思ひ、あれこれ迷った末にたどり着いたのがこの装置であっ

た。その研究は、アバウトにあって熱物性研究であるが、すこしまともになると、熱ふく射特性研究である。ふく射(radiation, 光, 電磁波)は熱(heat)ではないし、実在表面の特性(characteristics)は物性(properties)と呼ぶには普遍性に乏しい。あるいは、熱ふく射性質と呼ぶことにしている。

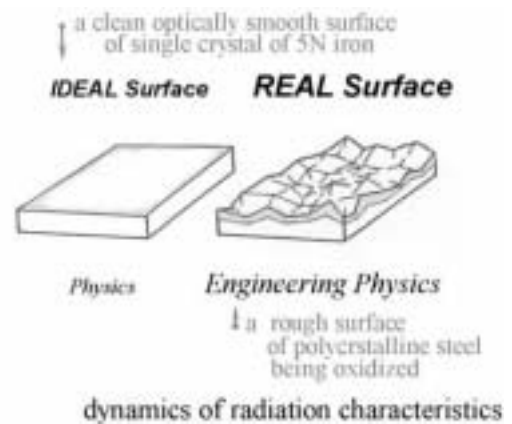


図1 理想的な表面と実在表面

3. 分光学的なふく射伝熱の評価

熱工学のふく射伝熱研究では、最終的にWの単位のエネルギー輸送量の評価をめざすが、もしそこに有効数字で1桁の確からしさを求めるなら、その基礎となる物性研究の段階では、ラフでも分光学的な(スペクトラルな)手法を採ることが不可欠である。そこで、この雑多な実在表面という複雑系の熱ふく射性質を熱工学のために研究するための分光システムがほしいというのが、この装置を考えた意図であった。それはもう20年近く前の出発点であった。

4. スペクトル装置のスペック

そのスペクトル装置を構想するにあたって考えたのは、次の(1)~(3)の3点であった。(1)波長:

Planck 分布の及ぶ広い波長域のスペクトルを 1 台の装置上で測定できること．太陽エネルギーのことを考えると，短波長側は可視域までをカバーするのが望ましい．ただし，高い波長分解能はまず重要ではない．(2)時間：数秒の程度のサイクルタイムの高速性をもってスペクトルを繰り返し測定できる機能がほしい．(3)方向：ふく射のさまざまな方向特性，とりわけ半球特性の絶対値を測定できること，あるいは，反射と放射が同時に測定できること(§ 9 に詳しく述べる)が重要である．

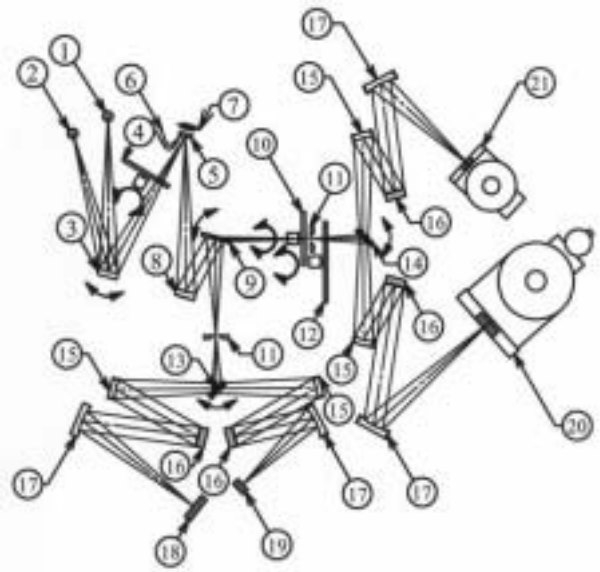
装置は，試行錯誤とフィードバックを繰り返して現在のものに進化してきた[1,2]ので，上述の(1)~(3)も，常にそうであったのではない．以下の叙述にも，時系列的に見ると錯綜しているところがある．

5. スペクトル装置の構造

実環境下の実在表面のためのスペクトル測定の高速度を図るのには，検知素子のリニアアレイを用いることにした．回折格子やプリズムで分散した光の焦点面には虹ができるが，分散素子を回転してその虹の中からスリットを通る単色光を選ぶ代わりに，その焦点面にアレイを置き，その信号を電子的に走査して機械的な動きを最少化し，測定を高速化することにした．ただし，可視～赤外の広い波長域をカバーするには，そのようなユニットを 4 組並べることが必要であった．ユニットの間は，ステッピングモーターで駆動する何枚かのミラーの往復回転運動をもって連絡する．測定の全行程はマイクロコンピュータで制御する．

図 2 に，現在のスペクトル装置の光学系・検知系の概要を示す[2]．ラフにいうと，反射測定では，光源 1 または 2 の放射ふく射が試料表面 5 に入射し，その反射ふく射が 4 組の分光ユニットのいずれかに導かれ，検知素子アレイ 18~21 で測定される．放射の測定では，入射ふく射をシャッター 4 で遮断する．

その図には，ふく射の進路・光束が描いてあってわかりやすいが，実機ではそのような線は見えない．もとより赤外のふく射は見えないし，スモーカーの筆者の一人も実験室では禁煙しているので，可視のふく射も見えない．装置を作る者には，また見学者には，装置のなかを覗くと，なにかが足りない気がして不安になる．



- | | |
|--|--|
| 1. tungsten-halogen lamp | 13. rotary plane mirror 1 |
| 2. Si ₃ N ₄ light source | 14. rotary plane mirror 2 |
| 3. rotary concave mirror | 15. collimator |
| 4. shutter disk | 16. diffraction grating |
| 5. specimen | 17. concave mirror |
| 6. K-thermocouple | 18. 35-Si photodiode array |
| 7. heater | 19. 16-Ge photodiode array |
| 8. concave mirror | 20. 32-InSb photovoltaic detector array |
| 9. rotary plane mirror | 21. 16-HgCdTe photoconductive detector array |
| 10. chopper | |
| 11. entrance slit | |
| 12. filter disk | |

図 2 広波長域高速スペクトル測定装置の光学系・検知系の概要

6. スペクトル装置の試作作業

およそスペクトル装置(分光光度計)などというものは，計測器メーカーの製品を買うものであるという思い込みがどこかにあって，なんとなく不安になりながら，それでもスペクトル装置を自作した．もちろん光源やミラーや格子やモーターや IC は購入した．赤外用の 2 種のアレイは特注した．光学設計・回路設計の後には，部品を並べたり繋いだりしただけというのも正しい．ミラーホルダーなどの機械部品は，旋盤やフライス盤を操作して自作した，もちろん金属材料は買って来たが．”並べただけ”という作業も，実は，当人たちには，たいへんな作業であった．一例としてミラーの微調整のことを書く．買って来たミラーと工場で作したミラーホルダーとの間・ミラーホルダーと装置の床の間には O リングを挟んだ．これは

ノウハウかも知れない。そのミラー1個あたりに2つのリングを計7本のネジで締め、その締め加減でミラーの球心の位置と向きを微調整する。前述のようにふく射は見えないので、検知信号を頼りにその締め加減を最適化する。ところで、ミラーは剛体であるので、その設置の自由度は5だけある。つまり、1つのミラーを調整する作業は、5次元空間の最適点を探査する逆問題を精密ドライバーで解く作業に他ならない。5次元格子点探査法で1次元について3点ずつの可能性をチェックしても、探査すべき格子点は 3^5 個もあるが、1つずつのミラーについてそんなことが完璧にできるわけがない。にもかかわらず耐えてやっていると、次第に人間ができてくる。最適でなくっていいんだ。装置が動くところまで行くのなら。

7. 装置ができてみると

何年も苦労したが、実は何回にもわたって、とにかく装置はできた[1,2]。そのたびに、その装置を用いて、清浄な金属表面が高温大気酸化される過程における反射と放射のスペクトルの推移を調べた。この実験は、もっとも簡単にできて、現象の本質を決定的に明らかにするよい実験である。

繰り返し実施したその実験で、ふく射スペクトルはダイナミックに、しかし、実に規則的にシンプルに推移することがわかった[1-3]。それは、表面に被膜が成長し、その被膜の結晶粒が表面あらさを生む表面の現象を、ふく射の干渉・回折現象を通じて敏感に反映するものであった。雑多な表面のふく射性質推移の理論研究[4]も可能であろうと思われた。また、このように表面状態に敏感なふく射スペクトルを測定し、実在表面の微視構造を時々刻々に診断すること[3,5]も可能であろうと思われた。

8. キルヒホッフの法則といわれるもの

ところで、この装置の構想の段階では、ふく射の反射と放射を同時に測定することにこだわった。このこだわりは重要である。ついては、多くの教科書のKirchhoffの法則についての記述は著しく適切でない。

多くの教科書は、透過性のない表面については、反射率を R 、吸収率を A として、エネルギー保存の関係、

$$R+A=1 \quad (1?)$$

があり、放射率を ε として、Kirchhoffの法則、

$$\varepsilon = A \quad (2?)$$

が成立つので、反射率と放射率には、

$$R + \varepsilon = 1 \quad (3?)$$

の関係があるとしている。困ったものである。世の中の大部分の表面はふく射を不完全に拡散反射するので、エネルギー保存の関係(1?)が成立つためには、反射率 R は、たとえば垂直方向から入射するふく射の四方八方への半球的な反射分のすべてを集めたものの割合(垂直入射半球反射率)でなければならない。吸収率 A は、そのような入射に対して反射されなかった分の割合(垂直入射吸収率 A_N)である。あたりまえですね? Kirchhoffの法則(2?)は、その垂直入射吸収率 A_N が垂直放射率 ε_N に等しいことを述べるべきである。

ところが、世の中では、教科書を始めとして、反射率や放射率を修飾語ぬきで述べることが多く、また、半球反射率を測定できる装置が市販されていないこともあって、こんな簡単なことが全世界的に曖昧にされている。

その結果として、あの遠赤外ブームの時代にはいろんなインチキがあった。少しだけ実験を経たものがとくにいけない。たとえば、市販の分光光度計に付属の反射装置を取付けて、何かの商品の”反射率”を測定する。その商品は鏡ではなく、その付属品は半球反射を捕らえないので、その”反射率”の値は極めて低い。その測定値を式(3?)に代入すると高い放射率の値が求まる。この商品は黒体に近い遠赤外を発する優れものだ、さあ買った!

これは巷の話であるが、学会の場でもそれに近い発表を見ることがあった。実際、計測の分野のふく射温度測定においては、伝統的なその式(3?)への信仰のゆえに技術の進歩は遅れた[6]。いっぽう、その簡単な加減乗除のあたりをまともに考えると、よい智慧が得られることもある。

9. 反射と放射をねらう智慧

廻りくどくなつたが、図1のわれわれの装置が測定する反射率は、正確にいうと、 15° 入射鏡面反射方向反射率である。放射率は 15° 方向放射率である。これらの反射率や放射率は、それぞれ垂直入射垂直反射率 R_{NN} や垂直放射率 ε_N に近いので、

そのように略称する - もちろん, 解析計算をするときには略さずに 15° の値を用いる - .

ここで, さきほどのエネルギー保存の関係は,

$$R_{NH} + A_N = 1 \quad (1)$$

であり, Kirchhoff の法則は,

$$\varepsilon_N = A_N \quad (2)$$

である. 反射率 R_{NH} と放射率 ε_N の間には, 次の関係が成り立つ[7].

$$R_{NH} + \varepsilon_N = 1 \quad (3)$$

当然のことながら, われわれの測定量である垂直入射垂直反射率 R_{NN} は, 垂直入射半球反射率 R_{NH} に比べて通常は格段に低い.

$$R_{NN} \quad R_{NH} \quad (4)$$

そして, われわれの測定量である垂直放射率 ε_N からは, 式(3)を通じて半球反射率 R_{NH} がわかる.

すなわち, 反射と放射の測定量は相補的な量ではなく, たがいに独立な知見を与えてくれるものである. この2種の測定量から算出される比,

$$R_{NN} / (1 - \varepsilon_N) = R_{NN} / R_{NH} \quad (5)$$

は, ふく射の鏡面反射性の程度を表す. それは, 半球的に不完全に拡散反射する反射のうち鏡面反射方向に進むふく射の割合である. その割合は, ふく射反射の方向性に関する知見を与え, その原因となる表面の微視構造に関する知見を与える[5].

10. 表面の温度と微視構造の診断

そのあたりをよく考えると, すなわち, われわれが反射と放射の同時測定にこだわったこと, また, 広い波長域でのスペクトル測定の意味をよく考えると, この装置のハードを基礎として, 放射率未知の実在表面の温度を時々刻々に正確に診断し, また, 同時にその表面の微視構造を診断する新しいスペクトル診断法[3,5,6]を見出す智恵につながる.

図3は, 表面状態が推移する表面の温度・微視構造の時々刻々の診断の結果の例[5]である. 温度 T^{opt} はそのスペクトル温度計の方法で診断された温度であり, 高い正確度をもって測定されている. d は表面被膜の平均厚さ, σ_1 はその被膜の rms あらさである. ふく射は, その波長と同程度あるいはその1オーダー下の程度の大きさの構造とよく相互作用(干渉・回折)するので, その広い波長域のスペクトルからは広い大きさのオーダーの構造がよく見えるのである.

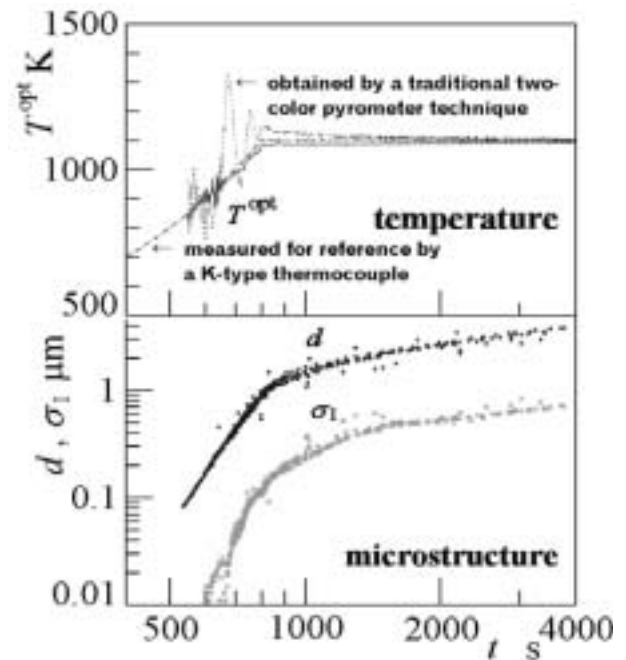


図3 高温大気酸化過程にある金属表面の温度・微視構造診断の例

11. おわりに

20年近くまえ, 大阪に出かけて紫色のあの64 kbit RAMを求め, 当時の8 bit機に128 kBのハードディスクを乗つけた. そんな自慢などもしたが, 頁と時間がなくなってしまった.

コメントと文献

- (#) その波長域のうち, 実際に放射スペクトルが測定できる短波長限界は, 表面の温度による.
- [1] Makino, T., Sotokawa, O. and Iwata, Y., *Int. J. Thermophysics*, 9-6 (1988), 1121-1130.
- [2] 若林英信, 羽田 哲, 纈纈尚人, 牧野俊郎, 日本機械学会論文集, B編, 67-660 (2001), 2121-2128.
- [3] Makino, T., *Heat Transfer 2002*, vol.1, Taine, J., ed., Elsevier, (2002), 55-66.
- [4] 牧野俊郎, 加賀邦彦, 村田英太郎, 日本機械学会論文集, B編, 59-560 (1993), 1252-1257.
- [5] 牧野俊郎, 若林英信, 日本機械学会論文集, B編, 69-687 (Nov.2003), printing.
- [6] 牧野俊郎, 小坂 武, 有馬二郎, 青山 聡, 辻村裕次, 計測自動制御学会論文集, 24-4, (1988), 331-336.
- [7] Siegel, R. and Howell, J. R., *Thermal Radiation Heat Transfer*, 3rd ed., Taylor & Francis (1992), 47-91.

固体高分子型燃料電池膜内水分の光学計測

Optical measurement of water content in the membrane of polymer electrolyte fuel cell

伏信 一慶, 岡崎 健 (東京工業大学)

Kazuyoshi FUSHINOBU and Ken OKAZAKI (Tokyo Institute of Technology)

1. はじめに

当研究室が固体高分子型燃料電池 (PEFC) 関連研究に携わり始めたのは 90 年代末のことであったが, 当時, PEFC の研究・開発状況を概観するにあたり, 運転中の PEFC 内部状況に関わる計測例が余りに少ない, という事実があった. いまさら述べるまでもなく, PEFC 高度化のためには単セルに限ってみても, セル内熱流動と電気化学反応が連成した極めて複雑な現象を把握・制御・改善する必要があり, そのためにはまずはセル内部の諸物理量の計測法を提案し, その上で計測結果と理論モデルの相互比較に基づいた現象解明を行う必要がある, と考えた経緯がある.

このような経緯の基, 当研究室ではチャンネル内の水素消費分布計測, MEA 膜面温度分布可視化, 両極過電圧分離計測, さらに今回は紹介の機会を頂いた膜内含水分布計測等に関してその手法を提案し, 並行して開発した電気化学反応・熱流動連成数値計算コードを援用することにより, 複雑な内部現象の解明を行ってきた.

膜内含水分布可視化については, 本学炭素循環エネルギー研究センターの MRI を用いた手法も知られており, 特に膜の厚さ方向の含水状態を計測出来るというメリットを有している. 当研究室では, より多くのグループにとって利用しやすいと考えられる光学的な計測法を採用しており, これを紹介する.

2. 計測原理と道具立て

原理自体は極めてシンプルである. 赤外光の水による吸収を利用しており, 本実験で用いた高分子膜の場合, 膜の含水の度合いが増えると, $1.9\mu\text{m}$ 付近の波長の赤外光の吸収増加が顕著に観測されることから, この波長付近の赤外光の吸収から逆に膜の含水の度合いを定量化している.

図 1 に光学系を示す. 凹面鏡とピンホールで絞

ったハロゲンランプの光をチョッパーと干渉フィルターを介して Sample に導入し, 背後の検出器で光強度を計測する. Sample の含水が増すことで光強度は減衰し, もって, 膜の含水度合いを定量化しようとするものである. 計測の空間分解能を考えると, 光源にしかるべきレーザを使えばベターであるが, 今回は通常のランプを用いている.

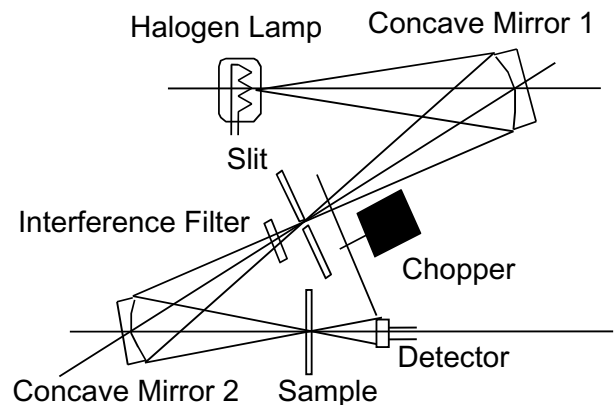


図 1 光学系

Sample には高分子膜 (H12 年度) ならびに運転中のセル (図 2 ; H14 年度) のそれぞれを用い実験を行った. 最初の年度ではまず, 膜内の含水状態をある程度定量化出来ること自体が大きな課題であり, 一定の成果を得たことから, 次の年度はセルを対象としている. また, 検出器には PbS 光導電素子を用いている. なお, 以上全ての光学系は, 内寸約 $1.1\text{m} \times 65\text{cm} \times 50\text{cm}$ の小さな浴槽ほどの大きさのポリ容器に簡単なゴムパッキンとアクリルの蓋をし, これに暗幕を被せたスペース内に収まっている (写真 1). 装置設計中の卒研学生 (当時) の清水君が, 雰囲気湿度・照度コントロールのため系を孤立させる必要から, たまたま近所のホームセンターで見かけたポリ容器に思い至り製作した装置である.

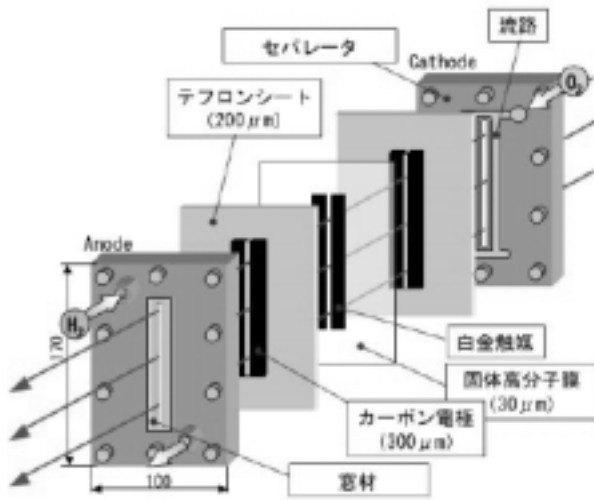


図2 セルの模式図

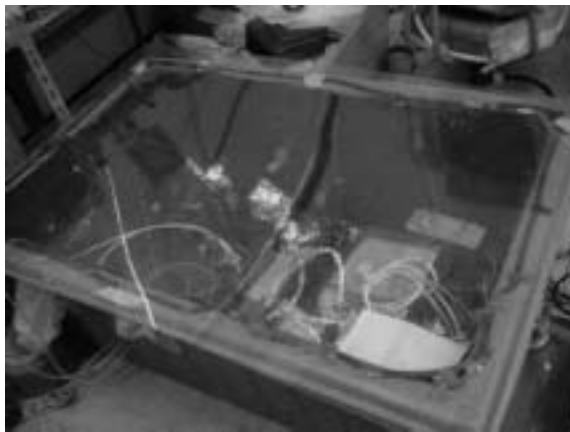


写真1 装置の外観

3. 長所・短所

この手法のメリットは低コストで膜の含水と温度の両方を、現象を目視しながら計測出来ることにある。サーモグラフィーを用いた温度分布の計測についても既に伝熱シンポジウムで発表しているが、いずれもセルの一部を窓材で置き換えることで計測に必要な波長を透過させればよいわけであり、水を見るための赤外光、温度を見るための赤外光、目視のための可視光の全てを透過し、なおかつ強度・潮解性の問題をクリアする窓材を用いれば、セル内熱流動に関わるかなりの情報を入手可能となる。

実際、セル内の現象を知るためには、やはり目視は捨てがたい。かなりの部分、生成水の挙動が

セルの運転を支配しており、I-V や CV のデータなども含め、物理量計測結果の解釈の段になって、セル内部を目視することの重要性を痛感された方も多いのではなかろうか。特に現象解明に軸足をおく場合、初期検討段階で一考の価値はあると考える。

また、このツールは水分や温度といった直接の計測対象以外の諸現象観察への援用も期待している。例えば、数値計算コード精緻化にとっては非常に有効な手法であると考えられる。

一方、現行の手法では膜の厚さ方向の諸量分布を計測することが出来ない。セルレベルを超えて、膜内や触媒レベルでの現象検討の際には別の工夫が必要である。

また、今回は時間的な事情から実現出来なかったが、実際は流れ方向の連続的な分布を時系列で取得出来ればより有益であるとも考える。

4. おわりに

原理自体がシンプルであるために、個別具体的な技術課題よりもむしろ、どのような理由でこのような計測を行うことを考えたかや、あるいは、目視の有効性など、背景に関わる部分が中心の原稿とさせていただいた。

未筆ではあるが、この実験を遂行するに当たっては、本学技術専門官（文部科学技官）の古田基氏より、多大なる技術的支援を受けたことを特筆したい。実現に当たっては、光学系、配管系、電子回路と、古田氏の技術的な支援が肝となっている。併せて、卒業研究のテーマとして文字通り寝食を忘れ、アイデアあふれる研究活動を遂行した清水健司君（平成 12 年度）、三木成章君（平成 14 年度）の努力の賜物であることを記す。

極微細薄膜型温度センサーによる温度場計測

Temperature Measurements by using Micro Thin Film Thermocouples

宮崎 康次, 塚本 寛 (九州工業大学)

Koji MIYAZAKI and Hiroshi TSUKAMOTO (Kyushu Institute of Technology)

1. はじめに

半導体集積回路内部での発熱問題に代表されるように微小領域での熱問題解決は依然大きな課題となっている[1]. さらに近年では, カーボンナノチューブをはじめとして, ナノ材料の応用が提案されるようになり, ナノ領域での熱物性値の計測が必須となっている[2, 3]. これらの解決手段の一つとして, 微小領域の温度分布計測が挙げられる. 微小領域の温度分布計測の代表例として, 赤外線マイクロスコープや原子間力顕微鏡を用いた温度分布計測(SThM) [4]が挙げられるが, それぞれに空間分解能や実温度計測といった課題が未だ残っている.

我々のグループでは, 薄膜型の熱電対を微細加工することで, 先に挙げた空間分解能と実温度計測の同時解決を試みる研究している[5]. ここでは, 利用しているセンサーの作製から温度分布計測におけるノウハウについて簡単に紹介する.

2. センサーの作製

本来, 熱電対の材料には合金が一般的に使われるが, 合金の組成を一定に保ちながら薄膜を生成することは決して容易でないため, 我々グループは純金属を用いている. 研究当初は, 熱電対の酸化などによる劣化に配慮して Au-Pt の異種金属組み合わせとしていたが, Au-Pt の組み合わせでは熱起電力が $3\mu\text{V/K}$ 程度と非常に小さく, 計測の温度分解能を改善するのが困難であった. そのため研究の途中から, 熱起電力が大きい金属として Ni を組み合わせの一方の金属として選定するようにした. Cu-Ni の組み合わせで $25\mu\text{V/K}$ 程度の熱起電力と T-type 熱電対の起電力の半分強を稼ぐことができるようになり, 測定もかなり容易となった.

Cu 及び Ni は融点が低く, 通常のタングステンヒータでそれぞれの細線を蒸発させて薄膜を作製



図 1 簡易型真空蒸着装置(ULVAC VPC-260)



図 2 パターン作製用ハードマスク

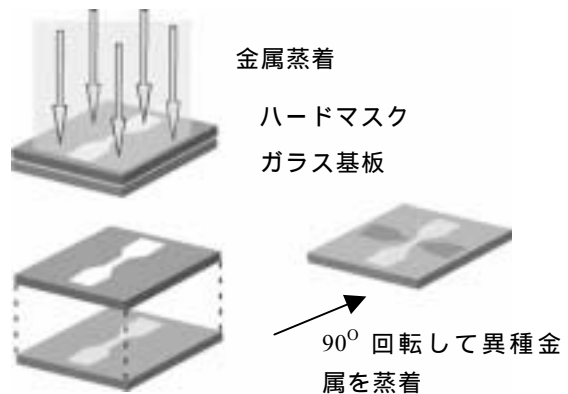


図 3 薄膜型熱電対作製工程

できるため、簡易型の真空蒸着装置(図 1)で薄膜生成が可能であった。熱電対のパターン作製にあたっては、学内のマイクロ化総合技術センターが保有するステッパやマスクアライナといった微細加工用の装置を用いた。ただしそれらの装置の利用にあたっては、露光条件や感光工程にかなりのノウハウが必要となるため、実際は成功することのほうが少なく、最終的には図 2 に示すハードマスクを用いることが多くなった。ハードマスクはステンレス製で、ホットワイヤー(最小加工サイズ 300 μm)で厚さ 2mm のステンレス板をくりぬいて作製した。図 3 のようにハードマスクの上から、目的の金属を蒸着することでかなり容易に薄膜型熱電対を作製できるようになった。この方法では微細化は実現できないものの、薄膜にしたときの金属がもつ特殊な熱起電力を測定することが可能となった。

3. 熱起電力測定

薄膜型熱電対の較正にあたっては、異種金属の接点となる作製したサンプルの中心部を加熱し、一方で電極部を冷却することで温度差を作り出し、各部の温度を測定(江藤電気 サーモダック E)、熱起電力をプリアンプ(SRS560)で増幅して測定した。熱電対がアンテナのように閉ループ構造となっているため、計測時には電波をはじめとするノイズを拾い、当初の測定結果はひどいものであったが、先のプリアンプを用いるようになってからは、ノイズに苦しむことがなくなった。熱電対の較正にあたっては、はじめは大気中で行っていたが、部屋の換気や人の動きによる小さな対流が熱起電力測定を不安定にするため、最終的に真空容器(図 4)中で較正を行った。装置の上蓋にゴム栓をつけ、ヒーターへの配線や熱電対からの信号配線を取り出すようにした。リード線と熱電対電極の接続にあたっては、リード線が取れやすいことに悩まされた。はじめは接合に銀ペーストを用いていたが、途中からやわらかい金属(In)によって、リード線を電極上に押し付けるよう(図 5)に変更した。後者の方法に変更して後は、かなり付着力の強い接続がとれるようになった。



図 4 薄膜型熱電対較正用真空容器(ULVAC)

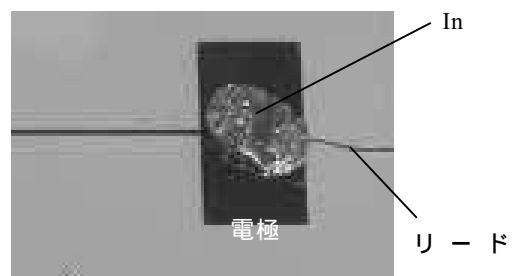


図 5 リード線の取り出し



図 6 集束イオンビーム装置(SII JFIB2300)

4. 極微細熱電対

4.1 極微細熱電対の作製

薄膜のパターン作製にあたっては、先に述べたように従来の印刷技術を利用した手法(リフトオフ)はノウハウの塊であり、サイズを小さくした場合には作製が非常に難しくなる。そこで極微細熱電対の作製にあたっては、研究科が所有する集束イオンビーム装置を利用した。この装置は 100nm 程度の分解能で任意の場所を削ったり、カーボンおよびタングステン(タングステン)を蒸着できるのが大きな特徴である。今回は熱電対の構造を工夫しなが

ら本装置をフルに活用することで極微細熱電対を作製することに成功した。また電極部など他の詳細部分の作製にあたっては、同じ研究科に所属する安田隆助教授が設計・管理されているクリーンルームを利用させていただいた。微細加工にあたっては、一研究室がすべての装置を所有するには、維持費も含めてかなりの負担が生じるため、学内の共同利用設備をできるだけ多く使用させていただいた。他先生方の協力無くして本センサーを作製することは不可能であったことをここに明記させていただきたい。

4.2 温度分布計測

温度分布計測にあたっての技術的に困難であった点は、熱電対からの電気信号の取り出しと熱電対の近くに作製したマイクロヒータへの加熱電力の印加であった。当初は作製した部分だけを切り出して、ワイヤーボンディングで電極を取り出すことを予定していたが、ダイシング装置のない環境で Si ウエハーに作製したサンプルを手で切り出す事はほとんど不可能に近いだけでなく、ワイヤーボンディングもノウハウの塊であり、電極からリード線を取り出すことが極めて困難な状況に陥った。この状況を九州大学の高橋厚史助教授に相談したところ、マイクロプローブを利用することをアドバイスしていただいた。顕微鏡下でマイクロプローブを操作し(図 7, 8), 200 μm 四方の電極上にプローブを接触させる方法である(図 8 右)。この方法でサンプルの加熱と熱電対からの信号を無事取り出すことができるようになった。

計測をするにあたり、はじめは何も配慮しなかったため、手に残っている静電気により何度もサンプルを壊す羽目にあった。壊れることが不規則であったため、何かにぶつけるなどして機械的に壊しているとはじめは勘違いしていたが、壊れた部分の様子が融けたようになっていたため静電気によるものと気が付いた。現在は静電気対策のリストバンドをして作業を行っているため、静電気によりサンプルを壊すことはなくなった。



図 7 測定プローブと顕微鏡



図 8 マイクロプローブと電極の様子

5. おわりに

MEMS という分野が我々にとってはまだまだ不慣れであるため、関連の先生方にとって本稿が有益な情報であったか不安ですが、この報告のたった一部だけでも、どこかで行われている研究のお役に立てれば幸いです。

参考文献

- [1] Fushinobu, K. and Maruyama, H., Proceedings of IPACK03, (2003) IPACK2003-35079.
- [2] Nagasaka, Y., Proceedings of US-Japan Nanotherm seminar: Nanoscale thermal science and engineering (2002).
- [3] 村上陽一, 千足昇平, 宮内雄平, 丸山茂夫, 第 40 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, (2003) F114.
- [4] 中別府修, 鈴木孝充, 井上剛良, 第 39 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, 1 (2002) B211.
- [5] Miyazaki, K. et al., Proceedings of IPACK03, (2003) IPACK2003-35042.

TRCON-03 報告
Report on TRCON-03

森 昌司 (九州大学)
Shoji MORI (Kyushu University)

1. TRCON-03

2003年8月17日～22日にトルコ(チェシメ)のGolden Dolphin Resort HotelでTRCON-03(正式名称, International Symposium on Transient Convective Heat and Mass Transfer in Single and Two-Phase Flows)が開催された。飛行機でイスタンブールまで約12時間, 国内線に乗り継ぎイスタンブールからイズミールまで約1時間, さらにイズミールからチェシメまで, タクシーで1時間30分と旅慣れない, 私にとっては会議場までにたどり着くだけで疲労困憊となってしまった。しかしチェシメのエーゲ海の美しさに, 疲れも吹き飛ばすくらい感動したことが記憶に残っている。

さて会議内容に関してであるが, 本会議では会議名からも類推されるように過渡的な要素を含んだ研究発表が, 一般講演51件, ポスタ講演38件の計89件行われた。参加国数は, 28カ国で, フランス(15件), 韓国(10件), トルコ(9件), ロシア(8件), アルジェリア(7件), ドイツ, 日本(6件)であり, その他の国はすべて1, 2件程度であった。講演は, 一部屋で行われたため, それぞれの講演を参加者全員が聴くことができた。

本会議のセッション名と論文数を表1に示す。全体的な印象として, 講演内容はかなり広い研究分野をカバーしていた。伝熱シンポなどでは自分の専門領域の講演しか時間の制約上, 聞くことができないので, 今回のように世界で行われている広い分野の研究を見渡すことができたのは非常に勉強になった。さらに会議名の”transient”という言葉を意識してか, 多くの講演は時間変動特性を考慮した考察, 解析が行われていた。ほとんどの物理現象は視点を変えれば非定常な要素を含むことが多いので, 実際の現象を理解する上で時間変動特性に着目した研究発表は, わかりやすく, 興味深く聞くことができた。さらに, 講演者が”steady”という視点で解析している研究に対して, 「本当

に”steady”でよいのか?」, 「”Steady”の定義とは何だ?」など, ”steady”と”unsteady”に関して活発に議論されていたことも印象的であった。

Sessions	Number of papers
(1) Forced Convection	14
(2) Coupled Transfer	5
(3) Two-phase Media, Interfaces	4
(4) Instability	4
(5) Phase change	8
(6) Mixed Convection	4
(7) Porous Media	6
(8) Heat Exchangers, Thermal Systems	6
(9) Poster Session	32
(10) Poster Session on Recent Works	6

表1 Session 内容



図1 Golden Dolphin Resort Hotel

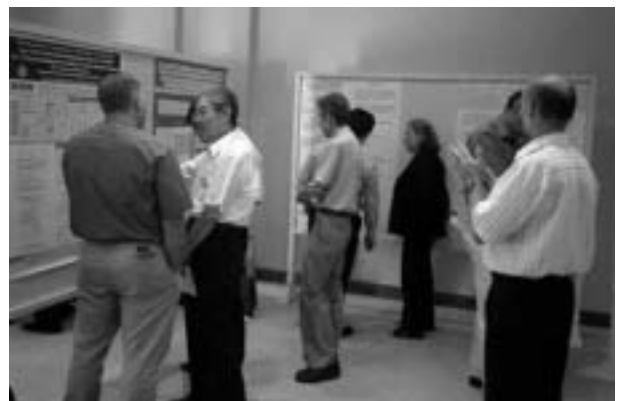


図2 ポスターセッションの様子

2. その他 感想など

よくトルコの人たちは親日的だと聞くと、実際にトルコの人たちとたくさん接してそれを確信した。一例を挙げると、トルコではチャイと呼ばれるお茶が有名であるが、バザールと呼ばれる所を歩いていると、まず間違いなくチャイを飲まないかと薦められる。勿論無料である。お茶を飲みながら商品を次々と持って来て薦められるのであるが、何も買わなくても全く嫌な顔もされない。むしろ日本人と話すことを楽しんでいるかのような印象すら受けた。

ところで、私は女優の鶴田真由さんに偶然、遭遇する機会があった。これについて、九大の高田先生に詳細を報告するように、強く薦められたので若干触れておきたいと思う。

私と家内がグランドバザールのアンティークショップで、例のごとくチャイを薦められて、店に入ると、そこに偶然、鶴田さんと謎の男性が二人でチャイを飲んでいて。当初、鶴田さんの名前がわからなかったが、話しかけたかったので、思わず「芸能人ですよ？」と失礼な質問をすると、「ハイ」と、にこやかに答えてくれた。そこで色々、1時間程度話をしていて9/22に放送された「味覚の迷宮・トルコ～大地と海と文明の食紀行～」のロケに来ていたようであった。この話の間、名前を思い出せず悶々としていたが、良いアイデアが浮かび、次の瞬間「サインもらえますか」といってしまった。この時頂いたサインを図6に示す。また、鶴田さんと話した印象では、我々がテレビで見ている想像通りの人であった。

一方、鶴田さんと一緒にいた謎の男性は誰なのだろう思い、日本に帰国して調べてみるとその男性は、中山ダイスケという高名な芸術家で、鶴田さんの旦那様であることも判明した。

以上、鶴田さんに会えたことは非常によい記念になった。



図4 会議期間中の夕食の様子



図5 城塞から見下ろしたエーゲ海



図3 一般講演の様子



図6 鶴田真由さんとの記念写真（左：私，中：鶴田さん，右：家内）

第1回エネルギー変換工学に関する国際会議〔IECEC2003〕報告

Report on 1st International Energy Conversion Engineering Conference

丸山 直樹 (三重大大学)
Naoki MARUYAMA (Mie University)

本年8月17日から21日にかけて、米国バージニア州ポーツマスにてAIAA主催の1st International Energy Conversion Engineering Conference (IECEC2003) が開催された。IECECは過去37年にわたり Intersociety Energy Conversion Engineering Conferenceとして開催されてきたが、エネルギー変換技術ならびにその応用に関する国際的な発展を目指して、Internationalとしての第1回開催となった。

表1に講演内容を示す。大きく7つのトピックスから成り、更に詳細なセッションで構成された。一般講演は7室で行われ、それぞれ比較的小ぢまりとした部屋で、時間もあまり気にせずディスカッションがされていた。会議の名称にもあるように、エネルギー変換に関するものが多いが、AIAAが主催であることもあり、航空宇宙に関するものも多くみられた。とくにスターリングエンジンに関する発表が多いのが印象に残った。参加者は約220名(昨年比+11%)、論文数206編(同+17%)、パネルセッション8件(同+2件)、キーノート7件(新企画)となり、米国外11カ国からも30名以上の参加があった。第1回の国際会議ということもあり、Web構築ならびに情報が錯綜して一部スケジュールに遅れも生じたが、多数の参加があった。

Proceedingsは冊子とCD-ROMで作成されたが、冊子を手にしている人は見あたらなかった。ほとんどの発表がLCDPで行われていたこともあり、講演会

表1 論文リスト

Topics	Number of papers
Energy Conversion	48
Energy Storage	33
Fuels, Renewable Energy, and Power Systems	27
Aerospace Power Systems	59
Policy and Environmental Energy Issues	5
Thermal Management	25
Nanomaterials for Power	9
計	206

場ではPCを持参する人も多く、CD-ROMの論文を見ながらの聴講者も見受けられた。

IECEC2003に関しては、本年の第40回日本伝熱シンポジウムにて本国際会議のTechnical Program ChairでもあるAshwani K. Gupta教授(Univ. of Maryland)を迎え、「グリーンエネルギーシステム研究会」フロンティア・フォーラム - グリーンエネルギー周辺技術 - を開催した。来年度の第41回日本伝熱シンポジウムでも、「高効率エネルギー変換研究会(主査:片桐 晴郎 教授(名古屋大), 幹事:北川 邦行 教授(同))」の主宰により、フォーラムが計画されている。



図1 Awards Luncheonの1コマ(Prof. A.K.Gupta 提供)

なお、2004年度は米国ロードアイランドで開催されます。ご関連分野の方々にはぜひご参加いただきますよう、併せてご案内致します。

2nd International Energy Conversion Engineering Conference (IECEC2004)

開催日: 16-19 August, 2004

開催地: Rhode Island Convention Center
Providence, Rhode Island, USA.

<http://www.aiaa.org/calendar/index.hfm?cal=5&id=858>

講演申込締切日: 13 February, 2004

連絡先(丸山): naoki@mach.mie-u.ac.jp

第 8 回英国伝熱会議

8th UK National Heat Transfer Conference

本田 博司 (九州大学)

Hiroshi HONDA (Kyushu University)

1. はじめに

第 8 回の UK Heat Transfer Conference が Dr. Kenning を Chairman として今年の 9 月 9, 10 日に Oxford 大学で開催された。この会議は隔年開催であるが、日本伝熱シンポジウムが今年第 40 回を迎えたのと比べれば歴史が浅い。Oxford 大学で開催された理由の一つは、Dr. Kenning が今年をもって同大学を退職されることにあったようである。筆者がこの会議に参加しようと考えた理由は、今まで UK Heat Transfer Conference に参加した経験がなかったため、どのような会議なのか興味があったのと、以前からの知り合いである Queen Mary, University of London の Prof. Rose がキーノート講演をされるので、それを聞きに行こうと思ったためである。以下に会議の概要を報告する。

2. 会議の概要

会議では、キーノート講演 3 件と一般講演 93 件が Department of Engineering Science の 2 講義室と 2 部屋を会場として発表された。キーノート講演のタイトルを表 1 に、また一般講演論文の分野別内訳を表 1 に示す。

Prof. Rose のキーノート講演は、表面張力効果を利用した凝縮伝熱の促進に関する従来の研究のレビューを行ったものである。取り上げられたテーマは、水平フィン付き管の内外における凝縮、ミニチャンネル内の凝縮、滴状凝縮および混合蒸気の擬似滴状凝縮であり、これらの分野における研究の進展と現状がよくまとめられている。

Prof. Jones のキーノートレクチャーは、航空機、惑星探査機、宇宙船等に使用されるガスタービン等の冷却および機体の伝熱に関連して、同教授のグループ (約 40 人)で行われている研究を中心にレビューを行ったものである。実際の講演は Dr. Ireland によって行われた。英国の火星探査プロジェクトに参画していることもあり、活発な研究が

行われている様子うかがえた。

Prof. Butterworth の講演は、プロセス伝熱に関する 1960 年代から現在までの進展のレビューと将来予測を行ったものである。1960 年代の HTRI, HTFS 等の研究会設立、1981 年の IBM-PC の出現に伴う熱交換器設計ソフトウェアの普及と進展、それに伴う熱設計技術者の大幅減少が述べられた。また、プロセス伝熱技術の進展は着実ではあるが控えめなものであり、将来も革新的な変化は予想されないこと、しかしステップ変化については予測不可能なことを述べられた。

一般講演は 2 セッションが平行して行われ、各セッションの初めに発表者が 3 枚の OHP シートを

表 1 キーノート講演

Prof. John Rose (Queen Mary, University of London) Surface Tension Effects and Enhancement of Condensation Heat Transfer
Prof. Terry Jones (University of Oxford) Aerospace Heat Transfer: Looking Forward
Prof. David Butterworth (HTFS and Alpema) Process Heat Transfer 2010

表 2 一般講演論文の内訳

Session	Number of papers
Condensation	7
Turbomachinery and Transpiration Cooling	7
Convection	13
Phase Change Fundamentals	17
Heat Exchangers	13
Flow Boiling	13
Thermal Management, Refrigeration, Food Processing	10
Conduction, Radiation	12

使って5分間の口頭発表を行い、ついでポスターセッションに移行する形式である。Dr. KenningがChairmanであることもあって、Phase Change Fundamentals セッションの論文数が最も多かった。伝熱面性状と発泡点の関係の解明はDr. Kenningの長年の研究テーマであり、この関連の研究がDr. KenningとDr. Luke (Univ. Paderborn)によって発表された。発泡点位置と表面粗さの関係について精密な測定が行われているが、窪みの活性化に関する古典的理論で説明出来ない現象も観測されており、現象の解明にはまだ時間が必要なようである。著者自身は伝熱面上の薄液膜の挙動に関心があり、液滴蒸発に関するDr. Sefiane (Univ. Edinburgh)の研究と滴状凝縮に関するProf. Wayner (Rensselaer Polytechnic Inst.)の研究に注目した。Dr. Sefianeには大学の研究室を訪問し、意見交換する機会があった。同氏は相変化を伴う界面現象を物理学的な視点から見直そうとしており、現象解明につながる成果が得られるものと期待される。Flow Boiling および Condensation のセッションでは、現在の流行であるマイクロチャンネルに関する研究がいくつか発表された。その他、Heat Exchangers のセッションでDr. Hodson (Univ. Cambridge) のグループから発表された発泡金属および規則的配列の多孔質体を用いた熱交換器の流動伝熱特性に関する3件の研究が興味を引いた。

3. 会議の印象その他

事前登録の出席者数は114名であった。発表論文は合わせて96件であるので、論文数/出席者の比は日本伝熱シンポジウムに比べてかなり大きい。出席者の内訳をみると、大学教官等が54名、学生が30名、技術者等が30名である。なお、学生のうちの11名は中国、韓国系であり、その他非ヨーロッパ系が8名である。従って、学生に関する限り国際色が豊かである。なお、日本からの出席者は宇高教授(横浜国立大)、高田教授および筆者(九大)の3名であった。会議場は和やかな雰囲気であり、ポスターセッションでは活発な討論が行われた。しかし、伝熱研究の将来については、Dr. Butterworthのキーノート講演にもあったように、伝熱技術者のニーズの減少、特定分野を除けば研究費の獲得が難しいなど、明るくない状況にある。会議のクロージングセッションにおいて、Prof.

Hewitt (Emeritus Professor, Imperial College London) が大学関係者の Virtual Heat Transfer Society(インターネットを利用した学会)を作ってはどうかと提案され、参加者の同意が得られた。英国には Heat Transfer Society は以前から存在し、活動しているが、これは技術者の集まりであって大学関係者のものではない。今の時期になってこのような提案がなされること自体が驚きであるが、その原因は伝熱に関する教育・研究の将来に対する危機感にあるのではないかと想像される。日本では現在でも日本伝熱シンポジウムに700名を越す参加者がある。これは各大学・高専等に伝熱学の講義を担当する教員がおり、学生の研究発表の場にもなっているためと考えられる。しかし、教員の世代交代に伴い状況は変化するものと考えられる。そのこと自体は自然の成り行きであるが、新学問分野の開拓とより産業界に役立つ研究を進めることが今後ますます重要になるものと考えられる。



Rose 教授と Hewitt 教授



Kenning 博士と宇高教授

日韓セミナー：仙台市秋保温泉

Japan-Korea Seminar in Akiu, Sendai

丸田 薫（東北大学）

Kaoru MARUTA (Tohoku University)

平成 15 年 9 月 18 日～20 日、初秋へ向かうさわやかな天候の中、「マイクロスケールからメガスケールにおける伝熱」と題した、日韓の伝熱研究者 30 名によるセミナーが宮城県仙台市の秋保（あきう）温泉郷（ホテル佐勘）で開催された。同セミナーは、東北大学流体科学研究所の圓山重直教授と、韓国科学技術院(KAIST)の Prof. Tae-Ho Song とが日韓双方のオーガナイザーとして企画したセミナーで、2001 年の開催に引き続き行われたものである。なお本セミナーは日本側が学術振興会から、韓国側は KOSEF からのサポートを受けて実施している。また、21 世紀 COE プログラム「流動ダイナミクス国際教育研究拠点」の協賛を得ている。

韓国側からは、元韓国機械学会会長、元韓国空気調和冷凍学会会長でソウル国立大の Prof. Sung-Tack Ro をはじめ、KAIST の Prof. Jae-Min Hyun（国立伝熱制御研究所所長）や同じく KAIST の Prof. Do-Hyung Choi、高麗大学(Korea University)の Prof. Young-Don Choi、延世大学(Yonsei University)の Prof. Jinho Lee、漢陽大学(Hanyang University)の Prof. Kwan-Soo Lee を含む韓国の代表的伝熱研究者 13 名の参加があった。日本側からは、北海道大学の工藤一彦教授、山形大学の横山孝男教授、東京工業大学の井上剛良教授、同じく花村克悟教授、九州大学の高田保之教授を始め、東工大伏信一慶助教授、東北大小原拓助教授、名工大飯田雄章助教授、阪大芝原正彦講師、東北大酒井清吾助手ほか学生を含む、ベテランから若手まで精鋭 17 名の参加があった。

仁川 - 仙台便は毎日一便のみの運行で、午後早くに到着するスケジュールで運行されている関係上、初日となる 9 月 18 日（木）は韓国側参加者の現地入りが主となった。日本側参加者も夕方には全国から到着された。Welcome reception で再会を祝してしばし歓談のあと、夕食となった。参加者

は、空き時間に散策や温泉も楽しんでおられたようである。

9 月 19 日（金）は、朝から終日セミナーが行われた。セミナーのタイトルとなっている「マイクロスケールからメガスケールにおける伝熱」は、現代伝熱学の研究対象の広がり象徴しており、研究発表も分子動力学や表面科学、TPV 発電、MEMS・NEMS から、電子機器冷却、乱流、特殊場輻射特性、自然エネルギー、海洋工学に至るまで実に多彩であった。20 件の発表に対して非常に活発な議論が行われ、予定時間をオーバーするほどであった。本セミナーにより共同研究を開始、相互の機関を訪問するなど、協力関係を構築した方々もいらっしやうと聞いている。予定より少し遅れて開始された懇親会は、和室の大広間に一人用のお膳が用意される日本式で進められ、さらに参加者間の交流が図られた。思いがけず地元ボランティアによる仙台地区の伝統芸能の披露もあり、リラックスしたムードのなかで進められた。

私は今回、日本側オーガナイザーの一員として準備実務を担当したが、一つひやっとしたエピソードを紹介したい。温泉宿でセミナーといえ、少し広めの和室に（赤の他人と）数人いっしょに寝起きする、という暗黙の了解がある。しかしこのことは、グローバルな観点ではとても特殊なことだ、ということをしつかり忘れていたのである。セミナーを開催する日本スタイルのホテルは一泊二食付き、部屋は 3～4 名利用で 円、家族利用や学生など、是非との希望が有れば部屋割りへの配慮や近隣ホテルでのシングルステイ（

円）も可能、という案内を出してあった。韓国の先生方には、宿泊に関する事情を詳しく説明する必要があるなと私が認識したときにはすでに遅く、韓国側の参加者全員から、近隣ホテルのシングルルームに宿泊希望という知らせが届いていた。会場のホテルに部屋を仮押さえし、予算を組

んでいたこともあり、青くなった。韓国側のとりまとめをしてくださった Prof. Song に連絡したところ、全員に丁寧に事情を説明してくださって事なきを得たものの、ちょっとした配慮を欠いたことを反省したものである。

さてそんなことも忘れ、懇親会などの公式行事がお開きになった後、有志が参加した？次会では、知る人ぞ知る「韓国式飲み会モード」へと突入し、爆弾酒^[1]の応酬となった。どんな協力関係を築くにも、まずは互い（の文化・習慣）を知り、相手を理解することが第一歩となる。われわれは確かに第一歩を踏み出した（？）。



写真1 セミナー風景

1. ポットアンジュと読む。ピアジョッキ七分目まで注いだビールの中に、ショットグラス満杯のウイスキーをショットグラスごと沈めた飲み物。



写真2 参加者による記念撮影

第4回コンパクト熱交換器とその性能向上に関する国際会議参加

*Fourth International Conference on Compact Heat Exchangers
and Enhancement Technology for the Process Industries*

石塚 勝 (富山県立大学)

Masaru ISHIZUKA (Toyama Prefectural University)

1. はじめに

この会議は今回で4回目である、議長団は議長の米国の Ramesh K. Shah(RIT)のほか3人の共同議長から構成される。第1回目は1997年に米国のユタ州のスノーバードで、第2回目が1999年にカナダのバンフ、第3回目は2001年にスイスのダボスで開催された。日本側では第1回目は農工大の望月先生が共同議長で、2回目からは九大の本田先生が担当されている。

もともと、この会議は、産業用プロセスのコンパクト熱交換器の性能やその向上に限定した専門家会議として出発した経緯があるが、それでは論文があつまらないので、いまでは自然発生的に基礎的な熱交換に関する技術も多く発表されている。よって、今では熱交換に関する会議と考えたほうがよい。

2. 会議の場所と規模

会議は、ギリシャクレタ島のリゾートホテルを使い、食事はbuffestailで9月28日(日)の夕食から、10月3日(金)の昼食まで朝、昼、夕食つきで、1室を用いて缶詰状態で行なわれた。クレタ島はアテネから1時間くらいの大きな島である。クノッソス宮殿跡(図1)で知られる。昼は温暖と言うか暑いくらいだが、夜は冷え、風邪をひいた人もいる。

今回は、表でみるようにキーノートと普通講演を合わせ、合計で57件の発表があり、参加者は66人(ロシアからの参加者が事前にまにあわず推定値)で、過去3回がいずれも80-90人の出席であったので、今回は少なめである。

今回も、単相流、2相流、沸騰、蒸発、凝縮といった現象を表わすセッション構成になっていて、その中にテキサス油田プラントの熱交換器の発表などの本来のネタも混ざっていた。

国別に参加者をみると、表1をみてわかる通り、日本の13件が最高であった。次いで米国、ドイツ、

ロシアの順で、あと台湾、韓国、中国が続いている。キーノートは5件で、日本からは芝浦工大の鈴木健二郎先生が燃料電池とマイクロガスタービンのハイブリッドシステムについて講演された。

表1 国別発表件数

国別	参加者	キーノート	普通講演
日本	13	1	12
USA	13	2	7
ドイツ	7		7
ロシア	6		7
台湾	4		5
韓国	7		4
中国	3	1	2
スウェーデン	1		2
南アフリカ	2	1	1
フランス	1		1
イギリス	3		1
カナダ	1		1
ギリシャ	1		1
ベルギー	1		
ネパール	2		
オランダ	1		
合計	66	5	52

本来ならここで、発表トピックスについて、真面目に紹介するのがルールだが、今回は大小の事件が突発して、とてもページが割けないので、プロシーディングに興味のある方は、お近くの以下の先生方に照会してほしい。

(敬称略) 九大: 本田博司, 高田保之, 田川俊夫, 神戸大: 鈴木洋, 浅野 等, 新潟大: 松原幸治, 芝浦工大: 鈴木健二郎, 京大: 吉田英生, 東大: 鹿園直毅, 岡山大: 春木直人, 近畿大: 藤井雅雄, (株)デンソー: 嶋貫宏泰, 富山県大: 石塚勝

3. 似非トルシエ事件

初日の夕食時に、芝浦工大の鈴木健二郎先生の奥様が「トルシエを発見した」という報がもたらされた。早速、京大の吉田先生が見にいってきたが「間違いなし」という。その数分後、そのトルシエがレストランから出て行く時に私も見たが、「間違いなし」と思った。つい、手を振ってしまったが、彼も手をふってくれた。たぶん彼にとっては意味不明だったろう。なにしろ、ズボンにネクタイとシャツの粋のよさが、「なるほど」と思ったものだ。ところが、翌日、会場で、九大の高田先生が私の席に来て「私の隣に座っているひとは、あのトルシエみたい」と言うから、「ほんとに？」とあって、近くに行ってみたら、まさしくあのトルシエ？がそこに座っている。本物のトルシエがこんなところにいるわけがないから、「違ったか！」と多少がっかりした。彼はドイツ人で、シュツツガルト大の人であった。図2の写真は正面からだが、横顔は本当によく似ていた。

4. ロシア軍団事件

この会議は、ロシア人に始まり、ロシアで終わったといっても過言ではない。なにしろ、5、6人の推定60才程度を中心として軍団の傍若無人ぶりには頭に来た。ここに、彼らの行動の1例を示す。

(1) 人が発表しているときに、常に発表者に聞こえる声で私語をする。やかましい。Shahさんが初日注意したが聞かず。

(2) 韓国人が発表している最中に、パワーポイントの映像の両脇で独自のポスターセッションの用意を始める。それも二人が話しながら。われわれは、パワーポイントの映像をみているのか、彼らの頭をみているのか？ だいたい、彼らの論文提出が間にあわないため、こういう事態になったのに、もうすこし謙虚さがないものか。

(3) 彼らの中の一人の英語が皆目検討がつかず。英語のネイティブスピーカーに堂々と質問したのはよいが、聞いている人は「さっぱりわからず」、ネイティブスピーカーが「は？ は？ 誰か？」と助けを求める光景は国際会議で初めてみた。その前には、彼は質問者と座長に「enough, enough」と言って、質問をやめさせるような言葉を発していた。とくに被害をうけたのは、近畿大の藤井先生



図1 クノッソス宮殿跡(高田先生撮影)



図2 似非トルシエ(左)と(高田先生撮影)で、質問が全く不明で(もはや言葉ではない)、座長の鈴木健二郎先生ともども、セッションが終わってからも丁寧に対応されていたが、しっくりはいかなかったようだ。もっとも、英語の流暢な格闘技家ばりのロシア人もいたが、彼は、食事と観光にしか姿をあらわさず、もっぱらビーチに行っていたらしく、頼りにならなかった。

5. おわりに

今回は発表が60件弱とこじんまりした会議であったが、そのため、開催中に参加者と友達になれる機会が多く、国際会議としての意義はあった。しかし、クレタ島は遠い。会議をやる場所ではない。近くの人がバカンスに行くところである。電話も古い。前回と今回はヨーロッパでの開催のため、例のロシア人グループが姿をみせたが、2年後の次回はカナダかメキシコでの開催が予定されている。彼らは、もう参加しないだろうと期待する。

旅の裏技 *Tips for Travelers*

平澤 茂樹, 近藤 義広 (株)日立製作所 機械研究所)
Shigeki HIRASAWA and Yoshihiro KONDO (Hitachi, Ltd.)

1. はじめに

国際学会に参加するなど、海外に出かける時や海外での生活にて、気をつけていることなどをいくつか書きます。当たり前などと思われることもあるかと思いますが、これを読んで頂いて海外へ出かける際の参考になれば幸いです。

2. ホテル

海外のホテルの水事情は訪問する国によって大変異なります。東南アジアへ出向く際はミネラルウォーターは必需品です。必ず、コンビニエンスストアなどで手に入れておくことをお勧めします。さらに、朝食などを取る際、口を開いて使用するコーヒー用ミルクには注意が必要です。私の友人はこれでおなかを壊したことがあります。見分け方として外側がへこんでいるものは避けるべきです。それは長期間経ち、中の油分などの液体が凝縮して、内容積が減ったことが原因と考えられます。

3. 地図

宿泊するホテルには必ず、その近辺の地図が用意されています。その地図を片手に行動範囲を広げることができます。ガイドブックには載っていない自分だけのお気に入りの場所を探すのもいいのではないのでしょうか？心身ともにリフレッシュでき、次へのステップアップにもつながります。暗礁に乗り上げていたことも、思いがけないことで解決できるかもしれません。それはいつもと同じ変化のない生活から、少し開放されることで、脳の思考回路に変化を生じるからでしょう。

4. 食堂のメニュー

日本人が良く行きそうな観光地の食堂に入って日本語のメニューが出たら要注意です。現地の言語のメニューを要求するのが良いです。同じ品物

が日本語のメニューには 1.5 倍ぐらい高くなっていることがあります。また長距離列車に乗って車内食堂のテーブルを予約した時、2 時間後まで予約いっぱいと言われ、その時はそうなのかと納得しましたが、後で知人に話したらそれはチップの催促とのことでした。海外では想像以上に習慣や価値観の違いがあり、相手の言うことをそのまま受け入れず、メニューでも何でも、思うことを主張し、納得するまでいるんな人に聞くことが、最終的に得になることが多いと思います。

5. 割り箸

米国では散歩していてマーケットに寄ると、カップ・ラーメンをよく見かけます。お湯はホテルの部屋にあるコーヒーマーカーを使えると考えてつい買ってしまいます。ホテルの部屋に戻り、お湯を入れ数分待って、懐かしい味をさあ食べようとするとお箸が無いことに気がつき、非常にあわてます。ホテルの部屋には、お箸の代用品は意外に少ないです。熱くて手づかみもできません。

日米熱工学会議にて T 先生に伝授頂いた裏技です。国際学会の初日にあるレセプションにて、帰り際まで残っていた割り箸を少しもらって帰ります。レセプションがなければ、セルフサービス形式の軽食店に行った時にプラスチック製フォークを少しもらって帰ります。それ以降は安心して日本の味を頂けます。冷静に考えると、日本から割り箸を持って行けば良いのですが、出発前に思いついたことは 1 回もなく、いつも海外のホテルであわてていました。

6. 目覚まし機能付の腕時計

海外では時差のため、ホテルの部屋に戻りイスに座ったとたんに熟睡してしまったり、太陽が煌煌とさしている時間に目が覚めびっくりすることがあります。海外では朝の予定時間にぴったり起

きるのが意外にむずかしいです。ほとんどのホテルの部屋には目覚まし時計が付いていますが、セットに失敗することが多いです。AMとPMの時間設定を間違えた、音のボリュームの設定がゼロだったなど、特に夜はお酒を飲んで酔っているため間違いが多いです。

私は、海外に出かける時に目覚まし機能付の腕時計を余分に持って行きます。時差のために真夜中に一旦目が覚めることが多いですが、使いなれた目覚まし時計をセットしてあると安心して再び寝れ、予定時間まで熟睡できます。海外では場所によって時間が変わるため、移動のたびに時間を変える必要がある時に、2つの腕時計があると便利なこともあります。

7. 交通機関

ほとんどの国で英語は通じますが、交通機関などを利用する際に、現地の言葉で書かれたものだけのところもあります。大変苦労するのは公共の交通機関。特にバス、電車乗車時にはよく聞く質問として、「??の停留所、駅は止まりますか」があります。「はい、止まります。」と言われて乗車するのはよいのですが、現地語で停留所名、駅名がアナウンスされても分からず、降車に苦労したことがあります。バスならばバスの運転手にその停留所にきたら降ろしてくれるようお願いするのも必要ですが、前もって自分で時刻表を見て、乗車時刻から到着時刻を予測し、時計を見ながら降車駅を確認する方法、降車駅一つ前の駅の名前をあらかじめ調べておく方法などがあります。私は前者の時間的な感覚で降車駅を認識します。

8. 飛行機座席

以前は海外出張はビジネスクラスで行くのが当然でしたが、会社の経済的事情によりエコノミークラスで行くことになりました。エコノミークラスはご存知のとおり、座席間隔が狭く、隣に欧米系の巨大な方が座ると窮屈で仕方ありません。エコノミークラスでも足を伸ばして座れる席があります。それは非常口通路の席です。私はチェックインする際には必ず、非常口通路を希望します。

この席はチェックインを早く行えば意外と取ることが出来ます。さらに、離着陸時にパーサーの方と面と向かって話ができるので非常に楽しい空の旅ができます。ただし、緊急時にはそれ相当な手助けをしなければなりません。

さらに飛行機の種類にもよりますが、私はできるだけ前方の席を希望します。1年ほど前、アメリカン航空を利用したとき、エコノミーでも前方と後方で席が異なっていたことがあります。前方の席はビジネスクラスとほぼ同じサイズの座席で、後方は従来のタイプの座席でした。それ以降は必ず、前方をお願いするようにしております。

9. 荷物

海外に出かける時は航空機の機内持込制限以内のバッグに可能な限り最小限の荷物を入れて行くようにしています。以前に航空機の乗り継ぎ時間が短く預けた荷物の移動が間に合わず、預けた荷物が1日遅れて現地に届いたことがあってから実践しています。帰りは資料などの荷物が増えるため、持って行く物は海外で捨てるつもりで準備します。余計な心配をせずに最小限の準備でも案外問題がないものです。但し、あまり荷物を減らしたため、本当に必要な物まで持って行かなかったことが1回ありましたので、気をつけてください。帰りは荷物が増えますが、帰国時にも持ち物を極力捨てて持ち帰り荷物を減らします。すべての荷物を機内に持込んでいると航空機の中でもいろんな仕事をする事ができ、意外に調子よく航空機の移動時間を過ごせます。

10. あとがき

あまり要領が良い著者でなく裏技の域に達していませんが、ご参考になれば幸いです。大いに海外へ出向きましょう。そして今まで自分に染み付いた固定概念を打ち破り、新たな一面を見つけ、前方へさらに視野角を広げられるようになりましょう。

伝熱シンポジウム 伝熱学会の進歩への期待

Expectation to advanced Heat Transfer Symposium and Society of Japan

小竹 進 (日本伝熱学会元会長)

Susumu KOTAKE (Former President of HTSJ)

日本伝熱学会は、学会として発足してから 10 年以上になるが、未だに学術講演会を持たない。その代わりに、伝熱研究会から引き継いだ『伝熱シンポジウム』は今年で 40 回になる。大先輩が言っていたが、伝熱シンポジウムとは、酒を飲みながら、『議論することだ！』/このご講演に対して、何かご質問はありませんかなどといったような、『格式ばったものではない！』/そもそも、シンポジウムとは、討論が目的であり、『成果の発表が主ではない！』というものであったようである。

『伝熱という現象は、かなり横断的な学問である』ということから、一つの学会として意味をなすのではないかということから、研究会より法人学会に切り替わった訳であるが、この「シンポジウム」だけは、その本質が評価されてか、そのまま今まで引き継がれてきている。

伝熱研究会が発足したころは、夢のエネルギーとしての原子力開発に伴う沸騰現象の研究の最盛期であり、シンポジウムで展開された討論の迫力は、私などの駆け出しの研究者にも、研究とはこういうものかということを感じさせた。シンポジウムで展開される討論は、それに参加するか、しないか(参加できるか、できないか)に係わらず、シンポジウムの最大の魅力であった。こうした討論に係わりたくて、自分の研究領域を広げたり、より違った立場で自分の研究を見直したりした。こうした研究の考え方を引っさげてシンポジウムに臨むと、さらに考えもしなかった立場の討論に出くわし、研究の軌道修正に役立ったり、新たな研究のアイデアが湧いたりした。シンポジウムが近づくとき、自分の研究に対する一種の不安と期待とが入り混じるのが常であった。

各セッションで、関連討論が多いからまとめて討論したり、討論に値しないものはスキップしたり、あるいは異なった関連研究の討論をしたりなど、座長はその場その場で自由闊達な討論に導い

た。またその討論は、多様多彩であり、それらをどうまとめ、どうおさえるかに苦勞することがしばしばであった。講演発表も、いわゆる研究成果の披瀝という類のものではなく、ほとんどは討論のための研究発表であり、研究の方針や疑問点への意見交換に近かった。したがって、そこに参加するには、自分自身の深い洞察とその研究分野の広い知識が必要であった。

それがいつのまにか、その研究を次に展開させるためのこうした形のシンポジウムではなくなり、狭い知識を盛って、2~3年の間に研究した成果の発表会に代わってしまった。しかも、もともとが討論のためのまとまっていなかった講演発表が多かったからか、このまとまらない中途半端なところだけが残り、今では発表件数だけは、学会会員の 3 人に 1 人という割合にまでも増加した。

何年か前のことであるが、伝熱シンポジウムとは、討論が主体であるということは分かるが、『先生のような人が会場に居る』(本音は、「老害で」と言いたかったのであろうと推察したが)と、若い研究者は自由闊達な討論ができない!と謂われた。研究に年齢の差別はないと思ってきたのであるが、なるほど、それは精神異常な者は自身の精神異常に気づけないのと同じく、老害者が自身の老害に気がつかなかつたかと深く反省して、それ以降はシンポジウムに参加することを自粛することにした。それから数年経つが、益々「学芸会的講演発表会」の様相が強くなり、本来のシンポジウムの姿への方向転換は期待できそうもない。さらに、「学生プレゼンテーション賞」などという、若者に中味よりは外皮や着物を奨励するようなことをしたり、今の一見活発な(?)シンポジウムを利用して、「学会の財政」を云々するようなことまでが、真面目に考えられるようになってきている。

あれだけ盛大なシンポジウムなのだから、多くの人の関心があることを示しているのは事実であ

り、その内容や質は二の次でいいのではないか！「学芸会」は学芸会として役に立っているのであるからそのまま良い！シンポジウムは伝熱研究者の懇親の場であり、また学会行事の場であり、シンポジウムそのものに、そう期待することもない！などなど、色々な意見がある。

しかし、『伝熱』という研究が、理系の横断的な学問分野として必要であるとするには、その本質や方向性・横断性について、常に十分に討議する必要がある。すなわち、できあがった学会では決してない。伝熱は今以って、これからの研究であり、これからの学会である。

伝熱という現象を広く解釈すれば、エントロピーの大きい『熱』というエネルギーの発生・輸送であり、その形態としては、原子分子間の直接的なもの、原子分子集団としてのもの、その中間の混合したものの三つの形態しかない。ところが、「今のシンポジウム」の申込書にあるように、それを細かい分野に分類したり専門化したりして、伝熱という狭い研究分野であるにも拘わらず、全体を見通せなくなっている。同じような分野の研究、例えば機械工学とか化学工学といった研究の場合には、これでも良いのかもしれない。しかし、伝熱シンポジウムがそれでは、伝熱以外の研究分野の研究者が自分の研究をシンポジウムの場での討論に付して、その研究の参考にしたり、他分野の研究者の意見を聞きたいと思ったりすることを阻んでいることになる。つまり、「今のシンポジウム」では、結果的に研究分野の横断性に自らが制限を加えてしまっていることになっている。

シンポジウムで、より多くの他分野の研究者が気軽に参加して、自由闊達な研究討論や意見交換ができるようにするためには、まず「今のシンポジウム」でのセッション分類を極力少なくすることである。次に、伝熱をより広い視野に立って見渡せる人を座長にすることである。1200人程度の会員数の学会で、100人もの人が座長に座るといような「今のシンポジウム」は、異常であるか、あるいは極めて優秀な研究者集団であるかのどちらかである。

今回の伝熱シンポジウムは富山市で開催される。富山はどういう訳か伝熱学会の会員数が多いところである。各人の研究実質についてはよく分からないが、とにかく伝熱研究に興味を持っているこ

とは確かであろう。伝熱研究会の時代には、シンポジウムは準備委員会が準備をしたが、今の伝熱学会では実行委員会が企画・実行しており、その委員長は学会理事でもある。したがって、『シンポジウムをどうもっていくか！』は、まずはこの実行委員会の活躍にかかっている。成熟した学会（ということは、あまり新鮮味がないということでもあるが）の講演会ではなく、『興味ある討論が沸騰するシンポジウムにする』には、理事会の活躍（学会総体としての責任発揮）も当然必要である。

さきに、狭く専門化されたセッション分類に触れたが、シンポジウムのプログラムをみると、どのようにセッションをつくり、どのように座長を選んだかで、実行委員会の伝熱研究に対する姿勢と実力が分かる。さらには、伝熱研究そのものをどう考えているかも反映される。成熟した学会なら、色々なしがらみや習慣は意味があるかもしれない。しかし、伝熱学会のようなこれからの学会では、『良きしがらみや習慣を試行錯誤で模索』しなければならない。前回のシンポジウムを真似して、「つつがなく、やり過ごそう！」ということは、学会の発展性を裏切り、自分の伝熱研究の進歩を否定することである。伝熱学会の唯一最大の行事であるシンポジウムをどうもっていくかは、シンポジウムが伝熱学会を動かす唯一最大のエネルギー源であることを考えると、伝熱学会／伝熱研究をどうもっていくかを定めることであり、「今のシンポジウム」の実行委員会の責任は重い。とくに、学会運営そのものが、段々形骸化して官僚的になりつつある現状を觀れば、早急に改革できる手立てが他に見えて来ない。

幸いにして、富山の実行委員会の諸氏は、伝熱研究への自負が大きい面々であると聞く。伝熱研究をどう捉えるか、伝熱学会をどう舵取るかは、この富山でのシンポジウムにかかっていると自覚して、シンポジウムを実行して欲しい。でなければ、伝熱学会はその存在意義を失い、伝熱研究の魅力は消滅することを覚悟しなければならない。いくら「キッズ・・・」とかというもので、若者に伝熱への関心を誘っても、肝心の伝熱研究／伝熱学会に魅力がなければ、キッズとのお粗末なお遊びに過ぎず、知恵の蓄積にもならず、人・金・物・時間をひたすら浪費しているにすぎない。

誤解が無いように敢えて付け加えれば、私が期

待しているのは、富山でのシンポジウムそのものだけでは決してない。富山でのシンポジウムを契機にして、伝熱研究を深くかつ広く討論して伝熱研究独自の魅力を引き出し、結果的には伝熱学会の存在意義を高める伝熱シンポジウムに方向付けをして欲しいということである。単に富山のシンポジウムのみが意義あることを期待しているのではない。また、研究会発足当時のシンポジウムへの単なるノスタルジアでもない。なぜならば、「今のシンポジウム」とは違った『伝熱シンポジウム』が、今後の伝熱研究、すなわち伝熱学会をどうするかを決め得る唯一無二の場であるからである。

小竹元会長の意見に対するコメント

荻野 文丸（日本伝熱学会会長）

編集出版部会長から、今回の小竹先生のご寄稿文に対して、私のコメントが求められました。小竹先生に反抗するようで全然気は進みませんが、私は次のように考えています。

私も小竹先生と同じく、「シンポジウムで展開する討論の迫力は私などの駆け出し研究者にも研究とはこういうものかということを感じさせた」という思いが強くなります。しかし、私はその思いだけから、伝熱シンポジウムは昔のような討論主体にすべきであると結論してしまうのは早計だと考えています。

話を単純化すれば、討論主体がいいのか、成果発表主体がいいのかをちゃんと議論すべきだと思います。たとえば、フロアからの討論参加者の発言は総て建設的な意見にせよといっても無理でしょう。必ずやっかみやいじめも混じると思います。研究者の気質の変化もあるでしょう。今の若い人の一般的気質かもしれませんが、議論を避ける若い研究者も居ります。またフロアの討論者が理解不足で、誰も考え付かなかったような、まったく新しい研究のせっかくの芽を摘み取ってしまうということも考えられます。また今のままでも十分討論が行われている、あるいは今のように発表論文数が多い方が、きちんとそれらをサーヴェイすれば現在の伝熱研究の動向がよく分かるという意見もあります。その辺のプラスとマイナスを明らかにしてどちらをとるか、あるいは両者をどのよ

うにバランスさせて並存させるか、等の議論が必要であると思います。

さらに、セッション分類数に関してですが、迫力のある討論が展開できる討論者および座長の数はおのずからある程度の人数に限られますから、その人たちを一つの会場に集めないと活発な討論は出来ません。従って、当然会場数は少なくする必要が出てきます。すなわちパラレルセッション数は少なくせざるを得ない。そうしますと、論文数をこなすためには会期を長くするか、年毎にテーマを変えるか、年数回異なったテーマで開催するか、あるいは何らかの方法で発表件数を制限するか、等の議論が必要です。

以上のような議論、すなわち現企画担当の小澤副会長流に言えば「原因結果の分析総括 改善策の同定」は、これまで余りなかったと思います。現在企画部会で上のような事を議論していただけないかと小澤先生にお願いしている最中です。ただし、小竹先生ご期待のように来年の富山には間に合わないかもしれません。ただ富山の実行委員会では、上述のような議論はやってはいないけれども、ともかく一度富山で討論主体のセッションをやってみようとの趣旨で特別企画を考えているようです。

また、「先生のような人が会場にいと若い研究者は自由活発な討論が出来ない」というのは、少しは本音が混じっているとは思いますが、やはり冗談だと思います。どうぞ小竹先生、ぜひ伝熱シンポジウムにいらしてください。それから、シンポジウムを利用して学会の財政を云々しようなどということはしておりませんので、ご安心下さい。

企画部会からの新しい提案

門出 政則（企画部会長）

企画部会においても、伝熱シンポジウムは最大の行事の1つであり、シンポジウムをどのように運営するかについては、シンポジウム実行委員長を含めていつも熱心に議論している点であります。ただ、シンポジウムが開催地の実行委員長を中心とした実行委員会に大きく依存していることは、事実であり、そこで実行委員会から提案された企

画・運営方針に対して、会員にとってより充実した魅力のあるシンポジウムになっているかという視点から、企画部会ではシンポジウムの企画・運営を議論しています。

今回、小竹元会長から、伝熱シンポジウム 伝熱研究 伝熱学会への熱い思いから寄せられた提言を頂き、そのご提言に応えるために、企画部会や富山の実行委員長とシンポジウムの企画・運営そのものについて、再検討することにしました。

シンポジウムをもっと活発な建設的な討論の場にしようというご提案には、全会員の賛同が得られることだと思います。したがって、講演内容に対する活発な討論を可能とする環境づくりができる企画・運営をシンポジウムで設定することは、企画部会・実行委員会の本来の責務であります。

環境づくりとしては、

- (1) 高い識見を持った座長の推薦
- (2) 発表内容の選択と設定
- (3) 発表内容と出席者と興味や視点の共有性
- (4) 討論時間が十分取れる運営（時間と空間の双方について）

を解決することが必要になると考えます。

しかし、「今のシンポジウム」では、上記の課題をクリアーできる状況とは、大きくかけ離れています。例えば、課題(3)を例にしますと、発表内容は、伝熱の基礎から応用まで広く多岐にわたっており、8つほどのセッションがパラレルに進行していることから、講演内容が分散しがちになり、その共有性が少なくなっています。また、シンポジウムが年1回の行事であることから講演内容の設定は困難となっています。

課題の全てを富山のシンポジウムで解決することは、時間的にも困難でありますことから、実行委員長と検討の上、富山のシンポジウムでは、

全セッションを講演後まとめて討論することにする。座長には、討論を促すような運営を依頼するが、質問のない講演については、わざわざ質問や討論を催促しなくてもよい。従来の講演・討論形式を踏襲する。

論文の内容を精査したセッションとする。

3～4件のオーガナイズセッションを計画中である。このオーガナイズセッションでは、予め2～3名の講演者を依頼（指名）し、設定されたテーマについての最近の研究状況を異

なる視点から概説して、参加者あるいは講演者相互から討論を受けるという新しい試みにする。

伝熱シンポジウムとは別途に、学問的にも創生期にありかつ発展が期待される分野、あるいは緊要性の高い分野から課題を絞って、企画部会主幹のフォーラムを年1回程度開催することも試行してみる価値があると思っております。このフォーラムでは、予め課題を設定した上で、とにかく徹底した討議を行うことにしたいと考えております。

興味や視点を共有する参加者による討論を通じて、そこで浮き彫りになった課題の面白さと今後の夢をさらに多くの会員に発信/展開する魅力的な学会活動の方法になると思います。またこれと同時に並行の形で、「伝熱という学問・技術の独自性や新たな実フィールドとの相関」といった伝熱学会の在り方についても、時代に即した具体的な試案として発信できるのでないかと考えます。

企画部会長としては、このような目的を持ったフォーラムを今こそ企画する時期と考え、今期開催を想定した具体的な実施策を早急にまとめて、12月に開催予定の理事会に提案する計画であります。会員諸兄のご理解とご協力をお願いします。

“伝熱学会の痛みを伴う構造改革とは何”

小澤 由行（企画担当副会長）

1. はじめに

小竹元会長からの今回の寄稿は、先生が故土方邦夫教授と共に、学会法人化を構想されて、それを実現された情熱と責任感から、「今のシンポジウム」の状態を深く憂えて、敢えて問題提起として寄せられたものと推察します。私は現在の伝熱学会の企画担当を拝命致しておりますことから、以下には、表題のような観点から一提案をさせていただきます。

2. 現状把握

小竹提言は、「伝熱学会 伝熱シンポジウム」というご認識の下に、また可及的速やかな改革の第一歩を刻むと方法として、まずは富山シンポジウムでの実践を強く求められています。また、改革へ

の檄文(目的)は、『伝熱という学問・技術を、新しい時代に即して、深く・広く展開できるようにせよ!』であると私は受け止めます。

この提言の中では、「伝熱学会 伝熱シンポジウム」ということに対しては、私には疑義があります。なぜならば、学会は法人化して既に十年以上が経過し、それなりの組織をもって持続的に運営されており、もはや手弁当による好き者同士の集まりでは決してありません。また会員各位におかれても、組織的な運営(例えば、現在は会長以下80人以上もの役員がそれに当たっている)に期待されておられましよう。したがって、この組織改革も目的を達成する大事な手段でありましよう。

ところで、何事に対しても現状を止揚してそれを理想的な状態にしようとする場合、その第一歩は正確な現状認識から発せされる個人/組織の危機感の強さが問題になります。「今のシンポジウム」に対する現状認識は、もう申し上げるまでも無く、理想的な姿/機能でないことは明々白々です。一方、組織運営で観れば、これまたオーバーに申し上げれば、伝熱学会もご多分に漏れず、世に言う“勝ち組大企業病”もどき状態に陥っており、「自己中心」・「他人任せ」・「行動の欠如」、あるいは「形式主義」・「事勿れ主義」・「戦略不在」などが蔓延していることを実感しておられる方々も少なくないと思います。

しかし、このような現状認識があっても、それが『強い危機感』『改革に着手』には繋がらないことも事実でありましよう。むしろ多くは、日本の今様の知的文化人によくある「控えめの美学」、「横並び意識」、「建前と本音の使い分け」、「判断の先送り」ということで済まされます。この点に関しては、最近の巷でよく言われる「構造改革とセットにした『意識改革=一種の痛み』」の問題です。このような点を乗り越えずしては、伝熱学会の「原因/結果の分析/総括、それに基づく改善策の同定」なぞ、単なる絵空事に過ぎません。

3. 伝熱学会と伝熱シンポジウムへの一提案

何事につけ、それを平和裏に改革する手段が『討議』であることは、衆人が認めるところです。

小竹提言にある「今のシンポジウム」を伝熱研究の関する『討論の場』へと復権/復活させるという考え方は、「今の伝熱学会」が、

「構成員のマジョティーが大学等研究機関所属の1,200人程度」の会員数

機械学会(熱工学部門)等といった「代替学会/会員重複学会」の存在

歴史を刻んで、もはや「独自性/アイデンティティー」の危うさ

であるという現状を真摯に受け止めれば、またもう一度伝熱研究会時代の原点に戻って考え直してみるという意味からも、やってみる価値のある一つの実践であります。

しかし、「何(課題)を、どのように(方法)、どんなこと(成果)を期待して」討論を行うのか?を熟慮する必要があります。また、その討論の課題・方法・成果のセットが、会員に『興味/実績・できること/すべきこと・将来展望/夢』としてあり、かつ伝熱学会総体としての新たな展開に繋がらなければ、単にノスタルジアに基づいた歴史を戻すことに過ぎず、伝熱学会と伝熱シンポジウムは機能しない/意味がないことになりましよう。

そこで以下には討議の課題・方法・成果について、私案を少し列挙させて頂きたい。

(1) 討論の課題

伝熱という学問・技術の独自性

伝熱独自/独特な分野/領域で、解明すべき「新たな目的(現象/機構)」には、何が残っているか?

伝熱独自/独特な分野/領域に適用すると現象/機構の解明/定式化が飛躍的/質的に変わる/向上する「新たな手段(実験/解析)」には、何があるか?

伝熱(熱エネルギー保存と移動)に連成する現象/機構/技術には、何があるか/残っているか?

伝熱という学問・技術と実フィールドとの相関

伝熱という学問・技術を展開すべき/展開すると面白い実フィールド分野には、何が残っているか? [前の例:原子力]

伝熱の機構/パフォーマンスを同定/向上すると飛躍的な高機能化/高性能化/高領域化(信頼性/経済性/安全性を含む)が期待できる機器/技術/システムには、何があるか? [昔の例:冷却しないと材料が持たない] 伝熱という学問・技術は、社会経済活動にど

のような / どの程度の価値をもたらすか？
 [過去の例：業務用空調；年間数兆円産業]
一般的なアプローチの中で伝熱という学問・技術の適用すべき領域(単位) / ポイント

スケール効果； $(p < n < \mu < m)m, (k < G < M < T)m$
 タイム効果； $(p < n < \mu < m)\text{sec}, (\text{deka} < h < k <)y$
 高精度制御； $(m < c < \text{deci})$, . . .
 限界事象；融点, 沸点, 共晶点, 共沸点,
 飽和点, 臨界点, . . .

(2) 討論の方法

理事会・評議員会での討論(原案作りは, 正・副会長)

伝熱という学問・技術の独自性」を見直して,
 3~5年後には伝熱学会活動の目的 / 基本方針を新たに定義するためのフレームワークを作成する。

そのフレームワークの基づいて, 企画部会 / 編集部会への付議事項を特定する。

伝熱学会活動の目的 / 基本方針の必要十分性を高めるために討論すべき中心課題を毎年の伝熱シンポジウム企画(実行委員長)に提案する。

企画部会での討論(原案作りは, 企画担当副会長・企画部会長・実行委員長)

「伝熱という学問・技術と実フィールドとの相関」を見直して, 伝熱学会が3~5年後に新たに取り込む(攻略す)べき分野 / 領域を特定する。

伝熱学会主催の各種の委員会 / イベント(含む, 支部研究会) / 国際会議において, その特定した分野 / 領域のフィジビリティを分析・評価する。

新たに取り込む(攻略す)べき分野 / 領域の必要十分性を高めるために, 討論すべき中心課題(複数可)を毎年の伝熱シンポジウム企画(実

行委員会)に提案する。

(3) 討論の成果の展開 / 総括

学会誌の有効利用 / 刷新

(方法については, 編集部会での実施計画の討論・策定と主導)

T S Eの独自性を見直しと先進性 / 有益性の向上

(方法については, エディター会での実施計画の討論・策定と主導)

有為性のある討論の継続

(すべての討論の進捗に合わせたタイムリーなフィードバック, 成果の整理, 次期への申し送りは総務担当副会長主導 / 主管)

4. おわりに

以上に述べさせて頂いた私案は, 先の5月の広島シンポジウムにおいて, 総会をはじめとする各種の会と会議で, 二日間で総計十時間以上にわたって, 「方法(方便)と結果(経過)の報告(表明)漬」に遭遇しましたことから考えてみました。

その後, メール等の各種のコミュニケーション・ツールや9月5日に半日掛けた同種の会で, この私案を示しました。とくに9月5日は今度こそ, 『目的の討論』になることを期待しました。その結果は, 私の独断ですが, このコラムに前掲の先生方のご意見に集約されましよう。

尤も, この私案は討論に値しない程度の内容かもしれませんが。それはそうでありましても, 今回の小竹元会長のご提言に対しては, 「言いつばなし・聞きつばなし」にして, その真意を形骸化させることなく, 伝熱学会50周年目には, 伝熱という学問・技術に対して, 伝熱学会の内外からより高い認知が得られることを目標にして, 早急に『ブラクティス重視と機動的な変更』が開始され, その後にも真剣な討議が重ねられることを念じます。

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
2004年					
5月 26日(水)～ 28日(金)	第41回日本伝熱シンポジウム (富山国際会議場および富山県民会館,富山市)	'04.1/16	'04.3/8	富山大学工学部 機械知能システム工学科 第41回日本伝熱シンポジウム実行委員会 委員長 竹越 栄俊 FAX:(076)445 6785 E-mail:thermo@eng.toyama-u.ac.jp	11月号
11月 24日(水)～ 26日(金)	国際伝熱フォーラム(International Forum on Heat Transfer (IFHT2004)) (京都リサーチパーク(KRP))	'04.2/29	'04.7/31	〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1 東北 大学流体科学研究所 円山重直 Tel& Fax:022-217-5243 E-mail:maruyama@ifs.tohoku.ac.jp 〒599-8531 堺市学園町1番1号 大阪府立 大学大学院工学研究科 機械系専攻エネルギー 機械工学分野 中部主敬 Tel:072-254-9224 Fax:072-254-9904 E-mail:nakabe@energy.osakafu-u.ac.jp http://www.ifht2004.energy.osakafu-u.ac.jp/	11月号

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
2003年					
11月 15日(土) 16日(日)	熱工学コンファレンス2003 - 地球を救う熱工学技術 - (金沢大学工学部)	'03.6/6	'03.9/19	〒820-8667 金沢市小立野2-40-20 金沢大学工 学部人間・機械工学科 瀧本昭 Tel:076-234-4741 Fax:076-234-4743 http://www.jsme.or.jp/tesd/	
11月 19日(水)	可視化情報学会講習会「流れの可視化入門講座」 (日本大学理工学部隅田台校舎)	'03.10/31		(社)可視化情報学会事務局 Tel:03-5993-5020, Fax:03-5993-5026 E-mail:info@vsj.or.jp http://www.vsj.or.jp	
11月 21日(金)～ 23日(日)	日本地熱学会平成15年度学術講演会 (仙台国際センター)	'03.8/29	'03.9/29	http://wwwsoc.nii.ac.jp/grsj/	
12月 1日(月)～ 3日(水)	マイクロエンジニアリングに関する国際シンポジウム - 熱流体・信頼性・メカトロニクス - (日立製作所機会研究所,土浦市,産業技術総合研究所,つく ば市)	'02.3 (Abstract)	'02.8 Full Paper	東京都新宿区信濃町35 信濃町煉瓦館(社)日 本機械学会総合企画グループ 高橋正彦 Tel:03-5360-3505	
12月 3日(水)～ 5日(金)	第41回燃焼シンポジウム (つくば国際会議場,つくば市)	'03.7/18	'03.9/24	〒305-8569 つくば市小野川16-1 産業技 術総合研究所エネルギー利用研究部内 第41回燃焼シンポジウム事務局 Tel:029-861-8072, Fax:029-861-8222 E-mail:sympo41@combustionsociety.jp http://combustionsociety.jp/sympo41 Fax:047-469-5479 E-mail:info@hes2003.arch.cst.nihon-u.ac. jp http://hes2003.arch.cst.nihon-u.ac.jp	
12月 5日(金), 6日(土)	第27回人間 生活環境系シンポジウム (日本大学理工学部隅田台校舎)	'03.8/30	'03.10/30		
12月 17日(水)～ 19日(金)	第17回数値流体力学シンポジウム (国立オリンピック記念青少年センター,東京)				
2004年					
2月 5日(木), 6日(金)	第10回エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術シン ポジウム,Mate2004 (パシフィコ横浜)	'03.9/1 (Abstract 締 切)	'03.11/20	〒101-0025 東京都千代田区神田佐久間町 1-11 (社)溶接学会 Mate 2004 事務局 Tel:06-6879-8698 Fax:06-6878-3110 E-mail:mate@wri.osaka-u.ac.jp http://wwwsoc.nii.ac.jp/jws/research/mic ro/Mate2004.html	
3月 8日(月), 9日(火)	第4回グリーン・サステナブルケミストリ(GSC)シンポジウム (学術総合センター・一ツ橋講堂,東京)	'03.11/28	'04.1/19	〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1-3-5 (財)化学技術研究所街並み機構 GSC シンポジウム 事務局 Tel:03-5282-7866 Fax:03-5282-0250 E-mail:gscn@ci.or.jp http://www.gscn.net/	
3月 14日(日)～ 17日(水)	The first International Symposium on Micro & Nano Technology (ISMNT-1) (ホノルル,ハワイ)	'03.5/31 (Abstract)	'03.8/31	Komatsu Electronics Inc., President Dr. Makoto Inoue E-mail:makoto_inoue@komatsu.co.jp http://www.ismnt.com	

3月	15日(月), 16日(火)	The first International Symposium on Standard Materials and Metrology for Nanotechnology (SMAM-1) (東京ビッグサイト, 東京)	'04. 1/12 (Abstract)	'04. 3/15	〒305-8568 つくば市梅園 1-1-1 産総研 極微 プロフィール計測研究ラボ 藤本俊幸 E-mail: SMAM1-sec@nait.go.jp. T. Fujimoto@aist.go.jp http://www.nmij.jp/MP/SMAM-1
4月	14日(水)~ 16日(金)	第38回空気調和・冷凍連合講演会 (東京海洋大学海洋工学部 越中島会館講堂, 東京)	'04. 1/16	'04. 2/27	〒160-0016 東京都新宿区信濃町 35 信濃町煉 瓦館 (社) 日本機械学会/第38回空気調和・冷 凍連合講演会係 Tel: 03-5360-3502 Fax: 03-5360-3508 E-mail: iio@jsme.or.jp
5月	9日(日)~ 15日(水)	15th International Symposium on Transport Phenomena (ISTP-15) (バンコク, タイ)	'03. 8/31 (Abstract)	'03. 10/31	北海道大学大学院工学研究科物質工学専攻 井口学 E-mail: istp-15@eng.hokudai.ac.jp
8月	29日(日)~ 9月3日(金)	第24回国際航空科学会議横浜大会(24th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, 2004, Yokohama) (パシフィコ横浜国際会議場, 横浜市)	'03. 7/31		〒181-0015 東京都三鷹市大沢 6-13-1 航空 宇宙技術研究所 次世代超音速機プロジェクト - (第24回国際航空科学会議横浜大会 組織 委員会 プログラム委員会幹事) 吉田憲司 Tel: 0422-40-3510 Fax: 0422-40-3536 e-mail: yoshiken@aial.go.jp http://www.jsass.or.jp/icas

第41回日本伝熱シンポジウム研究発表論文募集

開催日 平成16年5月26日(水)～28日(金)
会場 富山国際会議場(〒930 0084 富山市大手町1番2号 TEL:(076)424 5931)
富山県民会館(〒930 0006 富山市新総曲輪4番18号 TEL:(076)432 3111)

研究発表申込締切 平成16年1月16日(金)
論文原稿締切 平成16年3月8日(月)
参加事前申込締切 平成16年4月9日(金)

【シンポジウムの形式】

- ・講演発表は、通常の一般セッションと優秀プレゼンテーション賞セッションの特別セッションを実施します。優秀プレゼンテーション賞セッションは従来学生プレゼンテーション賞セッションと呼ばれていたものですが、今回より発表対象者を広げ、企業、大学、研究所等の技術者・研究者で平成16年3月31日現在28才以下の者、または発表申込み当日学生の者が発表できるようにしたものです。指導教員又は研究グループ長等は奮って1名の代表をご推薦下さるようお願いいたします。
- ・1講演あたりの時間は、一般セッションと優秀プレゼンテーション賞セッションとも20分(発表10分、討論10分)の予定です。

【研究発表申込方法】

- ・原則としてE-mailからの申込みと致します。ホームページ(<http://www3.toyama-u.ac.jp/~thermo/>)にある申込書をパソコンに取り込み、必要事項を記入したのち添付ファイルにてE-mail(アドレス: heat@ice.pu-toyama.ac.jp)でお申込みください。なお、一般セッションか優秀プレゼンテーション賞セッションかをチェックし、優秀プレゼンテーション賞セッションに申込みれる場合は指導教員又は研究グループ長等の名前も必ず記入して下さい。ただし、原則として指導教員・研究グループ長等毎に、応募者は1名とします。
- ・申込受理のメールがお手元に届きましたら、それに記載されている受付番号、第一著者名、題目(最初の7文字程度)、依頼人の住所氏名、および振込金額をご記入の上、1月30日まで下記の口座に講演申込整理費(1件3,000円)を郵便振替でご送金ください(本号挟込みの払込取扱票をご利用ください)。
- ・なお、E-mailからの申込ができない場合は本号に掲載の研究発表申込書に必要事項を記入し、下記送付先にFAXで発表申込書をお送りください。その後、申込受理のFAXがお手元に届きましたら、上記E-mail申込の場合と同様に、FAXに記載されている受付番号、第一著者名、題目(最初の7文字程度)、依頼人の住所氏名及び振込金額をご記入の上、1月30日までに下記の口座に講演申込整理費(1件3,000円)を郵便振替でご送金ください(本号挟込みの払込取扱票をご利用ください)。
FAX申込時の送付先及び問合せ先: 富山県立大学工学部機械システム工学科
百生 登 宛 FAX:(0766)56-6131

講演申込整理費払込先: 口座番号: 00750 9 92676, 口座名: 第41回日本伝熱シンポジウム実行委員会

- ・講演申込整理費の講演会場での支払いは今回より原則として認めません。期日までに払込みがない場合は講演申込みが無効になることもありますので、ご留意下さい。
- ・講演発表申込みは、講演者1名につき1題目とさせていただきます。
- ・発表の採否及びセッションへの振分けは、実行委員会にご一任願います。

【講演論文集】

- ・講演論文集は原寸大のオフセット印刷およびCD-ROMとして作製致します。論文の長さは、1題目当たりA4用紙2ページとし、作成フォーマットは前回とほぼ同様の予定です(2段組×片側26字×60行)。
- ・執筆要綱は、会誌「伝熱」(平成16年1月号)及びホームページ(<http://www3.toyama-u.ac.jp/~thermo/>)に掲載致します。
- ・本シンポジウムでは講演論文集をCD-ROM化するため、論文原稿は原則としてPDFファイルで提出して戴きます。PDFでの提出が困難な場合には、講演申込整理費のほかに別途変換作業料(3,000円)を申し受けて、実行委員会がPDF化を代行致します。なお、CD-ROM化のために日程が厳しくなっており、原稿締切

りに遅れると論文集と CD-ROMには載りませんのでご注意ください。

- ・ 論文の電子化 (PDF 化) については, 下記の文献が参考になります。
- “ 小林, Microsoft Word を使った論文作成方法, 日本機械学会誌, 103 979 (2000.6), pp. 396 403”
- “ 川野・岡本, 論文の電子化について(より良い PDF を作るために), 可視化情報, 20 77 (2000.4), pp. 27 32”

【講演登録及び参加費用等】

- ・ 講演申込整理費: 3,000 円
- ・ シンポジウム参加費:
 - 一般 (事前申込: 6,000 円, 会場申込: 8,000 円), 学生 (事前申込: 3,000 円, 会場申込: 4,000 円)
- ・ 講演論文集: 伝熱学会会員: 無料 (CD ROM版は事前送付, 印刷版はシンポジウム参加者に当日手渡し)
非会員: 8,000 円 (会場受付で会員登録をされた場合は無料)

【懇親会】

- ・ 開催日 平成 16 年 5 月 27 日 (木)
- ・ 会場 名鉄トヤマホテル (〒930 0004 富山市桜橋通り 2 28, TEL(076)431 2211)
- ・ 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)

【交通・宿泊について】

- ・ 交通と宿泊の取扱旅行者につきましては, 会誌「伝熱」(平成 16 年 1 月号)またはホームページをご参照ください。

【ご注意】

- ・ 研究発表申込の取消し及び論文原稿の差替えは, 準備と運営に支障をきたしますのでご遠慮下さい。
- ・ 論文の題目と著者名が講演申込時と論文提出時において相違ないように特にご注意下さい。
- ・ 発表に用いる機器は液晶プロジェクタ又は OHP とさせていただきます。詳細は, 研究発表申込書に記載された連絡先宛に, 後日 E mail でお知らせします。
- ・ 参加登録費, 懇親会費等は取消しの場合でも返却致しません。
- ・ 論文原稿の返却, 別刷りの配布はいたしません。
- ・ その他ご不明な点がありましたら下記まで FAX 又は E mail にてお問合せください。

【お問い合わせ先】

第 41 回日本伝熱シンポジウム実行委員会
富山大学工学部 機械知能システム工学科内
FAX: (076)445 6785, E-mail: thermo@eng.toyama-u.ac.jp

第 41 回日本伝熱シンポジウム実行委員会
委員長 竹越 栄俊

【セッション分類表】

() 現象別分類

大分類	小分類
A: 熱物性	A-1: 固体熱物性, A-2: 流体熱物性, A-3: 測定法, A-4: その他
B: 熱伝導	B-1: 熱伝導, B-2: 熱抵抗, B-3: 熱伝導数値シミュレーション, B-4: その他
C: 熱放射 (ふく射)	C-1: 放射 (ふく射) 物性, C-2: 放射 (ふく射) 伝熱, C-3: 放射 (ふく射) の数値シミュレーション, C-4: 伝熱促進・制御, C-5: その他
D: 強制対流	D-1: 層流, D-2: 乱流構造とモデル化, D-3: 乱流の数値シミュレーション, D-4: 剥離流れ・噴流, D-5: 伝熱促進・制御, D-6: その他
E: 自然対流	E-1: 密閉空間, E-2: 物体周り, E-3: 共存対流, E-4: 伝熱促進・制御, E-5: その他
F: 相変化素過程	F-1: 相変化分子運動論, F-2: 接触界線, F-3: 界面安定性, F-4: 核生成・核活性化, F-5: 異相成長, F-6: 構造化, F-7: その他
G: 蒸発・沸騰	G-1: 蒸発, G-2: 核沸騰, G-3: 限界熱流束・遷移沸騰, G-4: 極小熱流束・膜沸騰, G-5: 過渡沸騰, G-6: 伝熱促進・制御, G-7: 直接接触系, G-8: その他
H: 凝縮・吸着	H-1: 凝縮, H-2: 直接接触系, H-3: 吸着, H-4: 伝熱促進・制御, H-5: その他
I: 凝固・凍結・融解	I-1: 凝固, I-2: 凍結, I-3: 霜, I-4: 融解, I-5: 伝熱促進・制御, I-6: その他
J: 混相流	J-1: 等温系二相流, J-2: 沸騰二相流, J-3: 凝縮二相流, J-4: 固気・固液二相流, J-5: 噴霧系, J-6: 混相流のモデル化と数値解析, J-7: 伝熱促進・制御, J-8: その他
K: 多孔質・粒子系	K-1: 充填層, K-2: 多孔質層, K-3: 流動層, K-4: その他
L: 物質移動	L-1: 物質伝達, L-2: 熱移動を伴う物質移動, L-3: その他
M: 反応・燃焼	M-1: 反応を伴う伝熱, M-2: 燃焼を伴う伝熱, M-3: その他
N: ミクロ伝熱	N-1: 分子・クラスタースケール, N-2: マイクロスケール, N-3: その他
O: 長大スケール伝熱	O-1 都市スケール, O-2: 地球スケール, O-3: マルチスケール, O-4: その他
P: 特殊場	P-1: 微小重力場, P-2: 電場・磁場, P-3: プラズマ場, P-4: 回転場, P-5: その他
Q: その他	Q-1: その他

() 技術別分類

大分類	小分類
a: 要素機器	a-1: 熱交換器, a-2: 蒸発器・凝縮器, a-3: 空調・冷凍機器, a-4: 加熱・冷却機器, a-5: 反応・燃焼機器, a-6: 蓄熱・蓄冷機器, a-7: 熱輸送デバイス・熱輸送機器, a-8: ヒートシンク, a-9: その他
b: エネルギー・ 環境システム 技術	b-1: 動力・発電システム, b-2: 高効率エネルギー変換システム, b-3: エネルギー有効利用システム, b-4: 自然エネルギー等利用システム, b-5: 空調・冷凍システム, b-6: 環境技術, b-7: その他
c: 境界技術 (thermal management を含む)	c-1: 素材製造技術, c-2: 加工・成形技術, c-3: 生産技術, c-4: 航空・宇宙技術, c-5: 生体・食品技術, c-6: 電子・情報技術, c-7: 極低温・低温技術, c-8: MEMS, c-9: ビークル, c-10: その他
d: 実験・計測・ データ処理技術	d-1: 温度計測, d-2: 熱流束計測, d-3: 速度計測, d-4: 画像処理, d-5: その他
e: その他	e-1: その他

第 41 回日本伝熱シンポジウム研究発表申込書(原則 E-mail から申込み)

講演 題目	和文			
	英文			
著者名(フルネーム) (講演者に*印)		所属・勤務先 (省略形でお願いします。)	伝熱学会 会員資格	会員外の方の所 属学協会と資格
和文		和文		
英文		英文		
和文		和文		
英文		英文		
和文		和文		
英文		英文		
和文		和文		
英文		英文		
和文		和文		
英文		英文		
セッションの分類(いずれかにチェックをして下さい。)				
一般セッション				
優秀プレゼンテーション賞セッション 指導教員又は研究グループ長等氏名()				
プログラム作成の参考とするため、分類表の小分類から少なくとも2つを選び、優先順位を考えてご記入下さい。選 択に際しては、できれば現象別分類と技術別分類の両方から選択して下さい				
希望小分類 1. (-), 2. (-), 3. (-), 4. (-), 5. (-)				
キーワード(3つ程度)()()				
連絡先				
住所	〒			
氏名			所属	
TEL			FAX	
E-mail				

実行委員会記入欄	受付日	年	月	日	受付番号：
----------	-----	---	---	---	-------

(お願い)原則 E-mail からの申込み(アドレス:heat@ice.pu-toyama.ac.jp)となっております。なお、E-mail からの申込みができない場合は 百生 登 宛 FAX:(0766)56-6131 にお送りください。外国人著者の場合、英文著者名欄に記入頂くと共に、和文著者名欄もカタカナ書きでご記入をお願いします。

平成 15 年度
日本伝熱学会 学術賞・技術賞・奨励賞 公募のお知らせ

日本伝熱学会には、内規にしたがい、学術賞、技術賞、および奨励賞が設けられています。つきましては、下記の要領にしたがって本年度の募集を行いますので、自薦、他薦を問わず、多数ご応募下さい。

記

1. 対象となる業績

- (1) 学術賞の対象は、原則として、最近3年間の Thermal Science and Engineering 誌に掲載された、あるいは、最近5回の日本伝熱シンポジウムにおいて発表し国内外の審査のある学術論文集に掲載された伝熱に関する優秀な研究論文とします。なお、受賞対象研究課題名は、必ずしも論文題目と一致する必要はありません。また、Thermal Science and Engineering 誌に掲載された論文は、日本伝熱シンポジウムにおける発表の有無にかかわらず、受賞の対象となります。
- (2) 技術賞の対象は、公表された優秀な伝熱技術とします。
- (3) 奨励賞の対象は、原則として、最近2回の日本伝熱シンポジウムにおいて優秀な論文を発表した若手研究者で、発表時に大学院生、またはこれに準ずる者(大学卒業後5年以内の者)とします。
- (4) 学術賞および奨励賞の対象資格は、原則として本会会員に限ります。
- (5) 贈賞数は、学術賞2件程度、技術賞1件程度、奨励賞4件程度とします。

2. 選考方法

- (1) 各賞の選考は、「表彰選考委員会」が「日本伝熱学会賞審査・選考方法内規」によって行います。
- (2) 表彰選考委員会は、公募の他に、各賞の候補を推薦することが出来るものとします。

3. 提出書類

- (1) 所定用紙「日本伝熱学会 学術賞・技術賞・奨励賞 申請書・推薦書」1通
(用紙は次ページをコピーまたは学会ホームページからダウンロードしてご使用ください。)
- (2) 論文抜刷または技術内容参考資料 6部
- (3) 日本伝熱シンポジウム講演論文集抜刷 6部 (該当する場合)

4. 提出先

〒980 - 8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 01
東北大学大学院工学研究科機械知能工学専攻
太田 照和 宛
(E-mail : ota@cc.mech.tohoku.ac.jp)
TEL 022-217-6930 FAX 022-217-6931

5. 提出期限：平成16年 1月15日(木)

6. 問い合わせ先：提出先に同じ。

以上

平成 15 年度 日本伝熱学会 学術賞・技術賞・奨励賞
申請書・推薦書

申請者・推薦者名 _____ 印
所属 (_____)

論文題名または： _____
技術名 _____

刊行物名または： _____
技術内容 _____

(論文抜刷または技術内容参考資料 6 部添付)

受賞候補者 (氏名(ふりがな) , 本会会員資格・勤務先・職名・代表者の連絡先住所 , E-mail , Tel , Fax)

代表研究者：氏名・所属・職名 _____
連絡先 _____

共同研究者：氏名・所属・職名 _____

関連研究の伝熱シンポジウム発表 (該当する場合)

論文題名： _____

講演発表：第 _____ 回シンポジウム講演論文集 _____ 頁 (抜刷 6 部添付)

申請・推薦理由： _____

連絡先 (推薦の場合) _____

日本伝熱学会主催 国際伝熱フォーラム
International Forum on Heat Transfer (IFHT2004)

趣旨

日本伝熱学会は、今や世界最大かつ最もアクティブな伝熱の研究者・技術者集団として、世界の伝熱コミュニティに情報を発信し、新しい伝熱技術のシーズを生み出す責任を担っています。この責任を果たすため、世界中の研究者が集い、新しい伝熱研究のトレンドを生み出すことを目的として、本フォーラムを開催します。第1回となる今回は、ナノ・バイオ分野との連携にフォーカスして、最先端の研究者によるキーノート講演を企画しました。一般セッションでは伝熱の広い分野から発表を募集します。多くの方々のご発表及びご参加をお願い致します。

開催日時・場所 2004年11月24日(水)～26日(金)・京都リサーチパーク(KRP)

キーノート講演

G. Chen (MIT, USA), “Nanostructures for Direct Thermal to Electric Energy Conversion”
M. Choi (Seoul National Univ., Korea), “Gas Phase Synthesis of Nanoparticles and Growth Control”
M. Esashi (Tohoku Univ., Japan), “Micro-Nano Electromechanical Systems”
Z.-Y. Guo (Tsinghua Univ., China), “Flow and Thermal Behavior at Micro/Nano Scales”
A. Majumdar (Univ. California, Berkeley, USA), “Nanoscale Control of Heat and Mass Transport”
S. Volz (Ecole Centrale Paris, France), “Nanoscale Heat Transfer and Extreme Effects”
M. Washizu (Univ. Tokyo, Japan), “DNA Nanotechnology Based on Microsystems”
A. Yabe (AIST, Japan), “The Role of Heat & Mass Transfer in Nanotechnology —From the Viewpoint of Manufacturing—”

フォーラム構成

- ・キーノート講演
- ・一般発表(約150件。口頭での内容紹介及びポスターでの発表)
- ・パネルディスカッション

スケジュール

2004年2月29日 Deadline for short abstract
2004年4月30日 Notification of acceptance to authors
2004年7月31日 Deadline for camera-ready manuscript of extended abstract (Two pages in A4 format)

ホームページ <http://www.ifht2004.energy.osakafu-u.ac.jp/>

協賛学協会

ASME International Hong Kong Section, Australasian Fluids and Thermal Engineering Society, Chinese Society of Engineering Thermophysics (People's Republic), French Heat Transfer Society, Italian Union of Thermal Fluid Dynamics, KSME Heat Transfer Division, Chinese Society of Mechanical Engineers (Taiwan), Pacific Center of Thermal-Fluids Engineering, Society for Chemical and Process Engineering, The Association of Engineers, Germany, 日本燃焼学会, 日本エネルギー学会, 日本流体力学会, 日本機械学会, 日本混相流学会, 日本熱物性学会, 化学工学会, 可視化情報学会

問い合わせ先

組織委員会委員長 円山重直
〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1 東北大学流体科学研究所
Tel & Fax: 022-217-5243 E-mail: maruyama@ifs.tohoku.ac.jp
実行委員会委員長 中部主敬
〒599-8531 堺市学園町 1 番 1 号
大阪府立大学大学院工学研究科 機械系専攻エネルギー機械工学分野
Tel: 072-254-9224 Fax: 072-254-9904 E-mail: nakabe@energy.osakafu-u.ac.jp

九州大学大学院工学研究院機械科学部門教官公募

公募人員	助教授または講師 1名
所 属	九州大学大学院工学研究院機械科学部門
講 座	熱流体物理講座
研究分野	熱移動現象（相変化，熱物性，低温流体，熱流体 MEMS など）
講義科目	伝熱工学，熱力学，機械工学設計製図，機械工学実験など
応募資格	(1) 博士の学位を有し，上記の研究分野に関して実績を有し，教育熱心な方。 日本語に堪能であれば国籍は問いません。 (2) 40歳以下の方（公募締め切り時点）
着任時期	採用決定後できる限り早い時期（平成16年4月1日以降）
任 期	5年（ただし，5年毎に審査のうえ再任可） 外国籍の方は任期3年（再任可）となります。

提出書類

履歴書(写真添付)， 研究業績（学術論文，国際会議 Proceedings，著書・編著書，総説・学術資料等，発明・考案・特許等，その他（掲載決定論文，講演発表数等）に区分）， 教育実績（公開講座，社内教育等を含む）， 学会および社会における活動等（所属学会および学会での役員・委員歴，国際会議委員歴，受賞歴など）， 科研費等競争的研究資金獲得状況， これまでの研究の概要（2000字以内）， 今後の研究計画（2000字以内）， 教育と研究についての抱負（1000字以内）， 代表的な論文5編以内の別刷各一部（コピー可）， 応募者について意見を伺える方1名以上の氏名，所属および連絡先

公募締切	平成16年1月13日（火）必着
選考方法	第一次は書類審査を実施し，合格者に対する二次審査は面接により行う （1月中旬から2月初旬まで）. 適任者がいない場合は改めて公募を実施する。

応募書類送付先および問い合わせ先

〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1

九州大学大学院工学研究院機械科学部門 教授 高田 保之

Tel: 092-642-3398 E-mail: takata@mech.kyushu-u.ac.jp

「応募書類在中」と朱書きし，簡易書留で郵送して下さい。なお，応募書類は返却いたしませんので，予めご了承ください。

九州大学大学院工学研究院機械科学部門教官公募

1. 募集人数 教授 1 名
2. 所 属 熱工学講座
3. 教育研究分野 伝熱工学，熱・物質移動現象，熱エネルギー工学
4. 担当科目 伝熱工学，熱力学，当該研究分野に関する科目
5. 着任時期 2004 年 6 月 1 日以降なるべく早い時期
6. 任 期 5 年（再任可）
7. 応募資格 博士の学位を有し，大学院博士課程における教育および研究の指導能力を有し，当該研究分野において優れた業績のある方．年齢は 35 歳から 55 歳までの方が望ましい．
8. 提出書類 (1) 履歴書（写真添付，連絡先と E-mail を明記），(2) 研究業績（学術論文，国際会議 Proceedings，原著・編著書，総説，学術資料等に分類，主要論文の別刷（コピー可）を 5 編程度添付），(3) その他の業績（特許，科学研究費・共同研究・受託研究その他の研究費（代表者の場合のみ）），(4) 教育実績，(5) 所属学協会及びその学協会での活動歴，(6) 社会貢献実績，(7) 受賞歴，(8) これまでの主要研究の概要（2000 字以内），(9) 今後の研究計画（2000 字以内），(10) 教育と研究についての抱負（1000 字以内），(11) 応募者について意見を伺える方，1 名以上の氏名，所属および連絡先（応募書類は返却しませんので，ご了承下さい）
9. 選考方法 書類による 1 次審査後，面接（プレゼンテーションを含む）による 2 次審査を実施
10. 公募締切 2004 年 2 月 2 日必着
11. 書類提出先および問合せ先

〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学大学院工学研究院機械科学部門

増岡隆士 電話(092) 642-4376 / FAX (092) 641-9744

E-mail: masuoka@mech.kyushu-u.ac.jp

* 「応募書類在中」と朱書し，簡易書留にて郵送して下さい．

「伝熱」会告の書き方

事務局からの連絡

1. 学会案内と入会手続きについて

【目的】

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

【会計年度】

会計年度は、毎年4月1日に始まり翌年3月31日までです。

【会員の種別と会費】

会員種	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：5, 7, 9, 11, 1, 3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」を無料で差しあげます。

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

【入会手続き】

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

(注意)

- ・申込用紙には氏名を明瞭に記入し、難読文字にはJISコードのご指示をお願いします。
- ・会費納入時の郵便振替用紙には、会員名(必要に応じてフリガナを付す)を必ず記入して下さい。会社名のみ記載の場合、入金の手配ができず、会費未納のままとなります。
- ・学生会員への入会申込においては、指導教官による在学証明(署名・捺印)が必要です。

2. 会員の方々へ

【会員増加と賛助会員口数増加のお願い】

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

【会費納入について】

会費は当該年度内に納入してください。請求書はお申し出のない限り特に発行しません。会費納入状況は事務局にお問い合わせ下さい。会費納入には折込みの郵便振替用紙をご利用下さい。その他の送金方法で手数料が必要な場合には、送金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手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となります.

(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12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,近く退会処分が理事会で決定されます.

3.事務局について

次の業務を下記の事務局で行っております.

事務局

《業務内容》

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

《所在地》

〒113-0034 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: htsj@asahi-net.email.ne.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,下記にて行なっております.

〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻

笠木 伸英

TEL: 03-5841-6417 FAX: 03-5800-6999

E-Mail: htsj@thtlab.t.u-tokyo.ac.jp

寄付会費 (2003. 9. 1 ~ 2003. 10. 27) 5名 18,000円

資格	氏名	勤務先	資格	氏名	勤務先
名誉	塩治 震太郎		正		
名誉	松尾 栄二	大阪産業大学			
正	菊地 義弘	広島大学			
正	鶴田 隆治	九州工業大学			
正	林 勇二郎	金沢大学			

日本伝熱学会正会員・学生会員入会申込み・変更届用紙

広告>

センサテクノス株式会社

広告

有)テクノオフィス 3月号 更新版

広告
日本カノマックス

編集後記

今年のプロ野球は福岡ダイエーホークスの勝利でめでたく幕を閉じました。その後のトレード騒動はいただけませんが、博多の街は優勝セールでずいぶん盛り上がりました。さて、前号に引き続き研究室のツール特集(2)をお届けします。今回は平田委員と近久委員に編集をお願いいたしました。有益な情報を提供してくださいました執筆者の方々に厚くお礼申し上げます。また、本号には元会長からの本会への提言とそれに対する現執行部からのコメントが掲載されています。寄稿いただいた元会長とコメントを寄せていただいた会長、副会長、企画部会長にお礼申し上げます。本誌への原稿の投稿、また、本誌に対するご意見・ご要望など、お近くの下記委員ないしは編集出版事務局、第42期編集出版部会委員までお寄せください。

副会長	太田 照和	東北大学
部会長	高田 保之	九州大学
委員		
(理事)	近久 武美	北海道大学
	北村 健三	豊橋技術科学大学
	平田 哲夫	信州大学
	藤井 照重	神戸大学
	奥山喜久夫	広島大学
(評議員)	栗山 雅文	山形大学
	稲田 茂昭	群馬大学
	花村 克悟	東京工業大学
	白樫 了	東京大学
	吉田 英生	京都大学
	石黒 博	九州工業大学
(事務)	久保田裕巳	九州大学
TSE チーフエディター		
	西尾 茂文	東京大学
TSE 出版担当		
	永井 二郎	福井大学

平成 15 年 11 月 10 日

編集出版事務局：〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1
九州大学 大学院工学研究院 機械科学部門
高田 保之 / 久保田裕巳
Tel : 092-642-3398 / -3402
Fax : 092-642-3400
e-mail: takata@mech.kyushu-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
Phone : +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
Phone / Fax : +81-3-3475-5618

In the USA

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

伝 熱

ISSN 1344-8692

Journal of The Heat Transfer Society of Japan
Vol. 42, No. 177

2003 年 11 月発行

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
電話 03(5689)3401
Fax. 03(5689)3401
郵便振替 00160-4-14749

Published by

The Heat Transfer Society of Japan
16-16, Yushima 2-chome, Bunkyo-ku,
Tokyo 113-0034, Japan
Phone / Fax : +81-3-5689-3401