

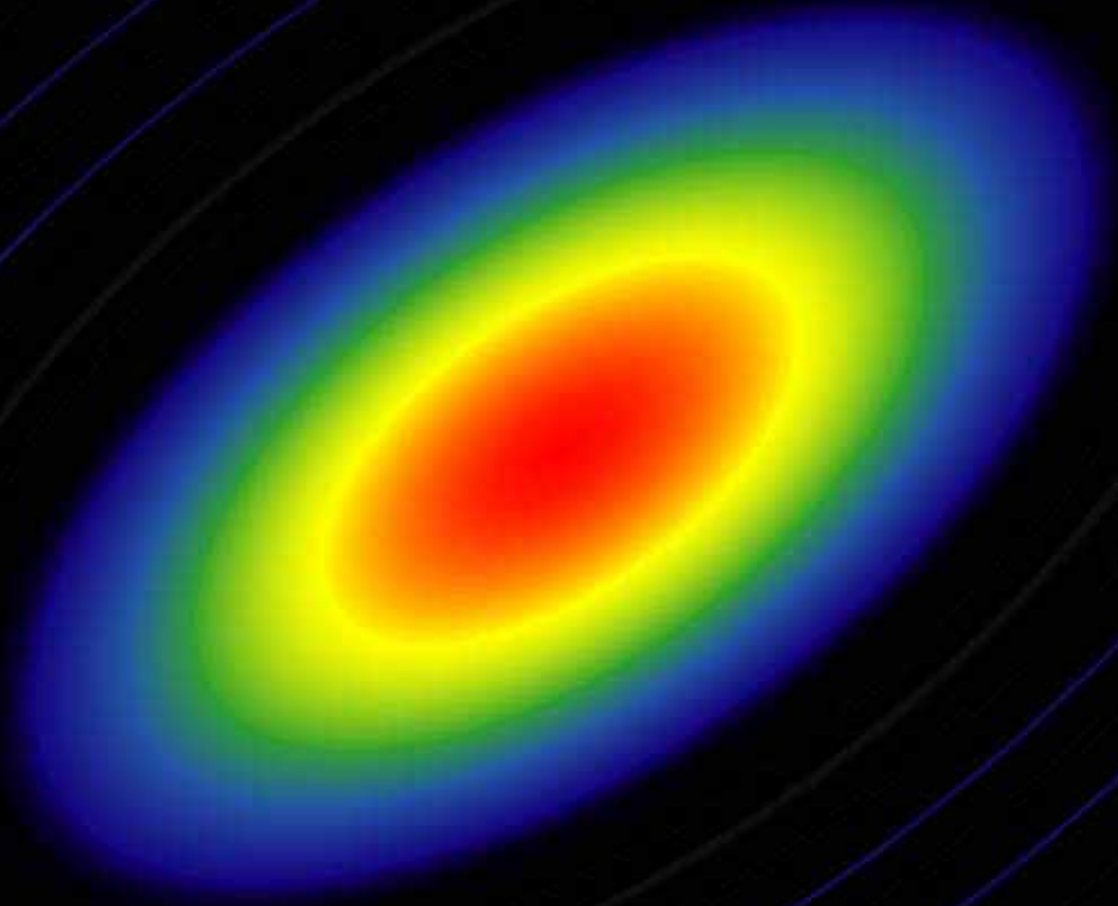
伝 熱

Journal of the Heat Transfer Society of Japan

ISSN 1344-8692

Vol. 44 No. 189

2005. 11



HQJ

◆水(その2)◆

「伝熱」原稿の書き方

How to Write a Manuscript of Dennetsu

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

1. はじめに

以下の注意事項に留意して原稿を作成すること。

2. 「伝熱」用原稿作成上の注意

2.1 標準形式

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

表 1 原稿の標準形式

用紙サイズ	A4 縦長(210mm×297mm), 横書き
余白サイズ	上余白 30mm, 下余白 30mm 左余白 20mm, 右余白 20mm
タイトル	1 段組, 45mm 前後あける (10 ポイント(10×0.3514mm)で 8 行分)
本文	2 段組, 1 段 80mm, 段間隔余白 10mm
活字	10 ポイント(10×0.3514mm) 本文 (Windows) MS 明朝体 (Macintosh) 細明朝体 見出し (Windows) MS ゴシック体 (Macintosh)中ゴシック体 英文字・数字 Times New Roman または Symbol
1 行の字数	1 段あたり 23 文字程度
行送り	15 ポイント(15×0.3514=5.271mm) 1 ページあたり 45 行 ただし, 見出しの前は 1 行を挿入

2.2 見出しなど

見出しはゴシック体を用い, 大見出しはセンターリングし前に 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。

2.5.2 参考文献の引き方

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

参考文献

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

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

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

伝 熱

目 次

〈新 Editor-in-Chief of TSE からのお知らせ〉

論文集 Thermal Science and Engineering の合本版への復帰に際して
河村 洋 (東京理科大学)1

〈水(その2)〉

水と生体分子 —運動性と安定性— 白樫 了 (東京大学)4
 持続的エネルギー供給を目指した将来型軽水炉の研究開発
 中塚 亨 (日本原子力研究開発機構)9

〈特別寄稿〉

沸騰の科学 (4) 甲藤 好郎 (東京大学名誉教授)15
 第12回国際伝熱会議 (Grenoble, 2002) における Sung Tack Ro 教授の特別講義：
 “Joseph Fourier: The Man and His Achievements”
 Sung Tack RO (ソウル大学); 序文 牧野 俊郎 (京都大学)19

〈エデュケーションQ〉

「プロメテウスの贈りもの」こぼれ話 (3) 相原 利雄 (東北大学名誉教授)27

〈国際活動・会議報告〉

中国の熱関連学会活動—第11回中国工程熱物理学会に出席して— 庄司 正弘 (産総研)31
 CHE2005 会議報告 宮崎 康次 (九州工業大学)32

〈セミナー報告〉

“古都 奈良” 伝熱セミナー—産学連携による新産業の創成— 実施報告
 森 幸治 (大阪電気通信大学), 澤井 徹 (近畿大学)34

〈Heat Transfer〉

伝えたいのに... ラジオ中年のひそかな悩み 山田 雅彦 (北海道大学)38

〈行事カレンダー〉39

〈お知らせ〉

第43回日本伝熱シンポジウム開催案内.....	41
第5回乱流熱物質輸送国際会議 論文募集.....	47
事務局からの連絡.....	48
編集出版部会ノート：水あれこれ.....	永井 二郎（福井大学）56

日本伝熱学会 2005 年度（第 44 期）会長・副会長・理事・監事

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

Vol. 44, No. 189, November 2005

CONTENTS

< Announcement from New Editor-in-Chief of TSE >

Start of New THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING Bound to DENNETSU

Hiroshi KAWAMURA (Tokyo University of Science) 1

< Water (2)>

Water and Biomolecules -Dynamics and Stability -

Ryo SHIRAKASHI (The University of Tokyo) 4

Advanced Light Water Reactors for Sustainable Energy Supply

Toru NAKATSUKA (Japan Atomic Energy Agency) 9

< Contribution >

Science of Boiling (4)

Yoshiro KATTO (Professor Emeritus of the University of Tokyo) 15

Plenary Lecture in The Twelfth International Heat Transfer Conference, Grenoble, 2002,

“Joseph Fourier: The Man and His Achievements”

Sung Tack RO (Seoul National University); Preface by Toshiro MAKINO (Kyoto University) 19

< Education Q >

Gleanings of “Prometheus’s Gift” (Part 3)

Toshio AIHARA (Professor Emeritus of Tohoku University) 27

< Report on International Conference >

Activity of Chinese Thermal Engineering Societies

Masahiro SHOJI (AIST) 31

Report on the 5th International Conference on Enhanced, Compact and Ultra-Compact Heat Exchangers

Koji MIYAZAKI (Kyushu Institute of Technology) 32

< Report on Seminar >

Report on Heat Transfer Seminar in Nara

- Creation of New Industries by Cooperation between Industry and the Academic World -

Koji MORI (Osaka Electro-Communication University), Toru SAWAI (Kinki University) 34

< Heat Transfer >

It’s so hard to transfer ...Tiny sufferings of a middle-aged radio-mania

Masahiko YAMADA (Hokkaido University) 38

< Calendar > 39

< Announcements >41
 Note from the Editorial Board: Chat about Water
 Niro NAGAI (University of Fukui).....56

論文集 Thermal Science and Engineering の合本版への復帰に際して *Start of New THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING Bound to DENNETSU*

河村 洋 (東京理科大学)

Hiroshi KAWAMURA (Tokyo University of Science)

e-mail: tse@rs.noda.tus.ac.jp

1. はじめに

本学会の学術論文集 T S E は、日本伝熱学会の論文集として、独特の論文範囲、エディター制度、早期掲載などを特徴として、1993 年以來すでに 12 年間に亘って伝熱分野における学術論文を掲載してきました。この度、本会誌の前号 (44 巻, 188 号) に西尾先生 (前チーフエディター) が書いておられますように、国際的に発信する英文論文は、日本機械学会熱工学部門との合同編集として、WEB ジャーナル“Journal of Thermal Science and Technology”として発行することとし、従来の T S E は、学会誌「伝熱」の合本版に戻して、和文論文を中心に国内での迅速な研究成果の発表及び意見交換の場として、継続させることとなりました。この移行に際し、合本版 T S E のチーフエディターを担当させて頂くことになりましたので、ご挨拶をかねて、本稿を書かせて頂いております。

2. T S E の歴史を振り返る

2.1 本学会の社団法人化と T S E

日本伝熱学会は、1961 年に伝熱研究会として発足しましたが、当初は機関誌として「伝熱」を発行していましたものの、定期的に発行する原著論文集は持っていませんでした。その後学会が法人化する準備を進めるにあたって、原著論文集を発行していることは社団法人化の絶対の条件ではありませんでしたが、確立した学会としては独自の論文集を持つべきとの判断から、当時の会長であられた小竹先生がチーフエディターになられ、土方先生 (東工大) に実務的な事項を依頼されました。

2.2 T S E の発刊

このようにして、T S E が発足することとなりました。したがって、T S E の特徴ある掲載論文内容は、土方先生が小竹先生と相談してお決めになったものです。そこでは、「未発表のプログラム

の主要部分を掲載した数値解析論文」や「新計測法、データ処理手法を再現可能なように記載した論文」等、当時、コンピューターやレーザー計測法などが急速に進展しつつあった時代背景を反映するものになっています。土方先生が T S E の立ち上げに注がれたご尽力は、非常に大きなものでありました。

小竹先生の目指された T S E の一つの特徴は、エディター制でした。これは、論文の採否を編集委員の合議に依るのではなく、レビュアーの意見を参考にしながら担当エディターの判断によって採否を決める点にありました。さらに、掲載された論文の最後にエディターのコメントをつけることを推奨されました。そのコメントには、「エディターはその論文が良いから掲載を決めたのであるから、その論文の良い点を書くように」、とおっしゃり、それに対する著者のコメントも掲載するようにして、その論文の特徴を浮き立たせ、研究上の議論を活発化しようとされました。

学会誌の命名については、土方先生が、「もう Heat Transfer ではなく Thermal Science で良いと思う」、と云っておられましたことを記憶しています。これも当時、小竹先生が分子原子レベルの伝熱現象の研究を推進しておられ、伝熱研究にもよりミクロな観点を持ち込もうとする時代の反映であったと思います。ミクロナノ伝熱は、その後大きく発展しましたから、小竹先生と土方先生の先見性の高さがよく現れています。その後、どの委員会であったかは覚えていませんが、土方先生から“Thermal Science”というタイトルを提案されたときに、当時の藤江会長 (新明和工業) から、「本学会にとっては Engineering も重要である」、というご発言があり、「確かにそうであるから、“Thermal Science and Engineering”にしよう」と云うことになって、現在の T S E の誌名が誕生しました。たしかに、10 年以上を経過しても本

学会の性格を確実に示している適切な命名であったと思います。本学会の現状は、その守備範囲を伝熱に留まらず広く熱に関する科学と工学に広がっていますから、学会の英語名を“Thermal Science and Engineering Society of Japan”としても良いと思われるくらいです。

このようにして、1993年1月から、TSEが学会誌「伝熱」に合本とする形式で発刊されました。当時は年4回の季刊でした。最初のエディターは、(敬称略、記載順)で、チーフエディター：小竹進、エディター：河村洋、藤田秀臣、林勇二郎、土方邦夫でした。学会誌とTSEを区切るのはうす紫色の中表紙で、そのデザインも、小竹先生がご自身でなさったとうかがっています。その後、一度、土方先生がチーフエディターを引き継がれましたが、間もなくお亡くなりになったため、小竹先生が再度チーフエディターを務められ、2001年からは西尾先生に引き継がれました。このように、発刊のときからほとんど継続して現在までエディターを務めさせて頂いているのは私だけになりました。その間、十分な寄与も出来なかったという思いもあり、これが今回、合本版TSEの取りまとめを引き受けさせていただこうと思うに至った大きな理由であります。

その後TSEは刊行を続けて、1999年に小竹先生のご発案で、学会誌「伝熱」とは分離した独立の冊子にし、かつそれまでは年間4冊の季刊であったのを、隔月の年6回発行に変更されました。また海外からのエディターも増やして、国際的に発信する学会誌を目指そうとする方針をより鮮明にされました。ご提案時に小竹先生がおっしゃったことは、「日本伝熱学会の研究活動は非常に活発になっており、伝熱シンポジウムにはあんなに多くの発表がある。そこで、TSEを独立冊子にして、発行回数も増やすことにより受け皿を大きくすれば、投稿件数も増加して、TSEをより充実させることが出来るであろう」というものでした。このようにしてTSEは独立冊子体となり、その後西尾先生がチーフエディターを引き継がれて、2005年9月号まで発行にご尽力され、今回、国際誌としての部分は、日本機械学会と合同で発行されるWEBジャーナル“Journal of Thermal Science and Technology”に引き継がれることになりました。この間の経緯は、西尾先生が、前号に

書かれているとおりです。

3. 合本版TSEの発行

以上のように、TSE検討委員会の答申および理事会によるご審議を経て、国際的に発信する英文論文は、Webジャーナルに投稿して頂き、TSEは会誌の合本版に復帰させて、和文論文を中心に国内での迅速な研究成果の発表、意見交換の場として、継続させることとなりました。合本版TSEの編集方針については、西尾先生が前号にも書いておられるように、基本的な変更はありません。したがって、特徴のある掲載論文の内容もそのまま引き継ぎますし、和文論文を中心としますが、英文論文も掲載します。ただ、投稿方法や原著論文の扱いについて、より投稿しやすくなるように、最近の動向を取り入れるための若干の変更をさせていただきます。

学術論文の言語については、現在、国際共通語は英語であることは、云うまでもありません。そのため、たとえば、若い学生にとって、英文で論文を仕上げることは非常に大きな負担であり、それを指導して完成させることも大きな労力を必要とします。TSEは国際誌を目指していましたので、和文の論文を投稿することはやや躊躇される傾向がありました。しかし、今回の合本版TSEは、国内向けと仕分けをしましたので、迅速に刊行できる特徴を生かして若い研究者の論文を迅速に掲載して、若手研究者の育成に寄与したいと思います。

それと同時に、第一線の研究者の方々にも論文を投稿していただき、コメントや討論を掲載する特徴を生かして、第一線の研究者間での意見交換を活発に行きたいと思えます。我が国の自動車や電子機器が世界をリードしているのは、国内での競争が激しいため、国内で生き残ろうとするという間にか世界のトップに出ているからであるという話を聞いたことがあります。我が国の伝熱研究界もまさにこれと同じで、国内での切磋琢磨を基盤として世界をリードする状況にあると思えます。合本版TSEにおいても、我が国の研究者が研究成果を迅速に公開して活発な議論を交換する場を、提供させていただきたいと思えます。またさらに、展望論文を掲載する特徴によって、シニアな研究者の含蓄ある研究展望論文を掲載さ

せて頂きたいと思えます。

TSEの名称は伝統あるものでむろん維持しますが、本会の論文集であることを対外的にわかりやすくするために、合本の仕切の中表紙には、括弧をして（日本伝熱学会論文集）と入れるようにしたいと思っています。学位論文の審査や、昨今重要になってきている業績審査などでは、この方がわかりやすいことがありますから、場合に応じてどちらか、あるいは両方を使っただけが良いと思えます。

伝熱シンポジウムとの連携について、小竹先生のお考えが必ずしも実現しなかったのは、言語の障壁が大きかったと思えます。和文である伝熱シンポジウム論文を、英語に書き換えるのは大きな労力を必要とします。今回の合本版TSEは和文論文を中心にするとしてしましたので、伝熱シンポジウムの論文をそのまま投稿して頂く可能性が出てきました。そこで、次回の伝熱シンポジウム実行委員長である長野先生（名工大）にお願いして、伝熱シンポジウムの論文をそのままTSEに投稿できるルートの創設をご検討頂いておりました。幸い、長野先生が今号にも書いておられるように、これを実現して頂けることになりました。ここに深く感謝申し上げます。これによって、伝熱シンポジウムの際に CD-ROM 版論文をアブストラクトよりは長目に執筆して頂き、TSEに投稿したいとの意思表示をして頂けば、伝熱シンポジウム後に査読を開始します。TSEの迅速性を生かすと、査読が順調な論文はその年内か年度内には掲載できると思われれます。具体的な要領は、伝熱シンポジウム論文の執筆要領等の中で、お知らせをして参りますので、ぜひご活用頂きたいと思えます。

また、TSEに掲載される論文の著作権は、学会に委譲して頂きますが、これはあくまでも著者の権利を守るため、将来著者をご自身の学術的な著作物に使用される場合、つまり翻訳して英文論文として国際誌に投稿される場合に、本会がそれを妨げることはありません。むしろTSEから

Web ジャーナル “Journal of Thermal Science and Technology”等への投稿が順調に行われることが、本学会としては、望ましいことであります。

4. 新しい編集委員会

TSEの編集委員会は、従来は、チーフエディターの指名に依っておりましたが、今回、多少異なるシステムにさせていただきました。それは、日本伝熱学会の活動の大きな部分が各支部のご活動によって支えられていることから、新エディターを各支部からご推薦いただく方が、TSEを本学会の論文集としてより広く本会内に根付かせることが出来ると考えたからです。この点を理事会にお諮りしてご承認を得、今回、各支部からご推薦を得て、下記のように新しい編集委員会を発足させていただきます。（敬称略）

編集委員長（チーフエディター）：

河村 洋（東京理科大学）

編集委員（エディター）：

黒田明慈（北海道大学）、小原拓（東北大学）、

長坂雄次（慶応大学）、中山 顕（静岡大学）、

瀧本 昭（金沢大学）、千田 衛（同志社大学）、

稲葉英男（岡山大学）、高松 洋（九州大学）

編集委員会幹事：佐竹信一（東京理科大学）

このように、各支部から非常に強力なエディターをご推薦いただきました。厚く御礼を申し上げます。これらのエディターの方々には、投稿論文のご審査を頂くと共に、各支部の研究会でのすぐれた特徴ある研究や、各支部のシニアな研究者による研究展望論文等をご推薦いただくことにより、合本版TSEを本学会により広く根付いた我々の情報発信と交換の場にして行きたいと考えております。

以上、合本版TSEが、日本伝熱学会におけるより一層活発な研究活動に寄与することが出来よう、微力を尽くしたいと存じております。新エディター各位のご協力、また会員各位のご理解と積極的なご参加をよろしくお願い申し上げます。

水と生体分子 - 運動性と安定性-

Water and Biomolecules -Dynamics and Stability-

白樫 了 (東京大学 生産技術研究所)

Ryo SHIRAKASHI (Institute of Industrial Science, The University of Tokyo)

e-mail: aa21150@iis.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

生体で水が不可欠なことは、その構成成分の70%以上を占めることから容易に推察できる。しかし、ただ水があれば良いというわけではない。その証拠に、一度干乾びた生物で水にもどしたからといって生き返る種類は滅多にない(生き返るものもある)。この点、水が生体に及ぼす作用は不可逆的である。

生体内における水の役割は、1)生体内で起きている生化学反応(代謝)を媒体していること(水溶液中で反応)、2)タンパク質、DNA、糖類、生体膜(脂質膜)といった生体分子と結合(水和)することで、これらの生体分子の機能を保証していること、とりわけタンパク質の酵素としての機能と直接関係のあるタンパク質分子の形(高次構造・コンフォメーション)を安定に保っていること、の2点に大まかに分けられる。前者の役割に注目すると、仮に生体内の水の運動性(分子回転頻度や並進速度)をコントロールすることができれば、代謝速度を制御できることになる。また、後者の役割に注目すると、生体内の水は結合する相手の分子の形に合わせて柔軟に配向して、生体分子のまわりに配置されなければならない、その水分子(束縛水)の運動性は、それ以外の結合していない水分子(自由水)とは異なるものになることを示唆している。つまり、水分子の運動性を知ること、結合しているタンパク質等の状態を知ることでもある。

本稿では、分子のスケールでみた水のありようを簡単に示した後、生体中での水分子と生体分子との相互作用による水分子の運動性や生体分子の安定化作用について解説する。なお、著者は“生体系の水”の専門家ではなく、生体の凍結・乾燥保存の観点から必要な知識として僅かに関わっているにすぎないことを最初にお断りしておきたい。本稿は、成書[1,2]によるところが大きいので、詳細はそちらを参考されたい。

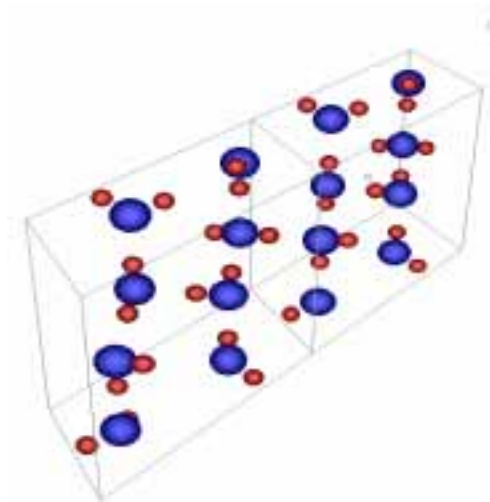


図 1. I_h 型の氷の分子配置

2. 水(氷)の構造

水や氷の分子スケールの構造については、専門書[3]や比較的分かり易い解説書[1,4]があるので、ここでは後の説明に関連の深い部分に焦点をあてて概略を示すにとどめる。

図 1 に常圧で生成される I_h 型の氷の分子配置(普通の氷)を示す。氷の水分子の配位数(最近接分子数)は、4 である。一方、液相にある水分子は、氷中に比べて運動性が高いので、常に決まった配位数はとらないが、X 線動径分布関数を測定により、 1.5°C 付近では平均して 4.4 個の水分子に囲まれていることが分かっている。この様に配位数が著しく異ならないことから(差が 1 分子以下)、水分子は液相でも図 1 に示す様な水素結合のネットワークを、ある程度維持していると考えられている。

ところで周知の様に水分子は、おおきな双極子モーメント (1.85D ; 1D (デバイ)は $3.336 \times 10^{-30}\text{Cm}$ で、おおよそ 1 分子の双極子モーメントに等しい) をもっており、主にこの双極子モーメントが作り出す静電気力による水素結合で、周囲の分子と結合エネルギー $4.2 \sim 63\text{kJ/mol}$ ($1 \sim 15\text{kcal/mol}$)[1]の相

相互作用をしている。従って、一部がイオン化していたり、電子分布に偏りがある OH 基等の極性基をもつ分子とは強く相互作用をする。生体中には、有機物のイオンとしては、細胞膜がもつリン酸基 ($-PO_3H \leftrightarrow -PO_3^- + H^+$) や、タンパク質がもつ、カルボキシル基 ($-COOH \leftrightarrow -COO^- + H^+$) やアミド基 ($-NH_3^+ \leftrightarrow -NH_2 + H^+$)、また、糖類の持つ水酸基 ($-OH$) が高密度で存在するため、これらの基の近傍では水分子が強く配向している。

3. 水の運動性

3.1 運動を拘束された水の測定法

水分子の運動性を定量的に測定したり制御する

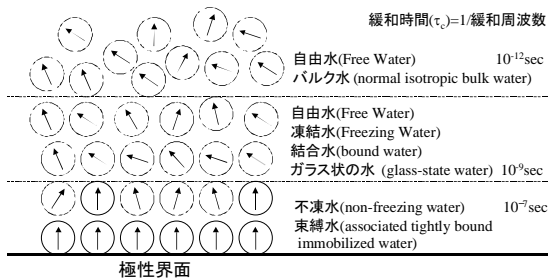


図2. 運動を拘束された水分の分類

ことは、生体内の代謝の状態を測定したり制御することにつながるため、生体の保存や診断といった応用の意味から重要である。

液相で周囲の水分子以外の分子の拘束を受けていない水をバルク水あるいは自由水とよび、それ以外の何らかの形で拘束を受けている水を、上平らは図2の様に整理分類した[5]。この分類から分かるように水の束縛状態を示す言葉は未だ統一されていない。図2に示す結合水や不凍水を測定する方法は、主なものとして、

1) 対象分子に結合した水分が乖離する際の吸熱量と温度を測定する熱的手法(熱量測定・示差熱量測定)

2) 対象分子に結合した水分子の分子内振動スペクトルのピークがシフトすることを利用する近赤外分光法

3) 水分子がもつプロトンの核磁気スピンの挙動(スピン緩和時間)から水分子の運動性を測定する NMR 測定

4) 双極子としての水分子の回転運動性を、電気物性として測定する誘電分光法

の4種類がある。このうち1)と2)は、回転-並進運

動といった分子運動の状態を直接定量測定できない点で不利である。但し、1)は図2で示す最も拘束されている水(不凍水)を定量化する方法としてよく用いられる。NMR 測定は、水分子の並進・回転運動を別々に測定できることから、よく用いられる測定法である。また誘電分光法は簡便であること、長時間測定が可能であること廉価である点の特徴である。いずれにせよ、生体内の水の状態を記述するためには、水の運動状態を定量化する手法と理論が必要である。

3.2 バルク水(氷)における水分子の運動性

図3に純水と氷の誘電損率のスペクトルを示す。

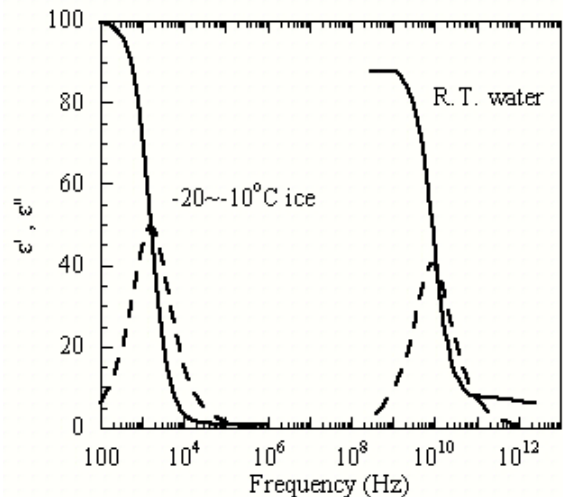


図3. 純水と氷の誘電スペクトル (概念図)

誘電損率(ϵ'')スペクトルのピーク周波数は、外部電場に対する水分子の回転の緩和を示す。ここでは、水分子の回転運動を定量化したものと理解しておくといよい。つまり、緩和周波数は、高いほど水分子の回転運動性が高く、温度が低くなるほど運動が鈍くなるので低くなる。液相(水)と固相(氷)の緩和周波数は、それぞれ数 GHz - 数 10GHz(25°C)[6]と数 10kHz(約 0°C) - 100Hz(-80°C)のオーダーにあり、 $10^6 \sim 10^8$ 倍の運動速度の違いがある。緩和周波数は温度が高いほど高くなるが、水-氷の相変化で緩和周波数の変化が温度に対して不連続となり、5桁程度の運動速度の違いが生ずる。つまり、自由水は、1-10pf程度で1回転しており、凍結すると \sim msecまで一気に速度がおち、中間のnsecオーダーの速度の運動状態はとらなないことが分かる。

3.3 拘束された水分子の運動性

3.3.1 糖類の場合

図2に示す様に水分子の運動が拘束されている場では、水の緩和周波数が MHz オーダになることがある。典型的な例として寒天(アガロース)などの高分子の糖類ゲル中の水分が挙げられる。もっと分子量の小さいしょ糖などの糖水溶液も、水分を減らし続けると、水飴の様な状態を経て透明な固体となる。この様な固体中の水は、ガラス化水とよび、アイスクャンディーや鯉節などの食品中に存在している。ガラス化水は、 $10^{14}\text{Pa}\cdot\text{sec}$ 以上の粘性をもった水で、熱力学的には二次の相転移(ガラス転移)をしている非平衡相である。但し、この相の水の運動性は常温でも大変低い(緩和周波数は、 $10\sim 10^5\text{Hz}$ 程度)が、含水量に強く依存し、温度や圧力の様な状態量だけでは決まらない。糖類と水の相互作用は、糖類の極性基である OH 基が 2. で示した水の水素結合ネットワークに入り込む配置になっているとおおきく、水直接結合する水分子のみならず、周囲の水素結合ネットワークの運動が強く拘束される[7].

3.3.2 タンパク質の場合

一方、タンパク質 (あるいは DNA) にとって、水分子は立体配位を安定に保つためには不可欠な存在である。これらの分子では、水と接する極性

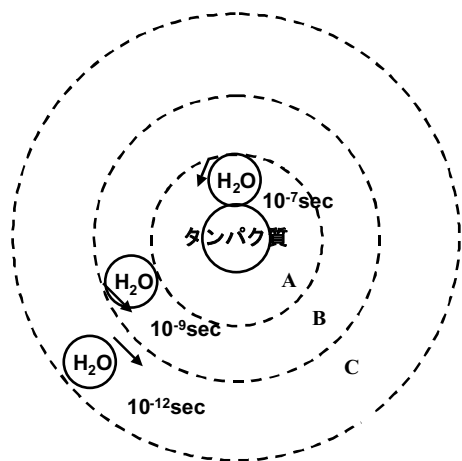


図4. タンパク質の水和モデル

基が直接相互作用 (水素結合) して水分子の運動を拘束し、その程度は極性基の配置には殆ど依存しない。上平らは、タンパク質表面の水分子の拘束状態を図4[8]に示すような A から C の3層に分類している。このうち、極性基と直接結合している水分子の緩和周波数は、 $10\sim 100\text{MHz}$ オーダー

で、飽和液体窒素温度の近傍でも凍結しないとしている。但し、それより外側の水分子の緩和周波数は GHz 以上のオーダーであり、あまり強く拘束されていない。このことは、これら生体分子のコンフォメーション(高次構造)の維持には、直接結合している水分子(束縛水)が重要であることを示している。

3.3.3 生体膜の場合

生体膜は、リン脂質でできており、水分子は極性基であるリン酸基やリン酸基につながる他の極性基と干渉する。生体中では、疎水基であるアル

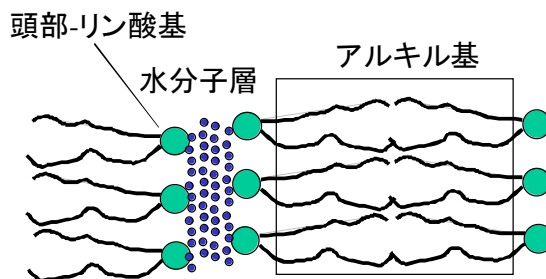


図5. 生体膜水和模式図

キル基同士が向かい合わせに接合した図5の様な二重層をつくる。また、二重膜の間には水を含み多層になった構造(ラメラ)をとることもある。この層間距離は、最大でおおよそ 6nm 程度である[9]. リン酸基1つに対して、4~5個の水分子が直接相互作用し、その際の水分子の緩和周波数は、約 1MHz と低いが、残りの水分子の緩和周波数は 10GHz オーダーである[10].

4. 水の熱力学

束縛水(水和水)を熱力学的に表現することは、タンパク質等の被結合分子の安定性を記述できるので便利である。例としてタンパク質について解説する。水中におけるタンパク質の天然状態からの変性(高次構造の破壊)を、図6に示す様にタンパク質を水中から真空中から水中に移動(水和)する過程と真空中での変性において考える。タンパク質の熱力学的安定性を考える場合、タンパク質と水分子の自由エネルギーの和を考えればよい。

真空中におけるタンパク質の変性に伴う自由エネルギー変化 $\Delta G_c^0 = \Delta H_c^0 - T\Delta S_c^0$ は、タンパク質分子内の極性結合の切断することを考えると、エンタルピーは増大($\Delta H_c^0 > 0$:吸熱)する。また、タンパク質のヘリックス構造等の特定な原子配置が喪

失して自由度が増すことから、エントロピーも増大($-T\Delta S_c^u < 0$)するが、真空中では天然状態がもつ分子内の結合エネルギーが、変性にともなうエントロピー増大に必要なエネルギーより大きいため、天然状態の方が安定($\Delta G_c^u > 0$: 変性の方向の変化の自由エネルギーが正)になる。

一方、天然または変性状態のタンパク質を真空より水中に移動した際の水和にともなう自由エネルギーの変化($\Delta G_h^N, \Delta G_h^D$)は、タンパク質と水分子が接する表面の極性基が水素結合するため、エンタルピーは天然・変性状態を問わず減少($\Delta H_h^{N,D} < 0$: 発熱)する。また、タンパク質表面の水分子集団の運動はタンパク質の極性基により拘束されるので、タンパク質とその周囲の水分子の集団の全エントロピーは減少する($-T\Delta S_h^{N,D} > 0$)。尚、それぞれの水和過程ではタンパク質の高次構造は変化しない。

以上を踏まえて、水中におけるタンパク質の変性にともなう自由エネルギーの変化量は、

$$\begin{aligned} \Delta G^u &= \Delta G_c^u + (\Delta G_h^D - \Delta G_h^N) \\ &= (\Delta H_c^u - T\Delta S_c^u) + \{(\Delta H_h^D - T\Delta S_h^D) - (\Delta H_h^N - T\Delta S_h^N)\} \end{aligned}$$

(1)

で表現できる。上式の右辺第一項は正であるので、第二項と第三項が意味するところ、即ち、天然状態と変性状態にあるタンパク質の水和にともなう自由エネルギー変化の差によりきまる。ここで分子が折り畳まれた天然状態より、広がった変性状態のタンパク質の方が水中で水分子と接する箇所が多いことを考えると、

$$\Delta H_h^D < \Delta H_h^N, \quad -T\Delta S_h^D > -T\Delta S_h^N \quad (2)$$

より、

$$\begin{aligned} \Delta G^u &= (\Delta H_c^u - T\Delta S_c^u) \\ &+ \{(-T\Delta S_h^D) - (-T\Delta S_h^N)\} + (\Delta H_h^D - \Delta H_h^N) \end{aligned} \quad (3)$$

となり、右辺の最後の項(変性した際の水和にともなう結合エネルギーの変化)のみが負の値をとり、この値の絶対値が大きい時、水中での変性にともなう自由エネルギーが負となり自発的に変性する。要するに、タンパク質の構造の安定性は、

1) 分子内結合の切断によるエンタルピー増大と水-極性基の水素結合エネルギーの変化によるエンタルピー減少

2) 水和による水分子の配置の拘束によるエントロピー減少とタンパク質の変性によるエントロ

ピー増加

の二点のバランスにより決定される。例えば T4 リゾチームの場合は、この自由エネルギーの差が正になる変性がおきない安定温度の範囲は狭く(約-30~60°C)、自由エネルギー差は、たかだか約 25kJ/mol (6kcal/mol: 水素結合 1~6 個分程度) にすぎない[11]。水中のタンパク質は、極めて心細い状態で安定を保っているといえる。

5. 生体分子の安定性に対する糖類の影響

生体の保存を考える際には、生体分子の安定性、即ち、変性に伴う自由エネルギー ΔG^u の最大値を

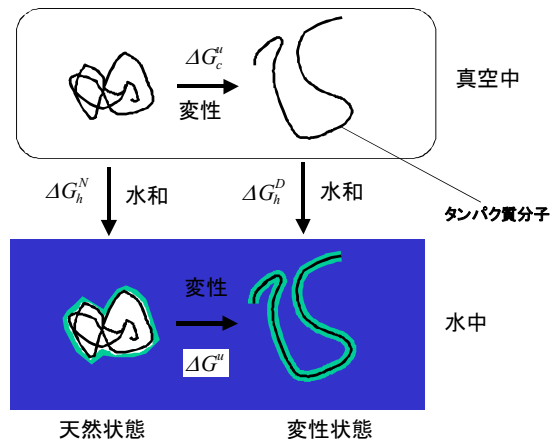


図 6. タンパク質の水和と変性

大きくするとよい。タンパク質を常温中で保管しても、徐々に変性するタンパク質の量が増え、タンパク質の活性が低下する。その主たる理由は、変性に必要なエネルギー障壁が水素結合数個分にすぎず、水分子やタンパク質分子の熱的な揺らぎや運動性により、容易に変性が進んでしまうことにある。

一部の糖類はタンパク質や生体膜の種類によっては、変性を抑制して安定化させる効果がある。図 6 に示した水中の天然状態のタンパク質を糖水溶液中に移動した際の自由エネルギーの変化が負であれば、糖類の添加により安定化したことになる。水の水素結合ネットワークに入り込むことができる糖分子の場合、水分子の配置は構造化され、エントロピーは減少する。また、この際に水分子同士の水素結合を切断し、糖分子の持つ極性基と水素結合するが、その時の正味の結合エネルギーの差は負(エンタルピー変化: $\Delta H_h < 0$)である。さらに、糖分子が水素結合ネットワークの中に入り込むことで、水分子の運動が拘束されるのでエン

トロピーは減少($\Delta S_h < 0$)する。しかし、エンタルピーの変化がエントロピー変化にともなうエネルギー変化より大きいので、 $(-T\Delta S_h < -\Delta H_h; \Delta H_h - T\Delta S_h < 0)$ 糖分子の溶解に伴う水-糖分子の自由エネルギー変化は負になっている。このことは、糖類が容易に水に溶解することからもわかる。糖分子はタンパク質分子の極性基と直接相互作用しなくとも、タンパク質周囲の水と強く水素結合することにより、タンパク質の安定性を増すことができると考えられる。

糖類による生体分子の安定化作用は、糖類が生体分子と直接結合している束縛水と入れ替わることで起きているという説(water-replacement 仮説)と、周囲の水がガラス化することによるという説(ガラス包埋説)があるが、上記の理由は束縛水と糖類が入れ替わらなくとも、生体分子を安定化することができることを示している。一方、仮に束縛水と糖類が入れ替わったとすると、束縛水と極性基の強い水素結合を切断した後に糖分子の極性基と生体分子の極性基が水素結合しなければならず、その時の結合エネルギーは後者の方が大きいことが望ましい。また、糖分子が生体分子の表面で極性基と結合した場合は、生体分子表面に糖が局在していることになるので、エントロピーは減少していることになる。この考え方からすると、生体分子の極性基と強く水素結合し、且つ、周囲の糖分子濃度とあまり変わらない場合に限り、束縛水と糖分子の入れ替えによる自由エネルギー変化が負となり、安定化作用が高まる様に思われる。

近年、生体分子の耐凍結・乾燥効果が高い二糖類トレハロース水溶液中のタンパク質分子(リゾチーム)あるいはリン脂質二重膜(フォスファチジルコリン:PC)の分子動力学(MD)計算をおこなった結果が報告[12,13]されている。この報告によれば、常温ではリゾチームに直接結合している水分子(束縛水)は切断されることなく、その周囲をとりまくトレハロース水溶液の構造が安定であることがしめされた。一方、フォスファチジルコリンの場合、トレハロースはリン脂質表面の親水基と作用している束縛水を追い出し、表面に直接結合する構造が安定であることが示唆された。生体分子のMDはポテンシャルの選定に問題があるものの、今後実験と参照することで、糖-生体分子-水系の安定性と分子構造に見通しを与える手法とし

て有望と考えられる。

6. おわりに

生体内の水の状態を、生体分子との相互作用を中心に、運動性(緩和周波数)と熱力学的安定性の両方について概説した。その応用については、生体分子保存の観点からわずかに言及するにとどまったが、細胞や組織内の水の状態を定量化することで、癌細胞や疾患を検出する取り組み等があることを付記しておく[1]。冒頭でも述べたが門外漢の解説なので、末尾の文献を参考することを強く勧めたい。

参考文献

- [1] 上平 恒, 逢坂 昭, 生体系の水, 講談社サイエンティフィック (1997)
- [2] 日本生物物理学会シリーズ・ニューバイオフィジックス刊行委員会編, 水と生命-熱力学から生理学へ-, 共立出版 (2000)
- [3] Frank, F. ed., *Water A Comprehensive Treatise*, Plenum Press (1972).
- [4] 前野紀一, 氷の科学, 北海道大学図書刊行 (1981).
- [5] 上平 恒, 外科と代謝・栄養, **16(1)** (1982) 5.
- [6] www.lsbu.ac.uk/water/microwave.html
- [7] Uedaira, H. and Uedaira, H., *J. Solution Chemistry*, **14** (1985) 32.
- [8] 上平 恒, 表面, **13** (1975) 302.
- [9] Janiak, M. J., Small, D.M., and Shipley, G.G., *J. Biol. Chem.*, **254** (1979) 6068.
- [10] Pope, J.M. and Cornell, B.A., *Chem. Phys. Lipids*, **24** (1979) 27.
- [11] Oobatake, M. and Ooi, T., *Prog. Biophys. Molec. Biol.*, **59** (1993) 237.
- [12] Lins, R.D., Pereira, C.S. and Huenenberger, P.H., *PROTEIN: Structure, Function and Bioinformatics* **55** (2004) 177.
- [13] Pereira, C.S., Lins, R.D., Chandrasekhar, Freitas, L.C.G. and Huenenberger, P.H., *Biophys. J.*, **86** (2004) 2273.

持続的エネルギー供給を目指した将来型軽水炉の研究開発

Advanced Light Water Reactors for Sustainable Energy Supply

中塚 亨 (日本原子力研究開発機構)

Toru NAKATSUKA (Japan Atomic Energy Agency)

e-mail: nakatsuka.toru@jaea.go.jp

1. 緒言

エネルギー資源の乏しい我が国の原子力開発では、準国産資源としてのウラン資源の有効利用の観点から、軽水炉から出る使用済燃料を再処理してウラン・プルトニウムを回収し、ナトリウム冷却高速増殖炉 (FBR) により再利用する核燃料サイクルの確立によるエネルギーセキュリティの確保を目指してきた。しかし、2005年10月11日に策定された原子力政策大綱においては、「ウラン需給の動向等を勘案し、経済性等の諸条件が整うことを前提に、2050年頃から商業ベースでのFBRの導入を目指す」としており[1]、当面は軽水炉が原子力発電の主力を担うと考えられる。

こうした中で、軽水炉時代の長期化を見据え、軽水炉によるプルトニウム利用を高度化するために様々なタイプの炉概念が検討されており、運転経験豊富な軽水炉技術を活用して増殖まで目指した軽水炉の研究開発が進められている。

本稿では、ウラン資源の有効利用を目指して研究開発が行われている将来型軽水炉の概念を、熱水力設計を中心に紹介する。

2. 増殖炉の原理

2.1 熱中性子炉と高速炉

現在、わが国を含め、世界の原子力発電では、ウラン燃料を用いた軽水炉が最も多く使われている。天然ウランは、ウラン-235とウラン-238の2種類の同位体からなるが、核分裂性の(燃える)ウラン-235の割合は少なく(約0.7%)、大部分(約99.3%)は、核分裂しにくい(燃えにくい)ウラン-238である。軽水炉では、ウラン-235の割合(濃縮度)を2~4%程度まで高めて燃料として使用する。軽水炉では核分裂性のウラン-235の核分裂により放出される高エネルギーの中性子(高速中性子)を減速材である水(軽水)との衝突により、低いエネルギーの中性子(熱中性子)にし、核分

裂連鎖反応を起こり易くしている。核分裂によって生じた熱はこの水によって冷却する。水は中性子の減速材であるとともに、炉心の冷却材でもある。このように、主に熱中性子を核分裂に利用する炉を熱中性子炉と呼ぶ。

燃えにくいウラン-238は、原子炉の運転中に中性子を捕獲してウラン-235と同じように核分裂をするプルトニウム-239になる(この過程を転換という)。原子炉の中で燃焼して取出された使用済燃料を再処理すると、燃え残ったウラン-235と生成されたプルトニウム-239とを回収でき、これらを燃料として再び利用することが可能となる。軽水炉においても運転に伴いプルトニウムが生産されるが、新しく生産できるプルトニウム-239の量は、消費した核分裂性物質の量よりも少なく、ウラン資源の利用効率は約1%にすぎない。

高速増殖炉(FBR)は高速中性子をあまり減速させない液体ナトリウムを冷却材に使用して、平均で約200 keV程度のエネルギーの高速中性子によって核分裂の連鎖反応を起こす。燃料には、天然ウランまたは劣化ウラン(天然ウランを濃縮した際残りとして生じる、ウラン-235の含有量が0.2%程度に低くなったウラン)に軽水炉の使用済燃料を再処理して得られるプルトニウムを混ぜた混合酸化物燃料(MOX燃料)を使用する。FBRは核分裂1回当たり放出される中性子の数が軽水炉の2.4に対して2.8と大きく、かつ吸収などによる損失も少ない。このため、ウラン中のウラン-238が中性子を吸収してプルトニウム-239になる割合(転換比、1を越える場合は増殖比という)が大きく、運転しながら燃料が増える、すなわち増殖することができ、ウラン資源の利用効率が飛躍的に向上する。

2.2 水冷却方式による増殖

前述のとおり、軽水炉においても運転に伴い

ルトニウムが生産されるが、転換比は低い。しかし、炉内中性子のエネルギーを現行軽水炉より高くする、すなわち、中性子スペクトルを硬くすることにより、ウラン-238 からプルトニウム-239 への転換割合が高くなり、軽水炉においても増殖を含めたウラン資源の有効利用が可能となる。

中性子スペクトルを硬くするには、炉内の減速材対燃料体積比 (V_m/V_f) を小さくして、中性子の減速を減らせばよい。また、炉内の平均ボイド率を高くすることによっても、減速材密度は小さくなり、中性子が減速される割合が低下する。

一例として、現行軽水炉と後述の革新的水冷却炉の中性子スペクトルを図1に示す。現行軽水炉の V_m/V_f は 2.0~3.0 であるのに対し、革新的水冷却炉では 0.5 程度以下である。炉内中性子のスペクトルを現行の軽水炉及びナトリウム冷却高速増殖炉と比較すると、軽水炉において特徴的に見られる 0.1 eV のやや下に現れるピーク（サーマルピーク）が革新的水冷却炉には見られず、スペクトルが全体として高いエネルギー領域にシフトして、ナトリウム冷却高速増殖炉に近づいていることが分かる。このスペクトルの違いによって、天然ウランの 99% 以上を占める核分裂性の低いウラン-238 から核分裂性の高いプルトニウム-239 への転換比はナトリウム冷却高速増殖炉にはおおよばないものの軽水炉に比べては大幅に高くなる。

以下の章では、ウラン資源の有効利用を目指した将来型軽水炉として、日本原子力研究開発機構（平成 17 年 9 月以前は日本原子力研究所）を中心として研究開発が進められてきた革新的水冷却炉と、東京大学を中心として研究開発が進められてきた超臨界圧軽水炉を紹介する。

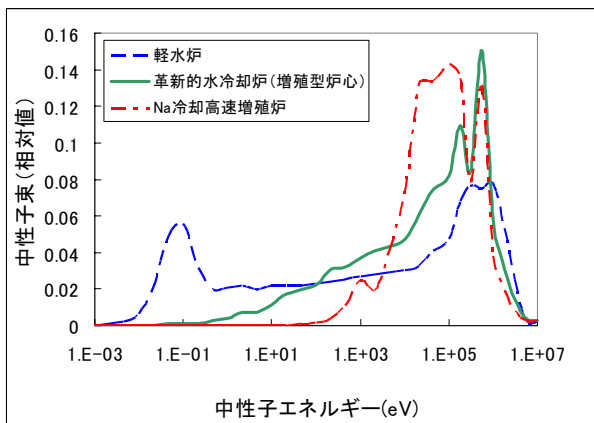


図1 各炉型における中性子スペクトルの比較

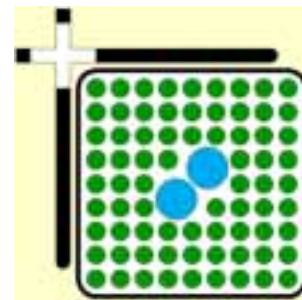
3. 革新的水冷却炉

3.1 革新的水冷却炉の概念

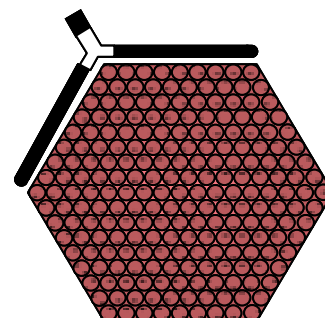
日本原子力研究開発機構では、将来の持続的・安定的なエネルギー供給への貢献が期待できる革新的水冷却炉の研究開発を、電力会社、軽水炉メーカー、大学と協力して進めてきた。現在の軽水炉では、燃焼に伴って生産される核分裂性プルトニウムの割合が低く、再処理で得られるプルトニウムを何回も繰り返しリサイクルすることはできない。

革新的水冷却炉は、これまでに培われてきた軽水炉技術に立脚した水冷却の原子炉で、再処理などの核燃料サイクル環境の将来における状況に柔軟に対応しながらプルトニウムの多重(繰り返し)リサイクル利用や増殖が可能である。

第1ステップ(高転換型炉心)では、まず炉心の燃料集合体を沸騰水型軽水炉(BWR)での四角形状(図2(a))から六角形状(図2(b))に変更し、その中に MOX 燃料棒を三角格子状に配列したものを採用するが、炉心以外の部分は既存 BWR プラントと同一であり、燃料棒の間隔も現行 BWR と同等な 3 mm 程度とし、軽水炉からの技術的なギャップをできる限り少なくした設計としている[2][3]。そのため、現在具体化されている国内の再

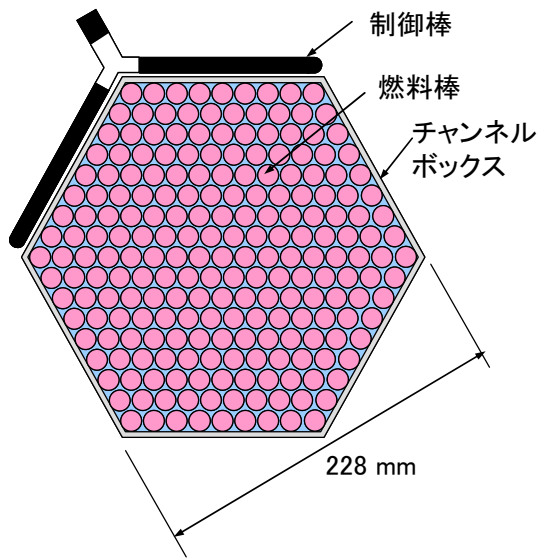


(a) 現行軽水炉(正方格子)



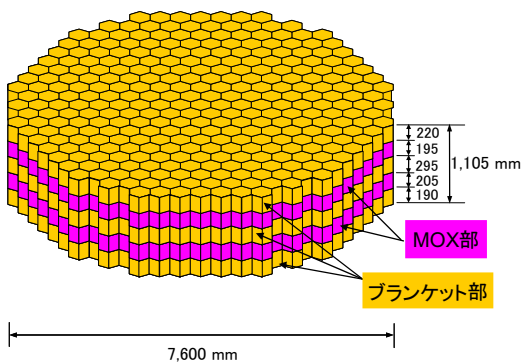
(b) 革新的水冷却炉(六角格子)

図2 燃料集合体内の燃料棒の配置



燃料棒数	217 本
燃料棒直径	13.7 mm
ギャップ幅	1.3 mm

(a) 燃料集合体断面図



燃料集合体数	900 体
制御棒数	283 本

(b) 炉心鳥瞰図

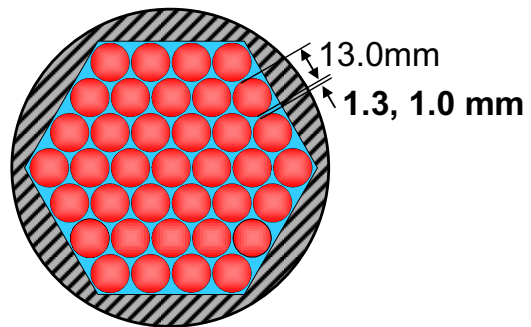
図3 革新的水冷却炉の設計例(1,356 MW)

処理及び MOX 燃料製造施設で得られる MOX 燃料を利用して比較的早期に低コストでの導入が可能と考えられる。この炉心の転換比は約 0.9 で、プルトニウムの装荷量が大きいとともに数回までのプルトニウムリサイクルが可能である。

将来、燃料サイクルの状況に応じて、転換比を 1.0 より大きくする増殖型炉心とする場合には、燃料集合体の基本形状は高転換型炉心と同一とした上で、燃料棒径を太くし、間隔を約 1 mm に狭め



(a) 外観



(b) 試験体断面図

図4 稠密 37 本ロッドバンドル熱流動試験装置

て配列して稠密度を高めた設計としている。また内部および上下にブランケット部をもうけた二重炉心とし、転換比(増殖比) 1.04 程度を達成してプルトニウムの増殖を可能としている(表1)。

革新的水冷却炉の設計では、以下の2つの目標を挙げている。

1. 高い転換比を得るために、炉心の中性子エネルギーを高く保つこと。
2. 現行軽水炉と同様な安全性を確保するため、出力が上昇してボイドが発生したときに負のフィードバックが入るよう、ボイド反応度係数を負の値に保つこと。

両者を満たすため、炉心内の平均ボイド率を 70%程度にまで高めて、減速材である水の平均密度を減らすとともに、軸方向の燃料棒の長さを短くして中性子の漏れを増やした扁平二重炉心を採用している(図3)。これまでに設計研究及び関連

する除熱技術開発などを進めており、現在までに、実現可能性の見通しを得ている。

表1 革新的水冷却炉と ABWR の主要諸元の比較 [2][3]

項目	単位	革新的水冷却炉 (増殖型炉心)	ABWR
電気出力	MWe	1,356	1,356
原子炉圧力	MPa	7.2	7.2
炉心外接半径	m	3.80	2.7
燃料集合体数	-	900	872
炉心部平均 取出燃焼度	GWd/t	65	45
炉心部高さ	m	0.855	3.71
炉心流量	10 ⁴ t/h	1.8	5.2
炉心出口クオリティ	%	51	14.5
炉心部平均ボイド率	%	70	43
炉心圧損	MPa	0.043	0.18
炉心部平均 Puf 富化度	%	9.6	3.8
炉心部 Puf 装荷量	t	16.1	-
増殖比(Pu 残存比)	-	1.04	-
最大線出力密度	kW/ft	16	12
最小限界出力比	-	1.3	1.3
ボイド反応度係数	10 ⁻⁴ Δk/k /%void	-0.5	-8
連続運転期間	月	15	13

3.2 革新的水冷却炉の熱水力設計

革新的水冷却炉では、燃料棒間隔が狭い稠密炉心を採用しているため、除熱性能の確認が不可欠である。日本原子力研究開発機構では、これまでに革新的水冷却炉の稠密炉心体系を模擬した7本ロードバンドルの限界出力試験を行い、稠密炉心の基本的特性を明らかにした[4]。さらに2003年より、流量依存性、流路壁近傍の流路面積や軸方向出力分布の影響、燃料棒間隔や燃料棒曲がり等の除熱性能への影響についてのデータ取得、ならびに稠密炉心での限界出力予測手法の確立を目的として、37本ロードバンドル(燃料棒間隔 1.3 mm, 1.0 mm)を用いた大型熱特性試験を実施している(図4)[5]。本試験の結果、炉心の除熱限界である限界出力の実験値は定格出力を十分上回っており、熱的余裕があることを確認している(図5)。また、運転時の異常な過渡変化の状況を包含する範囲で過渡限界出力試験を実施し、流量低下事象、並びに出力上昇事象等の過渡時においても除熱性能を確保できるとの見通しが得られている。さらに、200本程度の燃料棒を束ねた実規模燃料集合体の詳細設計を行うには、燃料棒数の増加に伴う

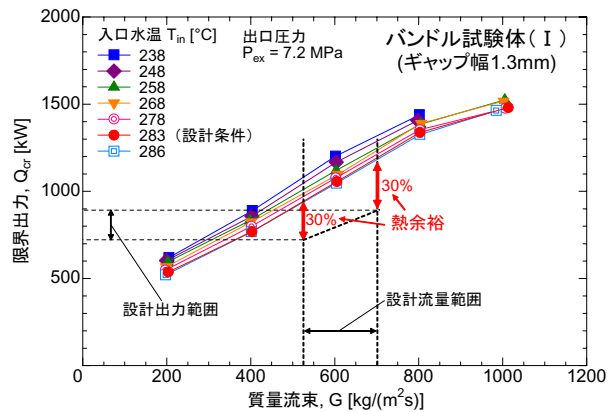


図5 稠密格子炉心熱特性試験 限界出力特性

集合体サイズ増大の効果を定量的に評価することが必要であり、このための解析手法の開発を進めている。

BWR 技術をもとにウラン資源の有効利用を目指した炉概念として、上に紹介した革新的水冷却炉の他に、稠密三角配列大型正方バンドル集合体を利用し、バイパス部を少なくして水の割合を減らした低減速スペクトル BWR の研究開発が東芝を中心にして行われている[6]。

PWR 技術をベースにした炉概念として、冷却材に重水を採用した重水冷却 PWR 型炉心も提案されている[7]。重水は中性子減速能力が軽水の10分の1以下であるので、冷却材に使用した場合、高い転換比を得やすい。

4. 超臨界圧軽水炉

4.1 超臨界圧軽水炉の概念

水は、臨界点と呼ばれる 374 °C, 22.12 MPa より高温高压条件では沸騰現象を起こさなくなり、気液の区別がなくなる。このような水を超臨界(圧)水と呼ぶ。ボイラの冷却材として超臨界圧水を使用する超臨界圧火力プラントは1950年代に米国で開発され、1960年代に日本に導入されており、40年の実績がある。飽和温度の制約がなくなるため、冷却材温度を高く設計することが可能であり、臨界圧力以下での条件と比較して熱効率が飛躍的に向上する。

東京大学の岡芳明教授の研究グループは、原子炉冷却材に超臨界圧軽水(25 MPa)を用いた、超臨界圧軽水炉(スーパー軽水炉(Super Light Water Reactor)とも呼ぶ。)の研究開発を1989年から進めている[8]。超臨界圧火力発電技術と軽水炉技術

の融合した概念であり、超臨界圧ボイラ同様、冷却材の全量を直接タービンへ送り、発電する次世代の原子炉の概念である(図6)。現在の軽水炉は、ボイラと言えば冷却水の循環のある丸ボイラに相当し、スーパー軽水炉は貫流ボイラに相当することから、本概念はボイラの発展の歴史と合致した軽水炉の理論的發展型であるといえる。

4.2 超臨界圧軽水炉の熱水力設計

冷却水を沸騰現象がなくなる臨界圧力以上に加圧して用いる。このため、現行軽水炉に必要な気液分離や再循環が不要となる上、冷却材流量が約1/10に低減し、システムが簡素化(小型化)される。さらに、熱効率、発電効率が高まることから、経済性の大幅な向上が期待できる。

炉心入口冷却材密度は軽水炉とほぼ同じであるが、冷却水出口温度は500℃となり、熱効率は約44%となる。出口冷却材平均密度は0.1 g/ccより少し低く、BWRの出口平均冷却材密度の1/3以下である。このため、熱中性子炉の炉心設計では多数の水減速棒を用いて中性子の減速を確保するとともに、燃料棒間隙を狭くし流速を保って除熱する必要がある(図7(a))。

稠密格子を用いて、中性子スペクトルを硬くすることにより燃料の増殖が可能となる(図7(b), 表2参照)[9]。スーパー軽水炉は高圧給水ポンプを装備しているが、流量が軽水炉の数分の一なのでポンプの動力の点で稠密燃料格子の高速炉にも適している。減速材密度の小さい超臨界圧水冷却方式は、本来高速炉に適している。また、冷却材密度係数の絶対値が小さいため、流量変動時に冷却材密度フィードバックによって生じる出力変動

も、熱中性子炉に比べて小さくなる。このため、流量制御と出力制御を独立に行う、ガス冷却炉に類似した制御方式が採用できる。炉心以外の部分は高速炉も熱中性子炉と基本構成は同じである。

超臨界圧軽水炉は、熱中性子炉、高速炉ともに米国エネルギー省(DOE)が2030年頃の実用化を目指して提唱している次世代の原子炉概念である第4世代原子炉システムに選定されており、国際的にも注目を集めている[10]。また、平成17年度から開始される文部科学省の「原子力システム研究開発事業」革新技術創出型研究開発(革新的原子炉技術)に採択されており、今後の研究開発の成果が期待される[11]。

表2 超臨界圧軽水冷却高速炉の諸元[9]

項目	単位	
原子炉圧力	MPa	25
熱/電気出力	MW	3832 / 1698
発電端熱効率	%	44.3
炉心高さ/等価直径 (ブランケット含む)	m	3.50 / 3.76
シード/ブランケット集合体数	-	270 / 163
Puf インベントリ	t	11.5
最大線出力	W/m	38.2
平均出力密度 (ブランケット含む)	W/cm ³	105
平均取出燃焼度	GWd/t	43.4
サイクル期間	月	13
炉心流量	kg/s	1861
冷却材入口/出口温度	℃	280 / 523
平均冷却材密度	g/cm ³	0.417
冷却材密度係数	dk/k/(g/cm ³)	1.6×10 ⁻²
増殖比(Pu 残存比)	-	1.034

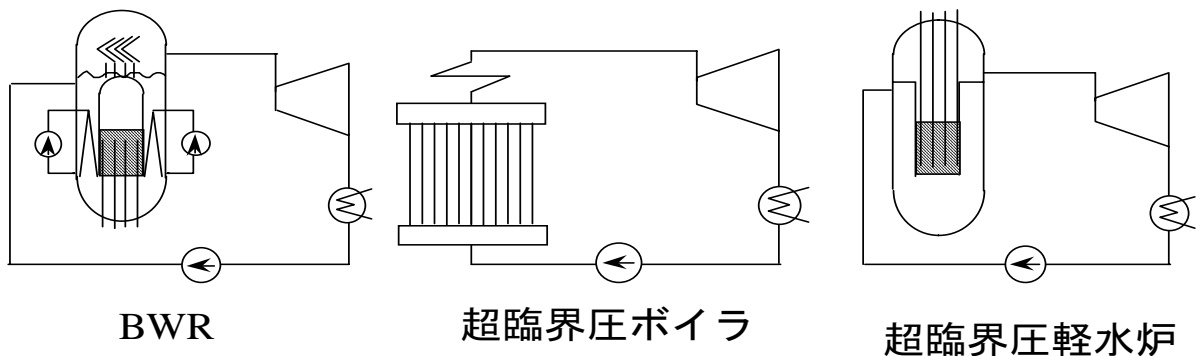


図6 BWR, 超臨界圧ボイラ, 超臨界圧軽水炉のプラント系統の比較

5. 結言

地球温暖化をはじめとする環境問題、発展途上国におけるエネルギー需要の増加、また最近の原油価格の高騰、等の状況を考慮すると、増殖炉の実用化のための猶予期間はそう長くはない。しかし、近年、国内の電力会社、メーカ、研究機関、等においては、研究開発関連予算の縮小が問題となっている。今後の新型炉研究開発は、公募制度や国際協力などの枠組みを利用しながら、産官学が連携してそれぞれが保有する貴重な研究資源を効率的に活用し、着実に進めていく必要がある。

参考文献

- [1] 原子力委員会ホームページ, <http://aec.jst.go.jp/jicst/NC/tyoki/tyoki.htm>
- [2] Uchikawa, S. et al., Investigation on Innovative Water Reactor for Flexible Fuel Cycle (FLWR) - (1) Conceptual Design, Proc. GLOBAL 2005, Oct. 9-13, (2005) #358
- [3] Okubo, T., et al., Investigation on Innovative Water Reactor for Flexible Fuel Cycle (FLWR) -- (2) Recycle, Proc. GLOBAL 2005, Oct. 9-13, (2005), #359
- [4] Liu, W. et al., Critical power in 7-rod tight lattice bundle., JSME Int. J., Series B, 47-2, (2004) 299-305
- [5] Liu, W., et al., Critical Power Correlation for Tight-Lattice Rod Bundles, J. Nucl. Sci. Technol., 42-1 (2005) 40-49
- [6] Hiraiwa, K. et al., Study on BWR with Advanced Recycle System (BARS), Int. Congress on Advanced Nuclear Power Plants (ICAPP), Hollywood, Florida, June 9-13. (2002) #1127
- [7] Hibi, K., et al., "Conceptual designing of reduced-moderation water reactor with heavy water coolant", Nucl. Eng. Des., 210, (2001) 9-19
- [8] 岡芳明, 越塚誠一, 高温高性能軽水冷却原子力発電プラント 貫流型超臨界圧軽水冷却原子炉の概念, 日本原子力学会誌, 44-8, (2002)

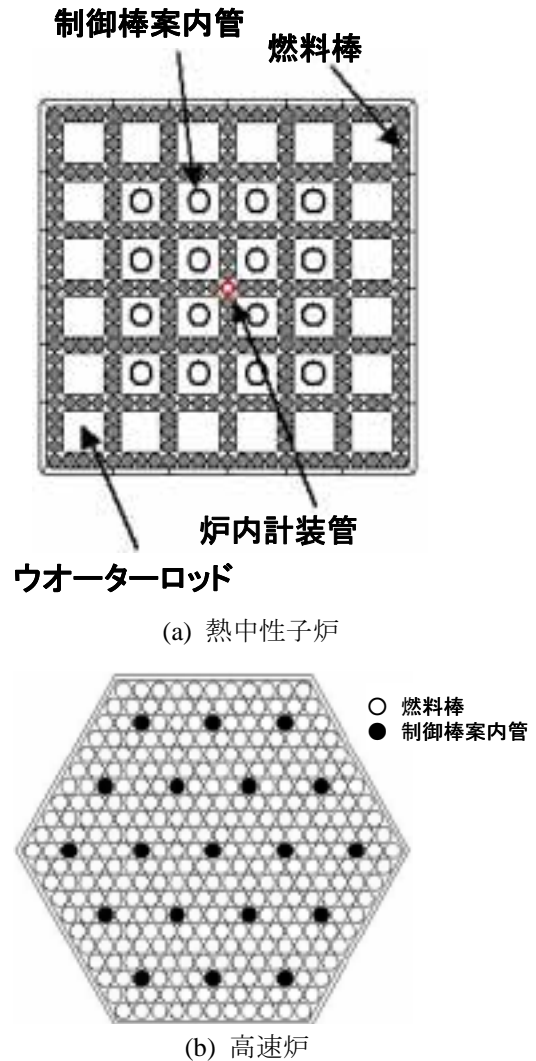


図7 超臨界圧軽水冷却炉の燃料集合体

600-605

- [9] Ishiwatari, Y. et al., Breeding Ratio Analysis of a Fast Reactor Cooled by Supercritical Light Water, J. Nucl. Sci. Technol. 38, (2001) 703-710
- [10] 米国エネルギー省ホームページ, <http://gen-iv.ne.doe.gov/>
- [11] 独立行政法人 科学技術振興機構ホームページ, <http://www.jst.go.jp/pr/info/info220/index.html>

甲藤好郎先生ご遺稿
「沸騰の科学（４）」
Science of Boiling (4)

甲藤 好郎（東京大学名誉教授）

Yoshiro KATTO (Professor Emeritus of The University of Tokyo)

4. 蒸気の脱出と波

いま比較的大きなコップの水の中にストローを差し込み、そのストローを通して空気を吹き込む場合を考えてみてください。このとき、ストローの中の連続した空気の流れが、ストローの出口を出るや分断され、別れ別れの空気のかたまりになって水中を上昇することを誰でも知っています。そして多くの人々は、太陽が東から昇り西に沈むのが当たり前のように、この水による空気の分断現象もごく当然のこととして日頃深く考えてみようとするものもないでしょう。

しかし沸騰では液体の内部で蒸気が作られ、それが液中を浮上したり液体と共に流れ去ったりしていますから、この分断現象を見過ごすわけにはいきません。この場合、「弱い核沸騰」で加熱面上の発泡点から出る小さな気泡は、2章でお話したように間欠的に作られ、もともと別れ別れになっているものですから、あまり問題になりません。しかし「強い核沸騰」では、前章でお話したように、加熱面上から蒸気が連続的に流出する形になっており、この連続的な蒸気の流れが液体によって分断されて蒸気のかたまりを作る、そのメカニズムを一応検討せざるを得なくなるのです。

ところで、3章で述べたような直径 10 ないし 20 ミリメートル程度の円形加熱面上で強い核沸騰を行わせる時、加熱面上に発生する蒸気のかたまりのふるまいは、実はこの加熱面と同程度の直径の孔から上向きに一定流量で空気を水中に流出させるようにした時、水の中につぎつぎ作られていく空気のかたまりの挙動にとってもよく似ているのです。例えば、この孔で作られる空気のかたまりは、相前後する2つの空気のかたまりごとに1つの対になって現れることが知られています。す

なわち、先行するかたまりの後流に引かれて細長く伸び、やがて先行の丸みのあるかたまりの中央に吸い込まれていきます。ところが強い核沸騰の場合、蒸発によって加熱面で次々作られる蒸気のかたまりの挙動を高速カメラで観察してみると、前述の空気流出孔から水中に次々出る空気のかたまりの挙動とほとんど同じであることがわかります。

分断された蒸気のかたまりの大きさ

それにしても、前記のように一つの流出孔から一定速度で液体中に連続的に流出する気体が、なぜこのように自動的に次々切断され気体のかたまりになって出て行くのでしょうか。その疑問を解くため、簡単なモデルに基づく近似的な解釈を次にやってみることにしましょう。すなわち、いま液体中に一個の球形の気体のかたまりがあるととして、その気体のかたまりの下端は流出孔につながり、その孔から一定速度で流出する気体の連続的供給を受けながら、刻々その体積を増しているとしめます。そしてこの時、液中にある気体球には当然アルキメデスの浮力が働き、それから気体球自身の重さを差し引いた残りの浮力が気体球（およびそれと連動して一緒に動く近くの液体）を上向きに加速しますから、当然その作用によって気体球は次第に速度を増しながら浮上していく訳です。

つまり気体球には前記の「浮上運動」と「体積増加」の二つの変化が生じているわけです。そこでいま、これらに係する二つの長さ、すなわち孔の面から気体球の中心までの高さ h_G と、気体球の半径 r_c の時間変化を考えてみます。最初、気体球が出来始めた頃は、気体球は孔についていますから $h_G < r_c$ となっている筈です。しかし、前に言いましたように、気体球は刻々速度を増しながら

ら浮上中ですから、 h_G は時間が経つほど急に増加します。一方、気体球は孔からいつも一定流量の気体を受けて膨張しているのですから、それによる半径 r_c の増加速度（その大きさは r_c^2 に反比例します）は、気体球が大きくなるほど急速に減ってきます。したがって時間が経つと、いつか $h_G > r_c$ の状態に変わる瞬間が来て、そのとき、気体球は孔から離れると考えることができます。そして、その離脱の瞬間にも孔からの気体の流出は連続して続いているので、次の気体球の成長が直ちに始まります。

もちろん、これは近似的なモデルですが、気体の連続的な流れが液体によって切断される現象の本質はほぼついていると考えてよいでしょう。そこでいま、流出孔から流れ出している気体の体積流量の値が単位時間あたり v_1 として、数式を使って計算しますと、気体のかたまりの下端が流出孔の位置に滞留している時間 t_D 、および流出孔から離脱する時の気体のかたまりの瞬間体積（つまり離脱体積） V_D がそれぞれ次式のように求められます。

$$t_D = \left(\frac{3}{4\pi} \right)^{1/5} \left[\frac{4\{(11/16)\rho_L + \rho_V\}}{(\rho_L - \rho_V)g} \right]^{1/5} v_1^{1/5}$$

および
$$V_D = v_1 \cdot t_D$$

ここで ρ_L は液体の密度、また g は重力加速度です。この結果を見て面白いのは、孔から流出する気体の体積流量 v_1 が増す時、気体のかたまりの離脱体積 V_D は v_1 にほぼ比例（ $v_1^{6/5}$ に比例）して増加しますが、滞留時間 t_D のほうはあまり値が変わらない（ $v_1^{1/5}$ に比例）ことです。

さてこの結果はそのまま、強い核沸騰で加熱面から次々に出る蒸気のかたまりの分析（つまり滞留時間と離脱体積の計算）に使えます。すなわち、前の式に含まれている v_1 を、今度は加熱面上で単位時間あたり発生している蒸気体積の量に取りさえすればいいわけで、これは次式で与えられます。

$$v_1 = \frac{q \cdot A}{\rho_V h_{fg}}$$

ここに q は加熱面から単位時間、単位面積あたり出る熱量（熱流束）、 A は加熱面の面積、 ρ_V は蒸気の密度、 h_{fg} は蒸気潜熱です。

広い加熱面上で発生する蒸気の離脱

私たちは、これまで、直径 10~20 ミリメートル程度の円形加熱面、つまり比較的広さの限られた加熱面上の沸騰だけを見て来ました。しかし実際の沸騰は、もっと広い加熱面でも起こるわけです。そこでこれから、非常に広く平らな加熱面が水平に置かれ、その上に液体が十分な深さで湛えられている時の沸騰を見てみることにしましょう。

この場合、「弱い核沸騰」については、あまり大きな問題がありません。なぜなら 3 章の「沸騰の様相の変化」の項で述べたように、弱い核沸騰では、加熱面状に分散分布する発泡点同士の間にはほとんど干渉がなく、また一つの発泡点で次々に発生、浮上する気泡同士も互いに独立性を持つといった状況にあります。

一方「強い核沸騰」では、加熱面から出る熱の全部が、加熱面上の薄い核沸騰液層（3 章参照）によって飽和蒸気に変えられています。だから、加熱面が広がっても、加熱面から流体側への熱伝達の状況は前とほとんど変わらないでしょう。しかし、そのようにして広い加熱面上で一樣に発生している蒸気が、そこから逃げ去るためには、その上方にある液体部分を通り抜けていかねばなりません。そして、この時の蒸気の離脱は、前に見た小さな加熱面の場合のように単純なものではない筈です。

面白い手品

こうして私たちは、強い核沸騰の生じている水平加熱面上で一樣に発生を続ける蒸気が、液体内へどのように逃げ去るのか、そのメカニズムを考えるべき段階になりました。そこでいま、液体に覆われている広い加熱面の上に、蒸気が一樣に溜まって来たとして、この時、蒸気はどのような形で液体の中へ浮上して行こうとするかを考えましょう。これは逆にいえば、上方の液体がどのような形で下方の蒸気の中へ降下して来るかの問題でもあります。そして、この状況をもっと抽象的に言えば、気体層の上に液体層があり、両者が水平な面で相接して平衡状態にある時、この気液境界面（これを簡単に界面と言います）に生じ始める変形は一体どんなものかと言う問題です。

もちろん、この種の平衡状態は、だるま（達磨）を逆さに立てた時と同じ形の不安定な平衡状態で

すから、私たちは日頃、その平衡状態自体を目にすることはまずないでしょう。しかし、この不安定な平衡状態（液体層が蒸気層の上）から安定な平衡状態（液体層が蒸気層の下）に変わりつつある途中の状態については、実は普段いろいろお目にかかっており、たとえば雨に濡れた電線のあちらこちらからポトリポトリと雨垂れが下に落ちるときの状況など、それに類するものと言えましょう。そしてこの雨垂れの例などから見て、今考えている不安定な水平界面では一般に、あたかも波のように、ある間隔ごとに液面が垂れ下がる形の変形を起こすものと思われま

す。そこでなごもう少し、この考えの正否を確かめてみたいと思います。読者の皆さんの中にはひょっとすると、水を入れたコップの口に金網をあてがい、その口を下向きにした状態で少しも水がコップからこぼれないことを知っている人がいるかも知れませんが、この一見、手品ともいえるような不思議な現象の実験は次のようにすると、子供でも容易に出来ます。すなわち、バケツに入れた水の中にコップを入れ、そのコップを逆さにして口を下にし（コップの中に一部空気が入っていても何らかまいません）、次にコップの口に下から金網をあてて、そのまま水の中から上に引上げればよいのです。実験の際には、金網が少し細かめのほうが楽ですが、いずれにせよ金網の間隙から不思議に水はこぼれ落ちないのです。

この興味ある事実は次の大切な事柄を示唆しています。すなわち、前述のコップの中から下にこぼれないでいる水の表面は、金網の針金と針金の間の間隔ごとに区切られているわけですから、その下向き水面には、針金間の間隔より長い波長の波は起こり得ず、それより短い波長の波だけが起こり得るわけです。従って、下向きの水面に起こる波のうち、ある長さより波長の短いものは水面の変形を成長させず、水面を安定に保ちますが、ある長さ以上の波長の波は水面の変形をますます成長させ、従って水は下にこぼれ落ちるのだと考えることが出来ることとなります。

下向き水平液面を伝わる波

さてここまで考えが進んできますと、水平界面の安定性について、もう少し理論的な裏付けが欲しくなりますが、やや程度の高い流体力学の書物

を見ると、この水平界面に起こる波の解析について記してあります。そしてそれによると波長 λ の波が気液界面を進む速度 c は次式で与えられます。

$$c = \sqrt{\frac{2\pi\sigma}{(\rho_L + \rho_V)\lambda} - \frac{(\rho_L - \rho_V)g\lambda}{(\rho_L + \rho_V)}}$$

ここで、右辺根号内の第1項は液面の表面張力 σ に関する項で、波長 λ が小さい時ほどその値が大になります。一方、右辺根号内の第2項は重力加速度 g に関する項で、前とは逆に、波長 λ が大きいほど値が大になります。従って、波長 λ が小さいうちは、第1項が第2項より大ですから平方根の中の値は正、つまり波の速度 c が現実存在し、この波が安定に存在できることを意味します。しかし、波長が大きくなると、第1項が第2項より小さくなり平方根の中の値は負となって、波の速度 c は虚数、つまりこの種の波は現実存在出来ません。なお以上のことを物理的に解釈すれば、波長の小さい波は表面張力による復元作用が強く、重力による界面の変形を元の平衡界面のほうに戻すことが出来るのに対し、波長の長い波では表面張力の復元作用が弱く、従って重力による界面の変形が元に戻らず下向きにどんどん進んでしまうこととなります。

ともあれ、このような状況にあるので、波が安定に存在できる波長 λ のぎりぎり限界の値 λ_c は、前の式で右辺根号の中を零とおけば直ぐ求められます。

$$\lambda_c = 2\pi \sqrt{\frac{\sigma}{(\rho_L - \rho_V)g}}$$

この λ_c のことを一般に「臨界波長」と言いますが、下を向いた水平液面は大体、この限界の状態、つまり臨界波長 λ_c をピッチとする周期的な変形状態で壊れて行くのです。もっと厳密に言うと、実は液面の変形がもっとも早く進む波長（それは臨界波長の 1.73 倍になります）で壊れていくとすべきですが、ここでは簡単のため臨界波長をピッチとする周期的な変形状態で壊れていくとしておきましょう。そして、以上の状況下に生じる液面不安定のことを「テイラー不安定」と言いますが、例えば、大気圧の水の飽和沸騰について臨界波長 λ_c の値を計算すると 15.7 ミリメートルとなりま

す。つまり大気圧の飽和水が「強い核沸騰」の状態にある時、広い加熱面は、統計的に言って縦横それぞれ 15.7 ミリメートル程度の単位区画に分けられ、1 単位区画ごとに蒸気は、この章の前の方で述べた程度の体積のかたまりを作りながら液中に逃げて行くということになります。

なお、3章で強い核沸騰を説明した際、わざと直径 10 ないし 20 ミリメートル程度の円形加熱面上の沸騰を考えたのも、実はこれが単位区画とほぼ同じオーダーの大きさの加熱面であり、1 区画ごとに生じる沸騰の平均的な特性が把握しやすいからだったためなのです。

加熱面を覆う核沸騰液層の厚さ

強い核沸騰では、3章（「加熱面を覆う薄い核沸騰液層」の項参照）で見たように、加熱面上に、大きな蒸気のかたまりと加熱面の間にはさまれながら、その中に多数の微小な蒸気噴流を持つ薄い核沸騰液層が出来るわけですが、その液層の厚さがどうしてきまるかの問題がなお残っています。そこで次に、これについて考えてみようと思うのですが、仮にいま、加熱面上に垂直に立っている微小な蒸気噴流が、この程度の高さ（噴流長さ）までしか安定に存在出来ないという風に捉え直してみると、これまた気液界面の安定性の問題に帰着できそうです。

もともと、ここで問題にする蒸気噴流はもともと長さが非常に短く、従ってそこで問題となる気液界面の波長 λ の値は小さいものです。だから、加熱面（あるいは蒸気噴流）が重力の方向に対してどんな向きの時でも、重力 g の影響は表面張力 σ の影響に比べて無視していいでしょう。しかしその代わり、現在問題の蒸気噴流の気液界面は気液の流れの力学的作用をうけており、それを考慮に入れなければなりません。そしてこのとき気液界面を伝わる波の速度 c は、本質的には前項と同様な力学的メカニズムに支配されているものであって、流体力学の解析から次式で与えられます。

$$c = U + \sqrt{\frac{2\pi\sigma}{(\rho_L + \rho_V)\lambda} - \frac{\rho_L\rho_V(u_V - u_L)^2}{(\rho_L + \rho_V)^2}}$$

ここに右辺第一項の U は

$$U = \frac{\rho_L u_L + \rho_V u_V}{\rho_L + \rho_V}$$

を表します。また u_V と u_L はそれぞれ界面に平行に流れている気体、流体の流速（もし液体が気体の逆方向に流れる時は u_L を負にとります）であって、従って本式右辺根号内の第 2 項の $u_V - u_L$ は気体と液体が互にすれちがう相対速度を表します。そしてこの時の臨界波長 λ_c の値は、この式で右辺根号の中を零とおいて直ぐ求められ

$$\lambda_c = \frac{2\pi\sigma(\rho_L + \rho_V)}{\rho_L\rho_V(u_V - u_L)^2}$$

つまり、気体と液体が相対的に流動している界面は大体、この臨界波長 λ_c をピッチとする周期的な変形状態で壊れていくわけで、この状況下に生じる液面の不安定のことを「ヘルムホルツ不安定」と言います。そしてそうだとすると、強い核沸騰で加熱面上に生じる微小な蒸気噴流は、この形式の界面変形によって壊れる訳で、この間の事情は前項の水平液面の場合と同じです。ただ現在は前項の場合と違って、蒸気噴流の根元は加熱面上の発泡点の位置に固定され、その根元付近では加熱面からの加熱によって蒸気噴流内に蒸気を発生し続けているのですから、加熱面からある高さ δ_c のところまで、噴流が壊れずに保持されることとなります。そしてこの蒸気噴流の限界高さ δ_c は臨界波長 λ_c より短くなる筈ですが、ここには詳しい分析は割愛して、ただ強い核沸騰で生じている核沸騰液層の限界厚さ δ_c について、次のような式が求められていることを紹介しておきましょう。

$$\delta_c = \frac{\pi\sigma(\rho_L + \rho_V)}{2\rho_L\rho_V} \left(0.0584 \left(\frac{\rho_V}{\rho_L} \right)^{0.2} \frac{\rho_V h_{fg}}{q} \right)^2$$

ここに h_{fg} は蒸気潜熱、 q は加熱面から単位時間、単位面積あたり出ている熱量です。この q のことを一般に熱流束（ねつりゅうそく）と呼びますが、本式によると核沸騰液層の限界厚さ δ_c は加熱面からの熱流束の 2 乗 q^2 に反比例して急速に減少することが分かります。

（次号に続く）

第 12 回国際伝熱会議 (Grenoble, 2002) における Sung Tack Ro 教授の特別講義:
 “Joseph Fourier: The Man and His Achievements”

Plenary Lecture in The Twelfth International Heat Transfer Conference, Grenoble, 2002,
 by Professor Sung Tack Ro: “Joseph Fourier: The Man and His Achievements”

もう 3 年前のことになるが、2002 年 8 月にフランスの Grenoble で開かれた第 12 回国際伝熱会議であった Seoul 大学校 Ro 教授の Fourier についての特別講義を紹介する。Ro 教授とは毎年定期的に また アポなしで会うこともあるので、なぜにいまさらという感がないではないが、忘れてはいけないと思い、次の国際伝熱会議の前のこの機会に紹介させていただくことにした。

彼に会ってその Grenoble の話をすると、いつも彼は、私は資料を集めただけですと謙遜される。しかし、そうではない。主題を選び資料を集めるのはそれなりの見識があってできることである。その話にはひとがらが現れる。Grenoble よりこのかた、彼は隣国のライバルではなく、尊敬する兄貴分の人になった。

Sung Tack Ro (盧 承卓) 教授 :



School of Mechanical and Aerospace Engineering
 Seoul National University, Seoul 151-742, Korea
<http://ieel.snu.ac.kr/prof/professor.htm>

は、B.S., M.S., Ph.D の学位を、それぞれ Seoul 大学校, Rose-Hulman 工大, Brown 大学で取得され, Brown 大学 RA を経て, 1973 年 Seoul 大学校教授に就任された。熱力学や熱工学の研究を進め, 1998 年には KSME 会長を務められた。同年韓国慶州で開催の第 11 回国際伝熱会議の組織委員長を務め, 以来 2002 年の第 12 回国際伝熱会議まで同会議 Assembly の会長を務められた。ついては, Ro 教授は第 12 回国際伝熱会議の president であり, 2002 年 8 月 19 日同会議の開会式直後の 9:30-10:20 に特別講義(plenary lecture)をされた。その前日にお会いした折り, “先生

は president なんですね”と申し上げたら, “私は virtual president にすぎないんで...”と応じられた。彼らしい。その翌日に彼の話を聴いた。

彼の特別講義は, Fourier についてのものであった。32 年ぶりにフランスで開かれた熱の国際会議を強く意識してテーマを選ばれたのであろう。Fourier は, 1768 年に生まれ, 1 歳若い Napoleon とともにフランス革命の時代を生きた。Napoleon は科学にも強い関心をもっていたようである。Fourier は, 決して進んではなかったようだが, Rhone 地方の知事職に就いたこともあった。道路の敷設までやっている。

その時代は“科学の数理化”の時代であり, Lagrange, Laplace, Legendre, L. Carnot, Biot, Ampère, Poisson, S. Carnot, Euler ら蒼々たる面々がフランスにはいた。Fourier は, われわれの知る数学・熱学の理論のみならず熱や温度の実験にも取り組んでいたようである。偉大な Fourier には称賛とともに批判もあった。世は革命の嵐の中にあつた。

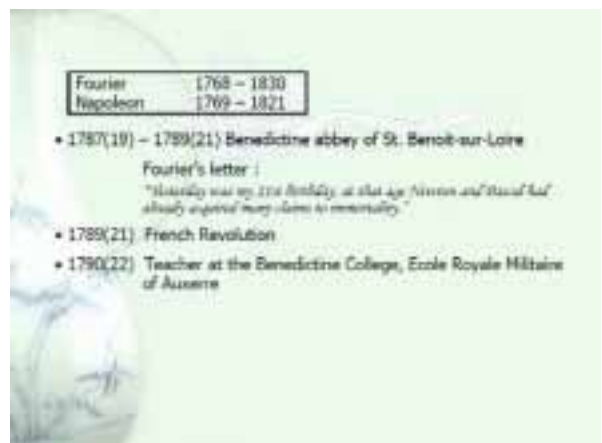
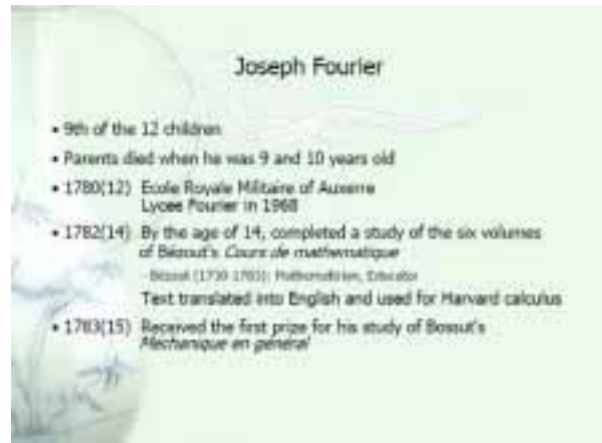
Ro 教授のお話はおもしろかった。われわれにはもう疑うことのない大学者 Fourier を俎板に上げて, 彼の生い立ちや先輩・後輩たち, そして Napoleon やフランス革命の背景を示し, それを, そのフランスの地で世界の熱の研究者たちを前に, ユーモアたっぷりに話された。その勢いと魅力はすばらしかった。

いっぽう, 彼の話の背景にあつたスライドはおとなしいものであつた。それを次頁以降に再掲させていただく。各頁の薄青色のバックには, 白磁であろうか, 白い花瓶がある。そして青字のコメントがあつた。本誌では, 印刷の見やすさを考えて字の色を黒くしてしまった。Ro 先生にはお許し下さい。

さて, こうして彼のスライドを改めて読むと, あのとときわれわれが受けた感動が必ずしも十分には伝わって来ないことに気がつく。たぶん, 彼の話の妙は青かつた字の文の行間にあつたのであろう。

その開会式場で彼の講義を聴けたことを, いまにして幸甚に思う。Ro 教授の講義の記録をここに残すことを提案した次第である。

牧野俊郎 (京都大学) 記



1768 Napoleon Bonaparte was born.
 1776(3) At age nine, Napoleon is sent to Collège militaire royal de Brème in Paris. While there, he distinguishes himself by his taste for mathematics and geography.
 1784(3) Napoleon enters l'École militaire royale de Paris in Paris.
 1785(20) Napoleon becomes second lieutenant.
 1789(20) French Revolution.
 1792(21) Napoleon promoted to Captain.
 1795(20) Napoleon is named general de division.
 1796(27) Napoleon is named General in Charge of the Army of Italy.
1798(20) Napoleon leads a French expeditionary force into Egypt.
 1798(28) French soldiers discover the Rosetta Stone.
1799(31) Napoleon becomes First Consul (Provisional Consul).
 1802(22) Napoleon named Consul for life.
 1814(4) Napoleon abdicates and is exiled to Elba.
 1815(45) March to Paris. The "100 days". Exponent to Santa Helena.
 1821 Napoleon Bonaparte dies.

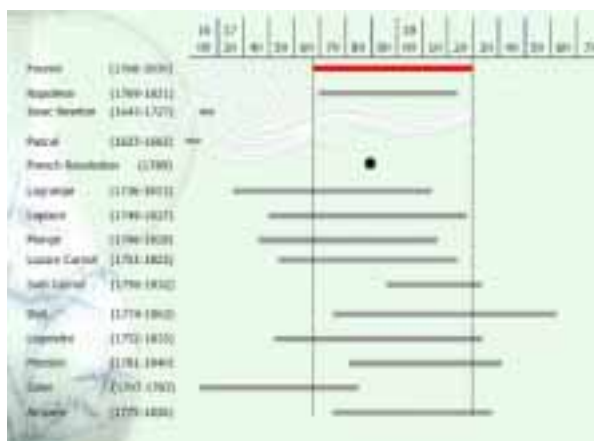
• **Fourier's work in Egypt**
 - A memoir upon the general solution of algebraic equation
 - Researches on the methods of elimination
 - The demonstration of a new theorem of algebra
 - A memoir upon indeterminate analysis
 - Studies in general mechanics
 - A technical and historical work upon the aqueduct which conveys the waters of the Nile to Cairo
 - Reflections upon the taxes
 - A plan of statistical researches to be undertaken with respect to the State of Egypt
 - An intended exploration of the site of the ancient Memphis and of the whole extent of burial places.
 - A descriptive account of the revolutions and manners of Egypt from very early times
 - A description of a machine designed to promote irrigation and which was to be driven by the power of wind.

• 1793(25) Involved in politics.
 Joined the local Revolutionary Committee
 Attempted to resign from the committee, but failed
 • 1794(25) Arrested and imprisoned, and released
 • 1794(26) Nominated to study at the Ecole Normale in Paris (teachers' institute)
 • 1795(27) Studied at the Ecole Normale and taught by Lagrange and Laplace
 Taught at the College de France.
 Excellent relation with Lagrange, Laplace and Monge.
 Appointed at the Ecole Centrale des Travaux Publics (later Ecole Polytechnique) under the direction of Lazare Carnot
 Arrested, imprisoned and freed

His works in Grenoble also include :
 - The operation to drain the swamps of Bourgnin.
 - The construction of a highway from Grenoble to Turin
 - The work on the Description of Egypt

• 1795(27) Back to teach at the Ecole Polytechnique (Sept. 1st)
 • 1798(30) Joined Napoleon's army to Egypt as Scientific Advisor with Monge and Malus
In Egypt, Fourier
 - Acted as an administrator in French type political institutions.
 - Published educational facilities.
 - Carried out archaeological explorations.
 - Found the Cairo Institute and became the Secretary to the Institute.
 • 1801(33) Returned to France
 Resumed Professor of Analysis at the Ecole
 • 1802(34) Asked by Napoleon to serve as the Prefect of the Department of Isere Grenoble.





January 2nd, 1810

The Paris Institute set the 1811 mathematics prize on the subject of the propagation of heat in solid bodies to be in by 1811 October 1st :

"Give the mathematical theory of heat and compare the result of this theory with exact experiments."

Fourier submitted the 1807 memoir with additional work on the cooling of infinite solids and terrestrial and radiant heat.

Award(Committee) Committee:
- Lagrange, Laplace, Monge, Huy and Legendre

Work on the theory of heat
"On the Propagation of Heat in Solid Bodies"
- 234 pages of book, the Institut de France in Paris -

- Read to the Paris Institute on December 21st, 1807
- 1804(36) – 1807(39) in Grenoble and probably during in Egypt
- Review Committee : Lagrange, Laplace, Monge and Lacroix
- Results: *Highly original mathematical analysis of physical phenomena outside the terms of reference of Newton's law of gravitation, heat*
- Lagrange and Laplace in 1808
Fourier's expansion of functions as trigonometric series
- *Sicot*
Derivation of the equations of transfer of heat
- Reference to 1807's 1809 copies

"This work contains the true differential equations of the transmission of heat, both in the interior of the bodies and at their surface and the novelty of the crown this work, observing, however, that the manner of arriving at its equations is not free from difficulties and its analysis of integration still leaves something to be desired, both relative to its generality and on the side of rigor."

"...The author of this paper is the Baron Fourier, Member of Legion of Honour, Baron of the Empire."

The prize was **awarded to Fourier**, but with criticism : Good work to be crowned to **fit the class of the Institute**, but something further needed on the score of generality and rigor. No publication in the journals of the Institute.



- 1768 Napoleon Bonaparte was born.
- 1785 At age nine, Napoleon is sent to Collège militaire royal de Brienne in Paris. While there, he distinguishes himself by his taste for mathematics and geometry.
- 1785 Napoleon enters l'École militaire royale de Paris in Paris.
- 1785-1786 Napoleon becomes second lieutenant.
- 1786-1787 French Revolution
- 1787-1788 Napoleon promoted to Captain
- 1789-1790 Napoleon is named general de division
- 1794-1795 Napoleon is named General in Charge of the Army of Italy
- 1798-1799 Napoleon leads a French expeditionary force into Egypt.
- 1799-1801 French soldiers discover the Rosetta Stone.
- 1799-1801 Napoleon becomes First Consul (Premier Consul).
- 1802-1803 Napoleon named Consul for life
- 1814(65) Napoleon abdicates and is exiled to Elba.
- 1815(46) March in Paris. The "100 Days". Departed to Santa Helena.
- 1821 Napoleon Bonaparte dies.



↑ Fourier, *Théorie analytique de la chaleur*, Chap. II and IV.
 ↓ It may also be verified that $\alpha(x, 0)$ and $\beta(x)$ are continuous at $x = \frac{L}{2}$ for $t > 0$, so they should be also the only locus a continuous curve. They could not be continuous there when $t = 0$.
 † Fourier, *loc. cit.*, §§ 107-111.

- The French Revolution (Described by G. Cuvier (1769-1832))
 - Reconstruction with demolition
 - Practical popularization of science and to establish its educational and technical importance
 - The Memoirs of the Academy: confined to the measured and concise statements of facts or to theories capable of mathematical verification and treatment.
 - Defense and Patriotism:
 1. Cuvier and many other mathematicians and scientists
 - New approach of manufacturing, national education
 - Existing academies and colleges, organized a system of public instruction
 - Professors and officers
 - A great number of students studied the different branches of knowledge and the art of teaching under the greatest masters.

What made Fourier's interest and motivation in heat propagation?

- Grenoble and Egypt (?)
- In 1736, Academy of Science of Paris had proposed "the Study of the nature and the Propagation of Fire" as the subject of a prize essay. Euler was crowned with two others.
- Napoleon favored the mathematical sciences and created prizes for physical discoveries.
- Earlier Work
- The French Revolution

- In the 19th century
 - The revolutionary transformation of the traditional scientific disciplines into the exact sciences : mathematization of sciences, electricity, magnetism, mechanics, light, heat
 - Method of approach to formulate :
 - Facts and underlying causes
 - Facts and observations

- Lagrange's Memoir on "The Nature and Propagation of Sound" (1759)

$$y = 2 \int \sin \alpha x \sin \alpha x \cos \alpha x \sin \alpha x f(x) dx$$

$$+ \frac{2}{\alpha x} \int \frac{1}{x} \sin \alpha x \sin \alpha x \cos \alpha x f(x) dx$$

where, $f(x)$: initial displacement, $F(x)$: initial velocity

at $t=0$ $f(x) = 2 \sum \sin \alpha x$

$$A_n = \int \sin \alpha x f(x) dx$$

Why Lagrange missed?
 The object of Lagrange was to obtain the functional solution, not the coefficients!

- Publications by Fourier, 1820-1829

Light & Wave Motion	2
Heat	3
Mathematics and Mechanics	16
Total	21

Among 295 paper published by 14 scientists including Laplace, Fourier, Arago, Biot, Poisson, Ampere, Dulong, etc. in the period of 1820-1829, 30 papers are related to Heat (10%).

Fourier

- Theoretical and experimental physicist
- Mathematician
- *Theorie Analytique de la Chaleur*
 - On December 31st of 1807, 234-page work
 - On 1822, 433 articles in 541 pages

Heat Propagation

"But whatever may be the range of mechanical theories, they do not apply to the effects of heat. These make up a special order of phenomena, which cannot be explained by the principles of motion and equilibrium. We have for a long time been in possession of ingenious instruments adapted to measure many of these effects; valuable observations have been collected; but in this manner partial results only have become known, and not the mathematical demonstration of the laws which include them all."

6. All motion of heat depends on temperature differences

1. Power of bodies to contain heat
2. Power of bodies to receive or transmit heat across their surfaces
3. Power to conduct heat through the interior of their masses

The Theory of heat

- 1807 "On the Propagation of Heat in Solid Bodies"
- 1822 "Theorie analytique de la chaleur"
- 1824 Sadi Carnot
- 1840 James Prescott Joule (1818-1889)
- 1842 Julius Robert von Mayer (1814-1878)

Fourier's achievements are

- Outside the scope of rational and celestial mechanics
- Theory of functions and representation as trigonometric series
- Mathematical analysis of physical phenomena
- Novel treatment and application of linear differential equations to nontrivial boundary value problems with separable spatial and temporal variables
- To distinguish between two kinds of physical behavior – action at an interior point and action on a surface boundary
- Equations in a coordinate system appropriate to the problem
- Explicit statements of initial conditions

Fourier

- Elegant writer
- Master of good style
- Almost no grammatical flaws

"To found the theory, it was in the first place necessary to distinguish and define with precision the elementary properties which determine the action of heat. I then perceived that all the phenomena which depend on this action resolve themselves into a very small number of general and simple facts; whereby every physical problem of this kind is brought back to an investigation of mathematical analysis. From these general facts I have concluded that to determine numerically the most varied movements of heat, it is sufficient to submit each substance to three fundamental observations. Different bodies in fact do not possess in the same degree the power to contain heat, to receive or transmit it across their surfaces, nor to conduct it through the interior of their masses. These are three specific qualities which our theory clearly distinguishes and shows how to measure."

Joseph Fourier, 1822

Unfavorable receptions

- Rigorous proof for convergence
- Lagrange's and Euler's earlier work
- Scientific rivals
- Isolation from Paris and no regular intellectual contact
- Political and administrative duty

Fourier's Experimental Work

- Conducted experiments in the period of 1806-1807
- In his 1807 paper,
 - Steady thermal state in annulus
 - Heat diffusion in annulus
 - Heat diffusion in sphere
 - Comparison between sphere and cube on the rate of cooling
 - Error and response of thermometers
- Mercury thermometer: 0°R (Réaumur scale) - 30°R
- Heating with Argand lamp
- Time : 3 different clocks - 9h21m, 9h21m, 9h 30m
- Room temperature : 15°R or 20°R

After Fourier

- **Fourier Series**
 - Poisson
 - Cauchy
 - Dirichlet
 - Riemann
- **Fourier's law**
 - Ohm's law (1826) $I = \frac{1}{R} E$
 - Fick's law (1855) $m = -D \frac{dc}{dx}$
 - Kelvin

the ring (see figure 2), δ is the perimeter of the section whose area is δR , the coefficient k measures the external conductivity, K the internal conductivity, C the specific capacity for heat, D the density. The line mn represents the mean circumference of the section, or that line which passes through the centers of figure of all the sections; the diameter of a section from this circle is measured by the arc whose length is πr ; R is the radius of the mean circumference. It is supposed that on account of the small dimensions and of the form of the section, we may consider the temperatures at the different points of the same section to be equal.

Conclusion

- Fourier
- Grenoble

Table 1. Experimental results for heat conduction

Exp.	Year	Material	Thickness	Area	Temp. diff.	Heat flow	Calculated
1	1806	Iron	0.012	0.0001	100	0.0001	0.0001
2	1806	Iron	0.012	0.0001	200	0.0002	0.0002
3	1806	Iron	0.012	0.0001	300	0.0003	0.0003
4	1806	Iron	0.012	0.0001	400	0.0004	0.0004
5	1806	Iron	0.012	0.0001	500	0.0005	0.0005

Jean Baptiste Joseph Fourier

「プロメテウスの贈りもの」こぼれ話 (3)

Gleanings of "Prometheus's Gift" (Part 3)

エデュケーション Q

相原 利雄 (東北大学名誉教授)

Toshio AIHARA (Professor Emeritus of Tohoku University)

5. 知的財産権について (つづき)

5.1 著作権

5.1.1 著作権とは

著作権は、著作権 (財産権) と著作者人格権とに大別される。研究者の多くは、常識として著作権に関する概略の知識は有しているが、著作者人格権については意外に無関心であることが多い。また、産業財産権 (工業所有権) は登録しなければその権利を生じないが、著作権は著作物を創作した時点で自動的に権利が発生するので、注意が必要である¹。

著作権の侵害は犯罪である。私の知見する限り、著作権法はほとんど毎年の様に改正され、罰則は 5 年以下の懲役または 500 万円以下の罰金であり、法人等が侵害した場合は 1 億 5 千万円以下の罰金になっている。従って、侵害の懸念がある時は、著作権情報センター²や専門家に相談した方がよい。著作権情報センター (CRIC) は、東京オペラシティタワーの 11 階にあり、簡潔な資料を多数備えてあって、相談にもものってくれる。

私自身は以下の様にしてきた。すなはち、原著者に転載の許諾を求めるべきか否かについて迷う時は、躊躇なく原著者に許諾を求めることにしている。この行為が、自身の知己を広めることにもなり、相手方にも好感を与えることにもなる。私の経験では、多くの場合、引用・転載時に原著者の氏名と出典 (原著作物) を明記する旨を約束し (原案同封)、かつ礼を失せぬやり方で許諾を求める限り、拒否されたことは一度もない。

¹例えば、院生の研究報告などを、教官や先輩が当該院生の同意なしに改ざん・発表すれば、舐触する虞 (おそれ) がある。

²社団法人。URL : <http://www.cric.or.jp> なお著作権関連団体は、主なものだけでも本邦に 22 以上ある。まず CRIC を訪れる事から始めるとよいのではないか。

むしろ、原著者は喜んでくれた場合が多い。思いのほか許諾の返書が遅れたのは、数回の転送の末に、原著者の未亡人 (カナダ) から転載許諾と引用の礼状を頂いた一例だけである。

一方、著作権侵害を気にしつつ執筆する事は、研究者にとって精神衛生上負担だ、と言う意見があるかも知れない。しかし人類の歴史の中で、著作権のなかった時代が如何に不条理であったか、そして多くの人々の高邁な理念と努力の果てに「著作権保護の法律」が施行された道程を思えば、許諾を得る手間など知れたものである。

5.1.2 著作権保護の法律が制定されるまで

膨大な数の音楽を作曲し、またオルガンやチェンバロの奏者としても著名でもあったヨハン・セバスチアン・バッハ (1685-1750) の生きた時代には、音楽著作権を保護する法律はなかった。そのため、彼の貴重な時間の多くが、貧しい生計を立てるために浪費された。卓越した才能に恵まれた彼にとって、如何に無念な事であったろうか。彼の苦難の人生は、彼自身の妥協を許さぬ性格にも一因があったとは思いますが、それ故にこそ、優れた音楽を創り出せたとも言える。

彼は、最初の妻マリア・バルバラと後添いのアンナ・マグダレーナとの間に 20 人の子をなしながら、そのうち 11 人を亡くしている。最晩年には、自分が確立した音楽 (特にフーガの技法) を後世に遺そうとしたが、楽譜を銅版印刷に出す金の工面ができず、白内障に苦しみながら、自ら銅板を彫ったと伝えられている³。もし、彼の時代に著作権保護の法律があったなら、大バッハは経済的に豊かな生活を送り、

³彼の才能に相応しからぬ貧困は、晩年の彼をして「この世では裕福になれなかった。来世でも豊かになれぬであろう」と嘆かせたそうである。

そして精神性に満ちた名曲をさらに創り続けたであろう。

著作権の歴史については、宮澤溥明（ひろあき）氏による優れた解説書 [1]⁴がある。それによれば、フランスでは 1777 年に演劇の台本や音楽の権利を代行する組織が創設され、その後（1829 年）SACD という著作権協会に発展した。19 世紀に著作権協会が創設されていたのは、イタリア、オーストリア、スペインのみだったそうである。1903 年にドイツでは GEMA が、1914 年には英国の PRS と米国の ASCAP などが、それぞれ著作権協会として創設されていった。

フランス革命（1789～1799）以前、著作物に関する権利は国王の交付する「特権認可状」だけであったが、それすら初期には書籍商や印刷業者の営業独占権を保証する為のものであった。「特権認可状」はやがて著作者にも交付されるようになるが、フランス革命によって廃止の憂き目に会い、著作者の権利を保護する制度は一たん全て消滅する。しかし、そのフランス革命によって、著作権は初めて王の手を離れ、著作権そのものを主眼とする最初の法律が 1793 年に制定される事になる。かくて 1878 年、パリ万国博覧会の折に各国の学者、美術家、文学者、出版者の代表会議が開催され、その決議が 1886 年に著作権に関する最初の国際条約（ベルヌ条約⁵）として実を結ぶのである（以上、文献 [1] より抜粋）。

宮澤は更にその著書 [1] の中で、著作権が確立する以前の作家や芸術家達の悲惨な人生を、静かな怒りを込めて描いている。以下はその一節である。

モディリアニが亡くなった直後の 1920 年 5 月 20 日に、世界で初めて「追求権」が制定された。追求権とは、画家や彫刻家などの美術の著作者とその相続人は、絵や彫刻を譲渡した後にその著作物が転売された場合、売買価格に応じて一定のシェアを受取ることができる権利である。追求権立法の発端になったものは、人道主義的な思想であった。これについて、サロン・ドトンヌ会長のフランツ・ジュルダ

ンは、1931 年、その著述の中で次の様に糾弾している。

「金に困って苦しみながら死んで行ったシスレーの未亡人は、飢え死にしないために、夫の友人たちの情けを請わなければならなかった。このことを考えると憤りを感じざるをえない。レピーヌの夫人は、子供たちの日々のパンを得るために、老後になっても野菜の行商をしなければならなかった。ルノワールは、1000 フランで売ってしまった肖像画が 10 万フランで転売されるのを腕組みして見ていなければならなかった。セザンヌ、ドーミエ、モンティセリ、マネ、メロン、ドガ、ゴーギャン、ロートレック、ピサロ、ゴッホ、その他にも多くの画家は、取るに足りないはした金で絵を売っている。彼らの絵は、抜け目ない仲買人によって目がくらむような高い値段に吊り上げられている。」と。

5.2 産業財産権

5.2.1 産業財産権を取り巻く環境

産業財産権（工業所有権）とは、特許権、実用新案権、意匠権、商標権などの総称である。

本章冒頭で触れた専門委員制度は、専門分野の知識経験を豊富に有する専門委員（大学教授、企業の研究者など）が、技術的に難解な訴訟において争点の整理等に関与し、専門的知見に基づく説明を行い、裁判官をサポートして、審理の充実と合理的期間内の解決を目指すものである。特定の訴訟手続に専門委員を指定する際は、当該委員の大学や企業における実績、経歴などを訴訟当事者に公開し、手続の透明性が図られている。

また、職務発明と対価に関する特許法 35 条は改正され、本年 4 月に施行を見た。この 35 条問題については、既に新聞・ネット・新刊書等で詳しく解説されているので、本稿では割愛する。

むしろ、諸々の資料を読みあさるうち、産業財産権を取り巻く環境とその位置付けが、思ったほど単純ではない事に気付いた。本項ではそれらの問題について触れておきたいと思う（以下、東北大学流体科学研究所の同窓会紙「流友会会報」掲載の拙稿 [3]⁶より転載）。

現在、大学や研究機関では知的財産の蓄積が強く求められているが、発明した特許をどう産業に生かすかが問題である。私の経験では、発明についても

⁴同書は、味わい深い「あとがき」で終わっている。この書を読み終えて頁を閉じた時、かつて上平 恒氏の「水とは何か」[2]を読み終えた時と同じ感動を覚えた。いずれも穏やかな筆致ながら、その奥に世の不条理を指摘する毅然としたものが感じられたからである。

⁵この条約の時点で、「創作されると同時に著作権が成立する」と言う思想が確立している。

⁶ただし、「知的財産権」の語は「産業財産権」と読み替え願いたい。

アフターケアが必要なのである。

また今後は、教職員の発想ばかりでなく、院生や学生のアイデアに基づいて発明がなされる事も多くなるに相違ない。その場合、特許申請時にアイデアを提供した院生や学生が「発明者」として併記されていないと、いわゆる「知財ハラスメント」問題が起きる虞（おそれ）がある。

さらに従来の特許法では、大学や公的研究機関での研究には、例外的に特許権が及ばないとされていた。しかし大学の法人化で、利益の追求が奨励され、企業との共同研究や人事交流が密度濃くなって来ると、研究機関といえども特許の無断使用に制約が設けられる可能性がある。

一方、世界に目を転ずると、更に複雑な問題が山積している。例えば、知的財産の審査基準とその保護は、国毎に異なっているのが現状である。そこで、国際的な特許の審査協力と相互承認をはかろうと、最近開催された世界知的所有権機関の総会では、審査基準の統一が論議された。しかし、先進国と発展途上国との間で利害が対立し、新たな問題も生じているようである。

古くから「生活の知恵」として認知されて来た伝承技術について、そのメカニズムや成分が現代の科学的分析で解明され、先進国から「特許」として申請された場合、その新規性の判定は単に技術的視点だけでなく、民族の生存権や独自性とも絡み、簡単に正解が出せない場合も多いと思われる。特に農産物やバイオ関係では、一層問題は複雑化するであろう。これらの諸問題を含め、科学技術と知財保護の両立は、21世紀に我々が解決しなければならない重要かつ複雑な問題である。

5.2.2 発明・考案の登録

私は、昨年4月1日付で最高裁の任命を受け、東京高等裁判所の専門委員に就任した。専門委員の選考に先立ち、発明業績も資料として提出したが、四十数年前からの出願・登録の記録を追跡調査する事は、実に大変な作業であった。四散した資料を探し廻り、昔の職場に尋ねたりし乍ら、何とか信頼できる資料を纏め終えた。

かつて企業に8年ほど勤めた事もあって [4-6]、国内特許18件、実用新案31件、外国特許6件が登録になっていた。その大半は企業にいた頃の発明で、当時の職務発明は自動的に勤務先に帰属する社内規定になっていたから、今なら昼飯1回で終えてしま

う様な報奨金しか貰えなかった。

試みに当時の申請・登録の履歴から登録率（＝登録件数／出願件数）を求めると、平均70%になる。この数値が高いか低いかは、何処に視点を置くかで評価が分かれるであろう。また、この数値は私個人のもので、一般性がある訳ではない。さりながら、発明の成果を求められ、日夜精励されている伝熱学会員に些かの参考になればと、敢えて披露する次第である。

当時、特許・実用新案の申請書（登録出願）は、発明者自身が特許部員の助言を受けつつ原案を作成する方式⁷をとっていた。後には、申請書の作成を弁理士にはほぼ一任する様になったが、その場合の登録率はほぼ100%であった。それなら、申請書の作成は全て弁理士に一任すればよい、との意見が出そうだが、必ずしもそうは思わない。

発明と言うものは、アイデアが浮かんだ時点では、それが出願に値するか、さらに登録にまで漕ぎ着け得るか、と言う事は未知である。従って、経費を払って弁理士に依頼するとなると、必然的に数あるアイデアの中から、実を結びそうなものだけを選ぶ事になる。その結果、弁理士に出願依頼した発明の登録率は、当然高くなる。

また、通常の学術知識で判断できるレベルの発明なら、申請前に可否を選別しても問題はないであろう。しかし、科学技術の常識を超える様なレベルの場合⁸、あたら珠玉の発明を捨てて仕舞う虞（おそれ）がある。それに加え、私の場合は、申請書を書いている最中に次々と応用・変形のアイデアが湧いて来るので、申請書作成の醍醐味も捨て難い。ただし、出願後に異議申立や拒絶査定を受けた場合には、弁理士の力を借りなければならない。

要するに、経費的に余裕があり、登録率のみに着目すれば、専門家の弁理士に申請を依頼するのが得策であろう。その場合、珠玉と凡石とを選別する作業に、発明者以上に鋭い感性を持つ者の助けが必要である。言い換えれば、発明審査会（仮称）のメンバーには、地位や経験豊かな者だけでなく、鋭い感性を持つ者も加わるべきだ、と言う事である。感性そのものは天与のもので、教育で培える才ではない。

⁷ 後日、特許部員が特許庁向けの申請書式に合わせ、字句の修正等を行った。

⁸ 例えば、西沢潤一先生の光通信デバイスの発明。

と信じるからである。

次に、自分で申請書原案を作成していた頃の登録率を発明対象で分類すると、表1の様になる。

表1 発明対象による登録率(筆者の場合)

発 明 対 象	登録率 [%]
無整流子直流電動機	86
熱交換器, 放熱器	78
ポンプ等の給水装置	78
空気調和装置, 熱関連機器	52
熱電素子, 熱電冷却機器	50
その他	50

私の専門である機械工学分野の発明考案が、登録率一位でない事を奇異に感じるかも知れない。これには理由がある。

無整流子直流電動機は、他励型トランジスタ弛張発信回路を導入した電動機で、当時としては超高速回転の10万rpm以上を開発目標としたものであった。これは、電気工学を専門とする研究員と私との共同発明である。発明は最先端ないし未開分野の技術に関わるものであるから、ある意味で自分の専門知識が足枷となり、先入観や常識から飛び出せない虞(おそれ)がある。この点、全く異分野の研究者同士が協力しあう事によって、常識を超えた発明がなし得る可能性が高い。新分野の開拓には、他花受粉が有力な手段であろう。

熱電素子や熱電冷却関係の登録率が最下位なのは、ペルチェ素子が当時最先端分野だったからである。発明の「公開」がなされるや、競合各社から「異議申立」の集中砲火を浴びたが、それでも生き残ったのが、登録率50%と言う事である。

最後に、登録率を上げる為に私が行った事を紹介し、本項を終えたい。登録率を上げるには、まず発明自体に独創性のある事は必須だが、同時に、どの様に説得力ある出願書類を書き上げたか、に掛かっている。「審査は人がやるのだ」と言う事を常に意識する必要がある。申請者は書面で発明の効用を訴え、審査官は書面でその新規性・進歩性を判断するのであるから、その仲介をなすものは言葉であり、文章力である。私の登録率が高いとすれば、それは本稿第2話で触れた「人を惹き付ける表現」に負うところが大きいであろう。

6. あとがき

拙書「プロメテウスの贈りもの」[7]を出版して間もなく、産経新聞の科学欄と河北新報の「新刊抄」欄において、夫々好意的な書評を頂戴した。

また、飛騨の「森林たくみ塾」の主宰者からは、『身近に起きる色々な現象がこんなに容易に理解できるとは、思ってもいませんでした。木工と言う職業柄、広い板を削っていると、やがて鉋(かんな)が板を上滑りして削れなくなる事がよくあります。そんな時、暫く間を置いて鉋が冷えてから削ると、また削れる事があるのです。「日本刀を作る」の章を読んで、刃先が摩擦熱(の熱膨張)で内に反り、カカリの悪くなった鉋が、冷却で反りが直り、再び鋭い切込みが復活する事に気付きました』と丁寧なお手紙を頂いた事がある。

他の職種の方々からも、「自然の不思議さと、先人の知恵の凄さを垣間見た思いです」とか、「こんな難しい事が私に解って仕舞ってよいのかしら、と思った」との有難い声を聞かせて頂いた。以上の反響から、本稿第1話の2章で述べた私の意図は、幸いにほぼ達し得たものと思っている。

70歳を過ぎる迄は、「人生とは…」なぞと偉そうな事を言うのは極力避ける様にしてきたが、とうに古稀を過ぎたので、本稿では、気の向くままに筆を執らして頂いた。言葉の過ぎた処はお許し願いたい。

最後に、拙稿の編集でお手数をかけた現編集出版部会長の吉田英生先生と、前編集出版部会長の高田保之先生に深謝申し上げる。

参考文献

- [1] 宮澤溥明, 著作権の誕生(フランス著作権史), 日本ユニ著作権センター, 太田出版(1998).
- [2] 上平 恒, 水とはなにか(ミクロに見たそのふるまい), 講談社(1984).
- [3] 相原利雄, 東北大学流体科学研究所「流友会会報」, 第16号(2004).
- [4] 相原利雄, 伝熱研究, **36-142**(1997)12-14.
- [5] 相原利雄, 低温工学, **32-10**(1997)466-472.
- [6] 相原利雄, 日本機械学会論文集B, **64-627**(1998)3527-3529.
- [7] 相原利雄, プロメテウスの贈りもの(暮らしのなかの熱), ポピュラーサイエンス 247, 裳華房(2002).

中国の熱関連学会活動－第11回中国工程熱物理学会に出席して－
Activity of Chinese Thermal Engineering Societies

庄司 正弘 (産総研)
Masahiro SHOJI (AIST)
e-mail: shoji.m@aist.go.jp

平成17年11月3日～7日、北京市郊外にある華北電力大学北京校舎で開催された第11回中国工程熱物理学会に招待されて出席した。この会議は中国の熱関連の諸学会の全体会議・連合講演会と呼べるものであり、4年毎に開催され、本年の会議参加者は約1200名、発表された論文数約1000(内伝熱関係は約400)という規模の大きな会議である。この工程熱物理学会に所属する学会(分野)は次の7団体(分科学会と称する)である(以上はいずれも和文標記)。

1. 熱力学分科学会
2. エネルギー分科学会
3. エンジン分科学会
4. 熱物質移動分科学会
5. 多相流分科学会
6. 燃焼分科学会
7. 流体機械分科学会

これら分科学会は我が国で言えば、伝熱学会、混相流学会、燃焼学会、熱物性学会、流体力学会等の他、日本機械学会、日本化学工学会等々学会の熱工学部門や委員会に対応するものであり、工程熱物理学会はこれら熱関連学会の連合会議であって我が国にはないタイプの会議である。考うるに、我が国の諸学会においても熱工学という共通の学術領域を扱っている以上、共通の問題や課題があるはずであり、この中国の会議方式は我が国においてもあるべき種類のものと言えるかもしれない。

会議の初日は全体会議であり、2日目から4日目は各分科学会の講演会であった。初日の全体会議では、開会式に続き学会執行部の総括報告、海外招聘者の基調講演、政府関係者特に研究費交付部署代表の挨拶がなされた。開会式では中国における熱分野の重鎮である王朴宣清華大学教授ほか院士、学会会長・副会長(諸分科学会長)が壇上に並び、一方フロア側は数百名の若い研究者・大学院生が控え壮観であった(右下写真参照)。

周知のように中国は現在、経済的・社会的に目覚しく発展している。2年後のオリンピックの開催がこの追い風となっている。大学状況、学術研究においても、西欧で活躍する人材の帰還を促進して陣容の充実を進め、また政府の研究費交付金も近年は年々著しく増している。科研費に相当する研究費交付の採択率は約50%、1件あたりの平均交付額は昨年度、日本円で約170万円とのことであった。この額は我が国と比べ決して大きなものではないが、年々30%ほど増加しているとのことであり、あと数年もすれば先進国のそれに匹敵するようになると予想される。文化大革命という特殊事情があつて、現在40歳半ば以下の世代が研究活動の主体を担っており、人材は豊富で強力である。国内の研究者、学会のまとまりも良くなっている。国内会議も参加者、論文数とも年々目覚しく増加している。実際、最近の国際誌を見れば、中国人研究者の論文・共著論文の多さに驚かされる。今回の会議では、中国は学術的には未だ発展途上にあり、西欧先進国から学ぶべきことが多いとの総括があつた。しかし、熱工学、伝熱分野にあつても、近未来に中国が我が国にとって強力なライバルとなることは間違いなく、我々も良い意味でのコンペティターとなれるよう、相応の覚悟と対策が急務となっているように思われる。



全体会議・開会式の写真

CHE2005 会議報告

Report on the 5th International Conference on Enhanced,
Compact and Ultra-Compact Heat Exchangers

宮崎 康次 (九州工業大学)

Koji MIYAZAKI (Kyushu Institute of Technology)

e-mail: miyazaki@life.kyutech.ac.jp

昨年末に他の会議で顔を合わせた石塚先生 (富山県立大) から、「日本から現段階でも結構な数の申し込みがあるから、来て見ない？」とのお誘いを受け、今年9月11日から16日までカナダのウィスラーで開かれた熱交換器の国際会議 (The 5th International Conference on Enhanced, Compact and Ultra-Compact Heat Exchangers: Science, Engineering and Technology) に出席してきました。国際会議となるとつい足が重くなってしまうので、お誘いを受けて本当によかったと思っています。さて会議では熱交換器のものづくり的な話から、その学術的な内容まで幅広い発表があり非常に勉強になりました。

この国際会議は、1997年から今年まで2年ごとに行われており、今年は5回目にあたっていました。Engineering Conferences International 主催の会議の特徴と思いますが、本会議も80~90人程度が出席、発表会場を一つに集中して行われる会議でした。このような会議では、専門の近い研究者が交流を深めることができる利点が挙げられるように思います。実際に出席者同士が昔からよく知っているメンバーだったようでした。「ようでした」というのは、わたしにとって熱交換器は慣れない分野であり、日本からの研究者を除いて直接の面識はない先生ばかりでした。今回の会議出席を通してキーパーソンと交流が持てたのは、なによりもの収穫でした。出席者は、およそ半分が大学・研究所から、もう半分は産業界からの出席でした。国内の学会でもそうですが、産業界からの発表は、研究の目標に具体的な数字を挙げて明確に述べられていて、研究がわかりやすいだけでなく、自分が今後研究を進めるためにも良い参考になりました。そのような発表の中にはそんな開発の核心部分まで話してしまっよいかと思わされる興味深い発表や、そんな加工ができてしまっよいかと驚かされる発表も多々ありました。会議



Fig.1 ポスターセッションの様子



Fig.2 観光化が進むウィスラーの町並み

の Chair である Ramesh K. Shah 教授, Co-chair の石塚 勝教授, Thomas M. Rudy 氏, Vishwas V. Wadekar 氏の手腕でアメリカ, 日本, 韓国, インドを中心にヨーロッパからの発表も含め、実に16カ国からの68件の発表があり、文字通りの国際会議でした。発表者の年齢層も幅広く、Ph.D をとったばかりというドイツの研究者や鈴木先生 (東京理科大) の研究室からは修士学生による発表と若手の発表も見られました。余談になりますが、先のドイツの研究者は空港で荷物がなくなってしまったため、急遽発表原稿を学会中に作り直したとのことでした。初めての海外発表と言っていたよ

うにも記憶していますので、彼にとっては忘れてたい学会になったのではないのでしょうか。それにしてもそういったトラブルを感じさせないすばらしい発表でした。

会議では、あまり意識はしてなかったのですが日本からの発表が印象に残りました。初日のキーノートでは吉田、岩井両先生（京都大学）の燃料電池の熱管理における熱交換器の重要性、笠井氏（ダイキン）のエコキュートでの熱交換器の研究発表、姫路氏（防衛庁）からは戦車の熱管理技術に関わる熱交換器の話など、コンピューター冷却に限らず様々なところでコンパクトな熱交換器が必要とされていることを知ることができました。さらにポスターセッションでは、まさにマイクロな熱交換器がイギリスのリバプール大学から発表されていました。レーザーの焦点を絞って合金を溶かしマイクロチャンネルを積層して作り上げるそうで、 $100\mu\text{m}$ 程度の3次元構造を金属で任意に作れるとのことでした。このような作製技術は熱交換器に限らず MEMS をはじめとして様々なところに応用できるのではないかと強く記憶に残っています。

ところで私にとって今回は、ウィスラーどころかカナダを訪れたのが初めてで、ウィスラーがどこにあるのかも知らないまま会議の申し込みをしたような始末でした。ウィスラーは、東海岸バンクーバーから車で2時間ほどのところで非常に景色の美しい山間の小さな町でした。狭い町であるにかかわらず日本人をよく見かけまし、決してアクセスしにくい町ではないので、私が知らないだけで観光地として有名なのかもしれません。2010年のバンクーバー冬季オリンピックの際には、アルペンスキーやボブスレーの会場になるとのこと、新しいホテルの建設も見ることができました。元々、スキー場として開発が進めてられてきたようですが、そのような状況の下、夏ではマウンテンバイクやバギーが楽しめたり、氷河ツアーやヘリコプターで上空から山の自然が楽しめるなど、観光化がどんどん進められている印象を受けました。会議3日目の午前中には、フリータイムが設けられていましたので、他では楽しめそうにない氷河ツアーに挑戦してきました。ガイド1人と私の2人で半分雪山登りのような感じで、宣伝文句の手軽さとは異なる過酷なツアーに途中で後悔を



Fig.3 ウィスラー近くの湖



Fig. 4 オリンピックの準備が進むウィスラー



Fig. 5 氷河の後退の様子。ガイドによると 10年前は、写真中心に見える小屋のところまで氷河があったとのこと。

感じたものの、終わってみればよい経験になりました。ガイドによれば、ここ10年で氷河が高さにして5mほど後退しているとのこと、地球温暖化を実感することにもなりました。

CHE2005に参加して、熱交換器を勉強できたことだけでなく、多くの著名な国内外研究者と交流できたこと、大自然を経験できたことは非常によい経験となりました。

関西支部, FILGAP 委員会共催

“古都 奈良” 伝熱セミナー
—産学連携による新産業の創成— 実施報告

Report on Heat Transfer Seminar in Nara
- Creation of New Industries by Cooperation between Industry and the Academic World -

森 幸治 (大阪電気通信大学), 澤井 徹 (近畿大学)
Koji MORI (Osaka Electro-Communication University), Toru SAWAI (Kinki University)
e-mail: k-mori@isc.osakac.ac.jp, sawai@waka.kindai.ac.jp

1. はじめに

真夏の暑さが少し和らぎ始めた9月9日(金), 10日(土)の2日間に渡って, JR奈良駅前にある公的なコンベンション施設(9日:奈良市男女共同参画センター, 10日:なら100年会館)で伝熱セミナーを開催した。宿泊および懇親討論会には, セミナー会場と同一建物内にあるホテル日航奈良を利用した。当日は天気にも恵まれ, 80名(一般69名, 学生11名)という多くの方々にご参加いただき, 充実したセミナーになった。

今回のテーマは, 産学連携による新産業の創成である。従来から, 産学連携のあり方や知的財産権などに関して多くの議論がなされてきた。そこで本セミナーでは, 産学連携をどのようにして新たなビジネスや産業の創成に結びつけるかという応用面に重点を置くことにした。いわゆる, “どうやったら, もうかりまっか?”という人間の欲望に迫る話である。この話題はスケールが大きいので, 産業界の方々の参画が不可欠であると考え, 産業界を中心に活動されているFILGAP委員会にも参加いただき, 関西支部とFILGAP委員会の共催でセミナーを実施することにした。

2. 大阪 vs. 奈良

本論に入る前に, 開催場所に関する話をさせていただきたい。関西支部では従来, 京阪神すなわち京都, 大阪, 神戸の3地区が順番で担当になってセミナーを開催してきた。従って, 開催場所もその3地区付近になることが多かった。今年は大阪が担当であるため, 私も最初は大阪で候補地を考えた。しかし, セミナーの目的を私なりに解釈したところ, 日常業務から離れて異なった環境に身を置き, 新しい世界を見ることだと考えた。その方法として, 講演の聴講や, 懇親会での討論・親睦がある。しかし, はるばる講演会場まで出向くのであるから, その土地が持つ文化や歴史からも何かを学べれば, なおさら結構な話である。もちろん, それが日頃の疲れを

癒してくれる安らぎであっても良いであろう。このような背景に私の好みと天の邪鬼さが加わり, 最終的には奈良を選択した。奈良県飛鳥地区は大化の改新によって始めて国家らしい国家が生まれた場所であり, 聖徳太子生誕の地でもある。また, 東大寺や平城京跡といった多くの遺産がある文化都市であるが, 人ごみに紛れることなくゆっくりと散策できる癒しの地である。参加者の方々にぜひ奈良を楽しんでいただこうと奈良の案内を差し上げたところ, 多くの方々が土曜日の午後を奈良の散策で楽しまれたようであった。

3. セミナーの概要

セミナーのプログラムを次ページに示す。本セミナーの構成は, 従来のセミナーに従い, 講師から貴重な話題をご提供いただく講演会と, 個別に討論ならびに親睦を行う懇親討論会の2部構成とした。

3.1 講演会

講演は, 招待講演7件, 一般講演9件の計16件お願いした。招待講演はセミナーあるいは各セッションの基調となる講演であり, 一般講演は応用的な内容の講演という位置づけである。講演件数はこれまでのセミナーと比較してかなり多めであるため, 質疑応答の時間が十分取れないという問題が企画当初から想定されたが, これは懇親討論会の中で十分補えるものであり, 話題が多いことでむしろ活気が出ると考えた。

講演は内容と持ち時間に応じて6つのセッションに分けた。なお, 講師の時間的な都合から, 多少内容の異なる講演を組み合わせたセッションもある。セッション分けの基本的な考えは, 以下の3つである。

- (1) 産学あるいは産官学連携のあり方
- (2) 産学連携あるいは企業連携による新しいビジネスの創成
- (3) 新技術・新商品開発事例の紹介

プログラム

9月9日(金)

●講演会(奈良市男女共同参画センター)

<セッション1> 産学連携による新産業の創成 (13:05~14:25)
 オーガナイザー 武石 賢一郎(大阪大学), 久角 喜徳(大阪ガス)

招待講演 「MOTの重要性ーナノテクビジネスの創成に向けてー」
 関西TLO(株) 専務(元 大阪ガス(株) 本社支配人) 前田 豊広

招待講演 「自今生涯」
 (株)堀場製作所 最高顧問 堀場 雅夫

<セッション2> 産学連携, 企業連携による新規事業の展開 (14:35~16:05)

オーガナイザー 吉田 篤正(大阪府立大学), 森 幸治(大阪電気通信大学)

招待講演 「産業技術総合研究所の産学官連携活動」
 独立行政法人 産業技術総合研究所関西センター 所長代理 上原 斎

「兵庫エコタウンにおける姫路臨海部の取組み」

新日本製鐵(株) 生産技術部 中尾 安幸

「可視光型光触媒の開発」
 住友金属(株) 総合技術研究所 田坂 誠均

<セッション3> 技術とビジネス (16:15~17:35)

オーガナイザー 澤井 徹(近畿大学), 加賀 邦彦(三菱電機)

招待講演 「ビジネスの視点と学会活動」
 シンセイ冷却水システム(株) 代表取締役社長 藤岡 恵子

招待講演 「テクノロジー・リソース・マネジメントと企業経営」
 大阪電気通信大学 教授, (有)ティーエム 代表取締役 竹田 晴見

<セッション4> 新商品開発と技術の伝承 (19:20~20:50)

オーガナイザー 小澤 守(関西大学), 安孫子 哲男(住友精密)

招待講演 「新商品開発への取組み」
 関西化学機械製作(株) 代表取締役社長 野田 秀夫

「航空機業界の技術の伝承」

新明和工業(株) 経営企画室 梶川 悟

「MEMS技術によるモーションセンサー」
 住友精密工業(株) MEMS事業開発室 小巻 賢治

●懇親討論会 21:00~24:00 (ホテル日航奈良)

9月10日(土)

●講演会(なら100年会館)

<セッション5> 新しい産学官連携の構築 (9:00~9:40)

オーガナイザー 武石 賢一郎(大阪大学), 康 倫明(ダイキン)

招待講演 「価値創造型もの創り立国ニッポンに貢献する新しい産学官連携の構築を」
 内閣府総合科学技術会議 議員 柘植 綾夫

<セッション6> 新商品・新技術開発事例 (9:40~11:50)

オーガナイザー 浅野 等(神戸大学), 安田 俊彦(日立造船)

「過熱水蒸気の調理への応用」
 シャープ(株) 電化システム事業本部 門馬 哲也

「ヒートポンプ空調機の北限への挑戦(室外熱交換器の難着霜化)」
 (株)ダイキン 空調技術研究所 吉岡 俊

「燃料電池開発動向」
 大阪ガス(株) エネルギー技術研究所 鈴木 稔

「高性能 HIT 太陽電池の開発」
 三洋電機(株) 技術開発本部 丸山 英治

「バイオマスガス化発電システムの開発」
 カワサキプラントシステムズ(株) プロジェクト開発総括部 山田 健一

以下に各講演の概要を紹介する。

●9月9日（金）

「産学連携による新産業の創成」では、関西TLO・前田豊広氏から、MOTが今後きわめて重要になることを、ナノテクビジネスの創成と関連させて講演が行われた。この中で、将来社会における技術の地位として、独占的支配を打ち破るのは唯一「技術」であり、技術は戦略と合致して初めて威力を発揮することが示された。また、産学連携における企業側および大学側の課題が指摘された。企業側は経営戦略における知財戦略を再定義することで大学のリソースを活用する部分を取り入れることが必要であり、大学側はビジネススタンダードの理解と対応が必要である。今後、イノベーション戦略を日本の競争力の原点として位置づけ、総力でビジョンを作っていく必要があることが述べられた。

学生ベンチャーの草分けと呼ばれる堀場製作所（堀場無線研究所）の堀場雅夫氏からは「自今生涯」の題目で講演していただいた。「現在があるということは、目の前に未来がある。今のこの瞬間、瞬間を大切にし、その瞬間、瞬間にあなたの全てを懸けなさい。そうすることによって、あなたには無限の未来が開かれている。」ベンチャービジネスの草分けであり、技術開発で業界をリードしてきた堀場氏の心意気に会場が引き込まれた講演内容であった。

「産学連携、企業連携による新規事業の展開」では、産業技術総合研究所関西センター・上原斎氏から、産業技術総合研究所概要、関西センターの研究ユニット・関連産業技術、連携制度取り組み、ベンチャー支援制度について、その内容を説明していただいた。新日本製鐵・中尾安幸氏からは、兵庫エコタウンにおける姫路臨海部の産業間連携として、製鉄インフラを利用した廃タイヤ資源循環とエネルギー循環についてその取り組みをご説明していただいた。住友金属・田坂誠均氏からは、可視光型光触媒利用環境浄化部材の開発における企業間連携の実情と性能評価支援・利用技術開発についてご講演いただいた。

「技術とビジネス」では、シンセイ冷却水システム・藤岡恵子氏から、学会は多様な学術情報を効率的に収集するのに適しており、技術革新、新しいビジネス展開のよい契機となり得るものであることが話された。また、大阪電気通信大学・(有)テ

イーエム・竹田晴見氏からは、「テクノロジー・リソース・マネジメントと企業経営」の題目でテクノロジーを財に変えるためのTRM、国内・海外TLOの現状、大学教員および企業側の問題を講師自身の実績と経験に基づいてご講演いただいた。

「新商品開発と技術の伝承・新技術開発事例」では、関西化学機械製作・野田秀夫氏から「新商品開発への取り組み」の題目でご講演いただき、アイデアの出し方や特許の戦略について、大変興味深い話があった。また、開発された技術や装置の実験結果を学会誌などに積極的に投稿することによって需要を開発されており、これも積極的な産学連携の活用であろう。新明和工業・梶川悟氏からは日頃なかなか聞くことができない「航空機業界の技術の伝承」について分かりやすくご紹介いただき、住友精密工業・小巻賢治氏からは「MEMS技術によるモーションセンサー」という題目で、乗り物の姿勢制御に使用されるモーションセンサーの開発動向、性能などの詳細についてご講演頂いた。

●9月10日（土）

「新しい産学官連携の構築」では、内閣府総合科学技術会議・柘植綾夫氏から、真の科学技術創造立国を目指すために、国の投資を科学(文化)振興と技術振興の2本立てに明確化すること、科学振興政策と大学の役割を明確化して経済原理によって科学(文化)を衰退させてはいけないこと、技術振興政策はロードマップが明確な課題に集中すべきことが示された。また、国創りに貢献する科学技術基本計画の策定に向けて、6つの政策目標の説明が行われた。最後のスライドでは、「伝熱学会会員はイノベーター日本創りのリーダーたれ！」と激励をいただいた。

「新商品・新技術開発事例」では、シャープ・門馬哲也氏から「過熱水蒸気の調理への応用」と題して過熱水蒸気調理の利点と調理器の構造などの紹介があった。(株)ダイキン・吉岡俊氏から「ヒートポンプ空調機の北限への挑戦（室外熱交換器の難着霜化）」と題して超撥水処理による室外熱交換器の除霜技術について紹介があり、大阪ガス・鈴木稔氏からは「燃料電池開発動向」について少し踏み込んだ説明があった。三洋電機・丸山英治氏から「高性能HIT太陽電池の開発」について紹介があり、高性能太陽電池の量産体制が整ったことが示された。カワサキプラントシステムズ・山

田健一氏からは、今後益々重要性が増してくると考えられる「バイオマスガス化発電システムの開発」について、詳しくご紹介いただいた。

3.2 懇親討論会

セミナーを計画した当初、9日の講演会が午後1時から9時という長丁場であるため、懇親討論会は長くても2時間程度で“お開き”になると予測し、飲み物や料理の量を設定した。しかし実際には多くの方々が12時まで盛大にご歓談され、60名以上入れる懇親会場が最後までほぼ満席であった。開催側としては想像を上回る盛大さに大変喜んだのであるが、飲食代も想像をはるかに上回る額になり、いささか複雑な心境であった。

懇親討論会の盛り上がりは閉会後も続いたようで、参加者の中には、夜中遅くまで自分の部屋を宴会場として提供された方も少なくないと聞いている。

4. 終わりに

今回のセミナーは、産学連携による新産業の創成、すなわち、産学連携をビジネスに結びつける取り組みについて議論することを意識して企画を行った。幸いにも多くの参加者を得て活発な意見交換が行われ、有意義なセミナーにすることができたと考える。最後に、このセミナーは多くの方々の多大なご協力を得て実現したものであり、ご尽力頂いた方々のお名前を示し、感謝を表す次第である。

●伝熱セミナー開催メンバー

浅野 等 (神戸大学), 安孫子 哲男 (住友精密), 小澤 守 (関西大学), 加賀 邦彦 (三菱電機), 饒 雅英 (川崎重工業), 木戸 長生 (松下電器), 康 倫明 (ダイキン), 黒河 通広 (三洋電機), 澤井 徹 (近畿大学), 柴田 豊 (ダイキン), 武石 賢一郎 (大阪大学), 田坂 誠均 (住友金属), 西村 伸也 (大阪市立大学), 久角 喜徳 (大阪ガス), 森 幸治 (大阪電気通信大学), 師岡 慎一 (東芝), 安田 俊彦 (日立造船), 吉田 篤正 (大阪府立大学)



上原氏の講演 (9日)



参加者から熱心に質問が出された (9日)



柘植氏の講演(10日)



最後まで熱心に講演・討論が行われた(10日)

伝えたいのに... ラジオ中年のひそかな悩み

Heart Transfer

It's so hard to transfer ... Tiny sufferings of a middle-aged radio-mania

山田 雅彦 (北海道大学)

Masahiko YAMADA (Hokkaido University)

e-mail: myamada@eng.hokudai.ac.jp

少年Aがその道に足を踏み入れたのは、いくつかのころだったであろうか。はじめは、身の回りにあるものを分解することから始まっていた（たいへいは、もとに戻すことができずにいたが）。どういう訳か、家には古くなった真空管ラジオや柱時計など、分解するものには不自由しなかった。親にプラモデルを買ってもらっても、作るのが楽しみの半分で、完成した翌日には、中に入っているモータがほしくてバラバラにしていた。ついでにモータも分解していた。ものを分解することを繰り返していると、次第にたいへいのものはどこをはずせばどうなるかがおおよそわかるようになる。

少年Aがラジオに触れたのはやはりゲルマラジオが最初だった。イヤホンから音が聞こえた時の感激は言うまでもない。自分で作ったものが動作するときの感動は、今も昔も変わらないだろうと思う。当時のラジオは、真空管を駆動するため大きなトランスがアルミシャーシに乗っていて、250Vの端子があった。鉛筆の芯につないでシャーシとの間にアークを飛ばして遊んだりした。小学4年生のころ、5球スーパーラジオ（わかってもらえる人がどれくらいいるだろうか？）のキットを買ってもらった（すでに真空管はミニチュア管の時代になっていた）。そのときに一緒に買ってもらったテスターとはんだごては、少年Aのもで約30年近く働いてくれた。

中学校では、アマチュア無線に夢中になった。当時は『趣味の王様』などと言われ、お金をかければきりがなかったが、このときも仲間とアンテナや受信機を自作しては、屋根にのぼって調整を繰り返したものである。いまでは『自作』という言葉は死語になっているかもしれないが、当時はジャンク屋で買ってきた無線機を分解して部品を取ったり、パーツ屋で安売りしている袋詰めのパーツ（電子パーツの福袋みたいなもの）を買ってきてせっせと仕分けしたりして幸せを実感していた。

かくして、ラジオ小僧は中・高校の時期に流行ったロボットアニメに触発され、「人が乗って操

縦するロボットを作りたい...」という願いを抱いて工学系の大学に進学したのだが、どうしたものかロボットとはあまり関係の無い専門に進んでいた。ラジオ小僧の時代から蓄積していった様々なノウハウや技術は研究室では確実に役に立った。どういう巡り合わせか、少年Aは大学の研究室で働くことになり、実験装置の製作や実験についてのノウハウ、様々な計測機器の操作方法などを身につけていった。

話は変わるが、世の中の商売とは実に考えたもので、20年前のロボットアニメシリーズのスケールモデルや、30年前のプラモの復刻版などが次々と販売されている。いい年になり、そこそこの購買力を持つようになったラジオ小僧改めラジオ中年は、格好のカモである。彼らは、懐かしさのあまりつつい（女房に内緒で）買ってしまふ。本や音楽CD、DVDについてもかくの如くで、「今買っておかなければ、次に買おうと思う時には無い」というポリシーのもと、つつい買って積んである。「そのうち時間ができたら...」と眺めて悦に入っていると、次第に部屋に溢れかえってきて、そのうち、一生かかっても作りきれない、読み切れないことを悟るのである。

不惑をすぎても、ラジオ小僧の感性のまま生きているラジオ中年は、自分の感性と周囲の学生の感性に逆ギャップを感じている。いろいろな要因から、実験装置を自分の手で作る機会が少なくなっていると感じる今日この頃、自分が長年の間に身につけて来た技術やノウハウがなかなか伝えられないことや、学生の間でも世代間でノウハウが伝わらないことに、ラジオ中年は焦燥感を感じている。

マニュアルやドキュメントだけでは伝わらないもの、継承されなければそこで消えてしまうものを、どうしたら次の世代に伝えてゆくことができるだろうか。そして、部屋に山積みになっているプラモデルを作る日がいつやって来るのだろうか。

ラジオ中年の悩みは尽きない...

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
2005年						
11月	18(金) ～ 19(土)	九州伝熱セミナー in 湯布院 ～燃料電池と吸着応用～ 日本伝熱学会九州支部主催	'05.11.3		九工大,宮崎康次 Tel: 093-695-6030 E-mail: miyazaki@life.kyutech.ac.jp)	9月号
2006年						
5月	31日(水) ～ 6月2日 (金)	第43回日本伝熱シンポジウム 名古屋国際会議場	'06.1.20	'06.3.13	第43回日本伝熱シンポジウム実行委員会 名古屋工業大学 しくみ領域内 FAX: 052-735-5343, E-mail: nhts43@thermo.mech.nitech.ac.jp HP: http://thermo.mech.nitech.ac.jp/~nhts43/	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
2005年						
11月	5日(土), 6日(日)	熱工学コンファレンス (岐阜大学 岐阜市)	'05.6.10	'05.9.9	〒501-1193 岐阜市柳戸1-1 岐阜大学工学部機械システム工学科 熱工学コンファレンス2005実行委員会 熊田雅彌, 檜和田宗彦 Tel:058-293-2530(熊田),-2531(檜和田) Fax:058-230-1892 URL: http://flame.mech.gifu-u.ac.jp/thermal2005/index.html	
11月	8日(火), 9日(水)	(社)可視化情報学会講習会 「生体・医療における可視化計測技術」 ～可視化情報学会 CPD プログラム (技術士/JABEE 継続教育)～ (日本大学理工学部駿河台キャンパス)	'05.10.31		〒114-0034 東京都北区上十条3-29-20-103 TEL:03-5993-5020 FAX:03-5993-5026 E-mail:info@vsj.or.jp URL: http://www.vsj.or.jp/	
11月	17日 (木),18日 (金)	日本機械学会関西支部 ステップアップセミナー2005 「基盤産業と先端産業における技術経営—ものづ くりによる関西経済の活性化—」 (新梅田研修センター・ホール 大阪市)			〒550-0004 大阪市西区靉本町1-8-4 大阪科学技術センタービル内 社団法人 日本機械学会関西支部 TEL:06-6443-2073 FAX:06-6443-6049 E-mail:jsme@soleil.ocn.ne.jp	
11月	17日(木) ～ 19日(土)	第14回微粒化シンポジウム 「微粒化の可能性への挑戦」 (八戸グランドホテル 八戸市)	'05.9.9	'05.10.17	〒031-8501 八戸市大字妙字大開88-1 八戸工業大学 工学部 機械情報技術学会 教授 大黒正敏 Tel: 0178-25-8044 Fax: 0178-25-2008 E-mail: daikoku@hi-tech.ac.jp	
11月	18日(金) ～ 22日(火)	日本地熱学会平成17年学術講演会 (ウエルハートピア雲仙小浜 長崎県小浜町)	'05.8.26	'05.9.22	〒108-0071 東京都港区白金台3-18-6-103 日本地熱学会事務局 Tel: 03-3473-7290 Fax: 03-3473-7290 URL: http://www.soc.nii.ac.jp/grsj/	
12月	5日(月) ～ 7日(水)	第43回燃焼シンポジウム (江戸川総合区民ホール)	'05.7.15	'05.9.22	〒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 化学シス テム工学専攻内 Tel/Fax: 03-5841-7488 E-mail: sympo43@combustionsociety.jp URL: http://www.combustionsociety.jp/sympo43	
12月	8日(木) ～ 9日(金)	The Fifth International Symposium on Advanced Fluid Information (AFI2005) (東北大学流体科学研究所)			東北大学 流体科学研究所 AFI2005 実行委員 太田 信 Tel:022-217-5309 Fax:022-217-5311 E-mail:ota@fmail.ifs.tohoku.ac.jp	
12月	8日(木) ～ 9日(金)	日本機械学会関西支部 第280回講習会 「実務者のための熱流体計測 (演習・計測機器のデ モ付き)」 (大阪化学技術センター 大阪市)	'05.12.2		〒550-0004 大阪市西区靉本町1-8-4 大阪科学技術センタービル内 社団法人 日本機械学会関西支部 TEL:06-6443-2073 FAX:06-6443-6049 E-mail:jsme@soleil.ocn.ne.jp	
12月	13日(火) ～ 15日(木)	第19回数値流体力学シンポジウム			〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27 日本流体力学会 TEL:03-3817-1808 FAX:03-3817-1803 http://www.fsis.iis.u-tokyo.ac.jp/cfd18/	

行事カレンダー

2006年						
1月	26日(木) ～ 27日(金)	2005年度ガスタービンセミナー 「ガスタービンの最新技術動向と将来展望」			〒160-0023 東京都新宿区西新宿 7-5-13 第3工新ビル4階 (社)ガスタービン学会 TEL:03-3365-0095 FAX:03-3365-0387 E-mail:gtsj@pluto.dti.ne.jp	
2月	2日(木) ～ 3日(金)	12th Symposium on "Microjoining and Assembly Technology in Electronics" (Mate 2006)	'05.9.1	'05.11.18	〒101-0025 東京都千代田区神田佐久間町 1-11 (社)溶接学会 Mate 2006 事務局 TEL:06-6879-4166 FAX:06-6879-4166 E-mail:mate@casi.osaka-u.ac.jp	
6月	11日(日) ～ 15(木)	Second International Conference on Transport Phenomena in Micro and Nanodevices Il Ciocco Hotel and Conference Center Barga, Italy	'05.11.30		Co-Chair: Professor Nobuhide Kasagi Department of Mechanical Engineering The University of Tokyo Hongo, Tokyo 113-8656 E-Mail: kasagi@thtlab.t.u-tokyo.ac.jp	
8月	13日(日) ～ 18日(金)	The International Heat Transfer Conference IHTC-13		'05.7.31	IHTC-13 Conference Managers GPO Box 128 SYDNEY NSW 2001 AUSTRALIA Phone: + 61 2 9265 0700 Fax: +61 2 9267 5443 Email: ihtc-13@tourhosts.com.au http://ihtc-13.mech.unsw.edu.au/	5月号
8月	27日(日) ～ 9月1日(金)	10th International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems (ICLASS-2006)	'06.2.28	'05.12.15	〒554-0022 大阪市此花区春日出中 2-14-9 日本液体微粒化学会 事務局 ㈱学術出版印刷気付 事務局長 近藤 健 Tel:06-6466-1588 Fax:06-6463-2522 E-mail:info@ilass-japan.gr.jp	
9月	4日(月) ～ 8日(金)	The Seventeenth International Symposium on Transport Phenomena (ISTP-17)		06.03.18	〒939-0398 富山県射水郡小杉黒河 5180 富山県立大学工学部 機械システム工学科 教授 石塚 勝 Tel:0766-56-7500 Fax:0766-56-6131 e-mail: ishizuka@pu-toyama.ac.jp	
9月	25日(月) ～ 29日(金)	5th International Symposium on Turbulence, Heat and Mass Transfer (Dubrovnik, Croatia)	'06.1.31	'06.5.31	Professor Yasutaka Nagano, Co-Chairman Department of Mechanical Engineering Nagoya Institute of Technology Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya 466-8555 E-mail: thmt-06@heat.mech.nitech.ac.jp URL: http://www.ichmt.org/Thmt-06	11月号

第 43 回日本伝熱シンポジウム研究発表論文募集

開催日：平成 18 年 5 月 31 日 (水) ～ 6 月 2 日 (金)

会場：名古屋国際会議場

(〒456-0036 名古屋市熱田区熱田西町 1 番 1 号, Tel: 052-683-7711,

<http://www.u-net.city.nagoya.jp/ncc/>)

研究発表申込締切：平成 18 年 1 月 20 日 (金)

論文原稿締切：平成 18 年 3 月 13 日 (月)

参加事前申込締切：平成 18 年 4 月 14 日 (金)

【シンポジウムの形式】

- ・講演発表形式として,
 - a) 通常の一般セッション (口頭発表)
 - b) 特別セッション (オーガナイズド形式の口頭発表)
 - c) 学生および若手研究者を対象とする優秀プレゼンテーション賞セッション (短時間の口頭発表とポスター発表)を実施します。優秀プレゼンテーション賞セッションでは、企業、大学、研究所等の技術者・研究者で平成 18 年 3 月 31 日現在で 28 才以下の方、または発表申込み時点で学生 (ただし、社会人大学院生を除く) の方が発表できます (詳しくは本号掲載の「優秀プレゼンテーション賞について」をご参照ください)。指導教員または研究グループ長等は奮って 1 名の代表をご推薦くださるようお願いいたします。
- ・1 講演あたりの割当時間は、一般セッションと特別セッションの場合は 15 分 (発表 10 分、個別討論 5 分) です。これらのセッションでは各セッションの最後に総合討論の時間 (5 分×セッション内の講演件数) を設ける予定です。
- ・今回のシンポジウムでは、優秀プレゼンテーション賞セッションをポスターセッション形式 (1 件につき 2 ～3 分の口頭によるショートプレゼンテーションの後にポスタープレゼンテーション) で実施する予定です。発表を希望される方は、本号掲載の「優秀プレゼンテーション賞について」をお読みください。ポスター発表等の詳細につきましては本シンポジウムのホームページをご参照ください。

【研究発表申込方法】

- ・原則としてウェブによる申込みに限らせていただきます。本シンポジウムのホームページ (<http://thermo.mech.nitech.ac.jp/~nhts43/>) からお申し込みください。発表申込にあたっては、本号掲載の研究発表申込様式をご参照のうえ、必要なデータを入力ください。ウェブによる申込みができない場合には事務局にお問い合わせください。
- ・一般セッション、特別セッション、優秀プレゼンテーション賞セッションのいずれで発表するかを必ず選択してください。優秀プレゼンテーション賞セッションにお申込みの場合には、指導教員あるいは研究グループ長等の氏名を必ず入力ください [なお、指導教員・研究グループ長等ごとに応募者を 1 名 (1 件) とします]。
- ・発表申込時に、論文のアブストラクト (日本語で 200～250 字) を入力ください。講演論文集の抄録として科学技術振興機構 (JST) のデータベースに登録します。
- ・申込受理のメールがお手元に届きましたら、郵便振替にて下記の口座に講演申込整理費 (1 件につき 3,000 円) を送金ください (本号に挟み込みの払込取扱票をご利用ください)。払込取扱票には、メールで通知された受付番号 (ID 番号)、第 1 著者名、論文題目 (最初の 7 文字程度)、申込者の住所氏名、振込金額をご

記入のうえ、**1月31日(火)**までに送金ください。郵便振替以外の方法で送金を希望される場合には事務局までご連絡ください。

講演申込整理費払込先

口座番号：00820- 1- 167564

口座名称：第43回日本伝熱シンポジウム実行委員会

- ・講演申込整理費を講演会場で支払うことはできません。また、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があります。ご注意ください。
- ・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。
- ・発表の採否およ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】

- ・講演論文集として、オフセット印刷版(白黒)とCD-ROM版を作製します。印刷版の講演論文の長さは1題目あたりA4サイズで2ページとします。論文の作成フォーマットは前回と同様の予定です(2段組×片側26字×60行)。ただし、CD-ROM版には、オフセット印刷版と同じものか、または8ページ以内のフルペーパーを掲載することができます(様式は印刷版と同じ。カラー使用可。ファイル容量は最大で2MB。また、アニメーションを挿入することはできません)。なお、CD-ROM版に掲載されたフルペーパー論文は、本シンポジウム終了後、伝熱学会論文誌(Thermal Science and Engineering)にそのまま投稿することができます(詳細は会誌1月号の会告に掲載いたします)。
- ・執筆要綱は、会誌「伝熱」(平成18年1月号)および本シンポジウムのホームページ(<http://thermo.mech.nitech.ac.jp/~nhts43/>)に掲載します。
- ・本シンポジウムでは、講演論文集をCD-ROM化するために、論文原稿を原則としてPDFファイルで提出していただきます。PDFファイルで提出できない場合には、講演申込整理費のほかに別途変換作業料(1件につき3,000円)を申し受けて、実行委員会がPDF化を代行します。
- ・CD-ROM化にともなって日程が厳しくなっています。原稿提出締切までに提出されなかった論文は講演論文集およびCD-ROMに掲載されませんので、十分ご注意ください。
- ・論文の電子化(PDF化)にあたっては下記の文献が参考になります。

小林健一、「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.

川野浩一郎・岡本孝司、「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. 133-138.

【講演登録および参加費用等】

- ・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：8,000円、会場申込：10,000円)
 - 学生(事前申込：4,000円、会場申込：5,000円)
- ・講演論文集
 - 伝熱学会会員：無料(CD-ROM版は事前に送付します。印刷版はシンポジウム参加者に当日手渡しいたします。)
 - 非会員：8,000円(会場受付で伝熱学会に入会申込される場合は無料になります。)

【懇親会】

- ・開催日：平成18年6月1日(木)
- ・会場：全日空ホテルズ ホテルグランコート名古屋
(〒460-0023 名古屋市中区金山町一丁目1番1号, Tel 052-683-4111, <http://www.grandcourt.co.jp/>)
- ・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)

【交通と宿泊について】

- ・交通と宿泊につきましては本シンポジウムの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および論文原稿の差替は、準備と運営に支障をきたしますのでご遠慮ください。
- ・論文題目と著者名が講演申込時と論文提出時で相違ないように特にご注意ください。
- ・口頭発表用として実行委員会が準備する機器は、原則として液晶プロジェクタのみとさせていただきます。
パーソナルコンピュータは各自ご持参ください。ただし、不測の事態に備えてプレゼンテーションファイルをA4用紙にハードコピーしたもの(カラーも可。ただし、OHPシートは不可)をご持参ください。液晶プロジェクタ以外での発表を希望される場合には予め事務局にご連絡ください。
- ・参加登録費、懇親会費等は取消の場合でも返金いたしません。
- ・論文原稿の返却、別刷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、下記の実行委員会事務局にFAXまたはE-mailでお問い合わせください。

【お問い合わせ先】

第43回日本伝熱シンポジウム実行委員会
名古屋工業大学 しくみ領域内
FAX: (052) 735-5343
E-mail: nhts43@thermo.mech.nitech.ac.jp

第43回日本伝熱シンポジウム実行委員会
委員長 長野 靖尚

【参考】第43回日本伝熱シンポジウム研究発表の申込様式（原則ウェブから申込み）

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		
セッション分類（いずれかのセッションを選択ください。）			
<input type="checkbox"/> 一般セッション（次ページの研究分野分類表から大分類の記号と小分類の番号を選択ください。） ・大分類（A～O） 1.() 2.() 3.() ← 少なくとも1つ選択ください。 ・小分類（1～46） 1.() 2.() 3.() ← 少なくとも2つ選択ください。			
<input type="checkbox"/> 特別セッション（次ページの分類表から分類番号を選択ください。） ・分類番号（ ） ← 分類番号（47～51）から1つ選択ください。			
<input type="checkbox"/> 優秀プレゼンテーション賞セッション ・指導教員または研究グループ長等の氏名（ ） ・大分類（A～O） 1.() 2.() 3.() ← 次ページの研究分野分類表から大分類の記号を少なくとも1つ選択ください。			
キーワード（3つ程度）（ ）（ ）（ ）			
論文アブストラクト（日本語で200～250字以内）			
連絡先			
住所	〒		
氏名		所属	
TEL		FAX	
E-mail			

【研究分野およびセッションの分類表】

I. 大分類		
A 強制対流, B 自然対流, C 沸騰, D 凝縮, E 物質移動, F 融解・凝固, G 混相流, H ふく射, I 熱伝導, J 熱交換, K 熱機器, L 熱物性, M 反応・燃焼, N 分子・マイクロ, O その他		
II. 小分類		
(1) 層流熱伝達	(16) 核沸騰	(31) 燃焼および反応プロセスにおける伝熱
(2) 乱流構造と伝熱	(17) 遷移沸騰	(32) ふく射物性
(3) はく離流における伝熱	(18) 凝縮伝熱	(33) ふく射伝熱
(4) 噴流・せん断層の流動と伝熱	(19) 沸騰・凝縮における伝熱促進	(34) 計測技術
(5) 乱流のモデル化と数値シミュレーション	(20) 二相流のモデル化と数値解析	(35) ヒートポンプ・冷凍・空調
(6) 密閉空間内の自然対流	(21) 二相流の流動と伝熱	(36) 微小重力下の流動と伝熱
(7) 物体周りの自然対流	(22) 直接接触伝熱	(37) バイオ伝熱・食品の伝熱
(8) 複合対流伝熱	(23) ミスト冷却	(38) 自然エネルギー利用
(9) 対流熱伝達の促進・制御	(24) 蒸発伝熱	(39) メゾ・マクロスケール伝熱
(10) 回転場の流動と伝熱	(25) 沸騰凝縮利用機器	(40) 融解・凝固
(11) 多孔質体の伝熱	(26) ヒートパイプ・熱サイフォン	(41) 伝導伝熱
(12) 電子機器の冷却	(27) 高性能コンパクト熱交換器	(42) 分子動力学
(13) 生産・加工プロセスにおける流動と伝熱	(28) 蓄熱蓄冷	(43) マイクロ伝熱
(14) 限界熱流束	(29) 粒子-流体系における伝熱	(44) 電場・磁場・電荷移動下での伝熱
(15) 膜沸騰・極小熱流束	(30) 熱物性値と測定法	(45) 様式の異なる複合伝熱
		(46) その他
III. 特別セッション		
(47) 燃料電池における熱流体問題	オーガナイザ: 青木博史 (豊田中研), 田中 雅 (中部電力), 中村泰久 (東邦ガス), 恩田和夫 (豊橋技科大), 堀美知郎 (大同工大)	
(48) 自動車における熱流体問題	オーガナイザ: 須賀一彦 (豊田中研), 池上 徹 (トヨタ自動車), 佐藤英明 (デンソー), 若井和憲 (岐阜大), 廣田真史 (名大)	
(49) 航空・宇宙における熱流体問題	オーガナイザ: 戸上健治 (三菱重工), 嶋 英志 (川崎重工), 長谷川達哉 (名大), 菱田 学 (名大)	
(50) 遷移沸騰に関連する諸問題 (急速冷却や加熱面の濡れなど)	相変化研究会 [主査: 門出政則 (佐賀大)] オーガナイザ: 門出政則 (佐賀大), 小澤守 (関西大), 鈴木康一 (東京理科大)	
(51) IECEC2006 Pre-Symposium セッション	高効率エネルギー変換研究会 [主査: 北川邦行 (名大), 幹事: 丸山直樹 (三重大)] オーガナイザ: 北川邦行 (名大), 花村克悟 (東工大), 吉川邦夫 (東工大), 丸山直樹 (三重大) (本 Pre-Symposium の発表者は San Diego で開催される IECEC2006 に参加することが前提となります。詳しくは http://www.es.mach.mie-u.ac.jp/Link/IECEC/IECEC2006.htm をご覧ください。)	
IV. 優秀プレゼンテーション賞セッション		
本セッションで発表を希望される方は、本号掲載の「優秀プレゼンテーション賞について」をお読みください。なお、発表申込に際しては上記「I. 大分類」から研究分野を一つ選択ください。		

優秀プレゼンテーション賞（第43回日本伝熱シンポジウム：名古屋）について

学生・若手研究者を対象とした優秀プレゼンテーション賞セッションは従来口頭発表形式で行ってまいりましたが、第43回シンポジウムでは下記のように口頭によるショートプレゼンテーションとポスタープレゼンテーションを組み合わせた形式で実施する予定です。企業・大学・研究機関等、多数の皆様にご参加いただきますようお願い申し上げます。

日本伝熱学会・学生会委員会・委員長 黒田 明慈

- 日時：**平成18年5月31日（水）シンポジウム第1日目
- 発表方法：**参加者は全員ショートプレゼンテーション（SP）とポスタープレゼンテーション（PP）を行っていただきます。まずSPセッションで口頭による発表（1件当たり2分半程度を予定）を行った後に別室でPPセッションを行います。
- 対象：**企業、大学、研究所等の技術者・研究者で、平成18年3月31日現在で28才以下の者、または、発表申込当日学生の者（ただし、社会人大学院生を除く）。
- 応募資格：**発表時（＝審査時）に、日本伝熱学会の会員（正員、学生員）or 申し込み中である事。
- 応募の数：**研究グループ長、または、指導教員等あたり、1名（1件）の発表応募とさせていただきます。
- 応募方法：**第43回日本伝熱シンポジウム研究発表申込時に、本号掲載の申込様式に従って、セッション分類の“**優秀プレゼンテーション賞セッション**”にチェックをし、“**指導教官または研究グループ長等氏名**”および“**研究分野の大分類記号（A～O）**”を入力ください（申込後の応募追加変更は、プログラム編成前で、可能な場合のみ対応します）。なお、予稿集用の原稿につきましては一般セッションと同様の形式とします。
- 審査方法：**数名の学会役員（理事、評議員、企画部会員および学生会委員等）による審査を行います。
- 審査結果：**学会初日に予定している学生・若手研究者の交流会で結果（受賞者の皆様）を発表します。また、受賞者は学会総会で表彰される予定です。

＜なお、詳細は、伝熱学会・伝熱シンポジウム実行委員会内で検討中ですので、最新情報は当該HPを御覧ください。＞

第5回乱流熱物質輸送国際会議 論文募集
5th International Symposium on
TURBULENCE, HEAT AND MASS TRANSFER
<http://www.ichmt.org/Thmt-06>

本国際会議は第1回はポルトガル（1994）、第2回はオランダ（1997）、第3回は名古屋（2000）、第4回はトルコ（2003）で開催され、宇宙開発から地球環境問題に亘る幅広い分野で極めて重要な乱流熱物質輸送の諸問題に関する最新の基礎・応用研究成果の発表と、全世界の関連研究者・技術者間の情報交換と今後の問題点を議論する場を提供することを目的としております。皆様奮ってご投稿下さいますようお願い申し上げます。

開催日 平成18年9月25日（月）～9月29日（金）
開催場所 ドゥブロブニク（クロアチア）
主催 The International Centre for Heat and Mass Transfer（ICHMT）

主要テーマ

- Experiments and theories which elucidate the role of turbulence and its structures in the mechanism of heat and mass transfer
- New experimental techniques for turbulent flow and scalar transport measurements
- Numerical simulations of turbulence and heat and mass transfer: direct and large-eddy simulations, subgrid modelling, hybrid RANS/LES, and VLES, PDF methods and other simulation techniques
- Turbulence modelling: one- and two-point closures in forced and natural/free turbulent convection
- Turbulence, heat and mass transfer in stagnation and recirculating regions, around separation and reattachment, and in rotating and swirling flows
- Unsteadiness and transients in turbulent heat and mass transfer
- Heat transfer augmentation and turbulence control
- Turbulence in two-phase flows, effects of turbulence in particulate, droplets and film heat and mass transfer
- Turbulence, heat and mass transfer in combustion and other reacting flows
- New aspects of turbulence-related utilization of heat and mass transfer in flow equipment
- Environmental and geophysical turbulence, heat and mass transfer
- Turbulence, heat and mass transfer in material processing, in MHD, and in special applications

募集要領

アブストラクト（ダブルスペース）に図を添え、実行委員長宛てにご送付下さい
（詳細はホームページに掲載します）。

アブストラクト締切 平成18年1月31日（火）
アブストラクト採否通知 平成18年3月15日（水）
論文原稿締切 平成18年5月31日（水）

連絡先・送付先

〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町
名古屋工業大学 長野 靖尚
E-mail: thmt-06@heat.mech.nitech.ac.jp

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、会員相互および国際的な交流を図ることを目的としています。

【会計年度】

会計年度は、毎年4月1日に始まり翌年3月31日までです。

【会員の種別と会費】

会員種別	資 格	会費 (年額)
正会員	伝熱に関する学識経験を有する者で、本会の目的に賛同して入会した個人	8,000円
賛助会員	本会の目的に賛同し、本会の事業を援助する法人またはその事業所、あるいは個人	1口 30,000円
学生会員	高専、短大、大学の学部および大学院に在学中の学生で、本会の目的に賛同して入会した個人	4,000円
名誉会員	本会に特に功労のあった者で、総会において推薦された者	8,000円 但し70才 以上は0円
推薦会員	本会の発展に寄与することが期待できる者で、当該年度の総会において推薦された者	0円

【会員の特典】

会員は本会の活動に参加でき、次の特典があります。

- 「伝熱」, 「Thermal Science and Engineering」を郵送します。
(本年度発行予定：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」を無料でさしあげます。
 - 正・学生・名誉・推薦の各会員に1部、賛助会員に口数分の部数（但し、伝熱シンポジウム

△開催の前年度の3月25日までに前年度分までの会費を納入した会員に限る)

【入会手続き】

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

(注意)

- 申込用紙には氏名を明瞭に記入し、難読文字にはJISコードのご指示をお願いします。
- 会費納入時の郵便振替用紙には、会員名（必要に応じてフリガナを付す）を必ず記入して下さい。会社名のみ記載の場合、入金の手続きができず、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続きを行っておりますので会社名のみで会員名の記載がない場合には未納扱いになります。

【変更届について】

(勤務先, 住所, 通信先等の変更)

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

(賛助会員の代表者変更)

賛助会員の場合には, 必要に応じて代表者を変更できます.

(学生会員から正会員への変更)

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

(変更届提出上の注意)

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

【退会届について】

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

【会費を長期滞納されている方へ】

長期間, 会費を滞納されている会員の方々は, 至急納入をお願いします. 特に, 平成15年度以降の会費未納の方には「伝熱」「Thermal Science and Engineering」の送付を停止しており, 近く除名処分が理事会で決定されます.

3. 事務局について

次の業務を下記の事務局で行っております.

事務局

《業務内容》

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

《所在地》

〒113-0034 東京都文京区湯島2-16-16

社団法人 日本伝熱学会

Tel/Fax: 03-5689-3401

E-mail: office@htsj.or.jp

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

(土日, 祝祭日を除く, 午前10時~午後5時)

(注意)

1. 事務局への連絡, お問い合わせには, 電話によらず, できるだけ郵便振替用紙の通信欄やファックス・E-mail等の書面にてお願いします.
2. 学会事務の統括と上記以外の事務は, 下記にて行っております.

〒152-8550

東京都目黒区大岡山2-12-1-I1-54

東京工業大学大学院理工学研究科

機械宇宙システム専攻

宮内 敏雄

Tel/Fax: 03-5734-3183

E-Mail: tmiyauch@mes.titech.ac.jp

「伝熱」会告の書き方

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

伝熱学会のホームページ : http://www.htsj.or.jp/den_guide.html

日本伝熱学会正会員・学生会員入会申込み・変更届出用紙

(右の該当に○を記入)

1. 正会員・学生会員入会申込書
2. 変更名 (書面による届出のみ受付け)

(注意)

- ・楷書体で明瞭に記入
・通信文は余白に記入
・氏名にふりがなを付す
・申込時に郵便振替にて会費納入

0	申込年月日		年	月	日	
1	会員資格	正・学				
2	氏名					
3	ふりがな					
4	生年月日	1 9	年	月	日	
5	* 勤務先・学校	名称				
6		〒	—			
7		所在地				
8		TEL				
9		FAX				共通・専用
10		電子メール				
11	自宅	〒	—			
12		住所				
13		TEL				
14		FAX				
15	通信先**	勤務先・自宅	自宅情報を会員名簿に記載しない...			
16	学位					
17	最終出身校					
18	卒業年次	T・S・H				
19	分専	基礎的分野			←(下記の専門分野の番号)	
20	野門	応用分野				
21	学生会員の場合:指導教官名***				印	

※専門分野

基礎的分野

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

応用分野

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

*) 学生会員入会申込者は学校名, 学部, 学科, 研究室名, 学年 (M2, D3 など) を記す.

**) 郵送物発送先として通信先を必ず記入する.

***) 学生会員入会申込者は, 指導教官の署名・捺印を受ける.

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

日本伝熱学会 賛助会員新規入会申込み届け用紙

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

※ご記入に際しての注意

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

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

日本伝熱学会入会のご案内

- 学会の会計年度は毎年4月1日から翌年3月末日までです。
- 賛助会員の会費は1口30,000円/年で、申し込みは何口でも結構です。申し込み口数により、次のように分けております。A(3口)、B(2口)、C(1口)
- 会員になりますと「伝熱」「Thermal Science and Engineering」をお申し込み口数1口につき各1部お送りします。「日本伝熱シンポジウム講演論文集」等をお申し込み口数1口につき1部無料でさしあげます。この伝熱とThermal Science and Engineeringは通常、年6回(5, 7, 9, 11, 1, 3月号)発行しております。但し、日本伝熱シンポジウム講演論文集につきましては、前年度の会費を年度末までに完納された会員に限り当該年度のもを無料でさしあげます。なお、年度途中でご入会された方には残部の都合でお送りできない場合もありますので、あらかじめご承知おきください。
- 本学会では、事務作業簡素化のために会費の領収書の発行は郵便振替や銀行振込の控えをあてています。簡単な書式の領収書はご用意できますが、それ以外の場合には貴社ご指定の書式をご送付下さいますようお願い申し上げます。

申込書送付先；〒113-0034 東京都文京区湯島2-16-16
社団法人日本伝熱学会事務局 Tel/Fax ; 03-5689-3401

会費の振込先；

- (1)郵便振替の場合—郵便振替口座 00160-4-14749 社団法人日本伝熱学会
- (2)銀行振込の場合—みずほ銀行 大岡山支店 普通預金口座 145-1517941
社団法人日本伝熱学会
- (3)現金書留の場合—上記の事務局宛に御送金下さい。

広告

センサテクノス

広告

テクノオフィス

広告

日本カノマックス

編集出版部会ノート：水あれこれ

Note from the Editorial Board: Chat about Water

今号の特集は、前号 (Vol.44, No.188) から引き続き「水」です。前号では、天羽先生の microscopic な水の解説 (水の動的な構造と正しい理解) の後に、水に関する身近なテーマとして、大川先生のヒトと水の関係の解説 (温泉水にはなぜ温熱効果があるのか? など) や神田館長による雪の結晶の紹介 (様々な形の雪の結晶ができる訳) がありました。さらに、エネルギーに関する水のテーマとして、田路先生の光触媒による水からの水素製造と、笠原氏らによる高温ガス炉による熱化学水素製造の解説が掲載されました。これらを受けて今号では、白樫先生の細胞内の水に関する興味深い解説と中塚氏による新型水炉の紹介記事を掲載することとなりました。

そもそも、「水」が特集のテーマに選ばれたのは、「水」の重要性と面白さが理由でした。今期の第1回編集出版部会において、委員から様々な特集テーマ案が出されました。「社会ニーズから見た伝熱研究」「技能伝承と伝熱」「これからの伝熱研究と教育」「エネルギーと環境」「吸着・化学工学」・・・などなど。これらの内いくつかは今後の特集テーマとなりますが、前号締切までの期間があまり無いこともあり、皆が“うーん・・・”と唸っていたところ、(失礼! どなたかは忘れましたが) “水という物質の切り口で特集が組めるのではないか”との提案があり、“あっ、それいいね!” と一気に決まりました。執筆項目案や執筆者案も次々に決まっていきました。それもこれも、「水」がいかに社会や伝熱と深く関わっているか、また興味深い対象であるかを示した瞬間だったように思います。

以下は、個人的な「水」に対する思いです。以前私は本誌 (Vol.43, No.182) に、砂漠地域(UAE)での太陽熱淡水化実験にまつわる苦労話を述べました。灼熱の天候の中、エアコンの無い部屋の中で生き延びるためにペットボトルの水がいかに貴重だったか、等を記しましたが、ここではもう1つ別のお話を紹介します。下の写真は UAE の灼熱の砂漠に足を踏み入れた時のものです。私が右手にしっかりと握りしめているのは 500cc の水のペットボトルです。誰に勧められる訳でもなく、皆が水のペットボトルを握りしめていました。動物的な直感で、水がなければ死ぬ、と確信していたからです。ものの本によれば、このような地域では、ヒトの体から1日に約16リットルの水分が蒸発して失われるそうです (500cc では全然足りませんね・・・)。日本では、夏場の激しい運動時以外には、あまり水の有り難みを実感することはありませんが、ヒトにとって最も貴重な「水」をどれだけ大切に扱い注意を払っても、バチがあたることはないでしょう。



(UAE, Ras Al Khaimah 近くの砂漠にて)

永井 二郎 (福井大学)

Niro NAGAI (University of Fukui)

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

副会長 勝田正文 (早稲田大学)
委員

(理事) 森 治嗣 (東京電力)

(評議員) 丸田 薫 (東北大学)

中込秀樹 (千葉大学)

田坂誠均 (住友金属工業)

部会長 吉田英生 (京都大学)

逢坂昭治 (徳島大学)

杉山智之 (日本原子力研究開発機構)

加藤之貴 (東京工業大学)

平澤茂樹 (神戸大学)

小山 繁 (九州大学)

永井二郎 (福井大学)

TSE チーフエディター 西尾茂文 (東京大学)

TSE 出版担当 永井二郎 (福井大学)

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

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

複写される方に

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

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

アメリカ合衆国における複写については、次に連絡して下さい。

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

Notice about photocopying

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

Except in the USA

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

In the USA

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

伝 熱

ISSN 1344-8692

Journal of the Heat Transfer Society of Japan
Vol. 44, No. 189

2005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
Tel 03-5689-3401
Fax 03-5689-3401
郵便振替 00160-4-14749

Published by

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