

ISSN 1344-8692 Vol. 42 No. 174

伝 熱

Journal of the Heat Transfer Society of Japan

ものづくりと伝熱 特集号 (4)

2003.5

「伝熱」原稿の書き方

How to Write a Manuscript of Dennetsu

伝熱 太郎 (伝熱大学)
Taro DENNETSU (Dennetsu University)

1. はじめに

以下の注意事項に留意して、原稿を作成すること。

2. 「伝熱」用原稿作成上の注意

2.1 標準形式

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

表 1 原稿の標準形式

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

2.2 見出しなど

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

2.3 句読点

句読点は、および。を用い、、や。は避けること。

2.4 図について

図中のフォントは本文中のフォントと同じものを用いること。

2.5 参考文献について

2.5.1 番号の付け方

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

2.5.2 参考文献の引き方

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

参考文献

- [1] 伝熱太郎, 伝熱花子, 日本機械学会論文集 B 編, 80-100 (1999), 3000-3005.
- [2] Incropera, F. P. and Dewitt, D. P., *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Sons (1976).
- [3] Smith, A. et al., *Therm. Sci. Eng.*, 7-5 (1999), 10-16.
- [4] 山田太郎, やさしい伝熱, 熱講社 (1980).

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

伝熱学会のホームページ <http://www.htsj.or.jp/>
または学会誌「伝熱」のホームページ
会告・記事のテンプレート

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

転載許諾願申請フォーム

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

伝 熱

目 次

ものづくりと伝熱

- 「独創機械設計」：東京工業大学機械科学科における新たな設計教育の試みとその展開、
伝熱工学との関係 …… 伏信 一慶（東京工業大学） …… 1
- 熱エネルギー工学に関する「ものづくり」公開・実践教育 …… 三松 順治（岐阜大学） …… 3
- 工学院大学・機械工学科におけるものづくりと教育・研究
…… 大竹 浩靖，小泉 安郎（工学院大学） …… 6
- “ものづくり”は“伝熱”を左右するか？ …… 中原 崇文（愛知工業大学） …… 8
- キーワードは三次元 …… 小林 健一（明治大学） …… 12
- ソフトづくりとハードづくり …… 一宮 浩市（山梨大学） …… 14
- 初心者への公開講座- 熱の伝わりをみる- …… 花村 克悟（東京工業大学） …… 16
- LCA エコデザイン …… 加藤 征三（三重大学） …… 18
- 名古屋大学工学部における創成科目への取り組み- 設計どおりに氷を溶かす-
…… 小林 敬幸（名古屋大学） …… 20
- 吸収冷凍機とものづくり …… 功刀 能文（功刀技術士事務所） …… 22
- 熱とものづくり— 冷熱機器— …… 松岡 文雄（三菱電機） …… 27
- 伝熱促進管の開発にたずさわって …… 伊藤 正昭（伊藤正昭技術士事務所） …… 31
- 米飯の凍結・解凍 …… 前田 和子（前川製作所） …… 35
- レーザープリンタの伝熱 …… 三矢 輝章，植木 平吾（日立プリンティングソリューションズ） …… 38
- 屋内スケートリンクに発生する「モヤ」について …… 藤井 義久，戸河 里敏（鹿島建設） …… 42
- CO2 給湯機用熱交換器の開発 …… 山本 憲，沖ノ谷 剛，大原 敏夫（株デンソー） …… 46
- ガスヒートポンプ用プレート式熱交換器について …… 相見 優（東邦ガス(株)） …… 50
- ヒートポンプ式空調機器開発とものづくり …… 渡邊 徹雄（中部電力） …… 53

海外旅行の裏技シリーズ

- 旅の裏技（その1 用具編） …… 原 利次（日本工業大学） …… 56

支部活動報告

- …… 58

行事カレンダー

- …… 65

お知らせ

- …… 67

- 「伝熱」会告の書き方 …… 69
- 事務局からの連絡 …… 70

日本伝熱学会入会申し込み・変更届用紙	72
日本伝熱学会賛助会員入会申し込み・変更届用紙	73

インターネット情報サービス

●<http://www.htsj.or.jp/>

最新の会告・行事の予定等を提供

●htsj@asahi-net.email.ne.jp

事務局への連絡の電子メールによる受付

Journal of The Heat Transfer Society of Japan
Vol.42, No.174, May 2003

CONTENTS

< Manufacturing and Heat Transfer IV >

“Mechanical Design Project”: Past and present of design engineering education at Dept. of Mech. Engr. and Sci., Tokyo Inst. of Tech. and heat transfer education Kazuyoshi FUSHINOBU, “Mechanical Design Project” instructors (Tokyo Institute of Technology) ·····	1
Open and Practical Education for Manufacturing in Heat and Energy Engineering Junji MIMATSU (Gifu University) ·····	3
Manufacturing and Education/ Research at Department of Mechanical Engineering, Kogakuin University Hiroyasu OHTAKE and Yasuo KOIZUMI (Kogakuin University) ·····	6
Can “Manufacturing” controls “Heat Transfer”? Takabumi NAKAHARA (Aichi Institute of Technology) ·····	8
Keyword : 3-D Kenichi P. KOBAYASHI (Meiji University) ·····	12
Soft and Hard Koichi ICHIMIYA (University of Yamanashi) ·····	14
Open Campus for Beginners -Observation of Heat Transfer- Katsunori HANAMURA (Tokyo Institute of Technology) ·····	16
Eco Design with Life Cycle Assessment Seizo KATO (Mie University) ·····	18
Trial of Education program for Open-ended Subject in Faculty of Engineering, Nagoya University; “Think about the Ice Solving Process” Noriyuki KOBAYASHI (Nagoya University) ·····	20
Manufacturing Technologies for Absorption Refrigerating machine Yoshifumi KUNUGI (Kunugi Professional Office) ·····	22
Heat Transfer and Manufacturing - Air Conditioning and Refrigerating Machines - Fumio MATSUOKA (Mitsubishi Electric Corporation) ·····	27
From my Experience in Development of Heat-transfer-improved Tubes Masaaki ITOH (Professional Engineer Office) ·····	31
a freezing of Cooked Rice Tomoko MAEDA (Mayekawa Co.Ltd.) ·····	35
Heat Transfer in Laser Printers Teruaki MITSUYA and Heigo UEKI (Hitachi Printing Solutions, Ltd.) ·····	38
Haze appearing in indoor ice skate links Yoshihisa FUJII and Satoshi TOGARI (Kajima Corporation) ·····	42
Research of heat exchanger for CO ₂ heat-pump water-heating system Ken YAMAMOTO, Takeshi OKINITANI & Toshio OHARA (DENSO Corp.,R&D) ·····	46
Brazing Plate Heat Exchanger for Gas-engine Driven Heat Pumps Masaru AIMI(Toho Gas Co., Ltd.) ·····	50

Development of Heat Pump Air Conditioners and Chillers Choyu WATANABE (Chubu Electric Power Co. Inc.)	53
< Technique series for overseas travel III> Secret technique for a trip (1. Tools) Toshitsugu HARA (Nippon Inst. of Tech.)	56
<Report of Branch>	58
<Calendar>	65
<Announcements>	67

「独創機械設計」：東京工業大学機械科学科における
新たな設計教育の試みとその展開、伝熱工学との関係
“Mechanical Design Project”: Past and present of design engineering education at
Dept. of Mech. Engr. and Sci., Tokyo Inst. of Tech. and heat transfer education

伏信 一慶、「独創機械設計」担当者グループ（東京工業大学）
Kazuyoshi FUSHINOBU, “Mechanical Design Project” instructors (Tokyo Institute of Technology)

1. はじめに

本学機械科学科の授業「独創機械設計」の取り組みを紹介させていただくとともに、この授業と伝熱との関わりについて以下に記述させていただくこととする。

2. 設計教育の新たな試みとその展開

平成5年度からスタートした「独創機械設計」は本学工学部機械科学科のいわゆる看板授業であり、学部3年次後期の選択履修科目として開講している。半期に渡り、月曜・火曜の午後2コマ、約3時間ずつを使う実習科目である。

本授業は、モノに触れること自体を目的とした、いわゆるおもちゃレベルの工作でよしとするのではなく、しっかりとした機械設計に基づいた、学生自身の発案による独創的な機械の設計・製作を通じたものづくり導入授業である。学生自身の強い思い入れ、あるいは強いインセンティブが働く形でのプロジェクトを通じて、機械工学の全分野の学習総仕上げとなるような授業となることを意識して運営している。

学科の看板授業ということから人、物、予算のそれぞれの面から多大なエネルギーを注いでの授業であり、例えば平成14年度の担当者グループは以下の構成である：

非常勤講師：平林久明（日立製作所）、
磯山弘信（弁理士）

学内教官：大熊政明、大河誠司、足立忠晴、
大竹尚登、梶原逸朗、安井位夫、
伏信一慶（主担当）

学内技官：中嶋久嘉、塚本美弥子、上野広、
吉井昌一、岩田正孝

学生 TA：2名

平林氏は企業の技術者の立場からの指導を、磯山氏は知的所有権に関わる指導の一切を、学内教官はそれぞれの専門性を生かし、学内技官は設計・製図、加工、メカトロの実技指導にあたることで、万全の

体制を敷いている。また、学科を挙げての協力体制により、直接担当でない学科教官からも様々な形での多大な協力を受けて実施している。知的所有権の取扱いについては、東工大 TLO との緊密な連携の元に運営している。また学生 TA の存在は、スタッフと学生との橋渡し役として、極めて重要である。

ただし、授業の本来の目的にてらして、あくまで主役は受講学生自身であり、我々授業担当者はその助言・指導にあたる、という立場を逸脱することなく、教育の場としての位置づけを重視している。



写真1 指導風景

授業の主な流れは以下の通りである：
アイデア出し：全受講学生参加のアイデアコンペから5点程度のアイデアを採用、受講学生は5つ程度の班に別れ、それぞれの作品の設計・製図・製作にかかる。
設計発表会：最も重要となる設計・製図の進捗具合について、実際の製作に入る前に発表会を通じて担当者からチェックが入る。
特許指導：弁理士による講義、明細書作成指導を通じて、特許出願に関する緊密な指導を行う。
作品発表会：年度最後を目標に（実際は4月にずれ込むが）、各班が作品をプレゼンする。



写真2 作品発表会の風景

大半の学生にとってはいわゆる「単位が揃った」状態の3年後期の授業である。半期に渡り週2日の午後を完全に使い、春休みにまで作業がずれ込むという、ある意味非常に大変な授業であり、しかも選択履修科目であるにもかかわらず、9割を超える学生が受講する実績を見ても、学生にとっても充足感のある授業として後輩に語り伝えられている様子である。実際、非常な思い入れあるいはインセンティブを持って、なおかつグループで取り組むということがあまりない彼らにとって、春休みも泊まり込みでワイワイと作業に励む様を見るにつけ、授業とはいえ、楽しんで取り組める部分の重要性を感じずにはいられない。



写真3 作品発表会終了後の風景

授業開始当初から、知的所有権に関する取り組みを課題としてきたが、東工大 TLO の設立を契機に、弁理士による特許全般に関わる指導を得ることとなった。今後も東工大 TLO との緊密な連携の元に様々な取り組みを具体化していく予定である。従前より、自分たちの発想・製作になる作品に対する強い思い入れ、作品発表会や学祭、さまざまな訪問客に対するプレゼンなどを通じて、まともに動く(?) 機械を作り上げることに對しての強い動機付けがあったことに加え、特許化への道も開いたことで、新たなインセンティブが働いていることは事実のようである。

3. 伝熱工学との関係

ものづくり全般に果たす伝熱工学の役割については、我々授業担当者が述べるまでもないことであろう。本授業に於いても伝熱を専門とする教官2名が関わることで、伝熱全般に對しての助言に当たっている。実際に、設計段階での放熱対策、温度計測技術などの学部授業レベルの問題や、あるいはもっと基本的な熱やエネルギー変換に對する考え方など、学生にとっては、「そういえば、そんな話、授業で聞いたなー」ということもしばしばの様子である。むしろ、自ら思い入れを感じている機械の設計という、切実さを持った状態の学生に改めて授業の話をし直すことで、なるほどこういうことだったのか、と思ってくれる良い機会となっている。

4. おわりに

いわゆるロボメカ系の機械を作ることが多いため、直接的に伝熱工学が主役となるケースは必ずしも多いわけではないが、例えば空調に関わる機械、あるいはエネルギー有効利用を意識した機械など、伝熱工学の概念が重要な役割を果たしたケースも存在する。むしろ、実際に伝熱に関わる個々の問題の解決を通じて、伝熱工学の重要性を再認識させると共に教育効果を上げる好機会になっているとも言えるのかもしれない。

熱エネルギー工学に関する「ものづくり」公開・実践教育 Open and Practical Education for Manufacturing in Heat and Energy Engineering

三松 順治 (岐阜大学)
Junji MIMATSU (Gifu University)

1. はじめに

岐阜大学では、毎年8月20日前後に各学部毎に開催日を決めて、高校生を対象としたオープンキャンパスを実施している。工学部では、受講者の希望をもとに9学科にわかれて、実際の研究教育の一端を紹介している。機械システム工学科では、全体的に機械工学関連のCAD・CAEの紹介をCAE室でPCを用いて行った後、5大講座にわかれて、簡単な実際的な研究紹介を行っている。著者が所属している熱エネルギー工学講座内で行っている研究紹介内容「目でみる熱移動現象(熱と温度の相違)」を説明すると共に、授業・研究での公開・実践教育についての取組みについて述べる。

2. オープンキャンパスの内容

2.1 概要

はじめに、自動車・コンピュータなどの身近な工業製品の生産と使用には、熱の移動に関する学問・技術の体系化が不可欠であり、日常生活においても、体温を保つ衣服、住居、炊事などから、冷暖房、空気調和、乾燥など、多種多様に熱の利用が行われている事から始め、自然界(環境)でも、太陽熱による大気や地表の加熱、空気の乾湿変化、温泉の発生、海洋の温度差発生など多岐にわたり、人類の生活と密接な関連がある事を説明します。その後、科学進歩により、技術的に熱が関連する製品を小型化・高性能化し、かつ、損失を減らすために、単なる熱エネルギーの形態変化と移動方向だけでなく、熱の移動する速さについての知識と工学が必要になって、熱工学(伝熱工学)が切実に要求されるようになり、フーリエの熱伝導の法則の確立、ニュートンの冷却法則の発見、プランクの熱放射法則の発見が行われ、次第に学問的に確立された事を説明します。また、どんな熱移動でも、熱伝導、熱伝達、熱ふく射の3つの移動形態(図1)により、各個 or 複合された状態で成り立っている事を述べ、熱は目に見えないが、現象は基本法則に従い忠実に移動し、温度は、物質

の状態を表す量であり、温度差がある場所では、熱移動が生じ、この関係は、上記の3つの基本移動形態毎に決まっている事を説明します。

次に、熱の移動と温度分布を目で見る手法(可視化法)には、実験的に現象を測定機器によって目に

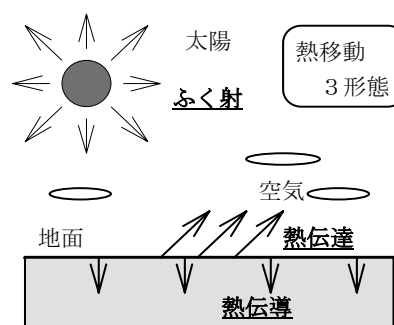


図1 熱移動の3形態

見える形にする方法とコンピュータを使って現象を仮想的に生じさせてグラフィック表示する方法がある事を示します。実際に測定する手法では、物体が発生する赤外線を検知して温度分布に変換する測定を紹介し、温度分布を時間的に表示する事で熱の移動をみる事ができる事を実際に行って示します。また、コンピュータによる可視化法では、熱の移動現象を表わす式を使って計算させて仮想的に生じさせて、その温度分布をカラー表示できる事を紹介し、自分で条件を設定して、コンピュータに行わせて表示させて、現象の推移を確認する事を、各自で、実際に行ってみます。

2.2 サーモビューワーでの可視化<実験的手法>

図2に示すサーモビューワー(赤外線温度計)を用いて、図3に示す高校等で行っている熱現象に対応した温度分布の可視化および温度変化(熱移動: 図4・金属棒の端を加熱した場合の変化、図5・金属平板の中央を加熱した場合の変化)の結果を紹介し、実際に手・顔を撮影してみます。



図2 サーモビューアー (左:カメラ, 右:本体)
 温度が低い 温度が高い

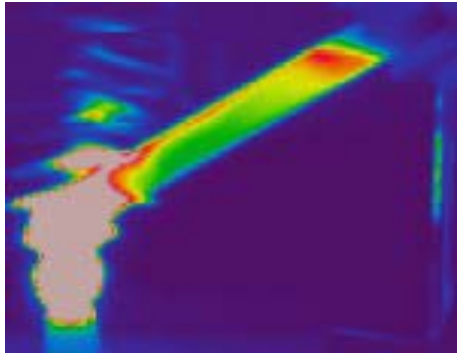
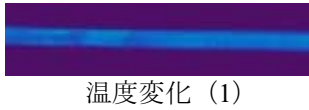


図3 温度可視化画像の例 (試験管の加熱)



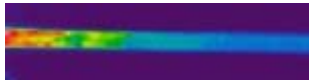
金属棒端の加熱



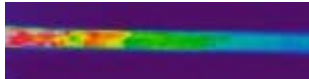
温度変化 (1)



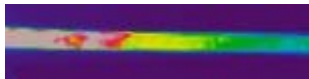
温度変化 (2)



温度変化 (3)



温度変化 (4)



温度変化 (5)



温度変化 (6)



金属板中央の加熱



温度変化 (1) 温度変化 (2)



温度変化 (3) 温度変化 (4)



温度変化 (5)
 温度対応は上記

図4 金属棒の端の加熱 図5 金属平板の中央の加熱

2.3 コンピュータによる可視化<PC表示>

まず、簡単な形状の対象場では、“熱と流れ”の基礎式が確立されており、現象を数値計算によりシミュレーションする事ができる事を示し、定式化・境界条件(図6)を説明します. 実験と異なる利点は、条件を簡単に変わて計算させる事(結果を得る事)が可能であり、得られた結果(温度分布・熱の移動)をグラフ的に画面に表示して、人間が目で見えて認識する事ができる事を説明し、このように実験をコンピュータ上で、数値計算で行うのが「数値実験」と呼ばれている事を述べます. また、最近、パソコンが急速に性能を向上させ、実用的な短い時間で、実際に即した数値計算により結果(図7)を得る事ができるようになり、実験条件を変えて、現象の系統的变化が、学習・体験できるようになって来ている事を説明します.

$$q = -\kappa \frac{dT}{dn}$$

フーリエの法則(Fourier's Law) 一次元非定常の温度変化(模式図)

図6 定式化(1次元)と可視化に対応した変化

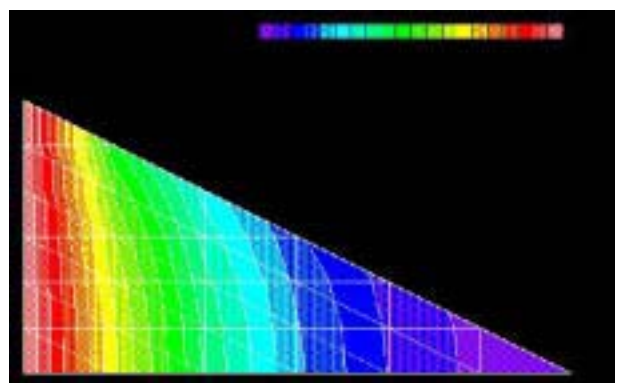
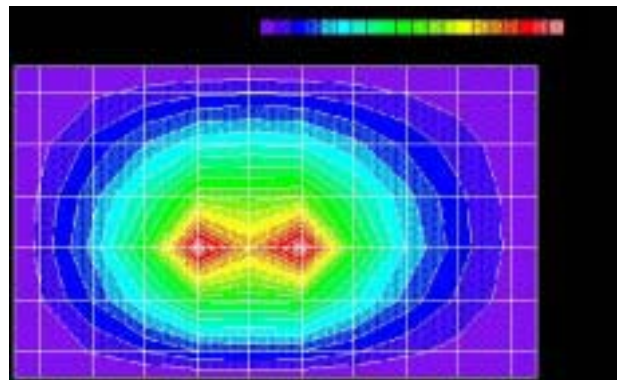


図7 PCでの温度可視化(上:平板, 下:フィン)

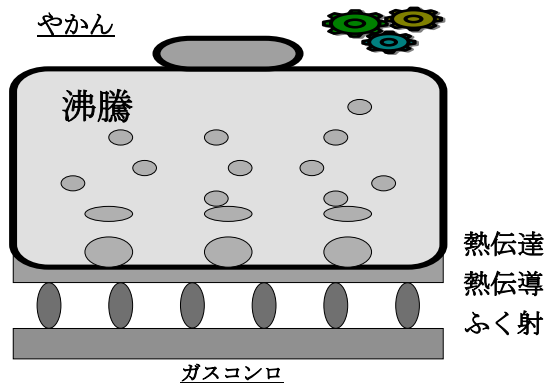


図8 やかんの中の沸騰（各熱移動現象）

2.4 沸騰熱伝達の様相の観察（実際の熱移動現象）

最後に、実際の身近な熱移動現象例として、やかんの熱移動（図8）に対応したの観察を行います。

図9に示すように、水を用い、加熱線には白金線（線

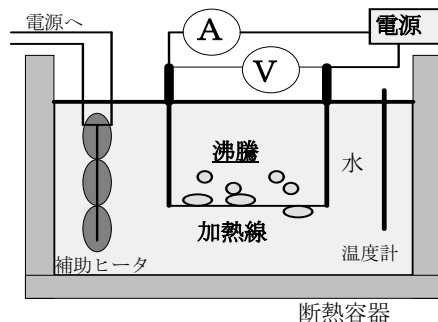


図9 沸騰実験装置（模擬）

径0.1 mm、長さ70 mm)を使い、直流電源装置により加熱を行います。加熱電力は可変抵抗によってコントロールし、サブクール度は、外側の水の温度をモニターしながら補助ヒータを併用することで調節します。加熱線表面温度は、電流・電圧より抵抗値を求め、抵抗-温度の校正曲線より推算します。先に述べた沸騰の様相の変化を頭に浮かべながら、気泡の発生・消滅までの推移・周囲の流れの状況など観察を行います。

2.5 オープンキャンパスでの実施時の感想

高校生を対象に、上記のオープンキャンパスを実際に行って気付いた点・感想を幾つか述べる。

- ・熱移動と温度の違いが混同されている！？
- ・測定から実際のものへの想起が難しそう！
- ・自分で条件を与えてトライする楽しみは？

できるだけ簡単な説明を試みてはいるが、新しい事を知り、感動を受けて、次の新しい事を楽しく学んでいく事を忘れている学生が多いようであり、残念に思うと共に、教える責任を痛感する。

3. Webを用いた授業支援・研究支援

3.1 授業支援（Blackboard Learning System）

岐阜大学の総合情報メディアセンターが中心となって、大学教育の情報化・授業・学習環境の提供を行う事を目的に試験運用している（図10）。



図10 岐阜大学 e-Campus システム

3.2 研究支援(Digital Manufacturing R. Center)

著者が参加している産総研・ものづくり先端技術センターのプロジェクト「ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発」では、NEDO・中小企業庁の支援で、技能（加工技術）のデジタル化・データベース化・超検索機能付、中小企業向けのITシステム開発支援等が行われている。（図11）



図11 ものづくり・IT融合化推進技術

参考文献

- [1] わかりやすい熱の移動についての教材（村瀬先生・岐阜大学教育学部・研修生），http://www.crdc.gifu-u.ac.jp/~tmurase/samo_html/samo_index.html（協力：工学部熊田研，他）
- [2] 熱と流れ（小竹 進・土方邦夫 著，丸善出版）
- [3] 大学紹介テキスト資料（熱エネルギー工学講座，三松），http://mech.gifu-u.ac.jp/~mimatsu/d_gkn.htm
- [4] 岐阜大学 eCampus <http://aims.crdc.gifu-u.ac.jp/>
- [5] DMRCh<http://unit.aist.go.jp/digital-mfg/index.html>

工学院大学・機械工学科におけるものづくりと教育・研究

*Manufacturing and Education/ Research
at Department of Mechanical Engineering, Kogakuin University*

大竹 浩靖, 小泉 安郎 (工学院大学)

Hiroyasu OHTAKE and Yasuo KOIZUMI (Kogakuin University)

1. はじめに

工学院大学は、1887年に創立された前身「工手学校」の歴史を受け継ぎ、機械工学科では「豊富な素養と実務に強い実践的な機械工学の技術者、研究者の育成」を理念目標として、体系立てられたカリキュラムのもと演習、実験、製図および実習にも力を入れている。本稿では、当学当学科における「ものづくり」と教育・研究について紹介する。

2. 導入教育

当学科では、「ものづくりを通して機械に親しみが持てるようになること等」を目的に導入教育として、1年生前期に「機械工学基礎演習」を行っている。ものづくりを体験させるため、昨年度(2002年度)は市販の有線コントロール型ロボットキットの作製を行った。製作時間および予算等の兼ね合い



図1 工作風景



図2 サッカーロボットによるコンペ

より、2人1グループとして、4クラス各23グループ23台のマシン製作を行った。なお、必要とされる工具はドライバーとカッター程度の軽微なものであり、製作過程の手助けおよび安全上の観点より、2名の **Teaching Assistant** を加え指導を行った。図1はその製作の様子の写真であるが、お互い相談しながら製作を進める“協調派”が多数を占める中、互いに別々の作業を黙々とする“完全分業派”や一つ一つの作業を一緒に行う“二人三脚派”もいて興味深い。図2は、作製したロボットを使ったトーナメント方式によるコンペの様子の写真である。学生間のコミュニケーションを深めるにも役立った。

3. 専門教育

3.1 機械実習・機械加工演習

機械工作の実習・演習として、1年次に機械実習、2年次に機械加工演習が設置されている。特に、後者の機械加工演習では、1999年に落成した **Techno Creation Center** (通称 **TECC**, テック) にて、最先端の工作機械であるマシニングセンタやターニングセンタによる機械加工の演習が行われている。図3はTECC内にあるマシニングセンタの写真である。3.2

機械工学設計総合演習

専門教育の中心である3年生では、「機械工学設計総合演習」が行われている。昨年度のテーマは、



図3 マシニングセンタ

①風力発電設備, ②ピストンリング, ③ボイラー, ④手動トランスミッションの設計であり, 4テーマ各3回の演習を行っている. 1, 2年次での専門基礎教育および各実習・演習で修得した知識をもとに, 学生は“頭の中でのものづくり”を修得する.

4. 卒業論文

機械工学教育の集大成として, 4年次に学生達は1年間をかけて卒業論文に励む. 学生らは, 自らの設計および手作りによる実験装置と計測機器とともに, 実験(あるいは, 数値計算)に勤しんでいる. 図4は, 学生自らが実験装置の部品(伝熱面)を切削加工している様子である. 八王子キャンパスはもとより, 高層ビルである新宿校舎にもその地下2階に機械工作室があり, 学生たちは技術指導員の先生の指導のもと旋盤, フライス盤などにて工作を行い, それらを用いて研究に励んでいる.

5. 未来へ

5.1 理科教室

本学では, 未来の科学技術を担う小中学生を対象に夏休み期間の二日間八王子校舎にて「理科教室」を開催し続けている. 昨年度は第9回目で, 本年は第10回を数える. 参加した小中学生は, 大学教員および大学院生とともに, 「昆虫ロボット, 檜の石鹼置き, ゴム駆動小型飛行機, CAD体験, 形状記憶合金, ペットボトル水ロケット, ペットボトル風車, 紙飛行機」等の工作を体験する. 図5はその1コマである. 理科離れが問題視されている中, 生き生きとした小中学生に会う機会は楽しみである.

5.2 マイクロファブリケーション

次世代技術として国内外で盛んに行われている“マイクロマシン・MEMS”の研究に対応するために, マイクロロボティクスの権威三浦宏文学長およびマイクロ加工(失敗学)の権威畑村洋太郎教授を

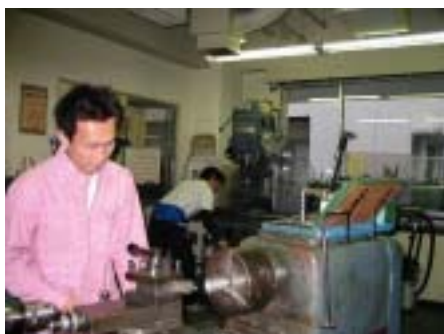


図4 卒論生による実験装置部品の加工

中心に, 本年簡易マイクロファブリケーションを導入した. クリーンブース内に, 成膜, 紫外線露光, ドライ(およびウェット)エッチングができる設備を導入した. 現在, 各設備の詳細調整中であるが, マイクロファブリケーションを図6に示す. 奥が紫外線露光のためのイエロールームである. 本年度は, さらに, クリーンルームを加え, 本格的なマイクロファブリケーションの導入を計画中である. 大学院の学生を中心に, マイクロチャンネルの製作等, 従来の機械加工とは異なる半導体プロセス技術を応用した“新しいものづくり”にも対応できるように環境を整えている.

6. おわりに

ものづくりをキーワードに本学機械工学科を中心に教育, 研究の一部を紹介した. 実践的な機械工学の技術者の育成を目標に, 体系立てられたカリキュラムのもと演習, 実験等にも力を入れるための工夫を現在も考えている. なお, 『昨今, 学生がおとなしくなった, 勉学意欲が乏しい』と思うのは筆者ばかりではないと思う. 学生, 特に1年生と接していると, 地球環境破壊・資源枯渇・経済停滞・世界紛争等により暗い未来を予測している学生が多いことにその一因があると感じるしだいである. ものづくりの喜びを通して, 科学技術の発展による夢を与えることができればと思う昨今である.



図5 大学の先生と楽しむ「理科教室」での1コマ



図6 マイクロファブリケーション.

“ものづくり”は“伝熱”を左右するか？

Can "Manufacturing" controls "Heat Transfer"?

中原 崇文 (愛知工業大学)

Takabumi NAKAHARA (Aichi Institute of Technology)

1. はじめに

企業で約30年、大学に来て丸8年間、熱に関連した分野で仕事をしてきた。この間の経験で熱は原理に従って伝わっていくが、熱は置かれた環境すなわち構造により伝わり方が左右されることを実感してきている。このような観点からものづくりと伝熱のかかわりに関して頭書のようなテーマを設定してまとめてみることにした。

2. 体験から見たものづくりと伝熱

企業での体験の中からいくつか代表的な例を取り上げてみたいと思う。

2.1 ものづくりで解決した伝熱問題の例

「ものづくりと伝熱特集号」としてガスタービン为例とした報告が行われている[1]。企業での現役当時は原子力やガスタービンなどさまざまな熱原動機の研究開発に携わってきた人間として懐かしくまた技術開発の進展を痛切に感じた報告であった。いまやガスタービンといえばコンバインド発電プラントの中心機器として重要な地位を占めている。わが国で本格的な国産第1号のコンバインド発電として完成したプラントについての報告では温度の一番高い燃焼器の部分について「内筒、尾筒、尾筒サポートなどの焼損、変形、クラックなどの不具合は認められず良好であった」と記されている[2]。このような表現はそれまでにこれらに関するいろいろと対策を打ってきた結果を評価しているといえる。事実、当時燃焼器分野を担当していた筆者は排気ガスの改善はもとより燃焼器部分の信頼性向上に多くの時間を費やしてきた。

以前のガスタービンは国内ではピークロード用として、輸出では定格負荷を分担する原動機としての位置づけであり運転時間は輸出用が圧倒的に長いものであった。燃焼器における焼損、変形、クラックといったトラブルも発生しその原因究明と対策確立が急

がれていた。プロジェクトチームを編成して工作、材料、流れ、振動、燃焼などのメンバーが胃の痛むようなスケジュールで取り組んだが、トラブルの主要原因は燃焼器の基本構造である壁を構成している部分の溶接箇所起点がありそうであるとの結論に至った。壁の部分は内側からは燃焼の炎からの熱が伝わり、外部は燃焼用空気冷却される構造である。壁は二重構造で二枚の壁が溶接で繋がっており、溶接で繋がっていない部分の内側の壁は外部に熱が逃げていかなないので温度が高く強度が下がっていることがわかった。クラックの起点もこの付近であることが確かめられ二重構造の間に生じるエアギャップを埋める技術が必要である。このような構造体を低コストで実現するために製造や材料の専門家の助言で燃焼器の壁を溶接する部分にロー付けを併用するという方式を採用することとなった。この方式によればエアギャップの解消のほかに応力集中の緩和およびメタル温度上昇の防止という一石三鳥の効果をもたらすものであったことがわかった。ロー付けという古典的な伝統あるものづくり技術で伝熱問題が解消し、ガスタービンが今日のように信頼される原動機のひとつとして舞台上に上がることができるようになった当時の体験例である。

2.2 ものづくりがネックとなった例

企業活動の最後のころはエアコンに代表される量産品の熱問題に取り組んだ。伝熱性能の向上という基本の問題はどのような機種でも共通であるが、この製品の世界は原動機の世界に比べて製品のサイクルが短くコスト競争が非常に激しい特徴がある。伝熱を扱う構成要素として熱交換器があり、冷媒と空気間の伝熱が主問題であり、さまざまな開発が行われてきている[3]。最近では小型、高性能、低コストといったニーズに対して主に電子機器の冷却技術の面から大きな進歩が報告されている[4]。空気冷却に対象を絞れば1970年代の $1\text{W}/\text{cm}^2$ 程度の発熱密度か

ら1990年代の $3\text{W}/\text{cm}^2$ 程度まで上がってきているモジュールの熱除去で活躍しているのはピンフィンを中心とした伝熱面形状である。

筆者の所属していた組織でエアコンを対象とした究極の高性能コンパクト熱交換器として研究開発を行った方式がピンフィン型の熱交換器であった。熱屋が提案したフィン、以下「針状フィン」という、は断面が円形で密度の高いものである。伝熱性能、空気抵抗などの基本特性が明らかにされ、残る課題は如何にして加工するかということである。針状フィンはタワシのような形状であり、製造を検討するグループではタワシはもちろんのこと歯ブラシなど形の似ている商品の製造工程などを見学し低コストで再現性のある製造方式の開発を進めた。針状フィンは根元が熱交換の壁に密着していることが肝要であり、円形の断面をしたフィンをこのような要求で実現することは当時うまくいかなかった。円形断面のフィンは難しいので断面形状は円から四角形あるいは八角形断面に譲歩して何とかそれらしい熱交換器を実現することが出来た。フィンに角をつけることにより圧力損失が増えて本来の効果は少し薄れたが、このあたりにもものづくりと伝熱とが共存共栄する限界があるのかもしれない。

2.3 ものづくりと伝熱の結論

以上には筆者が体験した企業での活動の中で、ものづくりと伝熱の双方が関連した開発の状況について述べ、ものづくりの技術により伝熱問題が解決した例ともものづくりがネックとなって理想の伝熱が実現しなかった例をご披露した。このような実例から見ると、表題に掲げた「ものづくりは伝熱を左右するか?」という投げかけに対して答えは「左右する」といえる。

3. 双方を考慮した研究

平成7年から大学で教育研究に携わることとなり、観点を変えた立場からの研究に取り組んでいる。そのひとつにスクラップを出さずに連続的な加工で製造可能なコンパクト型の熱交換器がある。研究は性能よりも製造プロセスのほうがネックとなっているが研究を継続中であるので一部をご紹介したい。

3.1 基本構想とその特徴

工業的に多く採用されている熱交換器のひとつにプレート型熱交換器がある。すでに完成している技術分野ではあるが、筆者なりにもう一ひねりして連

続的で材料の端切れが出ない製造方式のものを頭に描いたのが図1に示す構想である。

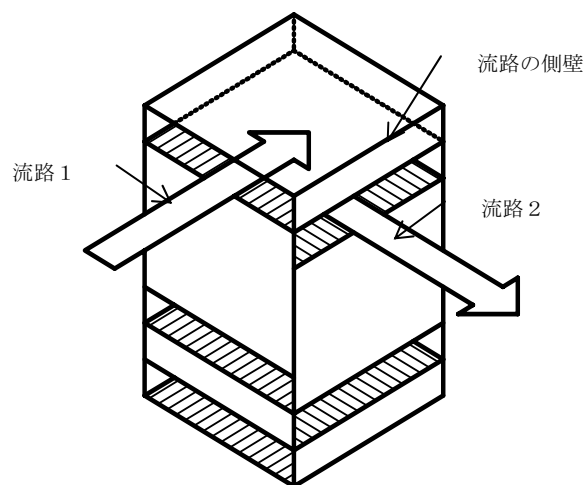


図1 考案した熱交換器

この熱交換器の特徴は図からわかるように二つの流体の流路は板材一枚で隔離される両者の流路は直交していることである。さらに流路の板材には製造する過程で連続的に山形とかディンプルなどの凹凸をつけられる。これらは流路の底板と天井板とで方向が直交するようになり伝熱性能の向上に役に立つものといえる。プレート型熱交換器などの構造では図1に示した流路の側壁を構成するためにパッキングを入れたりするなどの工夫が必要である。これに対して本方式では板材の製造過程で流路の側壁が自動的に構成するというメリットがある。さらなる特徴として挙げられるものに各流路に接する表面が異なるということがある。製造方法で説明するが図1において流路1の流体と流路2の流体では熱交換器を構成する板材の表側に流路1が、裏側に流路2が接触するようになっている。この効果は各流体に対して熱交換器内を流れる間に付加したい効能、たとえば触媒効果など、の物質を所定の表面に付けておけば熱交換とともに効能を付加することも出来るといえる。熱交換器を構成する材料は二種類の帯状の材料であり、熱交換器として一般に使われる銅やアルミのほかに紙なども対象とすることが出来る。紙を材料として使った場合には熱のみならず湿り気などの物質移動も可能で再生熱交換器として働くことも期待できる。

3.2 性能

直角に交わる流路が特徴であるので熱交換器の要素として直角に交わる山形の流路の伝熱特性と流体抵抗特性の把握を行った[5],[6]. 20種類に及ぶ形状に対して検討したがそのうちの代表的な一例を図2に示す.

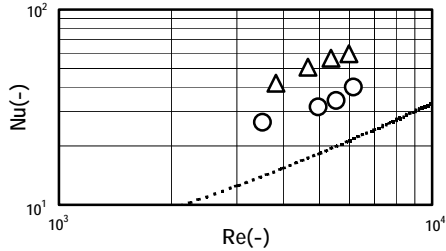


図 2-1 伝熱特性の一例

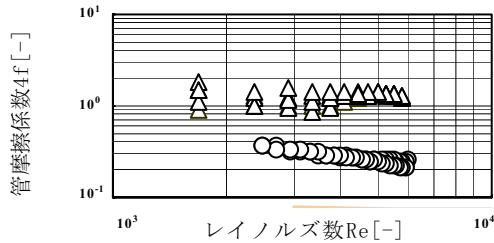


図 2-2 流体抵抗特性の一例

このような結果は以前から報告されている特性、例えば[7]などの結果とほとんど変わらない。なお、図中△で90度の頂角を持つ山形のデータ、○で波型を、また点線で平滑円筒を対象とした Colburn の実験式を参考までに示している。これらに対して交換熱量を同じにした条件の下で流体の送り込み動力を比較する方法で形状の違いを比較する手法を提案しており[6],引き続きより一層効果的な形状の研究に取り組んでいる。このような特性を持ちさらに3.1で述べたような特徴を持つ熱交換器をいかにして連続的に製造するかがものづくりとして残された課題である。

3.3 製造方法の原理

端切れを出さずに連続的に製造する工夫はわが国の伝統的な和服の裁断方法にヒントを求めた。和服は型紙に合わせて切ることなく折り曲げと縫い合わせのみで作り上げ、端切れはほとんど出ない。この考え方を熱交換器の製造方法に適用したのが「折り畳み式熱交換器製造方法」である。以下この方法の原理を図3により説明する[6],[8].

熱交換器の壁となる長い板材 A, B を準備する。この板材 A, B を以下のように加工するのが原理である。

1) 板材の片端は A1-A2, B1-B2 のように 45° の傾斜を持つ折れ線を描いた平行四辺形の長い帯状の板材に予め凸凹などの成形を施すことにより熱伝達率の向上を図ることが出来る。(図 3-1①)

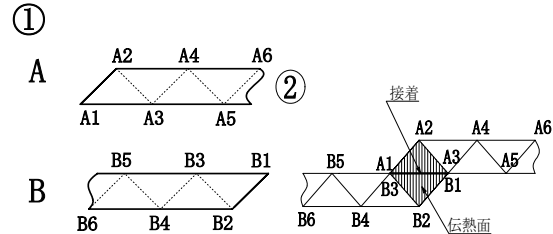


図 3-1 折りたたみ製造法の手順①②

A1-A3 と B1-B3 を接着する。A1(B3)-A2-A3(B1)-B2 で囲まれた正方形が熱交換器の伝熱面となる②。

2) 次に、③で A2-A3, B2-B3 を谷折りして、板材を矢印のように折り曲げ④のように A2-A4 と B2-B4 を接合する。そうすることによって、1つ目のパスを作ることが出来る。(図 3-2③④)

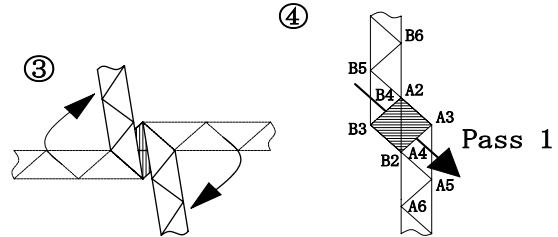


図 3-2 折りたたみ製造法の製造手順③④

3) 同様に繰り返して A3-A4, B3-B4 を折り⑤が出来、A3-A5 と B3-B5 を接着すると⑥が出来る。これによって、1つ目と直交する2つ目のパスが出来る。(図 3-3⑤⑥)

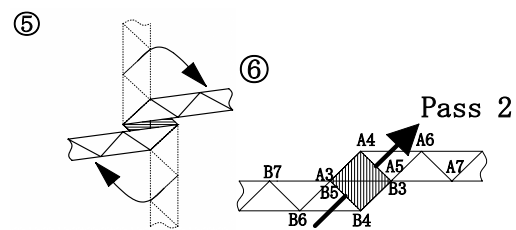


図 3-3 折りたたみ製造法の製造手順⑤⑥

3.4 製造メカニズムの検討

以上の手順を必要な段数分繰り返していけば所定の折り畳み式熱交換器が出来、機能は板材の供給加工部分,折り曲げ接着加工部分,熱交換器構成回転部分から成り各部分の動作を表1にまとめる。

表 1 各部分の機能と基本動作

	機能	基本動作
供給部分	素材の成型	反時計回りに 180° 回転
	接着剤の塗布	
回転部分		反時計回りに 90° 回転
折り板部分	素材の折り曲げ	折り板のスライド
	接着	挟み板のスライド

これを基に各部分の時間的な動作を検討し、各部分の具体的構造の検討に入った。主要な機構の構成を図 4 に示す。

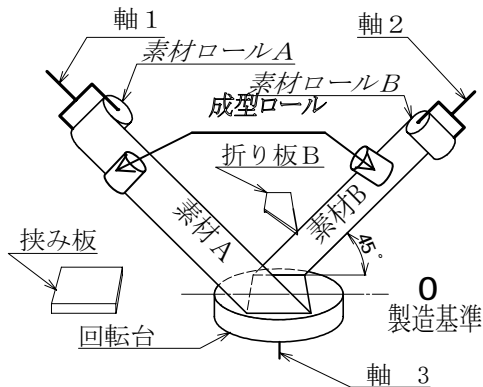


図 4 主要機構構成

板の素材 A,B は軸 1,2 より供給され途中で成型ロールにより波型やディンプル型などの成型が可能である。素材は軸 1,2 を中心に伝熱面ごとに 90 度回転しながら供給される。一方、折板はこの図では上下から素材 A,B を押し曲げ一段成型するごとに軸 3 を回転軸とする回転台が 90 度周り、かつ

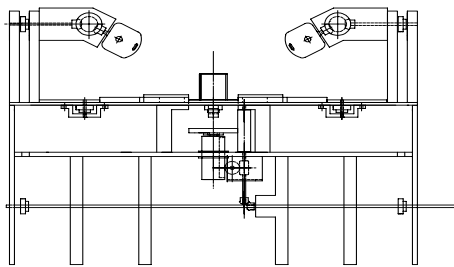


図 5 製造機構の原理モデル

熱交換器一段分下に下がっていくという機構である。このような基本をアニメーションで確認しつつ実現する機構に挑戦中である。図 5 には途中段階での構造を示すが右下のシャフトから動力が供給され供給部分、折り曲げ部分、回転部分が必要なタイムシ

ーケンスに従って稼動するのであるが改良すべき点が多くあり引続き実現に向けて挑戦している。本研究結果が実用化されるまでにはまだかなりの時間がかかりそうである。

4. まとめ

「ものづくりと伝熱のかかわり」の観点から筆者が体験した例および現在進行中の課題を紹介した。

21 世紀の日本を支える産業はやはり、「価値創造型もの創り製造業」で有るでしょう。その実行にはナノテク革命とか第二次 IT 革命のような先進技術を取り入れた機械工学の更なる進化が不可欠です。機械工学や伝熱工学が成熟したものであり、最早進化を必要としないかのように見る風潮が有ることを愁います。若い研究者と技術者に、機械工学と伝熱工学の 21 世紀における進化の道を示したいと考えます。如何にして素晴らしいものづくり技術を完成するかによって競争の勝者と敗者が決まってくるので「ものづくりは伝熱を左右している」というのが筆者の結論である。

参考文献

- [1] 武石賢一郎, *Jour. HTSJ*, Vol.42, No.172 (2003) 35-38
- [2] 橋詰保夫, 土樋俊夫, 広田良夫, 森義孝, 灘井義和, 佐藤友彦, 中原崇文, 日浦治也, 福江一郎, 塚越敬三, *三菱重工技報* Vol.22, No.3, (1985-5) 292-300.
- [3] 青木美昭, 渡辺吉典, 吉越 明, *三菱重工冷熱技報* (1986) 60-64
- [4] 石塚 勝, *Jour. HTSJ*, Vol.41, No.167 (2002) 1-9
- [5] Nakahara, T., Hattori, T., "2nd Int. Symp. on Advanced Energy Conversion and Related Technologies. (1998-12) 68-69
- [6] Nakahara, T., Hattori, T., *Recent Advances in Transport Phenomena. ELSVIER* (2000) 617-621
- [7] 岡田克人, 小野実信, 富村俊雄, 今野宏卓, 大谷茂盛, *化学工学 第 32 巻 第 11 号* (1968) 1127-1132
- [8] Nakahara, T., Hayashi, H., *3rd Int. Symp. on Advanced Energy Conversion Systems and Related Technologies. (2001-12) 798-803*

キーワードは三次元

Keyword : 3-D

小林 健一 (明治大学)

Kenichi P. KOBAYASHI (Meiji University)

1. はじめに

ものづくりの現場では、三次元CADを中心にCAEやCAMを組み合わせたシステムの導入が進み、「試作レス」、「開発期間短縮」、「コスト低減」等の文字が専門誌の紙面をにぎわしている。

一方、大学の教育・研究の現場を見てみると、「創造設計」、「CAE 実習」といった実習が従来の「設計製図」にとってかわり導入されつつあるものの、最新のものづくりの現場ほどにはCAD / CAM / CAEは導入されていない様である。明治大学でも三次元CADによる実習を「学生実験」の一部として取り入れ、学生の設計への興味をかき立てることに一役買っている。筆者も三次元CADとCAMの連携の実習を担当し、三次元CADによりモデル化した立体形状を、NCフライスをを用いて切削加工して見せている。この実験の下準備のためにいろいろなものを三次元CADでモデル化しCAMを用いて加工していくうちに、学生以上に三次元のおもしろさにのめり込んでいる。

そこで、三次元CADを使った何かものづくりと伝熱に関係のある研究はないだろうかと思案し、卒論で三次元CADを中心とした伝熱フィンの最適設計を行ってみた。三次元CADを用いて作成した伝熱フィンの三次元形状データを元に、CAEソフトにより数値解析を行い、伝熱フィンの最適な形状を模索し、CAMにより実験用モデルを製作し、局所熱伝達率分布を計測し、数値解析と実験結果の比較検討を行った。

はたして、コンカレントエンジニアリングは、伝熱研究にも役に立つのだろうか。

2. 三面図から立体モデルへ

学生に設計製図は大変だと感じさせる原因の一つに、投影法を用いた製図があるのではないだろうか。ものづくりの現場では、二次元の図面が設計者と製作者との間の言葉として重要な役割を果たし、投影

図と立体との相互変換を身につけなくてはエンジニアじゃないと怒られる。実際の情報の流れを見てみると、設計者の頭の中にある三次元モデルを、情報を伝えるために一旦投影図にし、構造解析や熱流体の解析、NC工作機を用いた製作工程では、投影図を再度立体に戻して考える必要がある。

近年の三次元CADの発展に伴い、コンピュータ内の立体表現は、ワイヤフレームを用いて簡易的に三次元表示していたものから、サーフェスモデルを経てソリッドモデルへと進展してきた。三次元CADで作成したソリッドモデルの形状データは、直接構造解析や熱流動解析等のCAEソフトのモデルにインポートでき、また、CAMソフトを用い三次元モデルを加工するツールパスを作成することができる。

3. 伝熱研究の三次元化

一方これまでの伝熱研究では、実在する三次元の現象を解明するために、現象の変化が少ないと考えられる次元を削って二次元にモデル化し、実験や解析を行うことが多かった。たとえば、突起列周りの強制対流伝熱の場合、奥行き方向に流れは一定とし、流路の中心線上で計測および解析することにより、豊富な知見が得られている。

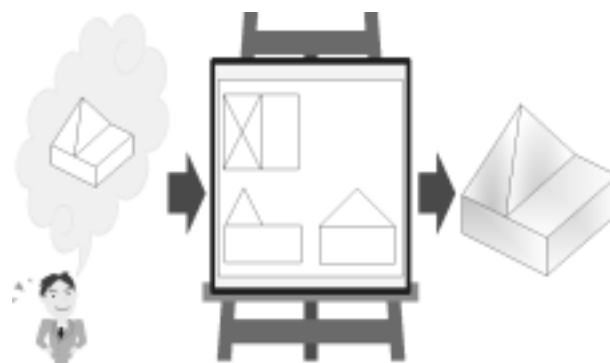


図1 設計情報の流れ

しかし、より伝熱を促進するためには、現象を二次元で捉えていたのでは限界があり、三次元的に伝熱現象を捉えることが多くなってきている。これもコンピュータ技術の発展に伴い、特別な環境を用いなくても自分の机の上で、三次元の解析を行い、三次元の計測に伴う大量のデータ処理を行うことができるために、実現されている。

4. CAE とハサミは使しよう

はじめて数値解析を手がける学生に、冷却フィンの周りの計算をやってごらんと熱流体解析ソフトのマニュアルを渡したところ、こういう実験をするからねと説明をしたその通りのモデル化を行い、実験と同じ領域を全て計算してなにやら結果を持ってきた。

数値計算というと、なれないスパコンの使い方を不親切なマニュアルで調べ、解析ソフトの呪文を覚え、あふれ出てきた数字と格闘したのは、もうだいぶ前の話のようで、使い慣れた Windows のパソコンで、マウスでクリック、モデルを画面上でぐるぐる回してみながら、帰宅前に計算スタート、翌日にはきれいなグラフィックのできあがりという時代になった。計算センターのスパコンを使うにはデータの転送などで手間取り、かえって時間がかかるらしい。

しかし、きれいな画面にだまされないようにしなくてはいけない。一度数値計算を経験している学生だと、周期境界条件をどう与えるか等を考え計算時間と容量の節約を考えるものだが、最近のツールの発達は性能が良すぎて、このように何も工夫していない計算でもきれいな分布が一晩で出てきてしまう。また、数値解析結果が妥当なものであるかどうかの評価は、ある程度の経験が必要であると考えられる。

いろいろと試行錯誤の末、まともに計算ができるようになったら、本来の CAE らしい使い方として突起列の流れに対する角度の最適化を指示した。こういった用途には、試作実験よりはるかに数値計算が向いており、突起列の角度を 5 度ずつ変化させていったときに最も熱伝達率のよくなる最適な角度を 1 週間ほどで見つけ出すことができた。試作実験ではこうはいかない。

CAE を使いこなすことのできる設計者になれば、製品開発の初期段階である程度製品の最適化を行う

ことができ、なるほど開発期間の短縮に大いに役立つことがわかった。

5. (ドラえもん風に) 三次元プリンター

工作工場の本格的な NC フライスを用いた切削作業ではちょっと大ききなので、冷却フィンを手軽に削り出し形状を確認するために、パソコンのプリンターポートに接続してまさにプリンターとして使うことのできる、三次元プリンターを買い込み、いろんな形状の切削を試みた。

三次元 CAD で作成したモデルに、材料の大きさや材質、工具の種類や加工方法を指示すると、ツールパスを自動で生成し、材料を設置するなどの手間はあつたものの、あとはスタートボタンを押すだけで三次元の形状が出現する。X-Y テーブル上に置いた材料を Z 方向に切削していくため、円柱などを切削する場合、上半分を切削後に材料を反転して裏面から切削する必要があるものの、コンピュータの画面内ですくすく回して見ていた形状を実際に手に取ることができ、また違った印象を持つ。NC フライスやマシニングセンターも基本的なデータの流れは同じで、三次元 CAD を用いて NC 工作機械の標準言語である G コードを出力し、シリアルインターフェイス経由で工作機械に転送して加工を行う。

かくしてできあがったモデルは、実際の流れに挿入してナフタリン昇華法により局所熱伝達率分布の計測を行った。

試作実験に用いるモデルや実験装置そのものの作成も、三次元 CAD を用いることにより複雑な三次元形状でも 1 日で削り出すことができ、実験の効率が上がることがわかった。

6. まとめ

三次元 CAD を牽引役としてものづくりの現場には三次元化の波が押し寄せている。三次元 CAD でモデルを製作したり、CAE の結果を見ているときの学生は、明らかにドラフターに向かってるときよりも楽しそうであり、Windows のおかげか、何も教えなくてもマウスを次々とクリックし自分たちでいろいろな形状を試している。今後は、今回のような設計作業を、カリキュラムに取り入れていきたいと思っている。

ソフトづくりとハードづくり

Soft and Hard

一宮 浩市 (山梨大学)

Koichi ICHIMIYA (University of Yamanashi)

1. はじめに

大学教育で“熱とものづくり”といえは“熱”に関連した装置を作り、それを操作して生じる現象を理解することが、まず浮かぶ。

われわれの大学で熱に関連した学生実験としては、(1) 固体材料 (木材、アクリル材等) の熱伝導率、熱拡散率を非定常法で求める、(2) 感温液晶を使用した容器内の自然対流の可視化、(3) 機械油の粘度、比熱、発火点などの測定、(4) 農耕用ディーゼルエンジンの性能試験等が挙げられる。

これらの実験の目的は、装置としては組みあがっているものを学生が操作することにより得られるデータを解析、検討し、また直接、現象に接することで“熱”に関係する事項をより理解することにある。したがって実験過程の中では“ハードづくり”は無く、どちらかといえば“ソフトづくり”といえるのであろう。

2. ソフトとハード

電子計算機の発展に伴い、ものづくりとしてプログラムを主体とした“ソフトづくり”が主流になりつつあり、泥臭い実験が敬遠される傾向にある。しかし、本来、“ものづくり”は“ハードづくり”が主である。その基本に立ちかえるよう、最近見直されつつある。

この状況を振り返ると最近の学生の理工系離れと無関係ではない。小学生の頃は実験、工作に興味津々であり目を輝かせて行っているが、高学年になるにつれ“もの”に触れる機会、つくる機会が少なくなり“もの”への意識が遠のくようである。そこで、そういう機会をわれわれが提供していかねばならないのであろう。

“ものづくり”は“ソフトづくり”だけでも、“ハードづくり”だけでも不足であり、お互い共存することで、より効果を高めるものである。ソフトによる検証をハードで、ハードで出来ない部分をソフト

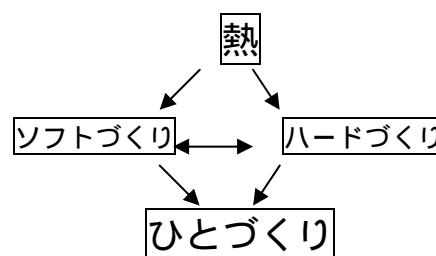


図1 “ものづくり”は“ひとつづくり”

で補う。それが、ゆくゆくは“ひとつづくり”につながっていくのである (図1)。

3. エネルギー変換?

熱工学の応用分野として「エネルギー変換工学」の科目が数年前にスタートしたが、その際、講義に一つの試みを試験的に行ったので、それについて紹介する。

講義だけでは、学生はどうしても受動的になるので自分から能動的になるよう学生に提案をした。「エネルギー変換工学」を学ぶに当たり、講義とは別に、自分達でテーマを設けて熱エネルギー変換装置を設計、製作し、成果を夏休み前に発表する。これは、強制ではなく、希望者とし、個人ではなくグループ (2—5人程度) とした。5月終わりまでに我はと思うものはエントリーし、費用は 2000 円以内 (教官負担)、製作等は講義の時間外に行うとする。

エントリーしたのは 6 グループ 18 人で受講者の 3 分の 1 以下であった。テーマとしては、

(a) 蒸気コ - スター

蒸気のエネルギーでピンポン玉をある高さまで上げ、それからはジェットコースターと同様、位置エネルギーを運動エネルギーに変える。

(b) ビー玉スターリングエンジン

試験管の端部を外部加熱し、他端部は冷却し、試験管内の空気の膨張、収縮で、試験管内部に入れているビー玉が移動することにより試験管がシー

ソーする。

(c) 首振り蒸気エンジン

蒸気機関車のようにシリンダー固定ではなく支点1箇所固定されているため支点まわりに回転する蒸気エンジンである。

(d) ふわふわ熱気球

ゴミ袋を糸で小容器につなぎ、小容器に燃料（料理用固形燃料）を入れ一時的に燃焼させ、浮力を得て上昇させる。

(e) 蒸気船

蒸気を推進力にする船である。蒸気をノズルから噴出する際の角度の影響について調べる。

(f) 熱電変換

学生実験で熱電対を使用して温度測定をしたことから熱電変換を試みる。

以上、これらは資料を自分達で探し、興味のあるテーマを見つけたものである。放課後あるいは土、日曜日を利用し、ほぼ45日かけて設計し、製作し、予備実験したものである。うまくいかない場合は再度設計しなおし挑戦する。簡単なものをつくるにも、仕様通り作ることが、いかに大変であるかを実感し、少しでもうまくいけば達成感を味わう。プレゼンテーションまでこぎつけたのは6件のうち(a)-(e)までの5件であった。プレゼンテーションではエントリーしなかった学生からも質問、改善案がでてクラス全体の機運がたかまり、自分もエントリーしたかった雰囲気ではあった。

個人ではなくグループにしたのは、一つのテーマを共通の認識の元で作り上げていく、会社のプロジェクト・チームに対応させるためである。テーマ設定から設計の過程は“ソフトづくり”であり、製作過程は“ハードづくり”である。この中でグループコミュニケーションが形成される。これがうまくいくかどうかで進捗状況に差が出た。プレゼンテーションはクラス全体参加のもとで行った。ここでクラスコミュニケーションが形成され、以後のクラス的意思疎通促進のきっかけとなった。これらは学生にエネルギー変換をより理解させるための試みではあったが、色々な効果が生み出された。このプロセスを図化したのが図2である。

4. 学生の反応

エントリーした学生の授業評価は「講義にアクセ

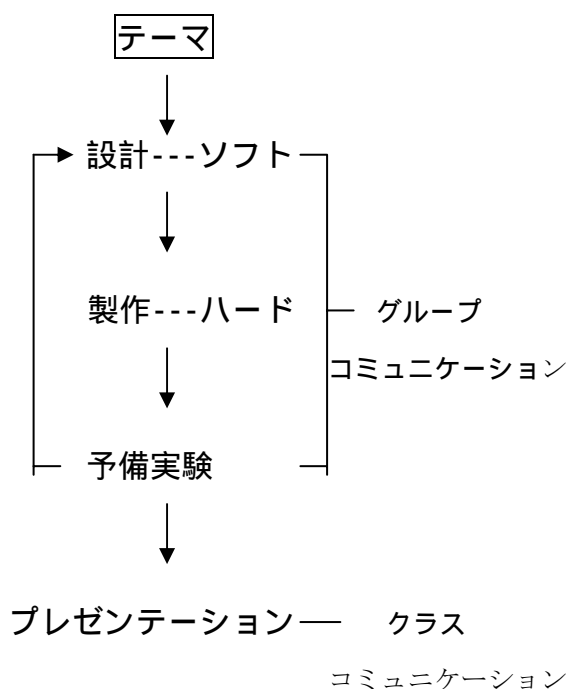


図2 プレゼンテーションまでの過程

ントがあり楽しかった。」「講義の内容の理解につながった。」といった概ね好意的であった。しかし、エントリーした学生の成績（ペーパーテスト）は中前後であり、この試みが直接、成績につながるかどうかは疑問のあるところである。エントリーしなかった学生は大まかに成績の上位者と下位者である。エントリーしなかった成績上位者の1人にエントリーしなかった理由を聞いてみた。その答えが「どうなるか判らないから」であった。1回の試みで、なんとも言えないかもしれないが、このエントリー者の傾向に今後の講義の進め方のヒントがあるのかもしれない。

5. おわりに

講義の中でこういった試みを行うことは時間的制約があり困難な面もあるが、卒業研究の中では“熱”と“ものづくり”、“研究”と“教育”がタイアップして進められているのではないのでしょうか。今後、色々な試みが行われ、情報としてお聞かせ願えれば幸いです。

初心者への公開講座 - 熱の伝わりをみる -
Open Campus for Beginners -Observation of Heat Transfer-

花村 克悟 (東京工業大学)

Katsunori HANAMURA (Tokyo Institute of Technology)

1. はじめに

「ものづくり」という言葉に何かところをくすぐられるのは私だけだろうか。アイデアから始まり、創意工夫を重ね、最終的な“もの”となる過程である種のこだわりや哲学そして出来上がったものへの愛着など、様々な思いを想像させる響きがある。教育・研究も例外ではない。そこで、特に教育に重点をおいた私なりの“ものづくり”を、一つの記録としてここに掲載させていただくことにする。これは、岐阜大学に在職していたときに、高校生（2年生）向けに開いた公開講座の一つであり、機械システム工学科の各大講座（材料、加工、流体、熱、制御）から1つテーマを出し、1グループ10人での学生実験として実施したものである。

2. 熱の伝わりをみる

熱や電気は目に見えないから理解しにくい、といった学生のいわばあきらめのような嘆きを時々耳にする。かといって材料力学や加工など形や変形が目に見える学問が彼らにとって分かり易いかというと、そうでもないのだが。そこで、これをもちろん間接的ではあるが、「確かに熱が移動しているな」って実感できる装置を造ることにした。

その装置を図1に示す。図のような円柱状のサンプルを用意する。このサンプルは、上部端面から、電気ヒーターを巻いた銅ブロックを押さえつけることによって加熱される。その下部端面を低温に保つ方法は冷水で強制的に冷却するなどいくつか考えられるが、ここでは、サンプルと同じ直径の氷を下から押さえつけることでほぼ 0°C（正確には若干下回る）を保った。あらかじめサンプルの外径と同じ内径の円管を用いて冷凍庫で凍らせる。この時できる限り気泡が入らないようにゆっくり凍らせる（多少中央に白い部分が残ったが無視した）。

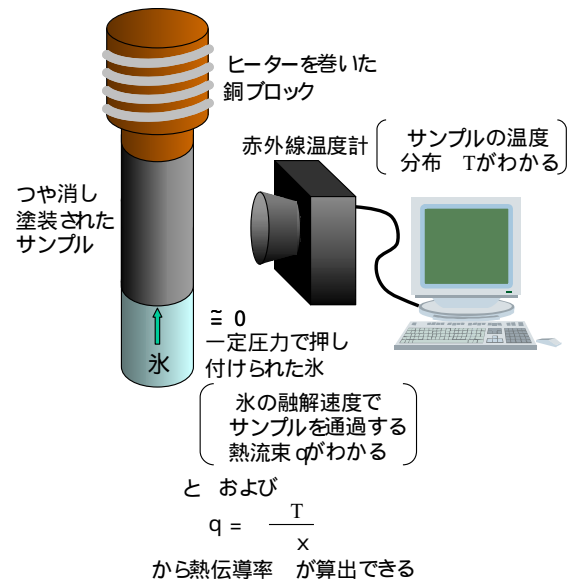


図1 実験装置

サンプルにはつや消しブラック塗料が吹付けてあるので、その表面の放射率をほぼ1とみなし、赤外線カメラで温度分布を測定した。

氷は「テコの原理」を使って常に一定の力がかかるようになっており、その氷の融ける速さを測定するとサンプルを通過する熱流束がわかることになる。

10人で、電気ヒーター調節係、氷を冷凍庫から取り出し円管から氷のみを抜き取る係（素早さが要求される）、その氷とサンプルを加熱用の銅ブロックに合わせてセットする係（この役割が最も責任重大）、テコに重りかける係（セットする係と意気が合うこと）、その重りが単位長さを落下する時間を計る係（精度はこの係にかかっている）、赤外線カメラで計測する係、記録係、指揮係、計算係、といった具合に手分けして実験してもらった。もちろん、呼吸が合わない場合や測定ミスなど様々な要因での失敗の末、数回目には成功していた。

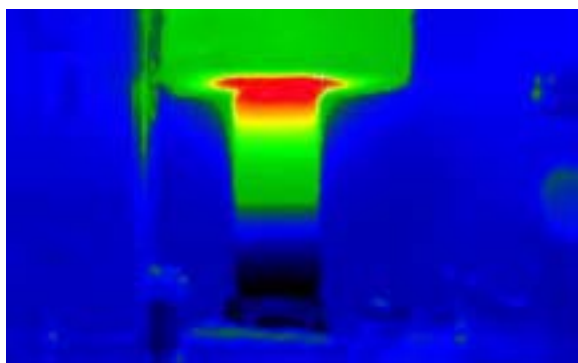


図2 赤外線カメラによる測定された温度分布

そのときの赤外線温度計で測定された温度分布を図2に示す。上部の太い円柱部分は電気ヒーターが巻かれた銅ブロックに断熱材を巻いたものが写っている。その中央部分が露出した銅ブロックの表面の一部であり、白黒の画像では黒く写っている（カラーでは赤である）。その下に円柱状のサンプルが写っているが、白黒のトーンの違いにより円周方向には温度が一樣で、軸方向には温度分布が形成されていることがわかる。この場合、定常状態ではきれいな線形の温度分布が得られる。そして、サンプルの下部端面近くではサンプルの温度はほぼ 0°C であった。

このように、氷がその温度とほぼ等しいサンプル端面に接していてもかなりの速さで氷が融けることから、サンプル内の温度勾配にしたがって熱がヒーター一部から移動していることが、氷が融ける速さで実感できる。

高温面に接すれば、氷が融けることは高校生であれば誰もがよく知っている。しかしながら、ここで

実験したように、ほぼ氷と同じ温度の面に接していても勢いよく氷が融けることに、高校生はかなり驚いた様子であった（もちろん、伝熱をかじった者にとっては当然のことであるが）。

この温度勾配と熱流束からその比例係数である熱伝導率まで求め、銅と鉄とガラスで熱が伝わる速さがかなり違うことを“氷の融ける速さ”で身をもって感触をつかんでくれたようだった。

3.まとめ

ここに紹介した実験で、ポイントとなるところは、熱が移動していることを氷が融ける速さでもって動的に視覚に訴えようとしたところにある。定常状態の温度分布を観ても熱が移動していることが実感として湧いてこない。サンプル下部端面を冷水でその温度が上昇しないほどの勢いで強制冷却すると熱はどこへいつてしまったのか、よくわからない。もしくはとまっているようにもみえる。今回のように氷の融ける様子に置き換えてやると「うわ〜っ!」というほど熱が高温のヒーターから氷へ向かってサンプル内を流れていることが実感として捉えられるようだ。

氷の質や温度など伝熱学的にみると精度がなく、見方によっては幼稚な実験であるかもしれないが、この装置では熱の伝わり、もしくは熱の流れを実体験として理解してもらうことを主眼とした「ものづくり」を試みた、と理解していただけると助かります。もちろん、やり方によっては、それらの不具合も十分克服できるものと考えている。

LCA エコデザイン

Eco Design with Life Cycle Assessment

加藤 征三 (三重大学)
Seizo KATO (Mie University)

1. はじめに

伝熱に限らず、熱が関与するものづくりには特に環境負荷に細心の配慮が不可欠である。なぜなら、熱の源はほとんど化石燃料であり、その現象は常に非可逆、効率はきわめて低い、と地球環境に悪影響を及ぼす因子がそろっているからである。

ここでは、「LCA(Life Cycle Assessment)の概念に基づくエコデザインの勧め」を紹介したい。

2. LCA 環境評価

あらゆる産業活動には環境負荷がつきまとう。特に「熱」に係るものづくりには環境負荷の定量的解析・評価とエコ改善の姿勢、すなわちエコデザインが常に要求される。これを可能とするツールが LCA であり、ISO14040 としての国際規格化も進んでいる。LCA は製品の原料採掘から製造・運転・メンテ・廃棄・リサイクルまでの「ゆりかごから墓場まで」の全段階にわたるありとあらゆる環境負荷量を算出した後、環境性能を評価してさらなるエコ改善に活用できる有意義な手法である[1]。

LCA を実際にやってみると二つの問題点に気づく。一つは環境負荷量の基となるインベントリーデータの数字根拠と精度である。特に国際的客観性が重要で、国連等の公表値が拠り処となる。筆者らは問題に柔軟対応できるデータを構築している[2,3]。他は、原因の異なる多様な環境負荷因子を同一基準で統合化する手法が未確立で、国際流通する工業製品では基準尺度の国際的客観性がやはり不可欠である。筆者らは、「LCA-NETS」なる統合化手法を提案している[2,3]。

3. LCA-NETS の概要

エコデザインには環境負荷を発生する“Loader”側と受ける“Receiver”側の立場があり、「L 側が消費や排出できる環境負荷の最大量 P_i は、R 側の我慢の限界値 MEV_i まで」；つまり $MEV_i = P_i \cdot ELM_i$ よって数値化するが本統合化の基本概念である。ここで、 ELV_i [NETS] (NETS: Numerical Eco-load Total

Standard ; 統合化環境負荷量の新単位)はヒト一人の限界値を 100[NETS]とすると影響地域の人口を掛けた値である。 P_i の単位は [kg, kWh, m³, etc.] であるから、 ELM_i [NETS/(kg, kWh, m³, etc.)] は ELV_i と P_i との単位換算係数で統合化基準値を意味する。添字 i は対象因子化学種を表す。本 LCA-NETS は化石燃料を含む資源枯渇、地球温暖化、オゾン層破壊、大気圏/水圏汚染、酸性雨、廃棄物処理、リサイクル効果に関する全 23 段階のライフサイクルにわたる環境負荷解析・評価とエコ改善を「エコデザイン」支援ツールとして構築されている。図 1 はソフト画面の一例で Q&A 対話形式と ICON で操作が容易となっている(データベースは内蔵)。

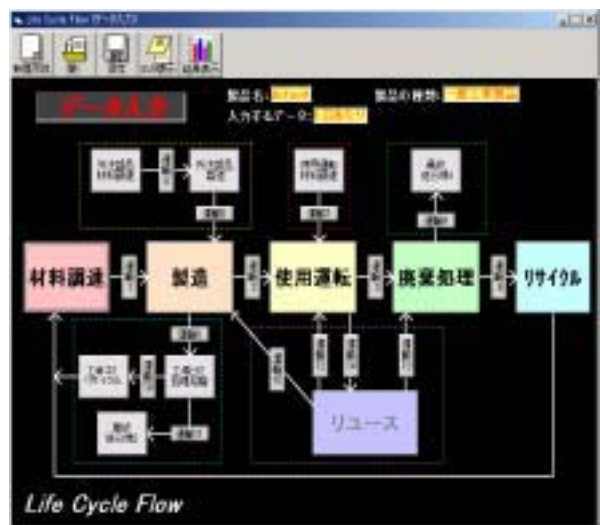


図1 LCA-NETS のソフト画面例

4. コジェネのエコ運転事例

図 2 は LCA-NETS を応用したコジェネの環境負荷とコストを評価するソフト画面例で、電力と熱の需要動向を設計条件として入力すると、機器設備の画面へ移り、適宜 ICON 選択してその条件等を画面手順に従って Q/A 方式で入力していただくだけで任意のシステムの構築と環境負荷/コストが評価でき、図形表示も容易である[4,5,6]。



図2 コージェネ・システムのLCA環境／コスト評価ソフト先頭画面

図3は三重大学にガスと蒸気の複合タービン発電のコージェネ・システムを導入した場合、(a)環境負荷を最小にするようなエコ運転時の環境負荷統合値 Eco-Load[NETS]の時間推移を示す。環境負荷は、燃料別でみると天然ガス→石炭→重油の順で大きくなる。また、タービン稼動状況を見ると、天然ガスではタービンから電力供給がなされるが、重油では100%買電力に依存しなければならない。一方、コストでみると、石炭→重油→天然ガスの順で高価格となり、コストを最優先するといずれの燃料でもタービンを稼動させた方がよく、4年程度で設備費が回収できる結果となる[4,5,6]。

5. おわりに

本稿では「ものづくりと伝熱」に携わる前提条件として、熱というものが「環境にやさしい」という命題と正反対にあるものだけに、常に「エコデザイン」に心がける必要がある。LCAは「環境にやさしい」という抽象的概念を数値として具現化する科学的手法であり、熱機器の開発・設計にはきわめて有意義なツールである。「エコものづくり」にはライフサイクルを通しての観点が不可欠であり、さもないと、天然ガスの方が「環境にやさしい燃料」という結論に至ることになる。実は、我が国の天然ガスは石炭より環境負荷が大きいこと等がLCA-NETSでわかる。本稿では、このことを強調したかったのである。

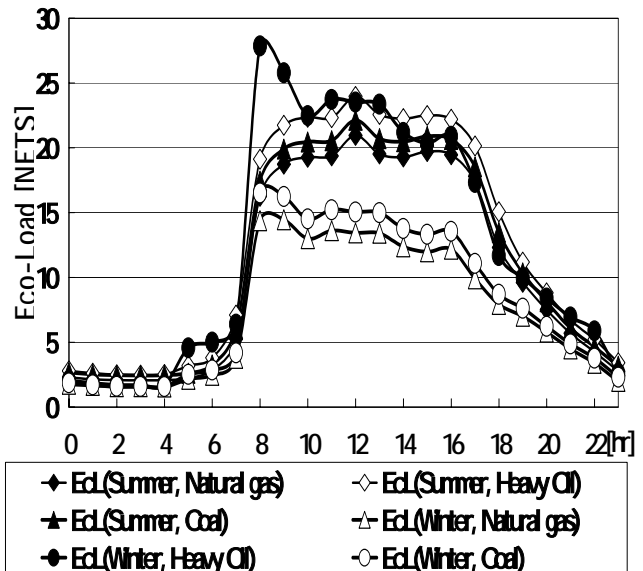


図3 コージェネのエコ運転と機器稼動状況

参考文献

- [1] 例えば、山本良一監訳、ライフサイクルデザイン、(1999)、カタログハウス。
- [2] 加藤征三、エネルギーシステムのLCA環境評価とエコ改善、日本機械学会〔No.01-59〕講習会教材(2001)、1-7。他
- [3] 加藤征三・定道有頂、工業製品の環境負荷統合評価とLCA-NETSによるエコ製品設計、機械の研究、55-3、(2003)、325-333。
- [4] Widiyanto, A., Kato, S. and Maruyama, N., "Life Cycle Assessment Estimation for Eco-Management of Co-Generation Systems", *Trans. ASME, J. Energy Resources Technology*, Vol. 123, (2001), 15-20.
- [5] Widiyanto, A., Kato, S. and Maruyama, N., "A LCA/LCC Optimized Selection of Power Plant System with Additional Facilities Options", *Trans. ASME, J. Energy Resources Technology*, Vol. 124, (2002), 290-299.
- [6] Widiyanto, A., Kato, S. Maruyama, N. and Kojima, Y., "Environmental Impact of Fossil Fuel Fired Co-Generation Plants Using a Numerically Standardized LCA Scheme", *Trans. ASME, J. Energy Resources Technology*, Vol. 125, (2003), 9-16.

名古屋大学工学部における創成科目への取り組み - 設計どおりに氷を溶かす -
*Trial of Education program for Open-ended Subject in Faculty of Engineering, Nagoya University;
"Think about the Ice Solving Process"*

小林 敬幸 (名古屋大学)

Noriyuki KOBAYASHI (Nagoya University)

1. はじめに

名古屋大学工学部化学・生物工学科分子化学工学コースでは、近年の教育改善の先陣を切って5年ほど前より教育内容の大幅な見直しを進め、そのうちの具体的一つとして「化学プロセスセミナー」を「創成科目」の内容に改めた。

周知のように「創成科目」は創造能力を涵養するためのものであるが、この科目は2年生前期に開講するために、専門教育の導入的科目として「化学工学」的課題に対して課題の解決法の発案と計画ならびにその実行まで取り組み、専門性を体得させることを目的としている。

平成14年度よりこの科目を競技形式に改め、最終的にある課題に関する結果を競わせてモチベーションを高めるとともに、学年全体がある一つの目的に向かわせることによって一つの一体感を持つことができるようにすることも側面的な目的としている。

2. 「化学プロセスセミナー」の具体的内容

平成14年度に実施した「化学プロセスセミナー」の具体的内容は次のとおりであるが、与えられたレギュレーションの中で、氷を溶かすための装置をグループで「設計」させる。課題そのものは高級ではないが、将来技術者として行うであろうタスクを模擬した内容となるように工夫したつもりである。

2.1 テーマの概要

100mm×100mm×50mmの氷から、決められた時間に決められた容量の水をいかに正確に得るかを検討し、実験で競う。ただし、外部から与えられるエネルギーは電池からの電力のみとする。5名程度のグループに分かれ、学生主体で実験、計算あるいは文献調査を行い、最後には口頭およびポスター発表を行う。

2.2 テーマの実施条件

(1) 外部から加える仕事は電池から供給される電力を用いて行うものとし、人力による仕事を加えない。(用いる電池の個数は制限しない)

(2) 実験開始後は、外部からいかなる操作も加えない。

(3) 実験(競技)時間は10~20分、得る水の体積は100~400ml。(溶解量ではなく、メスシリンダーに得る水の量)

(4) 予算は1万円以下、材料等の持ち込みは認めない。

(5) 製作のための道具は原則として支給されるものを用いる。

2.3 評価の方法

本科目の目標の達成度を評価するため、次の10項目を評価項目とする(学生に評価方法を明示することで、科目の学習目標を理解させる効果も期待した)。

I. 個人評価(各10点×5)

- ① 課題の重要性を理解する能力
- ② レポートの完成度(2回)
- ③ 手法の独創性と実施の可能性(情報収集法の妥当性と収集情報の質)
- ④ チームの中での貢献度

II. グループ評価(各10点×4)

- ① プレゼンテーション技術(わかり易い説明となっているか)
- ② 課題の認識度と思考の深さ
- ③ 質疑応答の姿勢
- ④ 手法の独創性と実施の可能性(情報収集法の妥当性と収集情報の質)

III. 競技結果の順位点(10点)

1位:10点, 2位:8点, 以下1点刻み。

3. 教官側の指導のガイドライン

実施にあたり、教官側で配慮すべき点として議論したのは、どのように指導すべきかであった。

各グループに担当教官1名を配したが、無意識的に担当グループがよりよい(「成果」ではなく)「結果」=「順位」を得るために、過剰に指導する恐れもあったので、この科目の学習・教育目標を議論のうえに決め、学習効果を高めるために次のようにガイドラインを明文化して実行に移した。

I. グループ研究を通して学生の独創性及びデザイン的思考を培うという目標を妨げる指導は避ける。したがって、具体的内容に関する明示的な指導はしない。なお、「答えられない」、「知らない」などと突き放すような回答はしない。

II. 安全に関する事項、ハードウェア、ソフトウェアに関する説明については、適宜必要に応じて行う。

4. 実施の結果

第12週目の開講時間に競技を実施した。当日指定した競技条件は、「20分間で150mℓを得ること」とした。結果は表1のとおりであった。

表1 「氷の溶解」の競技結果

グループ	水量	順位	得点
A	0	6	5
B	143cm ³	2	9
C	83cm ³	5	6
D	0	6	5
E	0	6	5
F	150cm ³	1	10
G	160cm ³	3	8
H	0	6	5
I	90cm ³	4	7

(競技条件：20分間で150mℓ)

学生が取り組んだ方法は、最初はニクロム線によるヒータ加熱溶解であったが、予備実験をして困難であることと判断し、結局多くのグループはファンによる対流伝熱と金属棒などの上に氷を置いて伝導伝熱により溶解させる手法であった。

当初は溶解手法を伝熱学的に設計するものと期待したのであるが、結果的には実験的な手法のみに終始したので、いささか期待はずれだった。

しかし、装置を単純に製作させるのではなく「設計」させるために氷の溶解量を指定したので、溶解量と溶解時間の関係をプロットするなど、装置

設計に繋がることを自ら実施する様子を見て、ひとまず安心することができた。

150mℓぴったりの水を得たグループは、電熱線とファンにより溶解し、浮きを用いたスイッチにより水の流入量を指定量に制限する方式を製作したものであり、競技の際も見事に作動した。

なお、競技結果のほかにも、実施内容や思考内容を評価するために、企業から4名の非常勤講師を招いて評価に参画していただくとともに、優れた装置のアイデアに対してスポンサー賞を提供いただいた。

5. 競技を終えて

競技終了後の次週に、学生、教官ならびに非常勤講師を交えて反省会を開催した。学生からの主な感想は次のとおりであった。(学生数：45名)

I. 専門分野への興味について：興味が増した(19名)、興味を持つようになった(16名)

II. 満足度：総合的に満足(24名)、どちらかという満足(14名)、不満(4名)

III. 具体的意見例：がんばったかいもあり楽しかった。楽しかったがすごく不満だらけ。テーマも自分たちで選択したかった。もっと計画的に創始を作った方がよいと反省した。

教官側としては、学問的な効果をより期待する内容にしたほうが良いのではないかという意見も少なからずあったが、ほぼ期待した効果は得られたと感じていた。

もっとも、反省すべき点は多く、今後より創造性を高め、学生が満足できる内容に改善していきたいと考えている。



優勝したFグループの装置と会場の様子

吸収冷凍機とものづくり

Manufacturing Technologies for Absorption Refrigerating machine

功刀 能文 (功刀技術士事務所)

Yoshifumi KUNUGI (Kunugi Professional Office)

1. はじめに

自然冷媒を使用し、排熱で駆動する吸収冷凍機が注目されている。環境とエネルギー問題に対応する冷凍機として、とくに大型冷凍機分野では期待されている。

一方、ものづくりプロセスは、

顧客→商品企画→開発→設計→生産準備→調達→製造→出荷→販売→サービス

からなるといわれる。

このような現状をふまえて、本稿では、吸収冷凍機とものづくり、として現在の製品を紹介し、その構成の必要性を述べ、ものづくり技術の内容と将来技術について考えてみたい。

2. 熱移動量、冷凍・空調負荷とものづくり

地球上のエネルギー源は太陽であり、どんな事態になろうとも夏季の外気は約 35℃になる。一方、人間の体温は 36.5℃一定である。したがって、人間が生活・活動するためには、温度差（体温－外気）を相当量確保して、身体を冷却しなければならない。ここに、空調負荷があり、冷房と除湿の必要性がでてくる。

さらに、ほとんどの場合、食品の生産地と人間の居住地が離れており、とくに現在では日本人の食品の 60%以上は輸入に頼っているため、必然的に食品の保存・鮮度維持のための冷蔵、冷凍が不可欠になっている。その内訳は、生産地での保冷、海上と陸上による輸送、売場での陳列、家庭での冷蔵・冷凍などの冷凍負荷が含まれる。

一方、食品の製造・加工工場では、食品の殺菌のために必ず加熱する。加熱後は保存・鮮度保持・味覚維持のために、即刻冷却しなければならない。ここに、また冷凍負荷がある。さらに、工業的には、随所に冷却プロセスがあり、繊維工業、紙工業などをはじめ、多くのプロセスでの湿度制御においても冷凍負荷がある。

このように、冷凍・空調負荷はいずれも大負荷

であって、どんなに IT 時代になっても、大量の熱量を移動させなければならない。熱を移動させるための熱交換器において、熱流体の熱伝達率は有限の値であるので、かなりの伝熱面積を確保しなければならない。ここに、冷凍機のものづくりの原点がある。

3. 吸収冷凍機の機器構成

3.1 吸収冷凍機の分類

吸収冷凍機は、作動媒体別、効用別、熱源別、冷凍負荷別などにより分類される。ここで、効用とは冷媒の発生回数をいい、再生器の数とみればわかりやすい。現在多く普及している吸収冷凍機は、

- (1) 冷媒－吸収剤が、水－臭化リチウム系の単効用（一重効用）と二重効用で、ガス、油、蒸気、熱水だきの冷水発生機（チラー）
- (2) アンモニア－水系の単効用で、ガスだきの冷水発生機と冷ブライン発生機（ブラインチラー）が主である。

本稿では、最も普及している、水－臭化リチウム系で、ガスおよび蒸気だきの単効用と二重効用チラーのものづくり、について述べる。

3.2 冷凍サイクルの特徴

機器の構成に関する冷凍サイクルの特徴は、

- (1) 冷凍機、サイクル内は真空である。このうちの理論圧力は、蒸発器、吸収器の低圧部が 0.87 kPa 程度、再生器、凝縮器の高圧部が、単効用機が 7.4 kPa 程度、二重効用機が 73 kPa 程度である。このため、とくに低圧部では圧力損失は最少限にとどめられる構造でなければならない。
- (2) 冷媒の水蒸気は比体積が非常に大きい。
- (3) 冷媒液や溶液の移動にはそれらの水頭を利用する。
- (4) 低圧部の溶液および冷媒液を移動させるためにポンプを使用するが、その NPSH が必要である。

3.3 機器構成の要点

上記特徴を実現するために、

- (1) 冷凍機はシェル構造で、単胴式、双胴式、三胴式などがある。
- (2) 高圧部が上部に、低圧部は下部に配置する。
- (3) 再生（沸騰）、凝縮、蒸発、吸収操作は伝熱管の管外で生じさせる。
- (4) 加熱媒体（蒸気、熱水）、冷却水、冷水などは伝熱管内を通す。
- (5) 燃焼ガスで加熱するガスだけは、水管式、煙管式で代表されるボイラ構造をとっており、水平管、垂直管で熱交換して、管外沸騰、管内沸騰が起こる方式がよい。
- (6) 二重効用機での低温再生器の加熱媒体は、高温再生器で発生した冷媒蒸気であるので、高温凝縮器でもある。
- (7) 高温再生器が独立したシェル、低温再生器および凝縮器が共通のシェル、蒸発器および吸収器が共通のシェル、と圧力レベルごとに分かれている場合と、同じシェルに、低温再生器と凝縮器が区切られて上部に、蒸発器と吸収器が下部に設置される場合がある。
- (8) 溶液の熱交換器である高温熱交換器と低温熱交換器はシェルの低部に置かれる。

4. 吸収冷凍機での伝熱形態 [1]

高温再生器、低温再生器（高温凝縮器）、凝縮器、蒸発器、吸収器における伝熱形態は、

- (1) 再生器での臭化リチウム水溶液の沸騰は、加熱源が蒸気または熱水の場合は、沸騰・自然対流・満液（液浸）式で起こし、水平管における伝熱、
- (2) 加熱源が燃焼ガスの場合は、前述のように、管外または管内で沸騰を起こし、水平管、垂直管における伝熱、
- (3) 凝縮器では、管外凝縮・水平管における伝熱、
- (4) 蒸発器では、管外蒸発・液膜（濡れ壁）式・水平管における伝熱、
- (5) 吸収器では、管外吸収・濡れ壁（液膜）式・水平管における伝熱、
- (6) 溶液熱交換器では、単相流同志の伝熱管、伝熱平板を通した伝熱、などが一般的である。

5. 吸収冷凍機の製品例 [2] [3]

ものづくりという観点から代表的な製品をみて

みる。

5.1 単胴式単効用冷凍機の断面

図1には、単胴式冷凍機のシェルと伝熱管群の構成位置の断面例を示す。この断面図からわかるように、冷凍機の上部から凝縮器 C、再生器 G、蒸発器 E、吸収器 A が置かれ、それぞれが伝熱管群と冷媒液および臭化リチウム水溶液を溜めるトレイとから成っている。それら伝熱管群には、凝縮器に冷却水、再生器に蒸気または熱水、蒸発器に冷水、吸収器に冷却水が流れる。

凝縮器のトレイには凝縮した冷媒液が溜まり、再生器のトレイには臭化リチウム水溶液が、全伝熱管が液没するまで溜まり、蒸発器のトレイには未蒸発で伝熱管群に散布される冷媒液が溜まり、吸収器のトレイの働きをするシェルの底部には吸収を終えた臭化リチウムの水溶液が溜まる。シェル底部の水溶液は、シェル下部に設置される溶液ポンプ PS の NPSH を確保するために必要な液面を維持している。

再生器のトレイはシェルに溶接されており、このトレイが凝縮器と再生器の高圧部と、蒸発器と吸収器の低圧部との圧力隔壁になっている。ここで使用されている伝熱管は全て水平管で、上記の伝熱形態を遂行するために、凝縮器では管外凝縮、再生器では満液式管外沸騰、蒸発器では液膜式管外蒸発、吸収器では液膜式管外吸収が起こってい

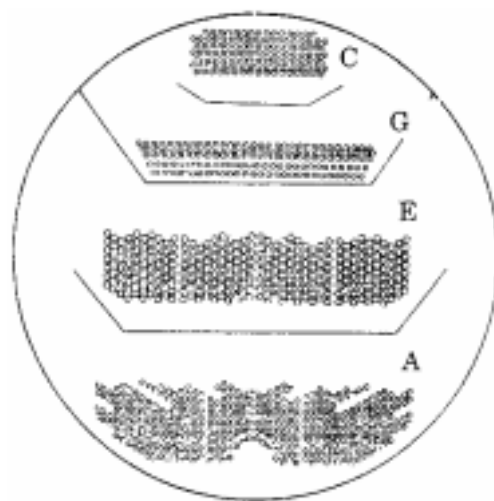


図1 単効用吸収冷凍機の単胴式の断面例

る。なお、吸収器の管群に隙間があるのは、吸収を促進するために、冷媒蒸気が流入しやすくするための構造例である。

5.2 双胴式単効用冷凍機の断面

図2に、双胴式冷凍機の断面例を示す。この図からわかるように、冷凍機は、凝縮器Cおよび再生器Gを内蔵する高圧側のシェルと、蒸発器Eおよび吸収器Aを内蔵する低圧側シェルとから成立っている。両シェルとも、断面は円形ではなく、シェルを変形させてトレイを形作っている。凝縮器、再生器、蒸発器、吸収器内には伝熱管群Tが設置されており、それぞれに冷却水、蒸気または熱水、冷水、冷却水が流れる。

また、凝縮器のトレイ部には冷媒液が、再生器のシェル下部には臭化リチウム水溶液が、蒸発器のトレイ部には未蒸発の冷媒液が、吸収器のシェル下部には水溶液が溜まる。図2にはそれぞれの液面が描かれている。再生器からの臭化リチウムの濃い溶液（濃溶液）と吸収器からの薄い溶液（希溶液SW）は熱交換器Xで熱交換する。さらに、図2に、濃溶液SSおよび希溶液SW、さらに凝縮器から蒸発器に流れる冷媒液RLの各ラインを記した。一方、再生器で発生した冷媒蒸気Vは凝縮器に、蒸発器で蒸発した冷媒蒸気Vは吸収器にそれぞれ流れるが、その流路にはミストセパレーターM、流れのガイドや邪魔板GDなどが置かれる。

5.3 二重効用冷凍機の外観

二重効用吸収冷凍機は上記単効用冷凍機に、高温再生器と高温熱交換器が加わって成立っている。二重効用冷凍機には、高温再生器と低温再生器への溶液の供給方法により2種類ある。すなわち、吸収器からの希溶液がまず高温再生器に、次いで低温再生器に流れるシリーズフロー方式と、希溶液は2分して高温再生器と低温再生器にそれぞれに流れるパラレルフロー方式とがある。

図3にガスだきシリーズフローの製品の外観例の正面図と側面図である。ここに、高温再生器HG、低温再生器LGと凝縮器C、蒸発器Eと吸収器Aの3個のシェル、それに熱交換器XとバーナBの配置が示されている。高温再生器には、バーナや燃焼室が含まれている。図4はパラレルフロー製品の的外観例である。シリーズフロー製品と同じように3個のシェルで構成されている。図5は蒸気だきシリーズフロー製品の的外観例である。3個のシェルで構成されるのはガスだきと同じであるが、高温再生器HGがボイラ機能を兼ねるガスだきに比して小形である。さらに、高温再生器は最上部に配置できる。

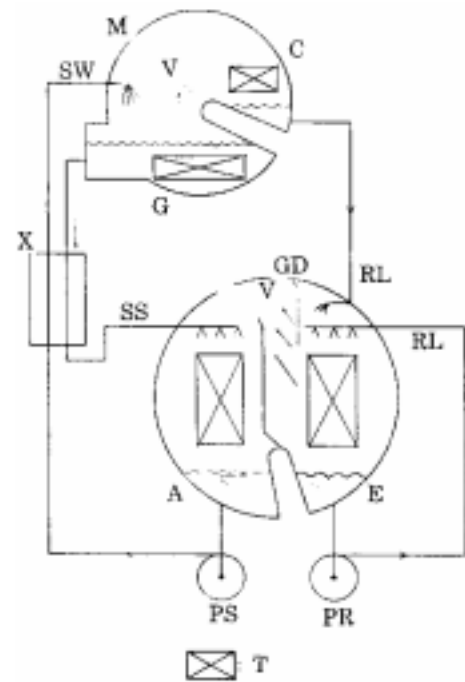


図2 単効用吸収冷凍機的双胴式の断面例

6. ものづくり技術

6.1 吸収冷凍機の特徴

前述のように、吸収冷凍機の特徴は、

- ・真空容器である
- ・高温部と低温部がある
- ・全てが熱交換器である
- ・腐食性媒体を扱う

6.2 つくる技術

吸収冷凍機のおもな材料は、板材、柱材、管材、伝熱管であり、これらを加工する工程には、切断、溶接、曲げ、穴あけ、伝熱管挿入、拡管、仕上げ、表面処理、防錆処理、塗装、保温などがある。

6.3 検査技術

組み上がった製品について、

(真空) 漏れ、性能

の検査が行われる。とくに、漏れ検査は特別の技術と技能を必要とし、吸収冷凍機のものづくりを代表する工程である。

6.4 運搬・輸送

吸収冷凍機を大型化するにさいして、支配する要因に運搬・輸送の問題がある。現在、吸収冷凍機は上述の技術によるものづくりを自社内で実施し

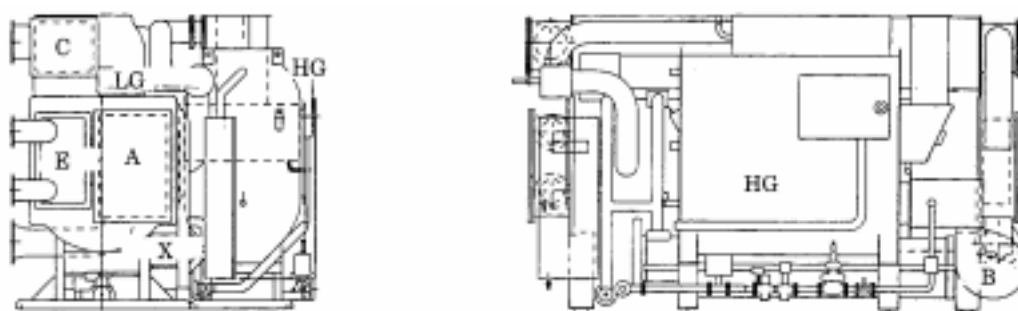


図3 二重効用吸収冷凍機製品例1
(ガスだき・シリーズフロー)

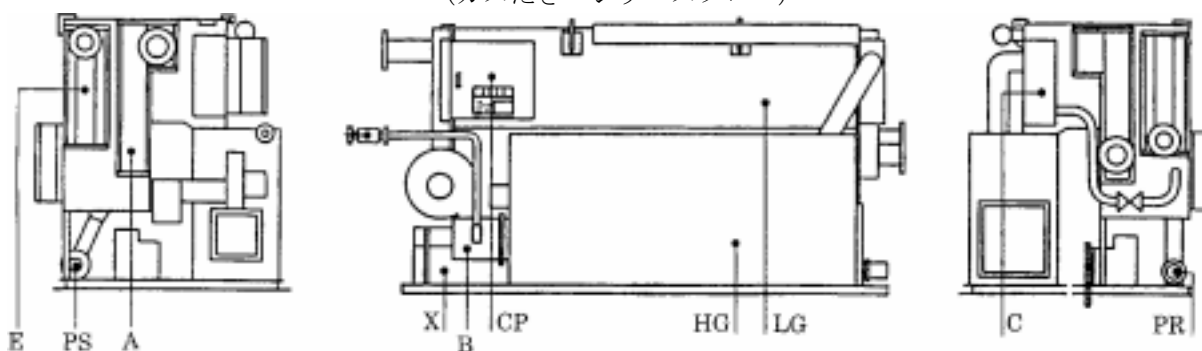


図4 二重効用吸収冷凍機製品例2
(ガスだき・パラレルフロー)

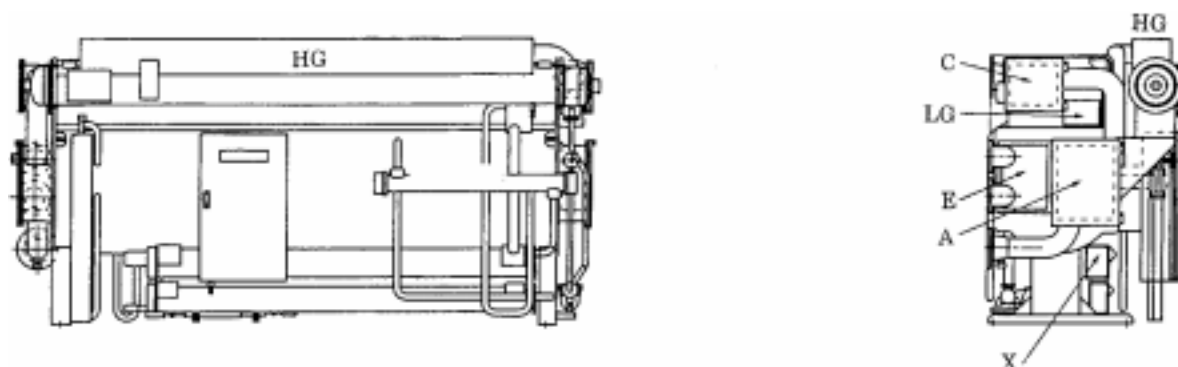


図5 二重効用吸収冷凍機製品例3
(蒸気だき・シリーズフロー)

ているため、製品を据付地に運搬・輸送しなければならない。ほとんどの場合、輸送は陸路で行われるので、その大きさに限度がある。やむを得ない方法として、 n 倍化がとられている。

7. 吸収冷凍機用伝熱管

7.1 実用伝熱管

吸収冷凍機の伝熱管は、多くの場合、再生器に鋼管、凝縮器、蒸発器、吸収器に銅管が採用されている。これらの伝熱管では、裸管、ローフィン

チューブ、微細加工管などが実用されている。

7.2 提案伝熱管 [1]

多くの伝熱管研究のうち主要なものは、濡壁式の吸接管についての、水平管の管外吸収用、垂直管の管外、管内吸接管などが多い。これは、吸収器の冷凍機全体に占める割合が大きく、冷媒蒸気と吸収溶液と冷却水とが流動して、物質移動と熱移動とが起こるという複雑な現象が起こっているため、新伝熱管への期待が大きいことによると考えられる。代表的なものは、

(1) CSS 伝熱面

Constant Curvature Surface の略で、三次元曲率が等曲率である曲面を多く有するという、理論的な伝熱面形状管である。

(2) 伝熱促進管

軸方向に溝を有するアーム管と花柄管のダブルフルーテッド管である。

(3) 垂直吸収管

内面溝付きに3次元コルゲート加工した管である。

(4) スパイラルフィン管

垂直管の管内にディスクを積上げて構成したスパイラルフィン管を設けた管である。

(5) アドバンスト面付き垂直吸収管

ピンフィン管、ねじり管、フリーテッド管、溝付管などの管外加工管である。

8. ものづくりのりと将来技術**8.1 現場組立化**

運搬・輸送のための寸法制限が必要ないように、据付け現場で組立がどこまで進められるか。真空容器である冷凍機を現地で溶接による加工・組立が今後の課題である。

8.2 新指標導入

新しく開発された伝熱管の実用可否を判定するための指標として、

「伝熱管の材料単位質量あたりの熱交換量、kW/kg」

のような、コストを直接または間接に導入した指標を提案したい。

8.3 空冷化

水-臭化リチウム系では、吸収器温度が臭化リチウムの結晶化温度に近いので空冷化が困難であり、小容量機で製品化されているが普及するまでに至っていない。水冷機の吸収器なみの、性能とコストで空冷機の吸収器が実現できればインパクトが大きい。空気熱源のヒートポンプへの可能性もでてくる。

8.4 0 以下発生

水-臭化リチウム系では、水が冷媒であるので0℃以下は不可能である。水に第三物質を混入して氷点降下を起せば冷蔵・冷凍用への展開が可能である。吸収剤を冷媒に混ぜて0℃以下を得ている製品が発売されているが、チラーなみのブラインチラーが実用されれば用途は広い。

8.5 高性能伝熱管

吸収冷凍機がある限り、高性能伝熱管の開発は必要不可欠である。前述のように、吸収冷凍機は全てが熱交換器であり、各種伝熱管の表面で伝熱および物質移動が起こる。したがって、単層流、単成分の凝縮や蒸発、さらに溶液からの蒸気の発生や溶液への蒸気の吸収での性能の向上が課題である。また、伝熱管表面での液体の濡れ性も重要な因子である。

さらに、伝熱管は複数で、管群として使用されるので、管間での蒸気の通過しやすさ、すなわち管配列も重要である。提案されている伝熱管については前述したが、たとえば楕円管のような伝熱管も選択肢となろう。

8.6 耐食・耐熱材料

防食と耐腐食材のコーティング技術開発、材料開発により、たとえばステンレス、セラミック、ガラス熱交換器などが実現すれば、信頼性を大幅に改善できる。また、高温部をもつアドバンストサイクルを具現化できる。

8.7 自動化技術

製造業の海外への移設により、日本の産業界が変りつつあるが、前述の諸技術を自動化してコスト低減し、世界市場での価格競争力を強化することが焦眉の急であると考えられる。

8.8 技術・技能の伝承

若い技術者が、手をよごすことをいとわずに、先輩、先人達の技術を習得し、日々研鑽を重ねて向上を目指してほしい。それを実現する管理者のリーダーシップが鍵を握る。

9. おわりに

人類が生活を続けていくのに大量の冷凍負荷が存在することは不可避であり、そのための大容量冷凍機も必需品である。吸収冷凍機のものづくりの精神を持続してほしいと願うこと切である。

参考文献

- [1] 功刀能文, 相沢道彦, 伸銅技術研究会誌, 33(1994), 26-30
- [2] 功刀能文, 冷凍, 76-889(2001), 967-971
- [3] 功刀能文, 冷凍, 77-891(2002), 72-74

記号

A: 吸収器, B: バーナ, C: 凝縮器, CP: 操作盤, E: 蒸発器, G: 再生器, GD: ガイド, HG: 高温再生器, LG: 低温再生器, M: ミストセパレーター, PR: 冷媒ポンプ, PS: 溶液ポンプ, RL: 冷媒液, SS: 濃溶液, SW: 希溶液, T: 伝熱管群, V: 冷媒蒸気, X: 熱交換器

「熱とものづくり」

冷熱機器

*Heat Transfer and Manufacturing
- Air Conditioning and Refrigerating Machines -*

松岡 文雄 (三菱電機(株)住環境研究開発センター)

Fumio MATSUOKA (Mitsubishi Electric Corporation)

1. はじめに

冷凍空調機器の製造メーカーの立場から、「熱とものづくり」の現状を紹介する。我々の業界では環境3課題をターゲットにしており、改正省エネ法と新冷媒対策と家電リサイクル法がそれである。今回は特に改正省エネ法に対する取り組みについて述べる。具体的に言えば、冷凍サイクルの高COP化である。

2. 冷凍空調機器の省エネ化と快適性制御

トップランナー方式で進められている改正省エネ法に基づき、現在ルームエアコンでは最高COPが5をオーバーして来ており、2004年度の省エネ法の基準値は冷房能力2.5kW以下の小形クラスのルームエアコンの冷暖平均COP基準値が5.27であった。図1に室内ユニットを、図2に室外ユニットを示す。室内ユニットには、熱交換器とファンが搭載されており、室外ユニットには、圧縮機とそのモーターを駆動するインバータと、熱交換器とファンと、電子膨張弁と冷房・暖房切り替え用四方弁が格納されている。



図1. ルームエアコンの室内ユニット



図2. ルームエアコンの室外ユニット

2.1 技術課題

省エネ化と快適性制御に対するユーザーの希望は以下の様な多岐なテーマにわたる。

- (1)コンパクト化(設置面積が小,薄型室内機,軽量)
- (2)音(静かな運転音,冷媒音,ファンの気流音)
- (3)能力(可変巾,高能力,立上げスピード,高温暖房)
- (4)露とびレス
- (5)気流感レス
- (6)高調波対策(インバータによる高調波)
- (7)安価
- (8)ノンフロスト暖房

これに対し、我々の技術課題は、次の様な多様な工学技術の集積として、これに答えてきている。

- (1)伝熱性能向上(管内側熱伝達率アップの為の溝付熱交換器,管内径の細管化と二相冷媒分配)
- (2)実装風路最適化(最密充填熱交換器)
- (3)圧縮機インバータ周波数の運転範囲の拡大
- (4)除湿冷却の露点温度コントロール
- (5)ドラフト感と生理の申告実験分析
- (6)DCモータのベクトル制御
- (7)アクティブノイズフィルタの安価設計
- (8)ノンフロスト用あるいはデフロスト後の水切り用表面処理

2.2 今後の展開

現在の冷凍空調機器に対する省エネと快適性両立も、我々メーカー側としてはいくつ所まで行った感がある。

更に、当業界は中国・韓国など東南アジア各国にその生産技術を移管し、国内は正に自信喪失の感がある。

ところが、最近になって地球温暖化対策の一環としてCO₂削減が必達になって来ており、CO₂売買がニュービジネスにもなってきた。ここで、俄然脚光を浴びてきたのが、COP=5のヒートポンプによる暖房・給湯である。発電効率が30%ならCOP=5であるから、一次エネルギー換算でも $0.3 \times 5 = 1.5$ となり、ゆうに100%を超える。

そこで、グローバルな CO2 削減に対しても十分に価値ある COP=5 の冷凍サイクルをかついで、実際の部分負荷対応でも COP=5 を維持しつつ、年間省エネ運転に耐えられるソリューションツールとしての研究開発に向いつつある。

現在の改正省エネ法の COP 値は、冷凍サイクル安定運転時の値であり、その測定法もどうすべきか今後検討していかねばならないが、我々としては、部分負荷運転時の成績係数(COP)を悪化させない冷凍サイクルはどうあるべきか、更に熱交換器はどうあるべきか、冷凍サイクル制御はどうあるべきかについて今スタートしている。

3. 一定速圧縮機の発停ロス

3.1 サーモ ON/OFF を繰り返す冷凍サイクルの動特性

本節では、部分負荷対応運転時に圧縮機の発停に伴ない、冷凍サイクルの動特性上発生するエネルギーロスのメカニズムを説明する。

圧縮機で高压高温に圧縮されたガス冷媒は凝縮器で高压液化し、毛細管で断熱膨張し低压・二相冷媒になり、蒸発器で低压ガス冷媒となり、外気を冷却除湿して、自身は再び圧縮機に吸入される。

一定速圧縮機の実データなので古い文献[1]になるが、その性能を連続運転時と運転率 50%(5 分 ON 5 分 OFF)の ON/OFF 時の運転性能比較を表 1 に示す。特徴として、50%の部分負荷運転時は冷房能力は連続運転時の半分以下であり、入力は逆に半分以上であり、COP は 14%悪化している。更に除湿性能は 0cc/h となっており総合性能が悪い。

表 1 運転性能

	連続運転	ON/OFF 運転 (5 分 ON 5 分 OFF)
冷房能力	2.064	0.950
入力	0.723	0.386
除湿量	801	0
COP	2.855(100%)	2.461(86%)

3.2 ON/OFF 運転時の伝熱

50%運転率での、圧縮機起動から 5 分間の蒸発器配管温度は、初期室内温度 25℃と同一温度から蒸発器配管温度が時間経過と共に降下して行き、5 分後でもまだ連続運転時での分布に到達していない。この時の各冷媒パスの局所熱交換量の経時変化を図 3 に示す。十分に熱交換が行われていないことが明らかである。

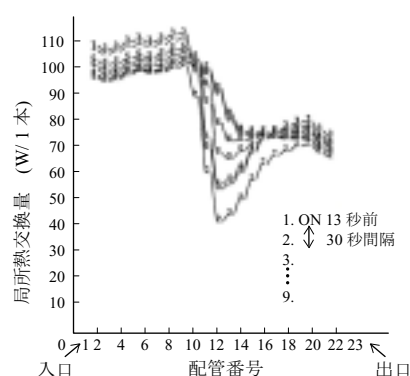


図 3. 起動時の局所熱交換量

3.3 ON/OFF 運転時の冷媒分布

起動時の冷媒移動に伴う冷媒分布を図 4 に示す。起動前は、蒸発器に封入冷媒量の 80%が、圧縮機に 10%が、凝縮機に 3%が分布している。低压引き込み時(圧縮機起動 40 秒後)は、圧縮機に 30%以上の冷媒が溜まり込んでいる。連続運転時は、凝縮機に 75%、蒸発器に 15%、圧縮機に 10%分布している。

このメカニズムは次の様に説明できる。圧縮機停止時蒸発器に大量に寝込んだ冷媒が起動と共に熱交換せずに圧縮機に液混じりで吸入され、二相冷媒が圧縮機から吐出され、油に溶解し時間経過を経て、凝縮器に吐出される。

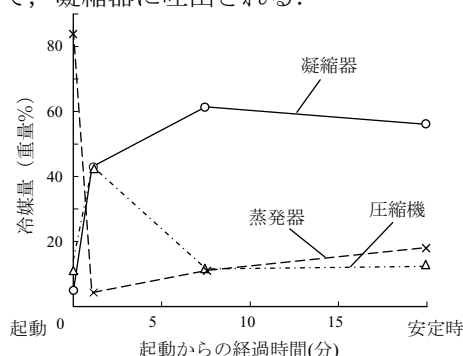


図 4. 起動時の冷媒分布 [2]

3.4 圧縮機発停ロスの低減策

冷凍サイクル応用機器の定格 COP、及び性能を維持する為にはどうしても圧縮機の発停に付随するエネルギーロスを低減する必要がある。

その一つはインバータによる部分負荷対応容量制御であり、もう一つは冷媒分布制御である。

インバータによる圧縮機の回転数制御で、冷媒循環流量をコントロールし、必要負荷に対応させる手段は現在 8Hz-120Hz まで容量制御巾が広がっているが、必然的に発生するノイズ対策と冷媒循環量の大幅な変化に対応可能な電子膨張弁の開発・導入と更に熱交換量の調整にファンコント

ールが必要であった。

一方、冷媒分布制御による ON/OFF ロスの削減方法は、圧縮機停止と同時に冷媒回路の高圧側と低圧側を遮断する電磁弁を凝縮器出口側に設けることである。遮断手段を電子膨張弁で兼ねる場合もある。この時の技術課題は、遮断後高圧と低圧に分離されたままの冷媒回路を再起動する時、圧縮機は吸入低圧と吐出高圧の差圧のついたままの起動となりいわゆる差圧起動の為、負荷トルクが過大でモータトルク不足で失速を起こすことである。この為、モータを含めた圧縮機の再設計が必要である。

4. 容量可変インバータ圧縮機搭載冷凍サイクル

4.1 冷媒循環流量とモリエ線図

DC モータ搭載インバータ圧縮機の吐出冷媒循環流量 G [Kg/h] は周波数 f_z に比例して次式になる。

$$G = v_{st} \times 3600 \times f_z \times \frac{1}{v_g} \times \eta_v$$

ここで V_{st} [cc=cm³] はストロークポリウム, f_z [回転/秒] は周波数, v_g [m³/kg] は吸入ガス冷媒の比容積, η_v は圧縮機の体積効率である。従って冷媒循環流量 G が大きくなれば、同一熱交換器での熱交換量 Q [kW] も比例して大きくなり、空気と冷媒の温度差 ΔT_c と ΔT_e も比例して大きくなる。

ところがモリエ線図は冷媒 1kg 当りの物性を扱っているため、図 5 のようにモリエ線図の f_z に応じた上下の拡大と縮小が必要になる。

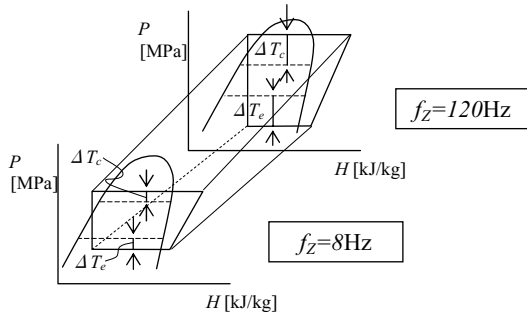


図 5. 冷媒循環流量とモリエ図

4.2 空気と冷媒の温度差による生成空気質

蒸発器における熱交換の理論のベースは、空気側熱交換量を Q_a [kW] とすると次式で書ける。

$$Q_a = G_a \cdot (i_{ea} - i_{eo})$$

ここで G_a [kg/秒] は風量で i_{ea} [kJ/kg] は入口空気エンタルピー, i_{eo} [kJ/kg] は熱交換器出口空気エンタルピーである。更に、熱交換器のエンタルピー効率 ε_i を導入して以下の式を使用する。

$$\varepsilon_i = (i_{ea} - i_{eo}) / (i_{ea} - i_{ET}) = 1 - e^{-\frac{A_o \cdot U}{G_a}}$$

ここで i_{ET} は蒸発温度と同一温度に蒸発配管温度となり、その表面が 100% の飽和空気に冷却された時の空気エンタルピーであり、 A_o [m²] は蒸発器管外伝熱面積, U [kg/cm²・s] はエンタルピー基準熱通過率である。従って上記 2 式をまとめて以下の式になる。

$$Q_a = G_a \cdot (i_{ea} - i_{ET}) \cdot \varepsilon_i$$

風量 G_a が一定ならば、エンタルピー効率 ε_i も一定で、熱交換量 Q_a は入口空気エンタルピー i_{ea} と冷媒温度 ET 相当飽和空気エンタルピー i_{ET} の差に比例する。そうすると部分負荷運転時、圧縮機周波数 f_z を小さくし、能力 Q を小さくし、冷媒蒸発温度を ET1 から ET2 に上げると、図 6 のように除湿量が ΔX_1 から ΔX_2 に減り、SHF (顕熱比) の大きな運転となり、除湿できなくなる。

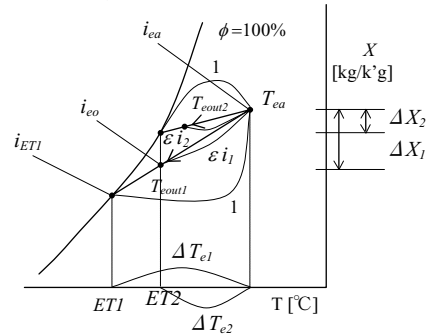


図 6. 空気線図

4.3 インバータ容量制御冷凍サイクルの効罪

これまで、COP の向上の為にインバータによる容量制御可能な冷凍サイクルの必要性和その効果を述べ、最後に除湿能力が悪化する説明をして来た。

確かに一定速圧縮機で部分負荷に対応するためには冷凍サイクルの発停を繰り返すしかなく、ON/OFF ロスが馬鹿にならない事は确实である。そこから必然的にインバータ技術が応用されて来た。しかし、容量を絞れば絞る程、空気温度と冷媒蒸発温度の温度差がつかなくなり、SHF の高い運転つまり高顕熱運転に陥る。

ということは、トップランナー方式での定格 COP での評価は [kW] というスカラー値を評価しており、潜熱と顕熱の空気の質に対するベクトルとしての評価指標が抜け落ちている。

そこで我々は、COP を上げつつしかも生成空気

の SHF という質(ベクトル)も考慮した冷凍サイクル応用機器を開発せざるを得ない。次章では、この点にスポットを当て、冷媒再熱除湿冷凍サイクルと排熱利用の熱回収型冷凍サイクル機器の事例を紹介する。

5. 熱回収形冷凍サイクル

5.1 冷媒再熱除湿冷凍サイクル

図7に代表的な冷媒再熱除湿冷凍サイクルを示す。圧縮機で高温高压に圧縮されたガス冷媒は、四方弁を経由して室外側熱交換器で一部凝縮液化し、二相高压高温冷媒のまま全開の室外電子膨張弁を通り、室内熱交換器に入る。電磁弁 EV1 と EV2 は閉となっており、室内側熱交換器に流入した高压高温の二相冷媒は室内熱交換機 No.1 で凝縮液化し、室内電子膨張弁で絞られて低压低温の二相冷媒となり、室内熱交換器 No.2 で蒸発ガス化し再び室外に循環し、四方弁を通して圧縮機に吸入される。この時、室内吸込空気はまず室内熱交換器 No.2 で除湿冷却されて、その後室内熱交換器 No.1 で加熱されて低湿高温空気となって室内に吹き出される。

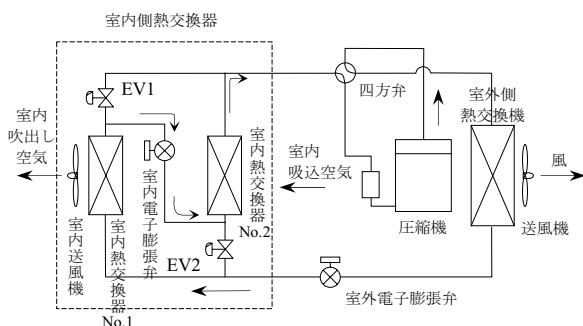


図7.冷媒再熱除湿回路

5.2 熱回収形冷凍サイクル

更に、図8に上記冷媒回路とモリエ線図を示す。食品店舗でのショーケース冷却器と店内空調を同時に行う冷凍・空調一体冷凍サイクルの概念図である。特に冬期店内は暖房しながらショーケースで冷却も行う1冷媒回路の説明をする。

圧縮機で高温高压に圧縮されたガス冷媒は高压ガス配管①に導入される。暖房用室内熱交換器はこの高压ガス配管①より電磁弁 EV.1G を開くことによって高压ガスを導入し凝縮液化させ店内を暖房し、高压液を電子膨張弁 EXP.V1 を全開して絞ることなく高压液配管②に返す。一方ショーケース熱交換器は、この高压液管②より電子膨張弁 EXP.V2 で絞って低压二相冷媒③にした上で冷却

に使用する。ここでガス化蒸発した低压ガス冷媒は電磁弁 EV.2S を開くことによって低压ガス配管④に流出する。この低压ガスを圧縮機吸入管に連結することによって冷凍サイクルが構成される。ここで、室内熱交換器の暖房負荷とショーケースの冷却負荷が釣合っていれば、まさに熱回収形冷凍サイクルが成立し、COPは2倍といえる。この2つの負荷が釣合っていなければ、室外熱交換器で余剰熱処理を行う。熱を捨てる場合は室外熱交換器を凝縮器として使い、吸熱の必要がある場合は蒸発器として使う。使い方は電磁弁と電子膨張弁の構成が室外熱交換器も室内熱交換器もショーケース熱交換器も同じであることより解る。夏場の運転は同様に室外熱交換器は凝縮器として使用し、室内熱交換器は冷房用に蒸発器として使用し、ショーケース熱交換器はもちろん蒸発器として使用する。

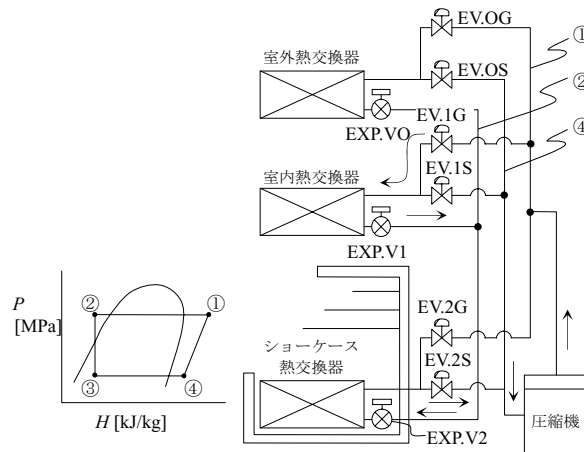


図8.熱回収形冷凍サイクル

6. おわりに

冷凍空調業界の我々は、省エネ競争の中で機器単体の要素技術の開発と共に、冷凍・空調一体形システム開発へと進んで来た。これは、顧客毎のソリューションビジネスを指向しており、客毎の必要温度レベル湿度等、きめ細かいオーダーメイド冷熱システムの提供である。当然IT技術が導入され標準的な冷凍サイクルでありながら、高度な制御が要求され、更に省エネルギーよりも省ランニングコストの冷熱システムをイニシャルアップでありながら2年でペイバックできる物を提供しなければならない。

参考文献

- [1] 松岡文雄, 冷凍, 59, 676, 1~7.
- [2] 山下浩司, 松岡文雄, 永友秀明, 冷凍空調連合講演会論文集, 23, 29.

伝熱促進管の開発にたずさわって

From my Experience in Development of Heat-transfer-improved Tubes

伊藤 正昭 (伊藤正昭技術士事務所)

Masaaki ITOH (Professional Engineer Office)

1. はじめに

私は、ある大手電機メーカーの研究所に30年以上に亘って勤務し、空調用熱交換器の開発に従事してきた。ものづくりと伝熱の特集に関連して、企業に属していた者の立場から、伝熱促進管の開発にたずさわってきた経緯を記させていただく。いくらかでもお役に立てば幸いである。

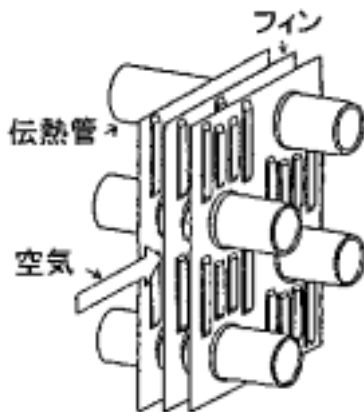
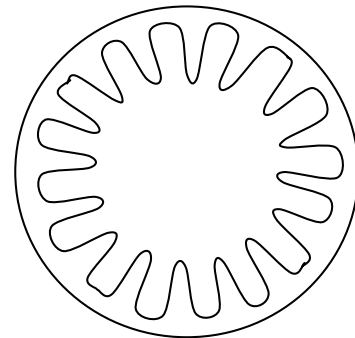


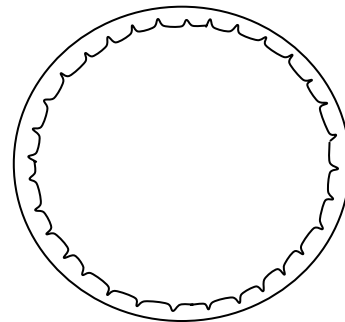
図1. クロスフィンチューブ形熱交換

2. 伝熱促進管開発のきっかけ

1975年頃、私は空調用熱交換器の開発に従事していた。当時の空調用熱交換器は、図1に示すように、平行に積層されたアルミニウムのフィンに、丸い銅管が挿入された、クロスフィンチューブ形熱交換器と呼ばれるタイプのものであった。空気はフィンの間を流れ、フロン系冷媒が伝熱管の内部を流れる。空気を冷却する場合には、管内の冷媒が蒸発し、その蒸発潜熱を空気から奪うことにより、空気を冷やす仕組みになっている。この熱交換器を高性能化するには、フィンの伝熱促進とともに、伝熱管の伝熱促進も必要であった。当時は、内面が平滑な銅製円管を使っていたが、冷媒側の



(a) 提案した伝熱管



(b) できてきた伝熱管

図2. 最初の試作伝熱管

熱伝達率を向上させるため、内面に加工を施した伝熱促進管の開発を、私が担当することになった。初めは単に伝熱面積が増えれば、その分だけ熱伝達率が向上すると考え、図2(a)に示すようなインナーフィン管を提案し、試作してくれるところを探した。ある大手銅管メーカーの研究所が協力してくれることになり、試作した結果は、提案したインナーフィン管とは似ても似つかない、管内面に引っ掻き傷がある図2(b)に示すような内面溝付管であった。これでは、伝熱面積増加はごく僅かしかないので、熱伝達率の向上は望めないと思いつつ実験したところ、蒸発熱伝達率が約50%も向上し、しかも圧力損失は平滑管とほとんど変わら

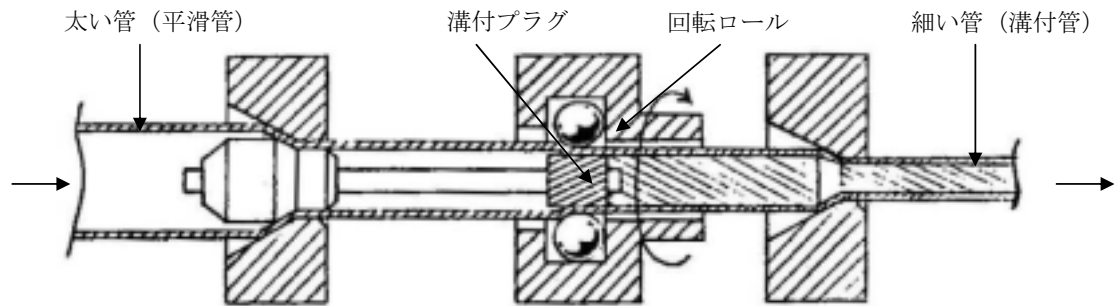


図3. 引き抜き管の製造方法（フローティング・プラグ法）

ないという、予期せぬ結果が得られた。伝熱促進管は、その誕生の時から、生産技術に負うところが大きかったのである。

このような思いがけない効果が得られた初期の時点で、内面らせん溝付管の基本特許を出願した。しかし、なぜそのような効果が得られたのか、明確な理論付けがなされていなかったため、長い間の係争の末、結局、基本特許は日本では権利化されなかった。現在では、らせん溝付管の高い熱伝達率は、主として表面張力の効果であることが、分かっている [1]。

3. らせん溝付管の実用化

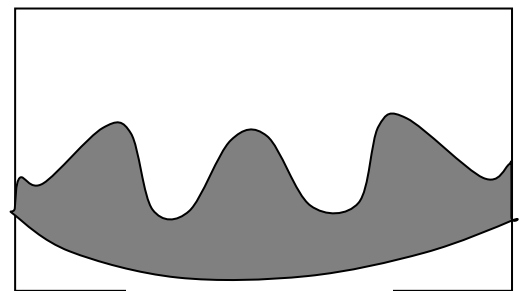
3.1 らせん溝付管の製造方法

この内面らせん溝付管を実用化するには、管内面に高速でらせん溝を付けることのできる製造技術の確立が必要であった。銅管メーカーの生産技術者は、フローティング・プラグ法という新しい製造方法を考え出してくれた[2]。これは図3に示すように、平滑円管の縮管工程（管の径を段階的に小さくする工程）の途中に、回転自在なプラグを管内部に挿入し、そのプラグが流れていかないように工夫したものである。プラグの表面には、らせん溝が彫られていて、その形が銅管内面に転写される。この方法により、コイルからコイルへと連続した内面らせん溝付管が、高速で製造出来るようになった。

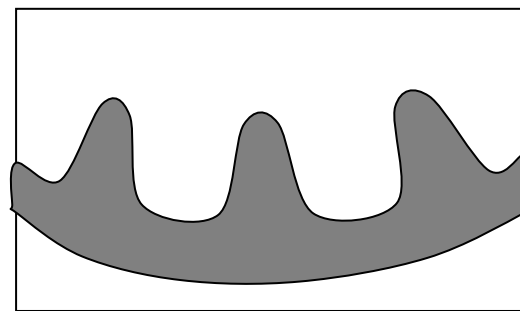
3.2 溝形状の模索

さらに、溝の形状を決定する際にも、全面的に生産技術のお世話になった。最適ならせん角度、溝のピッチ、溝の形状などを理論的に決定することができなかつたので、トライ・アンド・エラー

で、試作・実験を繰り返すより他になかつた。試作するにしても、ひとつのパラメータを自由に変えることはできず、できた物の形状を測定しながら、実験を重ねていった。その結果、蒸発に最適ならせん角度と、凝縮に最適ならせん角度が異なることが分かってきた。そして、蒸発にも凝縮にも効果のあるらせん角度が決定された。



(a) 三角溝付管



(b) 台形溝付管

図4. 溝形状の変化

3.3 コスト低減

次には、材料費の低減が検討された。初期の頃の溝は、図4(a)に示すような三角形の溝であった。その後しだいに、台形溝の方が性能が良いことが分かり、さらにフィンをスリムにし、溝を大きくした方が性能が高くなることが分かった。これは、材料費の低減につながり、伝熱管のコストを下げ

るのに好都合であった。現在のフィン形状は、図4(b)に示すようなスリムな台形フィンである[3]。

3.4 拡管方法の検討

フィンがスリム化すると、拡管時に変形し易いという問題が生じた。拡管というのは、伝熱管をフィンに密着させるために、フィンの穴に伝熱管を挿入し熱交換器として組み立てた後で、伝熱管内部にマンドレルという鉄砲玉のような先端形状をした棒を機械的に挿入し、伝熱管の径を広げ、塑性変形させてフィンと密着させる方法である。図5にマンドレルによる拡管方法を示す。

この拡管方法を機械拡管というが、機械拡管すると、折角付けたフィンが倒れたり、潰れたりして、拡管後の性能が大きく低下するという問題が発生した。それを防ぐために、高圧の水を伝熱管内に注入して管を膨らませるといった液圧拡管を採用した工場もあった。現在では、あまり変形しないフィン形状が開発されたので[3]、機械拡管が主流となっている。

3.5 細径管化

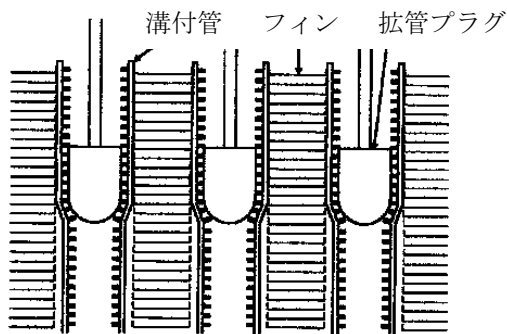


図5. マンドレルによる機械拡管

私が伝熱管の伝熱促進をはじめた時の対象製品はパッケージエアコンであったので、伝熱管外径

は12.7mmであった。その後、熱交換器の小形化のために外径が9.53mmになった。そして現在は7mmにまで細径化されている。ルームエアコンでは、7mm以下の伝熱管を採用している機種もある。伝熱管の細径管化の過程でも、生産技術の様々な創意工夫がなされてきた。今後、可燃性冷媒や高圧冷媒を使うためには、さらに細径化が進むと考えられる。その際には、冷媒パス数が増えることが予想されるが、各パスに均等に冷媒を分配することが難しい。特に、蒸発器では、冷媒流量が少ないと早く蒸発が完了し、圧力損失が増大し、さらに冷媒流量が減るといった不安定な釣り合い状態になっているので、冷媒分配の均一化は非常に困難が予想される。

現在、このらせん溝付管はマイクロフィンチューブ(Microfin tube)という名前でも、世界中の空調機に広く用いられるまでになっている。

4. 電縫管の出現

1980年代に入ると、オゾン層破壊の原因がフロン系冷媒にあると言われ、代替冷媒の探索が始まった。それまで冷蔵庫やカーエアコンに使われていたR12は、R134aに切り替えられた。ルームエアコンやパッケージエアコンに使われていたR22は、R407Cに切り替える方向で検討が進められた。ところがR407Cは、3種類の冷媒を混ぜ合わせた混合冷媒である。蒸発しやすい冷媒と、蒸発しにくい冷媒とが混ざっているため、単一冷媒に比べると熱伝達率が低下するという問題があった。これを解決するには、冷媒を良く攪拌して、成分が均一になるようにすることが必要である。また、単一冷媒の熱伝達率をさらに向上させることができれば、混合冷媒の熱伝達率もそれにつれて向上することが分かってきた。そのために、らせん溝

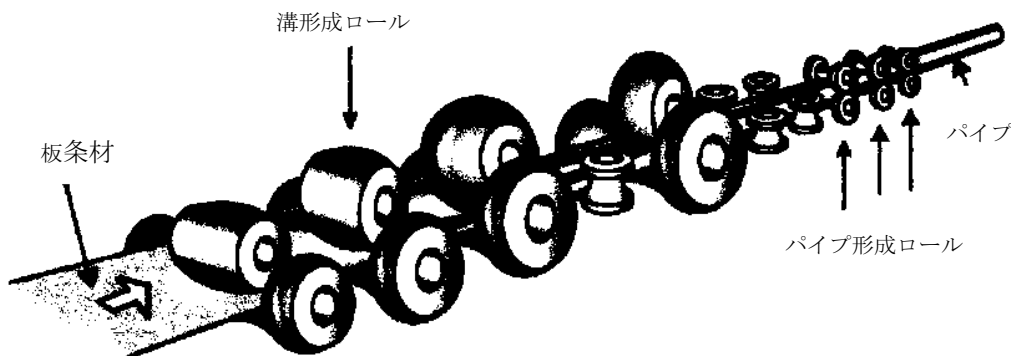
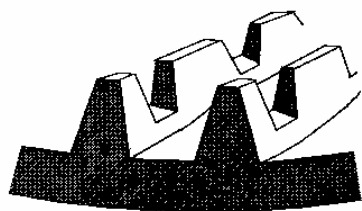
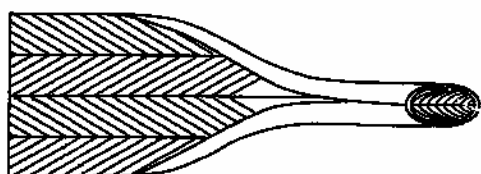


図6. 電縫管の製造方法



(a) クロス溝付管



(b) ヘリンボーン溝付管

図7 高性能内面溝付管

だけではなく、自由な形状の内面加工が可能となる伝熱管の製造方法が求められた。それに応えるように登場したのが電縫管(シーム管)である[4]。これは、図6に示すように、一枚の細長い薄板を丸めて溶接することにより伝熱管とするものである[5]。板の表面にはいろいろな形状のフィンをロールで成形することができるので、管内面の溝形状が比較的自由に付けられるようになった。しかも、引き抜き管と同じ程度の値段で製造できる技術が開発された。

その結果、図7に示すような、さらに高性能な内面加工管が生まれた。図7(a)は、クロス溝付管[6]と呼ばれ、らせん溝付管のフィン頂部に、細かいのこぎり歯状の凹凸を付けたものである。フィン頂部における表面張力を強化した結果、混合冷媒の凝縮、蒸発性能の向上に効果がある。図

7(b)は、ヘリンボーン溝付管[7]と呼ばれ、溝の傾きがいくつかの領域ごとに異なり、溝が集まる部分に冷媒液が集まり、他の部分は冷媒液が薄くなることによって、熱伝達率をさらに向上させたものである。これらの伝熱管は、混合冷媒だけでなく単一冷媒にも効果がある。しかしながら、らせん溝付管に比べると圧力損失もやや増大するので、今のところ製品適用の範囲は限定されている。

5. おわりに

以上述べてきたように、伝熱促進管の開発は、伝熱の研究だけではなく、生産技術の開発とともに進展してきたことを、ご理解いただけたと思う。私は、伝熱の研究者であるが、ここに改めて生産技術にたずさわの方々の努力と業績に心からの敬意と感謝を表したい。企業におけるものづくりは、常にコストと結びついており、研究と生産技術は車の両輪であることを強調させていただき、結びとする。

参考文献

- [1] 鹿園直毅, 伊藤正昭, 内田麻理他, 日本機械学会論文集 B 編, **63-611** (1997) 2436.
- [2] 辰巳有孝, 大泉清, 伊藤靖彦他, 日立電線, **1** (1981) 59.
- [3] 森康敏, 山本孝司, 住友哲也他, 古河電工時報, **106** (2000) 5.
- [4] 片岡史隆, 西間木利三, 古内哲哉他, 伸銅技術研究会誌, **40-1** (2001), 203.
- [5] 川崎鋼管株式会社ホームページ, <http://www.kawasakikokan.co.jp/>
- [6] 内田麻理, 伊藤正昭, 鹿園直毅, 日本冷凍空調学会論文集, **19-1** (2002), 83.
- [7] 笠井一成, 藤野宏和, 吉岡俊, 蛭子毅, 日本冷凍空調学会論文集, **19-3** (2002), 293.

米飯の凍結（解凍） - 凍結（解凍） a Freezing of Cooked Rice

前田 知子（榊前川製作所）
Tomoko MAEDA (Mayekawa Co.Ltd.)

1. はじめに

当社は、産業用冷凍機製造の単なる機械メーカーではなく、食品と熱の分野において顧客と一体となって行動し、市場のニーズを共に探りながら「共創の場」を求める開発型企业として成長して参りました。現在私は食品部門において、設備導入に至る凍結試験及び品質試験を行うとともに客先への提案資料作成を主に担当しています。今回は市場ニーズを掴んで開発した商品の一例として、米飯凍結（解凍）の最適方法を、実際導入した設備の性能評価を交えて紹介致します。

2. 米飯の市場

食文化は、社会環境と生活様式の変化にともない様々な変化を遂げてきた。これまでは家庭内で調理した料理を家族が一緒に食するというスタイルが一般的であったが、食堂やレストランで食事をする「外食」、また出来合い惣菜や御飯を買ってきてそのまままたは少し手を加えて家庭で食べるという「中食」が増えてきた。特に「中食」市場は年々増加傾向にあり、その中でも約3割強は米飯類（おにぎり、弁当、すし、丼物など）が占めている。この背景には女性の社会進出、単身生活者や1人暮らし老人の増加、家庭生活のずれなどに伴いコンビニ、スーパーの普及及び品揃えの豊富さにある。現在流通されている冷凍米飯類は多種多様である。ピラフ、焼きおにぎり、チャーハンなどは、濃厚な味付けの為、解凍（一般的に電子レンジなどによる加熱）した後でも味・食感は殆ど変わらないが、弁当・おにぎり・すしなど白飯を主体とした米飯類は凍結・解凍による水分の飛び、白蟻化などが見られ凍結が非常に困難とされてきた。今回紹介するものは再加熱なしでもおいしく食す事が出来る最もシンプルな白飯、すし等の最適凍結（解凍）方法について紹介する。

3. 凍結メリット[1]

3.1 品質の安定化（無添加）

つくりたての一番おいしい状態を無添加で凍結することにより品質の安定化をはかれる。

3.2 廃棄ロス減少

冷凍により保管が可能となり、製品寿命が伸び、廃棄ロスを削減できる。

3.3 生産計画

冷凍することにより計画生産が出来、生産を昼間に集中し、人件費を削減することができる。

4. 最適凍結 - 凍結

4.1 対象製品

対象を従来の凍結方法では困難とされていたブロック状米飯類で、白飯、炊込み御飯類あるいは容器に盛付けられたもの（うな井、天井など）。また江戸前すし、いなり、巻きすし、押しすしなど。



4.2 凍結方法

製品初温と庫内温度の差をなくし、段階的に制御することにより、従来と比べ水分蒸散率を最小限に抑えた凍結方法。

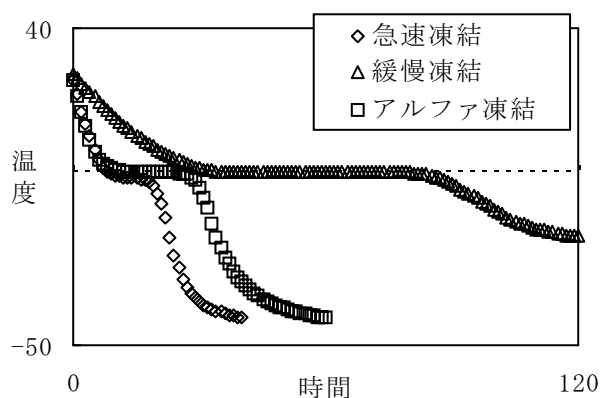


図1 各凍結法の製品温度曲線

※当社名前の凍結（解凍）方式。

4.3 凍結による再現性比較 [2]

炊飯米 200g (P・P トレー) 30mm 厚に盛付け、蓋無凍結 (終温-20℃) 後、-25℃ 冷凍庫にて数時間保管を行ったのち、これらの冷凍白飯を室温 +25℃ で 3 時間解凍し比較評価を行った。参考資料として水分比較 (図 2)、物性比較 (図 3)、官能比較 (図 4) を示すものとする。

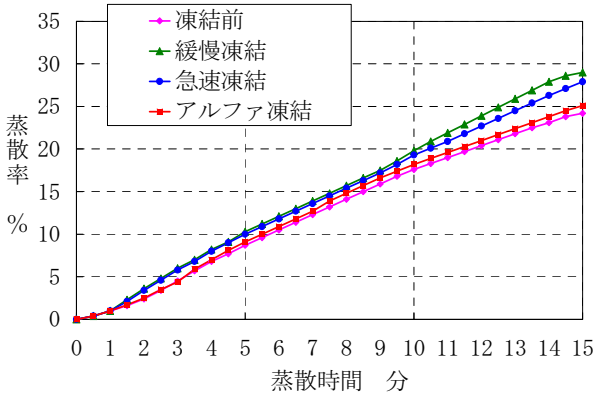


図 2 各製品の水分蒸散速度

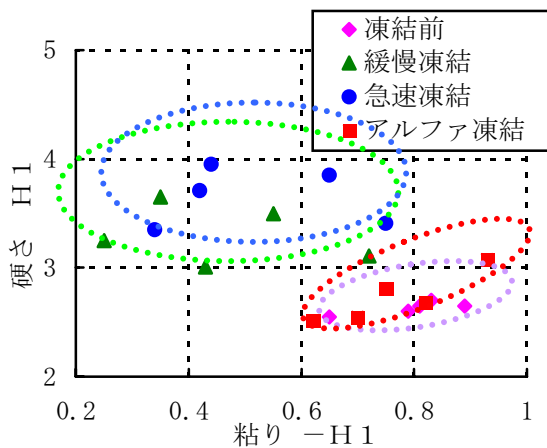


図 3 凍結法による物性の相違

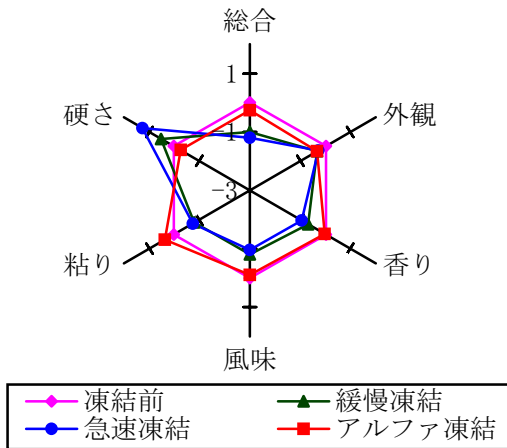


図 4 各凍結製品の食味特性

結果として α 凍結法は、従来の凍結方法に比べ、米飯粒中水分蒸散が少なく、粘り、硬さが凍結前白飯に最も近似していたことが分かった。

5. 最適解凍 - 解凍

5.1 解凍方法

最適凍結方法 (α 凍結) 凍結に、最適解凍方法 (α 解凍) を行うことにより、さらにおいしい米飯になる。庫内温度と風速を制御し、凍結前製品品質、またそれ以上の品質を得る事が可能である。

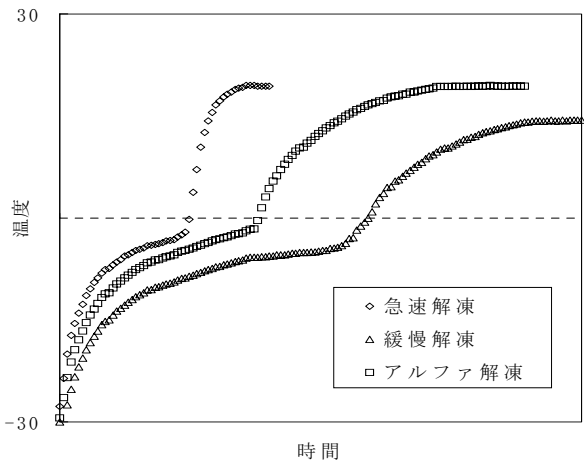


図 5 各凍結法の製品温度曲線

5.2 解凍による再現性比較

α 凍結した米飯 (α 凍結時使用製品) を解凍方法別で水分、物性測定を行った。

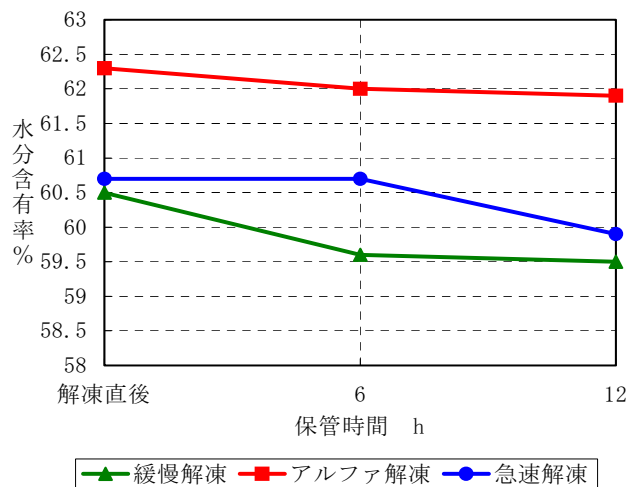


図 6 各凍結法の水分変化

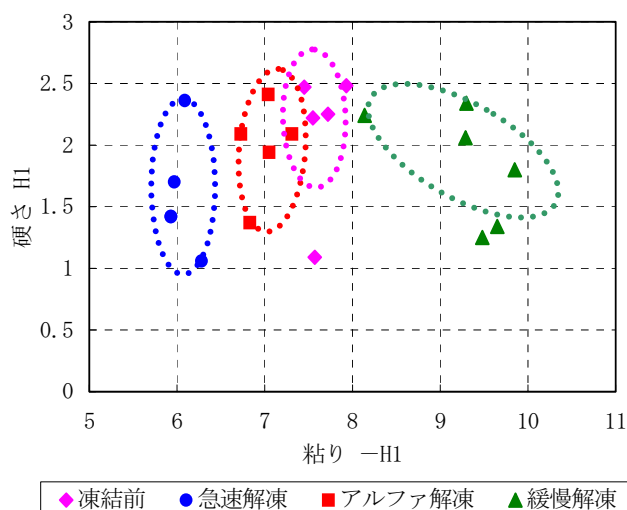


図7 各凍結法の物性の相違

従来の解凍方法に比べ水分含有率が高く、粘り、硬さが凍結・解凍前白飯に最も近似していたことが分かった。

6. フリーザー（解凍庫）[3]

米飯類の種類、形状、初温等を条件としてあらかじめ定められた数種のパターン化されたプログラム制御により作りたての味を再現する α 凍結（ α 解凍）を行う。また、容易にプログラム設定が設定できる為新商品対応が可能である。多品種少量生産、新商品開発研究用などに適したバッチ式と、大量生産に適した連続式フリーザーがある。

7. おわりに

食文化は、社会環境と生活様式の変化により「中食」の需要が増え、消費者の加工米飯に対する感心がますます高まっています。しかし、白飯、炊込み御飯等の御飯類及び江戸前すし、巻きすし等は米飯本来の味、食感、香りなどの重要な要素の再現性、経時変化、安定性について消費者ニーズに充分応えているとは言えません。

また、生産・加工・流通・販売においては衛生管理、物流コスト、廃棄ロス、人件費等の問題を抱えています。今回ご紹介した α 凍結（解凍）システムは、このようなニーズや諸問題を踏まえて開発した加工米飯の『味・安全・安価・安定・安心』の「食の5A」を実現できる新しいシステムであると言えます。

今後さらに多様化する消費者ニーズ、食文化の変化に対応しながら、開発型企业として生産、加工、流通、販売の顕在・潜在化する諸問題を解決していきたいと考えております。

参考文献

- [1] 成宮正興, New Food Industry(1995).
- [2] (財)日本食品化学工学会, 新・食品分析法, (株)光琳(1997).
- [3] 前田知子, 古賀信光, 松本盛清, ジャパンフードサイエンス(2000)

レーザープリンタの伝熱

Heat Transfer in Laser Printers

三矢 輝章, 植木 平吾 (日立プリンティングソリューションズ株式会社)
Teruaki MITSUYA and Heigo UEKI (Hitachi Printing Solutions, Ltd.)

1. はじめに

レーザープリンタは家庭やオフィス、印刷業務分野と幅広く用いられている。筆者らは業務用の高速レーザープリンタの開発に携わっている。高速レーザープリンタは、帳票やダイレクトメールなどの大量印刷に用いられ、郵便の宛先、請求書など様々な内容が書き込まれる印刷物の作成に威力を発揮する。

本稿では、ものづくりと伝熱という主題に対し、高速レーザープリンタでの熱的な課題とその設計について紹介する。

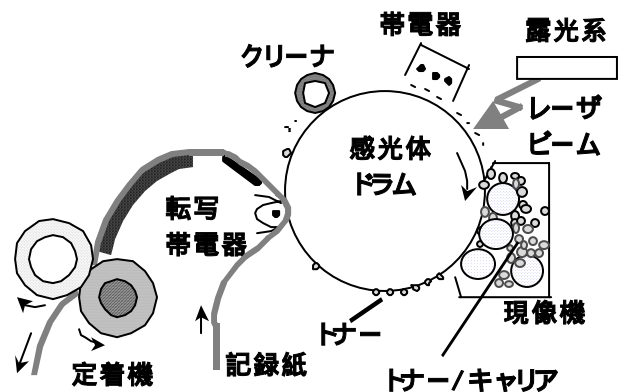


図1 レーザープリンタの画像形成プロセス

2. 画像形成プロセス

図1にレーザープリンタの画像形成プロセスを模式的に示す。まず、帯電器によって感光体を一様に帯電する。感光体は通常は絶縁体であるが、光を照射するとその部分だけ導電性を帯びる光導電性を有する。次に、レーザービームによって画像情報を感光体書き込む。感光体の光導電性により、電気的な潜像ができ上がる。現像機ではトナーを帯電させ、帯電したトナーを感光体上の潜像との間で働くクーロン力にしたがって静電的に現像する。次に、トナーと逆の極性の電界を紙の裏側から作用させることにより、トナーを感光体から紙に転写する。紙に転写されたトナーは定着機に搬送されて加熱され、融解し紙に融着する。以上が一連の画像形成プロセスである。

レーザープリンタの設計は、まずトナーの熱的な特性を現像と定着において整合させることから始まる。その上で、機械装置としての熱設計が行われる。

3. トナーの熱的特性

3.1 現像と定着における熱特性の関係

図2にトナーおよびキャリアの拡大写真を示す。トナーはスチレンアクリルやポリエステルなどの無定形高分子のバイнда樹脂に着色顔料、帯電制

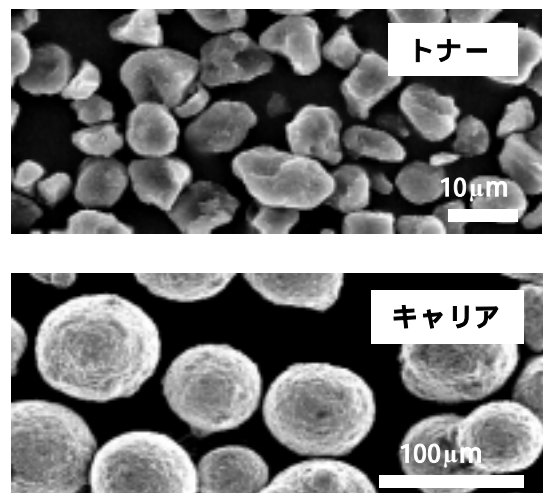


図2 トナーとキャリアの拡大写真

御剤などを混ぜ込んで粉碎などによって数マイクロンに粒子化されたものである。インクとしての色彩上の適合性が求められるだけでなく、現像における帯電性能と定着における融解性能という多機能性が同時に求められる。

現像機では、トナーを粒径数十マイクロンのキャリアと呼ばれる磁性金属粒子と混合攪拌し、摩擦帯電させる。キャリアとトナーの帯電系列の違い

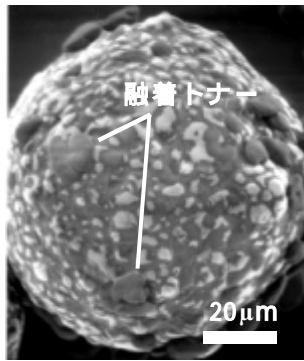


図3 キャリア表面に融着したトナー

により、摩擦帯電が成り立つ。長期に渡りトナーがキャリアに擦りつけられると、常温でもトナーは次第にキャリアの表面に融着してくる。図3にキャリアの表面に融着したトナーの一例を示す。融着トナーが増えると、フレッシュなキャリア表面とトナーの摩擦機会が減るためトナーの帯電が十分にできなくなり、かぶりが増加するなど現像上の問題が発生し、キャリアは寿命をむかえる。常温におけるトナーのキャリアへの融着のし易さは、定着プロセスにおける高温での融解のし易さと同じ傾向をもつ。即ち、定着性能を向上させるためにトナーを融解し易くすると、キャリアへの融着が増加して現像性能を低下させる。このように、一見無関係に見える現像プロセスと定着プロセスとの間にトナーを介したトレードオフの関係が存在する。高速レーザープリンタの場合、現像機に封入されたキャリアの寿命は少なくとも数十万ページは求められる。トナーの融解性は狙ったキャリア寿命を満たす範囲に設定する必要がある。トナーはレーザープリンタの熱システムの基本となるため、現像にも定着にも過不足なく性能を配分する必要があり、この最適点を見出すことは高速レーザープリンタの開発（ものづくり）において苦心する点である。

3.2 定着プロセス

現像性能を低下させるのでトナーをやみくもに溶けやすくすることはできない。現像性能を満たした上は定着装置とトナーの融解し易さを整合させて、熱システムの基本が上がる。

定着では紙上に画像となったトナーに圧力を加えながら加熱し融解させる。図4に定着装置の一例を示す。高速レーザープリンタでは、加熱した熱ローラとこれと接するバックアップローラ（弾性

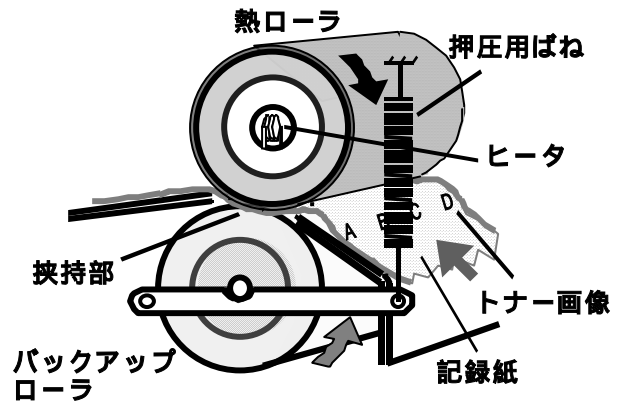


図4 定着装置の一例

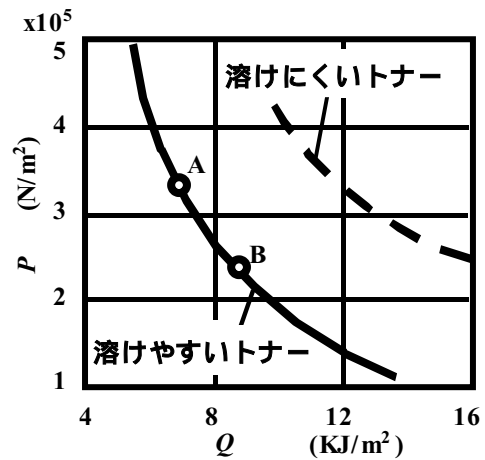


図5 等定着強度での熱量と圧力との関係

ローラ) との挟持部にトナー画像を乗せた記録紙を加熱・加圧しながら挿通させる熱ロール方式が多く用いられる[1]。定着におけるトナーの融解度合いは、画像品質としての定着強度として評価される。定着強度は、トナーの紙への固着強さのことでテープ剥離試験などにより評価でき、熱ロールの温度アップや加熱時間の延長などトナーへの投入熱量を上げる、あるいは加圧力を上げることにより向上させることができる。実際には、これらのパラメータは実装上の制約から、その上限が決まってくるのでうまく設定することが必要になる。図5に同じトナーを用いて定着装置のパラメータを変化させた時、等しい定着強度を得るトナーへの投入熱量 (Q) と挟持部の平均圧力 (P) との関係を示す。 Q は定着装置に即した条件での数値計算によって求めた値である。図の線上において熱量を低く圧力を高く設定する設計(図中A点)からその逆(図中B点)まで色々な組み合わせがあり得る。 Q と P がこのような補完的な関係にな

ることについて、筆者らは、定着強度がトナーの融解に消費される熱量と定着時にトナーに加えらるる圧力による仕事量の総和で評価できることによるものと考えている[2]。また、トナーが変われば、 Q と P のバランスも異なる。図には実線で示したトナーと比較して溶け難いトナーを用いた場合について破線で示した。

高速レーザープリンタでは、トナーの挟持部通過時間（加熱時間）を長くすることが難しく、熱ローラの温度を耐熱温度上限（約 200℃）まで上げても、熱量が不足するので圧力を高く設定して定着強度を得る設計となるのが通常である。このように、定着プロセスでは、定着装置の設計において投入熱量と圧力のバランスをとりながら、トナーの融解特性とのマッチングを図る。前述した、現像におけるキャリアへの融着の問題が発生しないことを満たせばレーザープリンタの熱システムの基本ができ上がる。その上で、機械装置としての熱的な設計が行われることになる。

4. 製品設計

4.1 CAE による熱設計

さて実際の製品開発に目を移してみると、設計の現場では3次元 CAD による製品構想・設計が進められ、それと同時に並行で数値計算による性能評価が行われる。要求された性能を満たす装置仕様を決定し、問題を予測してより高性能な製品を開発する努力が日々なされている。ここでは特に定着装置を例に挙げ、設計上の問題点と CAE による熱設計の現状について説明する。

定着装置ではトナーの熱的な特性を基に、トナーを溶かすのに必要十分な熱を位置的・時間的に安定でかつ均一に投入することが求められる。それらの性能を製造上の制約の中で満たす機械装置の設計が必要となる。当社では定着装置の熱的な設計パラメータを数値計算によって決定している。

4.2 投入熱量の算定

高速レーザープリンタは連続紙用とカット紙用に大別され、様々な用紙サイズ、用紙厚、紙質をサポートする必要がある。用紙の搬送速度は毎秒数十センチから印刷速度が速いものでは1メートルをゆうに越える。トナーの挟持部通過時間（加熱時間）はせいぜい数ミリ秒から30ミリ秒である[1]。その時間内にトナーを融解温度にまで加熱し用紙に融着させる。

そのため熱ローラの温度は耐熱温度上限の約

200℃を超えない範囲で、均一かつ一定に保持し続ける温度制御がなされる。挟持部でトナーに非定常的に投入される熱量はヒータの容量と熱が用紙に伝わるまでの熱伝導経路の熱抵抗に支配される。熱ロールには、アルミニウム製の芯金の表面にトナーの融着を防止するためゴムやフッ素樹脂膜（表面層）が被服されている。特に、表面層の熱伝導率が低いため、投入できる熱量は大きな制約を受ける。我々は有限体積法を用いた伝熱モデルを構築し、表面層厚さや用紙搬送速度などをパラメータにして、時々刻々変化する温度場を計算することでトナーへの投入熱量を算定している。

4.3 温度分布の均一化

必要な熱量を投入できる構成がほぼ決定すると、次に熱ローラ温度を均一に保つ構成の検討を行う。プリンタは同じ定着装置で多様な用紙種類（サイズ、厚さ、紙質）への対応が求められる。使用する用紙はユーザが自由に選択するが、それら全てを同じ構成の定着装置で対応する必要がある。特に幅の狭い用紙を長時間印刷すると熱ローラの長手方向の温度分布が不均一になりやすく、非通紙部の温度上昇が大きくなって耐熱温度上限を越えて表面層（ゴムまたはフッ素樹脂）の劣化を引き起こす恐れがある。それを回避するためにヒータ（ハロゲンランプ）を複数本に分割し用紙幅に応じて使い分けるなどの工夫が必要となる。これらのヒータの発熱量分配仕様を決定するためにも数値計算を用いる。電源仕様を鑑みた瞬間同時点灯電流限界値などを考慮に入れながら、熱ロール表面温度をモニターするフィードバック制御を組み込んだ3次元伝熱解析を行うことでその制御仕様などを決定する。

図6に連続紙用の定着装置において熱ローラ温度を解析するモデルの一例を示す。ここで示すモデルは熱ローラとバックアップローラ（弾性ローラ）および予備加熱板から構成される。予備加熱板は連続紙用の定着装置によく用いられる。実際の定着装置はローラの両端がベアリングで支持されており、さらにそこから先がプリンタ本体の筐体に取り付けられ、熱は筐体に伝導する。本モデルではローラから先の物体の熱容量を実験によって明らかにし、これらを仮想物体として取り扱うことで計算モデルから除外し、計算負荷を減らす工夫を行っている。また仮想物体の表面から僅かずつ定常的に放熱する仮想ヒートシンクを定義することで熱流の非定常から定常に至る変化にも対

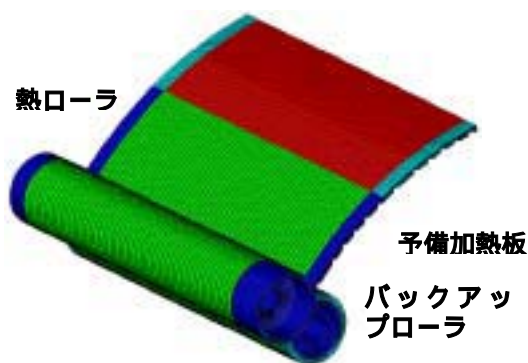


図6 解析モデルの一例（連続紙用定着装置）

応できるように工夫されている。このモデルでは熱ローラ内部のヒータの輻射熱流束分布を入力条件とし、熱ローラ表面の温度で制御を行いながら物体内部の非定常的な熱伝導計算を行うことで、時々刻々の温度変化を計算することができる。なお、この図では表示していないが計算内部では紙をモデル化しており、紙の温度分布が変化する様子も見る事ができる。

次にカット紙用の定着装置の解析モデルを紹介する。図7にそのモデルと計算結果の一例を示す。カット紙用の定着装置のため予備加熱板は備えられていない。そのため、室温に近い用紙が挟持部で加熱され、熱ロールには大きな温度分布が発生し易い。図には用紙は表示されていないが、幅狭の用紙をローラの手前側から3分の2の幅で通紙した状態での温度分布を示している。青、水色、黄、橙、紫、赤の順に低温から高温を示す。非通紙部の温度が通紙部よりも上昇する様子が見て取れる。



図7 解析モデルと計算結果の一例
（カット紙用定着装置）

5. 製品システムとしての課題

最後に、製品システムとしての熱的問題点と課題について概観しておく。

プリンタを機械装置として見た時その内部には機器を駆動させるためのモータや制御用の電子基板、定着装置の熱ローラなど多くの発熱源があり、さらにそれらの要素部品が発する余熱を排出するための冷却ファンなどが設置されている。これらの熱収支をいかに効率よくバランスよく設計するかがプリンタの製品としての熱設計の要になる。特に消費電力の多くを占める定着装置の省電力化・高効率化は重要な課題となっており、定着装置の熱容量を減少させて待機時の省電力化を図るなどの工夫が各社から提案され実用化されている[3]。また定着後の用紙の温度も課題の一つであり、高速プリンタでは定着後に加熱された用紙はそのまま排出することはできないため排紙前に冷却装置が必要となる。さらに両面印刷時には、表面印刷を終えて一旦定着装置を抜けた高温の用紙が裏面印刷のために装置内を搬送される際に熱を放出するため筐体内温度を上昇させる原因ともなる。それらの余熱は結果として装置外へ放出されることになる。これら全ての熱収支の高効率化が製品としてプリンタに要求される要件となっている。

6. まとめ

昨今プリンタに求められる性能には、高画質化・高速化、さらには省スペースのための小型化が求められており実装密度は高まる一方であり、熱設計はより難しさを増している。社会環境保全の立場からの省エネルギー化を含め、よりいっそうの熱に対する取り組みが、今後のレーザープリンタ製造の重要な課題となっている。

参考文献

- [1] 三矢輝章, 日本ゴム協会誌, Vol.74, pp.326-331, (2001).
- [2] 三矢輝章, 他, Japan Hard Copy 2000 Fall Meeting, 講演論文集 pp.16-19, (2000).
- [3] 電子写真学会編, 続 電子写真技術の基礎と応用 pp.246-251, (1996).

屋内スケートリンクに発生する「モヤ」について

Haze appearing in indoor ice skate links

藤井 義久, 戸河 里敏 (鹿島建設)

Yoshihisa FUJII and Satoshi TOGARI (Kajima Corporation)

1. はじめに

1998年に開催された長野冬期オリンピックの500mスピードスケート競技で清水選手が堂々の金メダルを獲得したことを覚えている方も多いと思う。ところが大観衆の声援とTVカメラの列の前を颯爽とゴールする選手の姿が、もし「モヤ」で全く見えなかったとしたら・・・こんな悪夢をだれが想像できるだろうか？

2. 「モヤ」の発生条件

自然界では霞, 霧 (モヤ), 霧などの現象は良く知られている。気象学では視界不良の程度 (視程) によって言葉を使い分けており, 本文では数100mの視程を対象とするため「モヤ」と表記するが, いずれも過飽和となった水蒸気が大気中の塵などを異核としてミスト凝縮することが原因である。

屋内スケートリンクにおいては, 床面の大部分は $-8\sim-2^{\circ}\text{C}$ の氷面であり, 主要な冷熱源となる。水蒸気の供給源は換気による外気の導入と観客からの発湿である。

異核の数は十分にありと仮定できるため, 図1に示すように氷面付近の水蒸気分布が過飽和となれば, 「モヤ」が発生する条件となる。氷面での「モヤ」発生条件式は X を絶対湿度, X_{sat} を飽和絶対湿度として式 (1) で表される[1].

$$\left(\frac{dX}{dy}\right)_{y=0} \geq \left(\frac{dX_{sat}}{dy}\right)_{y=0} \quad (1)$$

式 (1) に対して相変化に関するクラジウス・クラペイロンの関係と境界層における熱・物質移動の相似性を仮定すると式 (2) となる。

$$\frac{X_R - X_W}{T_R - T_W} \geq C \frac{H_L X_{sat}(T_W)}{RT_W^2} \quad (2)$$

ここに

$$C = \frac{D \alpha_c}{\lambda h_D} \quad (3)$$

C : 定数, T : 温度, H_L : 蒸発潜熱, R : ガス定数, $X_{sat}(T_W)$: 氷面温度の飽和絶対湿度, D : 水蒸気拡散係数, λ : 湿り空気の熱伝導率, α_c : 熱伝達率, h_D : 物質伝達率, また添字 R は境界層外, 添字 W は氷面を表す。

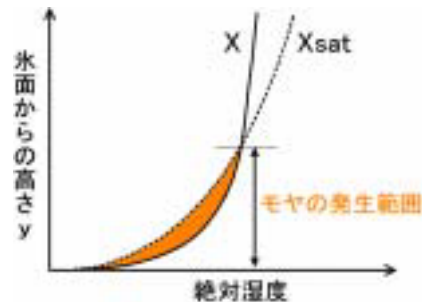


図1 氷面における「モヤ」の発生条件

3. 屋内スケートリンクの実態調査

冬季オリンピックが開催される長野市オリンピック記念アリーナの空調計画を行なうに当たって, 既設の屋内スケートリンクにおいて, 室内環境と「モヤ」の発生条件の調査を行なった[2]. このリンクは天井のガラリにより常時自然換気が行なわれている。

写真1に観察された「モヤ」を示す。測定日の朝夕は相対湿度が高くリンクに立った人物の腰から下は視界不良のために25mの視程も得られない状況であった。さらに極端な場合はリンク全体に「モヤ」が立ち込めスケート競技には不適當な状況となったが, 昼間は外気温度の上昇と共に相対湿度が下がり, 「モヤ」は消滅した。

図2に床面上3.2mの温湿度と「モヤ」の発生の有無を湿り空気線図上に表す。式 (2) で示される「モヤ」発生条件は湿り空気線図上では直線で

表される。「モヤ」発生の観測結果と比較すると、式(2)の判定条件よりやや絶対湿度が高い領域で明確な「モヤ」の発生が認められた。

これは「モヤ」の発生判定は目視によったため、「モヤ」発生限界付近の条件では、氷面の極近傍に薄い水蒸気ミストが発生する場合も確認されたが、明確な「モヤ」の発生には至らなかったことによるものである。

したがって、式(2)は氷面近傍の水蒸気ミストの発生条件としては実用上有用であることが確認できたこと、また式(2)を満たせば「モヤ」による視界不良は防止できること(すなわち、「モヤ」防止計画上では安全側の判定基準となること)から、屋内スケートリンクの室内熱環境目標値として妥当なものと判断された。



写真1 リンク内に発生した「モヤ」

4. 長野オリンピック記念アリーナにおける「モヤ」の発生防止

4.1 長野オリンピック記念アリーナ

長野オリンピック記念アリーナは国内初の400mスピードスケートリンクを有する多目的スポーツイベント施設であり冬期長野オリンピックのスピードスケート会場として注目を浴びた[3]。

冬期は世界で有数のリンクとして国際的なスピードスケート競技が毎年のように開催されている。

4.2 空調換気計画

スピードスケート競技時には選手と観客の双方が満足できる室内温湿度環境を提供することが重要である。そのためには、以下の条件をクリアする必要がある。

- ① 記録が出やすい高速スピードリンクを実現するために、氷面温度は $-6.0\sim-4.0^{\circ}\text{C}$ で維持されていること。
- ② 「モヤ」による視界不良は発生しないこと。また、水蒸気ミストの氷面への付着が滑走面の障害とならないこと。
- ③ 競技者が寒さを感じないように、氷面から1.5~2m上方の空気温度は 10°C 程度とすること。
- ④ 観客席の温度は $11\sim 13^{\circ}\text{C}$ に保たれていること。
- ⑤ 観客数は最大10,000人とし、呼気に必要な外気を導入し、澱みのない換気を行うこと。

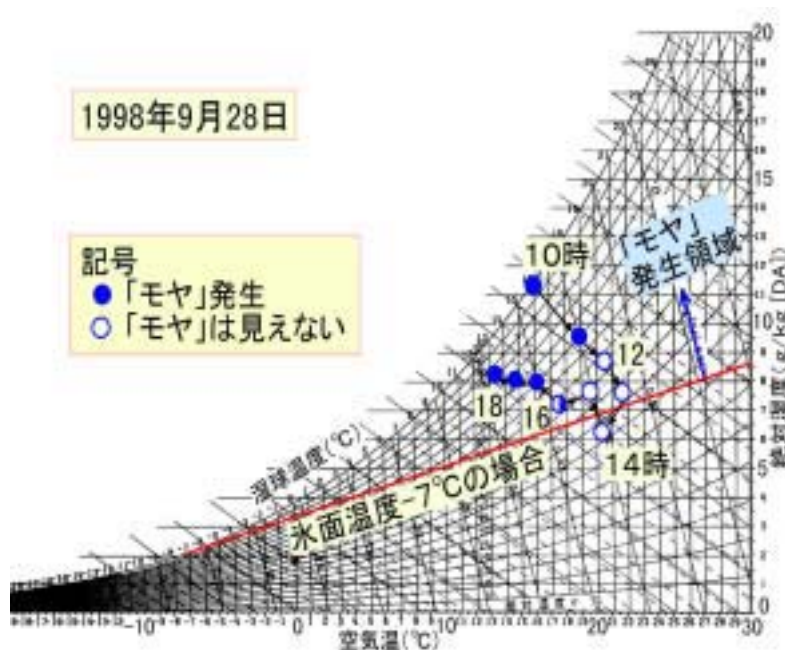


図2 屋内スケートリンクの「モヤ」の測定結果

悪条件下においても「モヤ」の発生を防止するため、以下の手順で室内の温湿度予測並びに空調換気計画を行なった。

- (1) 過去の気象データから暖冬の場合の外気条件を設定する。ただし、10年に1回の特異的な暖冬がオリンピック開催年と重なった場合には、開催期間中(約2週間)のうち3日間は「モヤ」の発生を許容するものとする。
- (2) 観客数から必要外気導入量を求め、換気システムを設定する。
- (3) 観客からの発熱・発湿量を想定する。
- (4) 室内の温湿度分布を数値シミュレーションにより求める。
- (5) 氷面から上方の予想温湿度状況が湿り空気線図上で「モヤ」発生領域とならないように、除湿システムの容量を設定する。

なお、選手に換気風が直接当たらないように氷面への換気は極力抑えることとしたが、室内温湿度の数値シミュレーションなどからの知見[4]を基に、リンク内に極端な循環流及び気流の停滞域が形成され「モヤ」が発生しやすくなるないように換気ダクトの配置に留意した。

4.3 性能確認の実測

4.3.1 竣工時の実測

アリーナの建設が終了した11月に測定を行った。オリンピックの開催時期である2月と異なり、

11月の外気状況は空調システムの設計条件を超えるため「モヤ」が発生しやすい状況であった。図4にリンク内の高さ方向の温度・湿度分布を示す。氷面上約2mまではほぼ一定の温度状(約12℃)であり、氷面温度は-4℃であった。絶対湿度分布もほぼ温度分布と同様のプロフィールを示した。

図4に氷面から4m上方の温湿度を湿り空気線図上に示す。ここで、「モヤ」の確認にはHe-Neレーザ光を氷面に沿って当て、水蒸気ミストが確認された場合を「モヤ」ありと判断した。測定期間中「モヤ」の発生領域に入った場合、氷面の数10cmの範囲で「モヤ」の発生が認められ、式(2)の判定基準が有効であることが確認された。

ただし、「モヤ」の発生は氷面の近傍に限られ、また水蒸気ミストの濃度も薄いため視界不良には至らなかった。

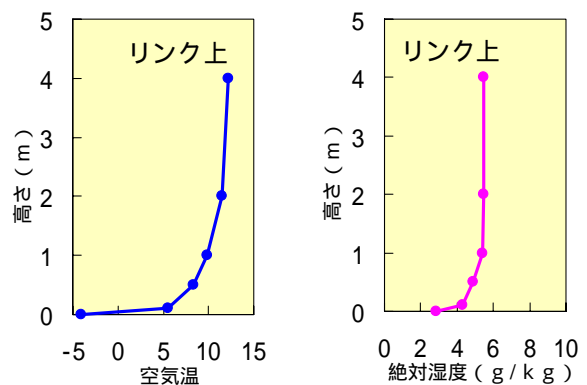


図3 リンクの氷面上の温湿度分布

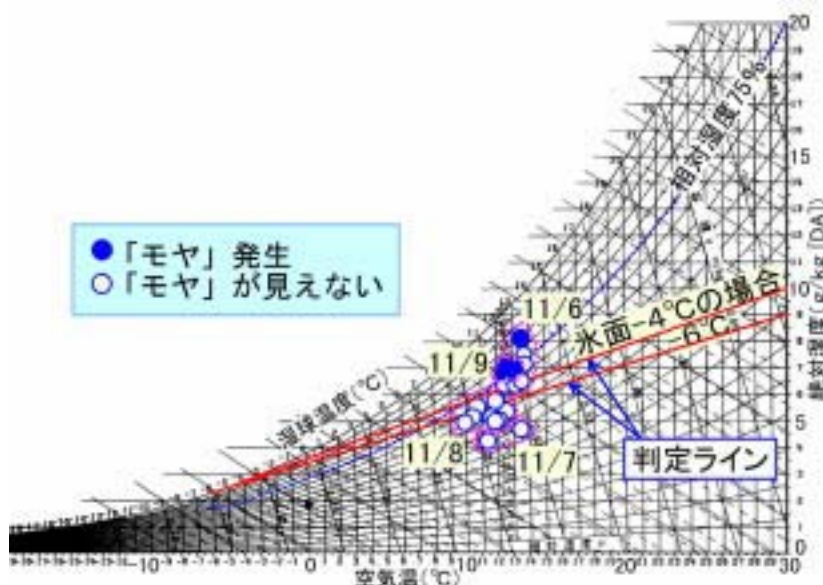


図4 「モヤ」の発生状況

4.3.2 世界スピード選手権における実測

オリンピック開催前年の同時期に世界スピード選手権が開催された。観客数は7000人程度であった。写真2に世界スピード選手権の競技風景を示す。

競技開催中において最も外気条件が高くなったのは温度4.1℃、湿度4.1g/kg(DA)であり、室内は暖房と観客からの発湿により15℃、5.0g/kg(DA)であった。

従って、室内温湿度は図4の「モヤ」発生判別ラインより下側で推移し、目視によっても「モヤ」は確認されなかった。

4.3.3 視界不良の予測

国内スケートリンク内の「モヤ」の発生条件を明らかにすることができ、空調換気システムの設計を行うことは可能となった。しかし、「モヤ」による視界不良の程度を予測するには、水蒸気ミストの発生領域、粒径分布および数密度の情報が不可欠である。

このためには、単相流としての3次元室内気流・温湿度分布の予測精度のさらなる向上とともに、水蒸気ミストの成長過程、粒子としての挙動（重力沈降、凝集など）、および2相流としての流体挙動を考慮した予測解析が必要である[5]。

5. むすび

著者らの祈りが通じたのかオリンピックの開催年は異常な暖冬にはならず、満員のオリンピック会場を揺るがす歓声の中、清水選手のガッツポーズは鮮明な映像として歴史の一コマになった。

参考文献

- [1] 林, 滝本, 山本, ミスト発生を伴う平行平板層流熱伝達, 日本機械学会論文集 B 編 **46-412**(1980)
- [2] 早川, 戸河里, 藤井, 大和田, 屋内スケートリンクにおける「モヤ」の発生条件, 空気調和・衛生工学会論文集, **79**(2000).
- [3] 大前, 中村, 早川, 近藤, 伊藤, 四十山, 長野市オリンピック記念アリーナ, 空気調和・衛生工学, **73-11**(1999).
- [4] 藤井, 太田, 土方, 換気のある室内に発生する水蒸気ミストの予測, 第31回日本伝熱シンポジウム(1994-5)
- [5] 藤井, 太田, 土方, 平行平板乱流場における水蒸気の不均一核生成とミスト成長の数値解析, 日本機械学会論文集 B 編 **61-591**(1995)



写真2 長野オリンピック記念アリーナの内観

CO₂ 給湯機用熱交換器の開発Research of heat exchanger for CO₂ heat-pump water-heating system

山本 憲, 沖ノ谷 剛, 大原 敏夫 (株デンソー)

Ken YAMAMOTO, Takeshi OKINITANI & Toshio OHARA (DENSO Corp., R&D)

1. はじめに

近年地球環境への関心の高まりにより地球温暖化問題への対応が、重要課題となっている。これを解決するために、温暖化ガス排出量の規制と機器の効率向上が検討されている。その中で、家庭分野での省エネルギーと CO₂ の排出量削減の必要性が高まっている。我が国の民生用最終エネルギー消費の約3割は給湯であり、そのほとんどが化石燃料により賄われている。従って、給湯に使われるエネルギーの削減をねらいとした高効率なヒートポンプの開発、普及は、地球温暖化防止の観点から重要である。[1]

一方、オゾン層保護や地球温暖化防止の観点から、ヒートポンプの作動媒体として、温暖化係数の低い自然冷媒が注目されており、これらを利用したヒートポンプ、冷凍機の研究開発が盛んになっている [2] [3]。

このような状況下の中、(株)デンソー、(株)豊田中央研究所は、地球環境にやさしい自然冷媒である二酸化炭素(以下 CO₂)の伝熱特性の研究を行い、その結果を応用して、給湯の省エネルギーを目指した CO₂ ヒートポンプ給湯機用熱交換器を開発したので、その基本構造・特性について報告する。

2. 要求特性と製品構想

2.1 システムの構成

CO₂ ヒートポンプシステムは、膨張弁・蒸発器・圧縮機と、今回報告するガスクーラ（以下水冷媒熱交換器）からなる単純冷凍サイクルである。

2.2 CO₂ 冷媒の特徴と熱交換器への要求特性

CO₂ 冷凍サイクルは、Fig.1 に示すように、臨界温度以上の範囲で使われる、超臨界サイクルである。特徴は、従来のフロン系サイクルに対して作動圧力が高い。そのために、熱交換器としては高強度が要求される。

また、Fig.2 に示すようにフロン系の冷媒の様に

凝縮域で使われない為、入口から出口に向かって冷媒の温度が下がる。従って冷媒と水との温度差を、大きくとることができない。性能確保の為に、高性能な伝熱面が必要になる。

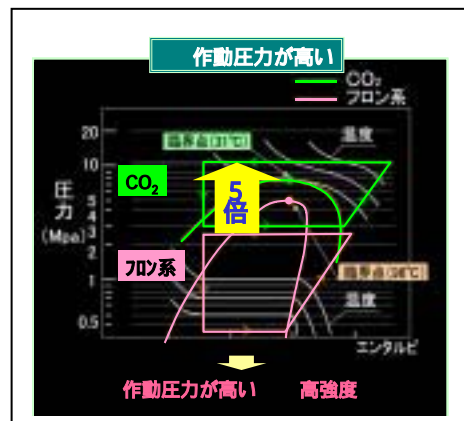
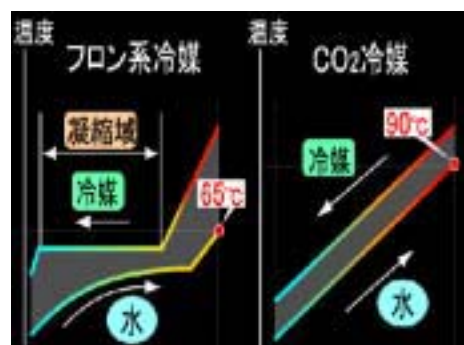


Fig.1 Refrigerant cycle diagram

Fig.2 Comparison of CO₂ & Fluorocarbon refrigerant

2.3 水冷媒熱交換器の構想

今回開発した水冷媒熱交換器の外観及び構造を Fig.3 に示す。従来、水と冷媒を熱交換させる熱交換器としては、Fig.4 に示した二重管方式の熱交換器が使われていた。しかし我々は、冷媒の特徴から高性能が必要であるために、冷媒側は、複数本

の細管を用い、水側はインナーフィン、プレス成型したプレートに挿入して流路を形成し、これらを側面で接合、直行対向流となるように流す新しい構想を創出した。

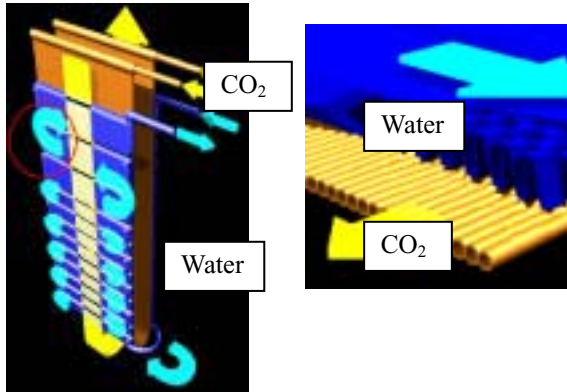


Fig.3 Water & CO₂ Refrigerant Heat exchanger

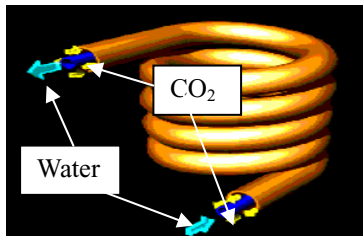


Fig.4 Double tube type Heat exchanger

3. 詳細仕様の検討

3.1 水側の仕様

水道水の流速が遅いことを考慮して、水側の熱伝達率を向上させるために、前縁効果を用いたフィンを検討した。前縁効果を用いた分割フィンはいろいろあるが、われわれは、自動車のオイルクーラ等で使われているオフセットフィンに着目した。採用したオフセットフィンは、平板フィンに対して、熱伝達率(1000w/m²k)で2倍を達成した。

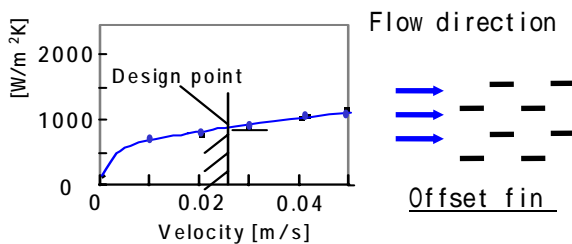


Fig. 5 Heat transfer coefficient of offset fin

3.2 冷媒側の仕様

冷媒側の仕様については、自動車用熱交換器の開発で培った微細化技術を基に直径 1mm以下の微細流路を用いることにした。

これまでの研究例を調べた結果数~10mm程度の管径に対する報告例は多いが、管径1mm以下についてはデータがない。そのため、今回新たに、熱交換器の設計の為に、微細流路内のCO₂冷媒の伝熱特性を測定した。[4]

Fig.6 に、ガスクーラ総質量流量 150kg/h における熱伝達率と温度特性を示す。管径dを微細化した本評価では、超臨界特有の温度に対する熱伝達率のピークを示す特性が得られた。また Petukhov, SINTEF の式から算出される熱伝達率と比較して、特に高温範囲で高い傾向を示した。得られたデータから、最小二乗法により下記のNu(ヌセル数)の実験式の各係数を決定した。同時に、下記の圧力損失係数Cfの実験式の各係数を決定した。

$$Nu = 0.0228Re^{0.83}Pr^{0.365} \quad (式1)$$

$$Cf = 1.497Re^{-0.366} \quad (式2)$$

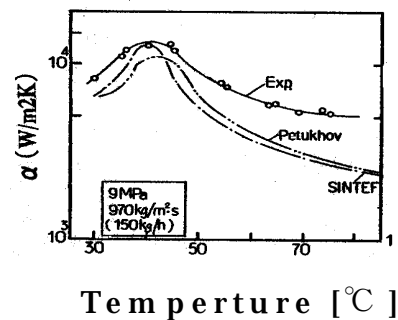


Fig.6 Heat transfer coefficient of CO₂ Ultra critical point

3.3 熱交換器の仕様検討

熱交換器の仕様を決める為に、性能計算プログラムを作成した。超臨界域では、温度によって大幅に冷媒の熱伝達率が変化するため、性能計算は、入り口から出口までを、微小区間に分けて行った。

分割した区間での冷媒側の熱伝達率 α_{CO_2} は式3で計算した。Nuは上記の式1を用いた。

$$\alpha_{CO_2} = \frac{Nu \cdot \rho \cdot c_p}{d} \quad (式3)$$

$$\Delta p_{CO_2} = Cf \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} \cdot \frac{L}{d} \quad (式4)$$

同時に、微小区間内の冷媒側の圧損を式 4 を用いて計算し、全体の圧損はそれら微小区間の圧損を積算した。

計算結果を、Fig.7 に示す。管径を細くすると式 3 により熱伝達率が高くなる為、性能が向上する。一方管内側の圧力損失も増大する為、性能は最適値持つ。

今回の仕様では、0.3mm で最適値があるが、入手性を考慮して管径は 0.5mm とした。

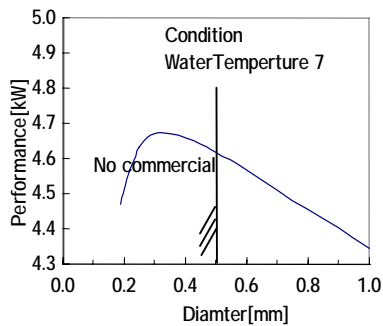


Fig.7 Performance & Tube diameter

4. 製品化

これまで検討した製品仕様をもとに製品化を検討した。水道水環境下で使われることを考慮して、材料は銅を使うことにした。水側のフィン、オフセットフィンを用いた。オフセットフィンは、順送型を用いて、逐次成形方式で製造した。オフセットフィンの外観形状は、Fig.8 に示す。水の流路は、Fig.9 に示したように、銅の板をプレス成形して凹み部を設け、その中にフィンを挿入し、フィンとプレートの接合はりん銅ろうのろう付けで実施した。冷媒側については、外形 1.0mm 内径 0.5mm の銅の微細管を 150 本並べることにした。キャピラリは、真直度の高い物を用いることで、並べても隙間が生じなく出来た。キャピラリを用いたことで、チューブ間に溝ができてろう流れ性は、良くなった。キャピラリとヘッダの接合は、Fig.10 に示したように、150 本が入る長孔をあけて、ろう付け接合した。



Fig.8 Offset fin

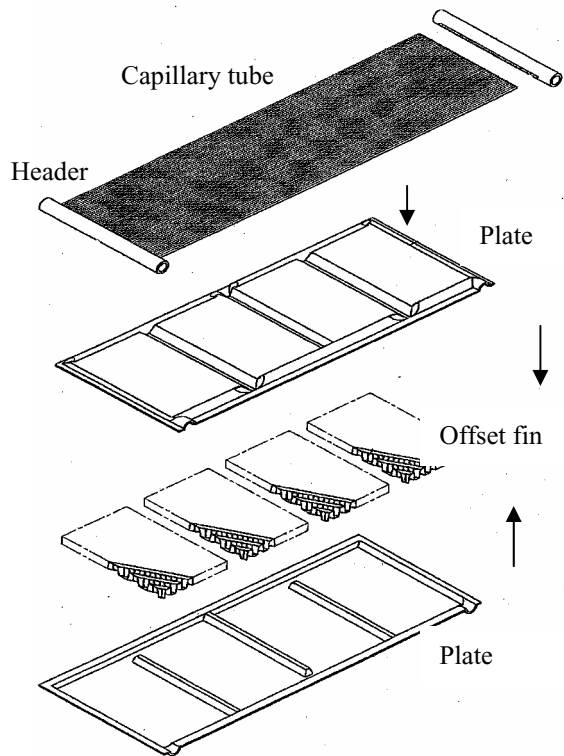


Fig.9 Construction heat exchanger

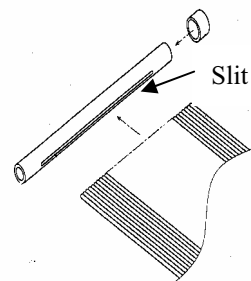


Fig.10 Header & capillary tube

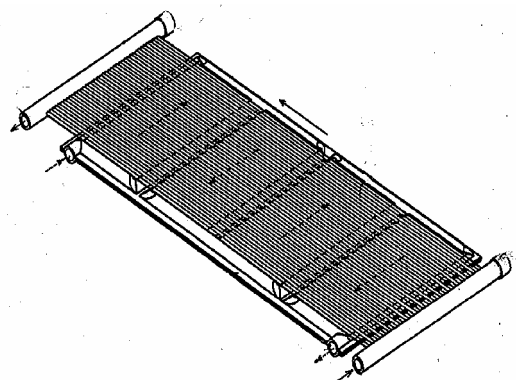


Fig.11 Assembly heat exchanger

Fig.11 に示すように、微細なパイプと水側コア部はリン銅ろうのろう付けによって一体ろう付け接合した。

断面の形状は、Fig.12 に示した模式図の構成になる。



Fig.12 A cross section of new type Heat

5. 性能評価

性能を測定した結果を Table1 に示す。

Table 1 Evaluation of performance

	目標値	結果
水道水流量 L/min		0.8
水道水入口温度		7
水道水出口温度	9.0	9.0
冷媒の入口温度		11.8
給湯能力 Kw	4.6	4.6

入口温度 7℃ の水道水を 9.0℃ まで加熱することができ、給湯能力は目標値である 4.6 kW を達成した。また、冷媒側の温度効率 $\phi_{CO_2} = 0.92$ を達成した。

入口から出口までの、温度分布を Fig.13 に示す。最も温度差が少ないところは、約 5℃ であり冷媒側水側それぞれの伝熱促進の結果、高性能が達成できたことがわかる。

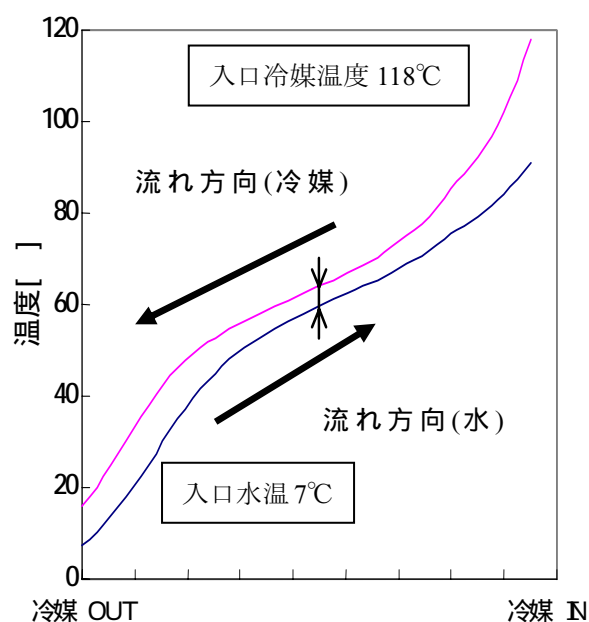


Fig.13 Temperature distribution

6. 結言

以上のように、冷媒側を微細化した流路を用い、小型で高効率な水冷媒熱交換器を開発することができ、ヒートポンプにおける高い COP を達成する一助を成し得たと考える。

文献

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

ガスヒーポン用プレート式熱交換器について

Brazing Plate Heat Exchanger for Gas-engine Driven Heat Pumps

相見 優 (東邦ガス(株))
Masaru AIMI (Toho Gas Co., Ltd.)

1. ガス会社と「ものづくり」

ガス会社と「ものづくり」が結びつかない人がいるかもしれない。確かに、ガス会社は都市ガスというエネルギーを供給する会社であり、ガス製造・供給のための設備やパイプラインの建設が投資の主体である。中にはガス器具をガス会社から買った覚えのある方もあると思うが、ガス会社はメーカーではなく、ガス器具づくりはしていない。

それでは、私のようにガス会社の研究・開発を担当している者は何をしているのか。その回答はやはり「ものづくり」である。ただし、それは未だ商品にはなっていない未知のガス機器であり、我々はそれを構想し、組立て、そしてその性能を試しているのである。

ここでは、「ものづくりと伝熱」特集号にちなんで、私が開発に取り組んでいるガスヒーポンに使われているプレート式熱交換器について述べることにする。

2. ガスヒーポンとは

ガスヒーポンという言葉が初耳の方もいらっしゃるかもしれない。これは、ガスエンジン駆動ヒートポンプ式エアコンの略で、読んで字の如くガスエンジンで冷媒圧縮機を駆動する冷暖房機である。暖房運転には外気から熱を回収する高効率な空調ができる。昭和62年に日本で初めて商品化したもので、この際にもガス会社はものづくりに参画していた。

主な原理は電気式のヒートポンプと同様、冷媒圧縮機を電気モーターで駆動する代わりに、ガスエンジンにさせたものである。では、ガスヒーポンの特長は何なのだろうか。ここで我々の出番となるのである。

3. 排熱利用

都市ガスの主たる原料は海外から輸入される天然ガスで、これは一次エネルギーである。産地に

より多少熱量が異なるので変動を少なくするためLPGを添加するが、それ以外には手を加えることなくパイプラインで皆さんのお宅まで送られる。一方電気は、石油や天然ガスなどの一次エネルギーを燃やし、その熱エネルギーを動力に変換し、発電機を駆動させることにより作り出される。動力に変換する際には高温の熱が必要で、使用済みの中・低温の熱はほとんど利用されることなく放出されている。

我々ガス会社の研究開発者の使命は、この排熱を廃熱とせず、有効に使うことにより高効率なガス機器やシステムを商品化することにある。いわば、私は「排熱の錬金術師」、なのである。

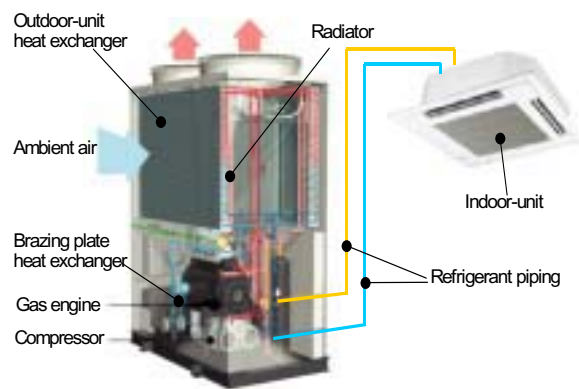


Fig 1 ガスヒーポン

これまででもガスヒーポンは、エンジンの冷却水や燃焼排ガスなどの排熱は暖房時の冷媒加熱の熱源として、急速暖房や氷点下での能力向上に使用されてきた。

Fig 2 に圧力-エンタルピー線図を示す。暖房運転における圧縮→凝縮(室内機:暖房)→膨張→蒸発(室外機)の冷凍サイクルの各変化を矢印で記入している。これまでの排熱利用は外気からの熱回収と併用され、補助的な利用に止まっていた

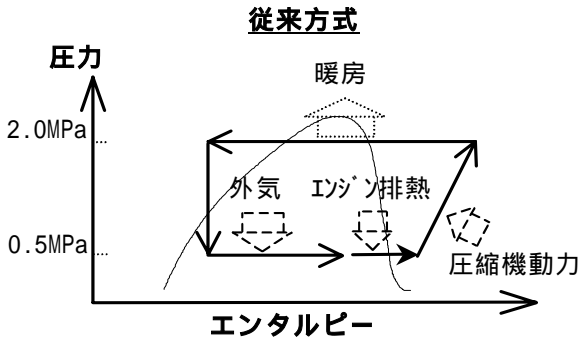


Fig 2 圧力-エンタルピー線図

ため、最近までは専ら二重管熱交換器で用が足りていた。

4. 最近の排熱利用

弊社では、この排熱をより積極的に冷媒加熱に利用し、さらに高効率を追求した開発を進めてきた。Fig 3 に開発中の新方式の冷凍サイクルを示す。

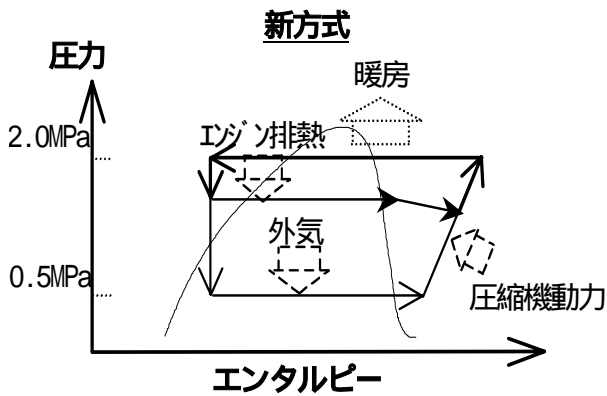


Fig 3 圧力-エンタルピー線図

これからわかるように、室内機で放熱・凝縮した冷媒を取出し、エンジン排熱で加熱・蒸発させ、圧縮機へガス・インジェクションするというものである。熱交換器として、冷媒量、耐圧、圧力損出という機能的な条件に加え、設置スペースの点でコンパクトでなければならないということもあり、プレート型の熱交換器を使用している。このタイプの熱交換器は幸いにも最近冷媒の冷却・加熱用に需要が増えたため、従来に比べ安価になってきている。

5. プレート型熱交換器の性能

5.1 熱交換器の選定

次のような要求仕様で熱交換器メーカーさんへ選定を依頼した。

[要求内容]

・低温側流体	R-407C (液体)
・低温側流体入温度 T_b	50°C
・低温側流体流量 W_r	150kg/h
・交換熱量(過熱度 0 度)	6.4kW
・高温側流体	水
・高温側流体入温度 T_c	55°C
・高温側流体流量 V_w	2.1m ³ /h
・設計圧力	3MPa

この結果、余裕率 50~60%で選定されたのは、Fig 4 のような仕様であった。

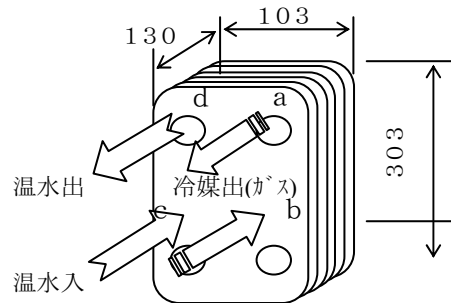


Fig 4 プレート型熱交換器の接続

選定された熱交換器の性能予測および仕様は次のとおりである。

・高温側流体出温度 T_d	52.3°C
・低温側流体出温度 T_a	50°C
・高温側流体圧力損失	0.004MPa
・低温側流体圧力損失	0.0005MPa
・伝熱面積	1.25m ²
・交換熱量	6.42kW

実は、プレート熱交換器を用いた蒸発・凝縮試験を行う予定であったので、その試験条件もメーカーさんへ伝えたが、蒸発試験の条件が選定の要因となっていた。

5.2 排熱回収試験

試験現場の写真を Photo 1 及び Photo 2 に示す。

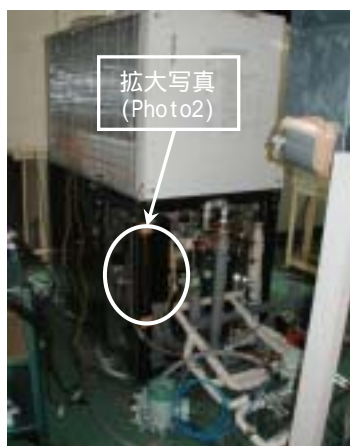


Photo 1 試作ガスヒーポン現場



Photo 2 熱交換器部の拡大

試験のうち3条件について、プレート型熱交換器の総括熱伝達係数を計算した。

Table 1 蒸発試験結果

	試験 1	試験 2	試験 3
冷媒出温度 T_a [°C]	56.0	51.9	62.8
冷媒入温度 T_b [°C]	38.0	37.3	37.3
冷媒流量 W_r [kg/h]	204	219	181
冷媒受熱量 [kW]	10.4	10.8	9.7
水入温度 T_c [°C]	69.6	65.0	76.7
水出温度 T_d [°C]	64.6	60.0	71.8
総括熱伝達係数[kW/m ² ·°C]	0.47	0.54	0.38

5.3 考察

Table 1 のとおり、本プレート型熱交換器の総括熱伝達係数は、総じて非常に低い。また傾向として、冷媒流量が多くなると多少ではあるが増加する。ここで、総括熱伝達係数の算出には、便宜上

伝熱面積をみかけの伝熱面積1.25m²としている。

これとは別に凝縮試験を行った。この場合の総括熱伝達係数は、蒸発の場合に比べ4倍以上大きく、冷水温度を変化させた場合でも総括熱伝達係数はほとんど変化しなかった。

当初のプレート熱交換器の選定から、冷媒側が気液二相であるため、有効な伝熱面積が気になっていた。というのは、本熱交換器における伝熱は冷媒側の熱伝達が律速となることが予想され、蒸発試験の際には有効な伝熱面積が、推測できなかったからである。

本試験結果、総括熱伝達係数のバラツキや凝縮・蒸発における大きな違いは、冷媒側の有効伝熱面積が原因であると判断した。すなわち、蒸発の場合、冷媒液と伝熱の接触面面積は熱交換器のみかけの伝熱面積に比べ少なく、また、凝縮の場合は伝熱面における冷媒ガスの接触面積がほぼ一定で、伝熱面で凝縮・流下した液冷媒がスムーズに排出できたのではないかと推測した。さらに、プレート熱交換器の選定に際し、メーカーさんが蒸発条件を主な条件として採用したのはここにあると思った。

6. おわりに

ここでは、私が現在取り組んでいる新空調システムの開発で、主要な役割を果たすプレート型熱交換器の伝熱を取上げた。考えれば、熱交換器との出会いはおよそ25年前に溯り、化学工学の専門科目(移動現象論)である。宿題に出されたシェル&チューブ型の熱交換器の設計で、 Re 数はいくらだ、 Nu 数はどうだと友人と見せ合ったのが始まりである。当時はこのような伝熱に携わるとは思ってもいなかったが、今関わっている空調機の分野では、主な構成部品は熱交換器であり、伝熱は「ものづくり」の基本を成していることに気づかされる。

現実には熱交換する流体が状態変化したり、高温・高圧であったり、熱交換器に小型・軽量化・低コスト化などが求められるものであるが、当時教わったことは伝熱をイメージする上で非常に役に立っている。

ヒートポンプ式空調機器開発とものづくり *Development of Heat Pump Air Conditioners and Chillers*

渡邊 激雄（中部電力株式会社）

Choyu WATANABE (Chubu Electric Power Co. Inc.)

1. 当社の空調機器開発への取り組み

空調の消費電力量は電力需要の中で大きな割合を占めます。例えば、事務所ビルにおいては、40%にも達すると言われていています。当社はメーカーではありませんが、お客さまが電気式空調機器をより安価にお使いになれるよう、空調機器の開発に取り組んでいます。

蓄熱式空調システム（エコアイス）は蓄熱槽を備えた空調システムです。電力ピーク形成の主要因である空調負荷を、割安な夜間電力を用いて、氷や冷水、温水などの熱エネルギーの形で蓄熱槽に貯蔵し、昼間にこの熱を放出して賄うシステムです。このシステムの導入により夏季の昼夜間の電力需要格差を縮小できます。また、ランニングコストの低減、空調設備容量の縮小、基本料金の軽減を実現します。当社の開発成果として、「新冷媒対応高効率エコアイス」があげられます。

また、機器が高効率になれば消費電力が低減し、経済性が向上するだけでなく、省エネ性も向上します。高効率化に向けた開発の成果として「新冷媒対応高効率パッケージエアコン」や「ウルトラハイエフ」などがあげられます。

2. ヒートポンプ式空調機器の特徴

ヒートポンプ式空調機器はエネルギー効率が高いため、省エネルギー時代にふさわしい空調システムです。さらに、電気式ヒートポンプは燃焼装置を必要としないため、火災や爆発の恐れがなく、大気を汚染する排気ガスも発生しません。また、保守管理も容易です。以上のことから、電気式ヒートポンプは省エネルギーに貢献し、地球環境保全への対応策として非常に優れた機器であるといえます。

3. 空調システムの方式上の分類

空調システムは、中小ビル向けの個別分散方式、および延床面積 5,000 m²以上の大規模ビルで主流

のセントラル方式に大別されます。

個別分散方式空調システムは、室外機と室内機が冷媒配管で結合されてヒートポンプサイクルが構成されたものです。1 台の室外機に対し室内機が 1 台のパッケージエアコンと、1 台の室外機に対し複数の室内機が接続されフロアごと、スペースごとの制御が可能なビル用マルチエアコンとがあります。

セントラル方式空調システムは、機械室などで集中的に熱をつくり、それを冷水や温水として水配管で建物内に設置された空調機まで搬送し、各部屋の冷暖房を行う空調システムです。

4. 個別分散方式空調機器の開発

4.1 氷蓄熱式ビル用マルチエアコン「エコアイス」

平成 6 年度から、個別分散方式氷蓄熱式空調システムが「エコアイス」としてメーカー各社から発売されました。当社はこれらの製品の基本性能試験や年間の熱負荷試験を実施し、個別分散方式エコアイスの性能を把握すると共に、メーカーに改善指導を行ってきました。

その後も、より電気料金を安くしたい、より環境に優しい機器を使いたいとのお客さまの声にお応えするために、平成 12 年度に電力 2 社（東京、関西）、ダイキン工業と共同でエコアイスの効率向上（日量冷房効率 2.3）とオゾン層を破壊しない新冷媒への対応（R407C の採用）に成功し、商品化しました。

さらに平成 13 年度に、電力 2 社（東京、関西）、ダイキン工業と共同で日量冷房効率を 3.0 まで向上させたエコアイスの商品化しました（図 1）。

4.2 新冷媒対応高効率パッケージエアコン

空調能力 14kW 以上を対象とした大規模・中規模の空調分野では、電力の負荷平準化策として氷蓄熱システムが一般的になっています。しかし、空調能力 14kW 未満のパッケージエアコンやルームエアコンでは蓄熱槽が割高なため、エコアイス



図1 新冷媒対応高効率エコアイス

がなかなか採用されない状況にあります。また、ルームエアコンは高効率化が進んでいましたが、パッケージエアコンの効率向上は遅れていました。

そこで、平成11年度に電力ピークカットに貢献でき、地球環境にも優しい高効率のパッケージエアコンを電力4社（東北、東京、関西、九州）、東芝キャリアと共同で開発し、商品化しました（図2）。



図2 新冷媒対応高効率パッケージエアコン

開発した商品の COP は冷房 3.8、暖房 4.0 と、従来市販品(2.6程度)を大きく上回るものとなり、改正省エネ法の省エネ基準値 3.12(平成19年度より適用)をいち早く上回りました。また、オゾン層を破壊しない新冷媒(R410A)を採用しました。

4.3 ガスエンジン式ヒートポンプとの性能比較

平成8年度より、様々な気象条件を季節に関係

なく再現できる世界最高水準の環境試験室である当社所有の「全天候環境実験棟」、「空調システム評価ラボ」（図3）および「空調システム解析ラボ」の機能を用いて、電気式ヒートポンプとガスエンジン式ヒートポンプの基本性能比較を行い、電気式ヒートポンプはガス式に比べて一次エネルギー基準の日量冷房効率が低いことを実証しました（図4）。

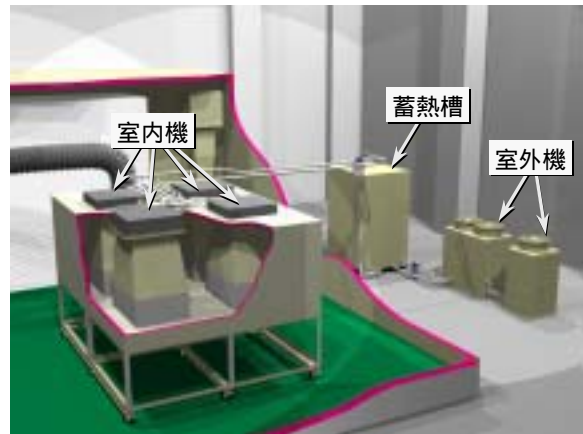


図3 空調システム評価ラボ

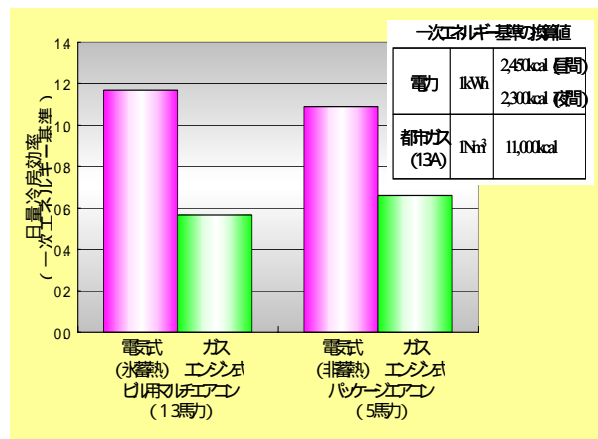


図4 日量冷房効率の比較

5. 個別分散方式空調機器の開発

5.1 超高効率ヒートポンプ「ウルトラハイエフ」

当社は平成10年度に地域熱供給や大規模ビル空調を対象として、超高効率ヒートポンプ「ウルトラハイエフ」を商品化しました（図5）。理論効率の優れた新冷媒サイクル（ローレンツサイクル）を世界で初めて実用化し、従来のスクリュヒートポンプに比べ COP が 50%向上しました。冷却水温度が 15℃まで下がると COP は 10 を超えます。

冷媒はオゾン層を破壊しない HFC を採用し、高効率化による省エネルギーで地球温暖化抑制にも貢献できます。

延床面積 10,000 m² のインテリジェントビルで従来の大型ヒートポンプと比べて石油換算で 35～110 キロリットル/年の省エネルギーを達成しています (図 6)。

ウルトラハイエフはその技術的革新性、省エネルギー性および環境安全性が高く評価され、平成 11 年度の日本機械学会賞と省エネ大賞、平成 13 年度の中日産業技術賞と優秀省エネルギー機器表彰を受賞しました。

6. おわりに

お客さまの様々なニーズに応え、省エネルギーの推進、地球温暖化防止に貢献するために、今後も電気式空調機器の研究開発に取り組んでいきます。



図 5 超高効率ヒートポンプ「ウルトラハイエフ」

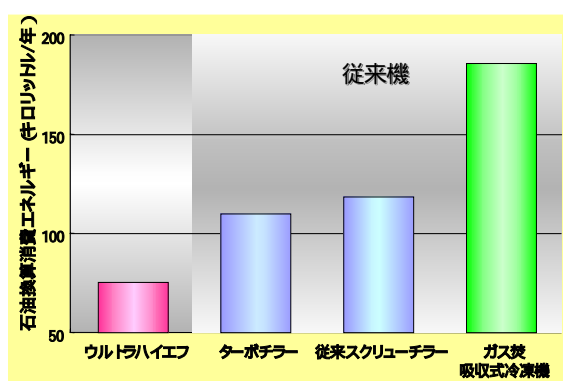


図 6 消費エネルギー比較 (10,000 m² ビルを想定)

旅の裏技 (その1 用具編)

Secret technique for a trip (1. Tools)

原 利次 (日本工業大学)

Toshitsugu HARA (Nippon Inst. of Tech.)

「それでは乾杯！」。高原のさわ風は期待したほどではなかったが、伝熱国際会議での発表が無事に済んだ開放感から、我々は一気にフランス製ビールを飲みこんだ。肩越しすれすれに市電が通り抜けるような、グルノーブルの海鮮レストラン前でのことである。そのときの酒飲み話から「旅の裏技」なるこの企画が決ったらしく、そのとき居合せた責任感から筆者もここに登場させて頂くことにした。

旅の裏ワザなる言葉は範囲が広い。まずは用具に注目しよう。なんといっても旅は元気と天気、段取り8分に仕事2分、というではないか。段取りよければ仕事よし、だ。準備は道具からだ。但し世に裏ワザ・隠しワザの本は多い。ここではなるべくそれらに登場しないものを選んだ。

1. 洗面器

旅先で、洗面器を持ってきたという不思議な顔をされることが多い。旅ではつい荷物が多くなる。荷物を出来るだけ少なくする一つはまめに洗濯することだ。洗濯にはホテルの洗面所を使う人が多いが、相部屋だったり、暫く洗剤に付けておいたりするときには、洗面所が使えなくなってしまう。これを避けるために洗面器を持参する。なるべく円形でなく四角に近いもので、側面が垂直にたっていて底が厚くて丈夫なものが望ましい。最近では価格低減のためか必要にして十分な位精一杯薄くて困る。今は高さが丁度スーツケースの厚さで、一側面が直線のものを用いている。

スーツケースに洗面器を入れ、主に重いもの（ヒータポットなど）や壊れやすいもの（カメラなど）を、このなかに靴下などと一緒に入れると、たとへスーツケースが落されても洗面器の中は保護され壊れない。ホテルに着いたら洗面器に洗濯物と洗剤とお湯を入れておき、洗濯桶として使う。シャワーを浴びるときは洗面器を裏返して浴槽の中に入れ椅子として使おう。時には浴槽の底面がカーブして

いて一寸すわり心地が悪いときがあるが、一応和風風呂のリラックス感は味わえる。さいわいにバスタブがあり、浴槽に湯を張るときは、洗面器本来の役割のように湯を汲んで頭からかぶり、温泉気分を出してもよい。安宿に泊るとシャワーしかないときもある。シャワーだけでは湯のたっぷり感が味わえない人は、シャワーの湯を洗面器にためて頭（又は肩）からかぶるとよいだろう。痔の気のある人はこれにお湯をためて暖めれば、痛みも治まり気分爽快だろう。

2. ポンチョ

海外に行くときは時差ぼけ解消、健康維持のためにも、ジョギングや水泳などの運動を心がけている。特に地中海方面では海で泳ぐチャンスも多い。男性の水着は小さいので現地で出歩くときにもバッグに入れておくのは容易だ。実際に困るのは着替えるところがないことだ。特にご婦人の目があるところでは、かなりの響きをかうようである。そのための道具が（スポーツ店にある）着替え用ポンチョだ。登山用のポンチョより薄くてかさばらない。これを使えば道端でも着替えができる。非線形解析国際会議に出席のついでに、アテネから路線バスでコリンソス遺跡を見に行ったときには、あまりの暑さに帰りの砂浜を見て刺激され、車が通る道端で着替えてエーゲ海で一泳ぎしてきた。ポンチョがあるとこのような機会を逃すことがない。但しエーゲ海クルーズで立寄ったイドラ島では風が強く、ポンチョが吹き上げられてしまうので、四隅に石をおいて辛うじて着替えることが出来た。冷凍空調国際会議で行ったパデュー大学構内では、リスがそばに寄ってきて不思議そうにもそもそ着替えるのを見つめていた。女性でも2人以上いれば1人ずつ（1人が見張り）やればよい。ポンチョは雨合羽にもなるし、砂浜ではシートにもなる。究極の応用として、トイレの近い人は例の固化化パックと一緒に持てば、ど

こでもドアならぬ、どこでもトイレである。

3. ダンボール・ガムテープ

ガムテープ(粘着テープ)は裏ワザ本によくあるし、便利である。とレットペーパーの芯に適当な長さだけ巻いていくとよい。バッグの補修から、衣類の安全ピン代り、洗濯ハンガーの固定(これが案外効果的)、論文集の再製本(分厚い論文集から必要なところだけ抜いてガムテープで製本し、これだけ持ち返り、残りは捨てる)まで、用途は広い。但しこの話は別だ。

欧州便のように長時間のフライトでは、狭いエコノミー席をいかに広く使うかが重要な問題だ。まず早めにチェックインしてよい席を取る。なんといっても足が伸ばせるのは、前が広場の例の客室乗務員が後ろ向きに座る、例の入口通路の前だ。確かにここが足が伸ばせるのだが、空調機の関係で風が強く寒いことが多いような気がする。

3辺が異なる長さのダンボール箱を2つに分割して、ダンボール紙として平たく折畳む。これとガムテープをいつ捨ててもいような紙バッグにいれ、チェックインする。無事によい席が取れたら(取れなくても普通の席でも大丈夫)一安心。食事が終わって就寝モードに入ったら、先ほどのダンボール紙をガムテープで張り合わせて箱に再生し、箱の最長辺が高さになるようにして(立てて)足の下に置くと、

ほぼ足は水平になる。もし前が広場ならリクライニングを一杯に倒すと、まさにビジネスクラスの寝心地だ!前が壁なら箱を壁に接して置こう。こうすれば既成の足置きより足が伸ばせて楽になる。人間は寝るときはなるべく足を伸ばして、それも足が水平になったほうがよい。寝ているうちに足が高いのが疲れたら、寝たまま箱の短辺の方を高さにして(箱を横にして)置けばよい。こうすれば異なる3辺により3種類の高さで使える足置き(スツール)となる。自然冷媒国際会議のときのフランクフルト行きの際は、壁前席にいるときに席変えを頼まれて否と言って、その女性の気分を悪くさせたようだったが、筆者が就寝前にダンボール箱を組立てるのを見て、なるほど了解!と納得したようだった。

目的地に着いたら又分解して紙バッグに詰めよう。入国審査の前にはさっさと纏めてゴミ箱に捨て、要らぬ持物検査で時間を費やすのを避けよう。飛行機の中に捨ててくるのは、楽しませてくれた航空会社へのエチケットとして、避けよう。

1人旅が多いと、年を重ねると、体力を道具でカバーしようとするようだ。若いときは何でもどうでもよかったような気がする。しかしやはり旅は楽しい。相変わらず今でも、語学力の不足は手まねで補い、体力の不足は道具で補い、金力の不足は知恵で補うような、やりくり旅が続いている。

東海支部活動報告
Report of Tokai Branch

北村 健三 (豊橋技科大)
Kenzo KITAMURA (Toyohashi Univ. of Tech.)

第9回伝熱コロキウム

日時：平成15年3月28日(金) 13:30~17:00
場所：名古屋国際センター 第3研修室
名古屋市中村区那古野 1-47-1
参加者：35名
世話人：高野孝義 (豊田工業大学)
話題提供：4件

- (1) 「食パン焼成過程における熱および物質移動」
小松雅一 (敷島製パン株式会社, 豊田工業大学)
- (2) 「周期加熱法による熱物性測定法に関する研究」
高橋文明 (名古屋市工業研究所)
- (3) 「CO₂給湯器用熱交換器の開発」
山本憲 (株式会社デンソー)
- (4) 「燃料電池用メタノール改質器に関する研究」
長野進 (豊田中央研究所)

概要：企業や研究所における伝熱関連の研究、製品開発の現状について4人の講師の方に分かりやすく解説して頂いた。講演(1)では、身近な食品である食パンの焼成過程に伝熱学の知識がどのように役立つか紹介された。講演(2)では、熱的異方性のある試料及び薄膜や超格子材料などのナノメートルスケールの熱物性測定法に関する理論的・実験的な検討結果について報告があった。また、講演(3)では、二酸化炭素を冷媒としたヒートポンプ給湯器の開発および高性能小型化を達成するための諸技術について紹介された。さらに講演(4)では、自動車用燃料電池の水素源として、メタノール改質器を利用する方法が紹介され、改質器における触媒反応を実験的に調べた結果が報告された。いずれの話題提供も企業における製品開発の厳しさを知る上で大変有意義かつ興味深い内容であった。聴講者からも活発な質問が有り盛会であった。なお、コロキウム終了後、会場近隣にて懇親会を行った。

東海支部第9期総会・特別講演会・見学会

日時：平成15年4月15日(火) 14:00~16:30
場所：東桜会館1階集会室
名古屋市東区東桜 2-6-30
参加者：32名
世話人：渡邊徹雄 (中部電力)

1. 総会

- 議事：
1. 第8期支部長挨拶：熊田雅弥 (岐阜大学)
 2. 第8期事業報告
 3. 第8期決算報告並びに監査報告
 4. 第9期役員の承認
 5. 新支部長挨拶：加藤征三 (三重大学)
 6. 第9期事業計画
 7. 第9期予算案
 8. その他

2. 特別講演会

講演題目：「ヒートポンプ式空調機器の開発と性能評価」

講演者：渡邊徹雄 (中部電力(株) 技術開発本部, エネルギー応用研究所)

概要：はじめに冷凍、空調機の歴史について紹介があり、事務所ビルにおけるエネルギー消費のうち空調用途がかなりの割合を占める実情が示された。ついで電力各社および空調機メーカーで開発が進められている蓄熱式、新冷媒対応高効率空調機の紹介があり、最後に中部電力(株) エネルギー技術研究所で行われている各種空調機の性能試験結果の概要について報告があった。正確な空調性能試験を実施することの重要性を聴講者に再認識させる内容の講演であった。

3. 見学会

会場会館内に併設されている「東桜文化史料館」の見学を行った。電力会社の創設から現在に至る歴史を伺い知る史料の展示があった。

東海支部活動報告
Report of Tokai Branch

高野 孝義 (豊田工業大学)

Takayoshi TAKANO (Toyota Technological Institute)

< 第9回伝熱コロキウム >

日時：平成15年3月28日(金) 13:30-16:50
場所：名古屋国際センター 第3研修室
参加者：36名
内容：企業等に在籍する若手研究者4名による
話題提供と討論，およびコロキウム終了
後，会場を変えて懇親会が行われた。

話題提供：

[1]食パン焼成過程における熱および物質移動

小松 雅一 氏

敷島製パン株式会社，豊田工業大学

食パンの焼成工程は最終品質を左右する重要な工程である。焼成工程は複雑な化学的・物理的・構造的変化をともなうことから品質管理のうえで難しい点も多く，これまで経験的な面も含め多大な努力が払われてきている。さらに，最近では，製品の品質に対する要求もより高くなっている。そこで，焼成条件を定量化して内部温度履歴や含水率といったプロセス因子を最適化することにより，様々な製品ニーズに応えるとともに，製品品質の一層の安定化をはかることとした。このためには食パンの焼成工程での熱と物質の輸送メカニズムを定量的に把握することが必要である。これまでに，パン生地や焼成後のパンクラムの有効熱伝導率の測定や，焼成過程における内部の温度分布や熱流束の測定などを行ってきている。これらを通して，たとえばクラスト層形成のメカニズムについて検討を進め，また，食パン表面色(焼色)に関する速度論的解析により焼成過程での焼色予測を行った。さらに，食感との関連性について明らかにすべく，熱移動および水分移動についてのより詳しい解析を進めている。

[2]周期加熱法による熱物性測定法に関する研究

高橋 文明 氏

名古屋市工業研究所

近年では，省エネルギーあるいは地球環境への負荷を軽減することを目的として，熱あるいは温度をキーワードとした材料・製品開発が行われるようになってきている。電子機器関連の分野では，パワーエレクトロニクス技術の発達により，コンピュータをはじめとした機器内部での発熱の問題が重要視されている。特に，ダウンサイジング化が進んでいるノート型パソコンをはじめとしたモバイル機器では，従来のファンやヒートパイプを使った冷却方式が利用できないために，素子の低電圧化を図るとともに熱伝導性の良い機構部品あるいはモジュールを使って内部の熱を機外に逃がす工夫が行われている。また，最近では実際に製品を作る前段で，コンピュータを駆使した熱の収支計算，いわゆる熱設計によって効率のよい部品配置や異常発熱部のチェックが行われているが，このようなシミュレーションを行うためには，構成部品の熱物性値を予め把握しておく必要がある。周期加熱法を用いた熱物性測定によれば様々な材料の熱物性評価が可能であるが，日々新たに開発される新しい素材に対して信頼性の高いデータを提供するためには，測定法の開発あるいは精度の向上は不可欠である。本研究では，周期加熱法によって様々な厚さ及び熱伝導性を有する試料に対応した熱物性評価法を確立することを目的として，特に，現時点では評価方法が確立されていない熱的異方性のある試料及び薄膜や超格子材料などのナノメートルスケールの熱物性測定法に関する理論的・実験的な検討を行った。

[3]CO₂給湯器用熱交換器の開発

山本 憲 氏

株式会社デンソー

地球温暖化防止という観点から，二酸化炭素を冷媒としたヒートポンプ給湯器を開発した。我々は，このサイクルに使われる水を加熱する水冷媒熱交換器を開発した。この熱交換器は自動車で培われた技術を応用して開発を進めた。冷媒側には微細チュー

ブ、水側にはオフセットフィンの技術を導入することで、高性能小型化を達成し、温度効率 0.92 を達成した。

[4]燃料電池用メタノール改質器に関する研究

長野 進 氏

株式会社豊田中央研究所

自動車用燃料電池の水素源としてメタノール改質による方法がある。触媒反応によりメタ

ノールと水から水素を得る改質器で、高い改質率と燃料電池触媒を被毒するCO濃度の低減が重要である。改質触媒反応を実験的に調べ、数値シミュレーション技術の開発を行った。また、薄型の触媒燃焼プレートを開発し、平板積層タイプの3kW発電用実験器を試作。自動車動力用サイズに応用すれば6kW-H₂/L以上という高い水素生成能力を有する予想を得た。既発表の内容から抜粋して報告する。

九州支部活動報告
Report of Kyushu Branch

高橋 厚史 (九州大学)
Koji TAKAHASHI (Kyushu University)

<九州支部講演会>

日時：平成 15 年 2 月 7 日 (金) 13:30~17:00

場所：九州大学筑紫キャンパス
(共通管理棟 3F 大会議室)

参加者：50名

内容：

1. 水およびアルコール/水混合媒体の界面活性剤による沸騰熱伝達の促進
井上 利明
(久留米工業大学 工学部機械システム工学科)
2. アンモニア水溶液中へのアンモニア蒸気吸収過程の解析
石田 賢治
(佐賀大学 理工学部機械システム工学科)
3. 非定常短細線加熱法による溶融炭酸塩の熱伝導率および熱拡散率の測定
張 興
(九州大学 機能物質科学研究所)
4. 毛細血管網形状の数理と工学的応用

白樫 了

(東京大学 生産技術研究所)

5. 産総研機械システム研究部門におけるマイクロ流体関連研究

市川 直樹

(産業技術総合研究所 機械システム研究部門)

<九州支部特別講演会>

日時：平成 15 年 3 月 26 日 (水) 15:00~17:00

場所：九州大学箱崎キャンパス
(21世紀交流プラザ講義室)

参加者：30名

内容：

1. Application of fractional calculus in viscoelastic fluid dynamics and heat transfer
譚 文長 (北京大学力学与工程科学系)
2. Nucleate Boiling on Thin Plates -Interpretation of Wall Temperature Measurements-
David B. Kenning (Oxford University)

北陸信越支部活動報告
Report of Hokuriku-Shinetsu Branch

岩城 敏博 (富山大学)
Toshihiro IWAKI (Toyama University)

支部総会・春季セミナー講演会

日 時：平成 15 年 5 月 17 日(土)10:20~17:10
場 所：富山大学・黒田講堂
参加者：61 名(会員 40 名, 学生 21 名)

1. 支部総会

- ① 第 6 期(平成 14 年度)事業報告および決算報告について
- ② 支部役員の選出について
- ③ 学会理事および評議員候補者の選出について
- ④ 第 7 期(平成 15 年度)事業計画案および予算案について
- ⑤ その他
- ⑥ 第 6 回支部賞贈呈式
功 績 賞 齊藤明宏(新潟工科大学, 教授)
研究奨励賞 坂村芳孝(富山県立大学, 助教授)

[概要] 本支部では、永年にわたって本支部の発展運営に貢献された方に功績賞が、また、活発な研究活動を行っている 40 歳以下の若手研究者に研究奨励賞が授与されることになっている。今期は上記の方々が選ばれた。

2. 第 7 期(平成 15 年度)支部役員

- 支 部 長 竹内正紀(福井大学)
副 支 部 長 小林睦夫(新潟大学), 平田哲夫(信州大学)
幹 事 松原幸治(新潟大学), 羽田喜昭(長野高専), 平澤良男(富山大学), 多田幸生(金沢大学), 太田淳一(福井大学)
監 事 齊藤明宏(新潟工大), 姫野修廣(信州大学)

3. セミナー講演会

①相変化を伴う熱流動の数値計算

白川英観 (富山高専)

[概要]自由表面を伴う流動解析法である Volume of Field 法に、パターン数の増加と体積一定条件で体積補正を加えて改良し、気泡成長や単ロール急冷凝固法に適用した。界面移動計算精度向上の結果とこれを拡張するときの問題点を議論した。「3 次元問題へ拡張したときの精度は 2 次元問題の延長でよいか。」「気泡の合体・分裂に拡張できるか。」などの質問があった。

②自然対流の可視化計測

中川慎二 (富山県立大工)

[概要]Particle Image Velocimetry 法に精度向上のための改良を加え、密閉容器内の対流の可視化問題に適用した。「トレーサーは沈降しないのか。」「粒子群の集合・分散が問題にならないのか。」「非定常問題の可視化のとき、初期状態をどのように実現するのか。」「開放系に適用できるのか。」など可視化すべき現象の実験技術に関する質問が多くあった。

③水平温度勾配における 2 層系二重拡散対流の解析

中島栄次 (富山高専)

[概要]矩形密閉容器内の上下に濃度成層があり、この容器の左右壁を加熱冷却したときに生じる二重拡散対流を数値解析と実験解析し、擬定常状態期の存在とその意義を明らかにした。「このモデルはどのような実際問題に適用するのか。」などの質問があった。

④感圧塗料を用いた高速気流中における時間分解圧力計測

*坂村芳孝(富山県立大工), 鈴木立之(富山県立大工)

[概要]分子と光の相互作用である感圧塗料の酸素拡散による応答性能向上を試み、衝撃波による非定常流れ問題に適用した。「衝撃波によるダメージはない

のか.」,「面計測にはどのようなことが大切か.」,「何回使えるのか.」,「計測可能な最大圧力・最小圧力は.」などの質問があった。

⑤ Yジャンクションによる固液二相流の低濃度化(内部流れの可視化)

*貝沼洋介(福井大院), 太田淳一(福井大工), 高木邦雄(松浦機械製作所), 杉田誠(福井大工), 山本司(福井大工)

[概要]固液二相流中の粒子除去あるいは粒子濃度低下を目的として, Yジャンクション内の流れを利用した。粒子の体積濃度, 液レイノルズ数一定の条件のもとで, 低濃度化に及ぼす影響を明らかにした。

「粒子の形状はどのようになっているのか.」,「写真を見ると, 分離しているように見えないが.」の質問があった。

⑥二色のレーザー光による液相内濃度場計測

*山根岳志(富山大工), 吉田正道(富山大工), 宮下尚(富山高専)

[概要] 矩形密閉容器内に濃度成層があり, この容器の対壁を加熱冷却したときに生じる二重拡散対流をレーザーホログラフィー法とレーザー誘起蛍光法を併用して屈折率場・温度場を解析し, さらにこの結果から濃度場を算出する方法を示した。「蛍光の時定数はどの程度か.」,「輝度むらの原因は何か.」などの質問があった。

⑦フィン付き伝熱管群においてフィン周り流れが熱伝達と圧力損失に及ぼす影響

*川口清司(富山大工), 奥井健一(富山大工), 浅井俊博(富山大院), 安田晋也(富山大院)

[概要]火力発電で重要な熱交換器のフィン付き伝熱管群の性能改善を目指して, セレーテッドフィン管およびスパイラルフィン管の熱伝達と圧力損失を実験的に明らかにした。「体積等価直径とは物理的に何か.」,「熱伝達率の計算方法は.」などの質問があった。

⑧マイクロ波を利用した過冷却の促進

*多田幸生(金沢大工), 富野和則(豊田自動織機), 瀧本昭(金沢大工), 林勇二郎(金沢大)

[概要]マイクロ波を利用した過冷却の促進を目的として, 水溶液とリンゴ組織の凍結実験が行われた。

「2種類の実験を行っているが, 両者の関連は何か.」,「25Wと35Wの実験結果に大きな相違がある。この間の強度での実験が必要と思う.」,「波長を変えたらどうなるのか.」,「マイクロ波の加熱効果は無視できるのか.」,「平面波か.」の質問があった。

⑨杭利用地熱融雪システムにおける蓄熱効果

*大澤良和(福井大院), 竹内正紀(福井大工), 永井二郎(福井大工), 宮本重信(福井県), 加賀久宣(福井県)

[概要]建築物等の基礎杭を通し地熱を利用する環境に優しい融雪システムの確立を目指してシステムの制御方法を検討した。「パイルの直径, 水の容量はいくらか.」,「融雪面積はどれくらいか.」,「建設費用はどうか.」などの質問があった。

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
2003年						
5月	28日(水) ~ 30日(金)	第40回日本伝熱シンポジウム (広島国際会議場、広島市)	'03.1/17 (講演申込)	'03.3/10	第40回日本伝熱シンポジウム実行委員会 広島大学大学院工学研究科機械システム工学専攻内 E-mail:htsymp40@thermo.mec.hiroshima-u.ac.jp http://home.hiroshima-u.ac.jp/hpthermo/htsymp40.htm	'03.1
2004年						
5月	26日(水) ~ 28日(金)	第41回日本伝熱シンポジウム (富山国際会議場および富山県民会館、富山市)	未定	未定		

本会共催,協賛行事

開催日		行事名(開催地,開催国)	申込締切	原稿締切	問合せ先	掲載号
2003年						
6月	20日(金)	第28回混相流レクチャーシリーズ「マイクロバブルの魅力とその利用技術」 (大阪市立大学文化交流センター)	'03.6/13		〒572-8530 大阪府寝屋川市初町18-8 大阪電気通信大学工学部機械工学科 森幸治 Tel/Fax:072-820-9034 E-mail:k-mori@isc.osakac.ac.jp	
6月	25日(水) ~ 27日(金)	第3回乱流・剪断流現象国際シンポジウム Third International Symposium on Turbulence and Share Flow Phenomena (仙台国際センター)	'02.9/1 (Abstract ✓切)		東京都目黒区大岡山2-12-1 東京工業大学大学院理工学研究科機械 宇宙システム専攻 宮内敏雄 Tel/Fax:03-5734-3183 E-mail:tmiyauch@mes.titech.ac.jp	
7月	10日(木) ~ 12日(土)	日本実験力学会2003年度年次講演会 (青山学院大学渋谷キャンパス)			〒157-8572 東京都世田谷区千歳台 6-16-1 青山学院大学理工学部機械創造 工学科 Tel:03-5384-1111(ext23322) Fax:03-5384-6311 E-mail:jsem2003@cc.aoyama.ac.jp	
7月	22日(火) ~ 24日(木)	第31回可視化情報シンポジウム (工学院大学新宿校舎)	'03.2/28		〒114-0034 東京都北区上十条 3-29-20(社)可視化情報学会事務局 Tel:03-5993-5020Fax:03-5993-5026 E-mail:info@vsj.or.jp http://www.vsj.or.jp/sympo2003	
7月	23日(水) ~ 25日(金)	日本混相流学会年会講演会2003 および第22回混相流シンポジウム (大阪大学豊中キャンパス)	'03.3/28	'03.5/30	〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1 大阪大学大学院工学研究科機械物理工 学専攻 片岡研究室内 日本混相流学会 年会講演会実行委員会事務局 Tel:06-6879-7256-7259 Fax:06-6879-7247 E-mail:mpfc2003@mech.eng.osaka-u.ac.jp http://mpfc2003.mech.eng.osaka-u.ac.jp	
7月	28日(月) ~ 30日(水)	日本流体力学会年会2003 (工学院大学新宿校舎)	'03.3/31	'03.6/6	日本流体力学会年会2003運営委員会 http://www.rs.kagu.tus.ac.jp/~yama moto/ jfm03/indexj.html あるいは http://www.nagare.or.jp/	
7月	27日(日) ~8/ 1日(金)	第19回爆発と反応系の力学の国際コロキウム -ICDERS- (箱根プリンスホテル)			国際コロキウム組織委員会 Tel 03-5384-1718 E-mail:ICDERS2003_mail@cow.me.aoya ma.ac.jp	
9月	16日(火)	03-3ポリマーフロンティア21「燃料電池 - 開発の最前線と新たな挑戦」	定員になり 次第締切り		(社)高分子学会 03-3ポリマーフロンティア21係 Tel 03-5540-3770 Fax 03-5540-3737	
10月	31日(金) ~ 11/1日 (土)	可視化情報学会全国講演会 (宇都宮大学工学部)	'03.7/4	'03.8/22	〒321-8585 宇都宮市陽東7-1-2 宇都宮大学工学部機械システム工学科 庵原昭夫 Tel/Fax:028-689-6036 E-mail:utsunomiya@vsj.or.jp http://www.vsj.or.jp/utsunomiya/	

行事カレンダー

11月	2日(日) ~ 7日(金)	International Gas Turbine Congress 2003 TOKYO 8 th Congress in Japan (江戸川総合区民ホール)	'02.5/31	'03.2/1	The Gas Turbine Society of Japan 7-5-13-402 Nishi-Shinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 160-0023, Japan Fax: +81-3-3365-0387 E-mail: igtcnal.go.jp
11月	3日(月) ~ 8日(土)	第3回国際シンポジウム「複雑系における非常にゆっくりとした緩和現象の解明」 3rd International Symposium on Slow Dynamics (太白区文化センター楽楽ホール、仙台市)	'03.5/31		〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1 東北大学流体科学研究所 徳山道夫 Tel/Fax: 022-217-5327 E-mail: tpkuyama@ifs.tohoku.ac.jp http://www.ifs.tohoku.ac.jp/slow-dynamics/
11月	9日(日) ~ 13日(木)	International Conference on Power Engineering-03, Kobe 2003年 動力エネルギー国際会議神戸大会 (神戸国際会議場)	'02.3	'03.3	東京都新宿区信濃町 35 信濃町煉瓦館 (社) 日本機械学会総合企画グループ 高橋正彦 Tel: 03-5360-3505
11月	15日(土) ~ 16日(日)	熱工学コンファレンス 2003 地球を救う熱工学技術 (金沢大学工学部)	'03.6/6	'03.9/19	〒820-8667 金沢市小立野 2-40-20 金沢 大学工学部人間・機械工学科 瀧本昭 Tel: 076-234-4741 Fax: 076-234-4743 http://www.jsme.or.jp/tesd/
12月	1日(月) ~ 3日(水)	マイクロエンジニアリングに関する国際シンポジウム - 熱流体・信頼性・メカトロニクス - (日立製作所機会研究所、土浦市、産業技術総合研究所、つくば市)	'02.3 Abstract	'02.8 Full Paper	東京都新宿区信濃町 35 信濃町煉瓦館 (社) 日本機械学会総合企画グループ 高橋正彦 Tel: 03-5360-3505
2004年					
8月	29日(日) ~9/ 3日(金)	第24回国際航空科学会議横浜大会(24th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, 2004, Yokohama) (パシフィコ横浜国際会議場、横浜市)	'03.7/31		〒181-0015 東京都三鷹市大沢 6-13-1 航空宇宙技術研究所 次世代超音速機 プロジェクトセンター (第24回国際航空科学 会議横浜大会 組織委員会 プロジェクト 委員会幹事) 吉田憲司 Tel: 0422-40-3510 Fax: 0422-40-3536 e-mail: yoshiken@nal.go.jp http://www.jsass.or.jp/icas

国際会議案内

開催日	行事名(開催国, 開催地)	申込締切	原稿締切	問合せ先	掲載号
2004年					
3月	14日(日) ~ 17日(水)	The first International Symposium on Micro & Nano Technology (ISMNT-1) (ホノルル、ハワイ)	'03.5/31 Abstract	'03.8/31	Komatsu Electronics Inc., President Dr. Makoto Inoue E-mail: makoto_inoue@komatsu.co.jp http://www.ismnt.com

貴船・聖護院・京都大学 伝熱セミナー

**森羅万象におけるシステムと熱
- 自然から学ぶエンジニアリングへのヒント -**

日本伝熱学会関西支部主催

改めて言うまでもなく、私達は地球上に生き、そして宇宙の中に生きています。しかし、日常の生活では物理的にも精神的にも人間社会の存在が余りにも大きすぎ、結果的に、たとえば地平線や水平線、さらには幾多の星雲さえ意識することなく暮らしていることが多いように思います。一方で、人間より小さな生命体については、無意識のうちに人間中心主義に立つがために、その多様性や自然の中での役割などに十分な関心と理解が至らない場合が多いように思います。

本セミナーでは、盛夏における貴船の森と水の神秘的な力も借りて、このような森羅万象におけるシステム、その中でもとりわけ伝熱セミナーにふさわしい熱との接点に焦点を合わせて、種種の角度から第一線の先生方にご講演をいただき、関連する問題を掘り下げてみたいと思っています。それだけでなく、広い意味でのエンジニアリングへの重要な視点を提供してくれるようなセミナーになることも願っています。日本中、津浦浦からのご参加をお待ちしています。

日 程：2003年8月22日（金）、23日（土）

会 場：貴船ひろや・聖護院御殿荘・京都大学

スケジュール：

8月22日（金）

13時～17時半：貴船ひろや大広間で1次セミナー

17時半～19時：貴船ひろや川床（かわゆか）で夕食

19時～20時：観光バスで移動

20時～：京都大学正門南方500mの聖護院御殿荘で2次セミナー・宿泊

8月23日（土）

9時～12時半：京都大学で3次セミナー

講師と題目（順不同・敬称略・仮題）：

- ・ 阪上雅昭（京都大学大学院 人間・環境学研究科 相関環境学専攻）
宇宙における熱的現象 — 重力と熱力学の関わりを中心にして —
- ・ 植田洋匡（京都大学 防災研究所 大気災害研究部門）
大気・海洋の内部及び界面での伝熱問題
- ・ 古川善紹（京都大学大学院 理学研究科 火山研究センター）
火山から覗く地球内部 — 熱が駆動する惑星システム —
- ・ 大澤直哉（京都大学大学院 農学研究科 森林生態学研究室）
熱帯林の一斉開花メカニズムと昆虫による送粉システム
- ・ 北宅善昭（大阪府立大学大学院 農学生命科学研究科）
植物の葉および群落における熱交換
- ・ 水野 稔（大阪大学大学院 工学研究科 環境工学専攻）
都市の熱代謝システム

参加費：正員25,000円、学生員15,000円（定員80名）

準備委員会（京都大学）：吉田英生、岩井裕、若林英信、齋藤元浩
問合せ先：

Phone/Fax : 075-753-5255

e-mail : yoshida@mech.kyoto-u.ac.jp

URL : <http://www1.mech.kyoto-u.ac.jp/lab/yoshida/seminar/>

大阪府立大学大学院工学研究科機械工学分野（仮称）教員募集

募集人員：助教授または講師 1名

所属学科・講座：機械系専攻 機械工学分野 エネルギー・環境工学講座

応募資格：(1)博士の学位を有し、40歳くらいまでの方

(2)機械工学を基礎とした分野に関心を持ち、環境工学分野の教育・研究に熱意があり、関連の講義等が担当でき、優れた研究業績がある方

専門分野：エネルギー、伝熱、熱流体物性、生体・人間熱科学、都市熱環境などに関連した環境工学

採用予定時期：平成17年4月1日（備考参照）

応募締切：平成15年8月22日（金）必着

提出書類：(1)履歴書（写真貼付、氏名、よみがな、現住所、本籍地（都道府県名）または国籍、連絡先（電話番号、電子メールアドレス）、学歴、職歴、所属学会、賞罰等を記入すること）

(2)健康診断書

(3)研究業績リスト（著書、査読付き論文、国際会議論文、解説・総説、特許等に分類し、共著者名、発表機関・年月、ページ等を記載すること）

(4)主要論文の別刷またはコピー（5編程度、各1部）

(5)これまでの研究業績の説明（1000字以内、研究論文と対応させて記述すること）

(6)今後の研究構想（1000字以内）

(7)教育に関する抱負（1000字以内）

(8)科研費、研究助成金等の取得状況（代表者、分担者の別を記入すること）

(9)推薦書または応募者に対する意見を伺える方2名の氏名、電話、電子メールアドレス

選考方法：書類による選考のほか、必要に応じて来学の上面接を受けて頂きます。

備考：平成17年4月に大阪府立大学再編統合に伴い、機械システム工学分野とエネルギー機械工学分野は統合され、機械工学分野（仮称）に再編される予定です。

書類提出先および問合せ先：

〒599-8531 大阪府堺市学園町1-1

大阪府立大学大学院工学研究科エネルギー機械工学分野 主任 吉田篤正

電話：072-254-9228、FAX：072-254-9231、E-mail：ayoshida@energy.osakafu-u.ac.jp

応募書類は簡易書留で、封筒に「教員応募書類」と朱書して下さい。なお、応募書類は原則として返却いたしませんのでご了承下さい。

問合せはできるだけ電子メールでお願い致します。

「伝熱」会告の書き方

事務局からの連絡

1. 学会案内と入会手続きについて

【目的】

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

【会計年度】

会計年度は、毎年4月1日に始まり翌年3月31日までです。

【会員の種別と会費】

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

【会員の特典】

会員は本会の活動に参加でき、次の特典があります。

1. 「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

2. 「日本伝熱シンポジウム講演論文集」を無料でさしあげます。

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

【入会手続き】

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

(注意)

- ・申込用紙には氏名を明瞭に記入し、難読文字にはJISコードのご指示をお願いします。
- ・会費納入時の郵便振替用紙には、会員名(必要に応じてフリガナを付す)を必ず記入して下さい。会社名のみ記載の場合、入金の手続きができず、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となります。

(賛助会員の代表者変更)

賛助会員の場合には、必要に応じて代表者を変更できます。

(学生会員から正会員への変更)

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

(変更届提出上の注意)

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

【退会届について】

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

【会費を長期滞納されている方へ】

長期間、会費を滞納されている会員の方々は、至急納入をお願いします。特に、平成12年度以降の会費未納の方には「伝熱」「THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING」の送付を停止しており、近く退会処分が理事会で決定されます。

3. 事務局について

次の業務を下記の事務局で行っております。

事務局

《業務内容》

- 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: htsj@asahi-net.email.ne.jp

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

(土日、祝祭日を除く、午前10時～午後5時)

(注意)

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

〒184-8588 東京都小金井市中町2-24-46

東京農工大学工学部機械システム工学科

望月 貞成

TEL:042-388-7088 FAX:042-388-7088

E-Mail : motizuki@cc.tuat.ac.jp

日本伝熱学会正会員・学生会員入会申込み・変更届用紙

広告>

センサテクノス株式会社

広告

有)テクノオフィス 3月号 更新版

広告
日本カノマックス

編集後記

第41期編集出版部会の担当最終号を発行いたします。今期からスタートした「ものづくりと伝熱特集号」の第4段を関東・東海支部を中心に作成いたしましたので、お届けします。本号は井上・一宮・花村委員の担当のもと発行いたしました。原稿をご執筆いただきました方々に厚くお礼申し上げます。

本誌への原稿の投稿、また、本誌に対するご意見・ご要望など、次期の第42期編集出版部会委員までお寄せください。

副会長	長野 靖尚	名古屋工業大学
部長	瀧本 昭	金沢大学
委員		
(理事)	近久 雅彦	北海道大学
	花村 克悟	岐阜大学
	岩城 敏博	富山大学
	藤井 照重	神戸大学
	奥山喜久夫	広島大学
(評議員)	小原 拓	東北大学
	井上 剛良	東京工業大学
	一宮 浩市	山梨大学
	高田 保之	九州大学
(事務)	大西 元	金沢大学
TSE チーフエディター		
	西尾 茂文	東京大学
TSE 出版担当		
	永井 二郎	福井大学

平成 15 年 5 月 31 日

編集出版事務局：〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20
金沢大学工学部人間・機械工学科
瀧本 昭 / 大西 元
Tel : 076-234-4741 / -4742
Fax : 076-234-4743
e-mail: takimoto@t.kanazawa-u.ac.jp

複写される方に

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

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

アメリカ合衆国における複写については、次に連絡して下さい。

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

Notice about photocopying

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

Except in the USA

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

In the USA

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

伝 熱

ISSN 1344-8692

Journal of The Heat Transfer Society of Japan
Vol. 42, No. 174

2003年 5月発行

発行所 社団法人 日本伝熱学会
〒113-0034 東京都文京区湯島 2-16-16
電話 03(5689)3401
Fax. 03(5689)3401
郵便振替 00160-4-14749

Published by

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