

Vol. 20

No. 76

1981

January

伝 熱 研 究

News of HTSJ

第 76 号

日 本 伝 熱 研 究 会

Heat Transfer Society of Japan

日本伝熱研究会第19期（昭和55年度）役員

| | | |
|-------------------|---|---|
| 会 長 | | 国井 大蔵（東大） |
| 副 会 長 | （無任所） （事務担当） | 関 信弘（北大） 棚沢 一郎（東大） |
| 地方連絡幹事 | 北 海 道 東 北 関 東 東 海 北陸・信越 関 西 中国・四国 九 州 | 水野 忠治（室蘭工大） 増田 英俊（東北大） 土方 邦夫（東工大） 馬淵 幾夫（岐阜大） 服部 賢（長岡科技大） 赤川 浩爾（神戸大） 鍋本 暁秀（広島大） 宮武 修（九大） |
| 幹事（23名） | 谷口 博（北大） 武山 斌郎（東北大） 斉藤 武雄（東北大） 鈴置 昭（日立） 秋山 守（東大） 児山 仁（静大） 宮下 尚（富山大） 大場 謙吉（関西大） 鈴木健二郎（京大） 浦川 和馬（徳島大） 岩淵 牧男（三菱重工） 石橋 英一（大分大） | 金山 公夫（北見工大） 石垣 博（航宇研） 小口 幸成（幾徳工大） 森岡 幹雄（石播） 斉藤 彬夫（東工大） 新井 紀男（名大） 老固 潔一（川重） 矢田 順三（京都工繊大） 大中 逸雄（阪大） 本田 博司（岡山大） 吉田 駿（九大） |
| 監 査 | 小茂鳥和生（慶応大） | 福井 資夫（東芝） |
| 第19期「伝熱研究」編集委員長 | | 河村 祐治（広島大） |
| 第18回伝熱シンポジウム準備委員長 | | 武山 斌郎（東北大） |
| 第15回伝熱セミナー準備委員長 | | 水野 忠治（室蘭工大） |

伝 熱 研 究 目 次

<海外学会紹介>

- 第19回アメリカ国内伝熱会議に参加して …………… 尾 添 紘 之(岡大・工) …… 1

<海外大学紹介>

- チリに滞在して …………… 関 信 弘(北大・工) …… 5

<解 説>

- 大分大学ソーラーハウス(サンシャイン計画)―施設と研究結果―

…………… 石 橋 英 一(大分大・工) …… 9

<研究トピックス>

- 境界が動く伝熱問題 …………… 倉 藤 武 雄(東北大・工) …… 22

<入門講座>

- 伝熱研究におけるエレクトロニクス技術 …… 玉野和保・北山正文(広工大・工) …… 31

<学会紹介>

- 日米伝熱セミナー報告 …………… 棚 沢 一 郎(東大・生研) …… 42

- 第1回日本熱物性シンポジウムの開催経過 …………… 長 島 昭(慶大・工) …… 47

<地方グループ活動報告>

- (1) 北海道グループ …………… 52

- (2) 九州グループ …………… 53

- (3) 中国・四国グループ …………… 54

<お知らせ>

- (1) 第18回日本伝熱シンポジウム講演募集 55
- (2) 第15回夏期伝熱セミナー開催予告 56
- (3) 第7回国際伝熱会議論文募集 57
- (4) 第19回日本伝熱シンポジウムおよび第16回伝熱セミナー 57
- (5) 日米伝熱セミナー論文集の領布について 58
- (6) 第5回国際伝熱会議論文集の領布について 58

<編集後記>

<海外学会紹介>

第19回アメリカ国内伝熱会議に参加して

尾 添 紘 之(岡山大・工)

本年7月27日から30日にかけて開かれましたアメリカ国内伝熱会議に出席しましたので、状況報告をさせて戴きます。

本年の伝熱会議はフロリダのオーランドーでありました。ここはフロリダ半島の中央部にあり、10年程前に原野にディズニーワールドがつけられ、大観光地になった所です。本会議には私は今回始めて出席する機会を得ましたし、Churchill教授がMax Jakob賞を受賞されたこともあり、印象に残るものでした。今回はセッション数は35で、6~8会場において3日間にわたり約280件の発表がありました。表1にセッションの内容別個数を示しますが、私にとって興味のある自然対流、数値計算が計7セッションもあり、参加することに意義はありましたが論文発表申し込みができなかったので、しかたなく、行ってからOpen Forumに申し込み発表することができました。

初日は朝食をとる間もなく朝8時30分からの閉領域内の自然対流のセッションに出席しました。自分がやっていることと同じ様な研究が発表されている、あらかじめ前刷が手に入らないので、なかなか質問はできませんでした。午前、午後3時間づつ計15件発表がありましたが、ヨーロッパ勢5件、日本2件で、アメリカ国内とはいえ、国際的な会議となっている感がありました。内容はアメリカのものよりヨーロッパからのものに秀れたものが多いと感じられました。

お昼休みは11時30分から1時30分まででありましたが、Eckert教授による伝熱研究100年の回顧の特別講演が11時45分から1時間ばかりあり、盛況でした。

午後の発表は4時30分には終了しますが、その時には別刷売場が締ってしまうので、発表や昼食の合い間をぬって購入の必要があります。発表終了後、廊下で同じことをやっている人の間で、討論の続きが行なわれている風景が各所でみられました。そうこうしているうちに夜の番組の時間が近付きます。第1日はニューオーリンズジャズを聞かせてくれる店へのツアーで、大きな酒場でした。食事と飲物がリーズナブルで、アメリカ開拓時代を思わせる飾りがあり、アメリカ人にとっては懐古趣味を満足させる所でしたが、私のような音痴は、1時間もするとジャズのものすごい音と人混みで疲れてしまいました。そこで早々に隣りのレストランに逃げ込みましたが、8

月のフロリダとはいえおいしい「かき」とステーキにありつくことができました。深夜12時すぎにやっとそこから帰りのバスでホテルに帰り、翌朝はまた8時30分からのセッションに出ましたが、2日目午後は、九大・福田氏、九工大・増岡氏に合流させていただいて、ディズニーのSea WorldとWalt Disney Worldに出かけ休憩しました。西独のDr. OertelやUCLAのProf. Cattonという自然対流のメンバーが共に来ているのに出会い、期せずして、お互いの息抜きがわかりました。夜は東工大の森先生を囲んでホテルのラウンジで、英語の世界から解放された一時をすごすことができました。

第3日は午前中Open Forumで発表しました。はじめ申し込みは私一人でどうなることやらと思っていましたが、6人にふえ、5分から10分と思っていた発表時間も、一般講演と同じ20分になり、持参した数少ないスライドで間をもたせるのに苦労しました。聴衆も、20人以上になりなんとか格好のつくOpen Forumになりました。

3日目お昼はChurchill教授のJakob賞受賞講演で、30年にわたる熱伝達を中心とした研究の回顧談がありました。

午後は、まだいくつか興味のある発表が続きました。中でもFilmセッションでは、水蒸気爆発、非定常自然対流、球のまわりの流れの乱流化に音声を使ったものなど、みな流れの可視化のデモで、非常に面白く見ました。

一応これが全体的な印象ですが、今回の第一日目の午前中の自然対流のセッションは現在の閉鎖域内の自然対流研究の動向を示すものと思われまますので、以下にそれらの簡単な紹介を行ってみたいと思います。

Ostrachらは細長い二次元容器の鉛直壁加熱他方鉛直壁冷却の場合の粒子軌跡図を検討していますが、少し新味に欠けています。

Oertelは $1 \times 4 \times 10$ の長さ比を持つ矩形容器の下方加熱、上方冷却の水平ならびに傾斜した場合の干渉縞ならび等密度写真を提出し、また差分、ガラーキン法による三次元解析を行い、中央面内の密度分布を三次元的グラフィック表示していますが、流れの三次元性を表示する有効な手段の工夫が欠けていると思われました。

Viskantaらは水平面上部を放射加熱して成層化させ、かつ上面に水平風を与えて、せん断流を発生し、この時の液温分布を干渉縞写真で、流れをシュリーレンで提出しています。

Müllerらは $3.2 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \times 70 \text{ mm}$ の極く小さい鉛直槽の上下に温度差をつけた場合に発生するHele-Shaw流において、流動形態が周期変化して、流れの方向が交代するという面白い現象の干渉縞写真を出しています。シリコンオイルで周期80秒、 $Ra=5 \times 10^7$ という条件

です。

Eckert 教授は側壁の熱伝導とのカップリングの影響があるのではないかと質問しておられました。

Hoogendorn らは鉛直加熱壁を持つ矩形容器の二次元解析をアスペクト比を $1 \sim 18$ 、 $Ra = 10^4 \sim 10^6$ で行い、熱伝達速度の相関式を提出しています。次の Hoogendorn らのは、空気について、傾斜矩形容器内の流れの流速測定、流れ写真、流動形態の分類を行っています。

Wirty らはやはり傾斜矩形容器内の熱伝達速度の測定と二次元数値解析を行い、 Ra 数と傾斜角度の影響を調べています。(以上の三つのペーパーは私共が報告してきたことに矛盾しない結果を提出していることがわかり安心させられました。)

Kuehn らは鉛直加熱した背の高い流体層内の流れにおいて、壁の放射率が増加すれば、全体の熱伝達速度は増えるが、対流伝熱は減少すると報告しています。

Lauriat は二次元空間の一壁内の熱伝導と空間内の放射を共に考えた数値解析と熱抵抗解析法の比較を行うと共に、熱伝達速度の相関式をアスペクト比と Ra 数で出しています。

Otis らはシリンダー・ピストン空間系で、ピストンが周期運動した時、内部の気体の温度と容器壁との間の温度差で発生する自然対流について報告しています。

Powe らは球型タンク内に、球型、角型、円柱型の各加熱源があった時の環状部内の熱伝達速度の相関式を提出しています。

Boyd は水平円柱内に水平加熱角柱を置いた時の環状部内の流れを干渉縞で示し、局所 Nu 数の分布を報告しています。

Fukuda らは多孔質の傾斜環状空間内の自然対流の三次元数値解析で、金沢での伝熱シンボでの御発表とほぼ同じ内容のものです。

Astill らは二重球殻内の流れの数値解析で、 Pr 数を 0.7 から 5 まで、 Ra 数は 10^6 まで、半径比は 1.03 から 2 までで、 Nu 数の相関式を与えています。

Masuoka らは多孔二重球殻内の数値解析と実験で、今年の伝熱シンボ御発表とほぼ同じものでした。

以上ですが、いずれも秀れた成果で閉領域内の自然対流研究がこんなにも盛んになったことは驚くべきことでもあり、また、嬉しくも思いました。今後、機会があれば皆様方の本会議への御出席は歓迎されるものと思います。

表 1. 第 19 回アメリカ国内伝熱会議セッション名一覧

| セッション名 | セッション数 | セッション名 | セッション数 |
|---|--------|---|--------|
| Natural Convection | 5 | New Experimental Techniques | 1 |
| General Papers | 3 | Heat Transfer in Passive Solar Systems | 1 |
| LWR Safety Experimental and Analytical Modeling | 2 | Thermal Hydraulics of PWR and LMFBR | 1 |
| Heat Transfer in Non-Newtonian Systems | 1 | Steam Generator | 1 |
| Radiation in Energy Systems | 2 | Two-Phase Flow in Parallel Channels | 1 |
| Air Cooled Heat Exchangers | 4 | Conduction in Composite and Solid Materials | 1 |
| Non-Linear Heat Conduction | 1 | Process Heat Transfer | 1 |
| Coal Conversion Heat Transfer | 1 | Melting and Solidification Heat Transfer | 1 |
| Numerical Techniques in Heat Transfer | 2 | Heat Transfer and Fluid Mechanics | 1 |
| Heat Transfer in Radioactive Waste Handling | 2 | Films | 1 |
| Gas Turbine Heat Transfer | 1 | Geothermal Heat Transfer | 1 |
| | | Energy Management in Laser Systems | 1 |

<海外大学紹介>

チリに滞在して

関 信 弘(北大・工)

編集委員長の方から何か書く様にとの依頼をうけましたが、昨年チリに滞在した時の事を中心としても良いという事なので以下報告いたします。

日本を出国したのが昭和54年9月7日で、真直ぐにロスアンゼルスに飛び、そこよりプランインターナショナルのヴェノスノイレ行きに乗りかえてチリの首都のサンチャゴに着いたのは9月8日早朝であったと思います。

正味飛行時間にして22時間、飛行距離にして20,000キロメートルにも達し、乗換時間をいれると実に34時間ぶりに南半球の地球の裏側に着いた事になります。日本を発つときは未だ適当にむし暑い夏の終りでしたが、南半球は冬から春に移行する季節で、アンデスの高い山並にはまだ白い雪があり、春のもやと陽光にはえていかにも春らしい周辺のたたずまいでした。空港には私と一諸に仕事をするフレデリック講師はじめ機械工学科の数人の先生方が出迎えてくれました。旅装を解く暇もなく早速この地での研究協力の仕事にかかりました。チリ大学よりは1年越しの話で、主として太陽熱の有効利用に関係した問題の中でまずコレクター内の自然対流熱伝達を高レイレイ数まで求めるための実験をする事が私の任務でありました。ここで南米の伝熱研究について一言しますと、南米の伝熱は大体がアルゼンチンを中心として動いている様で、聞くところによると数年前ニューヨーク州立大学のアーバイン・ジュニア教授が南米各国を歴訪され、International Journal of Heat and Mass Transfer に投稿する様にすすめられたのですが、当時としては態勢がととのわず、そのかわりにJapanese Researchと同種のSouth American Researchを出すことに決めたという話を聞きました。未だVol.1ばかり出していない、内容は英西対訳の形で印刷され、主として設計々算に類する論文が多く、近くVol.2を出すべく準備しているところの様です。これも伝熱人口の少ないことに主たる原因がある訳ですが、最近南米各国より欧米に留学する人々が増加し、その刺激もあって漸く伝熱に対する関心が高まりつつあると言った方が実情の様です。チリでもこの様な情勢のもとにかつてのA(アルゼンチン)、B(ブラジル)、C(チリ)といわれた名譽にかけて若い人達がかかなりハッスルして研究に精を出しかけていると言えましょう。今のところチリ全体での伝熱研究者は20名位だということですが、

とも角にも発表会を開こうということで1981年の1月にチリで第1回伝熱シンポジウムを開催する運びになった事を滞在中聞きました。御承知の様に発展途上国の学問系列はかなりいりくんでおり、又かなり場あたりのであると言える様であって、機械工学科があるかと思えば国情には極めてそぐわない原子力工学科があつてみたり、宇宙工学科があつてみたり、電気の場合は電気工学科がなくていきなり電子工学科があつたりするなど如何なる背景でこの様な学科構成によるのかわかりませんが基礎的学科より新しい学科までを近代技術に対応して、適当に配列していると言ったところです。チリ大学には工学部というものはなく、理数学部として構成され機械工学科は理数学部の中核化学、地学などの理学系列の学科と一緒に所属しているのです。

ところでチリの中で最近熱工学が盛んになって来た理由はやはり世界的なエネルギー問題に対する関心の故であると思われまふ。石油の自給率が60%であるこの国でも世界的な化石燃料資源の枯渇を迎え、その温存にはかなり真剣で、南部パタゴニアの水力資源の開発には国家予算の多くのパーセントを使っているのも特徴的です。また北部アタカマ砂漠を中心としては地熱エネルギーの開発を進めるとともに強烈な太陽熱エネルギーによる製塩や農産物の乾燥貯蔵を試みるなど、乏しい財政の中で資源エネルギーの利用には官民あげて熱心な取り組み方をしているのに気がつきまふ。チリにおける伝熱研究はこうした背景の上に特に若い人達の間で気運が高まり私への招待になったのだと思ひます。

フレデリック講師とのコレクター内の熱移動に関する研究は装置をつくることから始められました。日本を立つ前には装置をつくる材料については余り心配はしていませんでしたので、実際に計画をすすめる段階で発展途上国における材料の不足というより材料選択の種類が少ないのはほんとうに閉口しました。電気ヒーターがない、ベークライトやアクリルなどの有機材料が乏しいか或いは高価であり、断熱材はグラスウール、ロックウールが多く、また測定計器についても十分ではありません。また工作技術が拙劣で精度が出ないなどのため工作工場もかなり困つらしく、結果としてかなり妙な装置が出来上つてしまいました。発展途上国で研究する困難さをつくづく思い知らされた様な気がしまふ。実験はこうしてどうやら有りあわせの材料を使ってスタート出来る様になったのですが、熱量あるいは熱損失を測定するためにはそれらの物性がわかる必要があり、結局プロジェクトは熱物性の測定へと拡大することになつてしまいました。例えばベークライトに似た材料があるが、それがどの位耐熱温度があり、またどれ位の熱伝導率があるかなど、あるいはその材料はどこのメーカーの製品であるかなど手がかりがなく当惑すること甚大でありました。手近かにあらゆる種類の材料があり、それらの物性も格段に整理されている日本での研究のし易さをこの時程感じた事はありませぬ。ともかくこうして実験装置のメドがつ

き始めた頃、初めは外野席にいて事の成行きを見守っていた先生方の幾人かがこのプロジェクトに積極的に加わる動きを見せて来ました。設備とて特別のものもないがらんとした大きな実験場（実験室という感覚ではない）でフレデリック講師と二人でござりやっていた場所が新入りの先生方で急に賑やかになったのもこの頃です。日本ならば学生の一同が先生を中心として実験に忙しく立ちまわるのでありますが、ここではネクタイをしめた先生方が腕まくりして装置製作にはげむという何となく気合いの入らない風景でありました。教育レベルが地区によって異なるこの国では、大学に入学後2年で教養試験をし、合格した者が大学の専攻コース（4年）に入り、それを修了した者が卒業論文をする（1年）仕組みになっているため、大学を卒業するために長年月を要することになり、結果として工学系の学士が比較的少ない現状であります。卒論の選択の仕方でも従来は熱関係は人気がなく、大抵の学生は上作や材料を選択する傾向がある事などは、この国の産業が依然として一次産業の域を出ない現状を考えれば無理からぬ様にも思います。もちろん熱屋の動く分野は無限にあるにはあるが、国民生活と産業のレベル自体が低いため、熱エネルギーのごとく少し高度の技術は割合粗末に片づけられているのが途上国の実情であると思います。しかしこうした低迷した技術風土に積極的な刺激を与えたのが産油国成金となったヴェネズエラの台頭の様に思います。ヴェネズエラは膨大な資金によって欧米の新技术をどんどん買い入れ国の近代化を計っていると聞かされましたが、こうした背景の上に従来南米第3位を誇ったチリがその面目にかけて新技术の導入に乗り出したのも当然の成行の様に思います。熱エネルギーを含めたエネルギー問題に国運をかける位の意気込みがこの国に感ぜられ、いつれにせよチリ政府がエネルギーの開発を最優先に進めているのは世界的なオイル危機とはいえ、正しい政策の進め方かも知れないと思つています。

帰国も近づいた11月末頃、サンチャゴより南方500キロメートルのところにあるコンセプション大学に招かれて講演を行うことになりました。

この地へは飛行機の便がなく鉄道が通っているだけであって、この鉄道には日本製の特急機関車（ディーゼル車）が走っていると聞かされたので楽しみにして乗りました。サンチャゴを出ると急に人家はまばらになり、また建物もひどく貧弱になつて行きました。しかも殆んど開拓されない平原がえんえんと続いて見られます。聞けばこの国が革命後完全な自由化政策をとっているため、原始的な農業技術では生産コストが輸入とたちうち出来ず、このため農業はかなり損な職業であるとの認識が一般的で、積極的にこれら未開の平原を開拓する意欲を農業従事者からなくしているのも実情の様に思います。サンチャゴを午後3時に発った汽車は曲りくねった道をかなり揺られながら進んで行きます。余りの揺れ方に一時は脱線するのではないかと思う程でありました。午後7

時頃にもなり太陽が澄んだ大気の中に真赤な残光をまぶしいばかりにまき散らしながら、列車の進行方向に沈んでいくのが見られました。乗ること約7時間ばかり列車は午後1.0時を一寸すぎた頃目的地に着きました。大学のクラブに案内され一夜をすごし、翌日大学に向いました。ここはスペイン系の人が多いサンチャゴと異なり、ドイツ系の人達の多い町だと聞いています。機械工学科の職員の名前を見てもドイツ系の多いのが特に目につきます。実験装置もチリ大学の場合よりは良く整備され、日本程ではないが、程々に必要な計測器や機械類が比較的良く整備されているのが目についたのが印象的です。若手の先生方の留学生も大抵がドイツで、議論の中味もチリ大学とは違つて一味格調があります。講演を終って宿に帰る道を徒歩であるいてみました。ここはサンチャゴの様に日中のギラギラした暑さもなく、かなりさわやかです。ここより南1,000キロメートルにあるプンタマレナスまではもちろんこれ位の大きさの市はありません。文字通り文化の果つる所です。日本人は二人おり、一人は若い女性、一人は年老いた男の方という事でした。何か夫々理由がありそうな気がしてこの地を去つたのを憶えています。約束の期限となつた12月の終りごろ、クリスマスを過ぎて私はサンチャゴのプダーウエル国際空港をあとにして機上の人となりました。この4ヶ月間に学内セミナーを16回開いたのですが、伝導、対流ふく射などにも増して一番関心を持たれたのが乾燥問題であつた事を思い出します。一般的に言えばかなり即効的な結果の出るプロジェクトに主として関心が集まる途上国の人達の気質や、研究員を経常的には持たず、物の不足の中でどうにかして研究成果を出したいと思つて苦闘している若手研究者の姿などが痛々しい程に思い出に残っております。

大分大学ソーラーハウス（サンシャイン計画） —施設と研究結果—

石 橋 英 一（大分大・工）

1. 緒 言

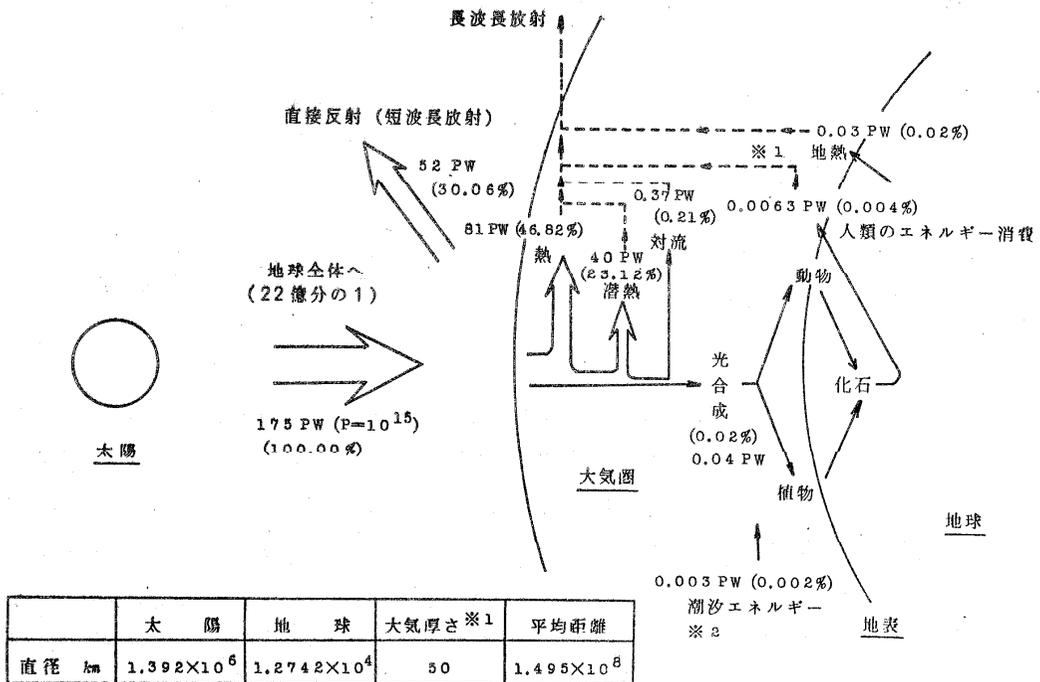
大分大学ソーラーハウスは昭和49年度に発足し現在進行中の通産省工業技術院「サンシャイン計画」の一部門である。大型建物の太陽熱による冷暖房および給湯システム」を工学的に実証するための大型実験装置である。建物は大学研究棟として文部省の費用により建設され、ソーラー機器および実験費は通産省の費用により賄われている。すなわち、大分大学ソーラーハウスは2省間に跨がった我が国では今迄にあまり例の無い大型プロジェクトとすることができる。このソーラーハウスはサンシャイン計画で予め定められた3年間の実験期間をあと一回の暖房実験を残すのみとなったが今迄の実験結果を総括すればほぼ順調な成果を揚げたとあって差し支えないようである。

本文では太陽エネルギーの有効利用に関する簡単な考察、施設概要および代表的実験結果を2回に分けて紹介することにする。

2. 太陽エネルギーの有効利用法

太陽エネルギーの有効利用法を述べる前に、背景となる太陽エネルギーの資源としての質(永続性)と量に簡単に触れてみよう。太陽の寿命は天文学者の推定によると短くても10億年以上であり、人類にとって無限の永続性を有すると言って差し支えない。その量に関しては、太陽常数(=1.353kw/m²)、太陽と地球の相関関係、等をもとにして計算すると図1の如くなり、大気表面での直接反射を考慮しても人類の総エネルギー消費の約20,000倍といった龐大な量が地球上に降り注いでいることになる。

このような太陽エネルギーの資源としての質および量の両面でのずば抜けた可能性は、数多くの太陽エネルギー利用の夢の源流となるものである。しかし、現実の姿をして、地上における太陽エネルギーはあまりにも稀薄で均等に満遍無く分布しており、さらに、地球の自転および公転による周期的変動に利用地点の気象現象がランダム変化として重畳されるため、地上における太陽エネ



※1 全大気質量の99.9%のところの大気厚さを示す。
 ※2 潮汐エネルギーおよび地熱は太陽エネルギーと直接関係はない。

図1. 地球上における太陽エネルギーの流れ

ルギ量は複雑に変化し、結果的に極めて使い勝手の悪いものになってしまう。従って、現在もとも大規模に成功した太陽エネルギー有効利用法として水力発電があげられる位で、この他に大規模、能動的な有効利用は行なわれていないと言っても過言でない。

つぎに、近い将来的に絞って太陽エネルギーの有効利用の予測、およびそれが国民総エネルギー消費に占める役割を明確にするため、我が国のエネルギー需給見通しの面から考察してみよう。表1は総合エネルギー調査会需給部会が昭和54年8月に策定公表した我が国のエネルギー需給暫定見通しである。¹⁾ この表からわかるように、昭和52年度実績として、我が国は国産エネルギーの約10倍の輸入エネルギーを消費していることになる。エネルギー資源別では石油が圧倒的に多く、総エネルギー消費の%を占めており、新エネルギーは僅か0.1%に過ぎない。10年後の昭和65年度に石油の占める割合を%から%に下げることが国際的にも取り決められており、そのための代替エネルギーとして石炭、LNG、原子力発電の利用拡大が推進されることになったのは衆知の通りである。

表1 我が国のエネルギー需給見通し

| エネルギー 省エネルギー 省エネルギー後の需要 | 52年度(1977) | | 60年度(1985) | | 65年度(1990) | | 70年度(1995) | |
|-------------------------------|-----------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|--|------------|--|
| | ×10 ⁸ kcal | 41.2 (100%) | 6.62 (161%) | 8.22 (200%) | 9.73 (236%) | | | |
| 省エネルギー率 | % | 0 | 1.21 | 1.48 | 1.71 | | | |
| 省エネルギー後の需要 | ×10 ⁸ kcal | 41.2 (100%) | 5.82 (141%) | 7.00 (170%) | 8.07 (196%) | | | |
| 国産エネルギー | ×10 ⁴ KW | 2,615 (4.8%) | 4,150 (4.7%) | 5,300 (4.6%) | 6,350 (4.6%) | | | |
| 水力(一般水力、揚水) | ×10 ⁴ kcal | 15 (0.0%) | 220 (0.4%) | 730 (1.0%) | 1,420 (1.8%) | | | |
| 地熱 | ×10 ⁴ kcal | 379 (0.9%) | 800 (1.4%) | 950 (1.4%) | 1,400 (1.7%) | | | |
| 石油、天然ガス | ×10 ⁴ t | 1,972 (3.2%) | 2,000 (2.5%) | 2,000 (2.0%) | 2,000 (1.8%) | | | |
| 石炭 | ×10 ⁴ kcal | 31 (0.1%) | 520 (0.9%) | 3850 (5.5%) | 6,100 (7.6%) | | | |
| 新エネルギー | ×10 ⁴ KW | 800 (2.0%) | 3,000 (6.7%) | 5,300 (10.9%) | 7,800 (14.3%) | | | |
| 原子力発電 ^{※1} | ×10 ⁴ t | 5,829 (11.6%) | 10,100 (13.6%) | 14,350 (15.6%) | 17,800 (16.5%) | | | |
| 石炭(一般炭含む) | ×10 ⁴ t | 839 (2.9%) | 2,900 (7.2%) | 4,500 (9.0%) | 5,000 (8.7%) | | | |
| LNG | ×10 ⁵ kcal | 307 (74.5%) | 366 (62.9%) | 366 (50.0%) | 366 (43.1%) | | | |
| 石油 | ×10 ⁸ kcal | 41.2 (100.0%) | 5.82 (100.0%) | 7.16 (100.0%) | 8.25 (100.0%) | | | |
| 合計 | ×10 ⁴ kcal | - | - | 1,600 | 1,800 | | | |
| 余 裕 | ×10 ⁴ kcal | - | - | - | - | | | |

※1) 韓国産エネルギーとも考えられるが、ウラン鉱は国内で産出しないので輸入エネルギーとした。

表 2 熱冷暖房および給湯の普及予想

| | 現 状 | 昭和60年度 | 昭和65年度 | 昭和70年度 |
|------------------|---|--|---|---|
| 給 湯 | 集熱器製造台数200 万台以上 現用中の集熱器70万 台以上 | 集熱器使用 390万軒(小型住宅) | 集熱器使用 700万軒(小型住宅) | |
| 暖房および給湯 | 55年度目標に実用化 技術を確立 | 冷暖房および給湯 30万軒 (小、中住宅) 2,500軒 (大型建物) 3,000(プラント) | 冷暖房および給湯 80万軒 (小、中住宅) 6,500軒 (大型建物) 19,000(プラント) | 冷暖房および給湯 1,000万軒 (小、中住宅) 12,500軒 (大型建物) 23,000(プラント) |
| 冷暖房および給湯 | 57年度目標に実用化 技術を確立 | 総合効果 石油換算 21万kl | 総合効果 石油換算520万kl | 総合効果 石油換算700万kl |
| 新エネルギー (表1の値) | | 石油換算 520万kl | 3,850万kl | 6,100万kl |

表3 太陽エネルギーの住宅および建物への利用法

| | 集熱温度 | 集光 | 追尾 | 蓄熱 | 備考 |
|-------------------|--------------------------------------|------|------|----|--|
| 給湯 | 約50℃ | 必要なし | 必要なし | 必要 | <p>経済性あり、大量普及期に入った。我が国で4,000軒以上(集熱器製造台数200万台以上、使用中のもの70万台以上)の実績あり。</p> <p>建物の断熱性を良くすれば、ソーラー側に技術的問題点はほとんど無く実用化可能。経済性ありの状態に近づいている。国、自治体の助成策実施中。我が国で約370軒の実績あり。</p> |
| 暖房および給湯 | 約50℃ | | | | |
| 冷暖房および給湯(ソーラーハウス) | 約50℃(暖房) 約90℃(冷房) | | | | 我が国で110軒の実績あり。 現在、経済性悪く近い将来技術。 |
| | 約50℃ ～60℃(暖房) 約90℃ 110℃(冷房) | | | | <p>作動流体は水、冷凍サイクルに臭化リチウム水溶液の濃度差利用。補助熱源は化石燃料。大型建物用</p> <p>ランキンサイクル方式で作動流体は水(間接加熱)または冷媒ガス(直接加熱)。冷凍サイクル12R-114, R-12, ランキンサイクルにR-113, R-114等を使用。二流体方式が多い。補助動力源はモータ。暖房時は太陽熱の直接利用およびヒートポンプ運転可能、小、中型住宅用</p> |

これに対して新エネルギーは、量的には上述の如く微々たる値であるが、伸び率 でみると昭和52年の0.1%から65年の5.5%へと著しい伸びを示している。これは新エネルギーの開発、実用化およびそれに伴う国家的規模での大量普及に寄せられている期待がいかに大きいものであるかを示すものである。この新エネルギーのなかには当然太陽エネルギーの有効利用が含まれている。具体的に、太陽熱冷暖房および給湯の普及予想は表2の如く策定されている。²⁾ すなわち、昭和65年度には太陽熱冷暖房および給湯によって石油換算520万klのエネルギー資源が我が国において有効活用されたことになる。この新エネルギーに占める割合は約13.5%、国民総エネルギー消費に占める割合は0.74%になる。

太陽エネルギーの有効利用に関しては、発電および将来とも大量普及の見込みのない特殊用途以外に、表3に示すごとく、太陽エネルギーを低温熱源に変換し、それを住宅および大型建物に利用することで注目される。

給湯は我が国ですでに4,000軒以上(集熱器製造台数200万台以上、うち現在使用中のもの70万台以上)の実用例があり、経済性もあり(太陽熱給湯装置の耐用期間内で装置購入費、運転費、維持費等の合計費用が普通の給湯装置に比べて安価になるという意味である。)、技術的な問題点は全くなく(大学等の研究機関で改めて研究テーマとして取り上げる必要はないという意味である。)、石油価格の上昇と共に加速度的大量普及の段階に達している。今後の課題として、集熱効率の向上、耐久性増大、コスト低減、デザイン面での工夫(家屋および周囲の環境と適合するように)等のソーラー機器個々に対するメーカーの努力の外に、各機器に対する日本工業規格の制定、検査法の確立、普及助勢策の実施等の国または自治体の施策確立、指導の強化が必要である。

暖房および給湯に関しても、住宅の断熱性を向上させた後(家屋新築時なら充分可能)給湯に比べて大型の集熱器を設置し、さらに必要容量の蓄熱槽を設置すれば良く技術的な問題点はほとんど無いといえる。

暖房および給湯を大別すると作動流体に水を使用する方式と空気を使用する方式の2種類になる。空気に較べて水の熱的性質が優れているため寒冷地を除けば水の方が有利であるが、水を使用した場合には凍結防止策が必要である。空気方式は集熱器を建物と一体化し、集熱器出口温風で室内暖房すると共に余分の熱量を地下の碎石式蓄熱器に蓄えるようになっているものが多い。この場合南向きの垂直壁への日射を循環空気に有効に取り入れるようにしたもの、壁自体を充分厚くして蓄熱体の役目をさせるもの(いわゆるパッシブ・ソーラー・システム)等がみられる。空気方式は凍結の心配はないが、給湯用には小型水ループを併設しなければならない。

太陽熱暖房および給湯は現在我が国で370軒の実施例がある。暖房および給湯の場合も、前述の給湯の場合と同様、装置自体の改良等機器メーカーの努力および規格制定、助勢策の実施等の国の普及努力が必要である。

特に経済的な面においても現時点で代替エネルギーとしてほぼ経済性ありと言いうる段階に達しており、代替した場合のエネルギー量も給湯に較べて大きいので国をあげての努力が必要である。米国では1978年に成立したエネルギー法案により太陽エネルギー利用装置に対する減税が実施されており⁴⁾、我が国においても充分とは言い難いが昭和55年度より税制・金融上の優遇措置が実施されている。

冷暖房および給湯は年間を通じて太陽エネルギーを有効利用できるもので本質的なソーラー・ハウスと称することができる。ソーラー・ハウスは前述の暖房および給湯の場合に比べて冷凍サイクル部が加わるため幾分高度の技術を必要とする。集熱器を出た温水によってLiBr(臭化リチウム)水溶液の濃度差サイクルを行なわせ、それによって水を冷媒とする冷凍機を作動させる方法、集熱器出口温水によってランキン・サイクル用作動流体を加熱し、ランキン・サイクル出力によって機械式冷凍機を駆動する方法、このランキン・サイクル方式において作動流体を直接集熱器によって加熱する方法等がある。また、ランキン・サイクル方式ではランキン・サイクル部と冷凍サイクル部の作動流体が同一のものおよび異なつたものが考えられるが、一般には後者の二流体方式が多い。

いずれの方法によっても、原理的には既知の複数技術の組合せであり、技術的には充分実現可能である。しかし、現在では経済性に難点があるため総合的にみて近い将来技術と格付けることが出来る。我が国においてはすでに110軒のソーラー・ハウスが各地で実証運転されており、それらのデータの積み重ねにより今後の技術進歩が期待される。具体的には、各機器の効率向上、システムの最適化ならびに簡素化、機器およびシステムのコスト低減、建物およびソーラー機器の一体化、デザイン面の改良と環境とのマッチング向上等の改良が必要である。また、我が国ではソーラー・ハウスに対しても上述の税制・金融上の優遇措置が適用されるが、今後の大量普及のためにはこのような助成策のより一層の拡大強化が望まれる。しかし、ソーラー・ハウスの経済性の問題はこのような技術改善、助成策等によって解決しうる性格のものではなく、主な外的要因として石油価格の変動があり、直接的に影響をうけることになる。すなわち、石油価格の増大はソーラー・ハウスの経済性成立を速めることになる。

3. 大分大学ソーラー・ハウス（施設）

3.1 概 要

昭和49年度より「サンシャイン計画」が発足し、その太陽エネルギー技術の一部門である「太陽熱冷暖房および給湯システム」の開発研究を民間企業3社（川崎重工業株式会社、鹿島建設株式会社および東洋熱工業株式会社）が受託した。大分大学は50年度新設のエネルギー工学科の研究棟をソーラー・ハウスとして一部改造後供用することにし、52年度後半よりこの開発研究に参加した。図2にサンシャイン計画における大分大学ソーラーハウスの占める位置を示す。

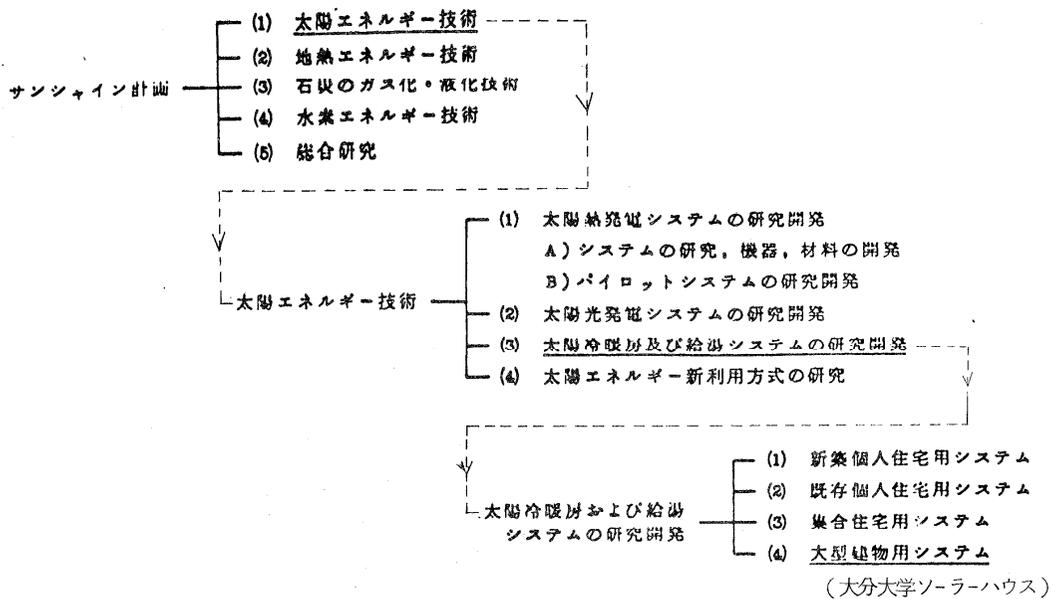


図2 サンシャイン計画における大分大学ソーラーハウスの占める位置

大分大学ソーラーハウスの研究開発進行状況を図るに示す。51年度末に建物が完成し、ソーラー機器は建物に適合する様に製造された後順次大分大学に搬入され、52年後半に現地据付けが完了した。引き続き暖房状態で試運転が行なわれ、全システム機能が所定条件を満していることを確認した。そして、53年度よりソーラー・ハウスとしての本格的実験が3社および大分大学によって開始され今日に到つてゐる。全実験が完了するのは昭和56年3月末日である。

大分大学ソーラー・ハウスの主要目を表4に示す。

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------------------|----------------|------------------------|-------|------|-------|--------|-------|--|----|----|----|------------|
| 三社(川重・鹿島・東芝) | システム | 全体計画 | 設計 | | | | | | | | | | |
| | 集熱装置 | 試作・調査 | 基礎実験 | 実験・評価 | 機器製造 | | | | | | | | |
| | 冷凍機 | | | | | | | | | | | | |
| | 蓄熱槽 | | | | | | | | | | | | |
| 搬入 | | | | | | | | | | | | | |
| 大分大学 | 建築 | | 予備設計 | 設計 | 建設 | | | | | | | | |
| | 運転および実験(三社および大学) | | | | | 掘付 | 試運転 | 冷① | 暖① | 冷② | 暖② | 冷③ | 暖③ |
| | 気象観測 | | | | | | | | | | | | |
| 備考 | | 計画発足 サンシャイン | 新設 エネルギー工学科 大分大学 | | | 研究棟完成 | 機器据付完了 | 試運転完了 | ※冷①は第1回目冷房運転実験を、暖①は第1回目暖房運転実験を示す。以下同じ。 | | | | 現在 研究完了 |

図3 大分大学ソーラーハウスの研究開発進行状況(昭和55年11月末現在)

| | | |
|----------|---|---|
| 所在地 | 大分市且野原700番地(北緯33°14', 東経131°37', 海拔53m) | |
| 建築物 | 名称 | 大分大学工学部エネルギー工学科 研究棟 |
| | 規模 | 研究棟: 鉄筋コンクリート3階建 延床面積 1682㎡ 機械棟: 鉄筋コンクリート2階建 延床面積 177㎡ 総床面積 1859㎡ |
| ソーラーシステム | 主要機器 | 集熱器(508㎡, 水平傾斜10°, 南向), 一重二重効用冷凍機(30USRT), 蓄熱槽(水, 45m×2基), 空調機, 補助ボイラ, 輻射天井およびファンコイル空調, 床暖房(1室), 冷却塔(冷凍機用, 過熱防止用各1台), 制御計測機器一式, 等 |
| | 空調状況 | 空調面積 居室940㎡ その他181㎡ 総空調面積 1121㎡(研究棟延床面積の87%) |

表4 大分大学ソーラーハウスの主要目

3.2 建 物

建物はエネルギー工学科の研究棟であり、国立大学施設として本来の目的である学生の教育および教官の研究が円滑に実施でき、さらにソーラー・ハウスとしての要求を満たす必要がある。図4に建物の断面図を示す。研究棟は鉄筋コンクリート3階建であり、1階の大部分は実験室で、

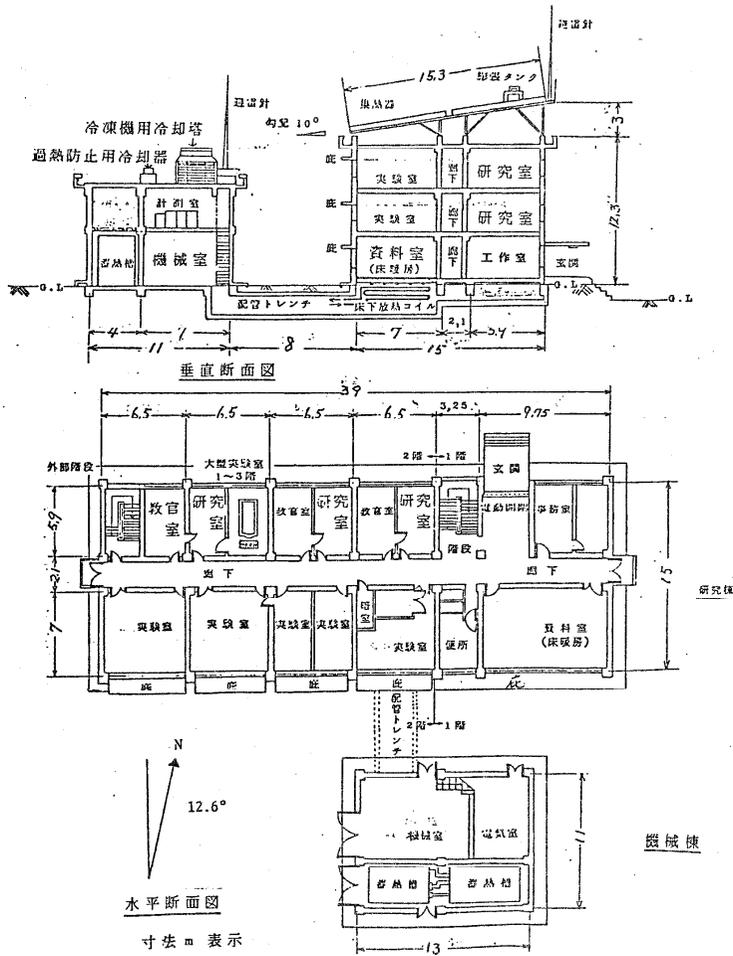


図4 大分大学ソーラーハウスの断面図

太陽熱冷暖房は適用されない。1階事務室および資料室と2階および3階の研究室、実験室、講義室等は輻射天井およびファンコイル・ユニットの単独使用または併用による太陽熱冷暖房ができるようになってきている(単独使用時、前者で100%負荷まで、後者で50%負荷まで使用可能)。特に資料室(1階、床面積63m²)は冬期に床暖房実験が単独または前記方式と併用して行なえるようになってきている。

輻射天井は空調時熱量のかなりの部分を輻射効果によって伝達しているが、残りは室内換気の

ため天井面より吹き出している空気によって補なわれている。この吹き出し空気は各部屋ドアのガラリ部より廊下に吸い出され、廊下を共通排気通路として空調機にもどる。このため結果的に廊下空間も空調されていることになる。

研究棟の窓面積率は南面壁で3.4%、建物全体で2.3%であり通常の大学研究棟に近い値を確保しており、開閉も可能である。窓部からの熱損失を少なくするため窒素封入ペアガラスを使用すると共に、窓上部には夏期の日射侵入防止のための庇が設けてある。建物東面壁の窓には夏季の朝日侵入を防止するため半透明ガラスが使用してあり、西面壁は無窓構造になっている。

建物の外壁には50mm厚さの発泡ポリスチレン断熱材が全面に封入してある。屋根上面には40mm厚さの発泡ポリスチレンおよび軽量コンクリート、下面には50mm厚さのグラスウールによる断熱工事が行なわれている。この様な断熱工事によって床面積あたりの冷暖房負荷は約80 Kcal/m²hにすることができ、これは通常設計の同様な規模の建物の約1/2に軽減されていることになる。⁶⁾この建物は完成後に施行された省エネルギー住宅の設計基準と指針⁷⁾に示されている開口部断熱性能および建物各部の熱通過率を充分満足している。

3.3 ソーラー・システム

図5に大分大学ソーラー・システムの系統図を示す。本ソーラー・システムは集熱器、吸収式二重二重効用組合せ冷凍機、蓄熱槽、空調機、補助熱源装置、計測および制御システム等よりなっている。

集熱器は長さ7.5m、幅1.86mの大型平板型で、南向き水平10°傾斜面上に40台(標準型34台、ハニカム型6台)設置し、有効集熱面積は508m²である。集熱板(巾100mm、長さ7.5m、厚さ0.3mm)および集熱管(内径5.5mm、肉厚0.4mm、長さ7.5m)は銅製で集熱面にはアクリル系耐熱黒色ペイントを塗装し、標準型集熱板上部は二重ガラス、ハニカム型は一重ガラス構造になっている。集熱器下部は厚さ50mmグラスウールおよび50mm発泡スチロールにより断熱工事が施してある。

ハニカム型は集熱板上部空気層の対流運動を抑制するため外径13.5mm、肉厚0.25mm、長さ65のガラス管を集熱器1台あたり約7300本挿入してある。標準型およびハニカム型集熱器は温水流路を分離して計測でき、両者の性能比較が即時に出来るようになっている。

集熱器は広範囲に変化する日射量に対応するため循環水ポンプ2台および電動絞り弁制御により5~100%の流量範囲の制御ができるようになっている。集熱器を出た温水は、気象変化に伴う急激な温度変化をサージタンク(内容積1.8m³)で平滑化された後、冷凍機に流入する。

吸収式冷凍機は臭化リチウム水溶液の濃度差を利用し、水を冷媒とする容量30USRT(=

9.0720 Kcal/h) の一重効用(太陽熱源単独)および二重効用(補助熱源単独)組合せ方式

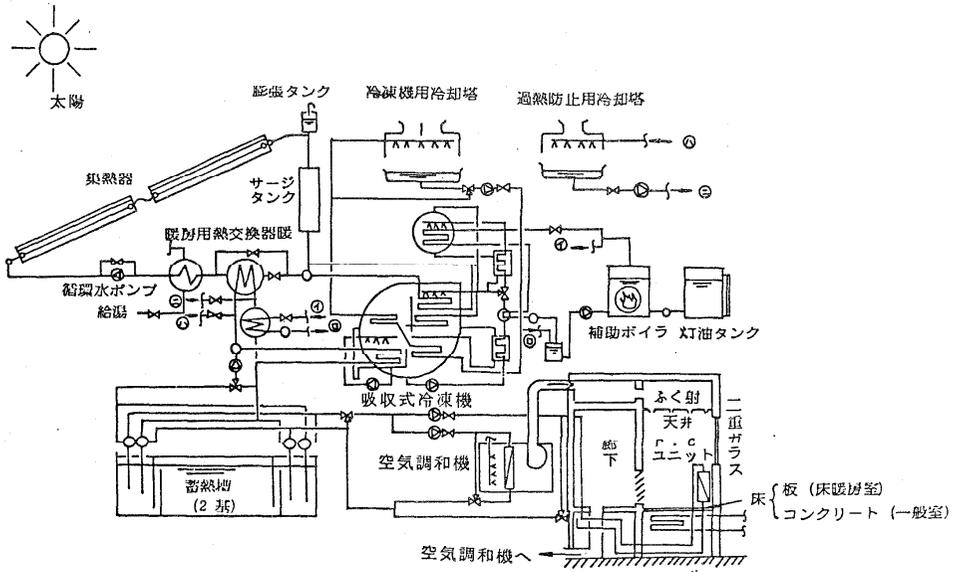


図5 大分大学ソーラーシステムの系統図

の小型冷凍機である。本冷凍機の一重効用時の計画条件は温水入口・出口温度 $8.5.0 / 7.7.5$ °C、冷水温度 $1.4.0 / 9.0$ °C、冷却水温度 $3.0.0 / 3.8.2$ °C、成績係数 0.65 であり、また二重効用時は蒸気圧力 2.0 atg で、成績係数は 1.0 である。⁸⁾

蓄熱槽は熱損失をなるべく少なくするため、冷暖房時外気温と蓄熱水の温度差が小さくなるよう夏は冷水 (10 °C)、冬は温水 (45 °C) 蓄熱を行なう。従って潜熱方式は採用できず、蓄熱材に水を使用している。蓄熱槽は2台で約90トンの水を使用し、死水域の生じない押し出し流れ型構造になっている。蓄熱槽底部は200mm厚さのグラスウール、側面は100mm厚さの硬質ウレタンフォームおよび25mm厚さのグラスウール、上面は100mm厚さの硬質ウレタンフォームで断熱を行なっている。⁹⁾

計測システムは長期計測システムおよび短期計測システムの2種類より成立っている。前者は

ソーラー機器の性能を100チャンネル(温度、流量などの瞬時出力51点;流量、熱量、などの積分値出力22点;予備27点)を使用して、瞬時値および30分毎の積算値をそれぞれ30分毎に年間を通じて連続計測し、磁気テープに収録している。後者は200チャンネル(瞬時出力175点、積分値出力1点、予備25点)を実験期間中の予め定められた期口に、通常は口中で5分毎、夜間は30分毎に計測するが、必要に応じて随時計測し紙テープに収録または必要に応じてフインプリンタによる印字を行なわせている。(次号につづく)

〔引用文献〕

- 1) 総合エネルギー調査会需給部会中間報告:長期エネルギー需給暫定見通し(昭54-8)。
- 2) ソーラーシステム振興協会: The Solar House in Japan (昭55-11)。
- 3) 武田:太陽エネルギー(学会誌)、6-3(1980)、30。
- 4) ソーラーシステム会報:1-2(1978)、2。
- 5) ソーラーシステム振興協会:昭和55年度ソーラーシステム普及促進融資関連事業事業計画(昭55-6)。
- 6) 吉和、他:燃料および燃焼(学会誌)、47-2(昭55-4)、287。
- 7) 省エネルギー住宅研究委員会:省エネルギー住宅の設計基準と指針(昭55-2)。
- 8) 大石、他:空調・衛生工学会講演論文集(1979-10)、5。
- 9) 清水、他:同上(1979-10)、9。



大分大学ソーラーハウス

境界が動く伝熱問題

齋藤 武雄(東北大・工)

1. まえがき

伝熱が行われている領域の境界が変化する現象は自然界の現象に数多くみられる。その典型例は水の凍結・融解などの相変化現象である。いま、水が凍る時を考えよう。かりに、最初、容器内の水の温度は 0°C であるとする。容器の壁の温度を氷点下にする。水が容器の壁から次第に成長を始め、とうとう中心部まで凍るのを観察することができる。

この時、凍結の最前線である界面は、予め与えられた通り動くのでもなければ、まったくでたために動くのでもない。すなわち、界面においてある関係が満たされるように進むのである。

通常の固定境界の伝熱問題と異なる点は、この点であって、上記の問題では界面の位置も解の一つとして求めることになる。

話は変わるが、社会の一員として生活をしている人の人生も一見フリーに渡っているように見えるが、実は、“運命”と呼ばれる界面を背負いながら、社会という領域の中のしがらみに取り巻かれている。また、国と国とが接する国境も長い歴史の中で、その時々国家間の勢力のバランスにより常に変動してきている。人と人との心の境界の動きも、これに含めれば、少しオーバーではあるが、宇宙の事象すべてこの問題に帰着できるのかも知れない。

この問題は境界が動くことに特徴があることから移動境界問題(Moving Boundary Problem: MBP と略)などと呼ばれ、凍結のほか金属の鑄造、沸騰における気泡の成長、液滴の蒸発、拡散火炎、油井近くの油の流れ、多孔質弾性体中の流れなど、対象となる分野は多岐に及んでいる。本稿ではこの問題について解り易く概説したい。なお、詳しく知りたい読者は筆者の最近の解説⁽¹⁾⁽²⁾を参照されたい。

2. この問題に属する主な現象

移動境界問題を大きく3つに別けると、(i)相変化を伴う問題、(ii)燃焼などの反応を伴う問題、(iii)その他、流体および弾性学などの問題に分類できる。代表的な現象をまとめて表1に示した。

このうち、主な現象および問題を以下に図で説明する。

表1 移動境界問題に属する主な現象

| 現象の例 | 備考(結合条件など) |
|-------------------------------|---|
| 1 水凍結および融解 | いずれも相変化を伴う問題で $\dot{R} = A \frac{\partial T_1}{\partial x} - B \frac{\partial T_2}{\partial x}$ の形の結合条件をもつ。 |
| 2 液滴の蒸発および凝縮 | |
| 3 金属の凝固および溶融 | |
| 4 宇宙船の大気圏突入時のアブレーション | |
| 5 過熱液体中の気泡の成長および崩壊 | |
| 6 Burke-Schumann 拡散火炎 | 相変化を伴わない問題 |
| 7 高速化学反応を伴うガス吸着 | $\frac{\partial Y_1}{\partial x} = A \frac{\partial Y_2}{\partial x}$ の形の結合条件をもつ。 |
| 8 油井近傍の石油の流れ (Karplus の問題) | 基礎式が楕円型 |
| 9 多孔質弾性体中の流体の浸透 | 弾性学との複合問題 |
| 10 組織中の酸素および乳酸の拡散 | |
| 11 その他、昇華、再結晶、キャビテーション気泡の崩壊など | |

2.1 水の凍結および融解

MBPの最初の研究は、水の凍結・融解に対して1860年頃Neumannによって行われたことが知られている。この30年後には、彼と独立にStefanが数編の論文を書いている。

図1には、円筒容器中の水の凍結を示す。水の凍結では潜熱が大きく、いわゆる準定常的取り扱いが有効である。

2.2 液滴の蒸発および凝縮

伝熱と物質移動が複合した問題である単一液滴の蒸発の例を図2に示した。蒸発過程は、また燃焼の律速過程としても重要である。液滴径が小さくなると球対称の仮定が有効であるが、直径1mm程度でも下向き自然対流の影響が大きい。

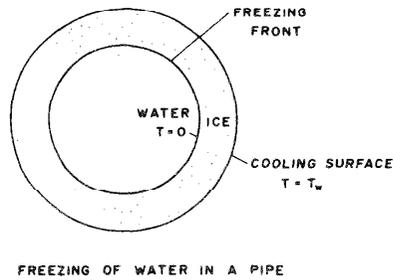
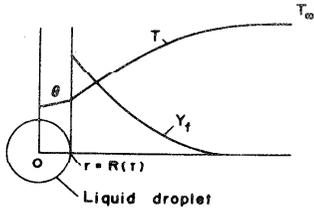


図1. 水の凍結



VAPORIZATION OF A DROPLET

図2 液滴の蒸発

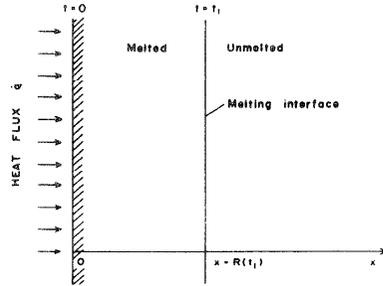


図3 金属の溶融

2.3. 金属の凝固および溶融

金属の連続鋳造のモデルを図3に示す。

金属では、とくに凝固過程により製品の品質が決まるので、伝熱問題が重要となっている。

2.4. 宇宙船のアブレーション

これはアポロ計画に先立ち、1950年代に多く研究された問題で、空力加熱から宇宙船を保護するためアブレーション冷却を利用している。激み点付近の材料の厚さを厚くとってある。(図4)

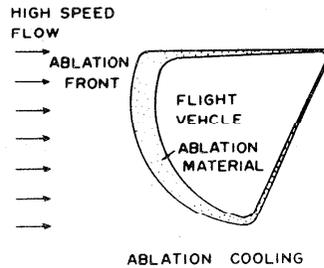


図4 宇宙船のアブレーション冷却

2.5. 気泡の成長および崩壊

沸騰に代表される加熱液体中の気泡の成長崩壊の問題(図5)とキャピテーションにおける気泡の発生・崩壊の問題が知られている。前者は伝熱支配、後者は慣性支配の現象の例である。

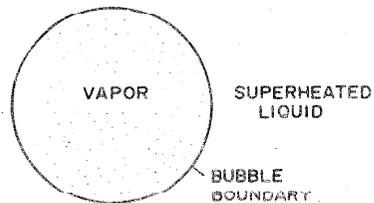


図5 過熱液体中の気泡の成長・崩壊

2.6. ローソクの炎などの拡散火炎

ローソク(図6)やガスライターの

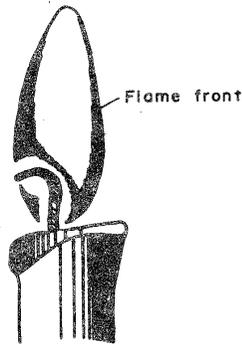


図6 ローソクの炎などの拡散火炎

炎の輪郭（火炎面）は、燃料と酸素の供給が丁度理論比になるようなところに形成される。1928年、BurkeとSchumannが初めてこの拡散が律速である火炎の理論を打ち立てた。

2.7 高速化学反応を伴うガス吸着
(図7)

これは、Danckwertzらにより解かれた問題で2.6の拡散火炎の問題と類似している。

2.8 油井まわりの石油の流れ(図8)

地下水帯を下層に有するオイルサンドに油井を掘ると地下水が円錐状に隆起することが、1956年Karplusにより見出された。この界面に楕円型の方程式を解いて求められた。

2.9 多孔質弾性体中の流体の浸透
(図9)

これは、弾性問題で多孔質弾性体中の

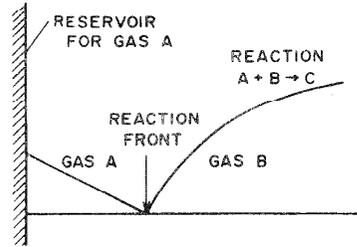


図7 高速化学反応を伴うガス吸着

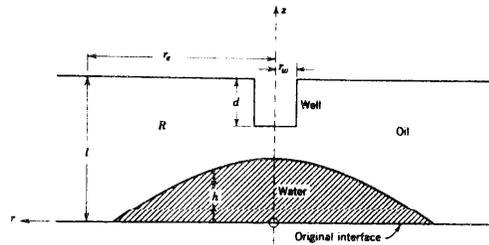
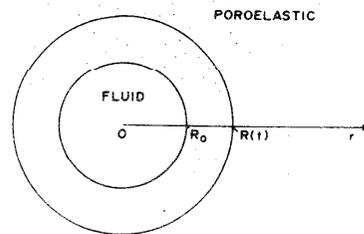


図8 油井近傍の石油の流れ



PROBLEM IN POROELASTIC BODY INCLUDING A CAVITY FILLED WITH FLUID

図9 応力場における多孔質弾性体中の流体の浸透

キャピティに含まれる流体が応力場において周囲に浸透する問題である。

2.10 その他

組織中の酸素および乳酸の拡散、昇華、再結晶の問題などがある。

気象に関連するものでは落下雨滴の氷結、雲の生成・消滅などがあり、広義では、台風の目の移動もMBPとして捉えることができよう。

3. 解法の歴史

MBPに対する種々の解法について年代を追って簡単に説明する。以後紹介するように1つの問題に対し、これ程多くの異なるアプローチがなされている点は、類例を見ないものである。

3.1 Neumann 解と Stefan 解

文献に現われた最初の研究に1890年頃のStefanのものであるが、のちになって、これより30年も前に、既にNeumannがWien大学の講義の中でStefanが解いた問題よりもっと一般的な問題の解を示していたことが判つた。Neumannの解というのは半無限領域に対する一次元凍結問題の解のことで、いわゆる相似解を指している。奇妙なことにNeumannから120年も経過するが、厳密解はこれ以外に知られていない。

Stefan解は、初期水温が凍結温度に等しい場合の解で、Neumann解に含まれる。

3.2 Burke・Schumannの研究

MBPの研究者にはあまり知られていないがMBPの歴史を論ずるとき忘れてはならない解法としてBurkeとSchumannが行った解法がある。1928年、彼等は円筒拡散火炎の問題に対し、ユニークな方法を導入し解をえた。すなわち、界面(この場合は火炎面)において燃料と酸素の濃度勾配を等置することにより、問題を单相場に帰着している。

この研究は、また燃焼学分野で拡散火炎の最初の本格的な理論的研究としても有名である。最近になって、この方法が等勾配接続法として筆者により多次元問題へ拡張された。

3.3 Lightfootの研究

凍結の潜熱を移動熱源(Moving heat source)として扱い、解を通常の初期および境界条件を有する熱伝導問題の解と、象限内の線熱源を有する問題の解との和として求める方法が、Lightfootにより研究された。近年になって、Rathjen・JijiやBudhia, Kreithらにより2次元領域のコーナー部の凍結の問題に拡張された。この方法に似た方法にBoleyの方法がある。

3.4 解の存在と一意性

1940年代後半から1960年代始めにかけて、MBPは、数学者の関心を集めた。とくに、解の存在と一意性について数多くの論文が出された。また、一次元単相問題の解は、単調であること、二相問題では必ずしも単調にならないことなどが証明されている。

上学的見地から言えば、解の存在および一意性は、実験によって検証できるので問題にならないことが多い。

3.5 近似解法

近似解法としては、Evans らの級数展開法、LockらのStefan数による摂動法およびGoodman, Poots および庄司によるプロフィール法などがある。また、水の凍結などのように潜熱が大きい場合には、準定常近似が良く用いられる。

3.6 固定格子法

格子点を固定し、凍結界面の移動を追跡する方法で最もプリミティブな方法と言える。

1次元問題ではMurray - Landis II法がこれにあたる。一般に界面付近の取り扱いが複雑になるという欠点がある。

多次元問題に対してはSpringer・OlsonおよびLazaridisにより拡張された。

3.7 エンタルピ法

凍結などのように潜熱が介在する問題では、この潜熱を物性値の変化の中に含めてしまえば単相の温度場とすることができるから、問題が極めて容易になる。古くはEyles らおよびBaxterの研究があるが、本格的には最近になって片山・服部およびShamsunder・Sparrowにより研究された。

この方法の特徴は、(i)潜熱集中型の問題のみでなく畜肉・魚肉、ぶどう糖水溶液、合金あるいは高分子化合物を対象にした潜熱分散型の問題にも適用できる。(ii)複雑な界面形状を有する問題にも適用できる優れた利点がある。

3.8 等角写像法

金属の連続鋳造過程に対する等角写像法による解析がKroeger・Ostrachにより行われている。この場合は、凝固界面は図10のように定常となる。この方法は界面を単位円に写像するユニークな方法ではあるが、界面が非定常の場合への拡張が難しいことや境界面の形状を任意に選べないなどの欠点がある。

3.9 等温線移動法

相変化の場合、界面で温度が一定であることを利用した巧みな方法に等温線移動法(Isothermal migration method)がある。独立変数として温度を採用することにより境界条件

が固定され問題がシンプルになる。しかし、逆にこれが足かせとなつて、境界面温度が一定の場合しか取り扱えないという致命的欠点がある。

3.1.0 境界固定法

相変化の有無に拘らず、また、液（気）相側の自然（強制）対流も考慮できる、より一般的な多次元MBPの解析法に境界法に境界固定法（Boundary fixing method）がある。これは、座標変換（Landau 変換）を行って界面および境界面の双方を固定化する方法であつて、この点では、等温線移動法と似ている。

矩形領域に対する計算結果の一例を図11に示す。

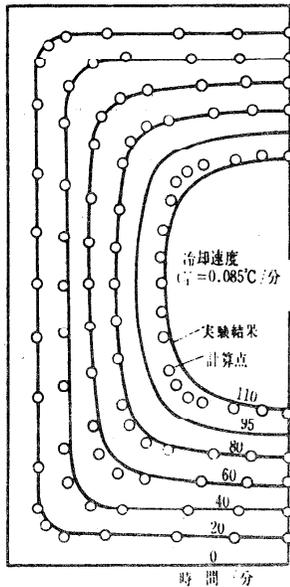


図11 正方形（一辺7.9 cm）領域の水の凍結に対する計算結果および実験結果の比較

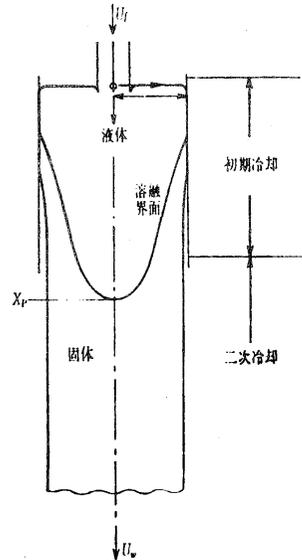


図10. 連続鋳造モデル

3.1.1 緩和法

基礎式を4階の楕円型の式に変換したのちに解く方法であるが、今はあまり用いられない。

3.1.2 Monte Carlo法

将来の有望な解法の1つにMonte Carlo法が挙げられる。これまで紹介した方法のほとんどは、偏微分方程式を出発点としており、流れが重畳する場合などは非線形のため非常に厳しい計算の動的不安定が発生する。これに対しこの確率的方法は、本質的に安定であるという優れた性質を有する。しかし、これまでのところ流れを含む多次元問題への適用がなされていない。

3.1.3 有限要素法

差分法と並ぶ有力な数値計算法である有限要素法 (F E M) が近年になつて M B P へ適用された。 F E M の適用の利点は、境界面形状が任意に取れる点であるが、本質的問題である界面の処理などについては、むしろ、かえって困難になるようである。

4. 潜熱蓄熱などの複合問題への応用

近年の石油危機と中東情勢不安による深刻なエネルギー需給の問題への対応策の一つとして、自然界のバランスを崩さないクリーンなエネルギー源である太陽エネルギーの利用が注目されているが、この太陽エネルギーの最大の欠点である間欠性および希薄性を補うため潜熱蓄熱法が最近にわかに脚光を浴びるようになった。

ここでは、複合問題の例として、静水中の水平冷円柱まわりの 2 次元凍結の問題と、水平管カプセル内の潜熱蓄熱問題の解析例を示す。

図 12 には、外径 40 mm の水平円柱 (表面温度は -12.4°C) まわりの 2 次元凍結問題に対する計算結果を実線で、実験結果を○印で示した。この問題は、氷の中の熱伝導と界面における相変化、さらに液相内の自然対流が複合する複雑な問題となっている。

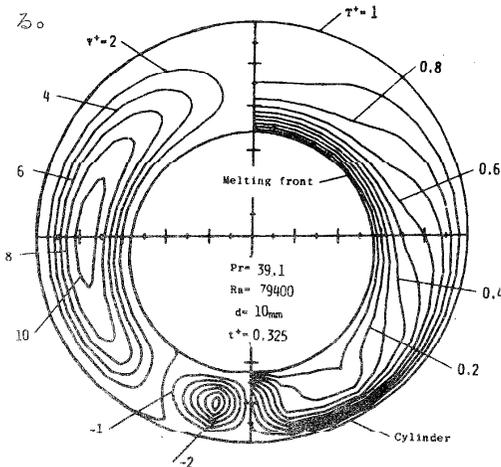


図 13 水平円管カプセル内の潜熱蓄熱過程の計算結果 (PCM は n-octadecane)

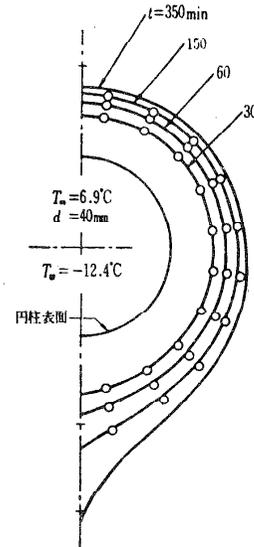


図 12 水平円柱まわりの 2 次元凍結の計算結果 (実線) および実験結果 (○印)

次に、図 13 には、カプセル内の潜熱蓄熱問題の例として、水平円管内の n-octadecane を用いた蓄熱過程の時刻約 2 分における

る流線と等温線を示す。融点は28℃、管壁温度は50℃として計算してある。

実際の相変化物質(PCM)は、この例のようにPrandtl数が大きいことと、現象が本質的に非正常であることのため、数値解析は相当困難である。

5. あとがき

研究トピックスの原稿の依頼を受けてから随分、時間が経ってしまった。その間、ずっと稿をねっていた訳ではなく、忙しさを理由にサボっていたというのが正しい。こうして書き終つてみると、あまり面白いトピックスではないような気がしてならない。読者諸賢の叱正をお願いしたい。

最後に、この移動境界問題を約15年間(大学院時代から数えて)研究して、人の人生との類似点を見つけたので参考までに別表にして比較しておく。

表2 人生と移動境界問題

| 移動境界問題 | 人 生 |
|-------------------------------------|--------------|
| 移動境界 (界面) | 運 命 |
| その挙動は予め与えられない。 | 人の運命はわからない。 |
| 解を求める | 人生を送る。 |
| 領域と境界条件 | 世の中、世間 |
| 解は単調 (1次元单相のとき Friedmanの証明あり) | 人生はあと戻りできない。 |

〈参考文献〉

1. 斎藤武雄 凍結問題解法の近年の進展(I)、冷凍、55、636(1980)
P. 875
2. 斎藤武雄 凍結問題解法の近年の進展(II)、冷凍、55、637(1980)
P. 1005

伝熱研究におけるエレクトロニクス技術 —— 計測回路の考え方 ——

玉野 和保・北山正文（広島工大・工）

このたび研究トピックスか入門講座に執筆の依頼を受け実際のところ恐縮しております。筆者の研究しております事はどちらかと言えば技術性が強く本会の中心的な分野から見ればやや特異な存在ではないかと考えております。従いましてトピックスとまでなり難く、しかも浅学ゆえ講座として皆様の前に披露できる程でもなく、むしろ本誌を汚すことになるのではと案じている次第です。恐らく筆者がエレクトロニクスを専門としていて伝熱の分野に関連している特異性を買っていていただき現在行っている研究の紹介の機会を計っていただいたのではないかと考えております。

従ってご厚意に甘えさせていただくこととして僭越ながら入門講座の場をお借りして今までの筆者の研究とそれを進めるにあたりいろいろ考えてきた事をまとめ計測技法の一つの考え方として2回にわたって紹介させていただきます。第1回は計測技術の一般論とアナログ信号の処理技術の考え方について述べさせていただきます、次回は最近の進展著しいマイクロプロセッサを使ったデジタル技術の考え方と状況を紹介させていただく予定です。最近の計測技術は種々の技術開発の急激な進展にともなって著しく発展しており筆者もついていくのがやっとの思いですので記述に遅れた点また誤認している点多々あるかとは思いますが皆様方のご批判をいただければ幸いです。

1. ハンドメイドかオーダーメイドか

測定装置には既製の装置を組合せたシステムコンポーネントスタイルとハンドメイドスタイルがあるように思われる。既製の装置の“システムコンポ”では個々の装置は単一あるいは多機能を持つ一つのブラックボックスとみなされ、測定系として見るときこれらは単体としてでなく組合わさった全体としての機能性能が問題となる。この方式は組合わせるというハードウェアのプログラミングによって様々の機能を作り出すことができる。最近では5～6年前の大型電算機の性能にひけをとらないパーソナルコンピュータも出廻っており、測定器のコンパクト化多機能高精度化と合わせて小規模なシステムでも相当の機能を持っているようである。既製の装置のシステムコンポはこのような優れた点もあるが大型にすると相当の費用がかかり、故障するとメーカーに依

頼しなければならず、この場合費用や時間がかかる問題が生じる。また簡単な測定をする場合にはちょっとした原理の装置であっても高くつく物もあり、ある意味では無駄になることも多い。

一方、ハンドメイドスタイルは自作の強みで故障しても気軽に修理ができ、時間もかからず費用もわずかですむ。しかも、システム変更をするにしても装置の相当中まで手を加えることができる利点がある。

ハンドメイドの場合一般にあまり複雑で高性能な装置は作れないように思われがちであるが、確かに品質管理が充分できないことから信頼性にはやや欠ける面もあるが、最近の電子部品などの集積度耐久性のすばらしい向上と技術のノウハウの高度化によって既製の装置を越える性能の物も少なくない。むしろ必要な機能のみ付加できることから考えれば無駄も少なく経済的とも言える。しかし問題もない訳でなく、ハンドメイドでシステムを作るには専門の知識や技術を要し、また一から作り出すため、場合によってはかなりの時間を要することもある。ハンドメイドかオーダーメイドかと言うことになると場合場合で使いわけ、ある部分はハンドメイドで他の部分はオーダーメイドでという形にして組上げることが推賞される。つづまるところ時間と費用とのバランス次第である。ただ人は楽を望む傾向があり、費用がないのに既製の品を求め、研究費の少ないことを嘆いたり研究費があるから装置を買うということになりがちであり、またハンドメイドがつまらないもののように思われることがあるが、決してそのようなものではなく、むしろ大いに役に立つと思っている。既製の装置の組上げにしても、信号のカップリングや、ちょっとした変換に自作が必要になることも多い。今日の様に研究の早いテンポの展開に応じるにはハンドメイドは時代遅れの面もあるが以上のような事を考えるとある程度の技術は持っておく必要があると思っている。

本講座ではこのような点を考えて自作に際して留意すべきことをかい摘まんで述べてみたいと思う。

2. 信号の電気的つかみ方・あつかい方

計測は現象の一つの認識行為であると言われる。¹⁾ 認識するには現象の代表値である情報を取り出す検出操作と、得られた情報を人間が認識できるように変換加工する処理操作が必要になる。二つの操作はそれぞれ異なったもののように思われるが、検出は現象と装置との、また処理は装置と人間とのインターフェースとして立場が異なるだけで、基本的にはいずれも情報の変換操作である。

2・1 トランスデューサとセンサ

検出装置には一般に現象と物質の相互作用に基づく物性変化を利用するセンサと現象から諸法則に基づき直接情報を取り出すトランスデューサがある。センサについては詳細な解説書もあり^{2)～5)} ここでの紹介は省略する。

物質は本来まわりの環境と一体と考えることができ、大なり小なり環境が変化すれば物性も変化すると考えられるからどの様な物もセンサになり得ると言える。しかし、取扱いの点や得られる情報の質と量を考慮すると、測定に適するものはそう多くないようである。

一方トランスデューサはある法則によって現象の変化を検出するものであるから、その法則が適用できる対象ならどのようなものでも同一原理の検出器を作ることができ、また法則を組合せて新しい原理を作り出すことも可能であるから種類は豊富である。

筆者は水に気泡が分散した系の気泡速度やボイド比の測定法を開発しているが、⁶⁾⁷⁾原理は水と気体の電気伝導が異なることに基づいて気相の存在を電気信号に変換しているのであって対象は必ずしも水-空気だけでなく電気伝導の異なる2種の物体であれば同様の方式の適用が可能である。また本原理によって気体時間率として気相の容積が推定されるだけでなく、電気伝導の2値の遷移過程から気泡速度が求められるなど、一つの原理を発展させることによって様々な情報を得ることもできる。

トランスデューサとセンサを組合せればさらにコンパクトで実験能率のよい検出装置を実現することも可能である。圧力測定で圧力を変位に変えストレインゲージを使って電気信号に変えるトランスデューサはこの一つの例である。

2・2 トランスデューサの機能

トランスデューサは図1に示すように変位や圧力などの機械的な情報、電圧電流などの電磁気的な情報、温度や熱量などの熱的な情報、そして光度や照度などの光学的な情報を含めた放射線に関する情報の自己あるいは相互の変換が基礎になっていると見ることができる。⁸⁾これらの情報はどれも得失がありその時代の技術とニーズによって中心となるものがある。機械的な情報は他の情報が充分理解されていなかった時代には中心的存在になっており、今日の技術の基盤を作ってきたが、現在では19世紀の終り頃から発展してきた電気技術と入れ代わっている。機械的な情報は単純さ確実さや認識しやすい点で優れた面を持っているが、多くの情報をコンパクトにまとめて迅速に処理する上からは電磁気的な情報に勝ることができない。

今後のことを考えると次の中心は光学的情報であろうと思っている。光学的情報は電磁気情報よりはるかに多い情報を処理することができ、電気のような短絡の恐れもないことから非常にコンパクトな装置にすることができる利点がある。しかし現在では処理に使われる素子の種類が少なくまた取扱いに問題があるものも多いことから、電磁気的な情報に取って代わるまでには時間はかかりそうである。このように考えるとトランスデューサとしては当分の間電磁気

的な情報にもってけるような方法を考えるのが有利なようである。以下電磁気的情報を中心とした考え方を述べる。

トランスデューサは情報の流れが単純であることが望ましい。複雑な流れには装置の不安定さあるいは不確定さが累積し、系全体の不安定さが増加したり得られる情報の質が低下しがちである。電磁気的情報にもっていくのがいくら有利であっても、系が複雑になるのであればわざわざ電磁気的な情報に変換しない方が良いこともある。

2・3 情報の検出法

次にトランスデューサ、センサからの情報の取出し方について考えてみる。検出部からの情報の発生は能動的なものと受動的なものに大別できる。⁹⁾ 能動的検出法は現象からのエネルギーを情報として取出す方式で、等価的に定電流源または定電圧源を持っている。受動的検出法は検出側から起動させて情報を得る方式で、等価的には抵抗のような比例要素、積分要素および微分要素の単独あるいは組合わさった性質を持っている。

能動的検出法の適用にあたっては、対象からのエネルギーが処理するに充分であることが条件となる。電磁気量の場合、電圧電流としては μV 、 nA 程度までが限界で、それ以下の量を取出すためには相当技術を要すようである。その点受動的検出法は検出側に起動源があり、しかも受動要素の測定法は豊富であることから、微小な値から相当高い値まで広い範囲にわたって検出できる特徴がある。

一例として筆者の開発した液滴粒径の測定法^{10)~12)}を取上げてみる。本測定法は図2に示すように、静電的に導体とみなせる微小球体はその粒径によって定まる大地間静電容量を持つことに注目し、それを一定電位の電極に接触させて帯電するときの充電電流から測定することによって、逆に粒径を求める原理に基づいている。この場合対象となる導体球は粒径が数 $10\ \mu\text{m}$ で、静電容量としては $10^{-3}\ \text{pF}$ 程度の非常に小さな値を測定することになる。静電容量の測定は一般に数 pF が下限であり、このような $10^{-3}\ \text{pF}$ の値を直接測定することは不可能に近いが、一旦静電容量に応じて電荷を蓄えさせるようにすると、電荷の移動が電流として観測できるから測定可能となる。例えば、 $10^{-3}\ \text{pF}$ のコンデンサ(粒径が $18\ \mu\text{m}$ の液滴の静電容量に対応)を $10\ \mu\text{s}$ (導線および探針電極の大地間静電容量 C_0 と充電電流測定用抵抗 R_0 の積)の間に $100\ \text{V}$ まで充電すると $10^{-2}\ \mu\text{A}$ を最大値とする指数減衰電流が現われる。これを $100\ \text{k}\Omega$ (R_0 の値)の抵抗に流すと $1\ \text{mV}$ を最大値とする電圧信号が得られる。 $1\ \text{mV}$ は増幅しなくてもシンクロスコープなどで充分観測できる値である。このように充放電による方法を使えば相当微小な静電容量も測定が可能であり、微小静電容量の測定法として同様な原理

に基づく方法が良く使われている。^{13) 14)}

2・4 アナログ的方法かデジタル的方法か

検出操作は更にアナログ的方法とデジタル的方法に分けることができる。アナログ的方法は、測定量が連続的に得られその大きさが問題となることを基本とする方法で、熱電対やストレーンゲージなどはこれに含まれる。一方デジタル的方法は符号が測定値となる方法で、例として、抵抗の高低の2値の出現間隔を情報とする気液2相流のボイド比測定法などがある。

アナログとデジタルの得失はいくつかあげることができるが、アナログは連続的に情報が得られる反面基準点の変動であるドリフトや外乱に弱く誤差を生じやすい性質があること、デジタルはこの逆であることなどが代表的なものと言える。いずれの方法を選ぶかは次の処理の仕方によることが多いが情報の得やすさにもよる。アナログ方式でもパルス的に値が得られる方法、例えば前述の静電容量の測定法や交流あるいは振動によって情報を離散的に得る方法などは、デジタル法に近くドリフトや外乱に強い性能を持たすことができる。いつれにしてもできる限り外乱に強く確実に精度よく、しかも後の処理がしやすい方法を志向するのが得策であろう。

2・5 検出された情報の処理

処理操作は検出操作のハードウェアに対しソフトウェアと見ることができる。検出操作は情報を得る技術が問題になるが、処理操作では得られた情報を加工する方法が問題になる。

処理の方式は扱う情報の形式によってアナログ処理とデジタル処理に分けられる。アナログ処理には信号の大きさを増幅減衰させるための線形処理、信号を離散化したり部分的な量のみを取出す非線形処理、信号の変化を加工するフィルタ操作、そして信号の伝送を遅らせたりホールドする記憶処理がある。線形処理には単に増幅減衰だけでなく、装置の互の干渉を防ぐための緩衝、ならびに電圧を電流に、電流を電圧に1対1に対応させるような信号の変換操作がある。アナログ処理は記憶処理を除いて一般に4端子回路として表わされ、処理機能は4つの要素の選び方で種々に変えることができる。従ってアナログ処理はスルーとストア（またはディレー）の二つに区分できるかも知れない。

デジタル処理には装置相互の干渉の防止のための緩衝処理、規則に従って符号の結合を行なう演算処理、そして符号を蓄える記憶処理がある。

またアナログとデジタルの情報の互の対応のためのいわゆるA/D、D/A変換処理がある。A/D、D/A変換というとすぐに電算機のインターフェースが連想されるが、計測回路としてみればFM送受信器の周波数-電圧、電圧-周波数変換もこの変換処理の一つに含める

こともできこの変換の種類は多い。

アナログとデジタルの得失については前に述べたが、製作保守などの点を考えるとデジタルの方が有利なことが多い。デジタル装置は2進数の場合スイッチの集合とみることができ、スイッチの組合せの仕方でも演算ができるから、一見複雑であっても実際はかなり単純である。しかも、そのスイッチの組合せを別のスイッチで操作する、いわゆるプログラミングと呼ばれる外部からの符号による操作ができるため、装置構成は一層コンパクトにできる。アナログ装置は一見単純であるが処理はデジタル程多くはできない。むしろ少ない情報を安定に処理するための安定化高帯域化線形化などの付加回路が多く、処理情報量に対してかなり複雑になりがちである。しかし複雑な演算をする場合、例えば微積分方程式や三角方程式などを解くような系を組入れるときは、アナログ装置で実現した方がコンパクトで迅速である。またかつては高級な演算用増幅器であったオペレーショナル・アンプ(OP Amp)が、今や昔のトランジスタより小さくなりしかも安価に入手できるようになったことや、更にFM受信器などのように相当部品を要す回路が数mm平方になり、これらの数個でかなりの回路を作ることができる程大規模回路のIC化が進んでいることを考えると、アナログで処理するのが良いこともある。いずれの方式で処理するかは処理内容を充分分析してから決めるのが得策である。

3. 信号の取出し方あれこれ

検出操作には情報を導く回路が必要になる。ここでは処理する点からでなく、センサおよびトランスデューサの一部として情報を取出す上での回路技術について述べてみる。

3・1 検出回路の方式

情報の検出のための回路(検出回路)は図3に示すように偏位法と差動法に分けられるようである。偏位法は信号の大きさに対応する別の量に変換する方法で、抵抗を測るのに電流を流しその両端の電圧値で値を得る方法はこの一つの例である。差動法は対象からの情報と同じ情報を与え両者の差をなくするようにして測定する方法で、対象となる量が入って来たことによって受けた変化量を何らかの方法によって打ち消すようにした時のその量から対象の量を求める補償法と、基準となる量を対象となる量と置き換えてみて差がなくなるようになった時の基準量から対象量を求める置換法、そして検出側で用意した量と対象となる量の差が常になくなるように帰還をかけその帰還量より対象量を求める零位法がある。⁹⁾ これらの実際に使用されている回路は数多く紹介されているので紙面の都合から割愛させていただく。¹⁵⁾

3・2 検出方式の選定

実際に使用する上からは、上述の方式の選択が問題になる。結論から言えば、経験から偏位

法が無難であると言える。差動法は微小な変化分だけを取り出すことができることから高い感度を持たすことができるが、回路は比較的複雑になりやすい。また零位法のように検出量の差で帰還をかける方式は帰還回路の追従性が問題となり、系の安定性を考慮しなければならない場合が多い。更に、感度が高いことから方法によっては外乱に弱いこともあり、技術的な面から意外に期待する程性能が得られないこともある。この点偏位法は精度が上がらないようであるが、上述のような問題が少ないことからかえってコンパクトでスムーズな測定ができることが多い。筆者が開発した前述のボイド速度測定法や弱電解液中で形成したイオンシースをトレーサとする微小流速測定法¹⁶⁾¹⁷⁾は、流体の抵抗変化を探針の抵抗変化として検出するのであるが、その抵抗を偏位法の一つである電圧降下法で検出するのに対し、ブリッジによる差動法を勧められたこともある。流速測定の場合探針に流す電流には交流を使用するが、ブリッジを使うと位相と振幅の両方の平衡をとらなければならない。すると不平衡分がなかなか消えず、むしろブリッジを使わないで変化しない不要部分を適当量除去しただけの方法が簡単である。ボイド速度測定については直流を使用するが、幸いにも液相と気相との抵抗差が非常に大きいことから、ブリッジまで使わなくても処理に十分な信号が得られる理由から偏位法で検出している。

偏位法は、連続的に検出信号の大きさをそのまま扱おうとすると、ドリフトや感度で差動法に劣る。しかし信号の変化していない部分を適当量除去し必要な部分だけを取り出したり、過渡現象や大小2値間の遷移を利用して不連続に情報を取出すなど、差動的な方法や離散的な方法を組めば先程の様な欠点は相当改善できるようである。

3・3 検出回路に組込まれる素子

検出回路の考え方は別にして信号の処理素子の特性や機能を利用した方法もある。電気ではトランジスタ(FETを含む)やOP Amp またはリニアICが使われる。例えば温度制御によく見られる回路であるが、図4に示すようなサーミスタを使ったトランジスタ回路がある。¹⁸⁾この回路で破線で囲んだ部分は R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 とTHで作るブリッジで、b-e間に現われる不平衡分をトランジスタ Tr_1 で増幅し、Cから出力する原理に基づいている。この場合 R_4 がなければ単なる電流帰還型のトランジスタ増幅器である。すなわち、トランジスタ増幅回路の一部に抵抗を一つ入れるだけで、ブリッジ増幅回路による抵抗変化検出回路になった訳で面白いアイデアである。トランジスタやリニアICは定電流源や機能を持った能動素子であり、その特性を利用すれば様々の効率の良い検出法を作り出すことができる。

4. 信号の料理法

検出した信号は、前述の様に増幅や波形整形などの処理をして、最終的に人間に認識できるような形に表示される。処理にはアナログとデジタルの二つの処理があることは先に述べたが、デジタル処理技法については次回で詳しく紹介する予定である。

4・1 アナログ方式

アナログ回路はトランジスタとリニア I C の結合によって作られるが、これらの素子は今日大体において役割があり、それによっての使い分けができてきているようである。

トランジスタはかつては様々な回路の主演であったが、今はその多くの部分がリニア I C に取換えられている。回路の設計においては、目的とする処理機能をいかにして実現するかということも重要であるが、素子そのものをいかに安定に効率よく駆動するかということも問題になる。トランジスタは素子そのものは非常にシンプルであるが、その反面望むような機能を持つ回路に組入れる場合には、そのまわりに付ける部分が多く、複雑になる。トランジスタを使った回路は、機能を持たすための回路とトランジスタの駆動回路が重なり合い、一方を変えると他方も変化し、両者のバランスを取るのが非常にむずかしいことも少なくない。従って、回路の設計にはかなりの技術を要し、一般に回路はむづかしいものというイメージができてきているように思う。この点リニア I C は回路の機能的な部分と駆動部分とが分離できることが多く、設計は非常に楽である。例えば、OP Amp は帰還をかけることで様々な機能を作り出せる素子であるが、この場合わずかの抵抗やコンデンサの結合ですむことが多く、しかも駆動回路は電源に直接接続するだけで良いことから回路は非常にシンプルにすることができる。このような点から多くの回路がリニア I C に取換えられたようである。トランジスタは今日では電圧電流の制御やリレーの駆動用として、または電圧電流相互間の変換や回路同志のインピーダンスの変換などの緩衝用として使われている。すなわち単なる電圧あるいは電流制御型定電流源としてしかみなされず、外付けの回路として抵抗が1個か2個程度の簡単な回路になるような所だけに使われる。

回路の設計法や具体的な回路例については他の書物^{19)~24)}に譲りここでは省略させていただく。リニア I C は本来効率よく最適な状態で働かすにはかなりの技術を必要とするが、計測回路としてはあまりそのような事を気にせず気楽な気持ちで使っても充分期待した性能が得られるようである。エレキ屋としては太いいろいろな所に使っていただきたいと思っている。

(次号につづく)

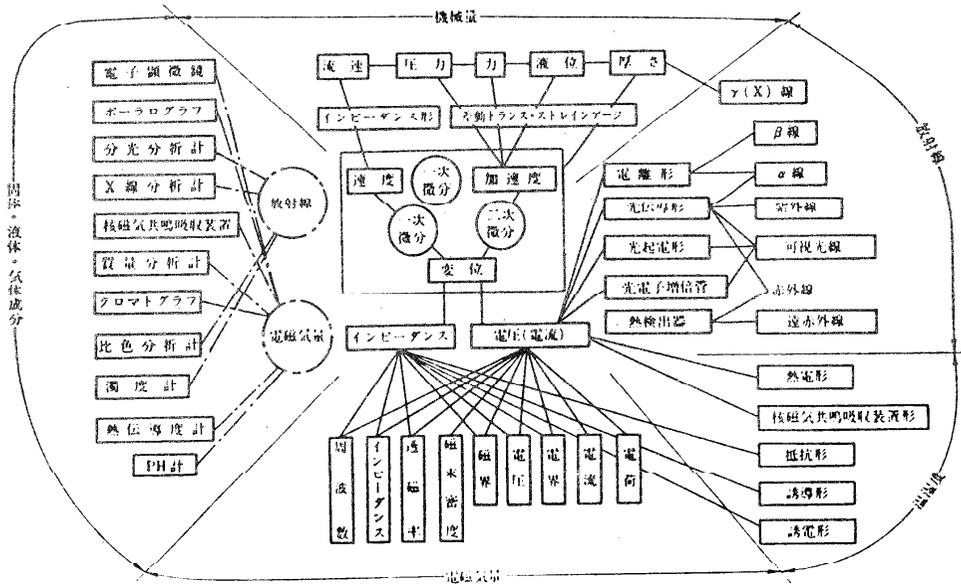


図1 トランスデューサにおける情報の相互関係

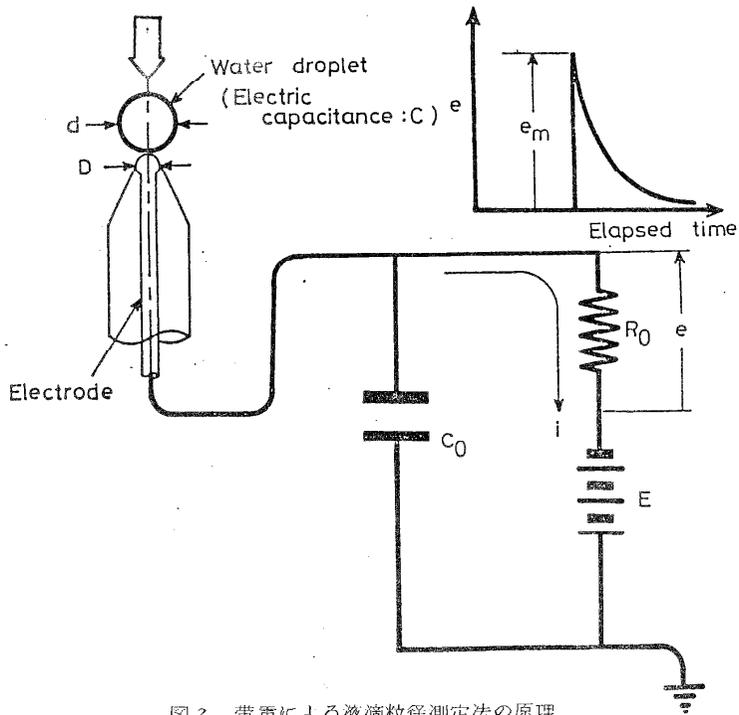


図2 帯電による液滴粒径測定法の原理

| | 偏置法 | 差動法 | | |
|------|-----|-----|-----|-----|
| | | 補償法 | 置換法 | 零位法 |
| 質量測定 | | | | |
| 抵抗測定 | | | | |
| 電圧測定 | | | | |

図3 検出回路の方式

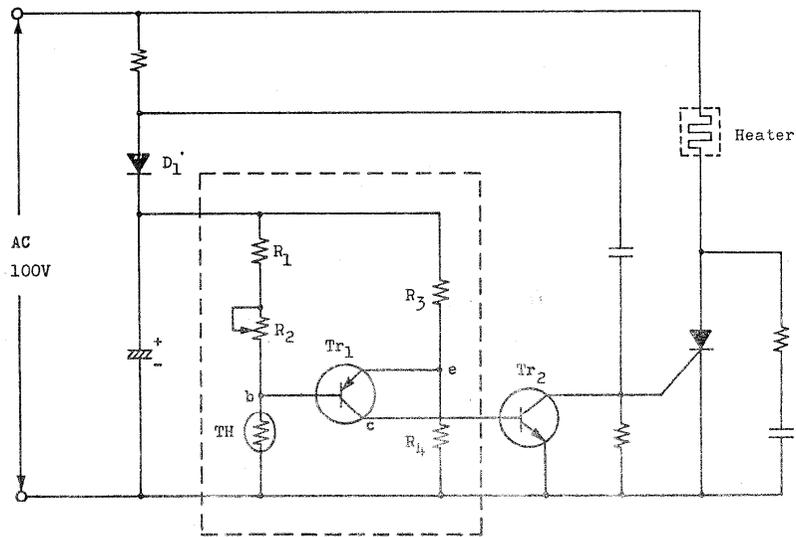


図4 簡易温度制御回路

参 考 文 献

- 1) 土井;計測と制御、15(1)、31~33(1976)
- 2) 阿部、木下;計測回路(朝倉書店)81~91(1980)
- 3) 森村;計測と制御、12(1)、16~26(1973)
- 4) 高橋;センサ技術入門(工業調査会)
- 5) 小林他;トランジスタ技術(CQ出版)2月号、171~255(1979)
- 6) Kitayama ;J.Nucl. Sci. Tech.,9(10)、613~617(1972)
- 7) 砂田、北山;日本原子力学会誌、22(6)、401~406(1980)
- 8) 阿部、木下;計測回路(朝倉書店)83(1980)
- 9) *idem.*; *ibid.*、72(1980)
- 10) 玉野;第17回日本伝熱シンポジウム講演論文集、B207(1980)
- 11) *idem.*;第14回化学工学協会秋季大会要旨集、I107、I108(1980)
- 12) *idem.*;化学工学協会論文集(投稿中)
- 13) Sauter ; Forsch. Geb. Ingw、279(1926)
- 14) 橋本、足立;静電気とその工業への応用(東京電機大学出版社)8(1973)
- 15) 例えば、美咲;電子応用計測(学献社)(1980)
- 16) 玉野、北山;計測自動制御学会論文集、11(4)、469~472(1975)
- 17) 玉野、砂田、北山; *ibid.*、15(2)、273~274(1979)
- 18) トランジスタ技術(CQ出版)7月号、91(1970)
- 19) 柳沢;IC応用ハンドブック(照見堂)(1977)
- 20) 岡村;OPアンプ回路の設計(CQ出版)(1973)
- 21) 電子展望編;最近オペアンプ活用技術(誠文堂新光社)(1973)
- 22) トランジスタ技術(CQ出版)2月号(1977)
- 23) *ibid.*、10月号(1979)
- 24) *ibid.*、3月号(1980)

<学会紹介>

日米伝熱セミナー報告

棚 沢 一 郎 (東大生研)

『昭和36年、池田首相・ケネディ大統領会談の結果、日米の研究者間の学術に関する協力をいっそう推進するために、両国政府間に「科学協力に関する日米委員会」が設置され、同委員会の勧告に基づいて日米科学協力事業が発足した。日本学術振興会は、日本側実施機関として、米国側実施機関である National Science Foundation と連携してこの事業の実施にあたっている。(中略)

セミナーは、日米両国の研究者が自国ですで行なっている研究について共同して討議等を行なうことにより、研究をいっそう発展させ成果をうることを目的とする。』

上の文章は、ちょうど手元に回覧されてきた、日本学術振興会の各種事業についての募集要綱から抜萃したものである。その中の一つである日米セミナー(年間約20件と要綱には書かれている)の昭和55年度分の一つとして、昨年の9月29日から10月2日の4日間、エネルギー問題に関する伝熱(Heat Transfer in Energy Problems)セミナーが東京で開かれた。

出席者は、公式・非公式を含めて、米国側13名、日本側57名であった。紙数の関係で米国側の出席者名のみを列挙すると次のようになる。

Dr. W. Aung, Prof. R. J. Goldstein, Prof. E. R. Lady, Prof. N. Li or,
Prof. W. M. Rohsenow, Dr. F. W. Staub, Dr. B. K. H. Sun,
Prof. C-L. Tien, Prof. R. Viskanta, Dr. D. L. Vrabie,
Prof. R. L. Webb, Prof. J. W. Westwater, Prof. W-J. Yang

このセミナーでは、いくつかのテーマごとに日米各1~2名ずつのスピーカーがそれぞれの研究(あるいは自国の研究の展望)について30分程度話をし、その後討論を行なうという形式がとられたが、最終日にはやや広汎な分野についてのラウンド・テーブル・ディスカッションも行なわれた。これらの内容については、ここで一つ一つ紹介する余裕がないので、代わりに別掲のプログラムを見ていただくことにしたい。概して、日本側発表者は自分の研究について比較的深

くて狭い話をし、米国側発表者は展望講演的に広くて浅い話をしていた。

4日間の短い会期中に2度のパーティがあり、出席者どうしかなり打ちとけた雰囲気の中にセミナーは進行し、日米研究者間の親睦を深めるという点では大変効果のあがった集まりであったと思う。しかし、お互いの研究について白熱の議論がたたかわされ、その中から将来の発展に対するイメージが浮び上がってくるという具合には運ばなかった、言い換えれば、セミナーの本来の在り方からみると若干盛り上りに欠けるきらいがあった、と感じたのは恐らく筆者ばかりではあるまい。これは何よりも言葉の問題であり、今回のセミナーのみならず、過去の何回かの国際的研究集会においても度々感じられたことである。今後こういった機会はいつそうふえるものと思われるが、不幸にして言語についてはいわば僻地住民である我々が、国際社会において正当な評価をうるためにも、この辺で何らかの言語対策を講じる必要があるのではないかというのが筆者の卒直な感想である。

「附記：日米伝熱セミナー論文集の残部を日本伝熱研究会に寄附していただきました。御希望の方には実費でおわけしております。詳しくは58ページを御覧下さい。」

SESSION PROGRAM

SEPT. 29 MON.

OPENING CEREMONY: 15:00 - 15:10

OPENING REMARKS:
Y. Katto (University of Tokyo)

WELCOME ADDRESS:
T. Mizushima (Kyoto University)

PRESENT STATUS OF HEAT TRANSFER RESEARCH: 15:10 - 17:00

CO-CHAIRMEN:
T. Sato (Kyoto University)
Wen-Jei Yang (University of Michigan)

JAPANESE PRESENT STATUS OF RESEARCH ON HEAT TRANSFER IN ENERGY PROBLEMS
T. Mizushima

HEAT TRANSFER RESEARCH IN THE UNITED STATES
W. Aung

SEPT. 30 TUE.

HIGH-TEMPERATURE HEAT TRANSFER - BASIC PHENOMENA (1): 9:00 - 10:30

CO-CHAIRMEN:
T. Sato (Kyoto University)
C. L. Tien (University of California)

HEAT TRANSFER IN HIGH-TEMPERATURE GAS TURBINES: FILM COOLING AND IMPINGEMENT COOLING
R. J. Goldstein

STUDIES OF FULL-COVERAGE FILM COOLING
M. Hirata, N. Kasagi and M. Kumada

- Coffee Break -

HIGH-TEMPERATURE HEAT TRANSFER - BASIC PHENOMENA (2): 10:45 - 12:15

CO-CHAIRMEN:
R. Viskanta (Purdue University)
S. Hasegawa (Kyushu University)

RADIATION [U.S.A]
C. L. Tien and S. C. Lee

RADIATIVE PROPERTIES OF METALS AND ALLOYS AT HIGH TEMPERATURE
T. Kunitomo

- Lunch -

HIGH-FLUX HEAT TRANSFER - BASIC PHENOMENA (1): 13:30 - 15:15

CO-CHAIRMEN:
K. Nishikawa (Kyushu University)
F. W. Staub (General Electric Research Institute)

NEEDED RESEARCH IN BOILING HEAT TRANSFER
W. M. Rohsenow

TOWARD THE SYSTEMATIC UNDERSTANDING OF CHF OF FORCED CONVECTION BOILING
[CASE OF UNIFORMLY HEATED ROUND TUBES]
Y. Katto

CRITICAL HEAT FLUX CONDITION IN HIGH QUALITY BOILING SYSTEMS
T. Ueda

- Coffee Break -

HIGH-FLUX HEAT TRANSFER - BASIC PHENOMENA (2): 15:30 - 17:15

CO-CHAIRMEN:

B. K. H. Sun (Electric Power Research Institute)
M. Hirata (University of Tokyo)

CONDENSATION

J. W. Westwater

HEAT TRANSFER CHARACTERISTICS OF EVAPORATION OF A LIQUID DROPLET ON HEATED SURFACES
I. Michiyoshi and K. Makino

A STUDY OF METAL VAPOUR CONDENSATION

R. Ishiguro, K. Sugiyama and T. Hisamatsu

OCT. 1 WED.

HIGH-PERFORMANCE HEAT TRANSFER SURFACE (1): 9:00 - 10:30

CO-CHAIRMEN:

N. Isshiki (Tokyo Institute of Technology)
R. L. Webb (Pennsylvania State University)

HIGH PERFORMANCE SURFACES FOR NON BOILING HEAT TRANSFER

I. Tanasawa

HIGH-PERFORMANCE HEAT TRANSFER SURFACES - SINGLE PHASE FLOW

W-J. Yang

- Coffee Break -

HIGH-PERFORMANCE HEAT TRANSFER SURFACE (2): 10:45 - 12:15

CO-CHAIRMEN:

J. W. Westwater (University of Illinois)
I. Michiyoshi (Kyoto University)

AUGMENTATION OF NUCLEATE BOILING HEAT TRANSFER BY PREPARED SURFACES

K. Nishikawa and T. Ito

HIGH PERFORMANCE HEAT TRANSFER SURFACES FOR BOILING AND CONDENSATION

R. L. Webb

- Lunch -

HIGH-FLUX HEAT TRANSFER - APPLICATIONS: 13:30 - 15:00

CO-CHAIRMEN:

T. Kunitomo (Kyoto University)
D. L. Vrabie (General Atomic Company)

HIGH FLUX HEAT TRANSFER IN GASEOUS SOLID SUSPENSION FLOW

S. Hasegawa and R. Echigo

HIGH FLUX HEAT TRANSFER - APPLICATIONS TO POWER AND PROPULSION SYSTEMS

F. W. Staub

- Coffee Break -

HIGH-TEMPERATURE HEAT TRANSFER - APPLICATIONS: 15:15 - 17:00

CO-CHAIRMEN:

N. Lior (University of Pennsylvania)
S. Aoki (Tokyo Institute of Technology)

DESIGN, CONSTRUCTION AND OPERATION EXPERIENCE OF HE-HE INTERMEDIATE HEAT EXCHANGER

J. Yamaga, H. Ukikusa, T. Nakanishi, T. Nakada, M. Itoh and K. Watanabe

HIGH TEMPERATURE HEAT EXCHANGE - NUCLEAR PROCESS HEAT APPLICATIONS

D. L. Vrabie

HIGH-TEMPERATURE HEAT TRANSFER - APPLICATIONS

B. K. H. Sun

OCT. 2 THU

NOVEL HEAT TRANSFER TECHNIQUES FOR ENERGY UTILIZATION, HEAT STORAGE AND RECOVERY:

9:00 - 10:30

CO-CHAIRMEN:

I. Tanasawa (University of Tokyo)
E. R. Lady (University of Michigan)

HEAT TRANSFER CONSIDERATIONS IN THE USE OF NEW ENERGY RESOURCES
N. Lior, H. Ozoe, P. Chao, G. F. Jones and S. W. Churchill

HEAT TRANSFER IN THERMO CHEMICAL ENERGY CONVERSION SYSTEM UTILIZING AQUEOUS
SOLUTION OF INORGANIC SALTS

N. Isshiki, I. Nikai and J. Kamoshida

- Coffee Break -

HEAT TRANSFER IN NON-CONVENTIONAL ENERGY (POWER AND PROPULSION) SYSTEMS:

10:45 - 12:15

CO-CHAIRMEN:

R. J. Goldstein (University of Minnesota)
R. Ishiguro (Hokkaido University)

HEAT TRANSFER PROBLEMS IN SOME ADVANCED POWER SYSTEMS

R. Viskanta

HIGH-PERFORMANCE MIST COOLED CONDENSER FOR GEOTHERMAL BINARY CYCLE PLANTS

Y. Mori and W. Nakayama

- Lunch -

ROUND-TABLE DISCUSSION: 13:30 - 15:30

CO-CHAIRMEN:

Y. Mori (Tokyo Institute of Technology)
W. M. Rohsenow (Massachusetts Institute of Technology)

PANELISTS:

S. Aoki (Tokyo Institute of Technology)
E. R. Lady (University of Michigan)
E. Nishiyama (Mitsubishi Electric Corporation)
T. Sato (Kyoto University)
B. K. H. Sun (Electric Power Research Institute)
H. Tsuji (University of Tokyo)
R. Viskanta (Purdue University)
R. L. Webb (Pennsylvania State University)

- Coffee Break -

CLOSING: 15:45 - 16:15

CO-CHAIRMEN:

W. Aung (National Science Foundation)
Y. Katto (University of Tokyo)

SUMMARY OF THE SEMINAR

W-J Yang (University of Michigan)

SUMMARY AND CLOSING ADDRESS

T. Mizushima (Kyoto University)

第1回日本熱物性シンポジウムの開催経過

長 島 昭 (慶 大 工)

去る11月25-26日に、第1回日本熱物性シンポジウムが東京で開催された。米国とヨーロッパでは何年も前から交互に開かれているが、熱物性値の会議を日本でもスタートさせることができたのは嬉しいことであった。

八方破れともいえる企画が成功にたどりつけたのは、関係された方々の熱意のおかげであり、準備経過も多少ユニークであったように思う。記録あるいはご参考のために、河村編集長のご依頼のままに、事務局担当の立場から小文を書かせて頂くことにする。

発端 昭和54年6月の伝熱シンポジウムの際に、北大の関信弘先生が、日本でも米国のように熱物性シンポジウムを開けないものだろうか、といidaされた。ASTMの大会などでのご見聞や、カナダのDr. Mirkovich から手紙が来たりしたのが動機だとのことであった。因みに熱物性値について最も熱心な国はこれまでは米国とソ連であり、米国では早くから熱物性シンポジウム、熱伝導率会議、熱膨張率シンポジウムなどが定期的に行われ、データセンターもいくつもある。一方、現在世界中で発表される熱物性値の実験データの約半分はソ連で発表され、ソ連の科学技術担当副首相は熱物性値の専門家であった(サハロフ事件で先日辞任したが)。日本の科学技術が世界のトップにたてば、この地味な分野も盛んになる時もあるだろうと筆者も考えてはいたが、関先生のいわれる今がその時にあたるのかどうか、日本のポテンシャルが十分あるのかどうか、迷わざるを得なかった。おそらく、相談を受けた他の先生方も迷われたのではなかろうか。しかし、事を積極的な方向へ踏みきらせたのは、東工大の片山先生の「なんとかなるんじゃないですか。ともかく、やってみましょうよ」という一言であった。

シンポジウムの考え方 そこで9月頃(昭和54年)から、芝浦工科大学長の藤井正一先生、静岡大学の小林清志先生、東人の棚沢一郎先生にご相談し、さらに飯田嘉宏先生、前園明氏、岡樹生氏、大場立夫氏、その他の方にもご相談したところ、非常に積極的なご賛同を得た。そして次のような方針がまとまった。

すなわち、エネルギー問題が大きな問題となっている現在、新エネルギー開発にも、省エネルギーにも、あるいはその他の広い分野でも、熱物性値情報の必要性がこれまでに高まっている。したがって、熱物性シンポジウムを開く時期に来ていると思われる。しかし、小さな学会や研究会が群立する時代に、単に屋上屋を架するようなことはできるだけやめたい。どの学協会に

も一応は熱物性の委員会などが存在するが、バラバラに広く散らばっている研究者が、同じ土俵の上で議論できる場を作り、情報の集積をはかりたい。それには、あらゆる分野から自由に参加できるオープンなシンポジウムにする。特定の学協会のカサの下に入ることは避ける。熱物性の研究は広いが、空理空論を避け、学問と同時に、応用面をできるだけ大事にしていく。つまり、データを大事にし、利用者サイドの要望に謙虚であろうということである。さらに、情報交換のためにも、また、データに国境はないことから、国際交流を重視していきたい。

このようなことで、(1)オープンな参加、(2)学問と応用重視、(3)国際交流、という方針がまとまった。

具体的準備に入るに際して、11月(昭和54年)に来日されたR. P. Tye氏(当時米国Dynatech社)に来て頂いて、英国の熱伝導率会議や米国の熱物性シンポジウムを主催された経験、米国やヨーロッパの諸会議の状況について、準備日程、予算、委員会など、楽屋話を詳しく伺うことができたのは大変参考になった。

実行委員会発足 昭和54年12月に実行委員会が発足し、第1回シンポジウムを昭和55年11月に東京で行なうこと、第1回は物性の範囲を、熱伝導率、温度伝導率(熱拡散率)、比熱に絞ってとり上げることを決定した。委員としては、前記の方々のほか、福田尚一郎、小口幸成、斎藤彬夫、斎藤明宏、荒木信幸、斎藤孝基の諸先生にも協力して頂いた。ほとんど東京付近の方に限定したのは、手持予算ゼロで旅費のアテが全く無かったからである。会合は委員のご関係の協会や大学の会議室を使わせて頂き、ビラなどの印刷その他も各委員のお世話になり、という調子で準備が進められた。

しかし、予算ゼロでは困るので、学協会や一部の会社に協賛金または援助を打診したところ、開催母体がないのは援助しにくいといわれ、急拠、母体として日本熱物性研究会を仮発足させることになった。我々の当初の考えでは、なるべく屋上屋を避けたいということで、予定には全く無かったことである。しかし、賛助会員を募ってシンポジウムの運営を安定させるためには必要なことであり、後になって、講演者や参加者の予測をたてたりするのも必要であることがわかった。伝熱研究では方法論が主体になると思うが、熱物性研究は最終的にはデータが目的である。しかし、熱物性の研究は伝熱やエネルギーの問題と表裏一体をなすものであり、人のつながりからいっても、今後、伝熱研究会の弟分として発展していくことができれば願っている。

プログラム決定まで 昭和55年4月に、予定セッションとそのオーガナイザーを決めて、論文募集を行なった。オーガナイザーの役割は、申込が多ければ選考を行ない、不足なら勧誘も行なうなど、セッションを内容豊かに盛上げることである。単なる座長よりは責任が重い。論文

募集の方法には困った。学協会20団体に協賛を引受けて頂いたので、それらの機関誌には募集広告を出して頂いたが、準備の出遅れで6~7月号でないと載らない。そこで過去数年間の主要学会の記録を調べて、熱物性の研究発表をしている方々にダイレクトメールをお送りした。

7月20日の締切までに、予想以上に多数の熱心なお申込みを頂いた時は本当にホッとした。セッション・オーガナイザーの先生方を中心に慎重審議の末、次のようなセッションが決まった(カッコ内は座長)。

測定法Ⅰ(小林清志、静岡大)

測定法Ⅱ(溶融塩)(長島 昭、慶大)

断熱材・建築(藤井正一、芝浦工大)

液体(蒔田 董、神戸大)

固体・高温(平野賢一、東北大)

一般の問題(片山功蔵、東工大)

多孔質材料・湿り物質(関 信弘、北大)

生体・衣服・食品(棚沢一郎、東大)

多種多様な分野の方々が参加されるので、少しでも共通にわかり易くするために、各セッションの冒頭に短いレビュー講演を置く試みを行なった。

会期は2日間として、両日にひとつずつ特別講演を依頼した。水蒸気などの熱物性研究を長年続けてこられ、現在、国際蒸気性質協会の会長を務めておられる谷下市松先生(幾徳工科大学長)と、国際的な熱物性の諸会議開催に豊富な経験をお持ちで、固体熱伝導率の権威として著名なR. P. Tye氏(Energy Materials Testing Laboratory 所長)とである。

シンポジウム論文集の制作 今回の準備の当初より、論文集は立派に作るというのが目標であった。外国の関係者に送って日本の状況を理解してもらえるように、そしてまたデータ資料集的に今後、巻を追って蓄積していけるように、ということで、体裁も各論文とも少なくとも第1ページは英文とすること、全ページをタイプ仕上げとすることとした。飯田委員を中心に苦心して執筆要項を作り、各著者へ依頼した。果してどんな原稿が来るか、面倒くさいからといって今から辞退者が出るのではないかと気をもんでいたら、9月末に続々と、きれいにタイプされた原稿が到着した。幸い、タイプ制作の苦情は1件もなかった。

予算ゼロから出発した無手勝流なので、印刷費用のことは実行委員会でもずいぶん心配した。結局、片山先生のご尽力と某社のご好意で、特別安く印刷して頂き、しかも支払いは会期後というタナボタ式の話が実現した。残念ながら1年限りということであったが。

論文集の表紙のデザインは、将来も同じデザインで継続させるため、諸案百出で、某先生作の美女の版画も候補に登場した。結局、棚沢先生考案、飯田先生改良のものを（一度使われたことがある）採用することとなった。

論文集の編集は、飯田先生中心に、片山研の方々にも大奮闘して頂いて、印刷所に渡すことができたのは開催1ヶ月前のことであった。

シンポジウム開催 初期の会場選びの頃から、参加者数がどの位になるか、予想が全くたらず苦労した。しかし、各学協会誌にプログラムが載った10月から参加申込のハガキが増え、開催3週間前に、ギリギリの赤字ラインは突破した。しかし、開催直前になっても、論文集や名札やイスを何人分用意するか、なかなか見当がつかない。設営は小口先生の指揮のもとに行なわれ、会場内は東工大が、受付は慶大が担当した。人数といえば弁当販売にも困った。会場の青山会館は立派な部屋の割に使用料が安かったが、これは結婚式の宴会などで採算をとるためであって、我々のような講演だけというのでは弁当でもとってもらわないと困るといわれたのである。これもどうにか赤字は免れた。

前日までの準備はすべて順調で、初日11月25日朝から受付を作っていると、開会の1時間前には最初の参加者が到着され、あとは休む暇なしであった。

実行委員長の関先生の趣旨説明から始まり、あとは、何びともとどめることのできない河の流れのごとく、2日間のプログラムが進行していった。各セッションとも熱心な出席者ではほぼ満席であり、エスケープする人が少なかったのは案外(?)であった。丸2日間、熱伝導率ばかりというのが厄巻で、研究分野も原子力、ガスタービン、建築、金属から、生体、食品、衣料まで多方面にわたった。やはりエネルギー関連が多いのは、社会の動向を反映している。各セッションごとに設けたレビューまたは解説講演は、参加者が非常に異なった分野から集まっているので好評であった。

第1日の特別講演では、谷下先生が蒸気性質研究の50年の歴史を話された。国際標準値を決めるのに世界中から集まった委員が、どちらの値をとるか長時間激論した拳句、最後は単純な算術平均を採用した話など、ユーモアあふれる話もあった。

第1日夕方に、前に述べた熱物性研究会の初めての総会を行なった。素人運営の最たるものであったが、片山先生のお人柄に負うた進行で、1月からの仮発足した経過と本日からの正式発足が承認された。まだ会員募集中なので幹事案も第1期だけは関先生一任というおおらかな方法を承認して頂いた。なお、2日間の会期中に研究会入会を希望された方は120名を越えた。

夜の懇親会は、米国から到着のTye氏はじめ、懇親会だけでもぜひとも出たいと駆けつけて下

さった方も何人もあって盛会であった。

第2日は固体・高温のセッションから始まり、前日に劣らず熱心な参加があった。

特別講演のTye氏は、熱伝導率(断熱材など)のスタンダードや試験法などの、米国における動向を話された。まずスライドに立派な実験室の機器が次々あらわれ、そういう話かと思っていると、実験室での結果が屋外テストとはどうも合わない、屋外テストが重要であるという話の方が主であったのは興味深かった。

シンポジウムの最後のセッションでは、眼の角膜、血液、ミルク、衣服などの測定の講演が続き、方法論もデータもまだ確定しない分野の面白さがよく感じられた。

今回のシンポジウムについて、討論時間が足りないこと、休憩や昼休みが短いことが指摘された。内容的には、熱ふく射に関するデータをとりあげて欲しいという要求や、熱物性値のスタンダードを定めて欲しい、熱物性の定義を明確にして欲しいといったご意見もあった。全体としては、ヴァリエティに富む参加者が終始熱心な討論を繰り上げ、広い分野の研究者、利用者の交流の場として満足すべきスタートであったと思う。今回の参加者は合計約170名で、特定の学会に偏ることもなく、所属も大学53%、国立研究機関など15%、会社32%という比率であった。

白紙の状態から親団体もなしでスタートした試みが、成功にたどりつくことができたのは、ひとえに手弁当で奮闘して下さった実行委員の方々のおかげであり、ご援助や賛助をして下さった会社、学協会のおかげである。今後はシンポジウムでとりあげる物性も少しずつ上げ、充実させてゆきたい。熱物性の関係する広い分野の、研究者と利用者との交流と情報交換の場として、だれでもフリーに参加できるシンポジウムを発展させ、国際的にも交流を深めてゆきたいというのが、関係者一同の願いである。

なお、講演論文集(包装と郵送料込で5000円)をご希望の方や、熱物性研究会(当分は普通会員会費は無料)に入会を希望される方が居られましたら、下記へハガキでお申込下さい。

〒 223 横浜市港北区日吉3-14-1

慶大工学部機械工学科長島研究室気付

日本熱物性研究会

< 地方グループ活動報告 >

(1) 北海道グループ

日 時 昭和55年10月25日(土) 13時30分～17時30分

場 所 室蘭工業大学本部会議室

研究発表

- 1) 北見市小泉老人クラブの太陽エネルギーによる暖房実験
金山公夫、稲葉英男、*馬場弘、福田武幸(北見工大)
- 2) 蒸発面上の乱流気相におけるミスト発生条件について
*寒河江勝彦(北大工・院)、熊田俊明、石黒亮二(北大工)
- 3) 三次元火炉内の温度分布解析(第4報、発熱量分布の影響)
*谷口博、早坂洋史(北大工)、太田淳一(北大工・院)
- 4) 燻煙による農地の保温効果
*媚山政良、水野忠治(室工大)

講演1) 北見市小泉に建設された老人クラブの太陽熱暖房の測定結果である。測定は2月8日から5月25日(暖房停止日)迄をまとめた。建物の床面積は 200m^2 、コレクターの面積は 84m^2 、傾斜角度 55° である。各部温度は連続記録し、各種流量などは毎日定時に測定した。期間中最も暖房負荷の大きい2月を例としてあげると、暖房放熱量 304万 kcal/月 、集熱量 188万 kcal/月 、補助燃料消費量 208 l/月 であり、太陽依存度 52% 、集熱効率 26% であった。

講演2) 乱流場における温度や蒸気圧の乱流変動を考慮したミスト発生条件に関する研究。温度と蒸気圧の平均分布が相似であると仮定し、温度の平均分布とゆらぎから蒸気圧の平均分布とゆらぎを求めた。計算による確認によって温度と蒸気圧のゆらぎの相関を1と仮定し、振幅を最大ゆらぎ振幅として、2、3の実測値のある体系について計算した。実測値と本モデルによる計算値は比較的良好一致し、モデルが有効であることが確められた。

講演3) 3次元火炉内の流れと熱伝達の数値解析を行ない重要なファクターの一つと思われる発熱量分布につき検討した。流れはベクトルポテンシャルを用いた3次元粘性流れ、放射熱伝達はモンテカルロ法、対流熱伝達は差分法により計算した。また、発熱量分布については、WIEBEの燃えきり関数を用い各種変化させている。この結果、発熱量分布の違いは、炉内の温度分布、炉壁の熱吸収量分布に大きく影響することがわかり、適当な発熱量分布を与えること

により3次元火炉の熱伝達現象をよく説明できることがわかった。

講演4) 農作物の開花期と結実期に害を与えやすい霜を防ぐ一つの方法である燻煙について解析を行なった。結果の利用上の便宜を考え、煙の拡散、地中の伝導および両者を結びつける夜間大気、煙、地表面の熱放射を各々独立した現象として取り扱い、結果を地表面温度の過渡変化としてまとめる方法を採用した。解析結果の例では、日没時に15°Cにある地表面温度は燻煙を行なわない場合には12時間後に約-5°Cまで低下するのに対し、煙の濃度が7%の場合には約1°C、25%の場合には約7°Cまでしか低下せず、その効果が確かめられた。

(北海道地方連絡幹事 水野忠治)

(2) 九州グループ

日時 昭和55年10月31日(金) 13:30~17:00

場所 九州大学生産科学研究所講義室

講演

- 1) 低圧下の均一過熱水中における気泡成長
*田中逸夫、宮武修(九大・生研)
- 2) 水平円柱のまわりの強制対流膜沸騰熱伝達 (第2報・過冷却の場合)
*茂地徹(長大・工) 伊藤猛宏、西川兼康(九大・工)
- 3) 減圧下における水及びリチウムブロマイド水溶液の沸騰について(第1報・水平単管)
石橋英一、*岩崎一雄(大分大・工)

講演会には九大(19)、企業・大分大・久留米高専(各2)・有明高専・九工大・九産大・長崎大・山口大(各1)から30名の参加、引き続き行われた懇親会には20名の参加があり盛会であった。

講演1) では、過熱水中の気泡成長速度に関して、液温度20~80°C、過熱度5~20°Cの範囲における数値解析結果及び液の電解により発生する水素気泡を核として与え、周囲圧力が一定の条件下で行った実験結果との対応が示された。また既存の理論及び実験との比較結果と気泡界面における非平衡現象の影響の程度についても述べられた。

講演2) では、適用した二相境界層理論に、積分境界層の方法を採用し、大気圧の水、エタノール及びヘキサンに対応するパラメータについての数値解析結果を示し、基礎的な性格を明らかにした。平均熱伝達係数に関しては、演者らの水及びMotteらのエタノールについての実測値が数値解析値の2~3倍となるので、その相違の原因の追求と整理式の提案を今後行っていく

旨の方針が述べられた。

講演3) では、太陽熱利用吸収式冷凍機に関連して、水及び55% LiBr水溶液の沸騰実験を圧力30~760mmHg、それぞれ熱負荷が $\sim 4 \times 10^4$ 及び $\sim 3 \times 10^4$ kcal/m²hまでの範囲で行うことにより得た発泡の様子、間欠沸騰域から連続沸騰域への移行の特性、沸騰曲線などの結果、並びに熱伝達係数に関する西川ら及びMinchenkoらの式との比較が示された。

(九州地方連絡幹事 宮 武 修)

(3) 中国・四国グループ

日 時 昭和55年11月4日(火) 13:30~17:00

場 所 広島大学工学部機械2号教室

講 演

1) 気化器燃料通路内気液二相流

大村清治、宝諸幸男、角田長三多(広島大工)、*大西浩之(広島商船高専)

2) 垂直上昇管気液二相流の圧力損失(その一)

荒巻誠吾(広島工大)

3) サーマエクスセル伝熱管の伝熱性能

佐保典英(日立笠戸研)

4) 高圧気体の熱伝導率の測定

山本省吾、舛岡弘勝、吉田英人、頼実正弘(広島大工)

講演1) 気化器低速系統の燃料噴出に関する実験として、低速系統垂直通路の模型流路観察により、気液二相流フローモードと安定噴出状態との関係を調べた結果について述べられた。

講演2) 最近、深海から鉱物を採取する方法の一つとして着目されているエヤリフトポンプの基礎実験として、空気流量とポンプ効率の関係、気泡径とポンプ効率の関係などの実験結果が述べられた。

講演3) 日立で開発された高性能沸騰伝熱面サーマエクスセルEについて、その構造と伝熱特性、特にそのヒステリシス性を利用しての伝熱性能促進法について述べられた。

講演4) 高圧ガスの熱伝導率測定の一連の成果のなかで、CO₂-Ar、CO₂-CH₄の混合ガスについて、温度20~40℃、圧力1~90atmの範囲での最近の実験結果を、従来の推算式と比較しながら述べられた。

(中国・四国地方連絡幹事 鍋本 暁 秀)

<お 知 ら せ>

(1) 第18回日本伝熱シンポジウム講演募集

- 開 催 日 昭和56年6月23日(火)～25日(木)
- 会 場 ホテル白萩(〒980 仙台市錦町二丁目2番9号)
- 講演申込締切 昭和56年2月16日(月)
- 原稿締切 昭和56年3月25日(水)
- 講演申込先 〒980 仙台市荒巻字青葉東北大学工学部機械工学科内
第18回日本伝熱シンポジウム準備委員会
ただし、日本機械学会会員は、下記宛申込んで下さい。
〒151 東京都渋谷区代々木2-4-9 三信北星ビル内
日本機械学会企画室

○講演申込方法

1. 伝熱研究本号の最終ページに添付されている申込用紙に、またははがき大の用紙に「第18回日本伝熱シンポジウム研究発表申込み」と標記し、
(1)題目 (2)氏名、勤務先、所属学会ならびに会員資格(連名の場合は講演者に*印) (3)概要(100字程度) (4)セッション振分けのため、下記に示す分野1個と若干のキーワード
分野： 強制対流、自然対流、沸騰、二相流、流動層、凝縮、蒸発、放射、燃焼、熱伝導、熱交換器、熱物性、その他
および(5)連絡先を記入し、整理費1,000円を添えて現金書留にて申込み下さい(できるだけ本号添付の申込用紙をご利用下さい)。
2. 講演は1名1題に限り、講演時間は15分の予定(ポスタセッションの場合は下記参照)。
3. 講演の採否は準備委員会にご一任願います。
4. 前刷原稿：前刷集はオフセット印刷、原稿執筆枚数は、1,927字詰原稿用紙3枚以内、原稿用紙は準備委員会より講演申込者(講演者)宛送付します。
5. 本シンポジウムでは、沸騰および二相流以外の分野の一部をポスタ形式(講演数枚で1セッションとする。各セッションごとに講演者は講演要旨を90×180cmの展示板にポスタ形式で約1時間展示し、その間に個別討論を行う。その後講演者はそれぞれ5分間講演発表し、最後にそのセッションの総合討論を行う)とします。プログラムについては、準備委員会にご一任願います。ポスタ形式の詳細は、後日、各講演者宛ご案内いたします。

(2) 第15回夏期伝熱セミナー開催予告

準備委員長：水野忠治（室蘭工大）

会 期：昭和56年7月22日（水）～24日（金）

会 場：北海道千歳市支笏湖畔

支笏湖畔国民休暇村

〒066-02 Tel(01232) 5-2201

（会場は支笏洞爺国立公園の中にあり、同公園は活火山とカルデラ湖をもつ太古のままの自然公園です。また、見学予定の苫小牧東部工業基地は一万ha以上もの広大な敷地面積を有し、現在石油蓄基地としての建設工事などが進行中です。）

会 費：会 員 21,000円 学 生 18,000円 非会員 25,000円

定 員：70名

日 程：

| 時 刻 | 1 | 2 | 3 |
|-------|----------------------|--------------------|------------------------|
| | 7月22日（水） | 7月23日（木） | 7月24日（金） |
| 9:00 | | 資源エネルギーの開発 | 見学会 (苫小牧東部 工業基地) |
| 10:00 | | と伝熱(II) | |
| 12:00 | | 昼 食 | 苫小牧駅前解散 |
| 14:00 | 受 付 | 寒冷地における伝熱 問題 | |
| 16:00 | 資源エネルギーの開発 と伝熱(I) | | |
| 18:00 | 休 憩 | 夕 食・休 憩 | |
| 20:00 | 懇 親 会 | 80年代の伝熱研究に 望むこと | |
| 21:00 | | | |

なお、伝熱セミナーのプログラム等の詳細および参加申込方法は次号(4月号)でお知らせ
しますので多数ご参加されることを期待いたします。

連絡先 〒050 室蘭市水元町27-1

室蘭工業大学工学部機械工学科

水野忠治

Tel(0143)44-4181 内線456(水野)、330(斎藤)、

298(戸倉)、329(榎)

(3) 第7回国際伝熱会議論文募集

日時 : 1982年9月6日~10日

場所 : 西独ミュンヘン工科大学

概 切 : 英文アブストラクト及びフルペーパーに近い日本語論文 正副2部

1981年6月1日

提出先 : 京都大学工学部化学工学教室

水科篤郎教授

採否仮決定 : 1981年8月1日

英文フルペーパー概切 : 1981年10月1日

採否正式決定 : 1982年1月15日

尚詳細な要項は水科教授宛返信封筒に切手をはり請求されたし

(4) 第19回日本伝熱シンポジウムおよび第16回伝熱セミナー

昨年末に開かれた幹事会において、第19回日本伝熱シンポジウム(昭和57年度)は東海
グループ、第16回伝熱セミナーは関東グループが企画にあたることに決定しました。

(5) 日米伝熱セミナー論文集の頒布について

去る9月29日～10月2日にわたって東京で開催された日米伝熱セミナーの講演論文集

Heat Transfer in Energy Problems

が若干残っておりますので、御希望の方には実費でお頒けします。頒布価格は1冊6,400円（うち400円は送料）です。

御希望の方は伝熱研究会事務局にお申込み下さい。なお、送金は現金書留をお願いします。

(6) 第5回国際伝熱会議論文集の頒布について

第5回国際伝熱会議（1974年、於東京）のプロシーディングス、残部整理をしようと思
いますので、御入用の方はセット（7冊）につき送料等2,000円を添え、下記宛御申込み
下さい。

〒606 京都市左京区吉田本町
京都大学工学部化学工学教室
水科研究室気付 吉成宛

日本伝熱研究会への入会手続きについて

(1) 個人会員および学生会員

葉書または、下記の当該申込み用紙に所要事項御記入の上、事務局宛御送付下さい。同時に郵便振替等にて当該年度分の会費（個人会費は5,000円/年、学生会員は3,500円/年）をお支払い下さい。

会員には「伝熱研究」及び「日本伝熱シンポジウム講演論文集」等をお送りしています。

申込書送付先：〒106 東京都港区六本木7-22-1

東京大学生産技術研究所 第二部気付

日本伝熱研究会

郵便振替口座：東京6-14749

銀行振替口座：富士銀行青山支店・普通預金

（店番号211）－（口座番号466472）

日本伝熱研究会

| 日本伝熱研究会個人会員申込書 | | | |
|-----------------|--------|------------------|--|
| （昭和 年 月 日） | | | |
| ふりがな 氏名 | 年 月 日生 | 学 位 称 号 | |
| 勤務先・部・課 | （電話） | | |
| 同上所在地 | | | |
| 通信先 | 〒（電話） | | |
| 現住所 | （電話） | | |
| 最終出身校 及卒業年月日 | | | |
| 備考 | | | |

| 日本伝熱研究会学生会員申込書 | | | |
|---|---|--------|-------|
| (昭和 年 月 日) | | | |
| ふりがな 氏名 | | 生年月日 | 年 月 日 |
| 学校名 | | 学 年 | |
| 同上所在地 | | | |
| 通 信 先 | 〒 | (電 話) | |
| 現 住 所 | | (電 話) | |
| <p>在学証明</p> <p>上記の学生が確かに在学していることを証明します。</p> <p style="text-align: center;">指導教官名 印</p> | | | |

(2) 維持会員

葉書または、下記の用紙に所要事項御記入の上、事務局宛御送付下さい。同時に郵便振替等にて当該年度分の会費(1口30,000円/年)をお支払い下さい。申込は何口でも結構です。会員には「伝熱研究」及び「日本伝熱シンポジウム講演論文集」等を申込1口につき1部ずつお送りしています。

| 日本伝熱研究会維持会員申込書 | | | |
|----------------|---|--------|---|
| (昭和 年 月 日) | | | |
| ふりがな 会社名 | | | |
| 部 課 | | (電 話) | |
| 同上所在地 | | | |
| 連絡代表者 | | (電 話) | |
| 会誌送付先 | 〒 | (電 話) | |
| 備 考 | | 申込口数 | 口 |



＜ 編 集 後 記 ＞

明けましておめでとうございます。

御健祥で新しい年をお迎えになったことをおよろこび申し上げると共に、会員各位の益々の御活躍と伝熱工学の研究並びに技術の発展を祈念する次第です。

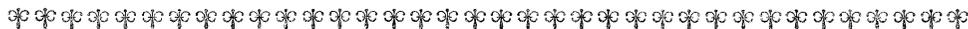
巻数も更まり、新しい号をお届けします。かねて御依頼中の原稿がかなり集まり、普通号として内容豊富なものとなりました。御多用中執筆下さった各位に御礼申し上げます。

国内外での学会の御紹介も参加できなかった方々にとって興味あるところですが、チリで研究指導に当たられた関教授のチリ御紹介は、余り知られていない、また比較的行く機会の少ない国のことであり興味をもたれる方も多いことと思います。

大分大学におけるサンシャイン計画の解説、境界移動を伴う（条件に従って境界が定まる）伝熱問題についての研究トピックス、伝熱研究に利用できるエレクトロニクス技術についての入門講座を掲載しました。新エネルギー利用と伝熱工学とは密接不可分の関係であることは言うまでもありませんが、その場合のエネルギー貯蔵・輸送などに着目されている潜熱利用型熱媒技術にはズバリ境界移動を伴う伝熱問題の解決が必要となります。エレクトロ技術については、“喰わず嫌い”を含めて、まだ不慣れの向もあると思います。幸い伝熱仲間にこの方面の専門家がおられたので、なるべく易しく解説して頂くこととしました。自分で手作りするにも、既製品をうまく使いこなすためにも本講座が役立つと思います。サンシャイン計画解説と本講座は次号に続きます。

恒例により本号から表紙の色が変わります。表紙の体裁の全面改訂の検討は次期編集委員会に申送ることになっていますが、もし経費が許せば少し表紙紙質を向上したいと思い、棚沢副委員長に印刷所との交渉をお願いしてみました。

（河 村 記）



第18回伝熱シンポジウム研究発表申込書

第18回日本伝熱シンポジウムに研究発表を申込まれる方は、下の用紙を切取って是非ご利用下さい。著者への返信用は原稿提出時の講演題目の確認のためのものです。住所・氏名は、原稿用紙を送付する際に、宛先としてそのまま使用いたしますので楷書体でご記入下さい。

| 第18回日本伝熱シンポジウム発表申込み | | |
|---|------------|-----------------|
| 題目： (講演者に*印) | | |
| 氏名 | 勤務先 | 所属学協会と資格 |
| 概要： | | |
| ----- ----- ----- ----- ----- | | |
| 分野： | | キーワード： |
| 連絡先：〒 | | TEL() |
| 受付欄： | | |

(著者への返信用)

| |
|----------------|
| 題目： |
| 〒 住所・氏名 |

伝熱研究

Vol. 20 No. 76

1981年1月発行

発行所 日本伝熱研究会

〒106 東京都港区六本木7-22-1

東京大学生産技術研究所 第二部気付

日本伝熱研究会

電話 03(402)6231(代) 内線317

振替 東京 6-14749

(非売品)