

Vol. 23

No. 91

1984

October

伝 熱 研 究

News of HTSJ

第 91 号

日 本 伝 熱 研 究 会
Heat Transfer Society of Japan

日本伝熱研究会第23期（昭和59年度）役員

会 長		武 山 斌 郎(東北大)
副 会 長	(無任所) (事務担当)	藤 井 哲(九大) 齋 藤 孝 基(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	工 藤 一 彦(北大) 戸 田 三 郎(東北大) 黒 崎 晏 夫(東工大) 長 野 靖 尚(名工大) 前 川 博(新潟大) 鈴 木 健二郎(京大) 千 葉 徳 男(広島大) 吉 田 駿(九大)
幹 事 (23名)	稲 葉 英 男(北見工大) 相 場 真 也(秋田工専) 三 浦 隆 利(東北大) 小 澤 由 行(東工大) 鈴 置 昭(高速炉 エンジニアリング) 架 谷 昌 信(名大) 棚 谷 吉 郎(金沢工大) 木 本 日出夫(阪大) 柘 植 綾 夫(三菱重工) 平 田 雄 志(阪大) 宮 本 政 英(山口大) 山 下 宏 幸(福岡大)	花 岡 裕(室蘭工大) 大 内 雅 樹(岩手大) 小 竹 進(東大) 笠 木 伸 英(東大) 森 康 彦(慶応大) 熊 出 雅 弥(岐阜大) 日 向 滋(信州大) 塩 津 正 博(京大) 中 島 健(神戸大) 北 山 正 文(広島工大) 児 玉 英 男(九州電力)
監 査(2名)	塩 治 震太郎(石川島播磨重工), 井 上 晃(東工大)	
「伝熱研究」編集委員長		宮 武 修(九大)
第22回日本伝熱シンポジウム準備委員長		片 山 功 威(東工大)
第18回伝熱セミナー準備委員長		菱 田 幹 雄(名工大)

伝 熱 研 究 目 次

<第18回伝熱セミナー特集>

〔準備委員会側からの回想〕

- 第18回伝熱セミナーの記……………準備委員長 菱田幹雄(名工大)…………… 1

〔司会者、講師による内容紹介等〕

〔伝熱研究の展望と解説〕

- (1) 最近の熱定数の非定常測定法……………小 林 清 志(豊田工大)…………… 3
(2) 沸騰二相流熱伝達における問題点……………植 田 辰 洋(工学院大)…………… 6

〔伝熱促進と熱交換器〕

- (1) セッション司会者として……………藤 掛 賢 司(豊田中央研)…………… 8
(2) 自動車用熱交換器の改良動向……………梶野幹夫(日本電装・ラジエータ技術部) …… 9
(3) 第18回伝熱セミナーに参加して……………野世溪 精(住友軽金属・技術研) …… 12

〔乱流伝熱の機構〕

- (1) セッション司会者として……………河 村 洋(原研)…………… 14
(2) 乱流の統計量・組織構造と伝熱機構……………鈴木 健二郎(京大・工)…………… 15
(3) 第18回伝熱セミナーに参加して……………萩 野 文 丸(京大・工)…………… 16
(4) 壁面乱流の構造と伝熱機構……………笠 木 伸 英(東大・工)…………… 18
(5) セミナーの裏方と講演者の所感……………長 野 靖 尚(名工大)…………… 21

〔座談会：研究と技術の接点「熱交換器と伝熱促進について」〕

- 研究と技術の接点(伝熱セミナー雑感)……………棚 沢 一 郎(東大・生研)…………… 23

〔座談会：乱流伝熱の研究について〕

- 「座談会」を「放談会」にした始末記……………鈴木 健二郎(京大・工)…………… 25

〔伝熱トピックス〕

- (1) 「伝熱トピックス」のセッションで考えたこと
……………架 谷 昌 信(名大・工)…………… 26

(2) これからの「伝熱」——伝熱セミナー参加の感想に代えて——	中 山 恒(日立・機械研)……………	27
(3) 伝熱セミナー雑感……………	福 山 佳 孝(東芝・総合研)……………	29
(4) 伝熱トピックスでの話題提供について…	藤 掛 賢 司(豊田中央研)……………	31
〔参加者側からの所感〕		
(1) ふたたび「乱流」について……………	千 葉 徳 男(広大・工)……………	33
(2) 伝熱セミナー雑感……………	堀 正 倫(京都工繊大)……………	34
(3) 第18回伝熱セミナーに参加して……………	門 谷 暁 一(小松製作・技術研)……………	36
(4) 第18回伝熱セミナーに参加して……………	熊 田 雅 弥(岐大・工)……………	38
(5) 伝熱セミナーに参加して……………	徳 田 仁(船研)……………	39
〈国際会議報告〉		
(1) スターリングエンジンと伝熱工学……………	一 色 尚 次(日大・工)……………	40
(2) IDS '84をめぐって——第4回国際乾燥工学シンポジウム(京都)——	桐 栄 良 三(京大・工)……………	43
(3) 「二相流のダイナミクスに関する日米セミナー」について感じたこと	赤 川 浩 爾(神戸大・工)……………	47
(4) 第22回アメリカ国内伝熱会議に出席して	木 枝 茂 和(日立・機械研)……………	52
〈研究トピックス〉		
試作ソーラホットエアエンジン……………	藤 井 石 根(明大・工)……………	54
〈人学・会社・研究所紹介〉		
(1) 三井造船株式会社玉野研究所の紹介……………	長 島 義 悟(三井造船・玉野研)……………	68
(2) 日立造船株式会社技術研究所燃焼・伝熱研究室の紹介	井 上 司 朗(日立・技術研)……………	71
〈地区研究グループ活動報告〉		
九州グループ研究発表会……………		74

<会 告>

コンピュータの導入に伴う会員データ調査について御協力をお願い…………… 76

<お知らせ>

(1) 第22回日本伝熱シンポジウム講演募集…………… 77

(2) 第8回国際伝熱会議予告…………… 78

(3) ICHMT主催第17回国際シンポジウム「高温用熱交換器」講演募集…………… 78

(4) 第18回伝熱セミナー講演要旨集の配布について…………… 81

(5) 混相流シンポジウム…………… 81

(6) 第8回人間・熱環境系シンポジウム…………… 83

(7) 太陽エネルギーの熱利用に関する国際シンポジウム…………… 84

(8) 第5回日本熱物性シンポジウム…………… 85

<第18回伝熱セミナー特集>その1

〔準備委員会側からの回想〕

第18回 伝熱セミナーの記

準備委員長 菱田 幹雄(名工大)

伝熱セミナーを基本的に考えて、その実行の策を案ずると意外に難しい。準備委員会で諸氏の御意見を伺って纏めようとする、とかく多方面に亘った焦点の定まらぬ内容になり勝ちである。それでは人を集めるには良くとも、セミナーとしての魅力に欠けることになる。そこで今回は準備委員会の御意見を伺った上で、些さかの小生の独断により、「現象面より見た乱流伝熱」と「伝熱促進技術とその応用としての熱交換器」を2本の柱として立て、別に先端技術で果している伝熱の役割について、それぞれの分野の方々に解説して頂くことにした。また小林清志、植田辰洋の両先生に、永年の間携わって来られた御専門分野の概括的な解説をして頂き、その現状と永年の御研究から滲み出たお考えをお伺いすることにして、今回のセミナーの大綱とした。

蓋を明けてみると講師の先生方の充実した内容の御講演に加えて、各セッション内で講演内容が関連する為に思考の流れができて、引きずり込まれる様な熱の籠った状態で終始した。力のはいった先生方の御講演内容は、単なるセミナーに留めて置くには惜しい程の充実したものであった。

冒頭の伝熱研究の展望と解説は、小林先生の御講演で始まり、「最近の熱定数の非定常測定法」で、熱定数測定法の現状と、先生の測定法を中心にした諸測定法の比較と解説をして頂いた。植田先生には「沸騰二相流熱伝達における問題点」の御講演で、流動沸騰系の流動相と伝熱様式および限界熱流束を、要点を踏まえて分かり易く明確に解説して頂いた。両先生の御講演はどれも永年の御研究によりそれぞれの分野を総括されたものであり、要点を明確に述べられていて興味深く拝聴した。

「伝熱促進と熱交換器」のセッションでは、強制対流の伝熱促進の方策や、その結果として例えば自動車用の熱交換器に、それらがどのように応用されて進歩発展して来たか等が興味深く述べられた。

「乱流伝熱の機構」では、諸先生に現象面からの乱流伝熱の解説をして頂いた。複雑で得体の知れない乱流伝熱も近年になって解明の手掛りが得られた様でもあるが、本体は依然として霧の

中である。専門の異なる若い研究者の方々には少し難しかったかも知れないが、乱流伝熱を垣間見ようとする実験的研究や、困難なモデル化の試み等に、乱流伝熱研究の第一線の状況や雰囲気、現在行われている考え方などを感じ取って頂けたのではないかと考えている。

最終セッションの「伝熱トピックス」では、エレクトロニクス、ガスタービン、エンジン等で最先端技術に関わっている伝熱の問題を、それぞれの専門の立場から解説して頂いた。いずれも伝熱の基礎研究に携わる研究者の立場から見ても興味深く、伝熱研究の方向迄も考えさせられる示唆に富んだ内容であった。

講演およびそれに伴う質疑とは別に、更に広く包括的な立場からの自由な意見の交換の場として、座談会を夕食後に設けた。「研究と技術の接点 ― 熱交換器と伝熱促進について ― 」と「乱流伝熱の研究について」の2テーマは、アルコールの出た座談会では重過ぎたかも知れず些さか脱線気味であったが、各人それぞれに楽しまれたのではないかと考えている。

今回のセミナーでも会場の問題では腐心したが、木曾御岳山の中腹に公営の設備の整った快適な会場が得られたことは幸いであった。恒例によりテニスも計画に組入れたが、更に御岳山の日帰り登山も計画して楽しみを増すことを考えるべきであったと、個人的に反省している。

今回のセミナーに充実した御講演をして頂いた講師及び司会者のかたがたと、貴重な御意見を頂いた準備委員会のかたがたと及び設営の労に当られたかたがたに、この紙面を借りて厚くお礼申し上げます。

＜第18回伝熱セミナー特集＞その2

〔司会者、講師による内容紹介等〕

（伝熱研究の展望と解説）

(1) 最近の熱定数の非定常測定法

豊田工業大学 小林清志

第18回夏期伝熱セミナーに参加した。会場は木曾御岳山の中腹のもみの林の中にある立派な施設で、窓から正に下界を見下しての勉強会は涼しく快適なものであった。私は上記題目でトップバッターとして展望講演をする機会を得たが以下にその概要を述べる。

近年エネルギー危機に遭遇し、また先端技術の自主的な真の開発を行う必要に迫られて、改めて熱伝導率、熱拡散率、比熱といったいわゆる熱定数の重要性が認識されてきた。そして、実際に真剣になってそれらの値を探索しようとする、所要の材料や、所要の温度、圧力範囲について適切な値が直ちに得られることは、むしろまれであると言っても過言ではない。ましてや、新材料や、在来の材料であっても、高温、高圧、極低温といった特殊条件下での熱定数となると、測定値が得られていない場合が少なくない。このような情勢の下で、新しい熱定数測定法の研究も近年活発に行われている。熱定数測定法としては古くからの定常熱流による方法も、現在なお使われているが、高温になると次第に困難が増してくるため、最近の主流は非定常法となっている。

(1) 方形波パルス加熱法⁽¹⁾

これは筆者らが前から進めてきたステップ加熱法⁽²⁻⁹⁾を発展させたもので、熱拡散率と比熱が同時に測定できる方法である。周囲と熱平衡状態になっている円板状試料の一面を一定の放射熱流束で、時間幅 δ の方形波パルス状に加熱し背面の温度上昇曲線から求める方法である。高温では試料からの放射熱損失を考慮する必要がある、測定装置とパソコンと直結し、自動測定ができるようになっている。⁽¹¹⁾ 常温から1500 K付近まで測定している。

(2) 任意加熱法⁽¹²⁾

この方法は試料の加熱波形が任意でよいということに特長がある。原理として基礎式のラプラス変換の一般解と、温度比谷波形のラプラス積分とから熱拡散率を求めるのでラプラス変

換法ともいわれる。また標準試料と接触させて、合計4点の温度応答を求めると、熱拡散率および熱伝導率を同時測定することもできる。また円柱状試料にも適用できるように発展している。(13)

(3) 高速通電測定法^(14, 15)

これは米国標準局で開発された方法である。試料が高温になると、化学反応、熱移動、蒸発、汚染、強度の急激な減少、電気絶縁の低下など幾多の障害が発生してきて、順調な測定のためとなる。これらの影響を極力小さくして、精度のよい測定をしようという目的から開発されたもので、導電性固体に瞬間的に大電流を流し、極めて短時間での温度の急上昇、電流、電圧降下をミリ秒オーダーの間隔で測定記録させ、それらの曲線から熱定数、その他を計算して求めるという方法である。試料は導電性固体に限られるが、測定できるものは、比熱、熱膨張係数、融点、融解潜熱、電気抵抗、変態点温度、変態エネルギー、全放射率、分光放射率などで、常温から1500 K付近まで測定できる。

(4) 細線加熱法

この方法の原理は古いが、⁽¹⁶⁾最近では電子計測器の発達も手伝ってかなり進歩し精度も上ってきた。^(17, 18)長い細線を液体中に浸し、この細線にある瞬間から一定電流を流して発熱させる。対流や放射による熱移動はなく、伝導のみで熱が周囲の液体に伝わるものとして、理論的に解くと、細線の温度上昇と時間の対数との比が一定になるという関係が得られる。したがって、時間の対数と温度上昇が直線的になることを利用して、熱伝導率を求めるものである。

(5) ステップ加熱法(液体) - I^(19, 20)

これは固体に対するステップ加熱法⁽²⁾を液体の場合に発展させて熱拡散率を測定しようとしたものである。試料が液体であるため、容器の熱定数も関与してくる。したがって理論的には少し複雑になるが、容器の前面から放射熱流束でステップ状に加熱し、容器背面の温度上昇から試料液の熱拡散率を求める方法である。

(6) ステップ加熱法(液体) - II^(21, 20)

熔融塩などの測定を行う場合には容器の耐蝕性について、十分な注意を払う必要がある。また発熱板と熔融塩試料が直接接触するような方法^(23, 24)では、試料に電流が流れたり電気分解を起したりする好ましくない状態が発生する。この不都合を避ける目的で容器全体を熔融塩に強いアルミナ等で作り、その上に白金薄層をメタライズし、発熱部及び測温部を作り、さらにその上にアルミナ被覆を施して、測定部分を製作する。測定原理は固体のステップ加熱法⁽²⁾と基本的に同じである。

< 文 献 >

- (1) 小林清志, 小林辰志: 機械学会論文集, 46B-407 (昭55-7), 1318.
- (2) 小林清志, 熊田俊明: 原子力学会誌, 9-2 (昭42-2), 58.
- (3) 熊田俊明, 小林清志: 原子力学会誌, 11-8 (昭44-8), 462.
- (4) 熊田俊明, 小林清志: 原子力学会誌, 11-11 (昭44-11), 664.
- (5) Kumada, T. and Kobayasi, K.: J. Nucl. Sci & Technol., 9-3 (1972-3), 192.
- (6) Kumada, T. and Kobayasi, K.: J. Nucl. Sci & Technol., 12-3 (1975-3), 154.
- (7) Kobayasi, K. and Araki, N.: Proc. 5th Int. Heat Transt. Conf., MAI.3.5 (1974-9), 247.
- (8) Kato, Y.,ほか3名, J. Phys. Sci. Instr., E, 8 (1975-6), 461.
- (9) Kato, Y.,ほか3名, J. Phys. Sci. Instr., E, 10 (1977-10), 921.
- (10) 小林清志, 機械学会誌, 77-668 (昭49-7), 754.
- (11) 小林清志, 高野孝義, 機械学会論文集, 48-434 (昭57-10), 2062.
- (12) 飯田嘉宏, 重田治彦, 機械学会論文集, 47B-415 (昭56-3), 470.
- (13) 飯田嘉宏ほか2名, 機械学会論文集, 48B-425 (昭57-1), 142.
- (14) Cezairliyan, A., High Temp. - High Press., 11 (1979), 9.
- (15) Cezairliyan, A., High Temp. Science, 13 (1980), 117.
- (16) Stalhane, B. and Pyk, S., Tekn. Tidsk., 28-61 (1931), 389.
- (17) 長島昭ほか2名, 機械学会論文集, 43-370 (昭52-6), 2268.
- (18) 長坂雄次, 長島昭, 機械学会論文集, 47B-419 (昭56-7), 1323.
- (19) 荒木信幸, 夏井和司, 機械学会論文集, 49B-441 (昭58-5), 1048.
- (20) 荒木信幸ほか2名, 機械学会論文集, 49B-441 (昭58-5), 1058.
- (21) 加藤義夫ほか2名, 第17回伝熱シンポジウム講演論文集, (昭55-5), 388.
- (22) 荒木信幸ほか3名, 第20回伝熱シンポジウム講演論文集, (昭58-6), 463.
- (23) Kato, K. et.al., J. Phys. E, 8-6 (1975-6), 461.
- (24) Kobayasi, K. and Araki, N., Proc. 5th Int. Heat Transf. Conf., V (1974-9), 247.

(2) 沸騰二相流熱伝達における問題点

工学院大 植田辰洋

1. 流動沸騰系の伝熱様式

核沸騰域、強制対流蒸発域、ポスト・ドライアウト域の伝熱特性と存在領域概要。

2. ポスト・ドライアウト域の伝熱過程

過熱蒸気流中を飽和液滴が噴霧流状態で同伴される。次の3つの伝熱過程：(a)壁面→蒸気、(b)壁面→ディポジット液滴、(c)過熱蒸気→同伴液滴、それぞれについて述べ、ドライアウト点から出発して、流路に沿う壁温分布を求める方法を示した。ドライアウト点のクオリティのほかに、その点での液滴径が必要で、そのデータが不足していることを述べた。

3. 限界熱流束状態

3.1 高クオリティ域のドライアウト

加熱部出口がCHF状態になっているときの出口液膜流量の測定値から、質量速度が小さく出口クオリティが高い場合には、液膜流量→0の状態で見極められるが、質量速度がそれほど小さくなく、出口クオリティが50%程度以下のとき（この場合のCHFの値はかなり高い）は、出口液膜流量が0になる以前に壁温上昇をはじめると示した。

3.2 低クオリティおよびサブクール域のDNB

加熱熱流束が上昇すると、流路出口の壁面近傍に合体気ほうを生じ、壁面近傍を通過時間の長い合体気ほうと液スラグが交互に流れる。このため、CHF状態では、加熱面温度が変動を伴いつつ徐々に上昇し、リウエット温度以上になると膜沸騰による急激な壁温上昇に至ること、および、この過程の伝熱特性を示した。このようなCHF発生機構は中程度以下の質量速度域で支配的と考えられるが、質量速度が高い領域やサブクール度が特に大きい領域（ともにCHFの値が非常に大）についても、壁面近傍の流れの測定にもとづいたCHF発生機構の研究が必要と考えられる。

4. 流動沸騰系の沸騰曲線

原子炉では誤操作や事故により発生熱が急増し、CHFを越す場合が考えられる。しかし発生熱が急増すると、中性子高スクラムにより間もなく熱流束が急減するが、それまでの間に、燃料被覆管温度がどの程度の値まで高まるかを予測することが重要になっている。この際には流動沸騰系の冷却能力が問題になり、遷移沸騰域を含んだ広い過熱度域にわたる沸騰曲線が必要

である。R113によるこの範囲の沸騰曲線の傾向を示し、この種のデータが強く要望されていることを述べた。また、逆環状流状態では、低いクオリティで中心部液流が不安定となり、大きい液塊を含んだ噴霧流に移行するが、この過程に対する研究がまだ少ないことを指摘した。

(伝熱促進と熱交換器)

(1) セッション司会者として

藤 掛 賢 司 (豊田中央研)

伝熱セミナーなるものにはじめて参加した。それは委員長の菱田先生(名工大)から標記セッションの司会とセッション「伝熱トピックス」での話題提供を仰せ付かったことと木曾御岳とその麓でのテニスの魅力に引かれての初参加であった。

木曾御岳の中腹(1450 m)の原始林に囲まれた会場で、窓からのさわやかなそよ風と鶯の声を聞きながら伝熱の話に耳を傾ける。夜は幾つかの室にそれぞれ数人が集ってアルコールを囲んでかたい話、やわらかい話に花を咲かせる。くつろいだ雰囲気(夜の座談会では少し冷汗もかいたが)の3日間であった。

過去の伝熱研究のセミナー特集である程度はその雰囲気を承知していたが、参加して実感としてそれを知ることができた。

セッションの司会者として一言所感を述べるようにとのことなので、こゝでは簡単に標記セッションについて触れることにする。

まず、このセッションは委員長の強い要望で企画された。それは東海地区には日本電装、住友軽金属、東洋ラジエータなど熱交換器の大手メーカーがあり、各メーカーとも新型熱交換器の開発に力を入れていることと、第2回伝熱セミナー以後熱交換器のセッションが持たれていないからである。

最初に棚沢一郎教授(東大)が全般的な動向として「伝熱促進と高性能熱交換技術の方向」と題して話があり、ついで大手熱交換器メーカーから「自動車用熱交換器の改良動向」について梶野幹夫部長(日本電装)と「表面加工、処理電熱促進管」について野世溪精主任研究員(住友軽金属)が講演された。

伝熱促進と製造技術の進歩により多種類の高性能熱交換器、および高性能伝熱管が開発され、製造されている現状をわかり易く解説していただくとともに、多種類の製品サンプルをロビーに展示していただいたので、参加者の関心が高く、セッション途中でのコーヒーブレイク時には展示品のまわりは黒山の人だかりであった。

各講師とも豊富な内容であったため、質問時間を切り詰めたが、まだ講演時間が足りなく講師

の先生方に御迷惑をお掛けしたように思われる。

高性能かつ高品質の熱交換器、伝熱管を安価に製造する我が国企業の技術はおそらく世界一であり、また製造量においても世界一であろう。たとえば、自動車用熱交換器は国内で年間 2000 万個以上生産されている。今後とも我が国の熱交換技術は大きく進歩するであろう。伝熱研究会会員の皆様の熱交換器への関心をより高めていただくことを切に願うものである。

(2) 自動車用熱交換器の改良動向

日本電装(株)ラジエータ技術部 梶野幹夫

昨今の技術の進歩は目覚ましいものがあり、ことに伝熱に関してもその課題は、益々高度なもの・複雑なもの・新しい概念のものへと発展してきております。熱交換器一つをとっても、伝熱促進の技術の研究のみならず、軽量化・コンパクト化・低コスト化への挑戦が続くなかで、製造技術の研究・材料の研究へと発展せざるを得ない現状です。このような状況のもとで、今回初めて当セミナーに参加し、実際の熱交換器を製造販売しているメーカーの立場でお話できる機会を得ましたことは、大変光栄なことでした。

さて、今回のセミナーにおきまして、表題のタイトルで、当社の製品概要と改良動向を内外の各社のものと対比しながら御紹介申し上げ、そのなかで、いかにして製品の小型軽量化がなされてきたかを実例をもとにお話いたしました。

今日の自動車用熱交換器は、高性能かつ小型化のために、ルーバ付コルゲートフィン方式が主に用いられ、ルーバの性能向上に関する諸研究も数多く報告されています。当社においても、フィンの伝熱という面から最適なルーバの構成を追求し、熱交換器をより小型軽量化してまいりました。以下、その概要を説明いたします。

ルーバフィンの場合、フィンに多数のルーバ(フィンの切り起こし)をつけることによって、フィン面上に形成される境界層を分断し、熱伝達率の向上を図るわけですが、ルーバ表面で境界層が剥離したり、前方のルーバの境界層後流の影響を受けることなどがあって、期待通りの性能が得られないこともありました。

そこで、こうした流れの現象を実際に確認し、フィン改良の方向を探るため、独自の可視化装置を開発し、拡大モデルフィンを用いて流れの可視化実験を行い、図1のような結果を得ました。

この図において左側はフィンの流れの状況を示し、右の各図は可視化の結果を図式化したものです。この結果からわかるように、ルーバフィンの場合には、ルーバピッチのみならずフィンピッチも重要な要素となってきます。以上のような流れ現象の実験的検討と併行して理論による流れの場や伝熱の数値解析手法を開発し、高性能フィンの開発に役立てました。

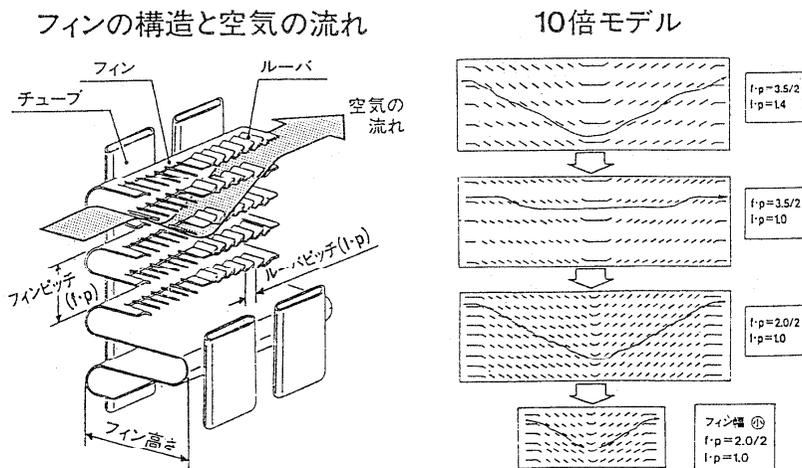


図 1. フィンの放熱特性の改良

ところで、熱交換器を小型化するには、チューブを含めて全体でみる必要があります。図 2 はその基本的な考え方を示したものです。すなわち、放熱量への寄与の少ないチューブを減らすことが軽量化のポイントと考え、図 3 に示したように、コアの厚さ、フィンピッチをパラメータにして最適コアを追求しました。その結果、コア厚さを 32mm から 16mm に半減してもフィンピッチの適切な範囲を選ぶことにより、従来と同等の性能が確保され、しかも 30% もの大巾な重量軽減ができることがわかりました。以上のような研究の結果、小型軽量化において優れた新製品 (SR ラジエータ) が実現したわけです。実現にあたっては製品の品質・コストを左右する生産技術の開発も併行して進められたことを申しそえます。

以上、自動車用熱交換器の代表例として、ラジエータを中心にお話しましたが、その他冷却暖房用のヒータコア・コンデンサ・エバポレータなどもコルゲートフィンを採用しており、

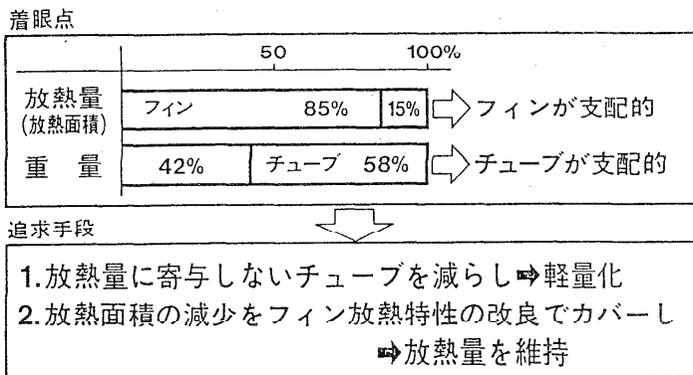


図2. 軽量、コンパクト化の着眼点

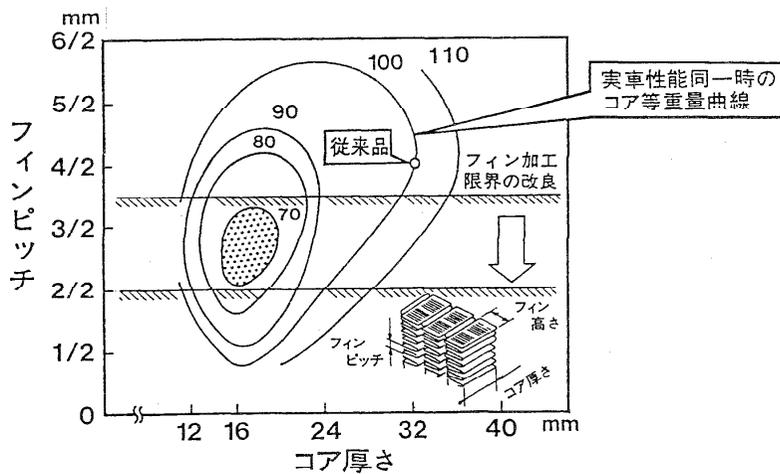


図3. 最適コアの追求

同じように改良研究が進められております。

おわりに、本セミナーに参加した感想を述べさせていただきます。

本セミナーは、もともと学生や研究生を対象にした、伝熱の理解を深めるための勉強会として

出発したものと聞いておりましたが、今回は企業の技術者も多数参加され、実用問題を含め幅広い討議の場であったと存じます。

特に夕食後の座談会では、昼間のテーマ以外の問題点も含め、教授、学生、企業人らが、それぞれの見識から自由闊達な意見の交換を行ない、お互に理解を深めあうことができたことは、関係者にとって大変有意義だったと感じました。

今後とも、本セミナーを始め、関連の研究会の益々の発展を心から念じ、筆をおかせていただきます。

(3) 第18回伝熱セミナーに参加して

住友軽金属工業株式会社技術研究所 野世 溪 精

本年四月頃、菱田先生から第18回伝熱セミナーでは「伝熱促進と熱交換器」というセッションを設定するので、表面加工・処理伝熱管について紹介するよう厳命されました。先生のお声は楽しかったのですが、電話口でお顔が頭に浮かんだ途端「ハイ」と答えてしまいました。もっとも、私は火力発電所の復水器管の腐食・防食や生物汚損に関する研究期間が長く、伝熱分野への寄与はわずかであります。それをご承知いただいた上でお引受けいたしました。

弊社では、昭和35年頃から空調用銅管・アルミ管や復水器・造水装置用銅合金管関係の製品種増加を意図し、ロウフィン管、パイン管、フルーテッド管、内面加工・処理管などの伝熱促進管を研究・製造対象とするようになりました。フルーテッド管を除く他の管はまずまずの業績でありまして、ユーザからのご要請および同業他社からの刺激と相俟って性能改良研究、コスト低減のための製法改善努力を継続してきました。その結果、トレッドフィン管（ロウフィン管の改良品）、リップフィン管（空調器用内面溝付管）、APF管（内面処理復水器管）、AFT管（低温度差発電用二重管）などを送りだすことができました。

フルーテッド管、特にダブルフルーテッド管は、当初ME-VTE造水装置への大量需要を期待していましたが、ご承知のように不発に終わりました。極く一部を除いて、直管を使用するMSF造水装置が圧倒的であり、最近ではRO（浸透膜法）という伝熱管を用いないものがかかり建設されるようになりました。当時、中近東向として大量の銅合金管を輸出しており、また造水装置そのものは熱交換器のみのかたまりとって過言ではありませんから、コンパクト化するなわち伝

熱促進管に対する需要は急速に高まるであろうと短絡したのは無理からぬところであります。ダブルフルーテッド管の製造設備を設置し、その性能を実験的にチェックし、PRしました。プラントメーカーの方でも小規模モデルでコンパクト化を実証されましたが、結果は上述のようでした。幾つかの理由が挙げられます；中近東のオーナーの過分な実績主義、コンサルタントの問題、トータル技術（特に保守技術）の不整備など。前二者は別として、私は後者によるところが大であったのではと独断しています。というのは、ここ2・3年来中近東のMSF造水装置を内部点検する機会を得ましたが、ブラインヒータのみならず熱回収部においても内面には粉末状の C_2SO_4 や C_2CO_3 （場合によっては鉄酸化物を含む）が厚く付着しており、伝熱汚損はかなりの程度にのぼるものとみられました。汚損機構はMSFとME-VTEで大差ないと思われますから、ダブルフルーテッド管のメリットを生かすためには、メンテナンスフリーとも云える完備された防汚システムが必要であり、当時この保守技術が完成していたとは思われないからであります。

特にこの経験を通じて、高性能伝熱管あるいは伝熱促進面に関する研究は、汚損機構、汚損されにくい形状・処理、防汚技術といったやや地味な研究と共に発展させる必要があると痛感いたしました。防汚技術あるいは洗浄法・洗浄装置に関する研究は、それを通じて企業経営に寄与する可能性があります。一般に汚損に関する研究は私企業では取上げにくい課題であります。伝熱促進と汚損の両者は相補関係にありますだけに、諸先生方に期待するところ大であります。

（乱流伝熱の機構）

(1) セッション司会者として

河 村 洋（原研）

乱流伝熱の機構を流れの組織構造と関係づけてとらえようとする研究は、最近の対流伝熱の分野で、最も著しい進歩の見られたテーマの一つといえよう。しかしこの問題について、まとまったセミナーやシンポジウムが国内で開れたことはなく、今回のこのセッションは、まことに時宜にかなった企画であった。

乱流は、従来、時間的にも空間的にも無秩序な過運動であるというイメージでとらえられてきたが、その中でも「組織的な構造」（秩序ある運動）のあることが知られるようになってきた。このような研究は、乱流流体力学の分野では極めて盛人であるが、伝熱との関連についての研究は、まだまだ十分に行われているとはいえない。今回の4人の講師の先生方は、組織構造との関連につねに注意を払いながら乱流伝熱の研究を進めておられる方々であって、そのご研究は世界的にもユニークなものである、今回、このような観点からのお話を集中的にうかがえたことは、司会を勤めさせていただいた筆者にとっても、またとない有益なチャンスであった。

ここで4人のご講演内容を要約することは、とても筆者の任ではないので、ごく簡単な紹介に留めることでご容赦いただきたい。まず、鈴木先生（京大）は、トップバッターとして壁面乱流の組織構の基礎であるイジェクションやスweepについてわかりやすい図解をされたのち、複雑な乱流における組織構造について説明された。次の荻野先生（京大）は、温度成層のある流れにおける熱移動機構が組織構造の観点からどのように説明できるかを、具体的にていねいに解説された。

笠木先生（東大）は、チャンネル内乱流の組織構造について、写真やフィルムを使いながら視覚的な説明をされると共に、これらの知見に基づく新しい乱流モデルの試みを紹介された。最後に長野先生（名工大）は、円管内乱流の熱輸送に対するイジェクションやスweepの寄与を、ご自身の巧妙な実験結果を使ってわかりやすく説明された。これらのご講演内容は、伝熱セミナーの講演要旨集にまとめられているので、参加されなかった方々にも、きっとご参考になると思う。

筆者はかねがね、乱流の中に組織構造が存在することはもはや疑いを入れない事実であろうが、その新しい知見が熱伝達率等のマクロな量の予測や乱流の制御といった工学的応用にどの程度寄

与しうるかという点については、まだまだ今後の研究に待つところが多いと思っていた。その点、今回、4人の先生方が、各々のお立場からこれらの点に触れられて新しい進歩について話されたことは、筆者にとって大変興味深かった。しかし、これらの点についてはまだまだ今後の進歩の余地が大きいと思われ、セミナーに参加された新進の若手研究者諸氏のご活躍を期待したい。

セッション終了後も、座談会や夜更までの自由な懇談で、イジェクションやスリーブ等の言葉がとびかい、肩のこらない議論も含めて、興味ある話題がつきなかった。このような雰囲気は、“伝熱研究会修学旅行”とでもいうべきもので、伝熱セミナーのきわめて貴重な一面であると思っている。

このように、今回のセミナーを通じて、参加された方々は、乱流の組織構造について、それぞれに何らかのイメージを描けるようになったことと思う。それがご自身のお仕事に役立つか否かについては、当然いろいろなお考えがあるであろうが、いずれにせよ、多くの方々に乱流の組織構造についての認識を深めていただけたことは、大変有意義であったと思う。この点について、この分野における長いご研究を基礎にこのセッションを企画し実行された準備委員会の菱田、長野両先生に、敬意と謝意を表したい。

(2) 乱流の統計量・組織構造と伝熱機構

京都大学工学部 鈴木 健二郎

伝熱学の教科書の乱流伝熱の項にはレイノルズの相似則についての説明がある。何をもちいてレイノルズの相似則と呼ぶかについてはかなりの幅があるようだが、こゝで意味しているのはその最終形 $St = C_f l_2$ である。この相似則の本質は、 St 数と摩擦係数 C_f とが比例関係にあると言う点にある。粘性底層や緩和層内の伝熱抵抗は粘性や熱伝導の影響を受けるし、乱流プラントル数は1ではないので、このことを考慮した種々の変形は受けているものの、上記の本質は円管内流れや境界層流れの熱伝達の整理式にも踏襲されている。

ところで、壁面に作用するせん断応力の値の大小と、壁面からの伝熱量の大小とが、密接に対応しない流れ系もある。剥離域の熱伝達はその典型例である。乱流伝熱促進技術と関連して取扱うことが多くなっている複雑乱流の伝熱でも、この様な事情は大なり小なり生じる。したがって、レイノルズの相似則に従わない流れ系の伝熱機構の究明は重要である。たいへん大それたことだ

との御批判はあろうが、筆者は上記のことと関連して、たとえば剥離域の乱流伝熱と境界層流れの乱流伝熱とを同じ概念で説明する道はないものか、と言う疑問を日頃から抱いている。

昨年ある会議に出席した折に、“指導教官から乱流の組織構造の研究は大変重要と言われていたのだけれども、本当に重要だろうかと疑問に思うこともある。意見を聞かせて欲しい。”とある学生からたづねられたことがある。この学生が、組織構造の研究ではアメリカでかなり著名な先生の研究室に所属していることが、乱流の組織構造の研究の一面を象徴しているようで大変興味深い感慨を持ったものである。

乱流伝熱について見ると、典型的な流れ系に対しては経験式があり、注目する系について利用できる式がなければ、自分で実験を繰返えして実験式を作成することができる。場合によっては、数値計算を利用することも出来る。このような事情の下で、乱流の組織構造にまで立ち入って検討を行う意義はどこにあるのだろうか？ これは、一般に見られる極めて素直な質問であるし、統計的研究に重きを置く伝熱研究者が少からず抱く疑問ではないかと推察する。実は、前掲の学生と同じように、構造的 연구に手を染めている研究者自身が、同様の疑問を何回となく反すうしているからである。

今回のセミナーでは、「乱流伝熱の機構」のセッションのトップバッターであったので、他の先生方から Introduction 的な話しもするように仰せつかっていた。そこで、上記二つの点についての自問自答を試みた。残念ながら、題だけが一人歩きた形になってしまった面があるが、ある意味では乱流伝熱の研究の現状を反映している訳でもあるから、その意味ではトップバッターの役は果せたかも知れないと思っている。具体的な内容について御関心があれば、講演要旨集を御覧戴きたい。

最後に、立派なセミナーを開催して下さった委員長の菱田幹雄先生を始めとする東海グループの諸先生方に謝意を表します。

(3) 第 18 回伝熱セミナーに参加して

京都大学工学部 荻野文丸

菱田先生と長野先生の熱気にあおられて講演をつい承諾してしまいましたが、実は乱流構造にまで立入った研究は何もしていないので、何をネタにしたものかと途方に迷っておりました。そ

うこうするうちに、菱田先生から開水路の話でもどうですかと水を向けられましたので、成程、それでは伝熱シンポジウムでしゃべった内容をかいつまんでしゃべってもよいのであろうと勝手に思い直してまず一息つきました。

次は雑物の原稿書きですが、これは今まで日本語であちこちに書いたものを集めて、つなぎの部分だけ適当に加筆しただけで字数も勘定せず、いきなり原稿用紙に書き始め、一枚オーバーしてしまいましたが何とかうまく収まり、ここでも一息つきました。

例によって当日間際になってあわてて古いスライドを引張り出し、適当に並べ直して何とか講演できそうな格好を整え、京都を出発しました。

列車を乗り継いで、準備して頂いたバスに乗り、会場のロッジに無事到着して、部屋に到着してから手渡された講演要旨集をパラパラとめくって、今度はため息がでました。同じ乱流伝熱のセッションでの講演者である鈴木、笠木、長野の3先生はちゃんとセミナー向けにきっちり原稿を書いていらっしゃるではありませんか。手抜き仕事が恐ろしいのは何も建造物だけに限ったことではありません。

2日目の午後、乱流伝熱のセッションです。これもまた手抜き仕事のツケですが、不良スライドが2~3枚出てきて、スライド係の人に大変御迷惑をおかけしました。講演の前で助かりましたが、何とか河村先生のうまい司会で講演も終り、他の3先生の講演も楽しく有意義に聞かせて頂きました。後は夜の座談会と明日の伝熱トピックスのセッションをエンジョイすれば良いと思っておりました所、頂いた紙袋の中から出てきましたのが宮武先生の原稿依頼の追いうちです。おかげで夏休みを大分フイにしました。でもここまで原稿用紙2枚を何とか使いました。あとは宮武先生の原稿依頼にある通り、講演内容の紹介をしてお茶を濁させて頂いてもよいのですが、それも余り面白くないので講演要旨集には書かなかった、温度成層流とは何か、何故温度成層流の研究を始めたかなどをかいつまんで説明しておきます。

流体の密度が鉛直方向に変化し、流れの方向が水平方向のとき、これを一般に密度成層流と呼びます。歴史的には、密度成層流の研究は寒気団の上を吹く暖気団や河口から河川流の下に侵入する海水等、気象学や河川水理学の分野で現われる自然現象に対する関心が契機となって始まりました。本研究は熱汚染問題に関連して温水を河川に排出した時の温水と河川流との間の熱的混合の問題から始めた訳です。ところで上の例から判るように密度の変化は温度または濃度の変化によって生じます。この密度変化の効果は自然対流伝熱の場合と全く同様にナビエ・ストークスの式中で重力の項でのみ考慮し、密度成層流を実質上は非圧縮性流体として取り扱うのが普通です。密度の変化が温度の変化による場合の密度成層流を温度成層流と呼びます。したがって温度

成層流の場合は上層と下層との間の熱の移動と成層流の流れの挙動、すなわち運動量の移動とが互いに関連し合います。流れが乱流の場合は、乱流構造と運動量および熱の移動とは密接な関連をもちます。

実は本研究を始める時に種々の文献を集めた訳ですが、当然気象学や水理学関係のものが多く、その時の筆者の個人的かつ独善的な感想はどうも気象学あるいは水理学の連中は熱の移動あるいは物質の移動という概念がないといったら言い過ぎですが、かなり希薄であるということです。すなわち伝熱屋が入り込む余地はかなりあるということです。同じことは乱流の研究の分野にも言えることです。いわゆる流体屋さんにも乱流に興味を持つ人はおりますが、それ程多くではありません。講演要旨集をお読みになった人で興味をお持ちになった人がおりましたら、どうぞ乱流にでも、成層流にでもどんどん入り込んで下さい。まだまだ面白いことが多く残っています。

そろそろ書くのが面倒になりました。最後になりましたが、菱田、長野両先生始め準備にあられました諸先生に厚く御礼申し上げます。

(4) 壁面乱流の構造と伝熱機構

東京大学工学部 笠木伸英

「伝熱研究」への寄稿の依頼を受け、当日お話ししたことの要点とそれに関連した感想を述べてさせていただきます。

筆者は2日目午後の「乱流伝熱の機構」というセッションの中で、特に壁面乱流の壁近くの乱れの構造と伝熱に関連して話題を提供させていただきました。その内容は：

- (1) 壁面乱流の壁近傍の大きなスケールの乱れの構造に関する知見：壁面せん断乱流中にはいくつかの準決定論的な運動を示す乱流構造（秩序構造）が存在する。これらは種々の計測手法によって明かにされているが、得られる情報には質的差異があることを認識し、今後これらの知見に対する総括的な解釈を進めることが重要と考えられる。又乱流構造の代表的長さ・時間スケールの適切なスケージングを把握する事は、秩序構造の発生機構を知るためにも大切であろう。一方、このような研究動向の中で、秩序構造に関して蓄積されつつある知見も、古くから確められてきた壁法則や運動量欠損法則、そして温度分布や乱流プラントル数に関する知見等とも例外でなく整合性のあるべきはずのものであることに注意が必要である。

- (2) 乱流伝熱研究の新しい展開のひとつの例として： 従来乱流伝熱には固体壁側の熱的境界条件は強くは影響しないという認識が一般的であるが、熱輸送の大半を担う秩序構造の非定常な振る舞いに連成する固体壁側の非定常熱伝導の影響に対して、一応の検討を加えておく必要があるであろう。予備的に行なった Surface Renewal Model による試算では有意な影響が予測され、異なる固体壁材料を用いた実験でも同様の傾向が見られた。高熱流束機器の開発と共に伝熱面に誘起される温度変動を予測できる乱流モデルの開発も必要であろう。
- (3) 壁面乱流の構造論的モデリングについて： 壁近傍領域、即ち粘性底層あるいは緩和層では、乱流運動が壁面の強い拘束と共に分子粘性の影響を受けているが、この領域では所謂壁法則がよく成立する。流れの可視化を用いて観察すると、流れ方向に著しく長く伸びたストリーク構造が見られるが、最近の実験結果では流れ方向に軸を有する縦渦もどきの運動が観察される。簡単な擬縦渦運動を仮定した構造論的モデリングを試みると、本モデルが、速度、温度、乱れ、乱流応力の壁近傍の分布など、流れの諸特性を予想外によく再現すること、これらの擬縦渦運動が壁法則に代表される壁乱流の概念とかなりの整合性を有することがわかる。
- でした。それぞれの詳細については参考文献(1) - (3)を御覧下さい。

さて、セミナーでは、(3)に関連して私共の研究室で最近撮影した流れの可視化の16 mm映画を御紹介しましたが、その中に現われる“渦”については、何人もの方々から貴重な御意見を頂きました。中でも、“渦”、“うず”、“渦度”などの言葉の問題です。第三の渦度は定義が明確で、それが必ずしも回転運動に対応しないことに注意すればよいのですが、だとすれば渦運動の指標として使えるでしょうか。“渦”と“うず”は、読む方によって確かに感覚的に差がありそうです。乱流渦というときは、これは“vortex”というよりは“eddy”ですから、筆者は必ずしも回転運動をしていなくとも渦度を伴ったあるスケールの流体塊を頭に浮かべます。渦あるいは渦運動は、何回転すればそう呼べるのでしょうか。これは参加者の方々の間に微妙な差があるのを感じました。流線形状を指摘する意見もありましたが、二次元の渦ならば流線は閉じますが、三次元の渦では閉じません。これらの事柄に対して多くの人が満足できる答えはとも見つかりませんが、筆者がかって在米中にハンバーガーをほうばりながらした議論を改めて思い出しました。

次に、同じく(3)の乱流モデルについてですが、筆者は文献(3)の中で、“現象論的モデリング”に対比して“構造論的モデリング”という言葉を使いました。乱流の“モデル化”については、河村氏が本誌の87号に解説されていますが、セミナーで御紹介したものは恐らく河村氏の分類にはないもので、流れの諸特性をなるべく正しく再現する目的よりは、そこに起っている乱流の主

たる物理機構を説明するためのものであります。また、そこから所謂乱流モデルに還元できる情報が得られれば、さらに幸いと言えるでしょう。さらにこれらの秩序構造に対する知見を基礎として、ランダムな乱流構造の役割も今後適切に扱ってゆく必要があると考えます。勿論、今回の擬縦渦運動が壁乱流にとって必要十分条件というわけには行きませんが、モデルによればかなりの整合性が見られたという点で意味があると思います。この方向でモデルを改良し、さらに伝熱機構を検討するのが、次のステップと考えています。

最後に、余談ですが、筆者にとってどうも心残りだったのは、第一日日夜に会場に着き、第三日目終了後そのまま帰京した点でした。帰りの名古屋へ向かう中央線の中で、木曾川沿いで最も美しい岩場をかい間見ただけで、木曽路の趣を味わいもせずセミナー会場の中で三日間過ごしたわけです。誤解を招くといけません、これは何も筆者が独り特別真面目にセミナーに出席していたわけなく全出席者がそうであったことを、お断わりしておきます。ところで、セミナーからひと月たってみますと、参加者全員が人里離れた同じ宿舎で寝食を共にしたことが妙になつかしくなりまして、これこそ伝熱セミナーの効用かと感じる今日この頃です。

末尾ながら、このような楽しいセミナーをお世話頂いた、名工大の菱田先生はじめ準備委員会の皆様に厚くお礼申し上げます。

<参考文献>

- (1) Hirata, M., Tanaka, H., Kawamura, H. and Kasagi, N., "Heat Transfer in Turbulent Flows," Proc. 7th Int. Heat Transfer Conf., 1982, Vol. 1, pp. 31-57,
- (2) 笠木、鈴木、平田、「バースティング現象に連成する固体壁内非定常熱伝導を考慮した乱流熱伝達」、第21回伝熱シンポ、1984, pp. 10-12,
- (3) 笠木、平田、西野、「壁面乱流の壁近傍領域の擬縦渦構造と構造論的モデリング」、日機論投稿中、1984.

(5) セミナーの裏方と講演者の所感

長野 靖 尚(名工大)

昨年の高野山のセミナーでは一参加者であったから、非常に気が楽だった。準備委員会の先生から参加した感想を求められても、随分勝手な事を昨年の「伝熱研究」の10月号には書けた。しかし今年の本誌10月号には、セミナーを企画した準備委員の一人であり、その上講演者という「おまけ」もついているので、講演内容の紹介は書いても感想はとて書けない。参加者の皆様方から企画・実行面について忌憚のない批評を賜わり、至らなかつた点をお詫びしたいのが率直な心境である。

さて昨年の本誌に、セミナーの内容は総花式にするより、トピックスをある程度限定して、自由な立場で討論のできる所謂 workshop に近い方が好ましいと思うと書いた。またセミナー会場は、その目的が日頃伝熱に縁の深い人達が起居を共にして、自由な雰囲気中で伝熱を語り研鑽を積むことにあることから、煩悩を絶てる所が望ましいとも書いた。言うは易し行は難しとは正にこの事で、やはり不言実行であるべきだったと反省している。会場の選定は1年前から始めたが、簡単には俗界を離れていて、かつ多数の人々を収容出来るような所は見付からない。大体、人里離れた所でそのような施設を設けても商売にならないから、無くて当たり前である。昨年の6月30日に、準備委員長の本田先生と木曾御岳の南山麓に広がる高原にポツンとある名古屋市民休暇村へ辿り着いた時は嬉しさに泣きだすところだった。

セミナーの話題を何にするかは、これまた準備委員会としては大変知恵を絞らなければならないところだったが、東海地方グループの諸先生方や会社の方々から意見を拝聴した結果、準備委員長の独断偏見大歓迎と相成った。個性の強い準備委員長なので(失言)、これで今回のセミナーは総花的な内容にはなり得ないと確信した。準備委員長と永年仕事を一緒にしていると、それ以外の事は考えなかった。何を柱にするかで勝負は決する。それ以外の策は泡沫にすぎないと思われたに違いない準備委員長だから、セミナーの話題決定まではかなり苦悩された筈である。熟考の上出来上がった案ではあるが、それを全面的に支持して頂き、かつ盛り上げて下さった講師と司会の諸先生方には、裏方を務めた者として本当に有難く思え、このように結束の強い日本伝熱研究会を育て上げられた大先生方の偉大さを改めて痛感した。この様な気風は未来永劫に存続させなければならない。

さて肝心の講演内容の紹介を書かねばならぬが、乱流伝熱の組織的構造について本田先生と共に

に行ってきた研究の梗概を、現象の説明の観点から述べたものであり、詳細は本セミナーの講演要旨集か、別に記した報文^{(1)~(3)}を御覧頂ければ幸甚である。1874年に Osborne Reynolds がボイラ管の乱流熱伝達で、抵抗と乱流熱伝達について有名なアナログを見出してから早 110 年になる。20 世紀に入って次元解析に基づく実験式の作製や、混合距離理論による解析などが現れたが、乱流自体が余りにも複雑である為、乱流伝熱の機構の解明は永い間遅々として進まなかった。漸く 20 年程前に Hama の実験に端を発した実験的研究により、壁面近傍の流れが全く不規則で乱雑なものではなく、かなり秩序だった運動に支配された構造（組織的構造）になっていることが発見されてから、乱流伝熱の研究も新しい局面に入った。工学上重要な流動抵抗や乱流熱伝達では伝熱面近傍が重要な役割をすることは自明の理と思うのだが、所謂“乱流屋”さんの中から「伝熱面の極く近傍の、そんなに薄い層なんか、全体から見れば大して問題にならないのではないか」と言われると、深い憂いを覚える。例えば、直径 50 mm の伝熱管では、壁から 3 mm 以内の薄い層で管全体の乱流エネルギーと温度乱れの約 80% は生成されているし、これらの生成が最大になる位置は、例えばレイノルズ数 10 万の場合だと、壁から何と 0.14 mm という伝熱面に非常に近い所であることを再認識して欲しい。壁面近傍の流動が組織的構造で支配されているとなれば、乱流伝熱も当然これに強く支配されている筈と考えるのは極めて自然であろう。ただ残念ながらこれ迄はその裏付けがなかった。乱流のどの様な挙動で、熱がいかに輸送されるのかが分らなければ、乱流伝熱が解明されたとは言い難い。今迄にこの研究を阻んできた一つに測定上の問題があった。それも漸く解決して、現在は乱流伝熱の機構についてかなり鮮明な像が出来つつある。今回のセミナーでは、鈴木先生、荻野先生、笠木先生とこの乱流伝熱の研究に永く携わってみえる先生にそれぞれの立場で講演して頂いた。思えば数年前には、これらの諸先生の間でも現象の解釈に随分の違いがあったのが、現在は多くの点でコンセンサスが得られている。乱流伝熱が組織的構造のイジェクションとスイープではほぼ完全に支配されている事を疑う人は、もはや誰もいない。これらの流動を人為的に操作できれば、乱流伝熱も自由に操作できよう。組織的構造について多くの未知の事柄がまだ残されている現在では、これらは夢にすぎないが、21 世紀の前半には、ほぼ全貌が解明され、伝熱の増進あるいは抑制が簡単にできるような気がしてならない。

<文献>

- (1) 菱田・長野、機械の研究、35-11 (1983)、1232。
- (2) 菱田・長野、機械の研究、35-12 (1983)、1347。
- (3) 菱田 日本機械学会誌、87-784 (昭59)、212。

（座談会：研究と技術の接点「熱交換器と伝熱促進について」）

研究と技術の接点（伝熱セミナー雑感）

棚 沢 一 郎（東京大学生産技術研究所）

第18回伝熱セミナーにおいて、筆者に課せられた役割りは、(1)第2日目午前の部「伝熱促進と熱交換器」（司会：豊田中研 藤掛賢司氏）のセッションの話題提供者として「伝熱促進と高性能熱交換技術の方向」という演題で話をする事、(2)同じく第2日目夜の部の座談会「研究と技術の接点——熱交換器と伝熱促進について——」の司会をすること、の二つが主なものであった。主なもの、と書いたのは、この二つの役割りは、伝熱セミナーのプログラムにも印刷されており、人目にとまりやすいという程度の意味で、筆者自身は、今回のセミナーの他のすべてのアカデミックな企画はもちろんのこと、セミナーの前日とセミナー第1日目の朝、王滝村村営テニスコートでの親善テニスや、セミナー期間中毎晩開かれた公式・非公式の懇親会の参加者の一人となることも、同じように重要であり楽しいものだったと感じているからである。

ところで、「伝熱研究」の編集委員長 宮武修先生からは、「講演者」および「司会者」という二つの立場から、それぞれ自分の関係したセッションについて内容の紹介と感想を書くようにということで原稿用紙をふた組頂戴した。しかし、筆者としては、上にも書いたように第18回伝熱セミナーの全企画に参加し、それぞれ楽しませていただいた印象は強いが、逆に、自分が話題提供したり、司会したりしたセッションについての印象はやや希薄なような感じがするので、御依頼の主旨にはもとるが、一応標題のようなテーマを中心にした雑駁な感想文をお届けして責任を回避させていただくことにしたい。

それにしても、「研究と技術の接点」というテーマ名は強い響きをもつ。筆者のように、大学にあって工学の研究に従事している者にたえず投げかけられる質問は、「あなたのその研究は一体どういう役に立つのか」というものであり、気の弱い筆者などは、そう尋ねられると、自分の研究の役に立たない側面ばかりが気になって、しどろもどろの答えしかできない始末である。しかし、気が弱いのはどうやら筆者だけではなさそうで、大学で伝熱の研究をしておられる方々のうち、かなりのパーセンテージの方が、一休太学での研究が企業での技術開発に役立つものがあるのか、という疑問をもっておられることが判ったのは、今回のセミナーの収穫の一つであった。というのは、座談会の席上で、どなたかが、企業におられる代表的伝熱研究者の御意見として、

豊田中研の藤掛賢司氏による「大学の研究は役に立たない」と、日立機械研の中山恒氏による、「大学の研究の中にも役に立つものがある」の二つを紹介されたとき、満場が何とも言いようのないムードに包まれたからである。もともと座談会の席におられた藤掛氏からは、御自分の意見として紹介された「…………役に立たない」は真意を伝えていないというコメントがあったが、第3日目の午前「伝熱トピックス」セッションにおける同氏の講演「自動車用エンジンにおける伝熱の諸問題」を伺えば、企業における研究課題と、われわれ大学人の研究指向との間の隔絶は歴然としているように見える。一方、中山氏の「…………役に立つものがある」の方も、必ずしも大学の研究に対する好意的評価ではなく、これも第3日目の講演「エレクトロニクスと伝熱」や、かつて「伝熱研究」に書かれた記事（vol.23, No. 88, pp. 53-58, 1984年（1月））を読めば、むしろ大学の研究者がもっと積極性をもって企業のニーズとの接点領域で働いて欲しいという要望が中心になっているようである。

「伝熱研究」の最近号（vol.23, No. 89, pp. 20-21, 1984年4月）に筆者は伝熱研究の未来が必ずしも明るくないという考えを述べ、その論拠として、伝熱現象が先端技術開発の中心的役割りを演ずることがきわめて稀であること、たとえ先端技術において伝熱学の知識が要求されるとしても、それはあまり高度なものである必要はないこと、歴史的に見ても、熱に関連する分野での重要な発明や技術革新は、伝熱研究に先んじて成し上げられていること、を挙げた。この考えは依然として変わらないが、今回のセミナーで、これまでになく活発だった企業からの参加者の御意見を伺うと、大学の研究者もあまり自分の殻に閉じ籠ってせずに、少し積極的に企業からの要請に耳を傾けるべきであり、またそうすることも大学人の責務ではないかという気がしてきた。もとより、学問を性急に有効性と結びつけることには疑問があり、さらにこのことによって学問自身によって立つべき基盤を危うくしかねないという危惧もある。第一、学問・研究を何のために続けるのかという問いに対する答えは、答える個人個人の自由と責任に属すべきものであって、こうあらねばならないという規範を外から押しつけるのはおかしいであろう。それでもなお、工学研究者としてのわれわれは、企業あるいは社会からの要請に無関心であることなく、むしろ進んでそれを知ろうとすることがかえって、研究に刺激と活性を与えるのではないかというのが、当夜の筆者の感想であった。

そこで、座談会を終えるに当たっての司会者の締めくくりとして、筆者は「大学人と企業人とは、もっとざっくばらんに意見を交換する機会をもつべきであり、その意味から伝熱セミナーのような企画は大変有意義であると思う」と述べたのであった。

こうして「研究と技術の接点」の座談会の方は終わったが、今思い起こしてみると、あのセミ

ナーで筆者の印象にもっとも強く残ったのは、同じ夜に行われた「乱流伝熱の研究について」の座談会に、また第2日午後「乱流伝熱の機構」セッションでの乱流研究者諸氏の実に活々とした討論であった。これこそはまさに「知ること」を最大の目的とする学問研究の姿であり、研究の世俗的効用を気にせず悠々と進められる議論を、筆者は羨しく思いつつ楽しく聞かせてもらったのであった。(1984.9)

(座談会：乱流伝熱の研究について)

「座談会」を「放談会」にした始末記

鈴木 健二郎(京都大学工学部)

霊山にこもって勉強するのだから、世迷い事も超越できるかと期待したのだが、セミナー中にさして名案も浮かばなかったし、セミナーが終ると平々凡々たる生活に舞い戻ってしまった。またたく間のうちに夏も過ぎ、いまやセミナー回想記の原稿に追われるはめになっている。

畳の上に浴衣がけで坐る座談会というのは初めての経験であったが、その後半の司会を仰せつかった。題が「乱流伝熱の研究について」と言うことだったので、その日の午後の「乱流伝熱機構」のセッションで司会をされた河村洋先生、話題を提供された荻野文丸先生、筈木伸英先生、長野靖尚先生に、“どんな形式でやりましょうか？”と聞いて見た。各先生一様に“なりゆき次第”との御返事であった。止むなく、準備もないままに会場にのぞんだが、始まって見ると賑やかに発言が相つぎ、予定の時間を無事こなすことができ、ほっとした。唯ひとつ残念だったのは、沢山参加して貰った学生諸君からの発言が引出せなかったことである。

前半の司会をなさった棚沢一郎先生からマイクを引継いだ頃には、座中に御用意戴いたウィスキーが身体中に回わり始めており、準備が無かった気楽さも手伝って全くのなりゆきまかせで終始した。大失態であったのは、記録を取り忘れたことである。“乱流とは何か？”、“乱流は渦運動なのか？”、“極めて不規則な流体運動を伴う乱流で相関がゼロでないのは何故か？”、“乱流の組織構造の発生機構は検討がなされているのか？”、“乱流伝熱促進は実際の見地から見て有用か？”……………等々多数の質問があって、それぞれに対して各先生から適切な御回答を戴いたのだが、記憶が薄れてきているうちに、座談会の内容と、座談会後の座談会(?)の内容とがごっちゃになって、こゝにその内容を正確に再現できる自信がない。このような次第なので、名

答弁をして下さった先生方には誠に申し訳ないが、回答についての記載は取止めることにする。

座談会と放談会とで、どこにどのような違いがあるのか良くは知らないが、記録を取らなかった故で放談会的になってしまった面がある。これはその始末記(始末書?)である。兎も角、その後非公式の座談会があちらこちらで続いたようである。そこでは学生諸君の発言もあったようであるから、公式の座談会の役割の一端は果せたのかも知れないとも思っているが、「放談会」でない「座談会」を意図されたであろう菱田幹雄先生には申し訳なく思っている。こゝにお詫び申し上げる次第です。

(伝熱トピックス)

(1) 「伝熱トピックス」のセッションで考えたこと

架 谷 昌 信 (名古屋大学工学部)

プログラム最終の「伝熱トピックス」の司会をおおせつかった。そのときの印象を雑感をまじえ手短かに述べ責めを果たしたい。

本セッションには3件の講演があった。いずれも先端技術の中核に係わる伝熱問題が企業内研究に永年努力された3人の講師によって紹介され、伝熱の役割の重要性、現象の複雑さなどが躍動的に説明された。講演の内容は本紙面上で各講師より概略説明を受けるはずであるので割愛するが、雑としたなかにも生き生きとした諸現象が語られるにつれ、日頃体系化のべールにつつまれややもすると硬直化しがちな大学研究に多少のいらだちを禁じ得ない筆者にとって好都合な刺激となり、想像のあちこち飛び交うなかたちまちにして時間が経過し、時に司会者の立場を忘れるほどでもあった。

産・学の研究協力等に研究の有り方が今日ほど社会の深部と深く係わっている時代は過去にないと思うが、大学研究にとって実際技術の厳酷な現実からのフィードバックを謙虚に学び、分析し、再構築することがいかに重要なものであるかを新めて痛感するとともに、社会トータルの研究開発の最適化のためには、融和しうる点、融和し得ない点さらに融和すべきでない点の3点が存在することも又再認識した次第である。研究開発、技術確立に社会の発展・成熟が今日ほど深く依頼している時代はなく、そのこと自体に将来に亘る不安と疑義を感じつつ、研究とその研

究の基礎の上に立つ専門教育というもののむづかしさとその深さをも同時に感じさせられたわけである。

他のセッションとの特異性、司会者の未熟さもあってディスカッションがその割りに低調で微細事に終始したのはやや残念であった。本当の所は時間が足りずディスカッションの温度を所定温度に到達させるためのフォーリエ数に無理があったというのが実情と思われる。明日を荷担う孫子の弟子たちとともにこの種の問題を語り合うためには一回分のセミナー全体をかけるほどの価値は十分あると確信し、不完全なままでもそのようなセミナーの実現を提案して結びとしたい。

個人の事情で2日目の深更に会場に到達し、相変らずの熱気は感じつつ十分には混合し得ないまま最終セッションに望んだため筆者の誤解に基づく感想となっているかも知れないが、土台と熱気には満足するとしても、若人の集いとしては現実肯定の議論のパーセンテージの高いことが気になったことも付記したい。

(2) これからの「伝熱」

— 伝熱セミナー参加の感想に代えて —

中山 恒(日立・機研)

セミナー最終日である18日の「伝熱トピックス」で「エレクトロニクスと伝熱」と題して話す機会を与えて頂いた。木曽の山中に入るのは初めてであり楽しみにしていたが、残念なことに全期間参加できず、講演前日の夜会場に到達する始末となってしまった。こういうわけで伝熱セミナー参加の感想を述べる資格にはいささか欠ける。そこで話の要約と今後の伝熱研究に関する感想を記してみた。

工業技術の発展の歴史のなかで最初に「モノ」が出来て次に基礎研究が発達して技術を成熟段階に導くというパターンはしばしば繰返されてきた。私の講演主題であったエレクトロニクスは周知のように、今日、技術の展開が最も速いものである。ここでいう「モノ」とは集積回路のチップを初めとするハードウェアであり、基礎研究とはハードウェアを設計したり製作する際に考慮すべき熱と流れの問題に関する研究とご理解頂きたい。講演では主として経験に基づいたモノ作りには巨大な障壁が見えてきており、伝熱の基礎研究の必要性が広く認識されていることを述べた。集積回路の微細化を進め、またコンピュータをはじめ各種の電子装置の実装密度(部品数/容積)を更にするためには多くの基礎研究課題がある。これらの課題のうち電子機器の冷却

に関しては過日発行の「伝熱研究」に紹介し、また伝熱シンポジウムでも発表してきた。主な項目は次のものである。

- (1) 矩形形状物体（パッケージ）が配列された平板間流路における流れと熱伝達、および伝熱促進法
- (2) 発熱体に大きな力を加えずに、柔らかい接触のもとに吸熱する接触熱伝達
- (3) 小さな発熱面から発泡を促す沸騰熱伝達の促進法
- (4) 密閉空間で複数の発熱源が存在する場合の自然対流パターンの予測
- (5) 上記の研究に必要な温度、熱流、流れの計測法

今回の話では集積回路の基板材料となる半導体単結晶を製造する際の問題にも触れた。この問題の難しさは結晶欠陥の発生というマイクロな尺度の現象をヒーター入力とか結晶の引上げ速度といったマクロな尺度の手段でもって制御しなければならないところにある。マクロ手段とマイクロ現象の間には多数のステップと関連要因間の干渉がある。主な影響要因を識別し、その影響度を定量的に明らかにしてゆく仕事には熱と流れに関するかなり突っ込んだ研究が必要である。こうした仕事は材料屋と伝熱屋が協力して取り組まないと進められない。

冷却の問題にしても単結晶育成の問題にしても、伝熱屋のみで取り組める問題ではなく、他の領域の研究者との協力を必要とするいわゆる境界領域の問題である。こうした境界領域の問題はエレクトロニクスに限らず他にもあり、今後増加し続けると考えられる。今日見られる境界領域の問題を大学でとあげる場合、原子力、ガスタービン、核融合など重厚長大装置に関連する基礎研究とはかなり異なり、とり付き難いことは確かである。従来これらの装置から生じた問題は、現象自体は複雑で研究が難しくてもある程度の普遍性を備えた研究を目指すことができた。一方、今日新しく発生している境界領域では、少しでも実用に近い課題の設定をしようと試みると、限られた適用しか考えられない研究になりがちで、普遍性を備えた研究をするのが難しい。いわゆる各個撃破的研究になってしまうわけであるが、ニーズの高まりに応じて研究が行なわれ、そのような性格の研究論文が増えることは予想される。その結果、伝熱研究全体を見渡したとき、まとまりがないように見える傾向は今後強まると思われる。伝熱セミナーの後、米国のナイアガラフォールズで行なわれた米国伝熱会議にも参加したが、米国でのこうした傾向は強く、多様化した伝熱研究に少しでもまとまったイメージを与える工夫が論じられていた。National Science Foundation ではエネルギー、エレクトロニクスなどさまざまな適用分野を包括し The-mal Systems Program の名のもとに大学への研究費支出を行なおうとしている。

本稿のしめくくりとして次の私見を記しておきたい。伝熱研究は今後ますます広がり深みを

要求され、多くの研究者を必要としている重要な分野である。じっくり腰を据えてかかる研究と平行して、非常なスピードで量をこなす研究も要求されている。発表される大量の研究論文を消化し、普遍性を備えた技術情報のmassを形成する仕事、これら大量の情報を実際に使い易く提供するソフトウェアを作る仕事、などが重要になってくる。こうした仕事にも一種の独創性が要求されるわけで、研究における普遍性と独創性に関する観念の枠を広げる必要がありそうである。

企業の研究者の場合、普遍性を持った理論的うらづけが無かったり、あるいは実験データが系統的に得られていないと、学会で発表できないと思いがちで、この固定観念が企業からの発表を妨げてきた要因の一つになっている。たとえ狭い適用範囲しか持たない研究成果であっても、他の技術者の参考になるように正確に報告されれば価値がある。発表することによって他社の技術者にも同様の発表を促し、あるいは大学の研究者に基礎研究のテーマのヒントを提供し、伝熱研究全体がますます活性化すれば自らも大いに利するはずである。

(3) 伝熱セミナー雑感

福山佳孝(東芝総研)

伝熱セミナーは参加するのは今回で二度目である。初回は東北大学のセミナーハウスで行われた、もう7年ほど前のことであり、学生だった私も講演と夜の部を楽しんだのを覚えている。

恥しい話ではあるが、私の伝熱セミナーの記憶といえば夜の二次会の事ばかり(夜遅く迄諸先生方の酒の上の話しを聞いた事)で、今回“ガスタービンに関する最近のトピック”という講演を依頼され、正直何をどう話していいか見当がつかなかった。幸いな事に私の講演日時は三日目で、初日、二日目の先生方の講演を聞いて参考にさせてもらおうとOHPを用意しただけで他に何の準備もせずに参加した。二日間諸先生方の講演をお聞きするうちに私の心境は、何とかなるだろう→何とかなるのかな→何とかならないものだろうか→何とか……と変化してしまった。講演者の方々のお話しがいずれも聴講者が一時間の間飽きない様なまとまりとポイントを持っているのである。私も単なる参加者であれば、なるほど講演とはこの様にするものか、と感心しておれば良いのだが、今回はそうはいかない。そこで、依頼されたのは私どもで持っているある種の情報をできるだけ正確にお話しする事で、もとより上手な話を期待されていないと開き直り三日目の講演を行った。私自身不慣れな為聴講者の方々には、わかりにくい点が数多くあった事をお詫びします。

さて、講演内容について簡単に触れておこうと思う。“ガスタービンの伝熱・流動”という題目ではあるが、その中でも私どもが比較的多くの情報を持っているガスタービン翼の冷却という点に限らせていただいた。周知のように、ガスタービン／蒸気タービンの複合サイクル発電プラントの構想は、エネルギーの有効利用の見地から重要なもので、熱効率45～47%程度の従来型から熱効率55%を超える将来型へと、ムーンライト計画を含めて研究開発が進められている。空気冷却のガスタービン翼は、高温ガスタービンの実現に現在最も重要な役割をはかしているが、より高いガス温度をより少ない冷却空気量で実現する為に、実に多様な構造が考案されている。この冷却翼を最近の文献、パンフレット、特許等から選択して説明した。特にこの種の冷却翼では、考案された熱的に良好な構造を実現する為の精密製造加工技術の進歩が重要な因子となる。又高温化の為に水冷却ガスタービン翼の研究も古くから行われているが、近年ゼネラルエレクトリックから報告されている発電プラントを対象とした研究例について説明した。特に動翼の水冷却は、工学の全ての分野の問題を含む高い技術を必要とするもので研究課題も多い。現状では実現性は“？”である動翼ではあるが、この研究課題は他の分野にも充分応用できるものであり、一研究者としては今後多くの人々の成果を期待している。

伝熱セミナー名物夜の部は今回も盛況であった。初めての時の思い出もあり、今回も日ごろお話しできない先生方や他の企業の方々と酒を飲みながら軟硬とりまぜてお話しできるのを楽しみにしていた。私もいくつかの部屋をお邪魔し、楽しい時間を過ごさせていただいた。今回は特に（私の知る限り）乱流関係の研究が行われている若い先生方が多く、酒が入っても深夜迄、その種の議論があったとか無かったとか聞いている。

私個人として今回非常に残念に思っているのが、天候が優れなかった事で、講演をescapeしても御岳を見ようと思っていたが（すみません）天の負の配慮により実現しなかった事である。又もう少し学生の参加者が多いと良いのだが、伝熱セミナーはあまり有名でないのかな、などといらぬ心配をしたりもした。

以上取り留めの無い事を書いて来たが、最後に、菱田先生、長野先生をはじめ準備委員会の方々に、良い機会を与えていただいた事と、セミナー運営の御尽力に対して深く感謝します。

(4) 伝熱トピックスでの話題提供について

藤 掛 賢 司 (豊田中央研)

伝熱トピックスというよりはむしろ企業側から物に関連した伝熱的問題の実例として“自動車用エンジンにおける伝熱の諸問題”と題して紹介させてもらった。

自動車の開発あるいはトラブル対策において伝熱の見地から対処しなければならない問題は非常に多い。とくに排気規制と低燃費化、高出力化(ターボチャージャー装着等による)に関連して熱問題が急増しているのが実状である。したがって、セミナーで自動車における最近の熱問題について紹介するにはあまりにも時間が短かすぎるためにエンジン供給系、筒内燃焼室周辺の伝熱問題に限定したが、それでも時間が短かすぎわかり難い話をしてしまったような気がしている。御興味のある方はお手数でも伝熱セミナー講演要旨集を御覧いただきたい。

さて、伝熱研究の20周年記念号(第84号)に伝熱研究雑感(P75~77)と題して多少失礼を承知で書かせてもらった。そのために伝熱セミナーでの座談会の席上で冷汗をかくはめになったのだが……。

前号(第84号)には、我が国における伝熱に関する研究発表は伝熱シンポジウムをはじめ毎年増加しており、喜ばしいことではあるが、企業の立場からは魅力を感じず講演が極めて少ない。それはどうしてであろうか。棚沢先生(東北大名誉教授)によれば、良い研究テーマは企業が困っている諸問題の中に点在していると。逆に言えば伝熱に関する研究テーマの大部分が企業の困っている諸問題の中から選ばれていないから魅力を感じないのであろうと書いた。

多分、研究者側からすれば困っている問題がどんなものか判らないと言われるだろう。企業側からすれば学会の場で困っている伝熱の諸問題について話題提供する道はほとんど閉ざされていると言いたい。

以前、伝熱シンポジウムにオープンフォーラムがあり、企業側から話題提供する機会もあった。どういふ理由で中止されたか知らないが今は伝熱セミナーがその唯一の場になったように思う。昨年の伝熱セミナーでの伝熱トピックスは大変好評であったと聞く。今回のセミナーでもまた然りであった。今後の伝熱セミナーでは企業側からの話題提供の数をさらに多くなるような企画をお願いしたい。

木曽御岳の中腹で伝熱研究会の皆様と楽しい3日間を過ごさせてもらいましたが、たゞ残念であったのは3日間とも御岳の頂上附近が厚い雨雲に覆われて一度も頂上が見られなかったことであ

る。私の心掛けが悪かったせいかもしれない。

大変勝手なことを書かせてもらいましたが、こういうことを自由に書かせてもらえるのが伝熱研究の良いところである。多分、この拙文に不快を感じられる会員もおられると思う。伝熱研究で反論されることを期待しています。

<第18回伝熱セミナー特集>

〔参加者側からの所感〕

(1) ふたたび「乱流」について

千葉徳男(広大・工)

去年のセミナーのメインテーマが乱流で、今年もそうである。来年のセミナーは伯耆の大山であるが、テーマに乱流がでるだろう。

去年の本号で「乱流」の定義についてすこし書いたが、ことしも同じことをいわしてもらおう。筆者が「乱流」の定義にこだわるのは、それがないと論理的な討論ができないからである。つまり、乱流の定義は乱流研究の土俵となるものだからである。

まず、乱流の定義はなくても、だれでもがこれは乱流だろうというような流れが存在する。たとえば、 Re が 10^4 程度で、入口から十分奥まったところにある平行平板間の流れ、あるいは円管内の流れ、つまり発達した平行平板間の流れ、あるいは発達した円管内の流れといわれるものである。おそらくノズルからある程度以上離れた自由噴流内の流れも乱流である。

一般に流れは境界条件が定まって、はじめて確定する。したがって、乱流もまた境界条件の数だけ存在する。つまり境界条件に特有の乱流が存在する。これらの乱流に共通の、しかも基本的な性質があきらかとなったとき乱流の定義が可能となる。これらの性質は本質的に測定以外からは出てこないはずである。現在、観測結果としての「組織的構造」が問題になっているわけであるが、筆者のいいたいのは、それだけが乱流の性質なのか、ほかにないのかということである。

乱流について、まずいわれることは「不規則」ということである。そこで、まずやらなければならないのは、本当に不規則なのかという確かめである。これをやるための方法としては「推計学」しかない。推計学的に不規則であるためには、得られた測定結果が無限母集団から無作為抽出された大きさ n の標本でなければならない。ここで、われわれにとって重要なことがひとつ出てくる。これをオイラー速度についていうと、いわゆる「定常乱流」でないと、取り扱いが非常に困難になるということである。一般に推計学でやるのは標本から母集団の性質を推定することであって、もっとも簡単なのは平均値の推定である。

エンジンのシリンダ内の流れを考えてみると、これは「非定常乱流」と考えざるを得ない。

「非定常乱流」におけるオイラー速度を考えてみると、これはN個の異なる母集団のおのおのから一定の順序にしたがって無作為抽出された大きさnの標本ということになる。この標本から母集団を推定するのは、筆者の手にはあまりそうな気がするが、あるいは手があるのかもしれない。いずれにせよ、いま伝熱研究界でとりあげられている大部分の問題は定常乱流であるから、この点はあまり心配しなくてもよいだろう。

N-S方程式は流れの基礎式であるといわれる。筆者もそれを信ずることでは人後におちるものではない。しかし、この式は一般的な式であるため、流れのなかの特殊現象である乱流を記述するための要素が式のなかにあらわには示されていない。そこでレイノルズ方程式ということになるが、もともとレイノルズ方程式はN-S方程式から導れたものであるから、その根底にある思想は力の釣合であって、そのもつともよい例は「レイノルズ応力」といういいかたである。この言葉には統計的な響きがないうえ、そのような側面が強調されたこともない。それが筆者の不満である。

一般的にいつて、学問が進歩するにつれ、幾何学的表現が代数的表現に代り、それだけ抽象的になっていくのが歴史の流れである。現在の乱流研究では渦とか組織的構造とか、可視的な形状が問題にされ、それらに数値が伴っていない。そのため発表を聞いている方は、流れのなかにそれらの幾何学的形状の存在することはわかって、全体としての流れ、すなわち乱流については何もわからないという状況におちいってしまう。これが現在の乱流研究の現状である。

最後に筆者が結論としていいたいのは次のことである。乱流について議論するならば、まずN-S方程式をもレイノルズ方程式をも忘れて、虚心淡懐に現象を統計的に記述すべきである。このことによって乱流現象の本質がはっきりとされ、「乱流」の定義も可能となるであろう。組織的構造の議論はその次の問題である。現在の乱流研究は木を見て森を見ていないといいたい。

来年のセミナーでは森の話の主テーマとしたいというのが筆者の希みである。

(2) 伝熱セミナー雑感

堀 正 倫（京工繊大）

セミナーも終りに近づき最後の朝食をしている時に長野先生より何か書くようにとの事で、それまでのんびりと聞いていた罰かと思ひ、思いつくままに今回のセミナーに参加した印象を書かせていただきます。

7月16日の昼前に国鉄木曾福島駅より準備委員会でチャーターしていただいたバスに乗って、

木曾御岳の南山麓にある名古屋市民御岳休暇村へ向った。途中、御岳信仰が今なお盛んである事や、愛知用水の水源である牧尾ダムなど眼前に広がる雄大な自然の景観に心をうばわれつつ、また、本年度のセミナーに期待するところの胸ふくらむ小1時間であった。休暇村のセントラルロジは建物も快適なものであったが、特に食事が良かったと思うのは小生だけではないはずである。参加人員は90名余り、自動車で来られた方々もかなりおられたようで、信州巡りの拠点とされた方も数多かったようである。

伝熱セミナーの特色として例年人里はなれた所での合宿的性格があり、今年度は御岳登山も可能だということで楽しみにしていた方々もおられたように聞いているが、あいにくの雨で、今回のセミナーの準備委員長でおられる菱田先生の開会の挨拶にもあったように、残念ながらこの楽しみは無理だったようである。

毎年のことながら今年度もまた皆熱心で、伝熱シンポジウム等では聞かれない種々の点についての討論ができた事は貴重な収穫であった。第1日目のプログラム「伝熱研究の展望と解説」では小林、植田両先生の長年の御経験あふれるもので、参加しておられた学生諸氏にも問題点の理解が十分にできた事と思われる。夜にもたれた懇親会およびその後のビール片手の“個別”懇親会も例年の事ながら又楽しいものの一つであり、伝熱セミナーの意義を感じる所であるが、夜遅くまで話のつきなかつたグループもあったようで翌朝のプログラムぎりぎりまで寝ておられた諸兄も見られるほどであった。

2日目の「伝熱促進と熱交換器」及び「乱流伝熱の機構」については、主として企業側の伝熱促進に対する技術的問題と、大学における研究の主眼とするところの大きな差が見られたような気がして、これはそのままその夜の座談会に持ち込まれた気がする。乱流伝熱に関しては世界のトップレベルにおられる四先生方の話しは乱流伝熱の研究を行うものにとっては非常に興味のあるものであり、このような話しをまとめて一度に聞けるのもセミナーのおかげだと思う。以前の「伝熱」と云う言葉のもつイメージと現在のマイクロな「機構」あるいは「構造」と云うものとは大きなちがいがあり、実験的な立場からは速度および温度場の同時測定や可視化測定が可能になって来た事も、変動項の取り扱いを非常に重要にした大きな要因の一つであると思われる。現在の乱流伝熱もしくは乱流輸送を考察する上での中心となる立場、およびバースティング等を考慮する際に問題となる乱れの各変動成分を「象限」に分割して考える方法等を主体として各々話がなされ、また、可視的実験の映画も現象を連続して日に訴えるという点で、可視化のすばらしさを見せていただいたと思う。これらの話がそれぞれ境界層内にワイヤーを置くいわゆるタービュレンスプロモーターのある場合、成層流および円管等のそれぞれ異なった系で、しかも複雑な流れであるにもかかわらず、今回話された中ではそれぞれの考え方に根本的に大きなちがいが

表面に出ていない事、温度と速度の相似性も含めて取り扱いがますます細かくなっていく傾向にあるが、根本的に伝熱現象を「量」的にコントロールするものはいったい何であるのか等についての各先生方の私見も含めて御考えをもっと聞かせてほしかった。また、これらの伝熱機構の解明もその目的とするところの一つには伝熱促進というものがあり、実際に「物」を生産する側からの午前のお話しの基本的考えもしくは立場を説明し得るものでなければならず、これらがつながってより大きな系としてまとめなければならない気がした。

最終日の「トピックス」に関しても、2日目の熱交換器とはちがった意味での現場での伝熱問題であり、興味深かった。

短い間ではあったが、参加した事に対する満足感と「来年もおもしろい企画をしますよ」と云う千葉先生の次年度の抱負に期待して、解散後準備委員会で用意していただいたデラックスなバスに乗車人員18名というゆったりした気分で名古屋駅まで中央道を快適に走って帰路についた。

乱流伝熱をやるものとして本稿の興味の中心がそちらにかたよった事をお詫びすると共に、菱田、長野両先生をはじめ準備委員の先生方の御努力に感謝いたします。

(3) 第18回伝熱セミナーに参加して

門 谷 院 一 (小松製作所技術研究所)

伝熱セミナーは合宿制であり、伝熱研究に関する種々の問題について時間の制約をうけずに話し合うことができ、とても有益であると聞かされていまして、いつか参加してみたいと思っておりましたが、会社を数日間も留守にすることには中間管理職の立場にある者として多少抵抗があり、これまでは仲々ふんざりがつかず参加を見送っていました。しかし昨年暮れに名古屋工業大学の菱田教授にお会いした折、私の現在行っている研究に役立つからと、セミナーへの参加をすすめられたこと、今回のセミナーで講師に世話役にと大活躍の名古屋工業大学の長野助教が大学院時代の同期であり、彼のその後の研究に非常に興味をそられたこと、乱流伝熱に関しては世界的に有名な先生方の講演が一度に聞けるということ、講師として企業からの人もかなりおられたので、実際的な話しも聞けそうだということ等から思いきって参加してみました。

会場は山奥の名古屋市民休暇村で環境は3日間のセミナーに没頭するにふさわしいものでした。企業の場合3日間も会社を留守にするのは難しい為か、全参加者90名のうち企業からの参加者は僅か20名足らずでした。高名な先生方も多数見受けられましたが、会場の雰囲気は学会等と違い余り緊張感はなく、むしろかなりリラックスしたものでした。セッションは全体を通じて、内容を

できるだけ参加者に解りやすくしようという講師の方々の努力が感じられ、この辺が伝熱セミナーの良き伝統かなと思われました。

初日は熱定数の非定常測定法と沸騰二相流の熱伝達に関する講演の後、全員浴衣による懇親会がありましたが、浴衣という気軽さにアルコールも手伝って、かなり打ち解けた雰囲気の中で伝熱研究についてざっくばらんに話し合うことができ、とても有意義でした。懇親会の後は、船舶技術研究所の徳田仁氏の御誘いにより御部屋を訪門し、氏と同宿の企業より参加の3名の方を交じえ、伝熱研究やエネルギー問題等につき夜遅くまで語り合いました。他の企業の方々とこのような形で自由に話し合う機会が仲々ないだけにとても貴重な一時でした。

さて期待していた乱流伝熱に関するセッションは、2日目の午後開催されました。4人の講師の先生方より、繰り返し乱流の組織的構造なるものについて説明がありましたので、その概要を何とか把握することができました。ここで得られた乱流に関する新しい知識は、会社での研究開発に直接にすぐ適用できるというものではないようですが、今後の研究開発の方向を決めるのには随分役に立つのではないかと思います。この日の夜も前夜と同様浴衣による座談会が行なわれ、研究と技術の接点というテーマで大学側及び企業側からかなりの発言がありましたが、今一つ議論がかみ合わなかったように思いました。ただ議論の終わり頃に、関西大学の勝田教授が言われた「確かに原理的に良いものを最初から取り上げて、その実現に向けてつき進んで行く方が結局最終的には早く良いものができるが、企業においては期限の制約があるため、なかなかそういうアプローチを取らしてもらえない場合が多い」という御言葉は、私自身常日頃感じていたことだけに、多めに共感を覚えました。

最終日は午前中のみ伝熱トピックスに関する講演がありましたが、講師はいずれも企業の方だったので、内容はいずれも製品に直接結びついたものであり、それだけに迫力があり又大変参考にもなりました。

3日間に渡るセミナーを振りかえってみて最も強く感じたことは、大学における研究と企業における研究の間にはかなりのギャップがあるということでした。これは当然のことと云ってしまえばそれまでですが、もう少し両者の歩みよりも必要なのではないかなと卒直に思いました。運営の点からは大変に良く計画されていたと思いますが、欲を言わしていただければ、座談会のテーマをもう少し具体的なものとし、人数もいくつかに分けて行ったほうが、よりつつ込んだ議論ができたのではないかと思います。

最後に今回のセミナーの準備に、運営にと大変に御苦労された準備委員の方々に心より御礼申し上げます。

(4) 第18回伝熱セミナーに参加して

熊田 雅 弥(岐阜大学)

もう何年か前に、そしてその場所がどこにあったか忘れてしまうほど“昔”に伝熱セミナーに参加して以来、本当に久しぶりに、地元での開催ということもあって参加しました。

そんな私に“参加しての感想”を書く様に準備委員会の先生に言われましたので、“さて、何を書いていいの？”と考え、参考までに“昔”はどうであったかと思い出しているのですが、はっきりしません。

そこで伝熱研究を少しあたってみると、開催にあられた準備委員会の諸先生方の御苦労の賜と思われるほど、セミナーの内容は毎年、特徴のある充実したものであったことがわかりました。

ただ今年の伝熱セミナーの帰途、車中でふと思ったことは、“昔”とどこか違うという感じがしたことです。それが具体的にどんなことか、今一度講演要旨集を見てみたら、“消化不良”と時間不足による“欲求不満”であることがわかりました。

所用で遅れ、「伝熱研究の展望と解説」というテーマの小林、植田両大先生のお話はお聞きすることが出来ず残念でした。

興味があった、「乱流伝熱の機構」は、充電するには非常によい機会でしたが、乱流伝熱機構のモデル化における計算上および実験上の現在の問題点は何かという総括的なことが大なる“消化不良”の様でした。出来れば司会の河村先生を含めた鈴木、荻野、笠木、長野の諸先生方による、この点の討論がお聞きしたかった。

また最後の日の「伝熱トピックス」は、もう少し時間をかけてお話がお聞きできたらと思った。

一方、今まで伝熱セミナーに参加された方々の感想の中で、最も期待が大きく、楽しい懇親会および座談会は、“昔”と全く同じで今年も非常に楽しいものでした。ただ起居を共にしているのだから夜を徹して語り合うことも可能でしょうが、もう少し少人数で話す時間的余裕があったらと思いました。

しかし“消化不良”にしても“欲求不満”にしても、“昔”はただ、大先生のお話を一生懸命聞き、理解することが精一杯であったことを思うと、これは、私がそれだけ老けたことを意味するだけに、今年のセミナー参加の成果は、最終的にはこの辺にあるようです。

最後に、セミナーの間中生憎天候が悪く、木曽の御岳高原の美しさを楽しむことが出来ませんでした。この様な所で勉強の機会を与えて下さいましたセミナー準備委員会の先生方および講

師の先生方に心からお礼申し上げます。

(5) 伝熱セミナーに参加して

徳 田 仁(船 研)

準備委員、講演者の方々の並々ならぬ御苦労により楽しく参加させていただきました。感謝を表すにはあまりにもお粗末ですが1ページを埋めさせていただきます。

私がセミナーに参加させて頂いたのは東京八王子が初めてで、その後運がある時折、数回参加致しました。その都度準備委員の方々の大変な苦労の場所選定、プログラム作製・進行のお陰で有益な多くの思い出を作っていただいています。初めの頃は先生方や参加者、セミナー自体が若く、フロアからの発言も活発で講演者が誰かなかなか見極め難かったのですが、大変楽しく聴かせて頂きました。その後は講演者の工夫のためか、講演会とは趣きを異にした読切の話としてまとまった内容となり、聴くだけで全てが判った気になりました。しかし質問の方はワンパターンになった感もありました。この頃から企業側からの参加も多くなり、特に同業会社間の方々の迫力ある会話を傍聴できるのはこの機会以外には無いと思います。

今回は準備委員の方々の卓越した構成力とこれをよく理解された講演者の方々により前回に続き、より焦点の絞られた、しかも内容の充実したセミナーのようでした。その内容紹介は長くなるということにして省略します。毎度の事ですがこれらを理解するにはやはり準備委側で周到に選択された場所と、夜の部の各界名士による解説が不可決です。前回の高野山では分野は異なりますが千年の伝統を誇る学会の大きな仏像によって、大金を掛けて有難い物を造らなければ拝観料はとれないことを示していただきました。もつとも多くのパーソナル仏像もかなり活躍していたようでしたが、今回も前回同様雨ばかりでしたが、雲を見れば乱流が分るという話も出たので、近くに行けばよりよく分ると浅はかにも考え、準備委側で用意して頂いた御嶽ブローグ先端に行きました。ブローグ上は白く、ゴォーと音を出していました。前日教えていただいたパーストはこれかと思いつつ、スイープを待ちましたが途中1回観察しただけで先端では残念ながらスイープの観察はできませんでした。しかし講演だけでなく解説にあったレイノルズや、昔の彫刻・絵画あるいは唐卓礎様に描かれた乱流の一部を見た気がして人交感激致しました。乱流隠し絵説もあるそうですが、今後共新しい道具や大金をかけた有難い描写が期待されます。これらの絵が人々に有難かられるならば、これをまねた熱交換器は、本質はどうあれ、市場に受入れられ易いと思われれます。今後も準備委員の方々には御苦労ですが楽しい話と場所を期待させていただきます。

<国際会議報告>

(1) スターリングエンジンと伝熱工学

一 色 尚 次 (日本大学工学部)

この6月下旬、私は3年半ぶりに中国を訪問した。主目的は第2回国際スターリングエンジン会議に出席するためである。同会議には全体で約50編の論文が提出されたがそのうちの約1/3強が日本からの論文、1/3弱が地元中国からの論文、残りがアメリカ、イギリス、イタリア、カナダ等の諸国であった。まずはスターリングエンジンの開発がこのような国際会議を成立させるほど成長期に達して来たこと、および中国の技術革新が急速度、かつ熱心に進んでいることがわかったことは最も大きな成果であった。

私はこの会議の副主席のうちの1人であったので開会式であいさつをしたが、その中で、「かくも広大で、農業廃棄物、石炭、ソーラー、メタンガスなど無数の多様燃料がある中国で燃料の種類を問わないスターリングエンジンが開発されることは極めて有意義な事である。またスターリングエンジンの研究には多くの独創性が要求されるが、かつて、文字、紙、火薬、ロケット、磁石、石炭利用、など多くの独創的技術を創り出した中国でこそこの新技術の開発が最も期待できるであろう。」という意味の事をあいさつした。

そしてこの会議で出された多くの論文や、また多くのディスカッションの結果、スターリングエンジンの近い将来の発展方向には二つの大きな方向があることが確認された。その一つは開発途上国や農山村向けに、石炭や薪炭、もみがら等何でも燃やして熱源とし作動流体が空気の簡単な低速、低出力比万能エンジンであり、もう一つは先進国向けのヒートポンプ駆動用や野外発電用やヨット用等のオーソドックスなヘリウム使用の高速高出力比エンジンである。

そしてすでに日本を含めた各国でかなり実用に近いエンジンが完成しつつあることが示されたのは誠にゆかいな事であり、スターリングエンジン会議の氣勢は大いに上ったと云えよう。

さてこの「伝熱研究」誌上に私が何故このスターリングエンジンのことを持ち出したかということ、それはよく知られているように、スターリングエンジンは外燃機関であるので、ボイラや原子炉や、密閉サイクルガスタービンと同様に、その中心技術は何といっても伝熱技術であるからである。スターリングエンジンでの伝熱に関連する項目を挙げると次のようになる。

- (1) 燃焼ガス、火床、ソーラーなどの外部熱原からエンジン高温壁までの伝熱。

- (2) 高温壁から作動ガスの高圧ヘリウムへの準非定常伝熱。
- (3) 金網などの多孔材で形成された熱再生器を往復するヘリウムと多孔材との非定常伝熱。
- (4) エンジンの低温側において同様に、ヘリウムと壁、壁と外部冷却材、(主として冷却水)との間の伝熱。
- (5) エンジン本体、ボルト等を伝わって高温側から低温側へ直接通過する熱伝導損失。
- (6) エンジンのスタート、負荷変化時等における各部の非定常温度変化。
- (7) ピストンリング、メカニカルシール等の冷却に関する諸問題。

等であって、これらの個々については既にボイラ、原子炉などで経験された事項が適用できるが、スターリングエンジンでは、それを、もはや完成の域に達している内燃機関には対抗できるだけコンパクトで軽量化の形の中にまとめなければ意味がないという点に大きい難問が発生し、ボイラならボイラだけ、原子炉は原子炉だけで完成させればよかった今までの熱材器にくらべて誠に異常な困難が存在する。

具体的な一例としては内部ヘリウムの存在する全空間は、ピストンの変位空間にくらべて1.5倍以内くらいに納めなければならないのに、同時に内燃機関での燃料の爆発時なみの大きな伝熱量を持たねばならないことと、ピストンの稼動によるヘリウムの流動抵抗が内部圧力変化の1%以下に納めねばならない、という三つの互いに相反する条件を満足しなければならないし、更に小さくすればする程高温部から低温部への直接熱伝導損失が大きくなるのをいかに防ぐか、ということと、精密化する程エンジンの価格が増すのが困るという二つの大問題も加電される。これらの事情は上記の7つの伝熱項目のどれでも同じである。

よってスターリングエンジンの設計はボイラのような個々の部分だけの設計が優先するものよりも遙かに総合的工学設計の方が優先し、まるでこみいった迷路の中からとにかく通り抜けられる妥協点の通路を見付けるのがやっとということになる。

すでに少しでも問題を解決し易くするため、ヒートパイプ、伝熱促進インサートや、ひれ、異形形式伝熱面、ふくしゃ増大金網等ありとあらゆる熱伝達増大作戦が試みられているのはいうまでもないが、それらは同時に死空間量と流動抵抗と工作価格を絶対に過大増加してはならないという枠にはめられるので、如何にその対策が難しいかは想像ができると思う。

それではこれだけ相反する条件があつてはスターリングエンジンの完成そのものは無理かというところ、そうではないと私は思う。すでに部品数が少なく、内外面に多くのひれを付けることが可能で、しかも通路長さが短かくて流動抵抗と死空間が小さいという円板形やパヨネット形などの加工伝熱面が、従来の主流であった多管式伝熱面より実際的であることがわかって来ているし、

ピストンリングやメカニカルシールも格段と進歩している。

また耐熱材料として加工性が良好で高温強度も強いセラミックス材料の利用も進んで来ており、小型なスターリングエンジンのシリンダーヘッドへの応用は魅力的である。その他多くの問題もすべて解決される方向に進められている。

以上のようなスターリングエンジンは伝熱工学的に見ても今までの諸成果の総合の上に成立するものであり、また他の部分もすべて従来の研究の成果の総合の上に立つもので、それはまるで色々の諸材料からエキスとなる部分を集めて一つに丸めてこね上げた上、どこから見ても玉虫色でしかも安い宝石を作るようなものであって、それはかつての内燃機関のイミテーションであっては駄目で、誰もが買いたくなる全く新しい宝石でなければならないのである。

この中国での国際会議では各国、各社が思い思いの対作の宝石を見せ合った感じで、まだどれもどこかにきずがあって売りに出されているものはいないようであった。

しかしこの宝石作りは面白くエキサイティングで、チャレンジングであり、最後のレベルの技術をコンパクトに集結させるという点で、今を時めくスーパー集積回路LSIの開発に似ているし、またそれが動く精密機械であるという点で生物体に似ている。例えば人間の腸は有機物で形成されているのに表面には大ひだ、小ひだ、いぼ、いぼの表面の凹凸、というようにLSI以上精密な四重のひれがあって大量の食物の化学的物質伝達を常温附近で完成している。そのような実例が近くにあるのにスターリングエンジンが出来ない筈がないのである。私は伝熱工学の総合工学的の頂点の一つとして、かつてはボイラ、原子炉、などがあったが、現在では、核融合、ヒートポンプなどと並んでそこにスターリングエンジンがあることをとくに若い方々に伝えて、近未来における奮起的参加をすすめたい。

今回の国際会議で、第3回スターリングエンジン会議は1986年にローマで、第4回は、1988年日本で開催されることが決まり、また日本での企画段階代表者として私になることとなったのは望外の光栄と責任を感じる。

いよいよこの方面でも日本の出番である。関連する方々の深い御理解と御協力を期待しつつ先へ進みたい。

(2) IDS '84 をめぐって

— 第4回国際乾燥工学シンポジウム(京都) —

桐 栄 良 三(京都大学工学部)

第4回国際乾燥工学シンポジウム(The Fourth International Drying Symposium, 略称: IDS '84)は本年7月9日~12日の間、京都国際会議場で開催された。その概要は主催:化学工業協会、組織委員会:委員長は京大桐栄、副委員長はマクギル大(カナダ)マジャンダール、総務統括は京大岡崎、国際組織委員会:19ヶ国、30名であり、我国における組織としては化学工学協会の「乾燥工学研究会」(代表者、河村裕治(広大)、メンバー43名)が全面的に協力した。会議参加者は250名、参加国は32ヶ国、外国人90名、我国よりは160名であった。基調講演1、特別講演10、発表報文120である。全822頁(2冊)のProceedingsが印刷配布された。正式の報告は「化学工学」に掲載されるのでそれに譲り、ここではお許しを願って、この会議をめぐるとあれこれについて思いつくままに記してみたい。

私の研究室に背を革で製本した一冊の古いノートがある。これは私の先生の故亀井三郎先生が昭和52年になくなられた時、蔵書の整理を依頼された際に見出していただいて来たもので、1929年のT. K. Sherwood先生の学位論文“The Drying of Solids”の全文を図を含めて亀井先生が筆写されたものである。Sherwood先生は有名なくSh)数で知られ、長く米国M. I. T.の教授であられたが1976年73才で逝去された。

亀井先生はこれを昭和3年(1928)M. I. T.に留学されていた時知られたことと思われる。因みに乾燥の最初の工学論文はSherwood先生が1929年にI. E. C.に発表された同名の論文である。口数の極めて少なかった亀井先生は何故乾燥に志したかについては、その報文「固體乾燥の研究」(昭9年、工業化学会誌)の冒頭において、「我国は四面環海にして降雨量多く大気湿潤にすぎ特に夏期に於て甚し。」「斯の如き気候は人体の生活機能に影響あるは勿論なるのみならず諸種の製造工業にも頗る不利なるものにして是が為に我国の蒙りつつある損害は頗る大にして発達すべくして発達し得ざる工業も又多し。」として乾燥の研究の重要性を説いておられるが、Sherwood先生の研究に触発された所もまた多大であったろう。

私は亀井先生が創設に尽力された化学機械学科(現在化学工学科)を昭和18年に卒業すると共に先生のもとで「乾燥」の研究に志して40年余この道を歩いて来た。年を経ると共に世界に同士の士をえ、またこの方面をも含むいくつかの国際会議に出席して、乾燥工学そのもので国際

会議が行えるのではないか。そして我国では亀井先生以来の伝統があり、さらに昭和35年に自然発生的にできた「乾燥研究会」がその後発展を重ねて現在も立派に活動している状況からみて我国で開催できるのではないかと考えた。しかし昭和43年に発生した大学紛争に端を発し、その後も引続いた事件に直接、間接に携わる立場にあった私はとてもこのことにふみきることではできなかった。そして昭和51年にマクギル大学のマジャンダール教授が同大学ダグラス教授の協力をえて、第1回の乾燥工学の国際会議を1978年(昭和53年)に開催するという予告をもらった時は胸をつかれる思いをした。その後1年もたたない内に亀井先生は85才のお誕生日を前にして逝去されたが先生の蔵書中から先述のノートを見出して、我国におけるこの会議の開催を同じ研究室の岡崎守男助教授と誓いあった。思い返せばその日からはや7年が経過したが漸く宿願を達することができた。

我国での開催については、「乾燥研究会」の全面的な賛成を得て申し入れたが、我国のこの方面での実績と従来の会議への参加の実績をもふまえて極めて円滑に決定された。

この会議においては、乾燥理論と各物質を対象とする最適の乾燥操作、さらにそれらに基づく装置開発と設計法の展開にその主眼を置いて、学界側と企業側とに研究を通じて、討論の場を提供して、乾燥工学展開の里程碑(Milestone)とすることを目的とした。我々工学を学ぶものは、その研究が実験に用いられ、又技術面ではその実施が理論に立脚すべきものであることが分ち難い関係で存在すべきであると信ずるからである。

会議の実際においては、

1. 世界の Top Class にある 10 名の方々に特別講演を依頼する。この間他の行事は一切行わない。特別講義は国別分布をも考慮して、米国 3、西独 1、豪 1、英 1、ハンガリー 1、ニュージーランド 1、オランダ 1、日本 1 である。

参考までに特別講演者は、米国：C.J. King (カリフォルニア大パークレー工学部長)、C.W. Hall (NSF 副理事長)、S. Whitaker (カリフォルニア大教授)、西独：E.U. Schlünder (カールスルーエ工大教授)、豪：O.E. Potter (モナシュ大教授)、英：D. Reay (エー・イー・アール・イー、ハーヴェル)、ハンガリー：L. Imre (ブタペスト工大教授)、ニュージーランド：R.B. Keey (カンタベリー大教授)、オランダ：H. A.C. Thijsen (アインドホーヘン大客員教授)。そして日本は京大の岡崎守男助教授であった。なお開会に際しての基調講演は桐栄が「GIANTS ON DRYING」と題して、先人の偉業を紹介しつつ先に述べた本会議の目的とする所を明かにした。

2. 発表報文はこれを 2 種に分けて口頭発表とポスターセッションとする。従来ややともする

と後者を軽視する風潮があるが、これを排するため、ポスターセッションに選ぶ報告は具体的な装置とか操作を中心としてMAN TO MAN の討論を行るのが最適であるものとした。また、このセッションのため半日（3時間）をあて、この半日はこれ以外の行事は全く行わないこととした。これに対しては高い評価を得た。口頭発表については、4会場の並列使用となったが、この間は口頭発表のみが行われる期間とした。

さらに近年いわゆる国際会議すれと申すのか数多くの国際会議において、報文を送りつけてそれをProceedingsに印刷させ、本人は参加しないかあるいは代読を依頼する者が急激に増加している。特に東ヨーロッパ諸国と中近東、西アジアの国において著るしい。国際会議においては自らが出席して、専門とする方面の世界の流れを知り、自らも発表して相互討論に参加し、これらを通じて今後の友人関係を確立することをその本質とするが、このような行為はその本質にもとるものであり、また会議のProgram に穴があいて会議に対する意欲と進行とを著るしく妨害するものである。今回の会議では発表を希望する者には期限を定めて登録を要求し、それを行わない者はProgram にもせずまたProceedingsにもいれないとして注意深く繰返して予告した。それにもかかわらず前述の諸国からはこの種のManuscript が32冊も送られてきたが一切受けつけず、会議終了後返送した。この処置に対して当然予期したことが某国から強い抗議を受けたが勿論受けつけなかった。外貨支払いの窮屈な国、最終的に出国決定の遅れる国からの参加者に対しては格別の取り扱いを行ったことは申すまでもない。この処置により全く止むない事由での不参加者は5名に留まり、会議は極めて円滑に進行した。

次に会議場の選定についてであるが、これは皆様ご承知の国際会議場であるので申し上げるまでもないが、極めて立派な設備と京都ならではの環境にあり、会議成功の大きな一因となっている。

「乾燥工学」という化学工学の内の極めて狭い領域で果してどの程度の人々が集るか、特に旅費のかかる我国まで何人の外国人が来るかは疑問であり、最初我国100名、外国から50名計150名と推算したが実際には前述のように250名という盛会となったことはまことに喜ばしいことである。これは我国の今日の隆盛のしからしめたことによると考える。

本会議に提出された報告の従来との違いの最たるものは、従来農学で扱われていた農業生産品の乾燥および高度の食品加工に工学がはいつていったことであり、このことは材料が細胞よりなり、不均質で生化学変化をうけ易く、衛生的にも問題の生じ易い材料として工学的扱いが敬遠されていた分野においても工学手法によらないと対応できない時が来ていることを示すものであ

う。その他材料品質に及ぼす乾燥の効果を追究して高性能あるいは高品質の製品をえるための乾燥法の展開とか、それを支える乾燥理論、さらには省エネルギー乾燥法の展開、プロセスシステムの考察、環境保全を考慮した乾燥法など次々に新たな発展がみられたことはまことに心強いことであった。

経済的な面では四財団法人の奨学会から寄附をいただいた他、数多くの個人ならびに企業からの参加によってBalanceをとることができた。企業からの参加については、当教室出身者の協力によるところが大きく、有難いことであった。

本会議の企画と実行の一切は岡崎守男助教授を中心とした研究室のStaffによって処置されたが、このため4月以降の3ヶ月間の研究推進については万止むなくかける所があったと反省している。1.か1.今回々々刺激をもととする研究の活性化は極めて大きなものがあり、今後の発展を期待することができる。

会議の終わった翌々日、小雨に輝る東山山麓の法然院にある亀井先生の墓所に岡崎助教授と共に詣でて会議の完了を報告できたことは終生忘れえない喜びとするところであった。

思いつくままに駄文を奔したことをお詫び申上げてこの一文を終らせていただきます。

(以上)

(3) 「二相流のダイナミクスに関する日米セミナー」

について感じたこと

赤川 浩 爾 (神戸大学工学部)

セミナーの概要

「The Japan - U.S. Seminar on Two - Phase Flow Dynamics」は1984年7月29日から8月3日までの5日間、ニューヨーク州のLake Placidで開催された。このセミナーは日米科学協力事業の一環として日本学術振興会と米国National Science Foundationの後援の下で、二相流ダイナミクスに関する問題を深く掘り下げて論議する趣旨の会合である。参加者は日本側20名、米国側約30名であった。内容は表題の二相流ダイナミクスに関する広汎な分野のものであり、次表のように7つのセッションに分類されている。その全容は、全講演題目を列記することにより明らかになるはずであるが、紙数の関係から省略して、セッション毎の講演数のみを示している。発表数は日本側20編、米国側26編の合計46編であり、特に意図されたわけではないが、Thermal Nonequilibrium Phenomenaを除くと、各セッション毎の発表数の日米間のバランスはよくとれている。この点に関しては次のように思っている。

セ ッ シ ョ ン	発 表 数		
	日本	米国	計
State of Research in Japan and US	1	1	2
Two-Phase Flow Regime Characteristics	5	5	10
Two-Phase Flow Hydrodynamics and Modelling	2	3	5
Decompression and Propagation Phenomena	4	3	7
Thermal Nonequilibrium Phenomena	1	7	8
Two-Phase Flow Instability	5	3	8
Studies Related to Integral and Dispersed Core Transients	2	4	6
計	20	26	46

日米セミナーは日米科学協力事業の規定により、正式メンバー数は主催者側14名、他国側7名、さらに各オブザーバー数は正式メンバーと同数とされている。実際には後記の理由により日本側参加者数は20名であった。このように限定された参加者（後期の日本側参加者以外に数名の方々には参加を要請したが、事情により参加されなかった）ではあったが、各自が自由に提出された研究テーマおよび数が日米間ではほぼ対応していることは興味深い。このことから見ると、二相流のダイナミクス研究テーマの動向は日米間で大きな差はないとは云えないように思う。米国側の研究テーマの選定に対する社会的必要性、研究対象に対する論理の厳密さ、研究手法の先進性などについて学ぶべき点が多いように思う。一般に最近の日本の技術力、工業力は輸出問題から見ても一部では米国を超えている事実はあるにせよ、その優位性は浅い表層のみであって、次の世代まで一般的な優位性を保持できるか否かは疑問に感じられる。現状に対する誤まった慢心を持つことなく、科学と技術の根源的な所で米国の底力に改めて注目すべきではなからうか。今回の二相流ダイナミクスの限られた分野のみの議論と対話の中から、米国側の持つ合理性、論理の構築性さらに人間のたくましさからくる新規開発能力の強さを感じずにはいられなかった。

セミナーの雰囲気

開催地は冬季オリンピックがもたれ、夏季は高原の避暑地となっているLake Placidであった。会場はMirror湖に面した二階建のフラットな建物のHoliday Innであった。講演内容を印刷したProceedingsは455ページに及ぶ立派なもので、論文一編当たり平均約9ページの内容豊富なものであった。発表時間は約30分で、朝9時から夕方4時半までの5日間（最終日は午前中のみ）は一見してハードスケジュールのようであった。しかし、実際には比較的少人数で討論がじやすかったことと、コーヒープレーク、昼食時など十分な時間があつたために、気持の上では余裕があり、また参加者は各自適当に自由時間をとられたので、セミナーの内容の密度が濃かった割には、気分的にゆとりのある楽しい会合であった。

米国側参加者は、organizerのProf.O.C.Jones, Jr (Rensselaer Polytechnic Institute)を始めとして、R.T.Lahey, Jr (R.P.I), S.G.Bankoff (Northwestern Univ.), A.E.Dukler (Univ. of Houston), V.E. Schrock (U.C. Berkeley), G.B. Wallis (Dartmouth College), J.H. Lienhart (Univ. of Houston), S.C. Yao (Carnegie - Mellon Univ.), W.M. Rohsenow (MIT), M. Ishii (ANL)らのこの研究分野における著名な方々であった。特にIshii博士は二相流の基礎式についての厳密な理論的基盤を示した「Thermo - Fluid Dynamic Theory of Two-Phase

Flow」の著者として有名な方であり、現在の米国の二相流分野の第一人者として活躍されている。同氏はセミナーの討論が込み入った場合には、両国の言葉で説明され相互の理解を深めることに努められて、セミナーの運営上では非常な力になっていただいた。

参加者全員はこのホテルのDinning roomで朝、昼、夕食を共にするばかりでなく、さらに2回のReceptionやOutdoor Barbeque、Banquetなどでお互いに自由な話し合いの場を持つことができたので、研究上の情報交換ばかりでなく、個人的に親密さも増すことができた。この間、日本側の若い参加者達は著名な米国側の人達にも臆することなく親しく会話を交しており、私が秘かに心配していた日本側参加者の孤立といったことがなくて、年長の私にとっては最もうれしいことの一つであった。またBanquetの際にRohsenov教授が肘にナブキンをかけた給仕姿でおどけてwineの注文にこられるなどの打ちとけた雰囲気があり、さらにこれらの先生方とも肩を組み合わせるにぎやかに写真をとるなどの光景も見られて非常に楽しかった。Banquetの後では日本側メンバーのM氏、S氏らの部屋に米国側の方々を電話で呼び集めて、共にバーボンのroom serviceで夜遅くまで気炎をあげ、この際には言葉のハンディキャップは消し飛んで日本側が優勢の感もあつたようである。今後のセミナーでは日本側はまずアルコールで舌の回転を滑らかにしてから研究の発表をしたら如何なものであろうか。

二相流ダイナミックスの日米セミナーの開かれた機縁について

このようにセミナーは研究と人的交流の両面から実り多いものであったが、その開催の機縁は1982年8月にドイツで偶然に始まった。

石谷先生と私は第7回国際伝熱会議を数日後にひかえて、München近郊のSpitzingseeのホテルで「Advanced Research Workshop on Advances in Two-Phase Flow and Heat Transfer」に出席していた。ここも、山小屋風のホテルの窓々は赤い花々でかざられ、美しい湖に面し、山の斜面では放牧の牛の鈴の音の聞かれる素晴らしい環境の所であった。ここでは朝早くから夜の8時頃までの連日のきびしいworkshopが持たれていたが、この間の、Coffee breakの立話でA. E. Bergles教授(Iowa State Univ.)とLahey教授から「前回の二相流ダイナミックスの日米セミナーは有意義であったので、第2回を開かないか」との話が出た。石谷先生(阪大名誉教授)と私は即座に賛成すると、先方から直ちに「日本側オルガナイザーは？」との質問が出た。これに対して石谷先生は「私はretireしているので、Prof Akagawaがよいと思う、詳細を相談したら」との即答があった。一方、私は日本側organizerとしてふさわしい方々の顔を思い浮べていたが、話を進行させることがまず第一であると思

って、一応は organizer を承諾したのである。しかし、本当の気持としては「国際会議のオルガナイザーの仕事はしんどいな、帰国してから他の方をお願いすればよい。」と云った程度のものであった。しかし話をつめる必要があり、私の意見として、場所の第一希望は米国西海岸、第二希望は米国側で都合のよい RPI 付近、時期の第一希望は7月末から8月、第二希望は4月末、内容は Two-Phase Flow Dynamics として二相流の広い分野を含むものを提案して、双方の了解に達した。このようにして極めて短時間で今回のセミナーの開催計画の決定がなされたのである。しかしその後、実施については当然、学術振興会、NSF への申請、許可、相互の連絡などの極めて大量の作業はあったのである。また色々な事情から私が日本側オルガナイザーとなり、米国側では Prof. Jones になった。

今回のセミナーの開催計画がこのように簡単に決ったのについては次のような理由がある。すでに 1979 年我々が日本での日米セミナーを主催し、成功させていた実績があったからである。この第1回のセミナーの成功について、関係者の努力もさることながら偶然と運が作用している。1974年の東京での第5回国際伝熱会議の際の話にもとづいて、石谷先生から二相流の日米セミナー開催の希望を聞かされた。当時の私にとっては国際会議を開くことなどは何か夢のような現実感のないものではあった。しかし石谷先生を中心とするグループの間で具体的計画を討議する間に次第に形がつくれ、最後には明日にでも実施できるような気持になったのである。

また米国側の誰と連絡をしたらよいかとの相談を受けた時に、たまたま私は古く 1968年に MIT を訪問した際に親切な案内をうけた Prof. Bergles (当時 Rohsenow 研究室の若い助教授であった) を思い出した。取り敢えず同教授に手紙を出してみることにした。当時は教授が米国の二相流分野における実力者となっておられることは寡聞にして知らなかったのである。この方との最初の接触という幸運によって先方の対応が極めて適切であり、話が急速に発展した。その結果、この「The Japan - U.S. Seminar on Two - Phase Flow Dynamics」は 1979年7月31日から8月3日に神戸の「関西地区大学セミナーハウス」で開催することができた。我々の所で印刷した 603 ページの Proceedings は後に McGraw - Hill、Hemisphere から「Two-Phase Flow Dynamics」(554 ページ)として出版されて、外国の書評で良い評価をえた。

その際の米国側は Organizer の Prof. Bergles の他、Lahey、Bankoff、Weisman、Jones (今回のオルガナイザー)、Yadigaroglu 教授の 6 名であり、日本側は Organizer 石谷教授、Coorganizer 赤川の他正式メンバ 12 名、オブザーバー、討論者を含めて 42 名であった。米国側は各人が二相流関係の論文 1 編と広汎な原子炉関連技術の総説 1 編の 2

編の発表により、各人が学問的追求の深さをもつとともに、また原子力政策に関連した原子力技術一般に通暁していることに感心させられた。一方、日本側大学の研究者は工業技術との直接の関与が少く、基礎的研究に閉じ込めざるを得ない状況にある弱点を痛感した。またこの6名のみで日本側の多数の参加者を相手として4日間の間、活発な討論を展開され、学問上の巾の広さを示された。このような前回の経験があるので、今回のセミナーの計画に際して、少数の日本側参加者では多数の米国側と十分な対応のできないことを懸念して、最終的に20名の日本側参加者としたのである。

以上が日米セミナー開催の機縁である。ここで私の思っていること「すべての事業はたとえそれが如何に大規模なものであっても、誰かが発意し、そして実施することを決意する所から始まる。」若い日に読んだリケの言葉(たしかではないが)「巖のくぼみにたまった涙の滴が突然決意して紫水晶となった」。

終　り　に

幸にも今回の日米セミナーも米国側で好評であり、開催期間中に次回セミナーの実施が提案されて、1988年に京大の岐美教授がオルガナイザーとなり日本で開催することが合意された。なお、日本側参加者は戸田三郎(東北大)、松井剛一(筑波大)、成合英樹(筑波大)、斎藤孝甚(東大)、土方邦夫(東工大)、有富正憲(東工大)、岐美格(京大)、芹沢昭示(京大)、三島嘉一郎(京大、ANL滞在中)、中西重康(阪大)、宮崎慶次(阪大)、石谷清幹(阪大名誉教授)、赤川浩爾(神大)、坂口忠司(神大)、福田研二(九大)、村瀬道雄(日立)、平田憲昭(東芝)、古寺雅晴(日立造船)、竹村正(川崎重工)、川西康平(三菱重工)の各氏であった。この紙上を借りて感謝の意を表す。

(4) 第22回アメリカ国内伝熱会議に出席して

木 枝 茂 和 (日立・機研)

第22回アメリカ国内伝熱会議に出席する機会を得ましたので、報告かたがた感想を述べてみたいと思います。

今回の伝熱会議は ASME と AIChE の共催により、8月5日から8日にかけて、New York州の Niagara Falls にて開催されました。会場は International Convention Center という大きな建物の会議室で、一部のセッションは道路を隔てた Niagara Hilton Hotel でも行われました。いずれもかの有名なナイアガラの滝から歩いて10分位のところにあります。講演論文数は約280件で、48のセッションに分れて3日間にわたって発表が行われました。論文の著者、共著者だけで600名近くになります。主催者側の弁によれば、今回の伝熱会議は今までの最大規模であったとのことですので、参加者は1000人を越えていたかもしれません。

私にとって本会議への参加は初めてであり、いろいろな点で印象深いものでした。

今回の会議の大きな特色として、発表と同時に企業による展示が行われたことがあげられます。国内伝熱会議では初めての試みだそうで、主に熱交換メーカーが主体となって約40社の参加がありました。展示ブースは、講演会議室脇のロビーに設置され、発表の合間に気軽に立ち寄って見学できるように配慮されていました。

出展は私共以外はすべてアメリカ及びカナダからで、熱交換器を中心に新材料、計測装置、設計技術資料等の展示が行われ、常時盛況でありました。主として技術のPRが多く、あちこちで議論が交わされる光景が見られました。私は主に伝熱感とフィンの展示説明を行っていましたが、見学者の質問は、何が新しくどこが良いのか、そしてどういう具合に使えるのかを単刀直入に聞いてくるといったものが多く、いかにもアメリカ的だと感じさせられました。大学院あたりの若い人も見学に来ており、初歩的なことからかなり高度な問題までいろいろ活発な質問を受けました。私自身の学生の頃と比べて、アメリカの学生はよく実際のものを知っているという印象を受けましたが、やはり実学を重んじる国柄のためだと思います。

論文発表の各セッションは、電子機器冷却、排熱利用、原子炉関係の伝熱などのように、一つのトピックを中心に組まれたものが多く、日本での伝熱シンポジウムのように分野別に分かれたものに慣れた者にとっては、いかにも斬新に思えました。あるトピックをめぐる、種々の方面

からなされた研究成果をまとめて聞けることは、研究動向を知る上でも有効と思いますが、現象そのものの理解、新しい事柄を勉強するという点からは、少し落ち着かない気がしました。また、論文の別刷も会場で購入するしかなく、前刷を読んで事前に内容を検討することがほとんどできず、語学力の不備も手伝って聞きのがした部分も多かったことは悔まれます。こういったシステムのせい、発表の方法も、内容を知らない聴衆に向けて研究の意義と成果を強調するといったものが多かったように思います。

私の発表は1日目の午後の general papers のセッションでした。セッションの名とはうらはらに、発表論文7件ともに伝熱促進に関したものであり、東大の棚沢先生も発表しておられました。内容はフィン、突起その他による管内流、管内側の熱伝達向上についてであり、層流と乱流を含めたものでした。現在、伝熱管の单相流伝熱性能向上のために、種々の形状、表面加工を施したものが用いられています。こういった管における乱れ構造、バーストの挙動を扱った研究がありはしないかと、内心期待していたのですが、今回は残念ながら見当りませんでした。

伝熱管の性能向上のためには、やはり乱れ機構と管の形状の関係を調べるのが重要であり、バースト等を制御するのに好適な形状や表面加工法を検討することが今後の課題でないかと、発表を聞きながらぼんやりと考えていた次第です。

熱交換器のみならず、今後光通信や半導体製造に関して、ふく射を中心とした伝熱が大きく取り上げられるものと思われませんが、今回すでにガラスの伝熱と銘打ったセッションが設けられていて、ガラスや光ファイバ製造時の伝熱問題が扱われていたのには驚かされました。こういったところにも、アメリカの持つダイナミズムといったものを垣間見た気がします。この他にも、実験技術に関するセッションがあり、多くの聴衆を集めていました。最後に印象的だったことをひとつ。ふく射伝熱のセッションで、発表が終了したとき会場から一人が立ち上り、私はかくかくの仕事をしており、ふく射については良く知らないが、今の発表の結果は私の仕事にどう生かせるか、という少々乱暴な質問がなされました。それからしばらくの間、会場のあちこちから、こうすればよい、いや私はこう思うといった調子で、突にざっくばらんで活発な意見交換がされる風景が見受けられました。私にはこのときの光景が、いかにもアメリカらしく、今回の伝熱会議の雰囲気をもっと良く表わしているように思えました。今回この会議に参加して、著名な先生方の姿を拝見し、また幾人かの先生とはお話しする機会もあり、更に種々の分野の話聞いて、改めて伝熱学の幅広さと奥深さを思った次第です。

<研究トピックス>

試作ソーラホットエアエンジン

藤井石根(明大・工)

1. 試作の背景ならびに目的

スターリングエンジンはかなり以前より低公害、省エネルギー機器として有望視されていた。

その後、かの第一次オイルショックを契機としてその関心が更に高まり、その間、多少の変遷は見られたものの現在の状態に至っている。当時、筆者は、スターリングエンジンに限らずエンジンと称されるものには余り興味を覚えなかったが、かのオイルショックを契機として太陽エネルギーの利用に関心を持つようになり、これがスターリングエンジンに手を染める切っ掛けになった。

今更、言うまでもなからうが、このエンジンは外燃機関である為、太陽熱の動力化にはうってつけの熱機関と言える。しかもエンジン出力規模にしてもその大小が熱効率に直接、影響することがないことも魅力の一つと言えよう。

さて、最近の報告によれば、スターリングエンジンの開発目標が2つの方向にはっきりと固まりつつあると言われている。一つはより高度の技術を駆使した高性能・高熱効率を有する機関を目標にした方向で、出力にしても数拾・数百kWと言った比較的高出力のものが多い。もう一つの方向は過疎地や発展途上国等での使用を目的としたものであり、ここではできる限り単純、かつ取扱上の容易さも要求されるであろう。エンジンの熱効率と言った問題は重要なファクターであっても、ここでは至上的なものとはならない。

当時、筆者らがこの試作研究を始めた頃は勿論、こう言ったはっきりとした方向性が示されていた訳ではないが、意図していた使用目的、熱源のローカル性などから考えられた我々の姿勢は最初から後者の方向に向いていたことになる。すなわち使用目的としては井戸水の汲み上げ、灌漑用水の入れ換え、太陽熱集熱器等に於ける水の循環それに solar distillation を行なう際の使用水の汲み上げなど小規模なものが対象であった。現在もこの方向は変ることなく試作、実験、それに手直し・改良と言った全く通例のプロセスの繰り返しが続けられているが、以下、紙面の許される範囲で試作された最近のエンジンシステムの輪郭とそれにまつわる幾つかの実験結果を紹介することにしたい。

2 テストエンジンシステムの概略

太陽熱の動力化に際し、ランキン、ブレイトンそれにスターリングの各サイクルが有力なサイクルとして考えられているが、中でもスターリングサイクルに寄せる期待には大きなものがある。というのもシステム各コンポーネントが簡潔にまとめられ、システム全体としてのコンパクト化が容易なこと、それに他のサイクルに較べて高い熱効率が期待できるからである。ここに示すホットエアエンジンもサイクルとしてはスターリングサイクルに類して居り、エンジン部分の様子は図1の通りである。

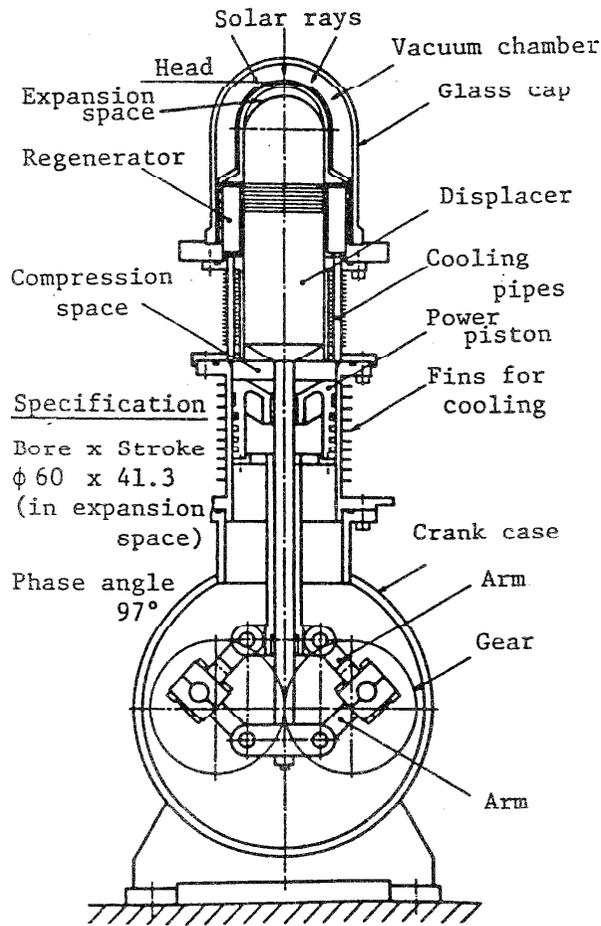


図1 試作エンジン断面図

即ちディスプレイサタイプ単シリンダエンジンでボア径60mm、ストローク41mmである。入手かつ取扱上の容易さなどから作動ガスには空気が、再生器には積層ステンレス金鋼が用いられている。クランク室はロンピック機構で潤滑はこの部分による油のかき上げによっている。シリンダーヘッドの表面には太陽光の吸収を良くするために黒色耐熱塗料が塗られ、この部分は石英ガラスキャップが被せられている。このガラスキャップとシリンダーヘッドとの間にできる空隙の空気は熱伝導や熱伝達による熱損失を減らす為に抜かれこの部分は真空状態に保たれている。太陽光の集光は図2で示すように直径1.5mのフレネルレンズによっている。



図2 エンジンシステム外観

集光方法には放物曲面反射鏡による方法もあり、各々一長一短があるものの、あえてレンズを用いた場合の長所を列記するならば

- a) エンジン部が直接土台に設置できることで機械的な振動に対し系の安定性をはかることが

- できる。
- b) 太陽光追尾部分の重量の軽減を図ることができる。
 - c) 凹レンズを用いることにより集光太陽光を平行光線に比較的容易にできることから、将来もし同平行光の伝達に耐えうる光ファイバーが実現されれば集光部とエンジン部とを分離設置することが可能になりエンジン使用用途の拡大をはかることができる。
- 図3はレンズ追尾のブロック線図を示したものである。

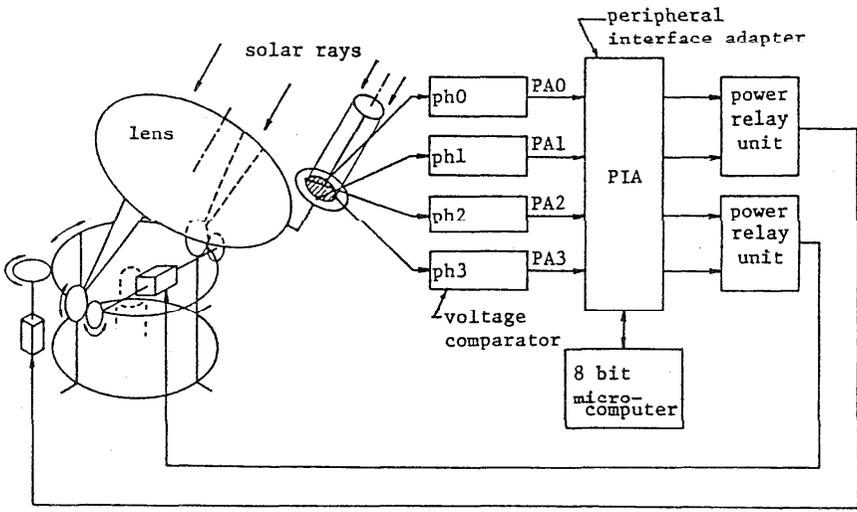


図3 太陽追尾系のブロック線図

光の方向は4つの photo-transistor による陽陰のシグナルから判断されている。すなわち、このシグナルは直ちにマイクロコンピュータにより処理され、レンズの光軸が光の方向に常に一致する様にレンズ駆動部に処理信号が送られ姿勢の修正が行われている。そして、もし雲などの影響で太陽光が数分間以上に渡り届かない場合には東西方向の追尾に限り自動的に太陽の動きと一致した速さの時間送りに切り換えられるようになっている。

3 エンジン性能実験

太陽熱による運転に先立って、定常的な熱入力での運転を行ない、エンジンの性能チェックが行われた。加熱は電気ヒータによる加熱で、運転時の作動ガス温度の計測は膨張空間、圧縮空間、再生器の中央ならびに下部で行われた。

また、シリンダーヘッド外表面温度の計測も合わせて行われた。圧力の計測は膨張、圧縮両空間の2ヶ所で、トルクの計測にはブロー動力計が使用された。

実験は作動ガス印加圧力、ガスの種類、ピストンリングの数、シリンダーヘッドなどを変えて行われ、紙テープにパンチする形で出力された実験データは、全てマイコンにより処理された。

図4はデータ処理された出力の一例で膨張、圧縮両空間でのP-V線図が示されている。尚、本データ処理方法による誤差の範囲は3%以内に収まることが確認されている。

Weight (gr) : 100	Uexp (kg.cm) = 294.584
N (rpm) : 632	Ucomp (kg.cm) = -220.492
Le shaft (watt) = 12.9	Uj (kg.cm) = 74.0915
T (kg.m) = .02	Le (watt) = 76.5
PE (kg/cm ²) = 4.07936	Mechanical eff = .169606
PC (kg/cm ²) = 4.15069	

Scale < 8 kg/cm² = 200 cm³ >

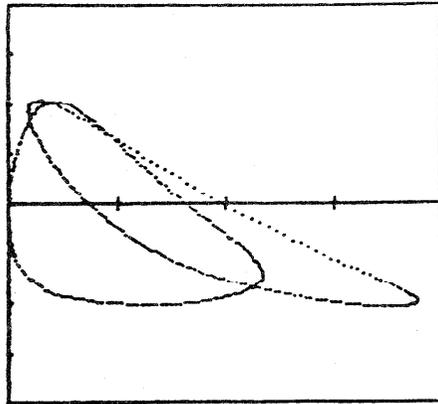


図4 データ処理出力の一例

さて、この実験で用意されたシリンダーヘッドは内表面に高さ0.65mmのフィンを設けたタイプ1のヘッド、高さ3mmの類似のヘッド、タイプ2、それにフィンがない代わりにヒータチューブ(内径、約3mm、のステンレスチューブ、本数、34本)を備えたタイプ3の3種類である。

このように3種のヘッドを準備した主たる目的はヘッド壁面と作動ガスとの間の伝熱面積の増加は無効容積が増加する一方で結果的にどのような効果を得ることができるかを調べるため、図5、6の両図はその実験結果を示している。

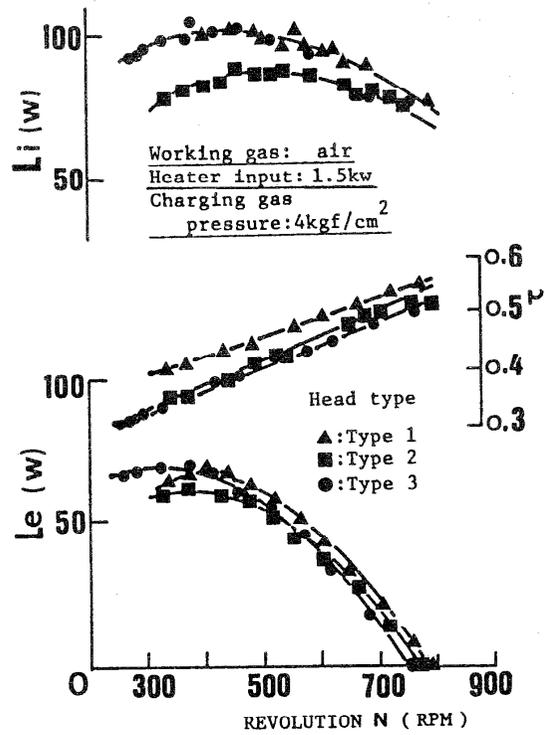


図5 Li、 ϵ 、 L_e に対する各シリンダーヘッドの効果

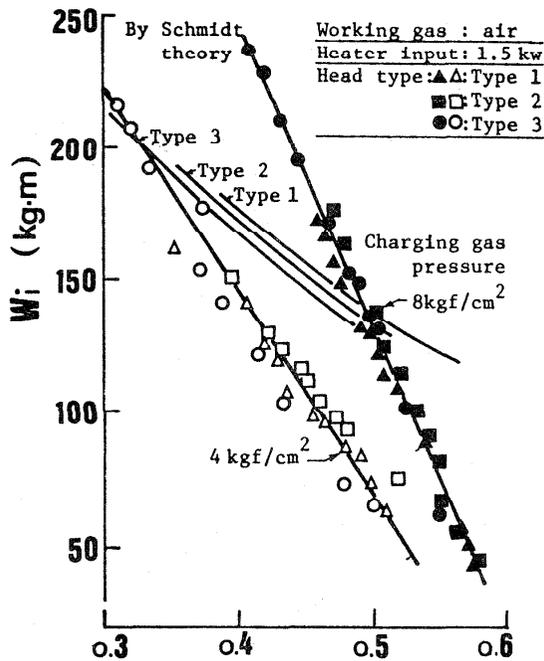
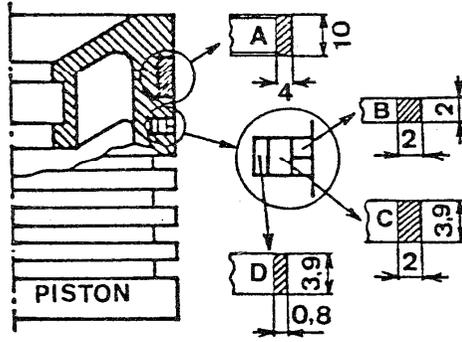


図6 各シリンダーヘッドに対する $W_i - \tau$ の関係

実験条件は各々の図中に示されて居り、エンジン回転数 N に対する図示出力 L_i 、軸出力 L_e それに温度比 τ (=圧縮空間作動ガス温度 k /膨張空間作動ガス温度 k)の関係は図5に示されている。一方、図示仕事 W_i と τ の関係は図6の通りであるが、これらの図から伝熱面積が中でも一番大きいタイプ3のヘッドが総じて良い結果を示していることが判る。又、後者の図から結果的にはヘッドの違いは τ の値の差異に帰着し、この場合、少なくとも W_i に対しては τ を横軸にとることで簡潔に整理できると共に無効容積の増加はエンジン性能にさほど大きな影響を与えていないことも判る。なお、これらの図で、特に明記されていないが、エンジン性能に大きな影響を与えるピントリングならびにガイドリングについては図7にあるような市販品が使用されており、この場合のピンスリングの数は一つである。しかし、場合によってはガスのシール性をより高める必要から、この数を増やすこともあり、その場合は図8にあるように機械効率に大きな影響を与える。



A: guide ring B: surface ring
C: inner ring D: tension ring

図7 ピストンならびにガイドリング詳細

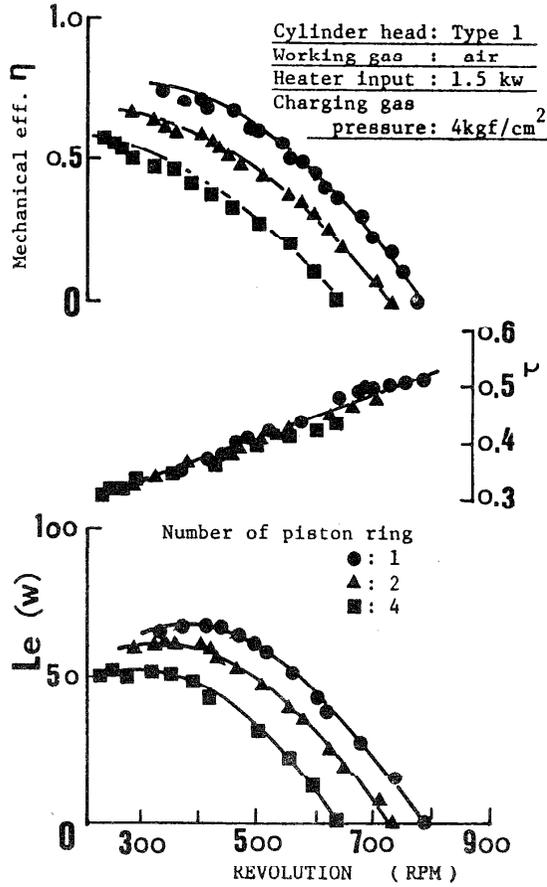


図8 ピストンリング数の影響

しかし、機械効率の大きな低下をもたらさず、ガスのシール性を高めるためにはピストンリングの数を増やす一方、リング巾を小さくすればよいとの報告もあり、このへんも今後の検討課題になっている。

勿論、リング数を増やすことでそれだけガス漏れが少なくなり、図示出力 Li などは増加して、この点では好ましい方向にあることは図9の結果からも明らかである。

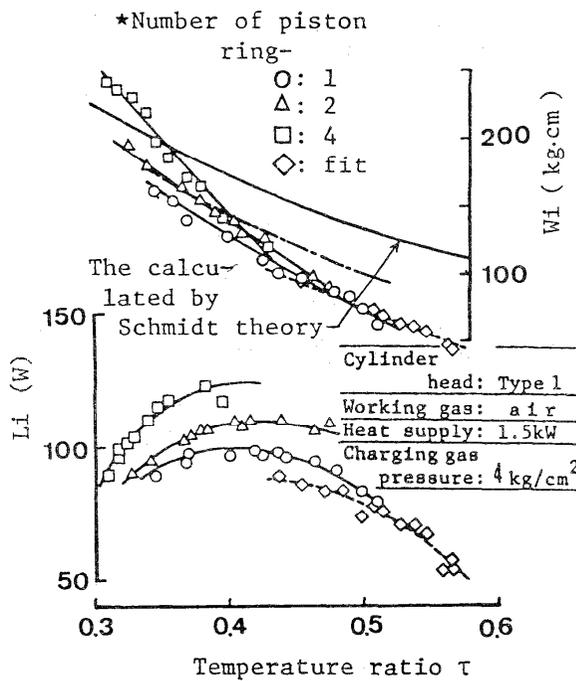


図9 LiおよびWiに対するピストンリング数の影響

図10は作動ガス圧力の影響を示したものである。シュミット理論からも推測されるように一般に図示仕事 Wi はガス圧力の増加と共に大きくなるとされているが、この場合のように一定熱入力の下では、そのような傾向は認められない。これは圧力上昇に伴うガス比重量の増加は結果的に温度比 τ の値の上昇をもたらすためと考えられる。従って、その値が等しくなるような加熱が行なわれれば、一般に言われているような結果を得ることができよう。

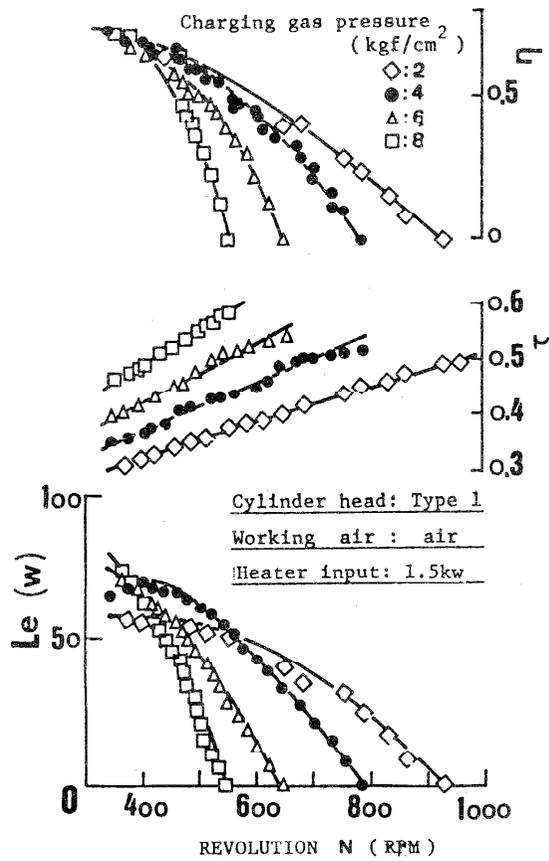


図 10 作動ガス印加圧力の影響

次の図、図 11 は参考までに試みた作動ガスを変えてみた場合の変化の様子を示したものである。

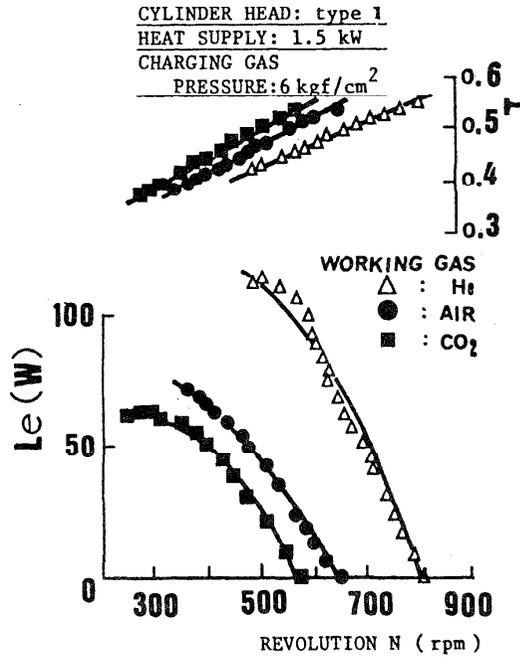


図 11 τ および Le に対する作動ガスの影響

この場合も、ピストンリング数としては単数の場合である。大きな熱拡散率を有するヘリウムガスが他に比して好ましい結果を与えることは当然のこととして、放射熱の吸収がよいとされる炭酸ガスが空気よりも結果的に悪くなっている。これは、たとえこれの効果があったとしても、他の必要な熱的（とくに熱拡散率）かつ流体力学的な流体特性が劣る為であろう。

このことは図 12 が示すように同じ温度比 τ の下でも、図示出力 Li は全般的に空気の場合に

比して低くなっており、このへんの理由を伺い知ることができる。加えて、この図から判るように、さきの作動ガス圧力の影響は温度比 τ で整理することで、何れの作動流体についても、各々、同一線上に簡潔に整理されていることが判る。

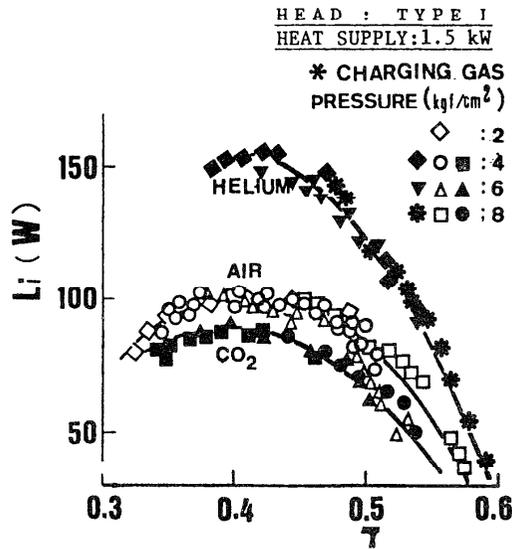


図 12 印加圧力変化による各種作動ガスに於ける Li と τ との関係

4. 太陽熱による運転

このようなエンジン性能実験に引き続いて、太陽熱による駆動テストが行われた。エンジンの規模から判断してこのレンズで得られる入力熱量は充分なものではないが、一応、エンジンを動かすことができ、5.3 W と小さな値ながら軸出力を得ることもできた。当時の日射条件は

全天日射量；780 W/m²

直達日射量；740 W/m²

であり、その際に得られた P-V 線図は図 13 の通りである。

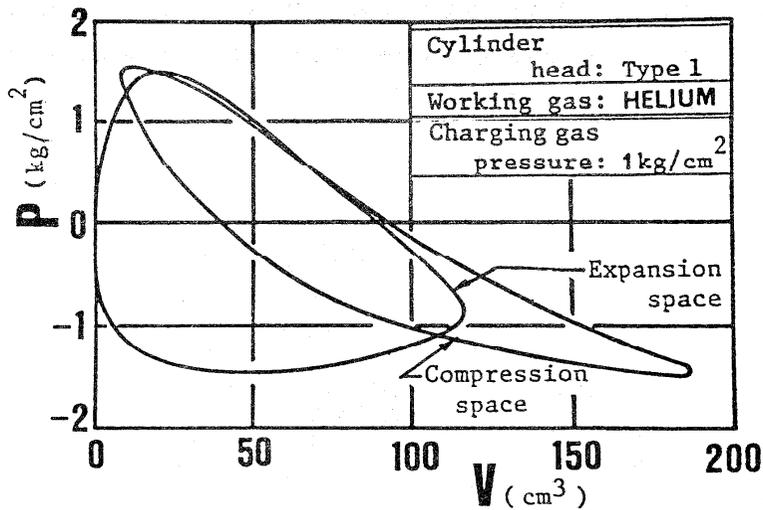


図 13 太陽熱運転時の P-V 線図例

又、測定された温度比 τ ならびに回転数 N は各々 0.54、214 rpm である。これらの結果から得られる図示出力は 1.02 W となることから、機械効率 η は 0.52 であることが判る。しかし、エンジンが有効に受け取ることができた熱量は不明である。というのもレンズの光の透過率(約 4.5~6%)は測定により明らかにされているものの、ガラスキャップ面上での反射、シリンダヘッド上での反射、散乱、ヘッドに当らなかった光の量などの無効光の割合が明らかでない。何れにしても、レンズの大きさをより大きく、かつ透過率もより良くすることもさることながら、こうした無効太陽光をより小さくすることも今後の課題となっている。

5. おわりに当って

すでに明らかにしたように現在のレンズの規模はシステムの実用化を図る上では全く不十分なものであり、より大きなレンズの入手が望まれるが、それには製作設備にかなりの投資が必要になっている。そのためレンズ面の仕上げの程度を更に高め、かつフィルムコーティング処理を施すことによって光の透過率を上げる努力も払われているが、暫定措置として図 14 にあるような放物曲面反射鏡の流用(それには副反射鏡が必要)が考えられている。この準備は現在、着々と進められているが、そうした中で、太陽電池の性能向上かつ価格の低下にしても著しいものがある。

それゆえ、時には、ソーラエンジンの開発の意義に危惧の念を覚えないこともないが、一方で

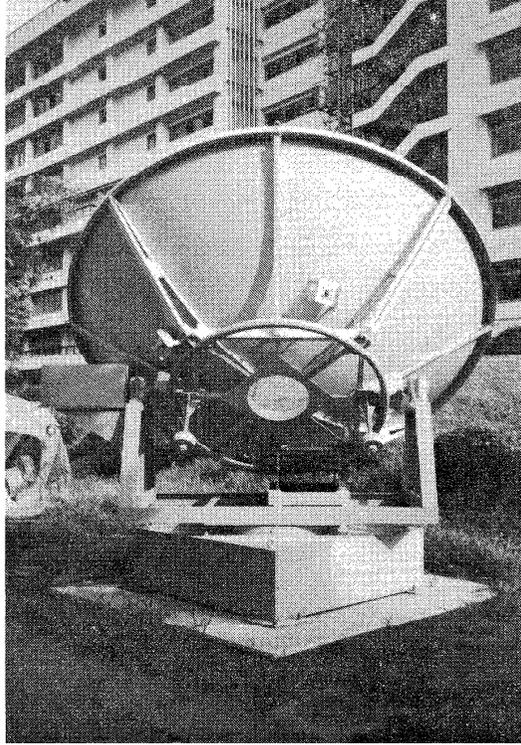


図 14 試作中のソーラコレクター

は、開発途上国の人達にとっては太陽電池のような高度の技術を要するものの使用は結果的には先進国の技術に依存することになり、先進国の意志に左右されることから敬遠する向きもあると言われている。このような状況を考慮すればまだ開発の意義は失われて居らず一日も早い実用化の実現を希望して止まない。

参 考 文 献

I. Fujii et al ; On the Trial Investigation of Solar Hot Air Engine,
Paper presented at the 2nd International Conference on Stirling
Engine, Shanghai, China (1984-6).

<大学・会社・研究所紹介>

(1) 三井造船株式会社玉野研究所の紹介

玉野研究所 長 島 義 悟

当社の研究開発部門は昭和27年4月、玉野造船所内にまず研究部（現玉野研究所の前身）として設置され、その後千葉、昭島両研究所及び玉野制御技術センターが設けられ、それぞれ目的に応じ当社の研究開発機能を分担している。

此度、当所の紹介を行うことになったが、従来から実施してきた伝熱関連の研究開発概要を主として説明することとし、研究所全体の組織、人員、現在の研究アイテム等に関しては別の機会にゆずりたい。

当研究所は総合重工業化をめざした造船会社の研究開発部門として設置され、主として現有機械製品に関する技術的バックアップと新製品・新技術の研究開発が求められてきた。

すなわち、当社製品の競争力強化のために、性能向上研究、コストダウン研究、スケールアップ研究等が行われるとともに、次期製品の研究開発が行われてきたのである。

ところで当社のような業種で取り扱っている製品は極めて成熟しており（余寿命が短い？）、マーケットの拡大も必ずしも望めない上にここに参入するメーカー数が多い等の状況があり、このことから近年は新規分野の製品・技術の開発が企業にとって重要となってきた。

このような時こそ高度な基礎技術力の必要性が以前にも増して高まったと言え、材料分野、応用力学分野、機械力学分野、流体工学分野、燃焼・伝熱分野等々における、研究者としてのライセンスを持った専門家群の養成、結集、機能発揮、成集の顕在化等が重要な課題であると認識している。

ところで研究部の時代から、ガスタービンに関する研究開発は継続的に行われ、国産中小型ガスタービンメーカーとして実績を上げつつあるが、燃焼器、タービン翼、ディスク等々の温度、応力分布解析が採り上げられ、さらにタービン冷却翼開発も行われた。

現在一体精鋳型冷却翼の他にインサート方式の高温用タービン翼も標準型として持つにいたっている。

一方、化学機械、産業機械等に関する伝熱関連問題の究明は設計の合理化、競争力強化策としても求められ、ボイラ内の伝熱研究、沸騰、凝縮等相変化をとまなう伝熱研究も行われた。

フロンを媒体とした凝縮器性能試験では不凝縮空気の影響、蒸気流速の効果等が明らかにされ、蒸発器に関する研究から、管群外沸騰のメカニズム究明が行われた。これらの結果は冷凍機用熱交換器の設計に使用されてきた。発電プラント用復水器に関する実験的研究も実施され、主として管配列とイナーートガス抜き出し効果の関係が調査された。

また各種用途が考えられる直接接触式熱交換システムについても研究が進められた。

高温空気の水噴霧冷却、海水の冷却を有機媒体の蒸発により行う海水淡水化技術研究、カセイソーダ水溶液の冷却をフロンの蒸発により行う精製プロセス研究、石炭中の水中乾燥を空気により行う乾燥機内、熱及び物質移動研究等々が行われ技術蓄積された。

一般に直接接触式熱交換システムに於いては伝熱性能が良いと云われており、結局のところ、直接的に接触させる方法と、さらに重要な点は一旦混合した両流体を分離する方法とが重要な開発されるべき課題であるとする。

原子力関連の貫流型蒸発器に於ける不安定流動防止のための研究が行われ、設計指針として示されている。

船舶に関係した伝熱研究も古くから行われ、油加熱器の実際的设计資料総括、油タンク内の加熱管配置に関する研究等が将来の低質油採用を見込んで行われた。またLNGタンカーに設置される水蒸気加熱式LNG蒸発器に関する研究は、実用設計資料がほとんど無い状態からスタートし、実液を用いた性能試験により設計資料を蓄積し、実用装置を製作した。

加熱源が150℃程度の水蒸気であり、LNGは-150℃程度で蒸発するため、膜沸騰現象が予想され、LNGを管内に、水蒸気を管外に配した場合の設計資料を得ようとしたものである。

小型高性能化するために管内膜沸騰蒸発部に圧力損失の大きい伝熱促進体挿入し、この促進体の種類、形状ごとに実液による性能試験を実施、設計に便なる資料を蓄積した。

近年計算能力の増大により、流水場の解析が相当幅広く行われるようになったが、この方面でも注力しており自然対流場の温度、速度場の解析から始まって、適用範囲を拡大する試みが行われている。

蓄熱槽システムに関しても、船舶の省エネ化を計るため、水平円筒形熱水式について研究を開始し、次第に各種ケースを想定した上で研究開発を行った。さらに蓄熱材として水以外の物質についても検討中であるが、蓄熱システムにおける最大の問題は、このシステムが自らエネルギーを出したり、変換したりするものではないことから、コストを限りなく低減しなければならないことであり、水に優る蓄熱材が見出され、実用に供される時代はいつ頃になるであろう。

以上超要約して述べたが、これら各研究は社外各種機関からのご指導を受けたり、あるいは共

同研究、委託研究等の形で進められたものが多く、さらに社内各部署の依頼研究等は目的を絞った型で実施されることが多いなどから、研究成果の社外発表は必ずしも多くしていなかった。

今後は研究内容を区分し、差支えない範囲を拡大することにより、一層社外発表を進め、ご批判を受け自啓の一助として前進したいものと考えている。

以 上

(2) 日立造船株式会社技術研究所燃焼・伝熱研究室の紹介

日立造船(株)・技術研究所 井上 司 朗

当社は、船舶以外に、各種プラント、産業機械、環境装置、鉄鋼構造物、原動機、エネルギーおよび原子力関連機器、海用構造物など幅広い分野の製品を手掛けています。技術研究所には、これらの製品に関連する分野での技術の高度化のための研究開発の一翼を担うことと平行して、新分野への進出の足掛りになる先端的な研究開発に取り組むことが求められています。

燃焼・伝熱研究室は、昭和56年に、それまで化学研究室の所属であった燃焼関係の研究グループと、熱・機構研究室の所属であった伝熱研究グループおよび化学工学研究グループによって構成される新研究室として発足しました。

研究室の所在地は、パイロットプラント設置のためのスペースが十分あることなどから舞鶴工場内となり、風光明媚な舞鶴湾に面して実験場が建設されました。

当研究室では、エネルギーおよび資源関連分野を重点指向しており、社外の諸研究機関とも協力して、プロセス、機器、あるいはそれらの要素技術の研究開発を進めています。それらのうちの主要なものを以下にご紹介します。

先ずハイライトは、微粉炭三段燃焼技術です。これは、微粉炭の燃焼を、主燃焼、還元燃焼、完全燃焼の三段階で行うことにより、燃焼炉内でNO_xの発生を100 ppm程度に抑制する技術で、微粉炭燃焼量200Kg/hおよび2^t/hの実験装置による実証試験を経て、本方式を採用した石炭焚ボイラの受注へ結びついています。

また、低質燃料の燃焼に適し、石灰石による炉内脱硫と低NO_x燃焼が可能であるとして最近注目されている方法に流動層燃焼技術があります。当研究室でも英国 Combustion Systems Ltd. および Fluidized Combustion Contractors Ltd. との技術提携と並行して、石炭のみならず、スラッジやペトロコークスなどを燃焼する技術として、低公害性と信頼性を高める研究開発を進めています。

石炭に関連する技術としては、Oil Agglomeration 法による脱灰技術の開発も進めています。これは灰分を産炭地などで予め取除き、輸送の合理化、灰処理負担の軽減、灰によるトラブル防止などに役立てることを目的としたもので、微粉炭スラリー中に適量の油を加えて混合することにより、親油性の石炭粒子を造粒して、親水性の灰分を分離するものです。

伝熱関係に移りますと、先ず呼吸式ヒートポンプの開発があります。これは、ムーンライト計

画・廃熱利用技術システムの研究開発のなかで分担しました廃熱回収ヒートポンプの研究を実用化したものです。臭化リチウム～水系のサイクルにより、垂直管流下液膜式の熱交換器を用いて昇温巾を大きくすることを可能にしたもので、化学工場の蒸留塔々頂蒸気の凝縮潜熱を回収昇温して、プロセス加熱用の水蒸気を発生させる用途などで既に実機が稼動しており、省エネルギーに貢献しています。

海水淡水化装置の関連では、これまでに、多段フラッシュ法のエバポレータ内部におけるブラインの流動とフラッシュ蒸発の改善のための研究を実施してきており、サウジアラビア・アルジュベール phase-II プラントやオーストラリアに納めたプラントの設計に生かされましたが、実験装置の大阪からの移設も完了しまして、今後も研究を継続する予定にしています。

フラッシュ蒸発技術の応用としましては、地熱エネルギーの多目的利用の一環として、発電に利用した後の地熱水を熱源とする清浄熱水造成のための熱交換器の開発を進めてきました。

これは多段フラッシュ式の熱交換器ですが、地熱水からフラッシュ蒸発した蒸気を、低温清水と直接接触させて熱交換させるもので、実地熱水による現地実験で、実用化のための技術が確立されました。

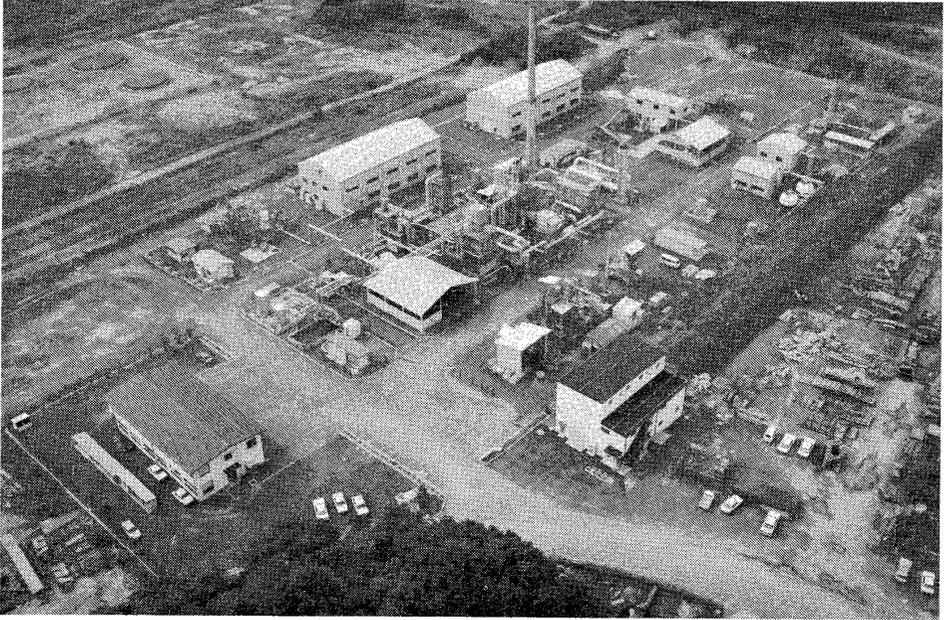
その他伝熱関係では、各種の用途に対する自然対流および二相流流動に関する研究、化学反応を用いた蓄熱システムの研究、各種熱交換器の伝熱促進技術の研究なども進めています。

分離技術の関係では、海水淡水化用逆浸透プロセスの高性能化のほか、二、三の省エネルギー分離プロセスの研究にも取り組みつつあります。

以上トピック的に、当研究室で実施している研究の一端をご紹介します。

最後に、当研究室はやや交通不便の地に立地していますので、積極的に広く対外的な交流を計るよう努めています。上述のような研究に興味をお持ちの伝熱関連の研究者の方々にお立ち寄り頂ける機会があればと希望しています。

所在地：〒625 舞鶴市字余部下1180番地



燃焼伝熱研究室実験場全景

< 地区研究グループ活動報告 >

九州グループ研究発表会

- 日 時 昭和59年9月21日(金) 13:30~17:20
- 場 所 九州大学工学部2号館生産機械314号室
- 講 演 複合流路内の気液二相流
- ※佐田富道雄、佐藤泰生(熊本大工)
- 鋳鉄製伝熱面からのプール核沸騰熱伝達
- ※大田治彦(九大工)、庵原久夫(昭和鉄工)
- 藤田恭伸(九大工)、西川兼康(久留米高専)
- スケールによる熱伝達の不安定現象について
- ※村田杏坪(新日鉄)
- 半円集光減圧管式太陽集熱器の研究
- ※橋本俊行、宮竹 修、原田照利
- 麻生智倫、澄田 誠(九大生研)
- 第10回国際低温工学会議とヨーロッパ旅行の印象
- ※伊藤猛宏(九大工)

[講演概要]

講演1) 流路の断面が複雑で、二つ以上の副流路(サブチャンネル)に分割することが流れの記述上便利であるような流路をここでは複合流路と呼び、軽水炉や蒸気発生器の管外流路がこの例としてあげられる。このような複合流路における局所のボイド率や熱伝達の予測がしばしば要求されるので、複合流路における副流路への流量配分の予測は重要である。本講演では、複合流路における発達した流れの流量配分問題がとりあげられた。

まず、副流路の流れの記述に非円形単一流路の情報を利用した单相流と気液二相流の流量配分予測モデルが紹介された。ついで、二つの副流からなる複合流路の実験データを用いて、モデルの検討を行った結果が報告された。

講演2) 暖房給湯用鋳鉄製セクショナルボイラに広く用いられている鋳鉄伝熱面の核沸騰熱伝達特性を明らかにする目的で、球状黒鉛鋳鉄(FCD45)で水平上向き平板伝熱面を製作し、R113(圧力0.1~0.8MPa)および蒸留水(圧力0.01~0.8MPa)を試験流体として、約

10^5 W/m^2 までの熱流束の範囲でプール飽和核沸騰熱伝達の実験を行った結果が報告された。

熱流束が $1 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4 \text{ W/m}^2$ の場合には、平滑面に比較して、R 113 では約 2~4 倍、蒸留水では約 1.5~2 倍高い熱伝達係数が得られている。さらに、実験データに基づいて、鋳鉄伝熱面からの飽和核沸騰における熱伝達係数の簡易予測式が上述の各液体について作成されている。

講演 3) 鋼管の焼入冷却を例に、伝熱面の物理的・化学的諸性質が冷却特性に強く影響することが現象論的に報告された。この問題は、焼入に限らず、制御冷却熱処理技術の安定化にとって極めて重要である。冷却ゾーン通過後の冷却終了温度は、雰囲気中の O_2 濃度が 1% 以下で加熱し、焼入直前でデスケーリングを行った場合に大きく変動する。この事実は伝熱面の性質が膜沸騰終了温度を変動させていることを示唆しており、スケールは(1)その厚さ(量の問題)、(2)伝熱面と冷却水との濡れ性(質の問題)を介して冷却特性に影響していると考えられる。後者に対して、鋼の酸化現象との関連が推測されるが、詳細な機構は不明である。

講演 4) 中温用太陽集熱器の研究の第一弾として考案された低熱損失の半円集光減圧管式太陽集熱器について報告された。本集熱器は熱損失低減のために、次の三つの方法を採用している。(1)ガラス円管の下半周を銀蒸着した半円鏡で集光する。これにより管内の集熱板(放熱)面積を既販真空管式の半分にできる。(2)ガラス管内を減圧して気体を静止させる。(3)Xe、Kr 等の低熱伝導率気体を用いる。

現在本集熱器を太陽光追尾させる場合について検討していること。さらに今後熱媒管としてヒートパイプの応用、あるいは熱電複合太陽エネルギー変換器の開発などを考えていることが述べられた。

講演 5) 本年 7 月 31 日から 8 月 3 日の間、フィンランドのヘルシンキ市郊外のオタニエミ(Otaniemi)にあるヘルシンキ工科大学で開催された第 10 回国際低温工学会議(10th International Cryogenic Engineering Conference, ICEC 10)の概況と、西ドイツ、スペイン、スウェーデンおよびフランスの研究機関を訪問した印象などが紹介された。

なお、この会議の概況については本誌で紹介する予定である。

参加者数 研究発表会 54 名 懇親会 35 名

九州地方連絡幹事 吉田 駿

< 会 告 >

コンピューターの導入に伴う会員データ調査
について御協力をお願い

日本伝熱研究会事務局

会費の請求、入金等一連の会員データの管理事務処理をはじめ、日本伝熱シンポジウム論文集
発送の宛名の作成事務などの合理化と経費の節減を図るために、コンピューターを導入すること、
さらに来年度には、コンピューターにより版下を作成し、それをオフセット印刷する方法で会員
名簿を発行することが、昭和59年9月29日の幹事会で決定されました。

つきましては、全会員の方を対象として、会員データの整備のための調査を行なうことになり
ました。事務局業務の迅速な遂行や、正確な会員名簿の発行のためには、最新の正確なデータが
不可欠ですので、御協力くださるようお願いいたします。

調査用紙は追ってお送りいたしますので、11月30日までに御回答下さい。また、今回の調
査ののちに届出事項に変更があった場合は、速やかに、事務局宛てにお届けくださるようお願い
いたします。

< お 知 ら せ >

(1) 第22回日本伝熱シンポジウム講演募集

開 催 日 昭和60年5月20日(月)～5月22日(水)

会 場 日本都市センター(〒102 東京都千代田区平河町2-4-1)

講演申込締切 昭和60年1月31日(水) 必着

原稿締切 昭和60年3月15日(金) 必着

講演申込先 〒152 東京都目黒区大岡山2-12-1

東京工業大学原子炉工学研究所内

第22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(またはそのコピー)、または、はがき大の用紙に「第22回日本伝熱シンポジウム研究発表申込」と標記し、(1)題目、(2)所属学協会ならびに会員資格・氏名(ふりがな、連名の場合は、講演者の頭に※印)・勤務先、(3)概要(100字程度)、(4)セッション振り分けのため、下記に示す分野1個と若干のキーワードおよび、(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んで下さい。(できるだけ本号添付の申込用紙をご利用下さい)。

分野：強制対流、自然対流、沸騰、凝縮、蒸発、二相流伝熱、流動層伝熱、放射、熱伝導、熱物性、熱交換器、燃焼、その他

2. 講演は1名1題に限り、講演時間、討論時間は、それぞれ10分の予定です。ポスターセッションは行いません。
 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(41行×47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。
- ご注意
1. 講演申込後の取消しは、準備と運営に支障をきたしますので、ご遠慮下さい。十分検討した上、お申込み下さい。
 2. 申込書と前刷原稿の題目や講演者に不一致が生じないように申込書の控えをお残し下さい。

(2) 第8回国際伝熱会議予告

去る8月に開催された国際伝熱会議のアセンブリミーティングで決定された事項並びに論文応募要領についてお知らせ致します。ただし、下記の事項はいずれも変更の可能性を残しておりますので御注意下さい。

1. 期 日 1986年8月17日-22日
2. 場 所 米国サンフランシスコ市ヒルトンホテル
3. 論文割当数 日本、韓国、台湾等を含めて50篇
4. 論文内容 伝熱に関する基礎的研究あるいは応用的研究で未発表のもの
5. 応募方法 正式の論文募集要項にかかわらず日本は次の方法に従う予定です。

(1) アブストラクトおよび和文論文

200語の英文アブストラクト4部および内容の充分わかるフルペーパーに近い和文論文3部
締切 1985年6月1日(正式には7月1日ですが慎重に審査を行いたいと思います
ので日本だけ6月1日と致します。)

送付先 〒606 京都市左京区吉田本町

京都大学工学部化学工学教室気付 水科篤郎

(2) アブストラクト採択通知

1985年8月1日までに通知致します。このとき英文原稿執筆要項と原稿用紙を同封致します。

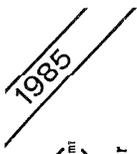
- (3) 英文原稿提出締切 1985年10月1日
- (4) 最終採択通知 1986年1月1日
6. 一般論文の発表はすべてポスター形式で行いますので著者の一人は必ず出席することを要します。

(3) ICHMT主催 第17回 国際シンポジウム「高温用熱交換器」講演募集

International Center for Heat and Mass Transfer は、UNESCO が後援している国際組織で、本会も Institutional Member になっています。

第17回シンポジウムは日本からの常任委員である森 康夫氏(電気通信大学教授)が組織委員長をつとめられ、日本からも多くの参加が期待されています。

なお、同シンポジウムの Call for Paper のパンフレットを御希望の方は、森 康夫氏(〒182 東京都調布市調布ヶ丘1丁目5番地1号、電気通信大学教授)に御連絡下さい。



**International Centre
for Heat and Mass Transfer**
Belgrade, Yugoslavia

**International Centre
for Heat and Mass Transfer**
Belgrade, Yugoslavia

The general objective of the International Centre for Heat and Mass Transfer, founded in 1969, is to promote and foster international cooperation in the field of heat and mass transfer.

This objective is achieved by the following special activities:

- organization of international symposia and advanced courses,
- promotion of international cooperative research in the field,
- promotion of the exchange of technical information and personnel,
- publication of technical literature, etc.

Members of the Organs of the Centre — the Scientific Council and the Executive Committee — are leading scientists in the field from all over the world.

XVII International Symposium

HIGH TEMPERATURE HEAT EXCHANGERS

Advance Notice

and

Call for Papers

September 2 — 6, 1985

Hotel Libertas
Dubrovnik, Yugoslavia

Scope

High temperature heat exchangers are widely used in stationary power, chemical and metallurgical plants. Since the 1960s, however, remarkable efforts to develop exchangers for high temperatures have been made in many areas for the improvement of energy utilization, efficiency of energy conversion in various power and industrial plants as well as for the research and development of plants using future energy conversion processes or resources.

The present Symposium aims at bringing together the results of basic and applied researches on heat and mass transfer to be used for high temperature heat exchangers and also the problems and difficulties encountered in developing high temperature heat exchangers, various in type and purpose. The results of researches on high temperature heat exchangers, Stirling cycle engine, fuel cell and those for high temperature heat recovery are welcome. Heat augmentation and experimental techniques for high temperature are to be accepted.

Symposium will comprise sessions on:

1. HIGH TEMPERATURE REGENERATORS FOR GAS TURBINE AND FUEL CELL PLANTS.
2. HIGH TEMPERATURE HEAT EXCHANGERS IN STIRLING CYCLE AND OTHER ENGINES.
3. HIGH TEMPERATURE HEAT EXCHANGERS FOR HEAVY METALLURGICAL AND NUCLEAR PROCESS HEAT APPLICATION.
4. HEAT EXCHANGERS FOR HIGH TEMPERATURE HEAT RECOVERY.
5. HIGH TEMPERATURE HEAT EXCHANGERS FOR FUTURE POWER PLANTS, (COAL-FIRED PLANT, HTGR, MHD, FISSION AND FUSION REACTORS).
6. REGENERATIVE AND DIRECT CONTACT HIGH TEMPERATURE HEAT EXCHANGERS.
7. CERAMIC HEAT EXCHANGERS (PLATEFIN, TUBULAR AND ROTARY).
8. HIGH TEMPERATURE COMPACT HEAT EXCHANGERS AUGMENTATION.
10. EXPERIMENTAL TECHNIQUES FOR HIGH TEMPERATURE HEAT EXCHANGERS.
11. NEW CERAMICS AND SUPERALLOYS FOR HIGH TEMPERATURE HEAT EXCHANGERS.

Institutional Members

American Geophysical Union; American Institute of Chemical Engineering; American Society of Mechanical Engineers; Associazione Termotecnica Italiana; Canadian Society of Chemical Engineers; Canadian Society of Mechanical Engineers; Chinese Engineering Group of New Zealand; Chinese Society of Engineering Thermophysics; Egyptian Society of Engineers; Heat Transfer Society of Japan; Indian National Committee for Heat and Mass Transfer; Institution of Chemical Engineers, London; Institution of Engineers of Australia; Institution of Mechanical Engineers, London; Israel Institute of Chemical Engineers; Koninklijk Instituut van Ingenieurs, the Netherlands; National Committee for Heat Transfer of the Academy of Sciences of the USSR; Österreichische Ingenieur- und Architekten Verein; Sociedade Brasileira de Investigações em Ciência da Engenharia; Chinese Society of Chemical Engineers of Japan; Società Francese des Thermiciens; Verein Deutscher Ingenieure; Yugoslav Society of Heat Engineers.

Scientific Council

J. Grigull (President), M. A. Strykovich (Past President), W. M. Rohsenow (Vice President).

Symposium Organizing Committee

Chairman:
Prof. Y. Nori
Department of Mechanical Engineering
University of Electro-Communications
1-5-1, Chofugaoka, Chofu, 182
Japan

Cochairman:

Academician A. E. Shaindin
Institute for High Temperatures
USSR Academy of Science
Kotlovskoye Chosseee
107142 Moscow
USSR

CONTRIBUTION TO THE SYMPOSIUM, PAPER SELECTION AND DEADLINE

Papers are invited to the subject area of International Symposium on High Temperatures. The authors and persons wishing to contribute papers to this Symposium should submit an abstract in English of 500-700 words by January 20, 1985. The abstract should be of suitable technical quality so that a reasonable judgement based on comparative merit may form the basis for selection.

The authors will be notified of the acceptance of their papers by March 1, 1985.

Accepted papers will be required by April 15, 1985, and must be in English. At the time the authors will be given hints to finalize their typescripts.

All papers will be published and distributed to the participants at the Symposium. Abstracts registered for publication will be published by Hemisphere Publishing Corporation, Washington D. C., U.S.A.

Due to the limited time schedule, one copy of the abstract should be forwarded to the Chairman of the Symposium Organization Committee:

Prof. Y. MORI
Department of Mechanical Engineering
University of Electro-Communications
1-5-1, Chofugaoka, Chofu, 182, Tokyo, Japan

One copy should be sent to the Scientific Secretary of International Centre for Heat and Mass Transfer:

Prof. Naim Afgan
ICHMT
P. O. Box 522
11001, Belgrade, Yugoslavia

Information on Symposium Sessions

At each Session, an introductory lecture will be presented by an invited expert who will present a state-of-the-art report on the particular subject on the Session. The lecture will be followed by 20 minute presentation of papers which will be printed in advance and will be available to participants at the Symposium.

The Proceedings will be published by:

Hemisphere Publishing Corporation
1010 Vermont Avenue, N. W.
Suite 612

Washington, D. C. 20005, USA

The format of the Proceedings will be similar to earlier publications of this kind.

There will be discussions after each paper. Short contributions within these discussion periods should be arranged with the Chairman of the Sessions in which the contributions are to be made.

Registration

The Registration form lists the schedule of registration fees for the Symposium. Registration includes a complete set of papers, which are available for purchase. Information on the Symposium, which may be obtained by writing either the Chairman of the International Symposium or the Scientific Secretary of ICHMT.

Place and Accommodation

The XVII International Symposium will be held at the Hotel Libertas, Dubrovnik. Dubrovnik is a city easily accessible by air, automobile or ship and the most celebrated medieval town on the Yugoslav Adriatic Coast. Participants and accompanying persons will be accommodated at the Hotel Libertas. A category Hotel Libertas is located in one of the most beautiful parts of the town facing the Lovrijence Fortress and the Montenegro coast. The Hotel Libertas is a modern five star hotel in the old city. The reserved capacity in the Hotel is limited to 250 persons, and there is an additional limitation on the number of single rooms. Priority will be given to those who first submit Reservation forms. Participants should make reservation directly with:

Hotel Libertas, Sales Department
Att: Miss Neda Tiozzo
1, Lavušićeva St., 50000 Dubrovnik, Yugoslavia
Phone: (50) 27-444, Cable: LIBHOT
Telex: 275 88 LIBHO

Exhibition

A table top exhibition is planned to enable participating organizations to display company literature and associated material. Those interested in participating should complete and return the attached form.

Advance Registration Form  International Centre for Heat and Mass Transfer
1985 International Symposium on HIGH TEMPERATURE HEAT EXCHANGERS
Please check:
 I plan to attend
 I will submit an abstract:
Symposium Registration before May 1, 1985 US \$ 275
Symposium Registration after May 1, 1985 US \$ 300
Participant Presenting Paper, Make check or money order payable to: US \$ 250
Account No: 7000-12-01-82102-5/62
Yugoslavia
Name
Title
Address (mailing)
Please return as soon as possible to:
International Centre for Heat and Mass Transfer, Secretariat, P. O. Box 522, 11001 Belgrade, Yugoslavia
 My Organization is interested in participating in the exhibition. Please send further details when available.

(4) 第18回伝熱セミナー講演要旨集の配布について

第18回伝熱セミナー（於：名古屋市民御岳休暇村）の講演要旨集の残部が少々ございます。
講演要旨集をご希望の方は1500円（郵送料込み）を添えて下記までお申込み下さい。

〒466

名古屋市昭和区御器所町

名古屋工業大学 機械工学科

菱田 幹雄 宛

(5) 混相流 シンポジウム

共催（予定）日本学会会議水力学水理学研究連絡委員会（混相流小委員会）、化学工学協会、
スクリ輸送研究会、土木学会、流れの可視化学会、日本機械学会、日本原子力
学会、日本鉱業会、日本造船学会、日本伝熱研究会、日本流体力学会、粉体工
学会

1. 開催日：昭和58年12月18日（火） 19日（木）

2. 会場：日本学会会議講堂

東京都港区六本木7丁目22-34

電話 03-403-6291

3. 参加諸費：シンポジウム参加費：1名8,000円、ただし学生、大学院生は1名4,000円
を当日受付でお支払い下さい。

講演論文集「混相流の流動のダイナミクスと応用技術」：1冊8,000円、た
だし参加者には当日受付で1冊無料進呈。

4. 申込要領：参加ご希望の方は葉書にて「混相流シンポジウム参加申込み」と題記し、

(1)氏名（ふりがな） (2)通信先 (3)勤務先を明記し、下記の申し込み先にご送付
下さい。折り返し参加証をお送りいたしますので、当日受付でご提示下さい。

なお、講演論文集のみで購入ご希望の方は「混相流シンポジウム講演論文集申
し込み」と題記し、(1)氏名（ふりがな）、(2)通信先、(3)勤務先、(4)申し込み冊数、
(5)送金額を明記し、代金を添えて下記申し込み先までご送付下さい。シンポジウ
ム終了後、講演論文集をお送りいたします。

5. 申し込み締切 11月30日

6. 申し込み先

〒657 神戸市灘区六甲台町

神戸大学工学部 赤川 活爾 気付

混相流シンポジウム実行委員会

電話 078 881-1212

内線 5139(もしくは2700) 赤川

(不在の折は 5160 小澤)

7. 講演題目 順序は未定、また題目は仮題のものも含む)

- (1) 気液二相流における流体関連振動(東京理科大 原 文雄)
- (2) 佐久間ダムの堆砂のパイプ流送に関する現地試験(電源開発)
- (3) 200m立坑を用いたエアリフト方式による揚鉞実験(公害資源研究所)
- (4) 火砕流 (東大・荒巻)
- (5) なだれ (北大・藤岡)
- (6) 砂粒運動に伴う斜面の不安定現象(京大・辻本哲郎)
- (7) ダム、湖沼における物質輸送と水質変化(京大・岩佐義朗)
- (8) 混相流中の圧力液・衝撃現象(東工大・土方邦夫)
- (9) 気流に伴われる液膜流の昇面液(九大・深野 徹)
- (10) 堆積層上の粒子の挙動(東北大又は秋田大)
- (11) 固気二相流の不安定流動(三菱重工・三好真一、阪大・森川 辻)
- (12) 流動層 (東京農工大・堀尾 正毅)
- (13) 固液、固気流中の乱流(愛媛大・鮎川恭三)
- (14) 噴流層における気体流体の流動と化学工学装置(日立造船・横川 明)

(6) 第8回 人間-熱環境系シンポジウム開催要綱

- 期 日： 昭和59年12月7日(金)、8日(土)(2日間)
- 場 所： 空気調和・衛生工学会 会議室
東京都新宿区北新宿1-8-1 中島ビル TEL 03-363-8261
- 共 催： 空気調和・衛生工学会(幹事学会)
人類動態学研究会、日本伝熱研究会、日本生気象学会、計測自動制御学会(予定)
- 参加申込方法： 往復ハガキに 1) 氏名(ふりがな)、2) 勤務先、3) 連絡先、4) 所属学協会、5) 懇親会出席の有無を記入し、下記あてに御申込み下さい。定員120名で締切らせていただきます。
- 参加費： 4,000円の予定(前刷代)
- 懇親会： 昭和59年12月7日 17:30~19:30、会費4,000円の予定
- 連絡先： 〒240 横浜市保土ヶ谷区常盤台156 横浜国立大学工学部機械工学科内
第8回人間-熱環境系シンポジウム準備委員会
TEL 045-335-1451 内線2666(川島)

(7) 太陽エネルギーの熱利用に関する国際シンポジウム

call for papers

**International
Symposium
on
Thermal
Application
of
Solar Energy**

April 8-10, 1985
Fuji-Hakone, JAPAN

Japan Solar Energy Society
Japanese Section,
International Solar Energy Society

first circular

GENERAL INFORMATION

LOCATION

The Symposium will be held at the conference hall, located in the Fuji-Hakone National Park, 120 km west of Tokyo. Cherry blossoms may be in full bloom.

REGISTRATION FEE

Registrant	Before Jan. 31, '85	After Jan. 31, '85	Extended Abstract and Proceedings	Attendee
Individual ISES & JSES member	¥30,000 (¥20,000*)	¥35,000 (¥25,000*)	1 set	1 person
Individual Non-member	¥40,000 (¥30,000*)	¥50,000 (¥40,000*)	1 set	1 person
Corporate	¥100,000	¥100,000	2 sets	1 person

* without proceedings

The Extended Abstract and 1 set of Proceedings are charged ¥5,000 and ¥15,000 respectively. The fee for Student member may be considered. The names of Corporate registrants will be identified in the Symposium Proceedings with acknowledgement.

Participants are kindly requested to remit their registration fee before January 31, 1985 to:

K. Kimura
TASE Symposium 1985 through
Mitsubishi Bank, Takadanobaba Branch
Account No. 053-4750695

Any information on the TASE Symposium will be obtained writing to:

N. Takao
The Secretariat, TASE Symposium 1985
Executive Secretary, Japan Solar Energy Society
Sun Pado 222, 1-5 Takadanobaba 3-chome,
Shinjuku-ku, Tokyo 160, Japan

LANGUAGES

Presentation at the Symposium and Extended Abstract as well as complete paper shall be in English.

TECHNICAL TOUR

After the Symposium, technical tours on solar installations are being planned. It must be mentioned that the Tsukuba Science EXPO 85 will be opened from the middle of March 1985 and participants can enjoy it either before or after the Symposium.

TOPICS

Active solar heating
Passive solar heating
Active solar cooling
Passive cooling and dehumidification
Domestic hot water supply
Industrial process heat application
Solar desalination
Agricultural application
Photovoltaic/Thermal hybridization
Solar pond
Solar thermal power generation
Thermal energy storage
Radiation measurement

SCOPES

Materials R&D
Components R&D
Systems R&D
Testing and evaluation
Design method
System simulation

CONTRIBUTION OF PAPERS

Participants who wish to contribute papers are invited to submit an abstract of 200 words with the title of paper, author(s)'s name and affiliation type-written in English on an A4 sheet by February 29, 1984 to the Secretariat with registration form. Authors will be advised acceptance of their papers by June 30, 1984 with instruction for the extended abstract layout of 2 pages. The extended abstract in English should reach the Secretariat by October 31, 1984. The complete paper must be submitted to the Secretariat by April 8, 1985 for the inclusion in the Proceedings to be published after the Symposium.

(8) 第5回日本熱物性シンポジウムプログラム

日 時： 10月29日(月) 11時 ～17時30分
10月30日(火) 9時30分～17時30分
10月31日(水) 9時30分～16時

場 所： 神戸国際会議場・4F 406会議室
〒650 神戸市中央区港島中町6丁目9-1
電話 (078) 302-5200

参加費： 3,000円(学生2,000円)。

講演論文集： 日本熱物性研究会会員には当日無料でお渡しします。会費未払いの場合はお払い込み下さい。欠席の方には終了後郵送します。

非会員の方には1部5,000円でお頒けします。出席されず論文集のみ購入希望の方はハガキで部数と送り先を書き、下記へお申込み下さい。

〒223 横浜市港北区日吉3-14-1

慶応義塾大学理工学部機械工学科

長島研究室気付

日本熱物性研究会

(電話 044(63)1141、内線3168、3167)

第 22 回伝熱シンポジウム研究発表申込書

- 下の用紙を切取って記入の上、整理費と一諸に申込先へお送り下さい。
- 返信用題目は、原稿提出時の講演題目をご確認いただくものです。
- 住所・氏名は、原稿用紙を送付するためのものですから楷書体でご記入下さい。

第 22 回日本伝熱シンポジウム研究発表申込み																																																											
題目： 所属学協会と資格	氏 名 ^{がな} （講演者の頭に捺印）	勤務先																																																									
概要：	<table border="1" style="width: 100%; height: 40px; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																																																										
分野：	キーワード：																																																										
連絡先 〒	TEL() -																																																										
住所・氏名																																																											
受付日：																																																											

著者への返信用題目（申込者記入）

原稿用紙送付先住所・氏名（申込者記入）

〒

様

キ
リ
ト
リ
線

伝熱研究

Vol. 23 №91

1984年10月発行

発行所 日本伝熱研究会

〒113 東京都文京区本郷7-3-1

東京大学工学部機械工学科気付

日本伝熱研究会

電話 03(812)2111 (代) 内線6322

振替 東京 6-14749

(非売品)

昭和59年10月

会 員 各 位

〒113 東京都文京区本郷7-3-1
東京大学工学部機械工学科気付
日本伝熱研究会

講演会通知
関西研究グループ研究会

下記の通り研究会を開催いたしますので多数御参加下さい。

- 日 時 昭和59年12月7日(金) 13:30～16:30
- 場 所 大阪大学基礎工学部 Σホール第Ⅱセミナー室
(豊中市待兼山町1-1)
- 交 通 阪急電鉄宝塚線、石橋駅あるいは螢池駅より
徒歩：20分、タクシー：5分
北大阪急行、千里中央駅より
バス(大阪空港行き)：刀根山元町バス停下車 徒歩3分
タクシー：10分
- 講 演 1. 複合対流熱伝達に関する一研究
大阪大学・基工 木本日出夫、米山久一、桃瀬一成、吉信宏夫
2. 管内流動に及ぼす旋回の影響
大阪大学・工 平井秀一郎、高城敏美、田中和洋
3. 着霜時の伝熱に関する2-3の問題
関西大学・工 勝田勝太郎、石原 勲
4. 水平流体層における熱対流パターンの変化
大阪大学・基工 井上義朗、伊藤龍象
5. サブクールプール水中における蒸気噴流の凝縮
大阪大学・工 加治増夫、中西重康、富田 淳、広瀬哲也
6. 人工衛星の温度制御用ヒートパイプの研究開発
三菱電機(株)・中研 大串哲郎、山中晤郎
- 連絡先 大阪大学基礎工学部 電話 (06) 844-1151
機械工学科 木本日出夫 (内線 4461)
化学工学科 平田 雄志 (内線 4726)

昭和59年10月

会 員 各 位

〒113 東京都文京区本郷7-3-1
東京大学工学部機械工学科気付
日本伝熱研究会

講演会通知
関西研究グループ研究会

下記のとおり講演会を開催しますので多数ご参加下さい。

日 時 昭和59年12月5日(水) 15:00~17:00
場 所 京都大学工学部原子核工学教室 第2講義室
講 師 Professor V. E. Schrock
Department of Nuclear Engineering
University of California
Berkeley, California
講演題目 Steam Water Interactions in a Vertical Tube

講演会終了後17:30から京大会館にて懇親会を行います。会費は3,500円です。ご参加の方は11月24日までに下記あてご連絡下さい。

〒606 京都市左京区吉田本町 京都大学工学部原子核工学教室
(075)751-2111 内線5823 (岐美)
または5842 (菊地)