

Vol. 10  
No. 38

1971  
July

# 伝 熱 研 究

News of HTSJ

第 38 号

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

## 日本伝熱研究会 第10期役員

会 長：齊藤 武 (北 大)  
副会長：小笠原光信 (阪 大)  
幹 事：関 信弘 (北 大) 一兼北海道連絡  
平田 賢 (東 大) 一兼関東連絡  
赤川浩爾 (神 大) 一兼関西連絡  
長谷川修 (九 大) 一兼九州連絡  
伊藤龍象 (阪 大)  
大谷茂盛 (東北大)  
吉川進三 (同志社大)  
杉山幸男 (名 大)  
武山斌郎 (東北大)  
千葉徳男 (広 大)  
岐美 格 (京 大)  
監 査：一色尚次 (東工大)  
国井大藏 (東 大) 一事務担当  
弓削達男 (東北大) 一兼東北連絡  
泉 亮太郎 (静 大) 一兼東海連絡  
広安博之 (広 大) 一兼中国四国連絡  
石黒亮二 (北 大)  
越後亮三 (九 大)  
河田治男 (東工大)  
小泉睦男 (早 大)  
鈴木 崇 (東洋製作)  
棚沢一郎 (東 大)  
松本隆一 (神 大)  
山崎弥三郎 (原 研)  
葛岡常雄 (工学院大)

事務局 (〒 113) 東京都文京区本郷7丁目3-1

東京大学工学部 化学工学科 国井研究室内

電話 03 (812) 2111 内線 4456 振替 東京 14749

第10期「伝熱研究」編集委員長：松本隆一 (神大)

## 目 次

会長就任の挨拶 .....	齋藤 武.....	1
第8回伝熱シンポジウム		
特別講演		
輸送現象における電気化学的方法.....	水科 篤郎.....	2
水-ナトリウム反応とその安全性について.....	一色 尚次.....	4
展望講演		
沸騰熱伝達の機構 .....	西川 兼康.....	12
対流熱および物質伝達 .....	森 康夫.....	25
第8回シンポジウムを終えて .....	小笠原光保.....	32
寄書コーナー		
流れを分類してみよう .....	片岡 邦夫.....	36
地方グループ活動コーナー		
東海研究グループ .....		39
東北研究グループ .....		47
日本伝熱研究会ニュース		
日本伝熱研究会第10期総会 .....		56
第5回夏期伝熱セミナーについてお知らせ .....		58
文献リスト		
定期刊行誌 .....		60
編集委員会より .....		87

## 第10期会長就任のあいさつ

齋藤 武

このたび図らずも皆様のご推挙を得て、第10期会長をお引受けすることになりました。まことに光栄に存じます。当研究歴代の会長はお人柄、業跡などこの分野では、いづれも卓抜な大先輩であり、そのあとを引継ぐことは、未熟の私自身全く思いもかけぬことであり、忸怩たる思いがそたします。しかし、幸に副会長の小笠原先生、国井先生はじめ役員はいづれもきわめて有能な方々ですので、これらの方々のご助力を得て、任期中責を果したい所存でございます。どうぞよろしくお願い申し上げます。

日本伝熱研究会も発会10年を経て、会の基礎もようやく固まり、シンポジウム、セミナーなども年とともに隆盛となり、とくに次代を背肩う若い研究者の活躍振りは目をみはるばかりで、少人数で発足した当初の苦勞が見事花咲いた感じがいたします。また、昭和48年には第5回国際伝熱会議がわが国で催されることになりました。このような過程の中で、この会が地道ではあるが着実に発展を続けるのだと思います。

会員皆様の厳しい批判と温かい協力とを期待します。

## 第 8 回 伝熱 シンポジウム

### 特別講演

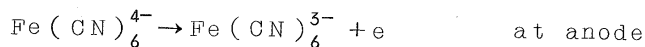
#### 輸送現象における電気化学的方法

京都大学 水科 篤郎

輸送現象における電気化学的方法にはいろいろあるが、ここでは話をいわゆる限界電流法に極限する。“Advances in Heat Transfer No.7, 1971” (Academic Press) に詳述してあるものの中から、他の研究者の研究結果を除き、筆者の研究室の最近の結果を加えて、お話しする。

#### I. 測定原理

例えば次のような電解化学反応を用いる。



陰極面におけるイオン流束は次式であらわされる。

$$N_A = (D + \epsilon_\phi) c_A (n_e / RT) (d\phi / dy) - (D + \epsilon_D) (\partial c_A / \partial y) + v c_A \quad (1)$$

右辺第 1 項は電気泳動の項であり、反応にあずからない、支持イオンを多量に加えることにより無視できる。第 3 項は (i) のような反応ではゼロになり (ii) のような反応でも無視できる。したがって式 (1) は

$$N_A = - (D + \epsilon_D) (\partial c_A / \partial y) = k (c_b - c_l) \quad (2)$$

となり、このイオン流束  $N_A$  は電流を運ぶので電極間電流量として検出

される。この反応において電極間の電圧を高めてめくと、初めは電極間電流量が増加するが、ある点で一定値、すなわち限界電流になる。限界電流になると実質的には  $c_i = 0$  となり、 $c_b$  は既知であるから、物質移動係数  $k$  は算出できる。

### 1. 物質移動係数

測定面を陰極にして、その面の平均物質移動係数を測定できるばかりではなく、その中に電気的に絶縁された小さい点陰極を設けることにより、局所値も測定できる。また電流変動から、物質移動係数の変動値も求めることができる。

### 2. 流体摩擦力

小さい孤立電極を設け、その上に発達する濃度境界層における物質移動速度を測定することにより、壁面における速度勾配すなわち流体摩擦力を測定できる。この場合も時間的平均値のみならず、変動値も測定できる。

### 3. 流速

熱線風速計と同様の原理により細い陰極線からの物質移動速度を測定することにより、それにぶつかる液流速を測定することができる。この場合も変動値も測定できる。

## II. 実験結果（図は省略）

### 1. 物質移動係数

#### (1) 管路内の流れ

- a. 時間的平均値
- b. 高物資流束を伴う場合
- c. 物質移動係数の応答

#### (2) 円管への直交流

#### (3) かくはん槽

#### (4) 回転二重円筒

### 2. 流体摩擦力

- (1) 管路内の流れ
    - a. 時間的平均値
    - b. 変動値
    - c. 高物質流束を伴う場合
  - (2) 円管への直交流
5. 流速
- (1) 管入口部における境界層
    - a. 流速分布
    - b. 変動値
  - (2) かくはん槽

### Ⅲ. 本法の適用限界

1. 高シュミット数の液にしか適用できないから、そのまま低シュミット数、低プラントル数の場合を議することはできない。
2. ある特殊液を使わなければならないから、着色したり、非ニコトン性が破壊されたり、酸素と反応したりすることのあることに注意しなければならない。
3. ある流速以上になると限界電流が得られないことがある。
4. 高シュミット数の拡散を利用しておるから、応答速度が遅く、あまり高周波の変動は測定できない。

### 水-ナトリウム反応とその安全性について

東京工業大学 一色 尚次

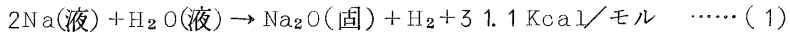
ナトリウム (Na) は高速増殖原子炉の冷却剤として今後その利用と研究が益々重要になると思われている。しかし Na は水とはげしく反応する欠点をもっている。

日本機械学会において過去二カ年間にわたって Na-水反応の安全性

に関する研究分科会が設置されたが、ここでは同分科会によつてわかつたことを中心として概要を語りたい。

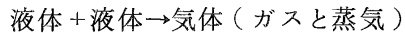
(1) Na-水の反応

Naと水の反応には多くの種類があるが、Naが多くかつ高温の場合

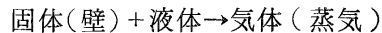


なる反応が主要なものとなる。

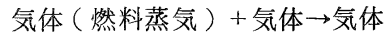
この反応によつて発生するものは固体の $\text{Na}_2\text{O}$ を除けばガス状の $\text{H}_2$ と水蒸気及びNaの蒸気であつて、その形式は



の形式であり、沸騰現象が



であり燃焼が



であるのにくらべて反応物質両方とも液体であるのでその密度が大きくかつ流動性や貫通性が強く、しかも反応による体積の膨張率が他の二者より大きい点からNa-水反応は界面の爆発的脈動を伴つた極めて激しい急速な反応を呈する。しかし反応は不規則で再現性が少ない。

通常水がNa内に侵入すれば全く反応の時間遅れなしに入つただけの全部の水が反応すると仮定されるが、それも妥当であると考えられている。

(2) 水の噴出量

Na-水反応は通常Na加熱蒸気発生器(S.G)内で生ずると想定されるが、上記の理由により発生状況を想定するのは加熱された二相流の水の噴出量であり、それについては現在の多くの水噴出流についての研究結果が有効に利用されている。しかし最も重要な初期の過渡状態についての研究はまだ十分でない。

(3) 大リーク現象

S.Gの中で大きな水のリークが発生したと想定したときのNaに発生する圧力の経時変化については多くの実験と理論研究がある。



図1には幾つかのNaを使用したモデル実験において発生した圧力の経時変化例を示す。

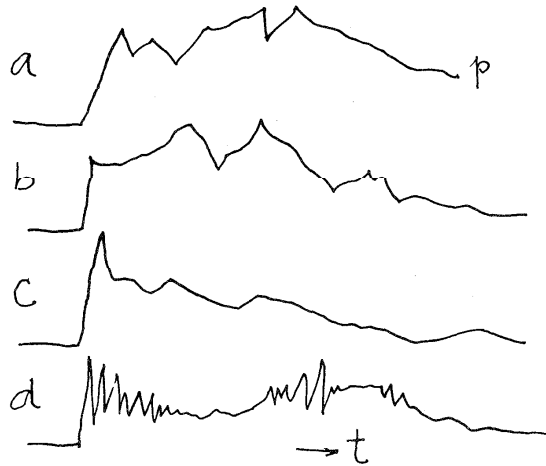


図1. 圧力  $p$  の経時変化

圧力の初期ピークをスパイクと呼ぶが、スパイクのあるものと無いもの、脈動するものなどがあり一定しない。

また簡単なNa液柱ピストンの仮定によると、水の噴出流量  $G$  が、時間  $t$  に関して

$$G = \text{const}_1 t^m \quad \dots\dots (2)$$

なる変化をすると、発生点に生ずる圧力  $p$  は

$$p = \text{const}_2 t^{\frac{m-1}{2}} \quad \dots\dots (3)$$

なる対応変化をする。

ゆえに、水のステップ状定速度噴出においては圧力  $p$  は一度無限大となつてから  $t^{-1/2}$  に比例して減少し、水が時間とともに直線状に増加して噴出するときは圧力  $p$  は一定に保たれ、水が放物線的噴出をすると

きは  $p$  は  $\sqrt{t}$  に比例して増加する。

ゆえに噴出直後の圧力の値には水噴出量の経時変化が極めてデリケートな影響を及ぼす。

また容器が細長かつたり、管状であれば Na の中を往復する圧縮波の影響が顕著となり、また  $H_2$  ガスの前面が二相流化してくずれてくれば、吹き抜けが早く生じて圧力上昇は低下する効果がある。

#### (4) 大リーク現象のモデル化

大リーク現象を解析して圧力の変化の予想をするためには、それをモデル化する必要がある。

現在最も実際に近いと考えられている仮定では、図2のように、

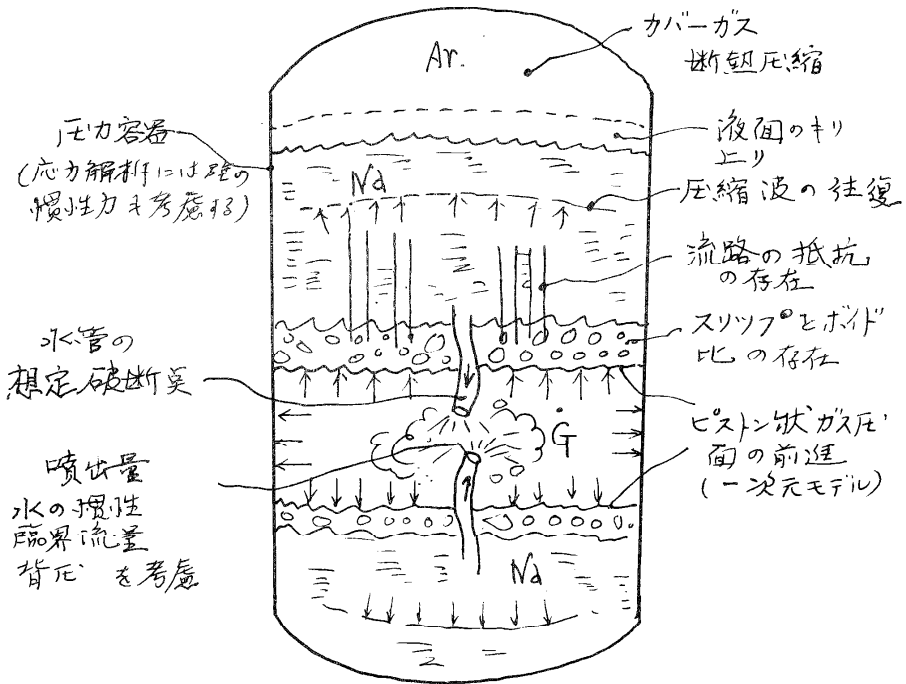


図2. 大リーク Na 水反応の解析モデル

(a) 水の噴出は管の破断が最も危険な位置で生じ、かつ管の全面が瞬時破断するものとする。

(b) 噴出した水は全部瞬時に反応する。水の噴出量には過渡状態と背圧、変化を考慮する。

(c) 反応による発生ガスの温度は一定と仮定する(第1表参照)。

(d) 発生ガスの前面に二相流域の存在を考え一定スリップ、一定ボイドと考える。

(e) Na内の圧縮波の往復を考える。

(f) カバーガスは断熱(もしくは等温)変化をすると考える。

第1表に今までの各社の大リーク反応の解析方式の一覧表を示す。

(5) 小リーク

図3に示すようにしてもしNa内の水管に小さな割れ目が発生してそこから高圧水が細い糸状に噴出したとすると、水は直ちにNa-水反応によつて高温のバーナ状ジェットとなり、その先に他の水管があればそ

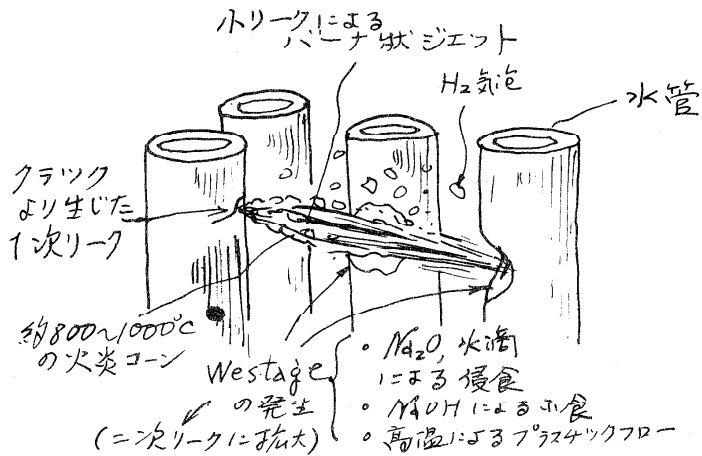
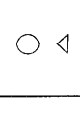

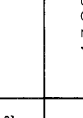
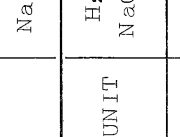




図3. 小リーク現象

第1表 大規模リーク反応解析一覧表

研究機関	水流出パターン	SG形式	生成ガス or 生成物	生成ガス温度 °K	カバ-ガス 断熱変化 ○	Na 圧縮性 あり○ なし△	二相流 ピストン□ スリップS	摩擦 損失	コード名	実験の 有無
NAA		UNIT	H <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1850 (定圧) 1950 (定積)	○	○ △	□	無視		○
APLA		UNIT	H <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1244	○	△	□	△ 单相	SWAG BJG1~5	○
CEA			H <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1398	○	△	□	○		○
HOEI	 etc	UNIT	H <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		○	△	S	○		○ シミュレ- シヨソ
KAWA SAKI			H <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	100	○	○	□	○	SOWACS	○ CEA と比較
INTER ATOM		TUBE IN TUBE	H <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub> NaOH	1573~1773 実例 1043~1193	○	○ △	□	○	FOOL DRUWA NAWA	○

れを侵食して新しい孔を明け、逐次大きなリークに発展する。そのため小さなリーク現象も大リーク現象の発生源として防止されなければならない。

小リークジェットによる水管の侵食は *westage* と呼ばれ、世界各地での小リーク実験によつてその性質が解明されつつある。

今までわかっている小リークジェットの性質はつぎのようなものである。

(a) 細い針状ジェットの方が拡大された噴霧状ジェットより *Westage* が大きい。

(b) 針状ジェットではジェットの間付近で最も大きい *westage* が生じ、かつジェットの周辺に薄い高温層がある。

(c) Na の流速は適当であれば *Westage* が大きいが大きすぎると下る。

(d) 反応最高温度は約  $800^{\circ}\text{C}$  ~  $1000^{\circ}\text{C}$  である。

(6) リークデテクター

水管の溶接箇所 1 個につき 1 年間にたとえ 0.01% のリークが発生するとしても、50MW の S.G. では年に数本リークすることとなり小リークの発生は不可避に近い。その防止には出来るだけ早いチャンスにリークを検出することである。

小リークの検出法には

(a) 発生する  $\text{H}_2$  の検出

(b) 発生する  $\text{O}_2$  ほか不純分の検出

(c) 導電度の変化の検出

(d) 小リークによる反応音響の検出

等がある。この中で現在最も早いと思われているのが音響法と電気化学的  $\text{O}_2$  メータである。

(7) 安全性向上対策

Na-水反応が発生したと想定した時の対策として Na 加熱 S.G. には図 4 のような多くの安全設備がされる、主なものは

(a) 内壁でのガスクツション

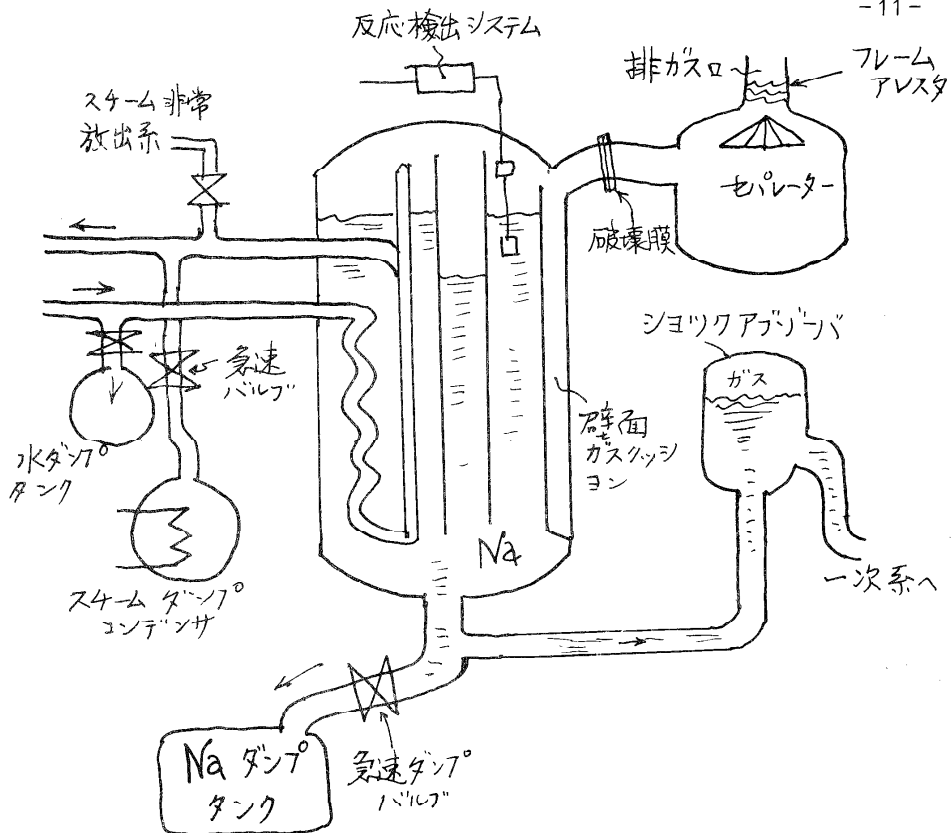


図4. S.G.におけるNa-水反応の対策

- (b) カバーガスでのクッション
  - (c) 水、蒸気の急速ダンプ
  - (d) Naの急速ダンプ
  - (e) 発生ガスの処理
  - (f) 一次系への圧力伝ばのしや断
  - (g) 水管材質の選定
- 等である。

(8) 今後の研究事項(伝熱関連)のまとめ

以上から今後のNa-水反応に関する研究事項をまとめると次のよう

になる。

- (a) 液・液→ガス+発熱の反応のメカニズムと熱・物質伝達
- (b) 破断後の二相噴出水の過渡流量(数ms以内)
- (c) 反応後の二相流ピストンの挙動
- (d) 二相・単相Na内の圧縮波の往復与動と壁のうける圧力
- (e) 以上を考慮した大リーク現象のモデル化
- (f) 壁材料のパルス的高圧による強度と急速ダンプ等によつて生ずるサーマルショック
- (g) 小リークジェットによる火炎流のメカニズムとアナロジー
- (h) 小リークジェットによる対象ターゲットのWestageの発生機構のモデル化とアナロジー
- (i)  $H_2$ のNa内の拡散と固体壁の透過の機構
- (j) Na及び $H_2O$ 系の急速なダンプ時間短縮と平常時の熱伝達向上の相反する影響をいかに処理するか

## 展望講演

### 沸騰熱伝達の機構

九州大学 西川 兼康

#### 1. はしがき

沸騰現象は日常身近に経験され、古くから知られた伝熱の形式であるが、我々が沸騰について何も知らないということに気付いたのはかなり最近のことであり、Westwater<sup>(1)</sup>は「Things We don't know about Boiling Heat Transfer」という論文において沸騰に関する我々の知識のいかに貧弱であるかを指摘している。しかるに原子炉、ロケット、宇宙プラントのような高出力密度系の出現に刺戟されて、沸騰に関する研究が最近量的にも質的にきわめて活潑であり、時間的にも経

費的にも莫大な量が消費されたにもかかわらず，その結果は完全な満足には程遠いものがあり，与えられた表面温度に対して確信をもつて合理的な精度内で熱流束を予言する信頼すべき方法が今日存在しないといつても過言ではない。

最近の沸騰研究の趨勢を見るに，工業上の要求から強制対流におけるバーンアウトの研究が最大の関心事であり，これに付随して気液二相流の流動様式と熱伝達との関連，あるいはプール沸騰におけるバーンアウト機構や遷移沸騰の性格が研究され，一方高温鋼板の冷却や極低温工学に関連して膜沸騰の研究が行なわれつつあるが，ここでは沸騰現象の最も基本である核沸騰熱伝達の機構について最近の研究を中心にして述べてみたいと思う。

## 2. 核沸騰熱伝達の整理式

核沸騰域に対してはこれまで非常に多くの熱伝達整理式が提案されているが，すべて次の形に帰せられる。

$$q = c \Delta T^n \quad (1)$$

ここに， $q$ ：熱流束， $\Delta T$ ：伝熱面と液体の温度差， $c$ および $n$ ：定数である。しかし，図1に示すごとく，熱流束 $q$ は過熱度 $\Delta T$ の一価関数でなく，過熱度と表面条件に依存する。したがって，Westwater<sup>(2)</sup>が指摘したように核沸騰熱伝達の整理においては伝熱面と液体との組合せによつてきまる核生成因子を考慮する必要があることは確かである。

表面の核生成特性の差は現象的には伝熱面上の気泡発生点数 $n$ の差となつてあらわれる。西川<sup>(5)</sup>は $n$ の値こそ核沸騰熱伝達を支配する決定的な因子であることに気付き，熱流束 $q$ を発泡点密度 $n/A$ と過熱度 $\Delta T$ の2パラメータ表示によりデータがよく整理されることを示した。

$$q = c_n \Delta T^b (n/A)^c \quad (2)$$

表1は各研究者による指数 $b$ ， $c$ の値を示したものである。しかし，現在のところ表面条件や発泡点密度を定量的に記述する方法は確立されて



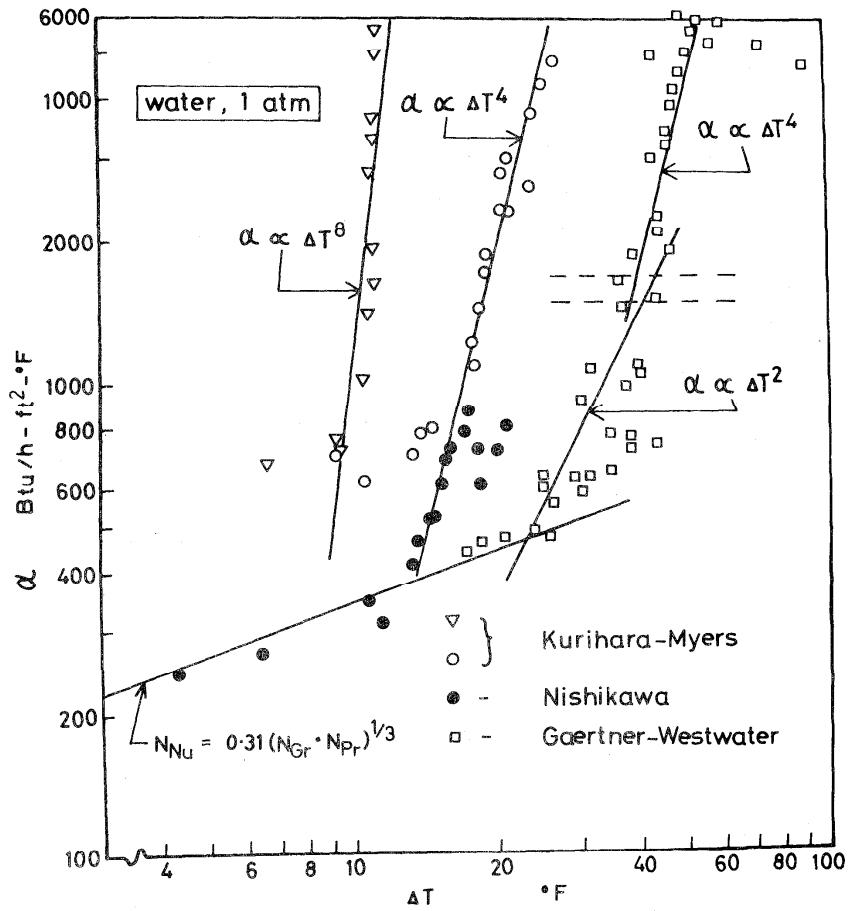


図 1

いないので、設計の目的には Rohsenow<sup>(4)</sup>や西川<sup>(5)</sup>によつて提案された表面係数や起泡度を用いるのがよいであろう。最近 Mikic-Rohsenow<sup>(6)</sup>は発泡点密度を過熱度と物性値の項であらわす式を提案している。

### 3. 核生成

沸騰を生じるには微少ではあるが有限の半径の核が必要である。この

表 1

researcher	$b$	$c$
Nishikawa	3/2	1/4
Tien	1	1/2
Zuber	2	1/4
"	5/3	1/3
Ricklis-Orell	1.83	0.42

ような核は普通固体表面上のピットやかききずから成立っていると考えられる。このキャビテイに対する核生成過程は多くの人によつて研究されているが、問題は三つの部分に分けられる。

- (i) ガスあるいは蒸気を表面のキャビテイにおとしこむに必要な条件の研究
- (ii) おちこんだガスあるいは蒸気を含むキャビテイの安定性の研究
- (iii) おちこんだガスあるいは蒸気をもつ活性のキャビテイからの気泡生成を支配する条件の研究

第一の問題は Bankoff<sup>(7)</sup> によつて手掛けられ、第二の問題は原子炉の反応や安全に関連する問題であり、核沸騰における熱流束あるいは表面温度の制御上必要であるが、安定なキャビテイの最良の形は何であるか、また表面材質の安定性に及ぼす効果などについて満足な答を与える定量的な研究はほとんどない。

活性のピットから気泡をつくるに必要な温度と関連する第三の問題は Griffith-Wallis<sup>(8)</sup> により現象論的研究が進められ、不均一温度場における温度境界層、ピット直径および熱流束の間の関係が探究され、将来に対する有用な骨組が与えられている。

#### 4. 気泡成長

核生成につづく伝熱面近くの過熱液膜内での気泡の成長については、一次元非定常熱伝導問題として Fritz-Ende<sup>(9)</sup> によつて公式化され、

Plesset-Zwick<sup>(10)</sup>, Forster-Zuber<sup>(11)</sup>らによつて均一温度場に対する詳細な解析が行なわれているが, 実際の沸騰において気泡は伝熱面から発生するので, 不均一温度場の解析が必要である。この場合の気泡成長を解明するためには, 次の二つの方法を試みる必要がある。その一つは温度分布に関する考えられる境界条件を多数想定し, それぞれの境界条件に対してえられた解を利用しうる実験データの統計的平均値と比較し, 比較的近い結果がえられた解の境界条件を実際に近いとするのである。今一つは境界条件を直接実験的に求めることであるが, そのためには特殊な測定技術が必要であろう。このような正確なデータがないために, Fritz-Zendeの式は依然として伝熱面の気泡成長に対するあらい近似として用いられうる。

#### 5. 気泡の離脱と発生頻度

気泡の成長離脱は伝熱面近くの温度境界層に流れを誘起し, この流れは伝熱面離脱時の気泡直径 $d_0$ と気泡発生頻度 $f$ に関係するので, この二つのパラメータを検討する必要がある。

伝熱面離脱時の気泡直径は浮力, 附着力および気泡周囲の液体の運動による流体力学的力に関係する。前二者の力の釣合のみを考える静的取扱についてはFritz<sup>(12)</sup>とZuber<sup>(13)</sup>によつて提案された式がある。ところでSemeriaら<sup>(14)</sup>や西川ら<sup>(15)</sup>の水についての実験によると,  $d_0$ は圧力 $p$ とともにほとんど直線的に減少しているが, 上述の式はこのような強い圧力依存性を示さない。Ruckenstein<sup>(16)</sup>, Cole<sup>(17)</sup>, Cole-Rohsenow<sup>(18)</sup>はこの圧力依存性を示す因子としてJakob数が有力であることを示している。

ところで $d_0$ と $f$ の関係は核沸騰の理論解析において重要なものであり, 有名なJakob<sup>(19)</sup>の式がある。

$$d_0 f = \text{一定} \quad (3)$$

McFadden-Grassmann<sup>(24)</sup>は次元解析により,  $d_0$ と $f$ の一般関係を導き, Cole<sup>(17)</sup>は減圧下の実験結果より $d_0 f$ がJakob数に無関係である

ことを見出している。さらに Ivey<sup>(21)</sup> は広い範囲に対する近似関係としては McFadden-Grassmann の式でよいが、より正確な表示式をうるためには、離脱気泡径と熱流束に応じて

- (i) 流体力学的領域
- (ii) 遷移領域
- (iii) 熱力学的領域

の三つの領域に分けねばならぬと結論した。

## 6. 核沸騰の流動様式と熱伝達

前節までの気泡に関する議論は気泡が合体することなく弧立している場合に対してなされたものであるが、従来核沸騰の全域にわたって気泡が互に十渉することのない弧立泡を仮定し、核沸騰でえられる高熱流束はこれらの気泡の攪乱効果によるものとして、熱伝達の整理がなされてきた。しかし最近の研究によれば、気泡が孔立して存在しうる核沸騰の領域はむしろ限られており、高熱流束域では気泡は互に干渉し、大きな蒸気斑点や蒸気噴流を生じ、このような気泡干渉域は単独弧立泡域とはその流動様相が非常に異なることが見出された。図 2 は低熱流束から高熱流束にいたる蒸気形状の変化と熱伝達の関係を示したものである。<sup>(22)</sup> 弧立泡域から干渉域への遷移については、気泡間隔  $S$  が  $(1.5 \sim 2) d_0$  の値をとる時とされている。<sup>(23), (24), (25)</sup>

## 7. 温度境界層

核沸騰過程をよく理解するためには、伝熱面近傍の過熱層について詳細な知識が必要である。疑いもなく過熱層の厚さや温度分布は気泡核や気泡の成長離脱のみならず、発泡点密度と密接な関係をもっている。最近この温度境界層についての関心が増大し、多くの測定や解析が行なわれている。<sup>(26), (27), (28)</sup>

山泉ら<sup>(29)</sup> は光学的方法により温度境界層の原さを測定し、熱伝達係数  $\alpha$  と境界層の厚さ  $\delta$  とが一義的な関係をもち、比較的低熱流束域に

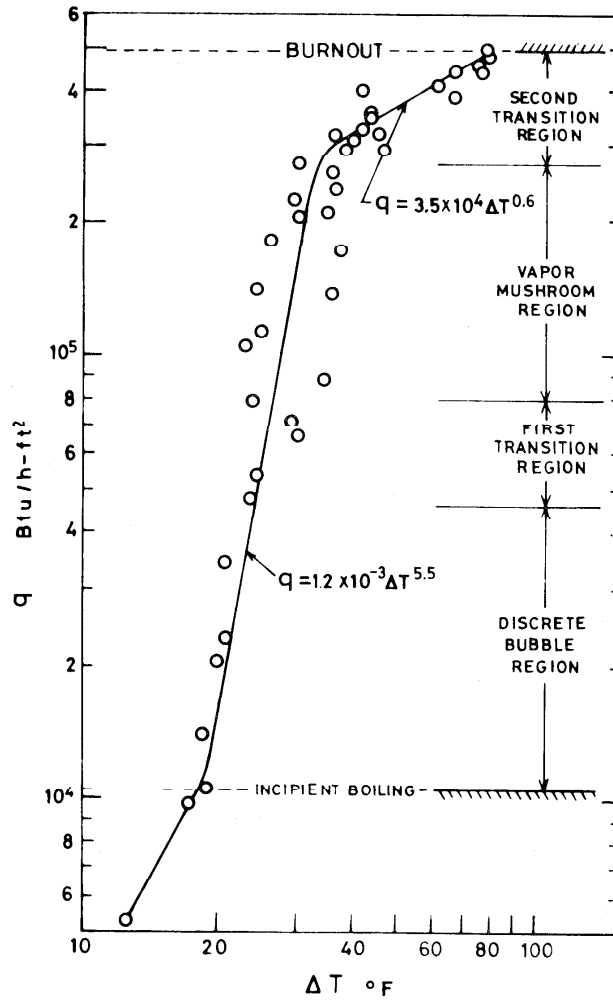
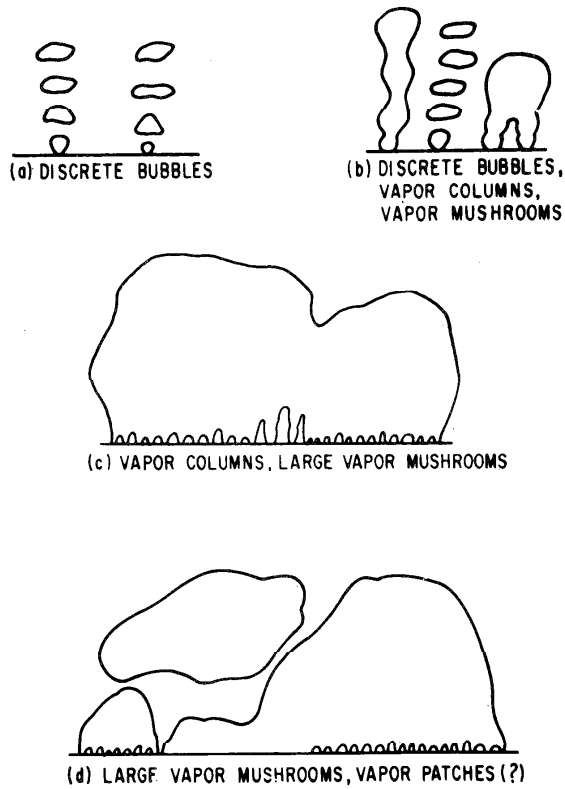


図 2 (その 1.)

おいても層流域と乱流域の二つの領域に分けられることを見出し、無次元表示式として次式を導いている。

$$\left(\frac{\alpha R}{\lambda}\right)^s = B \left(\frac{R}{\delta}\right) \quad (4)$$



- a. Discrete bubble region
- b. First transition region
- c. Vapor mushroom region
- d. Second transition region

図2 (その2)

ここに、 $\lambda$  : 液体の熱伝導率、 $R$  : 伝熱面の代表寸法、 $s$  および  $B$  : 定数、である。式(4)の関係が成立するかどうかを Lippert-Dongall の水、メタノール、フロンについて行なった実験データについて確かめると、図3のごとくなる。層流域では  $s = 1$ 、乱流域では  $s = 1/2$  となり、

彼等が成立することを確かめたといっている層流域よりも乱流域の方がまとまりがよいことがわかる。また山県らと他のデータの絶対値が異なるのは  $\delta$  の定義の差異によるものである。

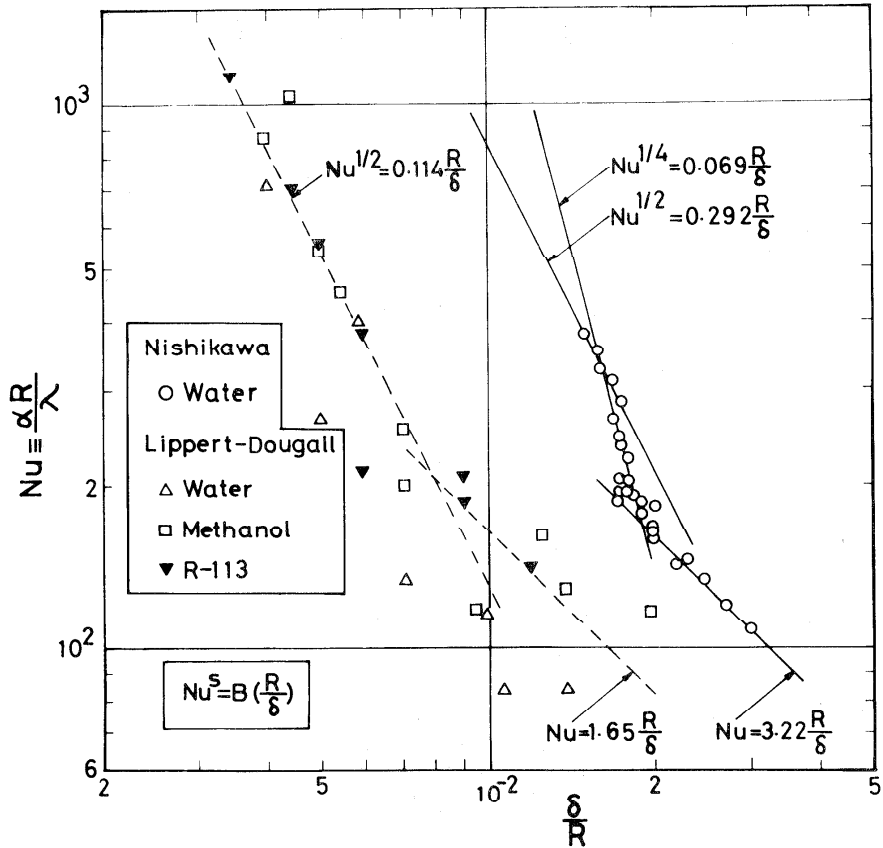


図 3

### 8. 核沸騰熱伝達の機構

従来核沸騰熱伝達に関しては多くの伝熱機構が提案されているが、主なものは、

- (i) 気泡乱拌機構

(ii) 気液交換機構

(iii) 蒸発機構

の三つに大別されるように思われる。

核沸騰の機構を説明する最も初期のものは(i)で、伝熱面における気泡の成長、離脱、上昇により液体が攪拌され、それによつて熱伝達が促進されるというのである。(ii)の気液交換モデルは伝熱面に付着している気泡の最大体積に相当する部分だけ蒸気と液体が交換される作用が繰返えされて、大量の熱が伝達されるというもので、(i)のモデルと類似なものと考えられるが、Hsu-Graham<sup>(25)</sup>や一色・玉木<sup>(30)</sup>の陰影写真やシュリーレン写真によると、このモデルの考え方を概念的には支持するように思われる。(iii)の蒸発モデルはいわゆる潜熱輸送の効果であり、伝熱面に付着している気泡底における薄液膜の存在を仮定するもので、最近議論の対象となつているモデルであるが、要するに、潜熱輸送効果が気泡干渉域では優勢な伝熱機構であることを示すものである。

## 9. 核沸騰熱伝達の整理

発泡点密度を考慮した整理式は前節の(i)の機構に基づき自由対流の式  $N_u = K(G_r \cdot P_r)^m$  を修正して導いたもののみであるので、ここでは西川<sup>(5)</sup>の整理式について検討してみる。この式の導出にあつては色々な仮定がなされているが、最も重要な仮定は式(2)に対応する次式である。

$$\Delta T = c_q n^x (qR)^y \quad (5)$$

ここに、 $c_q$  は液体の種類によつて異なる定数で、 $x$ 、 $y$  を低熱流束域の実験結果から決定されていた。そこで  $x$ 、 $y$  など実験から求めていた指数を一般化して西川の整理式を式(1)の形にかくと、指数  $n$  が次式であらわされる。

$$n = \frac{1+z}{1+z-k} \quad (6)$$



$$z \equiv \frac{k+x+y-1}{1-y}$$

$$k \equiv \frac{m}{1-sm}$$

ここで、 $x, y, s, m$  に対して西川<sup>(31)</sup> および Zuber<sup>(23)</sup> によつて与えられた値を用い、層流と乱流の場合にわけて  $n$  の値を計算してみると、表 2 のようになる。Zuber の  $x, y$  の値は自由対流の乱流の場合から導かれたものであるから、層流の場合に適用するには問題がある。西川の

表 2

	laminar	turbulent	
	$s=1, k=1/3$	$s=1/2, k=2/5$	$s=1/4, k=4/11$
Nishikawa	$z=-1/2$	$z=-3/10$	$z=-9/22$
$x=-\frac{1}{6}$	$\frac{k}{1+z}=2/3$	$\frac{k}{1+z}=4/7$	$\frac{k}{1+z}=8/13$
$y=\frac{2}{3}$	$n=3$	$n=7/3$	$n=13/5$
Zuber	$z=-2/3$	$z=-1/2$	$z=-13/12$
$x=-\frac{1}{5}$	$\frac{k}{1+z}=1$	$\frac{k}{1+z}=4/5$	$\frac{k}{1+z}=8/9$
$y=\frac{3}{5}$	$n=\infty$	$n=5$	$n=9$

$x, y$  の値は主として低熱流束域において求められたものであり、層流域に適用するのが妥当であろう。また乱流域における  $s$  の値は最近の測定からみれば、 $1/2$  とするのがよいように思われる。したがつて表 2 のうち、層流域： $n=3$ 、乱流域： $n=5$  とするのが現在のところ妥当ではないかと思われる。図 1 は表面条件の色々異なる面<sup>(32), (33), (34)</sup> したがつて発泡点密度の様相の異なる面についての大気圧の水に関する

実験を $\alpha \sim \Delta T$ の関係で示したもので、層流域では $n = 3$ ，乱流域では $n = 5$ あるいは $n = 9$ なることの妥当性を示しているように思われる。また図2のGaertnerの実験<sup>(22)</sup>において $n = 5.5$ としているのも興味深く，Kirby-Westwater<sup>(35)</sup>の $\text{CCl}_4$ やメタノールの実験において $n = 9$ となるのも面白い。

#### 文 献

- (1) J.W. Westwater, Theory and Fundamental Research in Heat Transfer, (1963) 61, Pergamon Press.
- (2) J.W. Westwater, Petro/Chem Engr, 33(1961) 40, 53
- (3) 西川, 機論, 20, 100(昭29) 808
- (4) W.M. Rohsenow, Trans, ASME, 74(1952) 969
- (5) 西川, 機論, 22, 120(昭31) 562
- (6) B.B. Mikic-W.M. Rohsenow, J. Heat Transfer, 91(1969) 245.
- (7) S.G. Bankoff, J. AIChE, 4(1958) 24
- (8) P. Griffith-J. D. Wallis, CEP, Symp. 56(1960) 49
- (9) W. Fritz-W. Ende, Phys. Z, 37(1936) 401
- (10) M. Plesset-S. A. Zwick, J. App. Phys. 25(1954) 493
- (11) H. K. Forster-N. Zuber, J. App. Phys, 25(1954) 474
- (12) W. Fritz, Phys. 2, 36(1935) 379
- (13) N. Zuber, AECU 4439(1959)
- (14) R. Semeria, Comptes Rendus, Acad, Sci, Paris, 256(1963) 1227
- (15) K. Nishikawa et al., Mem. Eng. Kyushu Univ. 30, 2(1970) 27
- (16) E. Ruckenstein, Bull, Inst. Politech, Bucaresti, 33(1961) 79
- (17) R. Cole, J. AIChE, 13(1967) 779

- (18) R.Cole-W.M.Rohsenow,10th Nat.Heat Transfer Conf.  
AIChE(1968)
- (19) M.Jakob,Mech.Eng.58(1936)643
- (20) P.W.McFadden P.Grassmann,Int.J.Heat Mass Transfer  
5(1962)169
- (21) H.J.Ivey,Int.J.Heat Mass Transfer,10(1967)1023
- (22) R.F.Gaertner,J.Heat Transfer,87(1965)17
- (23) N.Zuber,Int,J.Heat Mass Transfer,8(1963)53
- (24) R.F.Gaertner,CEP,Syrnp.59(1963)52
- (25) Y.Y.Hsu-R.W.Graham,NASA,TN,D-594(1961)
- (26) B.D.Marcus-D.Dropkin,J.Heat Transfer,87(1965)333
- (27) R.W.Bobst-C.P.Culver,CEP,Symp.82(1968)26
- (28) T.E.Lippert-R.S.Dougall,J.Heat Transfer,90(1968)  
347
- (29) 山県,平野,西川,機論,18,67(昭27)53
- (30) 一色,玉木,機誌,65,525(1962)1393
- (31) K.nishikawa-K.yamagata,Int.J.Heat Mass Transfer,  
1(1960)218
- (32) K.yamagata et.al.,Mem.Eng.Kyushu univ.15,1(1955)  
97
- (33) H.M.Kurihara-J.E.Myers,J.AIChE,6(1960)83
- (34) R.F.Gaertner-J.W.Westwater,CEP,Symp.40(1960)39
- (35) D.B.Kirby-J.W.Westwater,CEP,Symp.57(1965)238

## 対流熱及び物質伝達

東京工業大学 森 康夫

対流熱及び物質伝達について展望を行なう場合に、過去の研究の歴史的整理、現在最も活発に研究されている分野の紹介、近い将来問題になるであろう分野、あるいは未来学的問題の提示などいろいろな方法、見方が考えられる。しかし今後もこのシンポジウムで種々な題目について展望講演が行なわれるものと思うので、対流熱及び物質伝達という非常に広い分野のうちから、二相流、沸騰などの現象を除き、基礎的な重要な問題および最近私が個人的に興味を持っている次の分野について述べることにする。すなわち基礎的問題としては対流現象の解析の基礎となつている境界層近似、最近の解析の有力な手段となつている数値計算システム工学的解析などを、また応用分野としてはこの数年来海外においてかなり活発に研究されている各種の伝熱促進法について述べることにする。

### 1) 境界層近似 対流熱及び物質伝達の基礎となる式は

#### A) Conservation law

i) mass

ii) momentum

body forceとしては a) 重力, b) 遠心力,

c) Coriolis 力, d) 電磁力

iii) energy

iv) specie

#### B) Rate equations

i) reaction equation

a) chemical reaction, b) ionization

ii) transport equation

#### C) Thermodynamical relation

i) equation of state

ii) phase change

などである。一方流れ、エネルギー、物質伝達の行なわれる場合は2次元（軸対称）定常、2次元非定常、3次元定常、3次元非定常などがあり、さらに境界条件も種々あるので非常に多くの現象が解析の対象となる。よく知られているように強対流熱及び物質伝達は上述のA i, A iiを先ず解き、その結果を用いてA iiiあるいはA ivを解くものであり、自然対流ではA i, A ii, A iiiを同時に連立して解く必要がある。これらに対し先ずA iiiあるいはA ivの解を得、その結果よりA i, A iiを解く場合も考えられるが工学上はほとんど知られていないが、最近地理物理学の問題<sup>(1),(2)</sup>として、たとえば金星の曇の運動解析のためにこの場合の一例が取上げられ実験も行なわれはじめた。実験としてはたとえば薄いフライパンのような容器に液体を入れ、その底の外側を、円周方向に回転する焔で加熱すると、加熱による熱膨脹波の高さ方向の位相おくれのために流体は焔の回転に反対方向に運動するようになる。金星などをおおう曇は太陽よりのふく射により加熱されるが、自転により金星側からみると加熱部分が円周方向移動するため、曇は自転と反対方向な運動を行なう。

このように工学分野にとらわれず広く自然現象に目をつければ、伝熱学に関係があり、未だ解明されていない多くの問題が存在するものと思う。

さて対流問題の解析で、現在最も有力な手段としているのは境界層近似である。

われわれはしばしばその適用範囲などを余り議論せず、基礎方程式を近似して得られた境界層方程式を数学的に厳密に解くことを試みる場合が多い。そこで対流現象と関連のある境界層近似について考えてみる。Prandtlが境界層近似を提案したのは1904年であり、1910年に同近似を用いた熱伝達を論じている。1921年にPholhamenの方法が提案され、1930年にSchmidtらが自然対流の実験を行なっており、境界層に関する論文は1920年までは非常に少ないが、最近境界層近

似を用いた論文の数は  $\exp(\text{西暦の年度} - 1910)$  の関数で exponential に増大しているといわれている。さて境界層近似において誤差をもたらす原因としては

- 1) 主流の影響      a) 挑除厚    b) 速度又は温度場の渦度
- 2) 表面の曲率の影響      a) 流れ方向の曲率    b) 流れに垂直方向の曲率
- 3) 流れ方向の2階微分係数      a) 低 Pr 数の場合,    b) 前縁付近,    c) 後縁付近,    [ d) 側縁付近 (これは壁にそい流れに垂直方向) ]

などである。これらのうちいくつかはかなり詳しく検討が行なわれている。境界層近似の適用範囲を示す一例として、対流問題の最も基本的な平板周りの流れについて考えてみると、図1に示すように、従来よく知

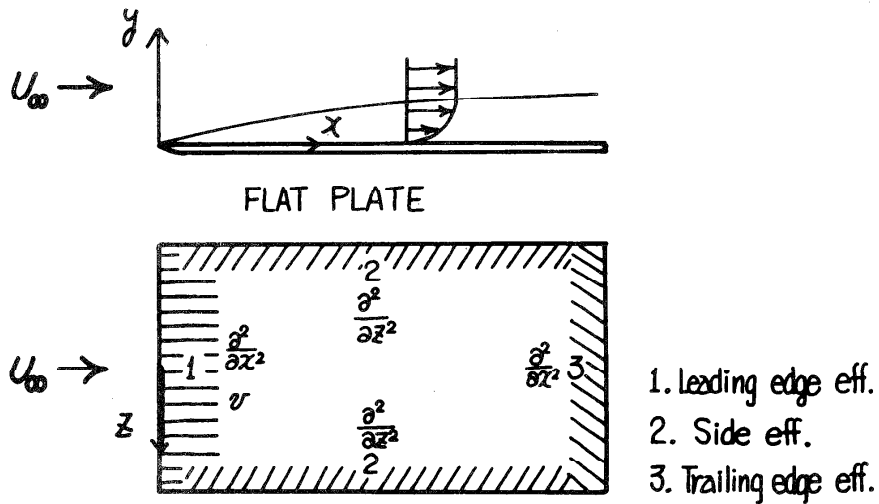


図 1

られ Blasius の解を基にしたのはハツチングしてない部分に適用でき、ハツチングの個所はそれぞれ図中の微係数および前縁については排除厚

の影響を考える必要がある。それらの有限中の物体の対流問題は微小電子機器の冷却に関連して今後大いに研究する必要がある。上述の流れ方向の微係数の影響のうち自然対流については低 $P_r$ の場合としてSpanov<sup>(3)</sup>により論じられている。彼はその効果を3つに分け、 $\partial p / \partial y$ 、 $\partial^2 u / \partial x^2$ 、 $\partial^2 T / \partial x^2$ の影響を検討した結果、 $P_r = 0.73$ では $\partial^2 T / \partial x^2$ の影響が最も大きく、 $P_r = 0.003$ では $\partial^2 T / \partial x^2$ について $\partial p / \partial y$ の効果が大きいから何れにしても $\partial^2 u / \partial x^2$ の影響はほとんどないとしていることはこの様な問題の検討において重要なことである。従来用いられている境界層近似による結果よりすれば5%以上になる限界の局所 $G_{rx}$ 数は表1のようであり、低 $P_r$ 数では特に注意して境界層近似を用いる必要がある。

表 1

$P_r$	$G_{rx}$
0.733	82
0.03	$2.1 \times 10^4$
0.003	$1.5 \times 10^6$

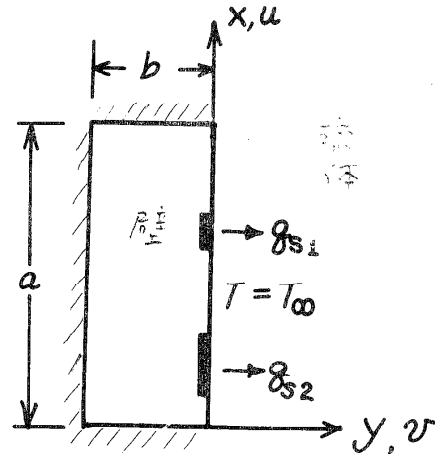
曲率の影響はほぼ境界層の厚さ $\delta$ と曲率半径 $R$ の比で表わすことができる。たとえば強制対流<sup>(4)</sup>又は自然対流<sup>(5)</sup>の前方岐点の場合について検討されている。また流れに垂直方向の曲率半径の影響すなわち円筒にそう強制対流又は自然対流の影響も論じられている<sup>(6)</sup>これらの場合のヌセルト数の変化の割合 $\Delta N_u / N_u$ はほぼ $\delta / R$ の関数で表わされる。表面温度一定と熱流束一定の条件でわづかに異なっている。

2) システム伝熱学 従来の伝熱に関する問題、研究はシステム的な見方からすれば、要素的な取扱いがほとんどであった。対流熱及び物質伝達においては物体の表面温度一定あるいは熱流束、吹出し速度一定などの表面条件で解かれるか、近似的扱いをされたものが多い。しかし伝熱特性が優先目的でないような機器、たとえば電子計算器などの微小

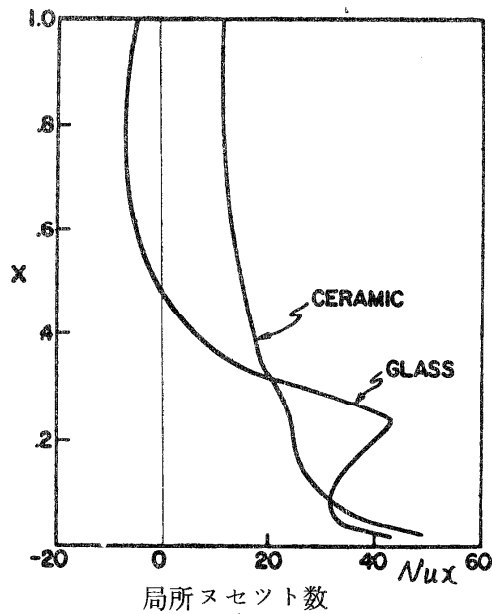
電子機器の冷却は、現在電気的性能を主目的としてその構造が決められており、しかも最近はその電気的性能向上にともない冷却の必要が生じている。例えば垂直平板の周りの自然対流において、図2(a)に示すよう

に不良導体（電子機器ではたとえばセラミツラス）の壁の表面に発熱源（黒い部分、半導体など）が分布している場合、壁の熱伝導と境界層の対流の方程式を連立させ、システム解析的立場で計算機により数値解が最近求められている<sup>(7)</sup>。壁の物質が硝子などのような熱の不良導体の場合は図2(b)に示すように上部では逆に流体から壁に熱が伝わるようなことも起こる。さらに物質伝達においても従来はシステム学的には要素的現象の取扱いがほとんどであつた。今後はいくつかの場又はいくつかの相を含む現象の解明が大きな問題として取上げられ、電子計算機の助けをかりて研究されて行くものと思う。

3) 数値計算 最近の熱及び物質伝達の研究の成果のかなりの部分が電子計



GEOMETRICAL CONFIGURATION



局所ヌセツト数  
(b)

図 2



算機の進歩とその有用な活用に負っている。ここで詳しくその適用範囲、計算の安定性などを論ずるには時間もなく、また今後シンポジウムで適当な方に、このテーマのみで展望講演などでお話し願う必要があるほど重要な問題である。したがってここでは2つの点はふれるにとどめることにする。その1つはわれわれは常に自然現象をつぶさに観測し、その正確な把握の下に数値実験(計算)を行なうべきことであり、その2は計算の安定条件の検討を十分に行なう必要があることである。最近 Torrance ら<sup>(7)</sup>は軸が直の密閉円筒の底面の中央に熱源がある場合につき数値計算と実験を行ない、 $G_r=10^8$ まで実験と計算結果のよい一致をえ、さらに計算は実験ですでにせん移の起つている  $1.2 \times 10^9$  以上まで安定な解を得ていることは注目に値するとともに、計算上はせん移は起らないなどの実験との差異につき今後の発展が期待される。

4) 熱及び物質伝達促進法 原子炉や各種の熱交換器の性能向上のために最近各様の熱及び物質伝達の促進法が検討され、昨年12月の ASME の年会ではこれに関するシンポジウム<sup>(9)</sup>が行なわれた。このシンポジウムで発表された論文など多くの文献を調べてまとめたものが表2である。(但し沸騰に関するものは除いてある)これらは伝達量促進のために外部より物体を振動させるなど特別な動力を用いることを考える active な方法と、単に fin などを取付ける passive な方法として大別でき、従来かなり盛んに研究されている分野を◎印で、いくらか研究させているものは○印であり示してあり、他はほとんど研究されていない。今後はこれらの応用および伝達量増加の原因などの研究が行なわれ、さらに優れた方法の探究がなされていくものと思われる。

## 文 献

- (1) Chow C.Y. J.F.M. 43 2, 419(1970)
- (2) Stern M.E. Tellus 11, 175(1959)
- (3) Sparrow E.M. & Guinie L.M. Int.J H.M. 11, 1403(1968)
- (4) 森, 黒崎, 機械学会 705 講演会前刷(昭42-11)

表 2

		SINGLE-PHASE FREE-CONV.	SINGLE-PHASE FORCED-CONV.	CONDENSATION	MASS TRANSFER
PASSIVE	EXTERNAL EXTENDED SURFACE	⊙	⊙	○	○
	SURFACE ROUGHNESS	⊙	⊙	○	○
	DISPLACED TURB. PROMOTER		○		○
	INTERNAL EXTENDED SURFACE		○	○	
	SWIRL FLOW		⊙		○
	GAS-SOLID SUSPENSION		⊙		
	LIQUID ADDITIVES	○	○		
	CHEMICAL REACTION		○		
ACTIVE	SURFACE VIBRATION	⊙	⊙	○	○
	FLUID VIBRATION	⊙	⊙	○	○
	ELECTROSTATIC FIELD	○	○	○	
	INJECTION AND SUCTION	○	⊙	○	

- (5) 赤木, 機械学会論文集, 31, 229, 1327 (昭40-9)
- (6) Fujii T and Uehara H. Int J.H.M. 13, 607(1970)
- (7) Zinnes. A. E., Trans. ASME, C, 92, 4, 528(1970)
- (8) Torrance K. E. and Rockett J. A., J. F. M. 36 1, 33(1970)
- (9) Symposium of Augmentation of Convective Heat and Mass Transfer, ASME, Dec. 1970

## 第8回シンポジウムを終えて

小笠原光信

準備委員会の、そのまた準備委員会を開いたのは昨年の6月のことである。早くも1年間が経過し、第8回のシンポジウムは去る5月20、21、22日の3日間にわたって無事終了した。参加者数は400名を突破し、論文数は100題目を越え、われわれ設営係にとってはまことにやりがいのある仕事であつたと肩の荷をおろしている次第である。

それにつけても今回のシンポジウムでは多数の方々の絶大なご支援をいただいた。国井先生をはじめ伝熱研究会事務局の方々、シンポジウムに大きな魅力を添えてくださった特別講演、展望講演の先生がた、そして奉仕に近いご苦勞をいただいた司会、座長の先生がたに心から御礼を申しあげたい。ことに私個人としては、準備委員を快諾してくださった岐美 格(京大)、南山竜緒(京工繊大)、勝田勝太郎(関西大)、赤川浩爾、林 信也、松本隆一(神大)、吉信宏夫(阪府大)、伊藤竜象、大竹伝雄、広瀬達三(阪大基工)、内藤和夫、水谷幸夫、高城敏美(阪大工)の先生がたには格別なご尽力をいただいたことを特記したい。またシンポジウム当日、各準備委員を中心として、それぞれの大学の若手教官や学生の方々が早朝から夜に至るまで惜しみなくご協力くださったことに対して紙上をかりて厚く御礼を申しあげたい。

さて、準備委員会で最初に問題になつたのは提出論文数と参加者数の推定であつた。地方であるから若干減るであろうが、大学も少し静かになつたから、まずまず昨年の東京なみであろうと、大変大ザツパな見当をつけたのがそもそも大きな誤算であつた。論文を受付けてみると106題目という昨年の3割増である。急きよ会場の部屋数を増したり、印刷費の大幅増額に対する再検討など、嬉しい悲鳴をあげる仕儀となつた、そのため、部屋数を極力少なく、討論時間を十分に、という頭初のモットーはあえなく破れ、二日目は余儀なく3室とし、討論時間もわずかに短縮せざるを得なくなつた。この点、ご参会の皆様申しわけなく思つ

ているが、今後シンポジウムがますます活況をおびる喜びの反面、考えておかねばならぬことであろう。

会場の選定について、頭初はデラックスにゆこうという話も出たが、懐工合を考えての地味説が圧勝して、煙とはこりの都会としては比較的緑があり、学協会事務局の集中している科学技術センターを選ぶことになった。しかし今にして思えばもつと広い部屋を用意すべきであつた。ことに展望講演ではいくら補助椅子を入れても人数そのものが超過し、センターから消防法に触れると苦情が出る一幕もあり、裏方は汗をかいていた次第である。

何といつても準備委員会で最も多く話し会つた問題はシンポジウムのあり方であつた。その概要はすでに本誌上に報告したとおり、要は研究発表講演会に終わらないようにしたいというのが本筋である。加えて、機械学会の系統に偏らないことを念願とした。そこで、かねてから会員の声として耳にしていた展望講演を、そしてまた他の学協会会員にもアピールするような特別講演を、それぞれの大家にお願いしようということになり、皆様ご承知のとおり、4先生にお願いしてご快諾を得た次第である。参加者が400名を突破したのも、4先生の魅力が大きくはたらいたためと信じている。しかしそれだけに、展望講演は両方聴きたかつたという方が多かつたのではないかと、自分自身の感じから推察している。この点はお詫びしたいと思う。とにかく、シンポジウムのあり方については、論文数の増加と相まつて、今後十分検討されなくてはならないであろう。

準備委員会の一つの山はプログラム編成にあつた。もともと、どの領域と割り切れるものではないが、今日も果たしてどれだけ適切であつたか疑問であり、座長、講演者にご迷惑をかけたのではないかと思う。ちなみに今回の論文を内容別に分けると概ね次のようになる。

熱伝導 6 ; 自然対流 10 ; 強制対流 18 ( 臨界点近傍 2 , 回転体 4 , 助走域 2 , はく離のある場合 3 , 噴流 7 ) ; 沸騰 21 ( 熱伝達 3 , 気ほう生成 4 , バーンアウト 9 , 液体金属 4 , 音 1 ) ; 二相流 10 ; 凍

結を伴う伝熱 2 ; 燃焼ガスの伝熱 2 ; 非ニュートン流体の熱伝達 3 ;  
熱と物質の同時輸送 4 ; 凝縮 8 ; 蒸発・乾燥 5 ; 熱ふく射 8 ; 熱計算  
3 ; その他 7 — 合計 107

設営係として特に嬉しかつたことの一つは懇親会である。頭初の計画では 60 名を予定していたが、実際には 100 名を突破し、全国の伝熱研究者の懇親の実があげられたことは今後の原動力にもなり、大きな喜びであつた。抜山先生ご夫妻のすこぶるお元気なお姿に接することができ、先生の乾盃の音頭によつて開宴された。九州、北渡道からの方々はもとより、最も遠来の客として、Waterloo 大学の Prof. Rhodes が出先のオーストラリアから馳せ参じてくださつたのも印象深かつた。今後ますます若い方々が気楽に参加されるよう期待し、そのための参考までに懇親会の出席者を付記する。

伝熱研究会の会員の熱意にはシンポジウムのたびに圧倒される思いであつたが、今回いよいよその感を深くし、日頃の不勉強を大いに思い知らされたというのが私の実感である。あと 1 年、つぎは中国・四国グループのお世話によつて開かれるであろうが、ますます立派な論文が多数提出されることを期待している。

以上、あらためて、今回のシンポジウムを盛り上げてくださつた会員の皆様に厚く御礼を申しあげるとともに、当方の不手際の点についてはお詫びする次第である。

最後に、裏方として終始気になつたことは、何といつても会計の問題である。そしてその支出の大半を占めるのは論文集の印削費である。論文集は量、質ともに充実され、今回は海外からの注文もあつた。そこでお計りしたいことは、今後は会員からも論文集を格安の価格で買つていただき、これをシンポジウム基金にあてることである。これによつて今後、開催地の方々の苦勞を軽減し、残りを実効のある用途によつて会員に還元することを考えてはどうであろうか。

付．第8回日本伝熱シンポジウム懇親会出席者

Prof.Rhodes (Waterloo Univ.), 齋藤 図(室蘭工大),  
谷口 博, 斎藤 武, 石黒亮二, 関 信弘, 福迫尚一郎, 三田地 史  
(北大), 山田悦郎(秋田大), 抜山四郎, 同夫人, 武山 郎,  
清水信吾, 大内雅樹, 岡田孝夫, 海野 治, 清水優史, 江草竜男,  
戸田三郎, 新野正之, 大谷茂盛, 千葉陽一, 山川紀夫, 三浦邦夫  
(東北大), 相原利雄(東北大速研), 石垣 博(航宇技研),  
庄子喜章(高砂熱学), 日向 滋, 梅宮弘道(山形大), 鳥飼 一,  
山崎弥三郎, 迫 淳, 村尾良夫(原研), 山田 豊(東洋エンジニア  
リング), 齋藤孝基, 植田辰洋, 田中宏明, 甲藤好郎, 庄司正弘,  
横谷定夫, 小竹 進, 岡崎卓郎, 国井大蔵, 平田 賢, 橋 藤雄(東大)  
棚沢一郎(東大生研), 青木成文, 井上 晃, 森 康夫, 一色尚次,  
片山功蔵, 大竹一友, 土方邦夫, 田中忠良(東工大), 中島賢一郎  
(三井造船), 山下 徹(千代田加工), 玉木恕乎, 成合英樹,  
波江貞弘(船舶技研), 柏木 博, 浅川勇吉(日大), 西脇仁一,  
槌田 昭(成 大), 小茂鳥和生(慶大), 土屋每雄(動燃),  
飯田喜宏(横浜国大), 泉亮太郎, 荒木信幸, 小林清志(静大),  
藤田秀臣, 高浜平七郎(名大), 鈴木清二(名城大), 馬淵幾男(岐大)  
岐美 格, 野文丸, 国友 孟(京大), 南山竜緒(京工織大),  
柳井 誠(川重), 勝田勝太郎(関大), 大場謙吉, 高城敏美,  
小笠原光信, 内藤和夫, 大中逸雄, 西堂紀一郎, 水谷幸夫, 石谷清幹,  
大竹伝雄(阪大), 大藺英明(日立造船), 赤川洗爾, 松本隆一,  
坂口忠司, 浜口八朗(神大), 角田敏一, 千葉徳男, 広安博之,  
佐古光雄(広大), 長谷川修, 西川兼康, 越後亮三, 三石信夫,  
世古口言彦(九大), 藤井 哲(九大生研), 宮部喜代二, 勝原哲治  
(九工大), 野沢勝広(長崎大), 以上106名

## 寄書コーナー

流れを分類してみよう

神戸大学工学部 片岡 邦夫

過去6年ばかり共軸二重回転円筒間流れについて研究してきましたが、関係論文の中から、後述する「一見まったく異種の二つの流れが同様の流動機構である」ことを知つて以来、いろいろなタイプの流れの間の共通性を見つけ、親戚関係を探る楽しみを覚えるようになりました。

外円筒を静止し内円筒を回転する共軸回転円筒流は内円筒付近の流体の遠心力が大きくなるため、回転数がある臨界点を越えると2次流(テイラー渦)が発生します。このテイラー渦流は乱流でなく、主流方向のコリオリの力と剪断力、半径方向の遠心力と圧力とが釣合つた2次流を伴う層流です。

このテイラー渦が発生するかどうかという安定問題は、微小変動成分に関する運動方程式を線型化し、環状部幅が狭い場合、次の固有方程式に帰着されます。(線型理論)<sup>1,4,6)</sup>

$$(D^2 - \lambda^2)^3 v_1 = -\lambda^2 T_a v_1, B.C. v_1 = D^2 v_1 = D(D^2 - \lambda^2) v_1 = 0$$

Chandrasekhar<sup>1)</sup> らは、水平平行2平板(上面冷却, 下面加熱)間流体における自然対流渦の発生に関する安定問題<sup>2)</sup>が上のテイラー数  $T_a = (R_i \omega d / \nu)^2 (d / R_i)$  をレイリー数  $R_a = \rho c_p \beta \Delta T b^3 / \lambda \nu$  に代えるだけで全く同形の固有値問題であることを指摘しました。すなわちテイラー渦が発生する臨界テイラー数は自然対流渦が発生する臨界レイリー数<sup>2)</sup>と同じ1707.8となることを示しました。

これは共軸回転円筒流の遠心力が2平板間自然対流の浮力と類似の効果を示すことから、当然、この二つの流れは親戚関係にあつたのであり、さらに対流伝熱の観点からも、ヌツセル数は層流渦の場合、それぞれテ

イラー数<sup>5)</sup>、レイリー数の $1/4$ 乗に比例します。

一方、並進流（管内流、平板境界層流など）には遠心力、浮力に相当する力がないため安定した2次流は発生しません。上の線型理論の考え方を層流並進流の安定問題に適用した有名なOrr-Sommerfeldの方程式を解いても臨界レイノルズ数は実験値よりはるかに小さく、満足できるものではありません。<sup>3,4)</sup>

固体壁を有する流れは、壁面に垂直方向の力に分布がある流れ(I)と壁面に垂直方向の力が一様である流(II)と、2つの流れの組合わせ流れ(III)に大別できます。

テイラー数、レイリー数の $1/2$ 乗がレイノルズ数に対応すると考え、流動状態を表わす代表無次元数 $F_1 = \text{〔着目流を維持する力〕} / \text{〔粘性力〕} \sim \text{Re}, \text{Ta}^{1/2}, \text{Ra}^{1/2}$ を用いると固体壁面における伝熱係数(ヌツセルト数)に関して次のように大胆な分類ができます。

$$\text{流れ(I)} \quad \text{Nu} \sim F_1^{1/2}$$

$$\text{流れ(II)} \quad \text{Nu} \sim F_1^{4/5} \text{ (乱流)}, \quad \text{Nu} \sim F_1^{1/2, 1/3}$$

$$\text{流れ(III)} \quad \text{Nu} \sim F_1^{2/3, 0.6}$$

流れ(I)は衝突噴流(淀点)、一様流と円柱、球との衝突流、アイラー渦流の強制対流伝熱、水平平板、円柱、垂直平板などの自然対流伝熱などが属します。

流れ(II)には管内流、二平板間流、平板境界層流の乱流の対流伝熱が属し、層流の場合、前者がレイノルズ数の $1/3$ 乗、後者が $1/2$ 乗となり厳密には対応していません。壁面噴流層流もヌツセルト数はレイノルズ数の $3/4$ 乗に比例するので未だ問題が残されています。

流れ(III)は、たとえば攪拌槽ヌツセルト数でいえばレイノルズ数の $2/3$ 乗に比例します。これは $1/2$ と $4/5$ の算術平均とほぼ一致しており、組合わせ流といえます。

最後に、も一つ興味がありますのは、流れ(I)と流れ(II)の乱れの発生(乱流への遷移)の間にどのような差異があるかということです。共軸



回転円筒流の場合,<sup>5)</sup>テイラー数の増加とともに, ①層流, ②層流テイラー渦流, ③遷移流, ④乱れテイラー渦流, ⑤乱流のように遷移します。時間的乱れが現われるのは,  $Ta \sim 10^6$  付近の③の遷移流においてで, その振動はポーログラムに類似し周波数が小さく規則的です。また, Intermittency が  $Ta \sim 4 \times 10^6$  付近で現われます。それより大きいテイラー数になると不規則な乱流になりますが, テイラー渦が存続し,  $Ta > 10^8$  になるとその渦も消滅し乱流になるようです。一方, 流れ(II)には Intermittency があつても定常渦は存在しません。遠心力は乱流への遷移にどのような影響を及ぼしているのでしょうか。

ちよつと背伸びしすぎたようですので, この辺で筆を置きます。

[参考文献]

- 1) Chandrasekhar, S.: Proc. Roy. Soc. (London), A 216, 293 (1953), A 246, 301 (1958)
- 2) Pellew, A. and R. V. Southwell: Proc. Roy. Soc. (London), A 176, 312 (1940)
- 3) Schlichting, H.: Boundary Layer Theory, McGraw-Hill, New York (1955)
- 4) Stuart, J. T.: J. Fluid Mech., 4, 1 (1958), 9, 353 (1960)
- 5) 水科篤郎, 伊藤竜象, 片岡邦夫, 他 3 名: 化学工学, 32, 795 (1968)
- 6) 水科篤郎, 伊藤竜象, 片岡邦夫, 他 2 名: 化学工学, 35, 未定 (1971)

## 地方グループ活動コーナー

### § 1. 東海研究グループ

昭和46年5月15日 於名古屋大学工学部

#### a) 落下水膜よりの熱および物質移動

名古屋大学工学部 藤田 秀臣, 高浜平七郎  
名古屋大学大学院 栗林 正博, 相曾 俊晴  
三菱自工 児玉 忠彦

鉛直にたてた縦横比の大きな長方形流路の内壁に沿って流下する水膜とそれに対応する空気流との間の熱伝達および物質伝達について実験を行ない, 測定部における平均の熱伝達率(Nu)および物質伝達率(Sh)を気水間の相対速度を用いたRe数( $Re'$ )に対して整理し, 空気・水の流入条件や流路の間隔の影響などを調べた。

測定部は長さ1m, 巾5.5cmであり, 対向平板の間隔を15, 30, 50mmに変化させた。流下水量は, 500, 750, 1000, 1800kg/hの4種であり, 空気流については, 十分発達した乱流が得られ, しかも水滴の飛散がはげしくない範囲で行なつた。

主な結果は次のとおりである。

(1) 流入水と流入空気の温度差が10°Cと20°Cの場合を比較すると, 水温の高い方が粘性係数が低いため水膜の波立ち開始位置が早められるなど波立ちの状態には多少の変化が認められた。しかし, 熱および物質の伝達については, 駆動力の大きい温度差20°Cの方が伝達量は大きくなるが, Nu数およびSh数には温度差の影響は殆ど認められなかつた。

(2) 流入空気の湿度の影響を調べるため, 室内空気(相対湿度50~80%)のほか, 増湿装置を通した飽和空気についても測定した。その結

果，飽和空気の場合には物質移動量（蒸発量）は減少するが， $Sh$  数については室内空気の場合とほぼ同じであつた。

(3)  $Nu-Re$  および  $Sh-Re$  の関係を両対数グラフ上にプロットした本実験の結果は，大略においては従来の円管の結果と同じオーダーにあるが，流路の間隔によつて差があり，流路の間隔の小さいものほど値，分布の傾斜ともに大きくなる傾向が認められた。

b) 吹き出しを伴う回転円板よりの熱および物質移動

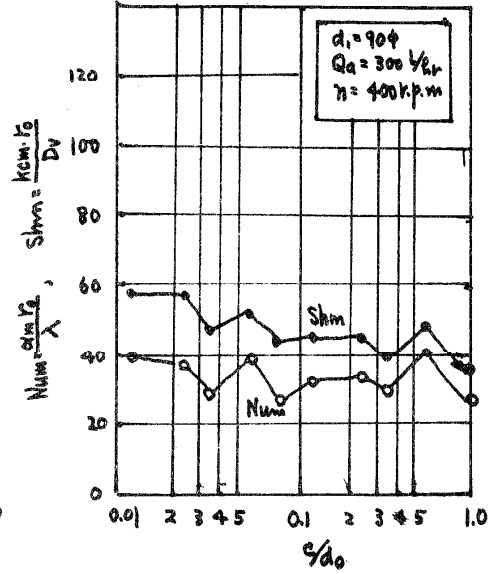
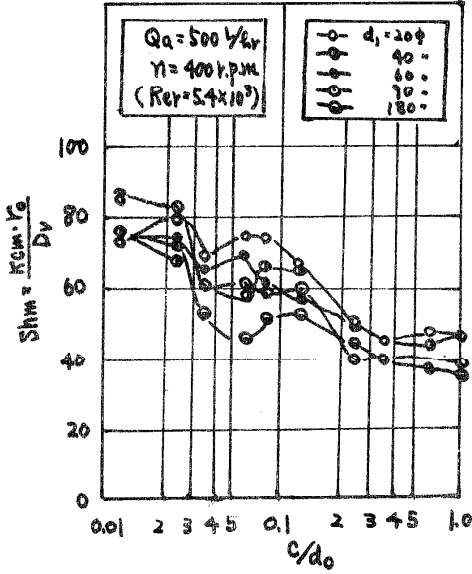
豊田工高専 井口 朗  
同 上 小森 勝夫  
静岡大・工 泉 亮太郎

〔要 旨〕

直径  $90\text{ mm } \phi$  のナフタリン回転円板において中央に内径  $9\text{ mm } \phi$  の空気吹き出し孔（開孔面積  $0.45\%$ ）を設け，大気温度とほぼ等しい温度の空気を吹き出した。この局所吹き出しの効果を流れ場，ナフタリン円板よりの物質移動，熱移動に対する効果を開放空気中と径の異なる種々の静止円板を置いた場合について観測した。今回の結果は，開放空気中における  $Sh_m$  数の値を一部修正し発表し吹き出し量パラメーター

$$\frac{\rho v_w}{\rho u_\infty} \sqrt{R_{ex}} \text{ で整理すると } \frac{\rho v_w}{\rho u_\infty} \sqrt{R_{ex}} < 4.5 \text{ 迄 } Sh_m \text{ は減少し，これ}$$

以上では増加すること認められた。これは吹き出し孔近傍の吹き出し空気噴流に対しての誘引流れによつて局所物質移動係数  $K_c$  の急激な増加によつていられる。静止円板のある場合はその間隙間において吹き出し空気の流れが支配的で静止円板の径を変えても傾向には変化はなかつた。 $Num$  と  $Sh_m$  との相似性は静止円板を置いた場合も認められた。



c) 衝突噴流による熱伝達の研究

(第3報 二次元空気噴流中に置かれた円柱の前方, 後方岐点の物質伝達)

岐大工\* 熊本 雅弥, 馬淵 幾夫  
 日本電装 川島 豊  
 東大上 平出 賢

一般に二次元空気噴流中に置かれた物体の前方岐点では高い熱伝達率が得られている。しかし物体形状による前方岐点並びにはく離領域の伝熱特性については未だ明確でない。本報告は、前報に引続き  $d/B > 1$  ( $d$ : 円柱直径,  $B$ : ノズル幅) の場合について、ノズル出口から円柱前方までの距離 ( $L$ ) を変化させ、円柱表面の局所物質伝達率をナフタリン昇華法により測定し、円柱前方および後方岐点の物質伝達特性を実験

的に明らかにした。

図1は円柱位置変化による円柱表面圧力係数  $C_p$  を一例として、 $d/B=7.5$ ,  $Re_d=1.46 \times 10^5$  につき示したものである。前方岐点近傍圧力勾配は、 $L/B$  が小さい時大で、圧力場は  $L/B$  の増加に伴い発達し同時に後方岐点近傍  $C_p$  分布も変化する。しかし図中に示した一様分布と明確な相異を示し、Coanda 効果のため一様流円柱にみられる層流はく離は起つていない。

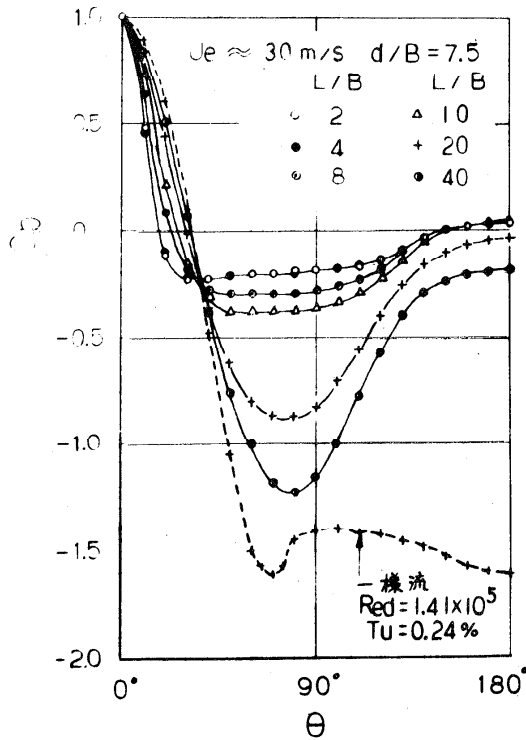


図 1

前方岐点シャウト数  $Sh_0$  の全領域 ( $2 \leq L/B \leq 40$ ) にわたる変化を  $d/B=7.5$  の場合、 $Re_d$  を変数として、図2に示した。図中コア領域の実験式は前報と同様にポテンシャル流れの速度比  $C/C_\infty$  により定

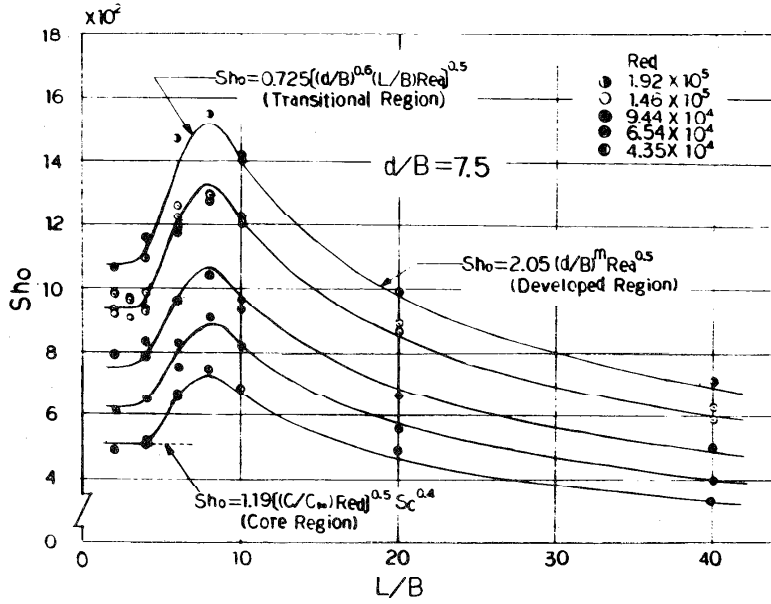


図 2

まる岐点層流熱伝達の解とよく一致している。遷移～発達領域の実験式より明らかな様に全領域が到達レイノルズ数  $Rea$  の 0.5 乗で整理できる。

さらに平板の場合と同様  $L/B=8$  で最大値をとる。

図 3 は後方岐点シャウト数  $Shr$  の全領域にわたる変化を  $d/B, Red$  を変数として示したものである。コア領域でははく離による規則的な渦放出は観察されないが  $L/B$  の増加に伴い、一様流に類似の渦が形成され、渦放出の周期性がみられる。しかし  $Shr$  は図に見られる様に全領域にわたって一様流と同様に  $Rea$  の  $2/3$  乗で整理がつく。

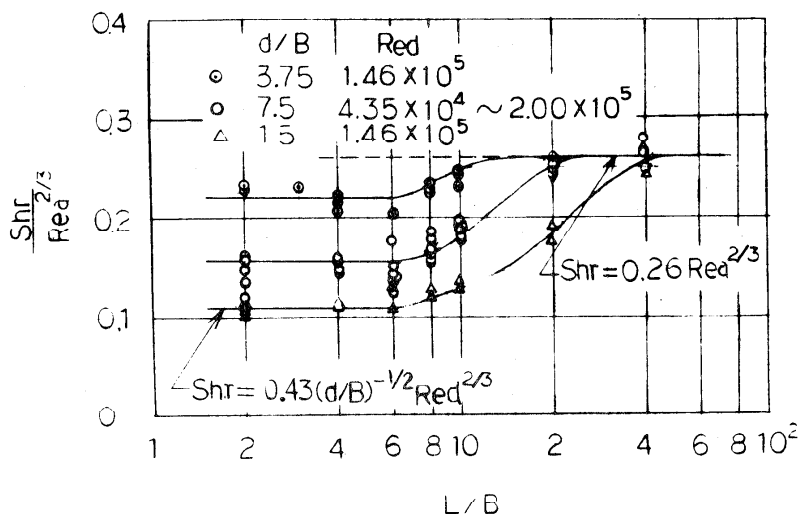


図 3

d) 静止充填層内における伝熱

層内温度分布に及ぼすふく射の影響

名 大 工 西村 誠  
 日本油脂KK 稲葉 由大  
 岐 阜 工 架谷 昌信  
 名 大 工 杉山 幸男

静止充填層（ガス，平行平板系）内の伝熱において，層内温度分布に対するふく射の影響を検討するため，層内温度分布を(i)既往の有効熱伝導度を用いた場合，(ii)新たにふく射に壁の影響を考慮した場合についてそれぞれ数値的に解析した。両者の結果をカオリン球 ( $D_p = 10 \text{ mm}$ ,  $15 \text{ mm}$ ) を用いた実験結果（加熱壁温  $60 \sim 590^\circ\text{C}$ ）と対応させて比較検討し，さらにふく射の寄与，有効熱伝導度および本モデル(ii)の有用性





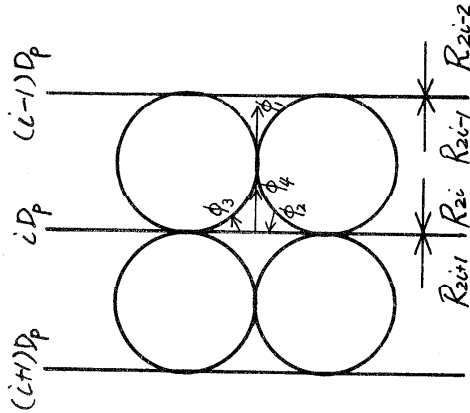


図 2. Radiosity

$$F(x) = 2 \{ \phi_4 (R_{2i+1} - R_{2i-2}) - R_{2i+1} + R_{2i} \} \{ x - iD_p \} / D_p + R_{2i} - R_{2i+1}$$

$$R_{2i} = \phi_1 R_{2i-2} + \phi_2 \left\{ \frac{\pi \epsilon_p \sigma}{D_p} \int_{(i-\frac{1}{2})D_p}^{iD_p} T^4 dx + \phi_3 (1 - \epsilon_p) R_{2i+1} \right\}$$

$$R_{2i-1} = \phi_1 R_{2i+1} + \phi_2 \left\{ \frac{\pi \epsilon_p \sigma}{D_p} \int_{(i-1)D_p}^{(i-\frac{1}{2})D_p} T^4 dx + \phi_3 (1 - \epsilon_p) R_{2i-2} \right\}$$

$$R_0 = (1 - \epsilon_1) R_1 + \epsilon_1 \sigma T_{w1}^4, \quad R_{2n+1} = (1 - \epsilon_2) R_{2n} + \epsilon_2 \sigma T_{w2}^4$$

ここで  $\phi_i$  は角関係である。

(i), (ii)とも基礎式を差分表示し、数値計算にて温度分布  $T(x)$  を求めた。

実験結果および考察、実験結果と計算結果の比較の1例を図3に示した。本実験範囲では、伝熱量に関しては(i)の解析結果と(ii)の解析結果との間にはほとんど差異が認められなかったが、温度分布に関しては(ii)の本モデルによる解析結果が実験結果とかなり良好な傾向的一致を示し、本モデルによる解析が妥当であることがわかった。また加熱壁温度の上昇とともに、とくに上壁近傍において温度分布の形が勾配が大きくなる方向へ彎曲することが認められた。

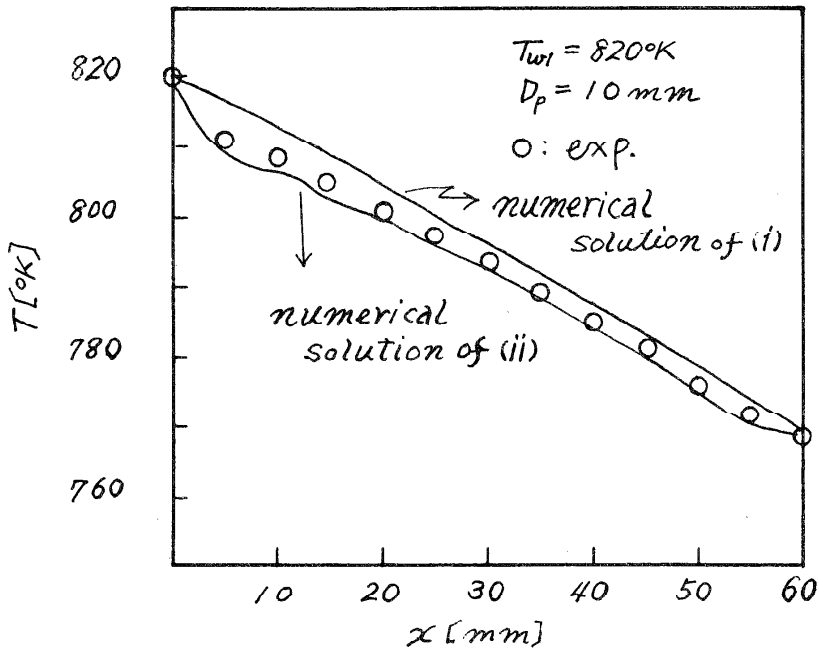


図 3. Temperature Distribution

§ 2. 東北研究グループ

昭和46年5月1日 於東北大学高速力学研究所

a) 円形フィン付円柱面のふく射熱伝達

増田 英俊

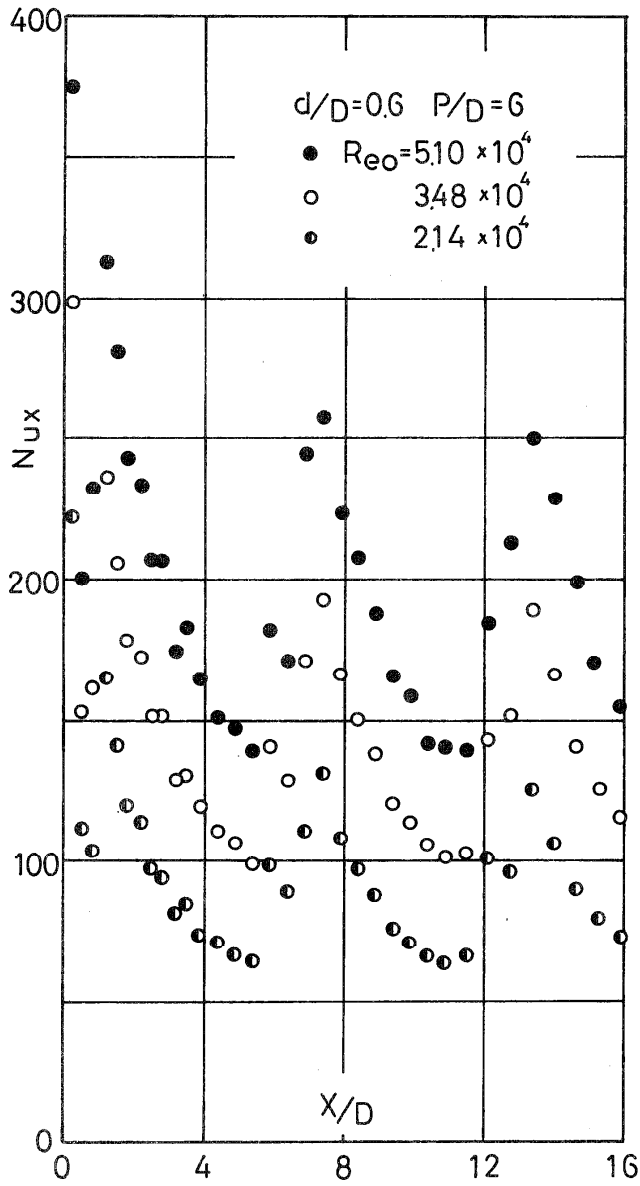
フィン付面またはくぼみをもつ面などのふく射熱伝達の基礎式は、灰色体、等温面の仮定をおくと連立積分方程式で表わされるが、この場合、フィン付円柱あるいは長方形断面みぞのように面が接合するときはその

核は特異核となり，解を求める際に特異点を分離して扱わなければならない。従来の研究ではこの特異核の問題にはほとんど触れずに行なわれているものが多いが，本研究では円形フィン付円柱についてこの扱いを明らかにし，無次元パラメータの幾つかの値について数値解を得た。またこのような物体面と周囲外界とでふく射交換が行なわれるとき，物体が放熱体と受熱体である場合の局所伝熱量の関係についてはこれまで論じられていないが，この関係を明らかにした。ふく射伝熱の計算で，各面上で射度を一樣として得られる簡略式がよく用いられるが，本数値解とこの簡略式の解を比較した。

ロ) ある管内タービュレンスプロモーターの流動抵抗と熱伝達

東北大工 岡田 孝夫  
武山 郎

内管内に乱流熱伝達を増加させる方法はいくつかあるが本報ではとくに熱伝達率の増加が著しいと考えられるディスク型タービュレンスプロモーターを管内に挿入したときの乱流熱伝達と圧力損失特性を実験的に考察した。乱流熱伝達の実験には内径 30 mm，長さ 9～19 mm の伝熱管エレメントをベークライトスペーサーで接続した伝熱管を用いて局所熱伝達率の変化の様相を求めた。実験に用いたプロモーターは外径  $d$  と管内径  $D$  の比  $d/D=0.4\sim 0.8$  の 5 種類で，それぞれのプロモーターにつき伝熱部入口に 1 個設置したときのプロモーター後方の局所熱伝達率の変化とプロモーターを間隔  $p/D=1\sim 8$  にセットしたときの各部の局所熱伝達率を測定した。測定結果の一例を図に示す。図中の  $Re$  数は円管基準のレイノルズ数である。



c) 固形分を含む単一滴の乾燥特性

東北大工 三浦邦夫・丹野庄二・大谷茂盛

噴霧乾燥に関する化学工学的研究の一環として、単一滴からの熱および物質移動について基礎的実験を行なった。とくに種々の固形分をふくむ液滴について、その重量変化および温度変化などを測定し、同時に写真撮影および肉眼観察を行ない、それぞれの滴の乾燥特性を検討した。

固形分をふくむ溶液滴は純粹滴の場合と異なり、乾燥過程において複雑な様相を呈するが、乾燥過程における滴の性状変化の状態より、試料を次の3種類に大別した。

- ① 食塩、芒硝、塩化アンモニウムなどのように滴表面に結晶が析出し殻を生成するもの。
- ② ゼラチン、脱脂乳などのように表面に皮膜が生成するもの。
- ③ ベントナイトのように新たに殻も皮膜も生成しないもの。

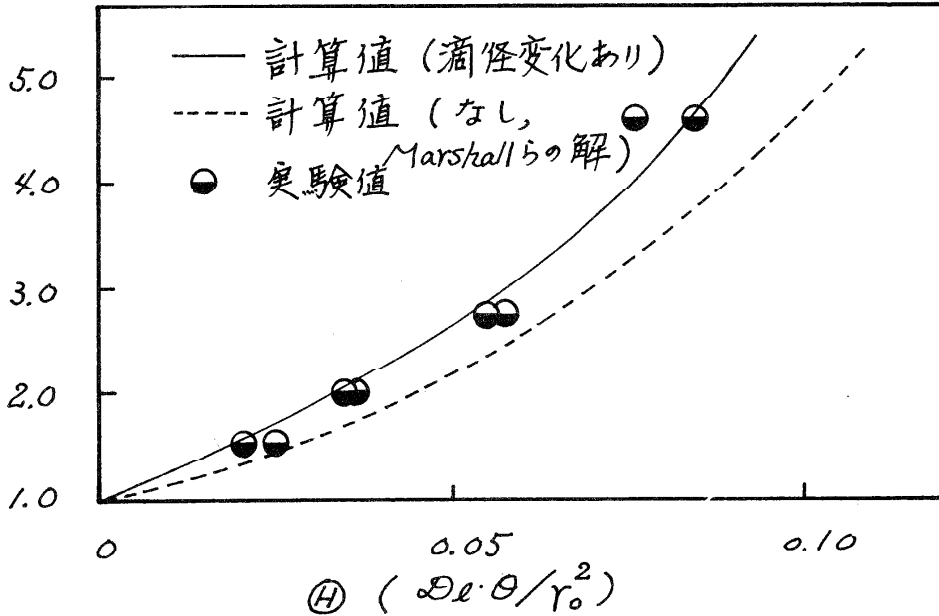
①の試料ではその表面が殻でおおわれると、乾燥速度は急激に減少しいわゆる減率乾燥期に入る。②は表面における皮膜の生成が恒率から減率乾燥への遷移点になる。③は不連続湧出源からの熱と物質の同時移動状態を呈し乾燥過程の大部分は恒率期間である。

以上のように、結晶析出あるいは皮膜生成は乾燥機構の変わり目として重要な意味をもつので、この析出時間を簡単なモデルから数値計算し、測定値と比較した。従来までの取扱いは拡散方程式を滴径が変化しないという仮定のもとに解いていたが、ここでは滴径が乾燥の進行とともに変化するとした、いわゆる Moving Boundary の条件下で数値計算によつて解いた。

結果の一例を図に示した。ここで $\beta$ は

$$\beta = \frac{\Delta P \cdot M_w \cdot \rho_{gm} \cdot D_g \cdot Sh}{P_{BM} \cdot M_m \cdot \rho_w \cdot D_l \cdot Z}$$

であり蒸発の driving force の大小を示す無次元パラメータである。本報の取扱いの方が従来より実験値とより良い一致を見た。



結晶析出時間に関する実測値と計算値の比較

d) 水蒸気の滴状凝縮時における壁表面温度の変動

一 関 高 専	千葉 陽一
日本合成ゴム	大脇 真文
東 北 大 工	大谷 茂盛

滴状凝縮を理論的に取りあつかおうとする場合、凝縮面の表面温度がいかなる値を示すかは重要な問題である。多くの理論的取りあつかいで表面温度を一定と仮定しているが、実際にはかなり複雑に変動している。

著者らは凝縮面として銅板(50×50, 厚さ3~60)を用い、その

きわめて表面に近いところで熱電対を固定し、表面温度の測定を行なった。固定の方法としては、①表面近傍まであけた $0.6\phi$ の穴に $0.2\phi$ のCu-Const線をハンダ付けする方法および②表面までつき出した熱電対線を平面研磨後蒸着・鍍金して固定する方法などによつた。

実験の結果、表面温度が実によく液滴の挙動に対応して変動していること、すなわち落下液滴が通過した直後（いわゆる裸の面ができた時）瞬間的に温度の最高値が得られ、その後微小液滴が生成・成長合体するにもなつて除々に壁温が低下し、さらに落下液滴によつておおわれると温度は急激に低下して最低値を示すことがわかつた。

またこの時の最高値と最低値の巾を振巾ということにすると、振巾は垂直面においてさえも（熱流束約 $30$ 万 $\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{hr}$ の時） $1^\circ\text{C}$ 強に達することがわかつた。表面温度変動におよぼす壁の傾斜角度、熱流束および蒸気速度などの影響について検討し、さらに表面温度変動にとまない壁への流入熱量の時間的変化を簡単な数値で示した。

e) 加熱水平平板下向き面にそう自由対流

東北大速研 機正 相原 利雄  
東北大大学院 機准 山田 豊  
東北大速研 機止 遠藤 早苗

幅(2a)が $250\text{mm}$ 、厚さ $10\text{mm}$ の上下両面加熱平板の下向き面にそう準2次元自由対流について実験的研究を行ない、下の結果を得た。

(1) 境界層外縁近傍に流れの反転領域が生じ、速度プロファイルは二方向流れとなる。水平方向速度が零となる位置 $\delta_{inv}$ は、Singhらの積分法による境界層厚さ $\delta_{th}$ とほぼ同程度の値であるが、最大速度の位置は理論値よりもかなり壁面寄りとなる。

(2) 本問題については相似解が得られぬ旨のGillらの理論的帰結が、速度・温度の両場について実験的に確認された。

(3) 無次元温度が 0.01 となる位置として定義された温度境界層厚さは、 $\delta_{th}$  にほぼ近い値となる。

(4) 最大速度および局所ヌセルト数の値は、 $x/a < 0.8$  では Singh らの近値解に比較的良く一致したが、端部近傍での測定値は理論値よりかなり大きくなる傾向にある。ここで  $x$  は平板中央から端部に向けての距離。

( 詳細は第 8 回伝熱シンポ講論集, 325 頁 )

f) 圧力急減下の沸騰熱伝達 ( 第 2 報, サブクール・ブローダウン時の DNB 発生 )

東北大工 戸田 三朗  
原 研 大久保 薫

本研究は、軽水炉一次冷却系破断による冷却材喪失時の初期 ( 圧力が急減する ) における炉心の熱挙動を、小形圧力容器 (  $100\phi \times 400$  mm, 圧力  $20 \sim 30 \text{ Kg/cm}^2 \text{ G}$  ) と容器内に垂直に設置した金属箔 (  $1$  mm 巾  $\times$   $45$  mm 長  $\times$   $0.05$  mm 厚, DC 通電による直接加熱 ) によつてしらべたものである。新しい考案による急速圧力開放装置によつて模擬破断口に全面破断を起こさせ、冷却材喪失状態を発生させた。本報告における実験は、BWR 炉と PWR 炉における現象のちがいはつきりさせることを目的とし、特に、サブクールの大きなブローダウンについてしらべた。その結果、BWR 炉に相当する飽和ブローダウンでは初期の圧力低下は小さくなく、炉心伝熱への影響は小さいこと、PWR 炉に相当するサブクール・ブローダウンでは図 1 に示すように初期圧力低下が大きく、急激であり、炉心伝熱への影響が著じるしいことがわかつた。また、熱流束が  $3 \times 10^6 \text{ kcal/m}^2\text{h}$  のオーダーでは、 $60 \sim 70$  ms 以内という高速の DNB 発生があることを示した。



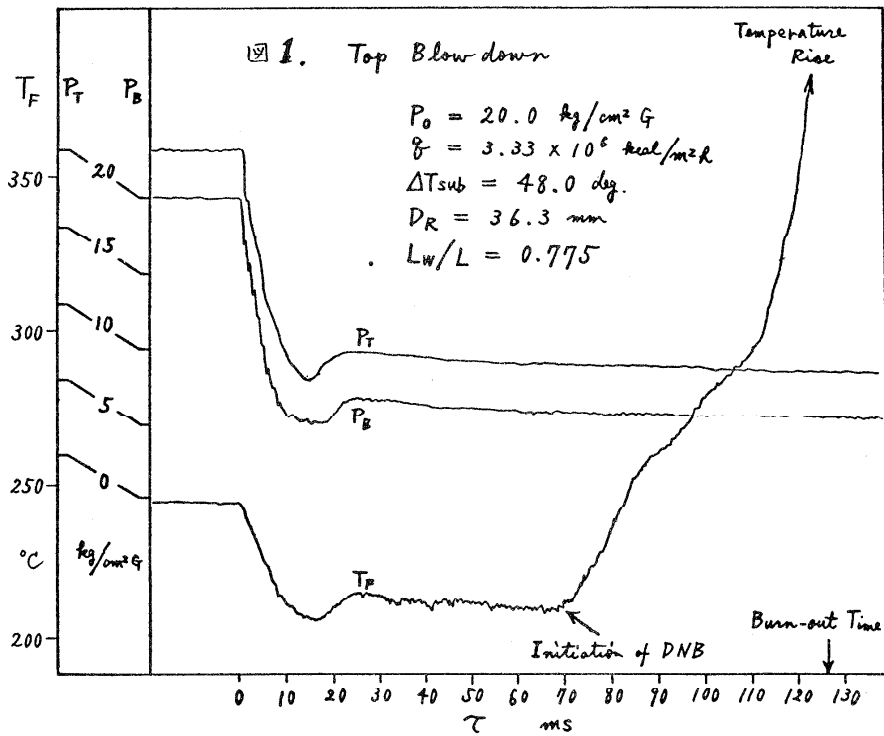


図1. Top Blow down

g) レーザービームによる単一気泡の発生と成長に関する研究

…第一報…

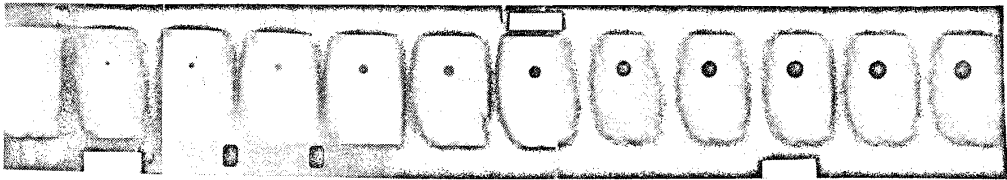
東北大学工学部 新野 正之

戸田 三朗

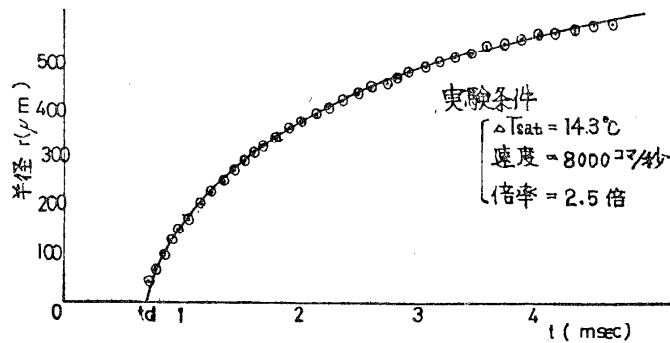
江草 竜男

著者らは、衝撃波管における減圧機構の原理を応用する事により、任意の過熱度 ( $\Delta T_{\text{sat}}$ ) をもつ均一温度場を実現し、更に G.P.L (Giant Pulse Laser) を気泡発生トリガーとして使用する事により、時間

的，空間的に極めて高い精度で単一気泡の発生と，その成長現象を制御しかつ観測する事に成功した。第1図に代表的な撮影結果を示す。第2図は同データをGPL入射時期を0点にとり，整理したものである。Plesset & Guickの理論式（実線）と実験との間にはみごとな一致をみる事ができる。同図に示してある $t_d$ はGPL入射後，気泡が漸近成長を開始する迄の遅れ時間である。 $\Delta T_{sat} = 14.3^\circ\text{C}$ 迄の本実験範囲内では，実験と理論との一致は非常に良いものであつた。



第1図 気泡撮影結果



第2図 均一温度場，気泡成長実験結果

## 日本伝熱研究会 ニュース

### 日本伝熱研究会第9期総会

#### 1. 日 時

昭和46年5月21日(金)

午後0時50分～1時20分

#### 2. 場 所

大阪科学技術センター8階大ホール

(第8回日本伝熱シンポジウム会場)

#### 3. 議 題

- 1) 昭和45年度会務報告
- 2) 昭和45年度会計報告(別表参照)
- 3) 第10期役員選出
- 4) 挨拶, 旧新会長

総会は多数の会員の御参集をえて、国井副会長の司会により開催され、とどこおりなく上記議案は原案通り承認された。

また、第5回国際伝熱会議委員会の一色組織委員長および甲藤幹事よりその後の委員会での審議情況について報告があつた。

〔別表〕

日本伝熱研究会第9期収支決算報告書

自 昭和45年4月 1日

至 昭和46年3月31日

承認 監査 泉 亮太郎 関  
監査 森 康夫 関

	収 入	支 出
会 費 個人会員	872,509	
維持会員	459,900	
利 息	8,224	
「伝熱研究」売却	2,300	
「日本伝熱シンポジウム講演論文集」売却	11,700	
セミナー繰越金	5,453	
そ の 他	700	
前期繰越金	528,486	
資 料 費		425,270
通 信 費		227,113
会 合 費		64,083
事 務 費		139,974
国際会議準備委員会への立替金		19,160
第7回日本伝熱シンポジウム分担金		240,000
第8回日本伝熱シンポジウム分担金前渡 金(準備委へ)		240,000
会費超過納入分返却		574
(次期繰越金)		(533,098)
次 期 会 費	24,474	
次期繰越金		557,572
計	1,913,746	1,913,746

摘 要	借 方	貸 方
現 金	77,096	
銀 行 預 金	333,476	
郵 便 振 替	147,000	
次 期 繰 越		557,572
計	557,572	557,572

## 第5回夏期伝熱セミナーについてお知らせ

本年度の夏期セミナーは会誌第37号でお知らせしましたように8月11日より13日まで茨城県東海村で原子力関係の伝熱問題を中心として開催することとなりました。その後セミナーの内容につきまして検討した結果下記のように内定致しましたのでとりあえずお知らせ致します。

### 1. 話題とスケジュール

8月11日(水)

午後1:30~4:30

#### (1) 「原子炉と伝熱問題」

現在建設が進められている軽水炉のほか、開発途上にある高速炉・重水炉および将来の原子炉利用として脚光を浴びはじめた高温用原子炉とその熱利用等についての展望

#### (2) 原子力研究所見学に関して概況説明

8月12日(木)

午前：日本原子力研究所東海研究所 見学

バーンアクト・二相流実験装置等水冷却炉関係、高温ガス実験装置、液体ナトリウム伝熱実験装置等を予定

午後：2:00~5:00

「相変化を伴う気液二相流の伝熱・流動」

8月13日(金)

午前：9:00~12:00

「高温における伝熱の問題点」

午後：1:00 東海発バスで大洗に至り

動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センターを見学(大型熱

ループ・燃料体験試験ループ等)後,再びバスで水戸に至り,  
5:30頃水戸駅前解散。

## 2. 懇親会

8月11日(水) 午後6:00~8:00

場所:東海クラブ食堂

以上の如くですが,各セッションの司会者・話題提供者については,  
参加申込および宿舎斡旋申込の詳細とともに近日中に会員各位に発送致  
す予定です。今回のセミナーは開催場所などやゝ不便なところとなり,  
会費も昨年より高くなる予定ですが,研究開発の現場を見学して学術的  
討論を行なうという新しい方式を採りましたので奮って御参加下さる  
ようお願い致します。

文献リスト

AIAA Journal

Vol. 9, No. 1 (January 1971)

- \* M.S. Holden  
Boundary-Layer Displacement and Leading-Edge Bluntness  
Effects on Attached and Separated Laminar Boundary  
Layers in a Compression Corner, Part II: Experimental  
Study
- \* W.B. Olstad  
Nongray Radiating Flow About Smooth Symmetric Bodies
- \* B. Vujanovic  
An Approach to Linear and Nonlinear Heat-Transfer  
Problem Using a Lagrangian
- \* A.K. Roberts and W.G. Brownlee  
Nonlinear Longitudinal Combustion Instability:  
Influence of Propellant Composition
- \* M.W. Beckstead and F.E.C. Culick  
A Comparison of Analysis and Experiment for Solid-  
Propellant Combustion Instability
- \* C.L. Thompson, Jr. and N.P. Suh  
Gas Phase Reactions near the Solid-Gas Interface of a  
Deflagrating Double-Base Propellant Strand

Vol. 9, No. 2 (February 1971)

- \* D.D. Knight  
Electron Thermochemical Nonequilibrium Effects in Re-  
Entry Boundary Layers
  
- \* E.R. Pugh, R.M. Patrick and A.M. Schreiderman  
High-Pressure High Enthalpy Test Facility
  
- \* P. Cooper  
Turbulent Boundary Layer on a Rotating Disk Calculated  
with an Effective Viscosity
  
- \* H.A. Dwyer  
Boundary Layer on a Hypersonic Sharp Cone at Small Angle  
of Attack
  
- \* B. Vujanovic and A.M. Strauss  
Heat Transfer with Nonlinear Boundary Conditions via a  
Variational Principle

Vol. 9, No. 3 (March 1971)

- \* G.R. Inger and G.A. Gaitatzes  
Strong Blowing into Supersonic Laminar Flows around Two-  
Dimensional and Axisymmetric Bodies
  
- \* R.R. Boericke  
Laminar Boundary Layer on a Cone at Incidence in Super-  
sonic Flow



- \* F.R. Livingston and J.W. Williard  
Planetary Entry Body Heating Rate Measurements in Air  
and Venus Atmospheric Gas up to  $T = 15,000^{\circ}\text{K}$
  
- \* S.C. Traugott  
Radiation through a Plane-Parallel Absorbing Medium  
between Directional Surfaces
  
- \* R. Köhne and A. Meert  
Determination of the Energy Balance of a Pulsed Plasma  
Source
  
- \* L.K. Isaacson and R.J.C.

A.I.Ch.E. Journal

Vol. 17, No. 1 (Jan. 1971)

- \* Byung-Ik Lee and Wayne C. Edmister  
Saturated Liquid Enthalpies of Ethane-n-Butane-n-  
Pentane System with Multicomponent Clapeyron Equation
  
- \* H.L. Toor  
Fog Formation in Boundary Value Problems

- \* M.H. Weissman and T.K. Hung  
Numerical Simulation of Convective Diffusion in Blood  
Flowing in a Channel with a Steady, Three-Dimensional  
Velocity Field
  
- \* G.A. Hughmark  
Heat and Mass Transfer in the Wall Region at Turbulent  
Pipe Flow
  
- \* Delmar R. Raymond and Stefan A. Zieminski  
Mass Transfer and Drag Coefficients of Bubbles Rising in  
Dilute Aqueous Solutions
  
- \* B.S. Baker, Dimitri Gidaspow, and D.T. Wasan  
Convective Diffusion of Heat in Composite Media with Heat  
Sources and Sinks
  
- \* S.S. Rao and C.O. Bennett  
Steady State Technique for Measuring Fluxes and Diffusiv-  
ities in Binary Liquid Systems
  
- \* A.A. Kozinski and E.N. Lightfoot  
Ultrafiltration of Proteins in Stagnation Flow
  
- \* D.B. Trust and F. Kurata  
Vapor-Liquid Phase Behavior of the Hydrogen-Propane and  
Hydrogen-Carbon Monoxide-Propane Systems
  
- \* D.K. Schmalzer and H.E. Hoelscher  
A Stochastic Model of Packed-Bed Mixing and Mass Transfer

- \* Michael A. Erle, D.C. Dyson, and Norman R. Morrow  
Liquid Bridges between Cylinders, in a Torus, and  
between Spheres
  
- \* Uri Navon and John B. Fenn  
Interfacial Mass and Heat Transfer during Evaporation:  
I. An Experimental Technique and Some Results with a  
Clean Water Surface  
II. Effect of Monomolecular Films on Natural Convection  
in Water
  
- \* Noël de Nevers and Jen Liang Wu  
Bubble Coalescence in Viscous Fluids
  
- \* S. Sircar and A.L. Myers  
A Thermodynamic Consistency Test for Adsorption from  
Binary Liquid Mixtures on Solids
  
- \* T.Z. Harmathy  
Peak-Time Method for Measuring Thermal Diffusivity of  
Small Solid Specimens
  
- \* S.M. Rajan and W.J. Heideger  
Drop Formation Mass Transfer
  
- \* R.V. Homsy and R.D. Strohman  
Diffusion and Chemical Reaction in a Tubular Reactor  
with Non-Newtonian Laminar Flow

Vol. 17, No. 2 (March 1971)

- \* Roland L. Halm and Leonard I. Stiel  
Second Virial Coefficients of Polar Fluids and Mixtures
  
- \* Jon N. Peterson, Thomas F. Hahn, and E.W. Comings  
Thermal Conductivity of Mixtures of Argon-Helium, Argon-Nitrogen, and Argon-Neon
  
- \* Charles N. Satterfield and William G. Margetts  
Diffusion in Sodium Mordenite
  
- \* D.T. Wasan, W.O. Jones, and G.L. Von Behren  
Entry Region Mass Transfer in Turbulent Pipe Flow
  
- \* Juris Vairogs, A.J. Klekers, and W.C. Edmister  
Phase Equilibria in the Methane-Ethane-Propane-n-Pentane-n-Hexane-n-Decane System
  
- \* Paul G. Mikolaj and Lachhman Dev  
Prediction of Vapor-Liquid Equilibria of Petroleum Fractions
  
- \* Ravi Gandhi and Joseph Estrin  
Turbulent Momentum Transfer in Two-Phase Cylindrical Couette Flow
  
- \* K.C. Chao, R.A. Greenkorn, Olagoke Olabisi, and B.H. Hensel  
Fugacity and Vapor Pressure of Nonpolar Liquids at Low Temperatures

- \* W.J. Klingebiel and R.W. Moulton  
Analysis of Flow Choking of Two-Phase, One-Component  
Mixtures
  
- \* Hsin-Kang Chang and Lyle F. Mockros  
Blood-Gas Transfer in an Axial Flow Annular Exchanger
  
- \* Lothar Riekert  
Rates of Sorption and Diffusion of Hydrocarbons in  
Zeolites
  
- \* Kristian E. Schreiner  
On Suspended Particles in Tube Flow
  
- \* J.L. Duda and J.S. Vrentas  
Mathematical Analysis of Sorption Experiments
  
- \* A.J. Gonzalez and C.D. Holland  
Adsorption Equilibria of the Light Hydrocarbon Gases on  
the Activated Carbon and Silica Gel
  
- \* Dean L. Smith, Robert H. Kadlec, and Stuart W. Churchill  
Mass and Energy Transfer between a Confined Plasma Jet  
and a Gaseous Coolant

Atomkern Energie

Vol. 16, No. 4 (1970)      NON

Vol. 17, No. 1 (1971)

\* Von R. Dietrich

Dynamisches Verhalten von Gegenstromwärmeübertragern  
nuklearer Gasturbinenanlagen bei sprunghafter Änderung  
der Eintrittstemperaturen

\* W. Seifritz

Special Thermocouple for Temperature Measurements in  
Liquid Metal Media

\* S. Meier and L. Wolf

Steady-state, two-dimensional temperature distributions in  
a single fuel element pellet and adjacent cladding due to  
axial varying heat transfer coefficients

British Chemical Engineering

Vol. 15, Nr. 12 (1970)      Non

Vol. 16, Nr. 1 (1971)      Non

B W K

Band 23, Nr. 1 (Januar 1971)

\* Groehn, H.G. u. F. Scholz

Vorteile von Stolperrippenrohren in Wärmetauschern mit  
querdurchströmten Rohrbündeln

- \* Stekl, J.  
Zur Problematik der Wärmeisolierung in Dampfkraftwerken
- \* Gnugesser, E.  
Möglichkeiten und Grenzen der Bestimmung des Heizwärmebedarfs in Industriebetrieben
- \* Vetter, H.  
Bestimmung der Begriffe Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Schadens Erfassung für Wärmekraftwerke

## Canadian Journal of Chemical Engineering

Vol. 48, No. 6 (1970)

- \* H.C. Henry and N. Epstein  
Psychrometric studies. Part I. The macroscopic psychrometric ratio of a cylinder or sphere
- \* H.C. Henry and N. Epstein  
Psychrometric studies. Part II. Local psychrometric ratios on a cylinder, sphere and flat plate
- \* H.C. Henry and N. Epstein  
Psychrometric studies. Part III. Induced turbulence and its effect on wet-bulb temperature

Chemical Engineering Science

Vol. 25, No. 12 (December 1970)

- \* P.M. Heertjes, F.C.H. Jongenelen, and J.A. de Leeuwden  
Bouter  
"The Effect of a Moving Boundary on Heat Transfer by Free  
Convection"
  
- \* L.A.J. Verhoeve  
"Remarks on the Determination of the Wilson Constants in  
the Correlation of Vapour-Liquid Equilibrium Data"
  
- \* J.W. Taunton, E.N. Lightfoot and W.E. Stewart  
"Simultaneous Free-Convection Heat and Mass Transfer in  
Laminar Boundary Layers"
  
- \* J.W. Taunton and E.N. Lightfoot  
"Free Convection Heat or Mass Transfer in Porous Media"

Vol. 26, No. 1 (January 1971)

- \* J. Szekely and G.P. Martius  
"Non Equilibrium Effects in the Growth of Spherical Gas  
Bubbles due to Solute Diffusion"

Vol. 26, No. 2 (February 1971)

- \* R. Kumar  
"A Unified Approach to Bubble and Drop Formation"



Chemie Ingenieur Technik

Bd. 42, Nr. 24 (Dezember 1970) Non

Bd. 43, Nr. 1+2 (Januar 1971)

\* H. Waldmann

"Druckabfall und Wärmeübergang von Mehrkornschüttungen  
aus unregelmäßigen Partikeln"

Bd. 43, Nr. 3 (Februar 1971) Non

Bd. 43, Nr. 4 (Februar 1971)

\* H.L. Kühnlein

"Eindampfen und Konzentrieren der Natronlauge aus der  
Chloralkali-Elektrolyse"

Bd. 43, Nr. 5 (März 1971)

\* U. Grigull

"Wärmeübertragung 1970"

\* H. Sonnenschein

"Kontinuierlicher Hochtemperatur-Wärme-austausch  
mittels bewegter Speicherteilchen"

\* G. Coulon

"Untersuchungen des Stoffaustauschs in einer Blasensäule"

\* R. Kleine

"Passive und Aktives Verhalten einer Flammenfront in  
Turbulenter Strömung"

\* H. Bode

"Stoff- und Wärmeübergang in der Umgebung einer einzelnen  
Dampfblase"

Bd. 43, Nr. 6 (März 1971) Non

Industrial and Engineering Chemistry - Fundamentals

Vol. 10, Nr. 1 (1971)

\* G.R. Gavalas

Fixed-bed reactors with regenerative cooling

\* G.F. Scheele and H.L. Greene

Non-Newtonian flow stability in a heated pipe at low  
Reynolds numbers

\* H.L. Toor

Fog vaporization and condensation in boundary value  
problems

\* V.S.V. Rojar and J.J.C. Picotz

Experimental study of the laminar free convection from a  
vertical plate

- \* L.C. Thomas and L.T. Fan  
Adaptation of surface rejuvenation model to turbulent  
heat and mass transfer at a solid-fluid interface

Journal of Fluid Mechanics

Vol. 44, Part 4, 16 (December 1970)

- \* R. Thirlby  
Convection in an internally heated layer
- \* Robert P. Davies - Jones  
Thermal convection in an infinite channel with no-slip  
sidewalls

KÄLTETECHNIK KLIMATISIERUNG

Band 23, Heft 1 - 1971 (Jan.)

- \* Marschall, E.  
Zur Berechnung von Oberflächenkondensatoren für Dampf/  
Gas-Gemische
- \* Paikert, P.  
Erfahrungen bei der Projektierung von Luftkühlern mit  
Digitalen Rechnern

Band 23, Heft 2 - 1971 (Feb.)

\* Henrici, H. und G. Heise  
Untersuchungen über den Wärmeübergang beim Verdampfen von  
R 114 und R 114-Öl Gemischen an einen horizontalen  
Glattrohr

\* Stephan, K.  
Schmelzen und Erstarren geometrische einfacher Körper

Band 23, Heft 3 - 1971 (März)

\* Hausen, H.  
Gleichungen zur Berechnung des Wärmeübergangs im  
Kreuzstrom an Rohrbündeln

\* Hofmann, E.  
Beitrag zur Berechnung von Flüssigkeitskühlern mit  
verdampfenden Kältemittel in Rohren

N. S. E.

Vol. 42, No. 2 (1970) Non

Vol. 42, No. 3 (1970)

\* E.M. Sparrow and R.N. Koopman  
"Heat Transfer in Reactor Components Having Temperature-  
Dependent Thermal Conductivity"

Vol. 43, No. 1 (1971)

\* B.W. LeTourneau and S.J. Green

"Critical Heat Flux and Pressure Drop Tests with  
Parallel Upflow of High Pressure Water in Bundles of  
Twenty 1/2-in Rods" (Tech. Notes)

Vol. 43, No. 2 (1971)

\* I. Wolf and K. Johannsen

"Two-Dimensional Conduction Heat Transfer in Liquid-  
Metal Bonded Fast Reactor Fuel Elements with Pellet and  
Canning Eccentricity" (Tech. Notes)

Vol. 43, No. 3 (1971)

\* A.B. Samant and W. J. Marner

"Heat Transfer to a Bingham Plastic in the Entrance  
Region of a Circular Tube"

The Physics of Fluid

Vol. 13, No. 12 (1970)      Non

Vol. 14, No. 1 (1971)

\* L.C. Steinhauer and H.G. Aklstrom

One Dimensional Laser Heating of a Stationary Plasma

Vol. 14, No. 2 (1971)

\* Young-Ping Pao

Application of Kinetic Theory to the Problem of  
Evaporation and Condensation

Vol. 14, No. 3 (1971)

\* P.N. Shankar and F.E. Marble

Kinetic Theory of Transient Condensation and  
Evaporation at a Plane Surface

Proceedings of the Royal Society, A

Vol. 320, No. 1542 (22 Dec. 1970)

\* Briffa, F.E.J. & Dombrowski, N.

The stability of flames on flat sprays

\* Humphreys, A.E. & Gray, P.

Thermal diffusion as a probe of binary diffusion coefficients  
at elevated temperatures. I. Techniques and results  
for carbon dioxide+nitrogen

Vol. 320, No. 1543 (5 Jan. 1971)

\* Bates, D.R., Malaviya, V. & Young, N.A.

Electron-ion recombination in a dense molecular gas

- \* Andrews, J.G. & Allen, J.E.

Theory of a double sheath between two plasmas

- \* Pope, R.L. & Tasie, L.J.

Recombination and dissociation of diatomic molecules

Vol. 321, No. 1544 (19 Jan. 1971)

- \* Harrison, A.J. & Meinberg, F.J.

Flame stabilization by plasma jets

Vol. 321, No. 1546 (23 Feb. 1971)

- \* Bolton, H.C. & McWilliam, I.G.

Ionization in flames: current-voltage relationships for  
the flame ionization detector

Vol. 322, No. 1548 (23 March 1971)

- \* Allen, J.E., Fang, M.T.C. & Fraser, D.A.

Constant frequency oscillations in a bounded thermally  
produced plasma

- \* Humphreys, A.E. & Gray, P.

Thermal diffusion as a probe of binary diffusion coeffi-  
cients at elevated temperatures

II. Methane+nitrogen and methane+carbon dioxide

\* Thomas, R.K.

Hydrogen bonding in the gas phase: the thermodynamic properties of hydrogen fluoride-ether complexes and their far infrared spectra



Тепро Энергетика

1971.2

- × Берман 大容量蒸気タービン用コンデンサの種々の構造
- × Исаченко 外 蒸気が乱流液体中へ凝縮する際の伝熱の研究
- × Шкловер 外 蒸気タービン КТ 3 のコンデンサの水平管群における蒸気の凝縮に関する問題について
- × Буглаев 外 真空下において空気を含む水蒸気の水平管群への凝縮の研究
- × Фукс 低圧下で少量の空気を含む蒸気と空気の混合物の組成の決定
- × Минухин 工業的狀態における滴状凝縮の実現
- × Ермашов 外 大容量蒸気タービン ЧНД の中間段における流れの気体力学的パラメータの研究
- × Змачинский 外 再循環ガスの最適温度の決定
- × Кемельман 管群間を流れる蒸気水混合物の密度分布の研究
- × Локшин 外 板状の対流伝熱面の熱放射の研究と計算
- × Бабий 外 燃焼の際の石炭粉と気体との間の物質移動
- × Третьяков 超臨界圧の熱媒体を使った際の蒸気発生管路における混合物の速度の研究
- × Кузнецова 外 Cambridge の工業的電導計の試験

- 結果について
- ※ Иванов 外 火力発電所の蒸気-水サイクルにおける膜状アミンの熱抵抗
  - ※ Елизаров 火力発電所の蒸気管における熱衝撃の問題について
  - ※ Смалько 炭酸ガスを使った原動機の若干の様式の静特性の解析
  - ※ Безгрешнов 外 超臨界パラメータのもとでの蒸気発生器の垂直パネルにおける流体の脈動運動の研究
  - ※ Миропольский 外 超臨界圧ボイラの水力学的特性におよぼす流れの不等温の影響

1971.3

- ※ Морозов 外 タービン発電システムにおける最適熱落差
- ※ Кузнецов 蒸気タービンの選択の有効熱落差に及ぼす仕事をしたあとの蒸気のエンタルピの影響
- ※ Похорилер 少量の蒸気流の際の蒸気のパイプラインの加熱
- ※ Шерстюк 管および一定断面の流路における乱流の気体流れの際の抵抗係数に及ぼす熱膨張率の影響について
- ※ Гагаров ウラジオストツクの熱の network の自動化の問題

- ※ Троцкий 外
  - ※ Ерцаков
  
  - ※ Трещкин 外
  
  - ※ Саввин 外
  
  - ※ Маргугова 外
  
  - ※ Арсеньев 外
  
  - ※ Букринский 外
  
  - ※ Миронов 外
  
  - ※ Гохштейн 外
  
  - ※ Локшин 外
  
  - ※ Резник 外
  
  - ※ Солодов
  - ※ Сигал
  
  - ※ Рушинский
- 熱動力における基本的な技術的傾向  
核動力は未来の熱動力の発展の基本的傾向である
- PWR 原子力発電所の蒸気発生器の単機容量の向上の方法
- 原子力発電所の飽和蒸気用タービン X T Г 3
- 温水暖房動力炉の蒸気発生器の水処理
- 飽和蒸気を用いた原子力発電所用の過熱器のパラメータとタービンの真空の最適化
- 单相非圧縮冷却材を用いた原子炉の非定常伝熱問題の変数分離法による計算
- 水動力炉の一次回路における核分裂生成物の蓄積過程の研究
- 炭酸ガスを用いた火力発電所の将来の見通し
- 内面被膜による円筒の熱応力からの保護
- 気密壁を用いた貫流ボイラの低ふく射部分のしやへの様式を選択
- 液体の層流平面流れへの蒸気の凝縮ボイラ燃焼室における窒素酸化物の生成
- ボイラの二相域の水力学的特性の計

算

ターボ機械の格子まわりの非定常流れの形状損失

※ Сямоирович 外

Trans ASME, Journal of Applied Mechanics

Vol. 37, No. 2 (1970)

- \* H.S. Bluston  
Nonadiabatic Flow Around Blunt Bodies at Hyperbolic  
Speeds
- \* F.X. Hurley  
A Three-Dimensional Hypersonic Viscous Interaction
- \* M.L. Miller and L.M. Jiji  
Application of Point Matching Techniques to Two-  
Dimensional Solidification of Viscous Flow Over a Semi-  
Infinite Flat Plate

Vol. 37, No. 3 (1970)

- \* J.H. Clarke and M. Onorato  
Normal Shock Waves Structured by Nonequilibrium Radia-  
tive and Collisional Ionization
- \* R.J. Hunge  
Time-Dependent Laminar Flow in Curved Channels
- \* R.K. Varma and M.P. Murgai  
Natural Convection Above Fires — An Analytical Solution

\* C.L. Wiginton and C. Dalton

Incompressible Laminar Flow in the Entrance Region of a  
Rectangular Duct

\* H.K. Hepworth and W. Rice

Laminar Two-Dimensional Flow in Conduits with Arbitrary  
Time-Varying Pressure Gradient

Vol. 37, No. 4 (1970)

\* L.R. Anderson, W.H. Heiser and J.C. Jackson

Axisymmetric One-Dimensional Compressible Flow-Theory and  
Applications

\* M. Iqbal, B.D. Aggarwala and M.S. Rokerya

Viscous Dissipation Effects on Combined Free and Forced  
Convection Through Vertical Circular Tubes

\* R.B. Kinney and E.M. Sparrow

Laminar Swirling Flow in a Tube With Surface Mass Transfer

\* W.J. Thomson and G.R. Bopp

The Effects of Variable Properties on MHD Flow in Finite  
Ducts

Vol. 38, No. 1 (1971)

\* A. Bedford and J.D. Ingram

A Continuum Theory of Fluid Saturated Porous Media

\* S.C. Kacker and J.H. Whitelaw

The Turbulence Characteristics of Two-Dimensional Wall-Jet and Wall-Wake Flows

\* W.R. Debler and R.D. Montgomery

Flow Over an Oscillating Plate With Suction or With an Intermediate Film: Two Exact Solutions of the Navier-Stokes Equations

Trans ASME, Journal of Engineering for Power

Vol. 92, No. 4 (October 1970)

\* F.J. Bayley and A.B. Turner

The Transpiration-Cooled Gas Turbine

\* J.L. Kerrebrock and A.A. Mikolajczak

Intra-Stator Transport of Rotor Wakes and Its Effect on Compressor Performance

\* A.L. London, M.B.O. Young and J.H. Stang

Glass-Ceramic Surfaces, Straight Triangular Passages — Heat Transfer and Flow Friction Characteristics

Vol. 93, No. 1 (January 1971)

\* M.M. Nagib

Analysis of a Combined Gas Turbine and Absorption — Refrigeration Cycle

\* W.J. Kelnhofer and C.T. Derick  
Tailpipe Effects on Gas Turbine Diffuser Performance With  
Fully Developed Inlet Conditions

\* J.R. Hoffmann and E.G. Feher  
150 kwe Supercritical Closed Cycle System

\* J.A. Miller  
Laminar Incompressible Flow in the Entrance Region of  
Ducts of Arbitrary Cross Section

\* K. Bammert, E. Boehm and R. Buende  
Nuclear Power Plants With Closed-Cycle Helium Turbine for  
Industrial Energy Supply

The Transaction of the Institute of Chemical Engineering

Vol. 48, No. 7 - 10 (1970)

\* P.H. Oosthuizen  
Laminar combined convection from an isothermal circular  
cylinder to air

Vol. 49, No. 1 (1971)

\* J.E. Porter  
Heat transfer at low Reynolds number (highly viscous  
liquid in laminar flow)



V D I - Forschungsheft

542 (1970), 543 (1971) Non

## 編集委員会より

- 38号は5月20～22日の3日間大阪で開催された第8回伝熱シンポジウムの特集号として、その間行なわれた特別講演、展望講演の要旨を講師の先生方をお願いして掲載しました。当日、出席できなかった方はもちろん、御出席になつた方も、もう一度当日の雰囲気を出しながら読み返して頂きたいと思います。
- 本号よりできれば寄書コーナーを毎号もうけたいと思います。とくに若い方々の色々の御意見、研究に対するお考へを寄せて頂きたいと思います。いわば、ヤングメンズコーナーと云う意味で……
- 上記シンポジウムの中日である5月21日、日本伝熱研究会第9期総会が開催され、今期役員が巻頭掲載のように選出されました。これに伴ない、本誌の編集も東京工業大学の片山先生をはじめとすベテランから、関西の新人グループに移りました。懇親会の席上でもお願いしましたが、この誌上を借り、改めて会員各位に「伝熱研究」のあり方についての御提案、御意見を期待したいと思います。

「伝熱研究」投稿規定

1. 本誌は伝熱に関する論文の予報，討論，国の内外の研究・技術の紹介，研究者の紹介，情報，資料，ニュースなどを扱います。
2. 本誌には，日本伝熱研究会の会員の誰もが自由に投稿できます。
3. 投稿原稿の採用・不採用は，編集委員会によつて決定されます。
4. 採用の原稿は，場合によつて，加筆もしくは短縮を依頼することがあります。
5. 投稿原稿は，採用・不採用いずれの場合でも執筆者に返送されます。
6. 採用された原稿についての原稿料は，当分の間ありません。
7. 原稿用紙は，A・4原稿用紙を使用して下さい。
8. 本誌の仕上りは，当分の間騰写によつて行ないますから，図面は現寸大のものを書いて下さい。
9. 原稿の送り先は，下記宛にお願いします。

(〒657) 神戸市灘区六甲台町

神戸大学 工学部 機械工学科

松木 隆一 気付

「伝熱研究編集委員会」

付．39号は9月20日を原稿締切りとします。

「伝熱研究ニュース」・「セミナー

およびシンポジウム要旨」執筆要領

1. 「要旨」の原稿の長さは「伝熱研究ニュース」程度・刷り上り1～2頁(図・表とも)A4原稿用紙3～4枚を標準とする。若干の変更はご自由です。

2. タイトルに「〇〇要旨」と記し，関連講演の「題目」および「執筆者名」を明記して下さい。
3. 「討論要旨」の文責は執筆者としますが，後日「伝熱研究」誌上に再討論が投稿されるような形式も好ましいと思います。
4. ご執筆に当って「伝熱研究」の投稿規定に従って下さい。

伝 熱 研 究

Vol.10, No.38

1971年7月10日発行

発行所 日本伝熱研究会

東京都文京区本郷7丁目3-1

東京大学工学部化学工学科内

電話(812)2111, 内線4465

振替 東京 14749

(非売品) (謄写をもって印刷にかえます)