

Vol. 10
No. 39

1971
October

伝 熱 研 究

News of HTSJ

第 39 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) 国井大蔵 (東 大) 一事務担当
幹 事：関 信弘 (北 大) 一兼北海道連絡 弓削達男 (東北大) 一兼東北連絡
平田 賢 (東 大) 一兼関東連絡 泉 亮太郎 (静 大) 一兼東海連絡
赤川浩爾 (神 大) 一兼関西連絡 広安博之 (広 大) 一兼中国四国連絡
長谷川修 (九 大) 一兼九州連絡 石黒亮二 (北 大)
伊藤龍象 (阪 大) 越後亮三 (九 大)
大谷茂盛 (東北大) 河田治男 (東工大)
吉川進三 (同志社大) 小泉睦男 (早 大)
杉山幸男 (名 大) 鈴木 崇 (東洋製作)
武山斌郎 (東北大) 棚沢一郎 (東 大)
千葉徳男 (広 大) 松本隆一 (神 大)
岐美 格 (京 大) 山崎弥三郎 (原 研)
監 査：一色尚次 (東工大) 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

第5回 夏期伝熱セミナー特集

夏期伝熱セミナー次第	1
「原子炉における伝熱問題の展望」感想	鳥飼 欣一 2
圧力管型重水減速沸騰軽水冷却炉の伝熱流動問題	
.....	沢井 定 4
原子炉における伝熱問題の展望(高速増殖炉)	
.....	石橋 英一 12
原子炉における気液2相流の伝熱と流動	成合 英樹 14
燃料体バーンアウト	小堀 哲雄 20
急速コンデンサについて	安達 公道 22
高温熱交換器	仲田 哲朗 28
高温におけるヘリウムガスの熱伝達	佐野川好母 30
第5回夏期セミナーを終って	山崎弥三郎 37

寄書コーナー

ロシア語の文献について	中西 重康 39
-------------	----------

ニュース

燃焼伝熱関連問題講演会のおしらせ	41
第9回日本伝熱シンポジウムについて	41
Newsletter-International Center for Heat and mass Transfer についてのお知らせ	42

地方グループ活動コーナー

九州研究グループ	55
----------	----

文献リスト

定期刊行誌.....	62
編集委員会より.....	82
「伝熱研究会」投稿規定.....	83

第5回 夏期伝熱セミナー特集

第5回夏期伝熱セミナーは茨城県東海村において、原子力に関する伝熱問題に焦点を絞り8月11日より13日まで開催されました。

夏期伝熱セミナー次第

昭和46年8月11日～13日 於：茨城県東海村

8月11日(水)

a) 原子炉における伝熱問題の展望 13:00-17:00

司会者 鳥飼 欣一(原研)

話題提供者 沢井 定(動燃事業団)

石橋 英一(動燃事業団)

能沢 正雄(原研)

b) 日本原子力研究所の概要説明と見学案内 17:00-17:30

山崎弥三郎(原研)

8月12日(木)

c) 日本原子力研究所東海研究所見学 9:30-12:00

伝熱・流動関係の諸施設と実験装置

d) 相変化を伴う気液二相流の伝熱・流動 13:30-18:00

司会者 植田 辰洋(東大)

話題提供者 成合 英樹(船舶技研)

小堀 哲雄(動燃事業団)

安達 公道(原研)

-2-

8月13日(金)

e) 高温ガスの熱伝達 9:00-12:00

司会者 一色 尚次(東工大)

話題提供者 仲田 哲朗(石川島播磨)

佐野川好母(原研)

大和 春海(原研(東芝))

f) 動力炉核燃料開発事業団大洗工学センター見学

14:30-16:30

A T RおよびF B R安全性

A T R大型熱ループおよびコンポーネントテストループ

「原子炉における伝熱問題の展望」感想

日本原子力研究所

鳥 飼 欣 一

上記のテーマに関し司会をおうせつかったので感想をとということですが、一口に言ってなかなかの盛会でした。話題としては、重水炉(新型転換炉)、高速炉および高温ガス炉の3つで、それぞれPNCの沢井さん、石橋さん、原研の能沢さんに話題を順に提供して頂きました。何しろ、内容は相当幅広いにも拘らず要領よくまとまった話題を提供して頂き、司会は非常に楽でした。原子炉の伝熱問題を論ずるには、まず、原子炉の性能向上ならびに安全性の確保の目標から入り、熱効率に対し原子炉出口温度の高温化、単位出力当りの設備費を少なくすることに対し高熱負荷、事故時における冷却不足に対する原子炉設計の熱的制約限界の拡大などを計るよう、各炉型ではどのようにそれに対処すべきかを論じ、現在の炉設計のための伝熱上の問題解決策を示めして頂きました。翌日以降、伝熱現象として関連のある2テーマが用意されているので、

本テーマは序論と結論という形になったようですが、なかなかよかったのではないかと思え、本セミナーを準備された方々の御苦心の程が察せられました。

このように準備がよく、お話もまとまっていたせいか、余り質疑応答はなかったのは当然のことと思われました。伝熱上の問題としては極めて多岐にわたり、しかも基礎的なことが実用につながっているという点で、原子炉の伝熱は中々面白い問題ではあるが、一般に原子炉そのものが内容的には余り知られていないため、いきおい話題提供者のお話をともかくよく聞くということではなかったかと思われました。

全体を通じて、原子炉設計で伝熱計算を行うには、平板に平行な流とか円管内の流れに対する熱伝達の式をそのまま一応適用し、以後模型による試験により修正を個別に加えるような方式が採用されているようで、その意味では、ずっと古い時期に研究された伝熱学は利用されるが現在のやや複雑（しかし実際よりは簡単化されたもの）な伝熱研究は殆んど実用になっていないことが知られました。そういう意味では現在の伝熱研究は設計部門の期待にはまだ研究が達していないといってよいのでしょうか？よく世間では基礎研究は進んでいるが応用研究は進んでないと言われていますが、これがどうゆう意味で言われているのか、本当のところは分かりませんが、「伝熱の基礎研究は進んでいるが」という点では原子炉の伝熱問題に対しては未だ進んでいるとも言えない気に改めてなった次第です。たとえば、2重管内仕切りがある場合の管内流熱伝達率を局所的に求めようとすると、計算ではもう駄目となります（高温ガス冷却炉の燃料棒に対する熱伝達）。これは応用例と言えるかもしれませんが、同一断面形状を持つ強制対流熱伝達率を求めるということになれば基礎的研究と言えるでしょうが、これは今の所、式があるわけでもなく、そういう意味で伝熱基礎研究は遅々として進んでいないと言えるのでしょうか（近時膨大な数の論文が提出されているに拘らず）？これは恐らく 大学院学生レベルの研究？が大部分で、一人前の研究者と言われる方々の研究が、色々の原因で余りできてない（数ではなく、質的に）

ことによるのではないかと愚考した次第です。

圧力管型重水減速沸騰軽水冷却炉

動力炉核燃料開発事業団

沢 井 定

1. 原子炉構造

現在わが国で開発を進めている圧力管型重水減速炉（原型炉：普賢）は第1図に示すように重水で満たされたカランドリアタンクの中に、圧力管内にクラスタ燃料を収めたもの（第2図）を一つのユニットとして正方格子に配置して炉心を構成する。

重水は核的観点やハンドリングを考慮して比較的低温（約50～70℃）に保たれるが、一次冷却材、従って圧力管内の温度は約300℃なので、圧力管の外側にカランドリア管を配し、その間隙に断熱のため炭酸ガスを満たしてある。

カランドリアタンク周辺は中性子およびγ線を遮蔽するため、鉄水遮蔽体を設置する。

このような構造を持った原子炉では次のような伝熱流動の問題がある。

2. 定常運転時における伝熱流動問題

2.1 燃料集合体の伝熱流動

- (1) 燃料集合体に関する伝熱流動問題の最大のポイントは“バーンアウト限界特性”と“流動抵抗特性”で、これらに影響をおよぼす“流速”“蒸気重量比”“燃料棒間隙”“スペーサ”“発熱分布”等の因子効果を定量的に把握することが開発の焦点になる。設計・製作には、燃料集合体の実物大試験を行ない、できるだけ安全率を切りつめ最も良い経済性が達成されるようにする。

- (2) 燃料集合体の軸方向発熱分布は初期炉心では \cos 型になるが、平衡炉心における中性子分布は一様に近づくので、そこへ燃料交換で新燃料が挿入される場合が熱的に最も苛酷になる。従って軸方向に一様発熱の実験の方がより重要になってくる。また取替新燃料の濃縮度はバーナブルポイズン等の対策がないと、許容ピーキングの観点から或る値以上にできず、重水減速炉の場合は略 $1.5\% U^{235}$ 程度が限界になる。
- (3) 燃料集合体内の r 方向発熱分布は第3図に示すようにクラスタ内で円錐上になり、しかも燃料棒毎に偏心放物面状を呈する。従って燃料棒発熱は配列サークル毎に異なるほか、燃料棒の θ 方向で異なり（中心に近い方が低い）その表面熱負荷は一様でなく、ある分布を示すことになる。
- (4) 重水は中性子吸収が少ないので、その特徴を生かすべく炉心に存在する冷却材量を少なくする設計方針が採られ、燃料棒間隙をつめ、出口蒸気重量比を上げるようにする。これらは燃料の“バーンアウト限界特性”，“流動抵抗特性”，“燃料の製作公差”或いは“燃焼特性”等の観点からある最適値がある。
- (5) 以上のことから伝熱流動に関する“実物大試験”は非常に重要であるが、実験を燃料の設計・製作や原子炉の運転に結びつけるに当っては次の検討が必要である。
 - (a) 実験用の模擬燃料集合体と実物燃料集合体では製作公差，組立法，或いは熱負荷分布（特に燃料棒内の傾斜発熱）等が一般に異なり，また実験は普通，直接加熱なのでその電磁力等の影響があり，スペーサ構造にも電気絶縁等の問題で制限がある。
 - (b) 燃料棒間隙等は，Nominal より必ずずれ，燃料集合体内である分布をなしている。しかもこれらは実験の場合と，原子炉運転時の燃料集合体の場合とは当然違った分布値が予想される。
 - (c) クラスタ型燃料は燃料棒間隙で計測できない個所があり，これに対しては統計的評価を下さざるを得ない。

- (d) これらの因子は当然サブチャンネルの伝熱流動に影響をおよぼす。
- (6) 以上のことを総合して“燃料集合体の伝熱流動”に関する安全率が与えられる。尚バーンアウトマージンには蒸気重量率一定の線上における $\frac{\text{バーンアウト熱負荷}}{\text{定格熱負荷}}$ と、動的に考慮した $\frac{\text{バーンアウトを起す過出力}}{\text{定格出力}}$ とが考えられ、前者は主に実験精度や公差不確定因子に対し、後者は運転時の余裕度とその考慮の重点がある。
- (7) “普賢”の実物大試験は動燃事業団大洗工学センタ“大型熱ループ”を用いて行なわれている。

2.2 圧力管から重水への伝熱

- (1) 圧力管内の一次冷却材は約 300°C 、カランドリア管外側の重水は約 60°C なのでその間に断熱層があり、これの伝熱量は原子炉格熱出力の $0.2 \sim 0.4\%$ 程度以内に収まるように設計される。
- (2) この断熱には普通炭酸ガスの断熱層が採用され、対流が殆んど期待されないような配慮 ($\text{Gr.Pr} < 1000$) 等から約 $8 \sim 10 \text{ mm}$ 程度が採られている。
- (3) 圧力管材 Zr 合金は 320°C 程度以上では強度を持たせられないので、有機材冷却等のようにそれ以上の温度で冷却材が使われる場合には、固体断熱層を用い外側のカランドリア管の所 (低温) で圧力を受け持つようにすることが多い。この場合固体断熱層には、(熱伝導率) \times (マクロ中性子吸収断面積) の小さい材料、普通 MgO が考慮される。

2.3 重水ダンプ時のカランドリア管冷却

- (1) 重水ダンプをするとカランドリア管が He にさらされるので、燃料からの γ 加熱と圧力管からの伝熱でその温度が上昇し構造上の問題を生ずる。
- (2) このためカランドリア管に重水をかけて冷却するようにするが、

次の2通りがあり何れもカランドリアタンク上部管板の冷却も兼ねている。

- (a) 上部管板下部にノズル室を設け、各カランドリア管に配分し、複数個のノズルよりカランドリア管に吹付け流下させる。
 - (b) ノズル付パイプを上部管板下に配し、上部管板と各カランドリア管に吹付ける。
- (3) わが国の場合は前者の方法を採用し、実物大試験を行なって流量、ノズル形状等を決定した。その選定基準は次のようである。
- (a) 水はカランドリア管全面を濡らし、カランドリア管下部まで切れないこと。(約 $0.8 \text{ m}^3 / \text{hr}$.本以上)
 - (b) ノズル公差、カランドリア管等の偏心等何れの場合にも対応できること、(ノズル出口とカランドリア管は約 2 mm 以上の間隙あれば規定流量付近では影響は余りない)
 - (c) 吹付が強くなく水が余りはね返らないこと
 - (d) ノズル室内のヘリウムが完全に近く除去でき、管板冷却に差支えないこと。(ノズルはノズル室最高位置に角型ノズルをつけなくとも、丸型ノズルをノズル室中央より高い位置に備付ければ十分 He を除去できることを確めた)
 - (e) 各カランドリアル管への流量配分が適当であること。

2.4 炉心内重水の流動と r 加熱

- (1) 重水は中性子の減速と r 加熱および圧力管からの伝熱等で炉熱出力の約5%の加熱されるので、冷却が必要である。
- (2) 重水中に硼酸を入れ原子炉の制御を行なうので、(1)の点とともに炉心内で一様の流れが得られることが要求される。
- (3) 重水は放射線を受けて分解するが、沸騰したり、攪乱が起ると分解量が急激に多くなるので、重水の作動温度条件等はこれらの線から決まってくる。
- (4) 緊急時には重水ダンプを行なうが、この仕様は一次冷却系破断時

燃料を溶融させないことから決められる。“普賢”の場合5秒で2 mの水位低下を規程しており，これに適合するよう，実規模試験を基にして，配管系，弁，或いはダンプポート等の抵抗係数等を測定し，その仕様をきめている。

2.5 配管系，遮蔽プラグ等の流動抵抗特性

- (1) 燃料集合体内以外，遮蔽プラグ，圧力管入口部，或いは弁等の流動抵抗特性は一次冷却系循環ポンプ容量や炉心水力学的安定性等に非常に重要なので，実物モデルを用いて試験を行なう必要がある。
- (2) “普賢”の場合 動燃事業団大洗工学センタのコンポーネント・テスト・ループで実物試験を行なっている。

2.6 燃料交換時の燃料集合体内伝熱流動

- (1) 圧力管型炉は運転中燃料交換ができるが，新燃料挿入時，燃料は次の条件にさらされる。
 - (a) 燃料集合体が冷却材入口部にさしかかると冷却材が直角にあたり，その速度は数 m から 10 m/sec 以上に達する。このため，入口部にディストリビュータが取付られた原子炉もある。
 - (b) 燃料は $f(t, z)$ で表される発熱負荷を受ける (t は時間， z は長さ)。燃料挿入速度は原子炉の制御・安全より規制されるが，(1 cm/sec の桁) この検討が必要であり， $f(t, z)$ は重水臨界実験を基に評価される。特に炉心中心を通る時，燃料集合体先端は中性子束のピークが生ずるので，燃料棒先端部に中性子吸収材が往々にして用いられる。

2.7 鉄・水遮蔽体の伝熱流動

- (1) 原子炉周辺には中性子および γ 線の遮蔽体が配置される(第1図)。前者に対しては水，後者に対しては鉄が用いられる。
- (2) 構造は次の2通りあるが，何れも水は遮蔽体内発生熱の除熱も行

なっている。

- (a) 鉄板と水層を交互に配する。
 - (b) 鉄球のPacked Columnに水を通す。
- (3) これらの伝熱流動特性は十分把握する必要があるが、製作価格面でメリットがある (b) においては、放射線のストリーミングと、鉄球の充填効率に注意する。

3. 事故或いは異常時における問題点

事故或いは異常時における問題点については、動燃事業団大洗工学センタ“安全性試験装置”“大型熱ループ”を用いて開発を行なっている。以下主な問題点のみ列挙することにする。

3.1 一次冷却系破断時の問題

- (1) 一次冷却系破断に伴なう系内圧低下と炉心非常バーンアウト特性。これについては破断箇所、破断面積等に影響される。
- (2) 一次冷却系破断に伴なう噴出流による衝撃力とそれ自身による反力。これに関する設計の考え方は“破断した隣の圧力管や配管を壊さないこと、および自己の噴出流反力で支持が壊れないこと”である。
- (3) 非常冷却系による炉心崩壊熱除去特性
- (4) 炉心水浸水位と炉心崩壊熱除去の関係
この水位を確保できれば崩壊熱除去が可能なので、こゝから下部ヘッダの位置が決ってくる。

3.2 再循環ポンプ停止時の炉心熱除去

- (1) この型の炉は高出口蒸気重量率が得られるよう開発されるが炉停止すると、炉上部から蒸気ドラムまでの二相流の蒸気が潰れ、蒸気ドラム水位が急激に低下する。再循環ポンプをそのまま運転していると、例え給水ポンプによる給水があっても、再循環ポンプの空引

きや非常冷却系誤作動の懸念があるので、炉スクラム時再循環ポンプ停止の設計が考えられ、この際の伝熱流動特性が問題になる。即ち

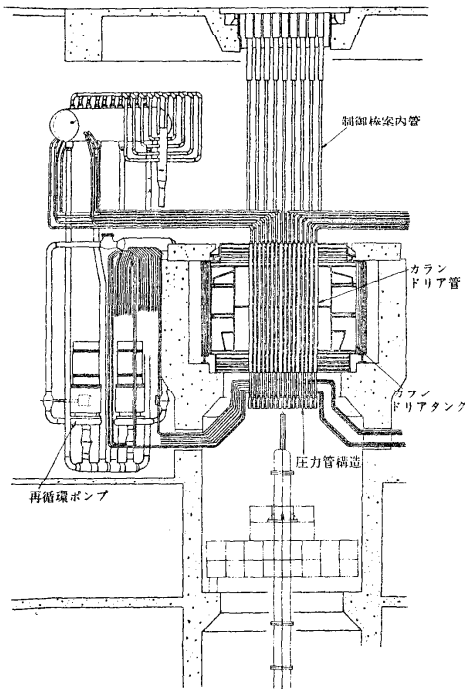
- (a) 流量低下および炉出力低下に伴なう非定常バーンアウト特性
- (b) 自然循環による崩壊熱除去の可能性

3.3 落下燃料集合体の崩壊熱除去

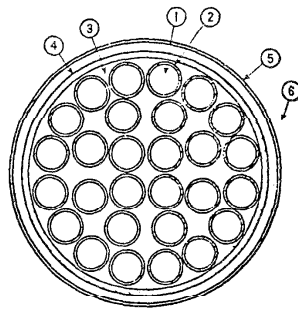
圧力管集合体下部が破損して燃料集合体が炉外に落下した場合の崩壊熱除去特性。この特性により、水冷却等の必要があるか否かが決ってくる。

4. おわりに

圧力管型重水減速沸騰軽水冷却炉には、以上述べたように諸々の伝熱流動の問題があり、現在動燃事業団は、大洗工学センターの大型諸施設を中心に、日本原子力研究所・大学の協力を得てそれらの開発にいそしんでいる。しかし何分にも問題が広範囲に亘り、基礎的に解明すべき点も多い。この意味で、この日本の新型転換炉の開発に、伝熱流動関係研究者の御協力と御助言が切望される次第です。

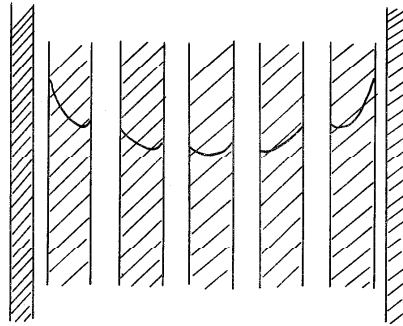


第1図 原子炉周辺配置図



- ①：燃料 (UO_2), ②：被覆管 ($Zry-2$),
③：軽水冷却材, ④：圧力管 ($Zry-Nb$ 合金), ⑤：カランドリア管 ($Zry-2$), ⑥：重水

第2図 圧力管集合体横断面図



圧力管

$(p_i + q_i r \cos \theta) e^{\xi_i r^2}$ で近似できる。

第3図 燃料集合体内発熱分布

原子炉における伝熱問題の展望（高速増殖炉）

動燃事業団大洗工学センター

ナトリウム流動伝熱試験室

石橋 英一

高速増殖炉における伝熱関係の問題点の展望という命題のもとに、動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センターで現在行っている（また実験を行う予定で装置を建設している）下記の液体金属熱伝達の開発研究について、概説した。（約40分間、スライド使用。）

- (1) ナトリウム熱交換器試験
- (2) 崩壊熱除去試験
- (3) 小型蒸気発生器試験
- (4) 過渡沸騰試験

- (1) ナトリウム熱交換器試験

この試験ループは、ナトリウム温度 600°C ナトリウム量 21 ton で高速実験炉「常陽」の中間熱交換器の設計データを得るためのものである。熱交換器はシェル・アンド・チューブ式のもので構造的にはできるだけ「常陽」に近いものにしてあり、伝熱面積は約 90 m^2 、伝熱量は約 13.3 MW である。伝熱面積の算定にはLubarsky-Kaufmanの式をもとにした。この他、種々の計算式がありそれらによって伝熱面積は $70\sim 150\text{ m}^2$ になるが実積的にはLufarsky-Kaufmanの計算式で充分であることが解った。現在、伝熱的な試験のほかに耐久試験を行っている。

(2) 崩壊熱除去試験

「常陽」の炉心燃料集合体は、炉心にて定格運転時は燃料集合体1体あたり最大約 1500 KW の発熱を行っている。(この時のナトリウム流速は約 6 m/s)。一方、炉内の貯蔵ラックに入られた使用済燃料集合体は漏洩中性子による核分裂、および γ 加熱によって、約 80 KW 程度の発熱がある。この発熱量を自然対流で除去できるか否かの実験を実験を実寸大の模擬燃料集合体を使用し、現在実験中である。このループのナトリウム量は 1 m^3 である。

(3) 小型蒸気発生器試験

高速型炉「文珠」の蒸気発生器を目標とした先行試験であって熱出力 1.2 MW の小型蒸気発生器によって流動伝熱、材料、構造、制御などの各分野における基礎データをとることを目標としている。最高ナトリウム温度 540°C 、発生蒸気は $173\text{ atg}-153^{\circ}\text{C}$ である。ループのナトリウム量は 8 m^3 である。現在ループの建設中でまだ実験は行っていない。

(4) 過渡沸騰試験

安全性の見地からナトリウム沸騰に関連した流動伝熱関係の基礎デー

ターを得るためのもので，ナトリウム最高温度 900°C を予定しておりヒーターピンとしては，最高熱流束 400 W/cm^2 のものを使用している。ループのナトリウム量は 1 ton である。現在ループの建設中でまだ実験は行っていない。

「原子炉における気液2相流の伝熱と流動」

船舶技術研究所 原子力船部
成 合 英 樹

第2次大戦後における気液2相流の研究は，原子炉の開発を中心として始まり，基礎的研究から実際の問題まで数多く行なわれてきた。本講では，主として2相流の伝熱問題を4章に分けて解説した。第1章は「気液2相流伝熱の基礎」と題し，従来の教科書に述べられているような内容を，基本的な考え方を主として述べた。第2章は「管群に対するサブチャンネル解析」と題し，管群(Rod Bundle)に対する伝熱の解析法として最近多くの研究が行なわれているサブチャンネル解析について述べた。第3章は「曲管内における2相流熱伝達」と題し，曲管内2相流の問題を述べた。第4章は「過渡時の2相流」と題し，原子炉のBlow down時の伝熱やその他の過渡時2相流問題について簡単な紹介を行なった。以下にそれらの要点を記す。

1. 気液2相流伝熱の基礎

よく知られているように，ある熱負荷状態の加熱流路内を飽和温度に近い液体が流れると，まず，液体に対する単相強制対流伝熱であったものが，ある条件でサブクール沸騰をおこすようになる。このサブクール沸騰領域(気泡附着領域と気泡離脱領域がある。)及び平均乾き度の低い領域(気泡流領域)では，主に沸騰が伝熱に対する支配的機構となる。

さらに乾き度が大きくなると、環状流又は環状噴霧流と呼ばれる流動様式となり、主たる伝熱機構は環状液膜内の熱伝導と液膜表面での蒸発現象となる。乾き度がさらに大きくなると、伝熱面が乾いて主流に液滴が流れる噴霧流となる。そして伝熱は、噴霧膜沸騰と呼ばれる機構で行なわれる。平均乾き度が100%以上になると、蒸気の単相流伝熱に近づいていくのである。これまで多く行なわれた研究は、主に管内流又は円環状流路によるものである。本章ではそれらについて概説する。

まず低乾き度及びサブクール領域での伝熱を考える。流れは主として気泡流であるが、この領域での問題は、まず第1に気泡発生がどのような条件で始まるか、第2にそのようにして始まったサブクール沸騰が完全に発達した沸騰状態とどのようにして結びつくかということである。第1の問題については、過熱境界層中の温度分布と伝熱面のくぼみからの気泡の発生条件を考えた Bergles-Rohsenow⁽¹⁾の理論が比較的よく現象を説明する。これにより発泡開始点における熱流束と壁面過熱度の関係、あるいは熱流束と流体の平均サブクーリングの関係が求まる。第2の完全に発達した沸騰状態は、熱流束が大きくなった場合あるいは流量が小さくなった場合にあらわれ易くなるもので、通常の伝熱面の場合には、流量やサブクーリングにあまり関係なく、Jens-Lottes⁽²⁾や Thom⁽³⁾の実験式であらわすことができる。強制対流から気泡初生状態を通り、この沸騰状態へ1本の曲線で表わすことができる。⁽¹⁾

次に環状流又は環状噴霧流が主な流れであるいわゆる高乾き度伝熱を考える。この場合の伝熱は、液膜内の熱伝導と液膜表面での蒸発といういわゆる強制対流蒸発伝熱が支配的であるが、液膜流速が小さくなったり熱流束が大きくなったりした時に、Bergles-Rohsenow⁽¹⁾と同様な考察によって気泡が発生し沸騰の影響がでてくる。この領域の実験は数多く行なわれている。まず、強制対流蒸発機構が液膜の流動状態により決まることから、Lockhart-Martinelli⁽⁴⁾のパラメータにて実験データが整理されることが多い。(Collier-Lacey-Pulling,⁽⁵⁾ Wright⁽⁶⁾,等々)これに対し、沸騰の影響として、上の強制対流蒸発の

熱伝達率に1より大きな係数を掛けて実験を整理したもの (Guerrieri-Talty⁽⁷⁾, Dengler-Addoms⁽⁸⁾) や, 沸騰の影響を附加した形のもの (Schrock-Grossman⁽⁹⁾, Wright⁽⁶⁾, Chen⁽¹⁰⁾) などの実験式がある。

次に, 熱流束が大きくなって沸騰のバーンアウト限界を越えたり, あるいは高乾き度域において液膜が乾くドライアウト現象を考える。これについては, 次の小堀哲雄氏の講演があるので詳細をはぶき, ただ各社で使用中の実験式を Tong⁽¹¹⁾ がまとめていることを記しておく。

次に, 伝熱面が乾いて後の強制対流膜沸騰について考えてみる。まず, 低乾き度における現象等にみられるように, 液体中心部が存在する膜沸騰が考えられる。この場合には, 蒸気膜を層流とした Bromley , 及び乱流部と層流層に分けた Hsu-Westwater の解析の拡張で説明できる。液体中心部が分散したり, あるいは通常の噴霧流の場合には噴霧膜沸騰となる。この場合には, 主たる伝熱機構が伝熱面より蒸気に対して行なわれるもので, 初めは蒸気の乱流伝達の式を修正する方法がとられた。(Polomik et al, Miropolski , Bishop et al, Dougal et al など) その後, 過熱蒸気と液滴が共存するいわゆる熱的不平衡を考えに入れた研究が, Bohsenow により行なわれている。

2. 管群に対するサブチャンネル解析

これまで管群 (Rod Bundle) に対する実験データを, 流路断面についての平均エンタルピ, あるいは平均流速により整理し, 通常の管内実験と同様に一次的に考えることが多かったが, 水冷却型原子炉の場合には特に2相流領域において, 臨界熱流束の値等に大きな誤差が生ずることが認められた。管群の大きさによってデータが異なることも, 二次元的分布を考える必要性を示している。そこで, 管群流路を適当ないくつかの小流路 (サブチャンネル) に分け, その中では一次的な流動であるとして局所条件を求めるといふ, いわゆるサブチャンネル解析が注目されるようになった。これまで, 公表された有名なサブチャンネル解析コードとしては, COBRA, HAMBO などがあり, その他 MIXER, THINC

などという会社所有のコードもある。このサブチャンネル解析の基本的問題は、サブチャンネル間に流れ (Cross flow) や turbulent mixing を考えねばならないことである。Crossflow は、単相流の場合にはサブチャンネル間の静圧差により生ずるものであるが、2相流の場合一般には静圧差がなくても生ずるものである。このCrossflow量やmixing量を基礎実験により求めねばならないが、現在各国で行なわれつつあり Lahey-Schraub に説明されている。このサブチャンネル解析は、連続の式、エネルギーの式と共に運動量の式も同時に解くので、エタルピと同時に圧力損失流量分布についても求まる。なお、このように1つのサブチャンネル内を均質と考えるだけではだめで、非加熱壁の存在比のようなものも考えに入れないと厳密な局所条件が求まらないという報告がある。

3. 曲管内の2相流熱伝達

原子炉プラントでは、曲管内を流れる2相流がしばしば問題となる。直管にくらべ解析が困難になっているのは、遠心力が作用してそれが流動様式及び2次的流れによる液膜生成機構などに影響を及ぼすからである。伝熱機構の解析には、液滴の生成附着及び液膜厚さの算出と、液膜を層流層及び乱流かくらん層に分けてモデル化する必要がある。

これまで熱伝達率の研究では、数+気圧以下のものがいくつか行なわれている。一般に管の外まわり側の熱伝達率が直管の熱伝達率より大きく、内まわり側が小さくなっていて管の上下側が直管の場合のデータにほぼ等しいという結果が得られている。(外まわり側とは曲管のコイル中心より一番遠い部分、内まわり側とは一番近い部分を指し、上下側とはそれらと90°離れた位置を指す。)

次に臨界熱流束であるが、まず流量の影響をみると、直管の場合と異なって流量が大きい程一般にドライアウト乾き度が大きくなる傾向を示す。また外まわり側と内まわり側でどちらが先にドライアウトするかを考えると、高圧では内まわり側が先にドライアウトするのに対して

(Carrer et al による 170 気圧の水) 低圧では外まわり側が先にドライアウトする。(小関等 による 15~30 気圧の水) これは流動様式の変化によるものと考えられ、上の圧力の間あたりではほぼ外まわり側と内まわり側のドライアウト点⁽²³⁾が同じになると考えられる。このドライアウトについて、小関⁽²³⁾は低圧の時環状流から Wavy 流への遷移点であるとしている。

4. 過渡時の 2 相流

これまでのような巨視的量に変化のない定常状態の 2 相流に対し、原子炉の解析ではしばしば過渡状態の 2 相流があらわれる。多くの場合、いわゆる準定常状態として対応する巨視的量を用いて扱っている。例えば、現象自体本当の意味の定常状態とは考えられないバーンアウト現象が、blow down のような過渡時にどうなるかという問題がある。この問題について模擬ループから冷却材を流出させてバーンアウト点を求めた Cermak et al⁽²⁴⁾ などの研究があるが、彼等の数秒から十数秒の過渡状態では、ほぼ準定常状態として扱ってよいという結果がでた。blow-down 時の炉心伝熱特性を求める RELAP-3 コードはその意味で全く定常状態における式を用いている。そうすると、問題は過渡時に巨視的量的変化を確実にとらえることができるかどうかということになり、Blow down 時の圧力容器内 2 相流の問題などがでてくる。

その他、高速炉の蒸気発生器の事故時における Na-水反応の問題、Na 冷却高速炉における過熱 Na の Voiding の問題、反応度事故における過渡沸騰の問題などの多くのごく早い過渡状態の問題が存在する。

引用文献

1. Bergles, A.E. and Rohsenow, W.M., J. Heat Transfer, Vol. 86, 365 (1964-8)
2. Jens, W.H. and Lottes, P.A., ANL-4627 (1951)
3. Thom, J.R.S., Walker, W.M., et al, P.I.M.E. Vol. 180 (3C),

- 226(1965~66)
4. Lockhart, R.W., and Martinelli, R.C., Chem. Eng. Prog. Vol. 45 No. 1 39(1949-1)
 5. Collier, J.G., Lacey, P.M.C. and Pulling, D.J., Trans. Inst. Chem. Engrs., Vol. 42(1964)
 6. Wright, R.M., UCRL-9744(1961)
 7. Guerrieri, S.A. and Talty, R.D., Chem. Eng. Prog. Symp. Ser. Vol. 52 No. 18 69(1956)
 8. Dengler, C.E. and Addoms, J.N., Chem Eng. Prog. Symp. Ser vol. 52. No. 18 95(1956)
 9. Schrock, V.E., and Grossman, L.M., Nucl. Sci. and Engng, Vol. 12 474(1962)
 10. Chen, J.C., ASME Paper 63-HT-34(1963)
 11. Tong, L.S., "Two Phase Flow and Heat Transfer in Rod Bundles" ASME, 31(1969)
 12. Bromley, L.A., Chem. Eng. Drog. Vol. 46 No. 5, 221(1950)
 13. Hsu, Y.Y. and Westwater, J.W., Chem. Eng Prog. Symp. Ser. Vol. 56, No. 30(15(1960)
 14. Polomik, E.E., Levy, S. et al, ASME Paper No. 62-WA-136 (1962)
 15. Miropolski, 2.L. Teploenergetika Vol. 10(1963)
 16. Bishop, A.A., et al. WCAP-2056 part 5(1964)
 17. Dougal, R.S. and Rohsenow, W.M., MIT. EPL Rpt. No. 9079-26 (1963)
 18. Hynek, S.J. and Rohsenow, W.M., MIT. EPL Rpt. No DSR70586 -63(1969)
 19. Lahey, R.T. and Schraub, F.A., "Twophase Flow and Heat Transfer in Rod Bundles" ASME 1(1969)
 20. Lahey, R.T. et al, ASME Paper No. 70-WA/HT-8(1970)

21. Carver, J.R. et al TID-20983(1964)
22. 小関 et al, 日本機械学会誌 Vol.73, No.615 538(1960-4)
23. 小関, 機械学会 795 回熱工学講演会講演論文集 125(1969)
24. Cermak, J.O. et al ASME Paper No.70-HT-12(1970)

燃料体バーンアウト

動燃事業団

小堀 哲雄

円管や矩形管のバーンアウト実験はこれまでも数多くあり、圧力、流量、管径などの影響について明らかになったものが多い。しかし、原子炉の燃料のように燃料棒に囲まれた複雑な形状の流路のバーンアウトについては原子炉特有の問題点がある。特に重要なものについて列挙すれば次の通りである。

- (1) 燃料棒配列（最小間隙）
- (2) スペーサー
- (3) 燃料棒の異常配列
- (4) 発熱分布（軸方向，半径方向）

以上の他に、燃料棒の表面に生成するサビ（Crud）や並列に存在する他の燃料体の影響なども問題となることがある。

重水減速軽水沸騰冷却形動力炉では、冷却材による余分な中性子吸収をなるべく小さくして経済性を向上させるために、燃料棒をなるべくコンパクトに配列して、燃料棒相互の間隙をバーンアウト、流動抵抗または構造の点からみて許せるぎりぎり狭くしようとする。この間隙の影響について Lee らのダンベル型の実験¹⁾では最小間隙部の発熱を他の部分より多くしてやると、間隙が 1 mm 以下になればバーンアウト熱流束が低下するという傾向を示しているが、Levy ら²⁾の偏心二重管の実験でも

間隙が 0.8 mm までは影響しないという報告がある。軽水炉ではロッド間隙は 3 ~ 4 mm, 重水炉では 1 ~ 2 mm が一般的である。

燃料棒を所定の間隙に配列するために用いられるスペーサーは種類や形状寸法が千差万別で、BWRによく用いられるグリッド型、高速炉のワイヤーラッピング方式、重水炉に用いられるリング型など実に多種にわたり、バーンアウトへの影響も多様である。Israel らの実験³⁾によればグリッド型のスペーサーによって 10 ~ 20 %バーンアウト熱流束が高目になるがスペーサー細部のわずかの違いで 10 %位の差は容易に生ずる。従ってスペーサーの影響については実物で確認する以外に方法がないのが現状である。

炉では燃料の軸方向には通常コサイン状発熱分布があり、燃焼度や制御棒位置などによって、分布形が若干変化する。Babcock & Wilcox 社の実験⁴⁾ではヴォリティー一定で比較すれば均一発熱が最も高く、対称的なコサイン状分布がこれに次ぎ、下方に歪んだ分布形、上方に歪んだ場合の順になる。Abraham らの実験⁵⁾は長さ 1 m のテスト部をコサイン状に発熱させてバーンアウトさせた結果、常に出口端でバーンアウトが発生し、均一発熱の場合にくらべて $1/2 \sim 1/3$ の非常に低い熱流束である。その他散発的にこの発熱分布の影響について行なった実験例はあるがその大部分は同様の傾向を示している。

燃料チャンネルの半径方向にも制御棒や減束機などによって発熱分布を生ずるが、Israel らの実験³⁾では、軽水炉燃料について均一な場合と、実際の炉と同じく発熱分布がある場合とでは、局所値で比較しても分布がある方が高目のバーンアウト熱流束を示している。またコーナロットに隣接するロッドが 9 %出力が増加すると、バーンアウト熱流束は 10 ~ 15 %低下する結果を得ている。

燃料棒はスペーサーの加工精度や熱彎曲などのために正規な位置からズレることがあるが、このズレの影響については、やはり Israel ら³⁾が、軽水炉燃料が正規の 3.25 mm のギャップが 1.5 mm になった場合のバーンアウト熱流束を測定し約 20 %低下することを見出している。

このように燃料体には種々の因子が入り、単純な形状の流路でもバラツキの大きいパターンアウトのデータがさらに広くばらついているが、今後は因子の影響をひとつひとつ確認すると共に、サブチャンネル分布の計測および解析を充実させて燃料体の中の現象を局所値として把握していくことが必要である。

文 献

- 1) Lee & Little: AEEW-R 178(1963)
- 2) Levy, S. et al: Int. J. Heat-Mass Tr. (1962)
- 3) Israel, S. et al: J of Heat Jransfer 355(1969)
- 4) Wilson, R.H: CONF 640507(1964)
- 5) Abraham, S.C.: AECL-2646(1966)

急速コンデンサーについて

原 研 安 達 公 道

工業上、きわめて多量の蒸気を、きわめて短時間に凝縮させる必要を生ずることがよくある。このような目的のために、高速の蒸気流または二相流を冷却水に衝突させることによって冷却水を瞬間的に粉碎・混合し、蒸気と冷却水との直接々触によりきわめて短時間に凝縮を完了させる方式のコンデンサーを考案した。この方法の特徴は、

- (1) 蒸気と冷却水とがきわめて微細に混合するため、有効伝熱面積がきわめて大きい。このため、きわめて小形の装置で多量の蒸気を凝縮することができる。
- (2) 蒸気と冷却水とがきわめて均一に混合するため、冷却水の利用率が高く、冷却水の量を必要最小限にすることができる。
- (3) 蒸気流をプール内の静水中に吹込むような場合と異なり、混合様

式が気泡状にはならない。このため、気泡の消滅にともなう騒音の発生や、圧力振動、衝撃波による壊蝕などがおこらない。などである。以下では、試作コンデンサーによる基礎実験の結果を紹介する。

実験に用いたコンデンサーを図1に示す。あらかじめ圧力、温度、流量を測定させた蒸気流に対して、巾2mmのスリット状全円周ノズルより、流れ方向に直角に冷却水が吹込まれる。冷却水は蒸気の衝突により瞬間的に粉碎・混合されてミスト状になるが、その後、急速に凝縮が進行して、数〜数10cmの距離で完全に凝縮が完了してしまう。

図2に、冷却水混合位置から下流側における流体温度の分布の測定例を示す。透明な凝縮管を用いた観察実験の結果と照合せると、温度分布がフラットになった位置では凝縮が完了していることが明らかになった。図2では、凝縮管の直径Dを小さくすると、凝縮に要する距離が縮まる傾向が見られるが、この他に、蒸気流量が大きいほど、また冷却水流量が小さいほど、凝縮に要する距離が縮まる傾向が確認された。

蒸気流による冷却水の粉碎・混合と、これに続く凝縮の過程について、
(i) 蒸気流の衝突によって、冷却水は瞬間的に

$$d = 2 \text{ We}_c \frac{\sigma_w}{\rho_s u_s^2}$$

なる直径ミストに粉碎される。ここに、 $\text{We}_c =$ 臨界ウエーバー数(=6.5)、 $\sigma_w =$ 冷却水の表面張力、 $\rho_s =$ 蒸気の密度、 $u_s =$ 蒸気の衝突速度

- (ii) 蒸気から冷却水への伝熱過程における熱抵抗は、主としてミスト内の熱伝導の遅れにもとづく。
(iii) ミスト表面温度のステップ状変化 ΔT に対して、ミスト内のすべての点で $0.9 \Delta T$ 以上の温度変化を生ずるに要する時間 τ を考えこれを凝縮完了に要する時間の目安とする。さらに、

$$L = u_s \cdot \tau$$

をもって凝縮完了に要する距離の目安とする。

の3つの前提にもとづいて計算によって求めた凝縮完了距離と、実測のそれとの比較を図3に示す。これによれば、計算値の方が実測値よりも凝縮完了に要する距離を大きく与えるが、蒸気速度に対してともにマイナス乗比例の特性を見せており、定性的傾向はよく一致している。このことから、上記の3つの前提はほぼ妥当なものと認められる。

冒頭に述べた本方式の急速コンデンサーの3つの特徴に対応した結果について次に述べる。

- (1) 本実験の範囲で、(冷却量)/(凝縮が行なわれた空間の容積)の値を計算してみると、 $3.0 \times 10^5 \sim 1.5 \times 10^7 \text{ KW/m}^3$ であった。この値は蒸気流速を上げることによってさらに大きくなる可能性がある。
- (2) 蒸気流量を一定に保つたまま冷却水流量を減少させ、その時の凝縮水の温度を監視してみると、凝縮水温度が 100°C になるまで安定に凝縮が行なわれた。それ以上冷却水流量を減少させれば、凝縮しきれずに二相流のまま排出されるようになるが、そのために凝縮過程が不安定になるようなことはなかった。
- (3) 冷却水混合直前の蒸気の圧力振動の振巾は $\pm 0.05 \text{ Kg/cm}^2$ 程度であり、凝縮はきわめて静粛に行なわれた。たゞ、蒸気速度が 15 m/s 以下では流れが脈動的になることがあり、 2 Kg/cm^2 程度の振巾の圧力振動が記録された。また、この場合はパンパンという激しい気泡消滅音が聞かれた。

以上、筆者の研究室で行なわれた基礎実験の概要について紹介したが、本方式の急速凝縮法は、小形、大容量のコンデンサーとして工業的に利用できるだけでなく、二相流のクォリティ測定(とくにトランズェントの場合に有用)にも応用できるし、また、急激な相変化をとまらぬ不平衡二相流の実例として、基礎研究の対象としても興味深いものがある。

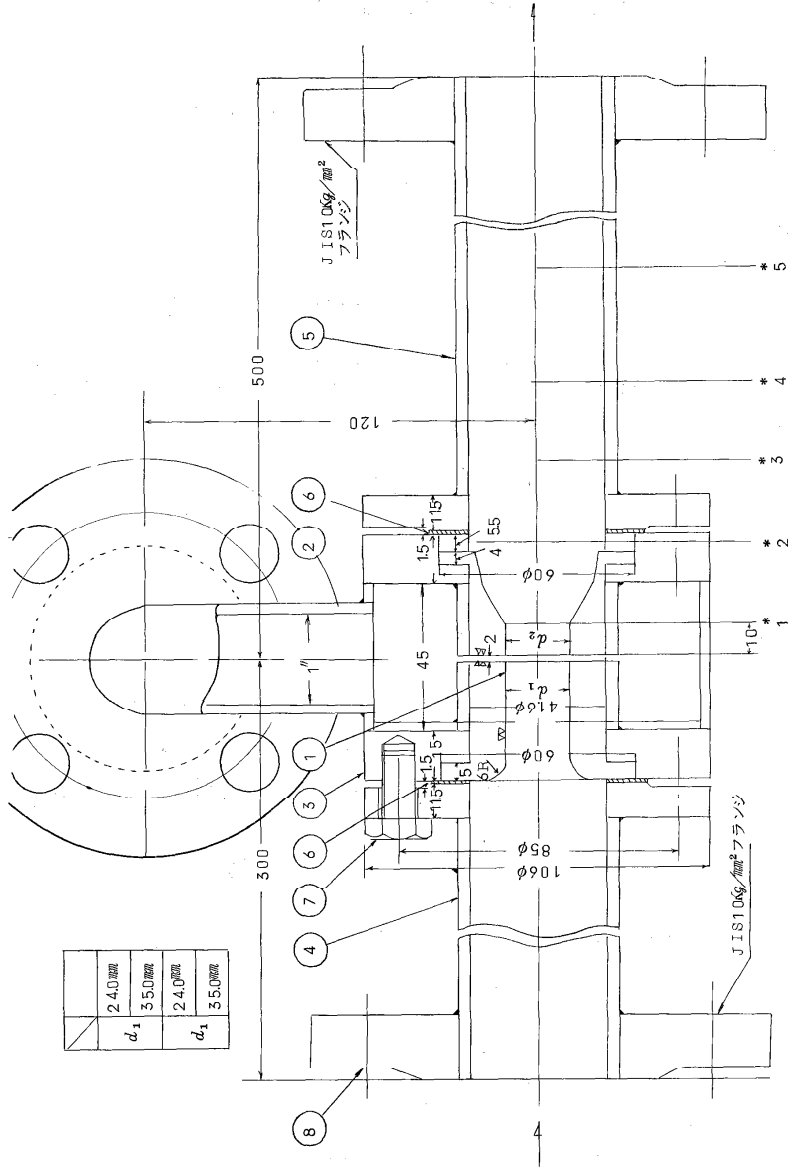


図 1.

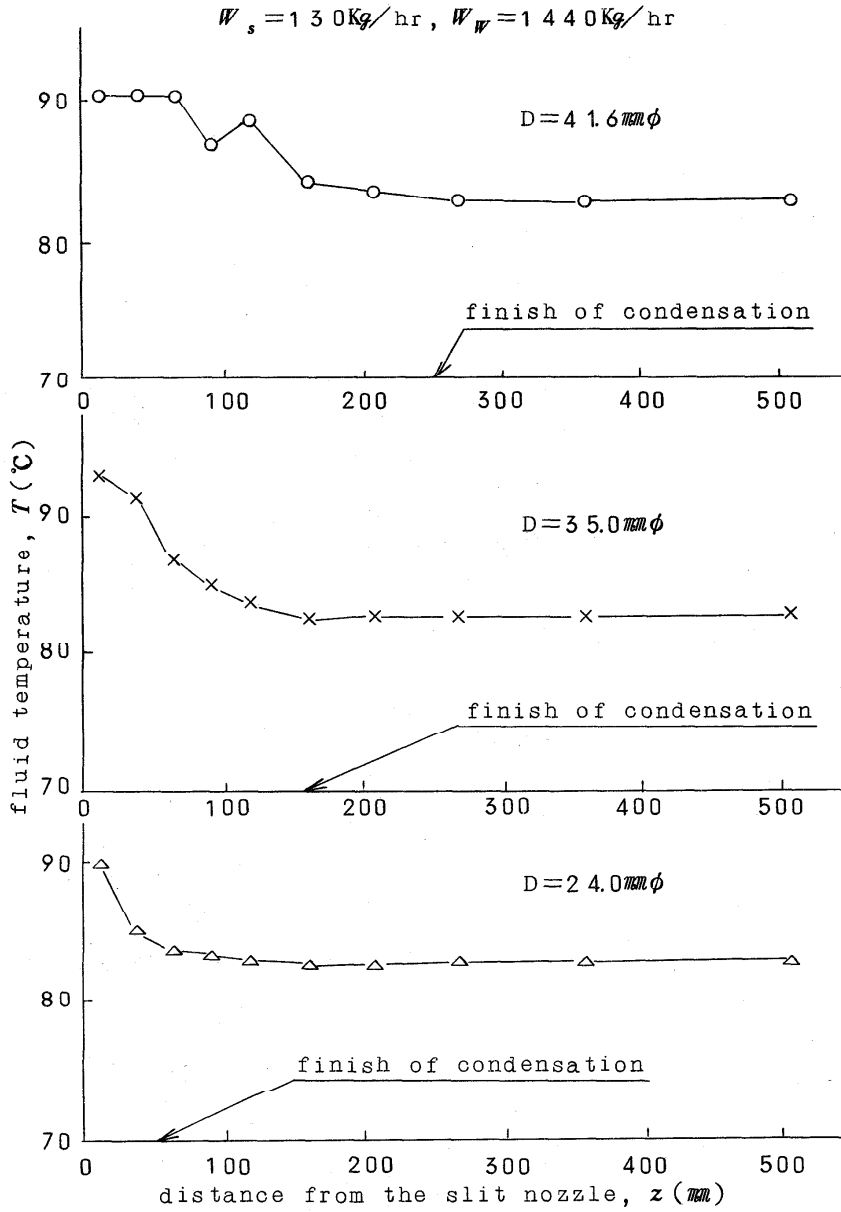


图 2.

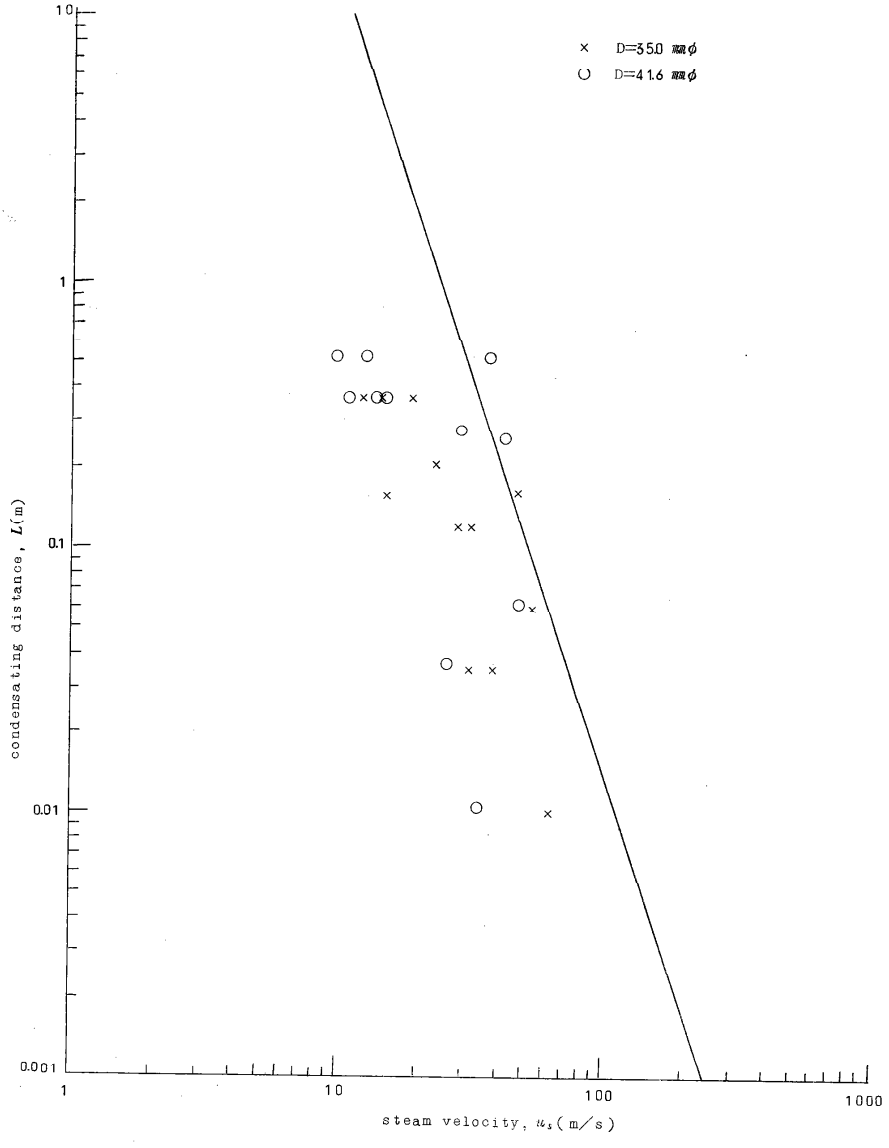


图 3.

高温熱交換器

石川島播磨重工
仲田哲朗

最近、多目的利用を目的とした高温ガス冷却炉の開発が諸外国で活発に行なわれており、我が国でも鉄鋼協会を中心として高温ガス冷却炉の製鉄への利用に関する技術的諸問題の検討がなされている。また、原研においても多目的利用を考慮した高温ガス冷却実験炉の開発計画が着々と進行している。

これらの多目的利用高温ガス冷却炉はいずれも一次側作動流体として1000°C程度のヘリウムを用いており、この点で利用面との接点にあるプロセスヒート用、或いは蒸気発生用高熱交換器の開発が原子炉の多目的利用の成否を左右する重要課題である。

このため、まず原子炉の多目的利用分野の紹介を行ない、特に原子力製鉄についてはEEC、BSC、鉄鋼協会で行なった具体的な構想についてフローチャートをもとに説明した。特に、EEC案は熱交換器に対しても一応の設計例が示されており、経済的にもエネルギー源として可成りの有利さを持っている点注目に値する。

次いで、これらの多目的利用高温ガス炉用熱交換器の設計上の諸問題について、次の各項目に分け説明した。

- 1 熱設計上の諸問題
 - (1) 熱交形式の最適化
 - (a) 最適設計法
 - (b) 直列式熱交換器
 - (c) 間接熱交換器
 - (d) 熱交形式
 - (2) 高性能化

- (a) 高熱流束化
 - (b) コンパクト化
 - (c) 熱伝達率
(高温領域における熱伝達率, Turbulence Promoter)
- (3) 熱損失の低減
 - (a) 断熱特性
 - (b) 断熱構造
 - (4) 性能の安定化
- 2 流体設計上の問題
 - (1) 流れの均一化
 - (2) 流体振動の問題
 - 5 構造設計
 - 4 材料問題
 - (1) 耐熱材料

最近, Inco社で Incoloy 807, Inconel 625 が開発され, 従来の Incoloy 800, Inconel 600 より 100~150℃ 予熱温度の上昇が可能となった

(2) 金属材料の水素透過現象

現在迄水素透過過程は拡散律速と考えられていたが最近の研究では必ずしもそうでもない。今後の問題点として金属表面処理の水素透過に及ぼす影響, 水素と水蒸気, 一酸化炭素との混合ガスの水素透過に及ぼす影響を確認する必要がある。

最後に高温熱交換器の設計例として, EEC, 原研実験炉, Dragon 炉, Fort St Vrainについて夫々の設計データを基礎に説明した。

以上, 主に高温ガス冷却炉の多目的利用を対象とした高温熱交換器の技術的諸問題について簡単な紹介を行なった。

原子力製鉄を対象とした高温熱交換器用材料については前述の Incoloy 807, Inconel 625等の新材料が開発されたことにより, ある程度の見通しが得られており, 今後, 熱交換器を大型化した場合の問題, 伝熱

管の水素透過問題、ヘリウム中の水素除去問題等について詳細に検討し、技術的諸問題を解決すれば近い将来、高温ガス冷却炉による多目的利用の実現が大いに期待出来るものと思う。

高温におけるヘリウムガスの熱伝達

日本原子力研究所

佐野川 好 母

1. まえがき

高温ガス冷却材として用いられているヘリウムガスの高温における熱伝達について述べ、一般に熱伝達率の悪い気体の伝熱性能向上の方法についても触れる。

2. 熱伝達率に及ぼす物性値の温度依存性の影響

一般に気体の物性値のうち、比熱は温度による影響を殆んど受けないが、粘性係数と熱伝導率は絶対温度の約0.7～0.8乗に比例する。一方、比重量は絶対温度に逆比例し、 Pr 数は温度によってあまり変化しない。そして、この傾向は気体の種類にかかわらず大体同じ傾向を示す。物性値を一定とした場合の Nu_0 と温度変化を考慮した場合の Nu との比(St 数の比でも同じ)は、種々の表し方があるが、 T_w を伝熱面温度とすると、

$$\frac{Nu}{Nu_0} = \frac{St}{St_0} = \left(\frac{T_w}{T}\right)^n$$

で表わされ、また摩擦係数も同じように

$$\frac{f}{f_0} = \left(\frac{T_w}{T}\right)^m$$

で表わされている。ここで、 T は流体の温度のような、基準となる温度を表わすが、 T_w と流体温度の平均をとることもある。

2.1 円管内層流の場合の n と m

この場合には解析解を求めることができる。十分に発達した速度及び温度分布を仮定して、Deisslerが最初に解を得ているが、実験値との一致は思った程よくはない。その理由は、温度差のために密度の変化が大きくなるので、半径方向の流れが生じて完全に発達した流れを実現することがむづかしいからであろう。

Worspe - Schmidt は空気で、温度 $500 \sim 3000^\circ\text{R}$ の範囲の数値解を求めているが、その結果によると、 Nu 数に対する温度変化の影響は少なく、一方摩擦係数に対する影響は大きくなっている。すなわち、下流では $n = 0$ 、 $m = 1$ である。

Kays & Nicollの実験によると、 $T_w/T = 0.5 \sim 2$ で、 $n = 0$ 、一方 Danenport の実験では $T_w/T = 0 \sim 2.2$ で $m = 1.35$ を得ており、さらに Kays らは平行平板流での計算を行ない、 n は円管の場合とかなり違った値を得ているが m については円管の場合と全く同じ 1 を得ている。したがって、 n の方は流路形状の影響を受けることが考えられ、 m の方はそれに無関係のようである。

以上のことから、円管内層流の場合は、

$$\frac{T_w}{T} \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 1 \text{ で } n = 0, m = 1$$

と考えられる。

2.2 円管内乱流の場合の n と m

熱流束一定、完全に発達した乱流という仮定での Deissler & Eian の解析によると、 $T_w/T > 1$ で $n = -0.34$ 、 $T_w/T < 1$ で $n = 0.19$ である。しかし、Humble らが空気で行なった実験では $n = -0.55$ 、Barnes

高温へリウムガスの円管内乱流熱伝達実験一覧

実験者	気体	管径 d (m)	試験部 長さとの比 l/d	熱流束 q (Kcal/m ² h)	気体の自由 流の温度 T_w (°K)	伝熱面 温度度 T_w (°K)	T_w/T_b	Re数	気体の 圧 P (気圧)	関係式 \bar{Nu} は平均Nu数, Nu_b は局所Nu数 添字 f は $T_f = (T_w + T_b)/2$ に対応する値
Durham et al. ⁽¹⁾	He	1.59	~3.68	1.90×10 ⁶ ~4.06×10 ⁶	~1893	~2527	~1.39	1.0×10 ⁵ ~4.36×10 ⁵	352 ~1055	$\bar{Nu}_f = 0.0354 Re_f^{0.8} Pr_f^{0.4} (\frac{T_w}{T_b})^{-0.1}$ $Nu_b = 0.0336 Re_b^{0.8} Pr_b^{0.4} (\frac{T_w}{T_b})^{-0.1}$
Taylor et al. ⁽²⁾	He, H ₂	4.85 3.17	60 92	303×10 ⁶	~2247	583	4.0	3.23×10 ⁵ ~6×10 ⁵		$\bar{Nu}_f = 0.021 Re_f^{0.8} Pr_f^{0.4} (1 + \frac{d}{L})^{-0.7}$ (ばらつき10%, $Re > 10^4$) $Nu_b = 0.021 Re_b^{0.8} Pr_b^{0.4}$ (ばらつき3.8%)
Wolf et al. ⁽³⁾	He, H ₂	20.9 ~40.6					~9.0			$\bar{Nu}_b = 0.0445 Re_b^{0.8} Pr_b^{0.4} (\frac{T_w}{T_b})^{-0.45}$ Nu_b は平均Nu数, Nu_b は局所Nu数
Barnes et al. ⁽⁴⁾	He, CO ₂ Air	6.28 1.404	48.6 43.4	27 ~12.7			1.0 ~2.2	4×10 ⁵ ~6×10 ⁵		$\bar{Nu}_b = 0.023 Re_b^{0.8} Pr_b^{0.4} (\frac{T_w}{T_b})^{-0.185}$ $Nu_b = 0.021 Re_b^{0.8} Pr_b^{0.4}$
Wailand ⁽⁵⁾	He, H ₂	4.78	255	5.46×10 ⁶ ~4.20×10 ⁶	~1007	~1007	1.1 ~4.5	1.2×10 ⁵ ~4.2×10 ⁵	170 ~680	$Nu_b = 0.021 Re_b^{0.8} Pr_b^{0.4}$
Taylor ⁽⁶⁾	He, H ₂	2.95	77	4.64×10 ⁶	~641	~2837	~5.6	7.6×10 ⁵ ~3.95×10 ⁵	297 ~680	$\bar{Nu}_f = 0.0245 Re_f^{0.8} Pr_f^{0.4} (\frac{T_w}{T_b})^{0.8}$ $Nu_b = 0.021 Re_b^{0.8} Pr_b^{0.4} (\frac{T_w}{T_b})^{0.8}$
Taylor ⁽⁷⁾	He, H ₂	2.95	77	5.49×10 ⁶	39~ ~462	~2677	~8.0	5.7×10 ⁵ ~4.84×10 ⁵	252 ~632	$\bar{Nu}_f = 0.021 Re_f^{0.8} Pr_f^{0.4} (\frac{T_w}{T_b})^{0.29-0.0019^2}$ (ばらつき±10%)

らの空気, H_e , CO_2 の実験では $n = -0.185$ となっている。以上の結果を総合すると $T_w/T > 1$ の場合は $n = -0.5$ 位であろうと考えられる。

$T_w/T < 1$ の冷却の場合は実験のむづかしさがあるので測定例は少ない。Humble らは $T_w/T = 0.46 \sim 1.0$, Nicoll らは $T_w/T = 0.38 \sim 0.63$ の範囲で実験したが $n \approx 0$ であったと報告している。Deissler の解析にも照して, $n = 0$ でよいのではないだろうか。

摩擦係数については, Mc Eligot が自分の実験結果と, Leichuk & Dyadyakin らの実験結果をまとめて $m = -0.1$ であろうとしている。Deissler の解析によると, m の値はもう少し大きい, 完全に発達した乱流ということであるから, $m = -0.1$ としてもよいであろう。

以上より, 円管内乱流の場合は,

$$\frac{T_w}{T} > 1 \text{ で } n = -0.5, m = -0.1$$

$$\frac{T_w}{T} < 1 \text{ で } n = 0, m = -0.1$$

と考えられる。表には, これまでに行なわれてきた高温ヘリウムガスの円管内乱流熱伝達の実験の主要な値と, 実験式を示してある。

3 気体の伝熱性能向上

高温における冷却材としてのヘリウムガスは, 気体の中では熱伝導率, 比熱が大きく, 材料との反応, 腐蝕も少ない上に, 他の流体と熱交換をさせなくともそのまま直接ガスタービンを駆動させることができるという点で, 大変有利であるが, 気体であるために比重量や熱伝達率が液体に比べて小さく, 除熱能力が劣るのが何よりの欠点である。そのため実用にあたっては, クインを設けて伝熱面積をふやしたり, 乱流促進体を設けて流れを覚拌させる工夫をしたり, 固体粒子を入れたり, 圧力をかけて比重量を大きくしてその欠点を補っている。すなわち,

- 1) 高圧化 → 比重量の増加
- 2) フィン → 伝熱面積の増加

3) 乱流促進体→流れの攪拌

4) 固体粒子の添加→見掛の比重量の増加, 境界層の攪拌

3), 4)の方法は別に目新しい方法ではなく, かなり古くから研究されているものである。そして実際には未だそれ程多く利用されているわけではないが興味ある方法であるので簡単に触れておこう。

3.1 乱流促進体

乱流促進体は大別すると, 主流全体を攪乱させるものと, 伝熱面近傍の境界層を攪乱させるものとに分れる。すなわち,

1) 主流を攪乱させるもの(主流中に置かれた物体, 板, 格子, ねじり板, らせん羽根など)

2) 境界層を攪乱させるもの(粗面, 突起体, 溝, 針金など)

これらの使用によりいずれの場合にも熱伝達率を約2倍増加させることができるが, 圧力損失の増加がそれを上廻るので実際の応用にあたっては, 両者の兼合で決める必要がある。

3.2 固体粒子の添加

固体粒子としては1~30 μ 位のガラス, グラファイトなどの粒子が使われており, 一般に固体粒子と気体の重量流量比を大きくすれば熱伝達率が増加するが, それに伴って圧力損失も増加し, さらに固体粒子が流れのよどみ点に蓄積したり, 循環機の問題もあって有効な重量流量比の値にも制限がでてくる。Nosovによれば熱伝達率が増加する重量流量比は約120でそれ以上になると却って減少する。

またNosovによると熱伝達率の増加は重量流量比が40のとき約14倍であるが, Hawes & Gartonによると同じ条件で約3倍である。

しかし, この方法は原子炉などでは制約があって簡単に応用できない。

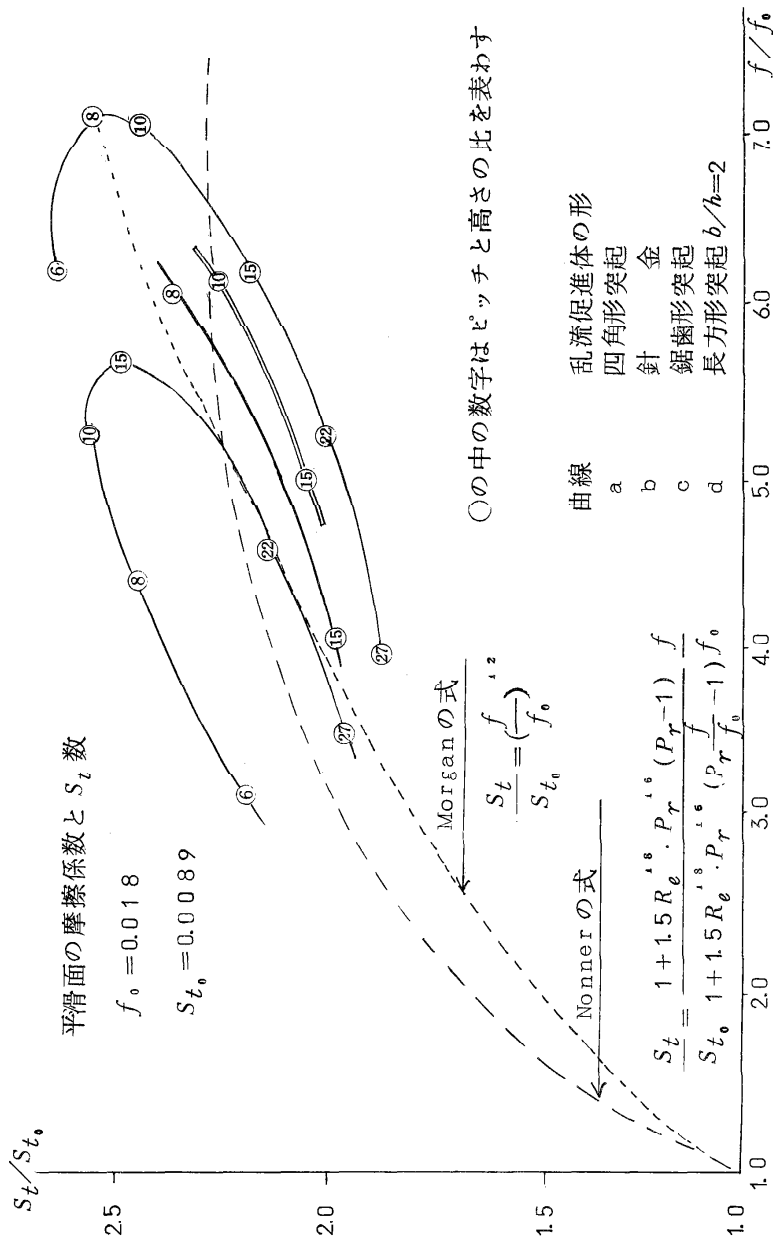


図1 乱流促進体の S_t/S_{t_0} と f/f_0 の関係

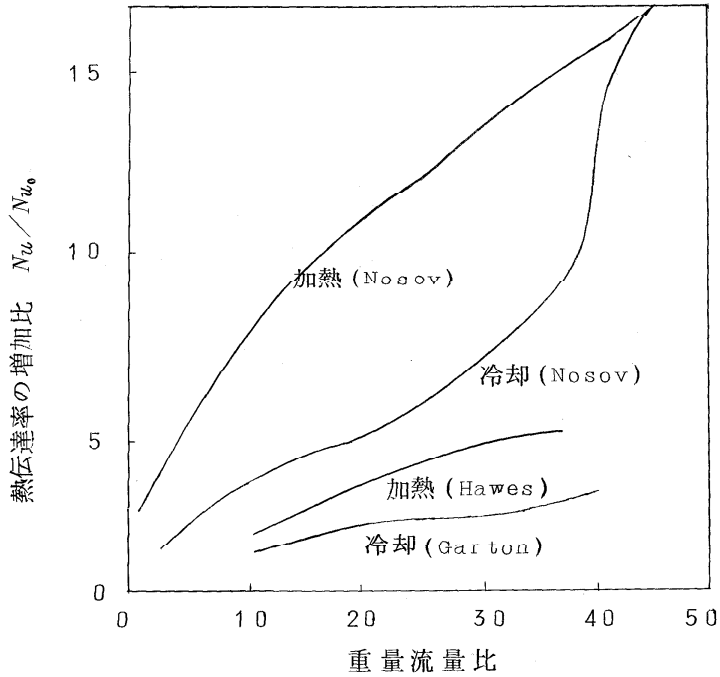


図2 固気二相流の熱伝達に及ぼす重量流量比の影響

文 献

- (1) P.P. Durham et al: "High temperature heat transfer to a gas flowing in heat generating tubes with high heat flux", TID-7529, Pt. 1, Book 2, 502-514 (1956)
- (2) M.F. Taylor et al: "Measurements of heat transfer and friction coefficients for helium flowing in a tube at surface temperature up to 5900 °R", NASA-TN-D133 (1959)
- (3) H. Wolf et al: "Heat transfer to hydrogen and helium with wall to fluid temperature ratios of 11.09".

- AI Ch E Annual Meeting, Washington D.C. (1960)
- (4) J.F. Barnes et al: "Heat transfer to air, carbon dioxide and helium flowing through smooth circular tubes under conditions of large surface/gas temperature ratio", J. Mech. Eng. Sci. 3 (4), 303-314 (1961)
 - (5) W.F. Weiland: "Measurement of local heat transfer coefficients for flow of hydrogen in a smooth tube at high surface to fluid bulk temperature", AI Ch E Symp. on Nuclear Engineering Heat Transfer, Chicago (1962)
 - (6) M.F. Taylor: "Local heat transfer and average friction data for hydrogen and helium flowing in a tube at surface temperatures up to 5600 °R", Proc. 1963 Heat Transfer and Fluid Mech. Inst. P. 231~271 (1963)
 - (7) M.F. Taylor: "Experimental local heat transfer data for pre-cooled hydrogen and helium at surface temperatures up to 5300 °R", NASA-TN-D2595 (1965)

第5回夏期セミナーを終わって

日本原子力研究所
山崎 弥三郎

夏期セミナーも第5回を迎え、今年は今までと違う試みとして一つの産業分野における伝熱問題を取上げることとなった。まず原子炉の概要と伝熱に関係のある問題点の紹介、ついで個別の問題について話題の提供をし、これを補足する意味で研究開発の現場の見学を組入れて見た。主題を限定したこと、開値場所の関係から定員を45名としたところ参加申込は丁度定員位に止まったが、参加者は大学・会社・学生(大学院を含む)がそれぞれ1/3となりセミナーとしていい構成になったと

思う。

司会者には話題の選定の段階からセミナーの準備に参加していただき、また話題提供者との事前打合せなど大変お世話になった。また話題提供者には短期間に資料の調査作成をしていただいた。更に見学先では研究施設の視察に便宜をはかっていただき、かつ懇切な説明をうけた。これらの各位に対して参加者に代り厚くお礼申し上げたい。

セミナーのセッションでの質問討論は参加人数が少いことから活発になることを期待していたが、結果的には満足できるほどではなかった感じがした。これは一つには教室的な机の配置によるのかもしれない。しかし、見学先では炎暑の中にも拘らず活発な質問、討論が行なわれていた。

また時間外のフリーディスカッションでも原子力における伝熱の研究課題という例から話が発展して伝熱工学の今後などについて話し合われ、全体として所期の成果を挙げる事ができたと思う。終りに開催時期がお盆の混雑期にかかり参加者に交通上の不便をおかけしたことをお詫びします。

寄書コーナー

ロシア語の文献について

大阪大学工学部 中西 実康

科学技術文献においてソヴィエト連邦、したがってロシア語が占めている地位が大きいことは言うまでもないが、我々の関係する熱工学でもロシア語修得が不可欠のこととなって来ているようです。私も二相流関係を少しかじっているため、ロシア語の論文、単行書を捜したり読んだりここ数年やって来ましたが、その間に感じたことを若干ここで述べさせてもらうことにします。

まず、ロシア語そのものは文字になじみが無い以外は日本人にとっては割合とっつきやすいようです。それは第1に文法的に見ると日本語に似て文の組立てが多少ルーズであるように見えること（たとえば主語、b. 動詞の省略など）、第2に多くの術語が英語、ドイツ語から借用されている、などが原因と思われまます。ですから純文学書等は不可能としても自分の専門ならば多少のがんばりで一応筋の通った訳は出来るようになります。ロシア語文献翻訳のための一般的手引書としてはわずか44ページの小冊子（その割に値段は高いが）だがS.H. Gouldの“A Manual for Translators of Mathematical Russian”(A.M.S. 発行)があり、翻訳一般の心掛けから間違いやすい点の列挙などあって非常に役に立ちます。

私の接したのは熱工学関係の文献だけですが、他の部門でも他分同じでしょうが種々問題があります。以下それを列記して見ます。

1) 文献入手が面倒である；雑誌のBack numberはソ連からは入手できない。また単行書も発行の時点で入手しなければ、その後はまず不可能で、再版を待つしかない。だから引用文献に日本にないものがあった場合お手上げになることが多い。新刊書はソ連から毎週発行される新

刊案内 *НОВЫЕ КНИГИ* によって取扱い業者に発注するのが原則になっている（この抄録はナウカ、日ソ図書から出る）。その内容紹介を見て注文するのだから当り外れがあるわけで、時々妙な買物をする事になる。また *НОВЫЕ КНИГИ* に予約されても出版されなかったり本国品切れで入手できないこともある；

2) 術語の邦訳；術語の意味は適当な露英術語辞典 (*Callakam* とか *Уернухин*) を見ればわかるが、きっちりと日本語に直すのがむづかしい。それは i) 対応する日本語が持っている意味とその広さ、含みが違うこと、ii) 日本語に対応する術語ないことが多いことによる。前者の例としては *параметр* がある。訳は一応パラメータとなっているが使用例を見ると日本語でいう助変数といった意味合いではなくかなり積極的な意味を持っている。たとえば熱工学では状態変数を指すことが多く、高パラメータ、超臨界パラメータという風に使われるが、パラメータという語を使わなければ高温・高圧、超臨界圧ということになる。しかしこれでは正しくない場合もあり文意に合わせて訳語を変えねばならない。時にはソ連語の「パラメータ」という概念が必要なこともあって苦勞する；

3) 略語が多い；技術略語辞典としては *zatuokl* のものがありかなり重宝だが、各専門分野でしか通じない略語はこれではわからずその定義を見つけるのはなかなか困難である；

4) 雑誌論文では実験方法・装置、記号説明がごく簡単で結果の検討・応用が不可能になることも多い；また他の文献から式を引用した時その説明がほとんどない。その詳細を知るのも大苦勞である。

外にもまだあると思いますがこの辺で終りにします。なお2), 3) 項の術語の問題ですが、これはロシア語に限らずどなたでも困っておられるのではないのでしょうか。文部省制定用語集ではあまり役に立ちません。また日本語の術語は定義さえはっきりしていないこともあるようです。この点に関しては数学会ではかなり作業がなされているようです。(数学辞典)。伝熱関係でもどこか中心を作って作業を始めてはどうでしょうか。世話役になれる方は大変でしょうが。(以上)

ニ ュ ー ス

燃焼伝熱関連問題講演会のおしらせ

日本学術会議熱工学研究連絡委員会が主催し，日本伝熱研究会と日本燃焼研究会が共催する上記の講演会は例年学術会議講堂で開催されて来ましたが，本年は討論が十分できるよう学士会館分室で開催することになりました。

日時：昭和46年12月2日（木） 13：30～16：00

場所：東京大学赤門傍学士会館分室6号室（定員80名）

講演者および

1. 越後亮三氏（九大工，応用原子核工学）
「高温，超高温における混相流動媒体の輻射伝熱」
2. 神沢 淳氏（東工大・工，化学工学）
「電離気体における伝熱問題」

司会 河田治男氏（東工大）

第9回日本伝熱シンポジウムについて

次の伝熱シンポジウムは中国・四国地区の研究グループが開催を引き受けて下さいました。現時点では次の事が決っておりますので会員各位には御繰合せ御参加の準備を御願い申し上げます。

日時：昭和47年5月25日（木） 26日（金） 27日（土）

場所：広島市中国新聞社ビル7階

準備委員長 頼実正弘氏（広島大学工学部，化学工学）

準備委員会ではパネルディスカッションを企画しておられますので
卒御期待下さい。尚準備が進み次第本誌上ニュース欄に掲載致しますの
で御見逃しのないよう御願申し上げます。

Newsletter-International Center
for Heat and mass Transfer

についてのお知らせ

ユーゴスラビヤにある International Center for Heat
and mass Transfer で出版された Newsletter の Vol.1, No.1が
出来上り Tom Irvine から京都大学水科教授のもとに送られてきました
ので、今回に限りその全文を転載させて頂きました。御興味のおありの
方は、京都大学、化学工学科・水科教授まで、あるいは直接同センター
に御連絡下さい。

NEWSLETTER-INTERNATIONAL

CENTRE FOR HEAT AND MASS TRANSFER

President Scientific Council Chairman, Organization Committee Editors
E.A.Brun, Paris N.Afgan, Belgrade Z.Zaric, Belgrade
T.F.Irvine, New York

Volume I, Number 1

INTERNATIONAL
REPORTERS

From the Editors The general
objective of the International
Centre of Heat and Mass
Transfer as laid down in its

Statute of Foundation, is the Promotion and fostering of international cooperation in the field of heat and mass transfer, With special reference to research and its applications. This is to be achieved by way of the following specific activities:

- a. Organization of international seminars and study courses.
 - b. Promotion of International cooperative research.
 - c. Promotion of the exchange of information.
 - d. Promotion of the exchange of Personnel.
 - e. Publication of technical literature.
 - f. Undertaking of relevant activities that are not more Properly the concern of existing internatinal bodies in the field.
- A booklet describing the Centre in more detail and any other information may be obtained from the Secretary General, Professor Z. Zaric, Beograd P.O. Box 522, Yugoslavia.
- As one of the regular activities of the Centre, it has been Proposed that a semi-annual Newsletter be circulated to the International Heat and Mass Transfer community. This is the
- | | |
|----------------------------|--|
| R.V. Dunkle - Australia | |
| M. Ledinegg - Austria | |
| J.J. Ginoux - Belgium | |
| E. Hahne - F.R. Germany | |
| J. Gosse - France | |
| S. Endrenyi - Hungary | |
| V.M.K. Sastri - India | |
| G. Hestroni - Israel | |
| T. Mizushina - Japan | |
| D. de Vries - Netherlands | |
| J.J.D. Domingos - Portugal | |
| T.F. Irvine - U.S.A. | |
| A.V. Luikov - U.S.S.R. | |
| Z. Zaric - Yugoslavia | |

first issue. The general purpose of the Newsletter is to inform the Heat Transfer community about events relating to the field of Heat and Mass Transfer in general and in particular on the activities of the International Centre. The editorial board of the Newsletter will be the organization committee of the Centre and information concerning each country's heat and mass transfer activities will be furnished by national correspondents. Those who have agreed up to now to act as their country's correspondents are listed to the left and more will be added before the second issue.

The Newsletter will include information of the following type:

- 1 National and international meetings to be held during the next one or two years with dates, addresses of the organizers and details on the program when available.
2. Advanced courses in relevant fields in the next one or two years with details.
3. Books and monographs published since the last Newsletter with possible short reviews.
4. Lists of journals in the various countries that contain a significant number of relevant articles.
5. Lists of theses and laboratory reports not generally known.
6. Letters to the Editors on general "not technical" subjects which might be of interest to the International Heat Transfer community.

7. Other general information deemed to be of interest.

The editors wish to express their appreciation to those who have agreed to serve as National Correspondents and urge anyone who knows of the kind of information listed above to send it to their National Correspondent or directly to the editors.

1971 International Heat Transfer Seminar, Trogir, Yugoslavia, September 6-11, 1971 An international heat (and mass) transfer seminar is held each September in Yugoslavia under the auspices of the International Centre for Heat and Mass Transfer. The Seminars were established in 1968 for the purpose of devoting a full week to the presentation and discussion of papers and special lectures on a single subject in the field of heat and mass transfer.

The title of the 1971 Seminar is "Heat and Mass Transfer in Liquid Metals," and both liquid-phase and two-phase heat transfer will be covered. The program will consist of invited lecturers and shorter communications presented by their authors. The lectures will be given by: S. Aoki (Japan), I. T. Alad'ev (USSR), V. M. Borishanskii (USSR), H. K. Fauske (USA), J. Huez (France), H. Kottowski (Euratom), R. Nijsing (Euratom), B. S. Petukhov (USSR), R. Radebold (D.B.R.), W. M. Rohsenow (USA), G. F. Schultheiss (D.B.R.), R. P. Stein (USA). In addition some 30 shorter communications

are expected.

The Seminar is being planned by the following committee:

S.Aoki, Japan	B.S.Peukhov, USSR
O.E.Dwyer, USA (chmn)	N.Sheriff, United Kingdom
G.Grass, Italy	D.Smidt, West Germany
J.Huetz, France	V.I.Subbotin, USSR
S.S.Kutateladze, USSR	Z.Zaric, Yugoslavia

The Seminar will provide an opportunity to present and discuss the latest developments in the field of liquid metal heat transfer with the world's experts. The papers will be presented by their authors-not by rapporteurs.

Max Jacob Award Professor W.M. Rohsenow of Massachusetts Institute of Technology has been named as the recipient of the Max Jacob award which is awarded annually in recognition of eminent achievement or distinguished service in the area of Heat Transfer. The award is sponsored jointly by the American Society of Mechanical Engineers and the American Institute of Chemical Engineers. Previous recipients include: E.G.Eckert (USA), L.M.K.Boelter (USA), W.H. McAdams (USA), E.Schmidt (D.B.R.), Hoyt C. Hottel (USA), Sir Owen A. Saunders, (Gt.Br.), Thomas B.Drew (USA), Shiro Nukiyama (Japan), S.S.Kutateladze (USSR). The Presentation will take place at the National Heat

Transfer Conference, August 15-18, 1971 at Tulsa,
Oklahoma.

Information from National Correspondents

INDIA -- The first National Heat and Mass Transfer Conference will be held at the Indian Institute of Technology, Madras, during December 6-8, 1971. Technical sessions are planned on the following topics: Heat Transfer in solid systems, Energy exchange in Boundary Layer flows, Mass transfer cooling, Thermo-physical properties, Heat Transfer in high speed flows, separated flows and rarefied flows, two phase flow heat transfer, heat transfer in chemically reacting systems, heat transfer in Non-Newtonian fluids, radiative heat transfer, heat transfer in environmental systems, thermal problems in Bio-engineering, Cryogenic heat transfer, Mass transport phenomena such as dissolution of solids, distillation, absorption and extraction operations, ion exchange, membrane transport and industrial dialysis, Applications in pollution control, saline water conversion and bio-chemical problems, Measurement techniques in heat and mass transfer, and Design of heat and mass transfer equipment in Industry. Respective authors are requested to submit their manuscripts in triplicate (one original and two copies) to: Organising Secretary, Heat and Mass Transfer Conference, Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology, Madras 36.

The deadline for submission of papers is July 30, 1971

ISRAEL - An International Symposium on Two-Phase Systems will be held in Haifa from August 29 - September 2, 1971. Sponsored by the Technion-Israel Institute of Technology the Symposium will include sessions on Boiling, Characteristics of Gas-Liquid Interfaces, Measurement Techniques, Turbulent Fluid-Particle Systems, Suspension Rheology, Mechanics of Two-Phase Systems, and Special Topics and Applications. For further information contact the National Correspondent, c/o Dept. of Mechanical Engineering, Technion-Israel Institute of Technology, Haifa, Israel.

Following is a brief description of the regular conferences held in Israel and the Journals having a significant number of papers in heat transfer.

Two conferences dealing with fluid flow and heat transfer are held annually in Israel.

An annual conference on Mechanical Engineering is held at the Technion in Haifa usually in July. The fifth annual conference is to be held in July 5-6, with some 2000 registered participants from Israel and abroad due to attend. The working language of the conference is both Hebrew and English.

The annual conference in Aviation and Astronautics, in which fluid flow and heat transfer play an important part in the discussions, is held in Tel Aviv and Haifa and attracts Participants from both Israel and overseas. The fourteenth annual conference due to be held in March 1972 is now being Planned, and a call for papers has just been issued.

Two journals featuring fluid flow and heat transfer are Published in Israel. They are "The Israel Journal of Technology" and "Desalination" - both are published in English.

The principle centres for activity in fluid flow and heat transfer are in three of Israel's universities: The Technion - Israel Institute of Technology in Haifa; Tel Aviv University; and the University of the Negev. Their activities include teaching and research work in these two fields.

JAPAN - The Heat Transfer Society of Japan held its Eighth National Heat Transfer Symposium from May 20-22, 1971 at Osaka. Presented at the Symposium were 107 papers on a variety of topics including liquid metal heat transfer, free convection, boiling, plasma heat transfer, combustion jet phenomena and other topics. The following invited papers were also given: Electro-chemical Methods in Transport Phenomena (T. Mizushima), Reaction between Sodium and

water and its Safety (S.Isshiki), Convective Heat and Mass Transfer (Y.Mori) and Mechanism of Boiling Heat Transfer (K.Mishikawa).

NETHERLANDS - The Netherlands have a long standing tradition for fundamental work in heat and mass transfer in the universities, especially in the fields of statistical mechanics and kinetic theory, thermodynamics, and low temperature physics. In addition a number of industrial companies have research laboratories in the Netherlands dealing with problems in heat and mass transfer. Among these are the laboratories of AKZO, Philips, Royal Dutch/Shell and Unilever.

There are a number of scientific and professional organizations with interests in the field. Among these are the "Koninklijke Instituut van Ingenieurs" (Royal Institute of Engineers), the Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging (Royal Netherlands Chemical Society) and the "Nederlandse Natuurkundige Vereniging" (Netherlands physical Society).

The following journal, edited and published in the Netherlands, contains regularly, contributions in the field: Applied Scientific Research; Secretary: Ir.L.S.Fischer Eindhoven University of Technology, Eindhoven, Netherlands; publisher: Martinus Nijhoff Voorhout 9, The Hague, Netherlands.

PORTUGAL - The most active centers in the field are: Divisão de Termodinamica Aplicada and Núcleo de Engenharia Mecânica, (NEEM) at Instituto Superior Técnico, (I.S.T.), Lisboa 1; Direcção Geral de Combustíveis (DGC) Laboratório de Ensaios Mecânicos Instituto Superior Técnico Lisboa 1; Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) av. do Brasil, Lisboa 5; The first group is mainly concerned with fundamental research (turbulent flows, hot wire and laser anemometry, thermal conductivity, numerical methods...) . The others with more applied research: combustion and flames in furnaces and engines at D.G.C., heat transfer in nuclear reactors (L.F.E.N.), "Conforto e habitação" (LNEC) .

Scientific meetings and advanced level courses have taken place in July 1969 in Turbulent Boundary Layers, by J.J.D. Domingos (I.S.T.) and J.H. Whitelaw (Imperial College) . In April 1970 about "Turbulence Models and Their Experimental Verification" by J.J.D. Domingos (I.S.T.) J.H. Whitelaw (Imperial College), F. Durst (I.C.) S.D. Antunes (I.S.T.) and M.N.R. Nina (I.S.T.) . This series will continue with a course in December 1971 concerned with "Numerical Computation of Turbulent Diffusion Flames" .

An International Seminar will be held at Instituto Superior Técnico, October 1971 concerning "Numerical methods in Nonlinear Partial Differential

Equations "with special emphasis in fluid mechanics and heat transfer problems. Information concerned with these activities may be obtained from: prof. J.J.D. Domingos, Dept. Mech. Engineering, Instituto Superior Tecnico, Avenida Rovisco pais, Lisboa 1, portugal.

A sponsored NATO course on "Finite elements method in continuum mechanics" will take place in LNEC - Lisbon from 7-17 September 1971.

The main portuguese scientific and technical journals which publish papers relevant to heat and mass transfer are: Technica- (AEIST) -(Instituto Superior Tecnico) Avenida Rovisco pais, Lisboa 1,; Revista Portuguesa de Quimica Faculdade de Ciencias- Lisboa 1, portugal.

SWITZERLAND - A recently published book which deals with heat transfer is entitled physical Fundamentals of Chemical Engineering, 2nd Ed. Sauerlander Aarau, 1971 (in German) . An English edition will be published soon by pergamon press Ltd. It has been noted by the National Correspondent that most of his country's heat transfer articles appear in Journals of The Federal Republic of Germany such as: warme-un-Stoffubertragung (Springer) , Chemie-Ingenier-Technik (Verlag Chemie) , Verfahrenstechnik (Krausskopf)

USA - The 12th National Heat Transfer Conference will be held in Tulsa, Oklahoma, August 15-18, 1971. In addition to a number of general sessions on heat transfer, there will be a special panel concerned with Priorities in heat transfer research. Sponsored sessions will be held on process Heat Transfer, Two-Phase Flow Instability, Radiation Heat Transfer, Heat Transfer near the Critical point, and Enhanced Heat Transfer Surfaces. Invited lectures will be given by W.M.Kays, "The transpired Turbulent Boundary Layer" and J.R.Fair, "Direct Contact Heat Transfer". Films will be shown at various times from the Engineering Societies' collection of Fluid Mechanics and Heat Transfer films.

MEMBERSHIP IN THE CENTRE. The International Centre of Heat and Mass Transfer is actively seeking new individual members. Individual members pay a fee of \$20.00 per year and have the right to: 1) be informed of all the activities of the Centre and to give suggestions for improving these activities or starting new activities; 2) receive the Newsletter of the Centre twice a year, free of charge; 3) receive publications of the Centre at 10% discount (one of each); 4) receive a 20% discount of the fees for the meetings organized by the Centre; 5) attend and vote at the meetings of the General Assembly. A list of individual members will be published periodically by the Centre.

-54-

Further details may be obtained from Dr. Erich
Technische Hochschule Munchen, 8 Munchen 2,
Arcisstrasse 21, F.R. Germany.

地方グループ活動コーナー

九州研究グループ

昭和46年6月4日(金)

九州大学工学部生産機械311号室

- (1) 自然対流の安定性に関する一問題
(九大工) 伊藤猛宏, 西川兼康
(福岡大工) 山下宏幸*
- (2) 過熱水蒸気による乾燥
(九大工) 山内詮男*, 篠原久, 安西徹, 金内淳
- (3) 実験用3段フラッシュ型造水装置について
(九大生研) 藤井哲, 宮武修, 坂口登*
- (4) フラッシュ蒸発の基礎的研究
(九大生研) 藤井哲, 宮武修, 村上憲太郎*, 川田陽一
- (5) 混相流動媒体による高温ふく射伝熱
(問題点とその考察)
(九大工) 越後亮三*, 長谷川修

(1) 自然対流の安定性に関する一問題

九大工 伊藤 猛弘, 西川 兼康
福岡大工 山下 宏幸

最近 Knowles¹⁾ は, 一様熱流束垂直平板からの自然対流熱伝達の安定性に関して理論的研究を行ない, 定常流 (base flow) が微小覚乱

(imposed disturbance) に対して安定であるか否かを与えられた流体に対して、熱流束グラスホッフパラメータ、 G^* 、と伝熱面の熱容量を規定する熱容量比、 Q^* 、を変化させ、これらが安定性にどのように影響を与えるか検討した。

本研究では、一様な温度の静止流体中に垂直に置かれた金属箔に、直接直流を通電した場合に近似的に実現される一様熱流束垂直平板からの自然対流熱伝達の安定性を、上記の G^* と Q^* のほかに金属箔の電気抵抗の温度係数を規定するパラメータ、 R^* 、を新しく考え、金属箔平板伝熱面での温度攪乱の境界条件を理想的な定電圧あるいは定電流電源に対して一般化した。

計算の結果、一様熱流束垂直平板からの自然対流熱伝達の安定性に R^* の影響が認められた。すなわち R^* が大きくなるにしたがい、系の安定性がよくなることが明らかになった。

文 献

- 1) C.P.Knowles, Thesis of ph.D., A theoretical and experimental study of the stability of the laminar natural convection boundary layer, Cornell University, 1967.

(2) 過熱水蒸気による乾燥

九大工 篠原 久, 山内詮男, 安西 徹
日本エクスラン(株) 金内 浩

粘土に種々の割合で木粉を加え、これらを水でよく練った後、灼熱して素焼の球とし、これらに十分に水を吸わせたものを試料として、過熱水蒸気による乾燥、および熱風による乾燥を行なった。そして両乾燥に

における恆率期間の特性を検討した。まず両乾燥の恆率期間において、得られた $Nu = h D_p / k$ を Fig 1 に示す。すべての Nu の実験値がほぼ文献値と合致する実験式で整理された。ついで恆率乾燥期間における水分移動に対して拡散の方程式を適用し、これを無次元化して、①、②式を得た。

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \theta^*} = \frac{1}{R_X} \left(\frac{2}{X} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial X} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial X^2} \right) \dots\dots\dots ①$$

$$R_X = \frac{(-\alpha W / \alpha \theta)}{4\pi R \alpha \mathcal{Q}_w \rho_w} - \frac{(-\alpha W / \alpha \theta \ 4\pi k^2) R}{\mu_w} \cdot \frac{\mu_w}{\rho_w \mathcal{Q}_w} \dots\dots\dots ②$$

②式の \mathcal{Q}_w に次式を代入して

$$\frac{\mathcal{Q}_w \mu_w}{\kappa T_w} = \frac{1}{2\pi V \sqrt{3}} \dots\dots\dots ③ \text{ (Stokes-Einsteinの式)}$$

$$\therefore R_X = \frac{(-\alpha W / \alpha \theta) \ \mu_w V \sqrt{3}}{D_p T_w \rho_w \kappa} \dots\dots\dots ④$$

上記の実験でえられた限界含水率 $W_C \left(\frac{y - H_2 O}{g - dry \ stock} \right)$ を、 R_X

に対して点綴し Fig 2 をえた。過熱水蒸気乾燥における W_C よりも熱風乾燥における W_C の方がかなり大きい、これらはともに ± 15 % 以内の偏倚をもつ実験式により整理された。

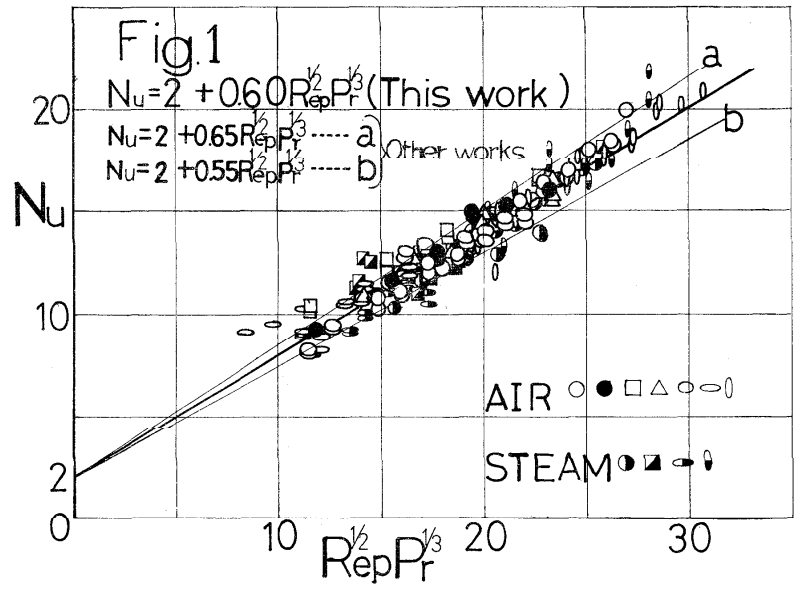


Fig 1

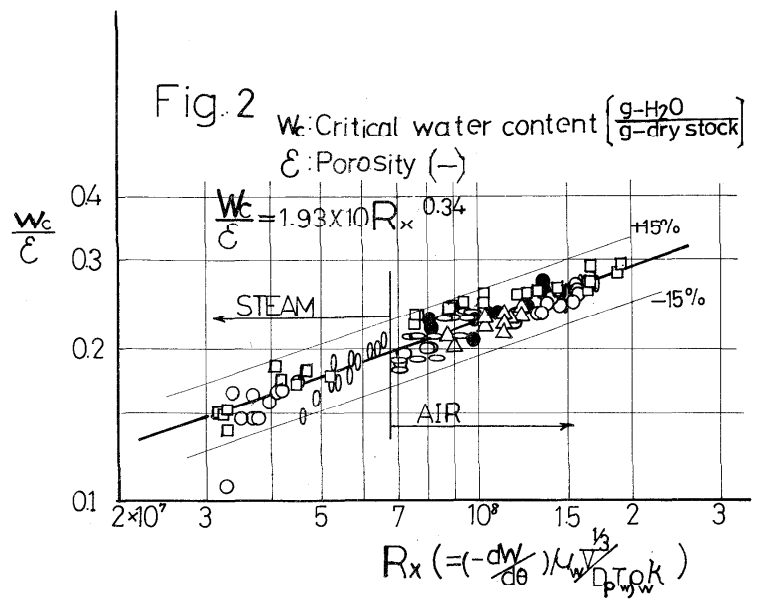


Fig 2

(3) 実験用3段フラッシュ型造水装置について

九大生研 藤井 哲 宮武 修 坂口 登

今度、当研究室で製作した実験用フラッシュ型造水装置についてその設計基準を報告した。この装置は、装置内のフラッシュ機構を解明し最適設計法を確立せんがために製作されたもので、多数の温度、圧力、凝縮量の測定点を有する。

この装置はフラッシュ装置本体とは別個に熱放出部をもつる段フラッシュ型造水装置であり、ブライン最大流量 1.0^5 Kg/hr m 、ブライン加熱部のヒーター容量 5.0 KW 、造水比 1.13 である。

(4) フラッシュ蒸発の基礎的研究

九大生研 藤井 哲 宮武 修
村上憲太郎 川田 陽一

フラッシュ蒸発法による海水淡水化に関連して、水のフラッシュ蒸発の機構を解明するために、基礎的な研究を行なった。

瞬間的減圧時からの経過時間 t までに蒸発した量を $W(t)$ 、平衡到達時における蒸発量を W_{tot} とすると、非平衡分率は $RW(t) = (W_{tot} - W(t)) / W_{tot}$ で示される。

水温を $80, 60, 40^\circ\text{C}$ に変え、過熱度が $5, 3^\circ\text{C}$ の場合について行なった実験を $\log RW(t)$ VS. t で整理すると時間 t^* で折れ曲る勾配の極端に異なる2本の直線が表われる。

平衡温度が高い程第1の直線の勾配が大きい。つまり平衡へ到達しようとする速度は大きい。フラッシュ時間 t^* は、測定範囲内において過熱度に関係なく、平衡温度が高い程短い。 t^* の時間内で蒸発した量

を W^* とすれば、平衡到達度 (W^*/W_{tot}) は、低温になる程悪く、水温 40°C においては 0.54 程度にもなり、容易に平衡に到達しないことが明らかになった。

したがって平衡到達度をフラッシュ蒸発装置における重要な factor として考慮しなければならない。

フラッシュ蒸発について単純化したモデルを考えて物質移動係数 K を求めると実験範囲全域ではほぼ一定の値を得た。

次に実際のフラッシュ蒸発装置で行なった Gilbert の実験と比較すると、よい対応がみられ、非平衡度もよくあっていることがわかった。

(5) 混相流動媒体による高温～超高温伝熱(問題点と考察)

九州大学工学部 越後 亮三, 長谷川 修

〔要 旨〕

- (1) 混相流動媒体の定義 担体媒体としては流体相, 分散媒体として固液気体の中で両媒体とも同相は除外, 気液二相流の場合は担体分散の区別がつけ難いことが多い。高温～超高温域では担体として気体分散として固, 液の微粒子が対象となり, 分散媒体の相変化も含む。
伝熱機構 (超) 高温熱源 → (ふく射) → 分散媒体 → (相変化を含む) → 分散流体
- (2) 混相媒体の特徴 ローディング比 $r = \bar{u}_p \rho_d / \bar{u}_f \rho_f$ により媒体の熱容量増加 (高熱負荷伝熱) $r = 0(1)$ では圧損はガス单相流と同程度。分散粒子の挙動による対流伝熱機構への影響, ふく射吸収特性が大 (高温伝熱) 以上の特徴により高温, 高熱負荷伝熱に適した冷却媒体である。
- (3) 工学的問題 分散粒子の挙動とそれに伴う担体流体への影響, 具体的には(i)粒了の平均粒径とその分布(ii)粒子の drag (iii)粒子からの熱, 物質伝達(iv)乱流中の両媒体の運動量および熱のうず拡散(v)両媒体のふ

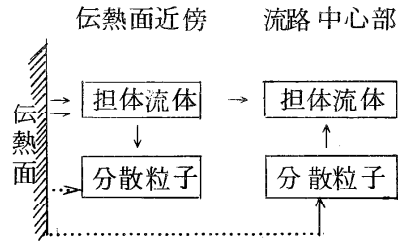
ふく射特性 (v) 粒子が変形しやすい場合, (vi) 分散媒体の形状の球から著しいずれ(繊維状) (vii) 流路形状(断面積変化, 曲管)

(4) 解析例 平行平板間および円管内助走区間における伝熱

混相流動媒体による高温ふく射伝熱(第1級) 越後, 長谷川, 第8回伝熱シンポ(1971) p.241, 同(第2報) 越後, 長谷川, 為広, 日機学会熱工学講演会(1971) 論講予定 主な伝熱機構は右図のように伝熱面近くでの温度

勾配は大, 流路中心部温度上昇 → 混合平均温度上昇,

$Nu_{x, conv.} \sim (\partial\theta/\partial Y)_{Y=0} / (1-\theta_m)$ は相乗的に上昇する。



(5) 応用的問題 ガス状炉芯

超高温原子炉, 多目的炉, 製鉄工業各プロセス, 連続式蓄熱型熱交換器など

文献リスト

定期刊行誌

AIAA Journal

Vol. 9, No. 4

* L.B. Callis

Coupled Nongray Radiating Flows about Long Blunt Bodies

Vol. 9, No. 5

* I.E. Alber, and D.E. Coats

Equilibrium Enthalpy Profiles for the Incompressible
Turbulent Boundary Layer with Heat Transfer

* L.A. Carlson

Radiative-Gasdynamics Coupling and Nonequilibrium Effects
behind Reflected Shock Waves

* J.C. Chato, and A. Shitzer

Thermal Modeling of the Human Body — Further Solutions of
the Steady-state Heat Equation

Vol. 9, No. 6

* E.J. Hopkins, and M. Inouye

An Evaluation of Theories for Predicting Turbulent Skin
Friction and Heat Transfer on Flat Plates at Supersonic
and Hypersonic Mach Numbers

- * T. Cebeci
Calculation of Compressible Turbulent Boundary Layers
with Heat and Mass Transfer

A. I. Ch. E. Journal

Vol. 17, No. 3 (1971 - 5)

- * R.W. Hanks, and B.H. Dadia
Theoretical Analysis of the Turbulent Flow of Non-
Newtonian Slurries in Pipes
- * J.G.B. Byatt-Smith
Waves on a Thin Film of Viscous Liquid
- * P.C. Wayner, Jr., and C.L. Coccio
Heat and Mass Transfer in the Vicinity of the Triple
Interline of a Meniscus
- * K.Y. Kim, and W.R. Marshall, Jr.
Drop-Size Distribution from Pneumatic Atomizers
- * M.J. Goss, and G.A. Turner
Simultaneous Computation of Heat Transfer and Dispersion
Coefficients and Thermal Conductivity Value in a Packed
Bed of Spheres
 II. Technique of Computing Numerical Values
 III. Experimental Method and Results
- * R.D. Wright, L.D. Clements, and C.P. Colver
Nucleate and Film Pool Boiling of Ethane-Ethylene
Mixtures

- * E. Rushton, and G.A. Davies
Linear Analysis of Liquid Film Flow
- * Chia-Jung Hsu
An Exact Analysis of Low Peclet Number Thermal Entry
Region Heat Transfer in Transversely Nonuniform Velocity
Fields

Vol. 17, No. 4 (1971 - 7)

- * C.K. Colton, K.A. Smith, P. Stroeve, and E.W. Merrill
Laminar Flow Mass Transfer in a Flat Duct with Permeable
Walls
- * P.M. Rooke, and F.J. Stermole
Study of Steady State and Unsteady State Heat Transfer to
Viscous Fluids
- * G.A. Hughmark
Heat and Mass Transfer for Turbulent Pipe Flow
- * F.H. Shair
Dispersion in Laminar Flowing Liquid Films Involving Heat
Transfer and Interfacial Shear

Atomkern Energie

Vol. 17, No. 2 (March, 1971)

- * V.P. Telleschi, G. Sarlos, and H.U. Frutschi
Betriebsbedingungen bei der Nachwärmeabfuhr eines
gasgekühlten Reaktors mit Direktkreislauf

Vol. 17, No. 3 (May, 1971)

None

B. W. K.

Band 23, Nr. 3 (März, 1971)

Band 23, Nr. 6 (Juni, 1971)

Non

Canadian Journal of Chemical Engineering

Vol. 49, No. 1 (Feb., 1971)

* J. Blachopolus

Velocity and Temperature Profiles in Compressible
Turbulent Wall Jet

* A.G. Williams, S.S. Nandapurkur, and F.A. Holland

Condensation on a Vertical Rotating Finned Tube

* R.A. Heidemann, C.E. Huckaba, F.S. Eisen, L.I. Weissman,
and G.M. Gallatig

Dynamics of Convection Heat Exchangers

Vol. 49, No. 2 (Apr., 1971)

* S. Kenig, and M.R. Kamal

Heat Transfer in the Cooling of Thermoplastic Melts under
Pressure

- * D.R. Oliver, and R.B. Karim
Laminar-Flow Non-Newtonian Heat Transfer in Flattened
tubes

Chemical Engineering Science

Vol. 26, No. 3 (Mar., 1971)

- * S.J. Board, and R.B. Duffey
Spherical Vapour Bubble Growth in Superheated Liquids,
p. 263
- * J. Harris, and W.L. Wilkinson
Momentum, Heat and Mass Transfer in Non-Newtonian
Turbulent Flow in Pipes, p. 313
- * J.W. Mullin, and J. N'yult
Programmed Cooling of Batch Crystallizers, p. 369
- * P.E. Peck, D.A. Max, and M.S. Ahluwalia
Predicting Drying Times for Thin Materials, p. 389

Vol. 26, No. 4 (Apr., 1971)

- * A.H. Emery
Continuous Thermal Diffusion - The Analogy to Distillation,
p. 521

Vol. 26, No. 5 (May, 1971)

- * O.A. Asebjørnson, and B. Wang
Heat Transfer and Diffusion in Fixed Beds, p. 585

- * E. Ruckenstein, V.-D. Dang, and W.N. Gill
Mass Transfer with Chemical Reaction from Spherical One or
Two Component Bubbles or Drops, p. 647
 - * P.M. Heertjes, and L.H. De Nie
The Mechanism of Mass Transfer During Formation, Release
and Coalescence of Drops - II. Quantitative Predictions,
Coalescence and Release, p. 697
- Vol. 26, No. 6 (June, 1971)
- * S. Portalski, and A.J. Clegg
Interfacial Area Increase in Rippled Film Flow on Wetted
Wall Columns, p. 773
 - * R.L. Cerro, and S. Whitaker
Entrance Region Flows with a Free Surface; The Falling
Liquid Film, p. 785
 - * Y.-P. Shih, and S.-Y. Tsay
Analytical Solutions for Freezing a Saturated Liquid
Inside or Outside Cylinders, p. 809
 - * S. Waslo, and B. Gal-Or
Boundary Layer Theory for Mass and Heat Transfer in Clouds
of Moving Drops, Bubbles or Solid Particles, p. 829
 - * L. Biasi, P. Stipari, and A. Tozzi
Bubble Growth in Non-Uniform Temperature Fields, p. 867

Chemie Ingenieur Technik

Bd. 43, Nr. 7 (Apr., 1971)

- * H. Kremer, und G. Schäfer
Verbrennungsverlauf von Methan/Luft-Gemischen in einer
Brennkammer mit heißen Wänden, s. 453

Bd. 43, Nr. 8 (Apr., 1971)

- * H. Martin
Berechnung der Schlitzweite eines Schlitzdüsenfeldes
unter der Bedingung konstanten Wärme- und Stoffüberganges
in Abströmrichtung, s. 516

Bd. 43, Nr. 9 (Mai, 1971)

- * K. Bier, G. Kappler, und H. Wilhelmi
Zündung und Verbrennungsablauf beim Einblasen von Wasser-
stoff und Methan in heiße Überschall-Luftstrahlen, s. 545
- * A. Paul
Das Flackern laminarer Freistrahlfammen, s. 550
- * W. Hoffmann
Beeinflussung der laminaren Flammengeschwindigkeit durch
Alkalimetall-Salze, s. 556
- * G. Janisch
Geschwindigkeits- und Temperaturverteilung in einer
ebenen laminaren Flammfront, s. 561

- * W. Müller, K. Schäfer, und D. Schuller
Neue Anwendung des Wärmeflußprinzips in der Mikrokalorimetrie, s. 616
- Bd. 11, Nr. 11 (Juni, 1971)
- * E.U. Schlünder
Wärmeübergang an bewegte Kugelschüttungen bei Kurzfristigem Kontakt, s. 651
- Bd. 43, Nr. 12 (Juni, 1971)
- * J.G. Woronzow
Untersuchungen über die Länge der glatten Anlaufstrecke eines Rieselfilms, s. 727
- Bd. 43, Nr. 13 (Juli, 1971)
- * J.G. Blauel, und F. Kerkhof
Sprödbruchvorgänge durch thermisch induzierte elastische Spannungen, s. 746
- Bd. 43, Nr. 14 (Juli, 1971)
- * W. Roetzel
Gemeinsame Gleichungen für den Wärmeübergang bei laminarer freier Konvektion, Filmkondensation und Filmverdampfung, s. 785
- * H. Hannes, und R. Weber
Konvektive Strömungen und Schichtungen in Flüssigkeiten

Heat Transfer Soviet Research

Vol. 3, No. 2, 1971

- * L.I. Cherneyeva
Experimental Study of Thermal Conductivity of Water and Steam at High Temperatures and Pressures
- * V.I. Subbotin, P.A. Ushakov, Yu. D. Levchenko, and A.M. Aleksandrov
Velocity Fields in Turbulent Flow Past Rod Bundles
- * P.D. Lebedev, A.G. Temkin, and R.-A.P. Vitkevicius
Convective-Filtration Moisture Transfer in Drying of Materials
- * I.I. Paleyev, M. Ye. Lavrent'yev, K.P. Malyus-Malitskiy, and F.A. Agafonova
Study of the Flow of a Gas-Liquid Mixture in Curved Channels
- * V.B. Kuntyshev, and F.M. Iokhvedov
Effect of the Relative Interfin Distance on the Thermal Efficiency, Convective Heat Transfer in Finned-Tube Bundles and on Augmenting of Heat Transfer
- * E.G. Narezhnyy, and A.V. Sudarev
Local Heat Transfer in Air Flowing in Tubes with a Turbulence Promoter at the Inlet
- * I.T. Shvets, and V.M. Repukhov
Approximate Determination of the Effectiveness of Film Cooling with Injection Ratios Less Than Unity

- * N.V. Zozulya, and B.L. Kalinin
Effect of a Turbulence Promoter on the Local Heat Transfer
for a Plate in Transition Flow
- * V.P. Borovskiy, L.A. Boryak, N.A. Sharkova,
V.A. Shelimanov, and L.N. Kolotovkina
Study of Heat Transfer in Single Fibers Moving in a
Counterflow Air Stream
- * V.M. Repukhov
Calculation of Film-Cooling Effectiveness at Injection
Ratios Exceeding 3.0
- * D.P. Lebedev
The Kinetics of Ablation of Ice-Water from Porous Cermets
- * D.P. Lebedev
Heat and Mass Transfer Coefficients and Mechanism of Ice-
Water Ablation from Porous Cermets
- * A.G. Bol'shakov, and V.G. Ryabykh
Study of Fluid Dynamics of a Heat Exchanger with Swirled
Gas and Liquid Flows
- * L.S. Aksel'rod, V.G. Baranov, and V.G. Pron'ko
Study of Heat Transfer to Subcooled Liquid Nitrogen in
Annuli
- * V.A. Kirpikov, and N.M. Tsirel'man
Heat Transfer and Frictional Resistance in Turbulent Gas
Flow in the Field of an Alternating Pressure Gradient
- * V.V. Permyakov, and A.M. Podsushnyy
Liquid-Film Annulus Depth and Stability in Concurrent Gas-
Liquid Flow

- * N.I. Gel'perin, Ye. I. Korobkov, V.B. Kvasha, and
A.B. Bassel'
Increasing the Rate of Heat Transfer in Evaporators
- * P.G. Romankov, N.B. Rashkovskaya, A.D. Gol'tsiker, and
V.A. Seballo
A Study of the Structure of Spouting Beds
- * A.D. Kalegin, and Ye. V. Donat
Effect of the Depth of a Fluidized Bed on the Solid-
Particle Concentration Distribution in the Space above
the Bed
- * V.P. Alekseyev, A.E. Poberezkin, and P.V. Gerasimov
Some Hydrodynamic Characteristics of Fractionators with
Corrugated Packing
- * M. Ye. Ivanov, and E.S. Arustamyan
Study of Heat Transfer in an Ascending Gas-Liquid Flow
- * N.I. Akatnov, and A.P. Kuznetsov
Energy Balance Equation for Turbulent Fluctuations Using
the Free Turbulent Boundary Layer Theory
- * A.A. Voloshko, and A.V. Vurgaft
Study of Condensation of Single Vapour Bubbles in a
Layer of Subcooled Liquid
- * V.V. Orlov
Lateral Motion of Solid Particles in a Pulsating Shear
Flow
- * G.N. Dul'nev
Thermal Conductivity of Mixtures with Interpenetrating
Components

- * V.A. Karkhu, and V.P. Borovkov
Film Condensation of Vapour at Finely-Finned Horizontal
Tubes

- Vol. 3, No. 3, 1971

- * A.V. Luikov
Methods of Solving the Nonlinear Equation of Unsteady-
State Heat Conduction

- * I.V. Domanskiy
Semiempirical Method for Solving Nucleate Boiling Heat
Transfer Problems

- * I.N. Dul'kin, N.I. Rakushina, L.I. Royzen, and
V.G. Fastovskiy
Heat Transfer with Water and Freon-113 Boiling on a
Nonisothermal Surface

- * B.I. Bakum
Characteristics of Solid-Suspension Conveying Fluids in
Wind Tunnels

- * V.I. Vishnyakov, E.P. Karpov, and A.M. Makarov
Condensation of Steam Emerging from an Orifice into a
Cold Liquid

- * Ye. M. Novokhatskiy, and I.G. Shelepov
Circulation Rate Fluctuations in Evaporative Cooling
Systems

- * V.S. Sizonov
Behavior of the Interface between Two Finite-Depth Fluids
in Variable Force Fields

- * A.I. Ivandayev, and R.I. Nigmatulin
Propagation of Weak Disturbances and Heat Transfer in
Two-Phase Media with Phase Transitions
- * I.S. Radovskiy
Speed of Sound in Two-Phase Vapor-Liquid Systems
- * V.F. Prisnyakov
Frequency of Vapor-Bubble Formation in Boiling Fluids
- * Yu.P. Golovachev
Effect of the Inhomogeneity of Radiation Field on Jet
Flow of a Radiating Gas
- * A.I. Kamenetskiy
Asymptotic Turbulent Boundary Layer at the Boundary of a
Free Jet
- * N.P. Snegova
Heat Transfer at High Prandtl Numbers in Fully Developed
Turbulent Flow
- * Yu.F. Ivanyuta, and N.G. Khislavskaya
Experimental Study of the Effect of Adding Polyacrylamide
on the Frictional Resistance to Flow through a Concentric
Cylindrical Annulus
- * A.G. Shashkov, and Ye.I. Marchenko
Experimental Study of Thermal Conductivity of Monatomic
Gases and Their Mixtures
- * V.I. Subbotin, and P.A. Ushakov
Calculation of the Hydrodynamic Characteristics of Rod
Clusters

Industrial and Engineering Chemistry — Fundamentals

Vol. 10, No. 2 (May, 1971)

None

Journal of Chemical and Engineering Data

Vol. 16, No. 1 (Jan., 1971)

* Alan G. Turnbull

Thermal Conductivity of Phosphoric Acid-Water Mixtures at
25°C

* Jong Kwan Choi, and Michael J. Joncich

Heats of Combustion, Heats of Formation and Vapor Pressures
of Some Organic Carbonates. Estimation of Carbonate Group
Contribution to Heat of Formation

Vol. 16, No. 2 (Apr., 1971)

* G.E. Goring, and J.N. Holyoak

Some Heat Capacities of Argon in Ranges 5-1,000 At_m and
180-450°K. Examination and Correction Using Sonic Velocity
Data

* W.S. Hamilton, and L.C. Witt

Heat of Combustion of Isophthalamide

J. Fluid Mech.

Vol. 45, Part 1, 15 Jan., 1971

None

Vol. 45, Part 2, 30 Jan., 1971

* J.L. Duda, and J.S. Vrentas

Heat transfer in a cylindrical cavity

Vol. 45, Part 3, 15 Feb., 1971

* Coleman Dup. Donaldson, Richard S. Snedeker, and
David P. Margolis

A study of free jet impingement. Part 2. Free jet
turbulent structure and impingement heat transfer

Vol. 45, Part 4, 26 Feb., 1971

None

Vol. 46, Part 1, 15 March, 1971

None

Vol. 46, Part 2, 29 March, 1971

* Andreas Acrivos

Heat transfer at high Péclet number from a small sphere
freely rotating in a simple shear field

Vol. 46, Part 3, 13 April, 1971

* R. Grief, I.S. Habib, and J.C. Lin

Laminar convection of a radiating gas in a vertical channel

Vol. 46, Part 4, 27 April, 1971

None

Vol. 47, Part 1, 14 May, 1971

* K.E. Torrance, and D.L. Turcotte

Thermal convection with large viscosity variations

* P.C. Chang, E.G. Plate, and G.M. Hidy

Turbulent air flow over the dominant component of wind-generated water waves

Vol. 47, Part 2, 31 May, 1971

* Robert J. Turnbull

Instability of a thermal boundary layer in a constant electric field

* Milton S. Plesset, and Richard B. Chapman

Collapse of an initially spherical vapour cavity in the neighbourhood of a solid boundary

Vol. 47, Part 3, 14 June, 1971

* H. Ishigaki

The effect of oscillation on flat plate heat transfer

-78-

Vol. 47, Part 4, 29 June, 1971

None

Vol. 48, Part 1, 13 July, 1971

* R.A. Gardner, and P.S. Lykoudis

Magneto-fluid-mechanic pipe flow in a transverse magnetic field. Part 2. Heat transfer

Kältetechnik Klimatisierung

Band 23, Heft 5, Mai, 1971

* D. Kouremenos

Das T, s-Diagramm der Absorptionskälte maschine, s. 155/
161

Band 23, Heft 6, Juni, 1971

* R. Heiss

Über den Wasserdampftransport innerhalb von Gefrier-
packungen, s. 180/184

The Physics of Fluids

Vol. 14, No. 4 (April, 1971)

* F.B. Lipps, and R.C.J. Somerville

Dynamics of Variable Wavelength in Finite-Amplitude
Bénard Convection

Vol. 14, No. 5 (May, 1971)

None

Vol. 14, No. 6 (June, 1971)

None

Proceeding of the Royal Society, A

Vol. 322, No. 1549 (20 Apr., 1971)

* Nettleton, M.A., & Stiring, R.

The combustion of clouds of coal particles in shock-heated mixtures of oxygen and nitrogen

Vol. 323, No. 1552 (25 May, 1971)

* Bolcy, B.A., & Yagoda, H.P.

The three-dimensional starting solution for a melting slab

Vol. 323, No. 1555 (6 July, 1971)

* Chee-Seng, Lim

Isotropic radiation from a steadily pulsating multi-dimensional distribution

Trans ASME, Journal of Applied Mechanics

Vol. 38, No. 2 (June, 1971)

* H. Schlichting

A Survey of Some Recent Research Investigations on
Boundary Layers and Heat Transfer

* G. Hetsroni, and M. Sokolov

Distribution of Mass, Velocity, and Intensity of
Turbulence in a Two-Phase Turbulent Jet

Trans ASME, Journal of Engineering for Power

Vol. 93, No. 2 (April, 1971)

* P.E. Eggers, and R.E. Best

A Traversing-Thermocouple Technique for the Rapid
Measurement of Thermal Conductivity in the Range 300 to
1,200 K

* P.A. Rios

An Approximate Solution to the Shuttle Heat-Transfer
Losses in a Reciprocating Machine

* Y.H. Hamid, and W.A. Beckman

Performance of Air-Cooled Radiatively Heated Screen
Matrices

The Transaction of the Institute of Chemical Engineering

Vol. 49, No. 2 (Apr., 1971)

* B. Waldie

Heating of Powders in Counter-Current and Co-current
Induction Plasmas

V D I - Forschungsheft

Bd. 544 (1971)

None

Bd. 545 (1971)

None

編集委員会より

本号は去る8月原研で開催された第5回夏期伝熱セミナーの特集号としました。御執筆頂きました司会者、話題提供者をはじめ、開催について色々御準備下さいました準備委員会委員の諸氏に厚く御礼申し上げます。

なお、この夏期セミナーの「原子炉における気液2相流の伝熱と流動」の資料の残部が少々ありますので、御希望の方は、話題提供者の成合英樹氏（船舶技研）までお申し出下さい。

明年5月末広島市で開催予定の第9回シンポジウムの開催について、パネルディスカッションの可否、普通講演との割振り等の問題が準備委員会（委員長・広島大学・頼実正弘教授）で検討されています。これらの問題について広く会員の皆様方より御意見を頂きより良いシンポジウムにしたいと思いますので、準備委員会まで御意見をお寄せ下さい。

明年夏の夏期セミナーの開催地については、現在検討中ですが、関西地方で引受けられることになりました。セミナーのあり方等についても、この「伝熱研究」誌上に御意見をお寄せ下さるよう、とくに若い方々の御意見をお願いします。

近年伝熱関係の研究者が大変増加してきました。この「伝熱研究」も、全国の伝熱研究者でもりたててゆく意味で、会員の皆様方のお考え（研究に限らず、運営方法、地方研究グループのあり方等）を寄せて頂きたいと思います。

今年で伝熱研究会発足10年になりますので、次号は10周年特集としたいと思います。発足時の苦労話なども御投稿頂ければ結構と存じます。

「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，編集委員会によって決定されます。
4. 採用の原稿は，場合によって，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 与によって行ないますから，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

松本隆一 気付

「伝熱研究編集会」

付，40号は12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. 39

1 9 7 1 年 10 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 1 4 7 4 9

(非売品) (謄写をもって印刷にかえます)