

Vol. 7
No.25

1968
March

伝 熱 研 究

News of HTSJ

第 25 号

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

目 次

論 説

- § 1 石油化学工業と伝熱工学……………片田正治…………… 1
- § 2 夏季伝熱セミナーについて……………平田 賢…………… 13
- § 3 「二相流動力学シンポジウム」に出席して
…………… 青木成文…………… 18

ニュース

- § 1 地方グループ活動…………… 33
1. 東海研究グループ…………… 33
2. 北海道研究グループ…………… 43
3. 東海研究グループ…………… 48

寄 書

- § 1 しばれる話…………… 斎藤 武…………… 56
- § 2 乾燥（表面蒸発）の際の伝熱係数…………… 桐栄良三…………… 59
- § 3 融 雪…………… 菱田幹雄…………… 60
- § 4 閑話三題…………… 長坂克巳…………… 63

会 告

- § 1. 第5回日本伝熱シンポジウム参加申込要領
とプログラム…………… 65

文献リスト

- § 1. ASME Paper(1967)…………… 75

論 説

§ 1. 石油化学工業と伝熱工学

三菱油化 KK 四日市事業所長 片 田 正 治

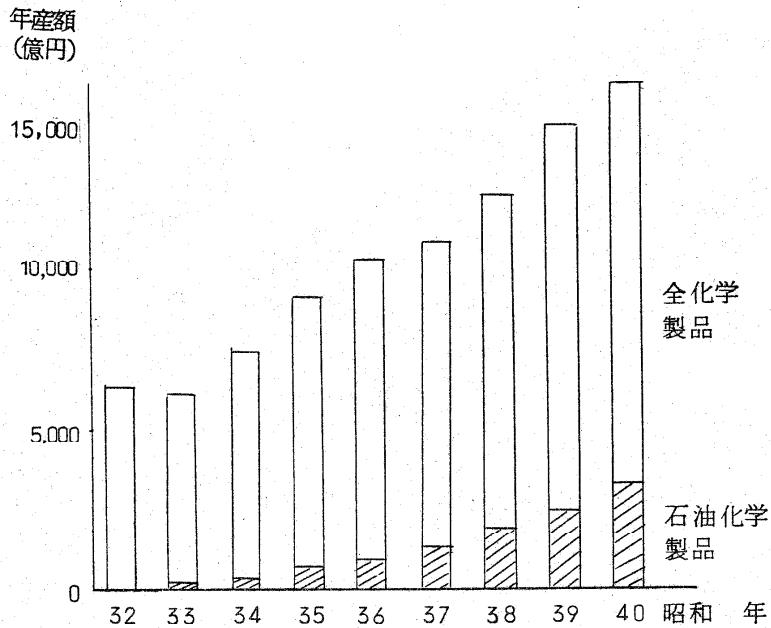
1. 緒言

(1) 我国の石油化学工業の現状と成長力について

我国の石油化学工業は昭和32年、丸善石油に於ける第2級ブタノールの生産開始等に端を発し、次いで昭和33年から34年にかけて稼働を開始した住友化学、三井石油化学、日本石油化学及び三菱油化によって本格的な工業の一分野を築いた。以来、ポリエチレンを中心としたエチレン系の誘導品を軸に目覚ましい発展を遂げ、今日ではアメリカに次ぐ世界第2位の生産額に達し、エチレン生産能力に於いて世界の約10%を占めるに至つた。その生産額は、ナフサ、製油所ガス、改質油などを原料として有機化学製品を製造するいわゆる狭義の石油化学工業だけでも、昭和40年において年間3,213億円にのぼり、全化学工業の生産額1兆5,982億円の20%を占めている。更に原油、ナフサ、製油所ガスなどからのアンモニア等無機化学製品をも含めたいわゆる広義の石油化学工業をとれば生産額は3,615億円となり、全化学工業の22.6%となつており、昭和41年には約30%に達したものと推定される。

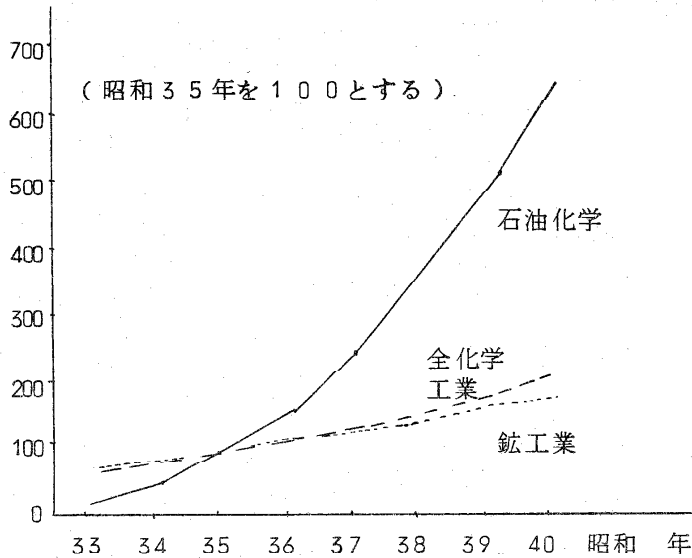
(図-1)

(注) 昭和42年5月18日、第4回日本伝熱シンポジウム(名古屋)において特別講演として講演。



図一 石油化学製品の生産額

全製造業に占める全化学工業の比重は約10%であるので、石油化学工業の全製造業に占める割合は、2〜3%と云う事になる。石油化学工業の目覚ましい発展は、生産指数の上からも明らかである。(図一2) 即ち、昭和35年を100とした全鉱工業の平均生産指数が昭和40年に於いて174.5であるのに対し、石油化学工業のそれは662.4であり、又、昭和40年に於ける年間上昇率は全鉱工業の平均が104.5であるのに対し、石油化学工業は132.2と驚異的とさえ云える数値を示している。このように、石油化学工業が急激に成長発展して来たのは、従来の天然物や、それからの加工製品に対する代替や、石炭を中心とした化学工業における原料転換をもたらしたのみならず、従来存在しなかつた新しい商品、即ち合成樹脂、合成繊維、可塑剤等、広汎な新しい市場を開拓し得たのが直接の原因であるが、このような結果がもたらされたのは、石油が次の如き特徴を有することによる。



図一 石油化学工業の生産指数

- ① 従来の石炭、或はアセチレンを中心とする化学では得られなかつた有機合成原料が石油からは、安価かつ大量に入手出来るようになった。
- ② 石油、及びそれから誘導される有機合成化学原料は、液体或はガス体の流体であるので取扱いが便利であり、装置的にも連続化、大型化、自動化が容易であり、電子技術、機械技術の進歩と相まつて、続々と新しいプロセスが開発された。
- ③ 石油は国際商品であり、我國に於いても国際水準価格にて大量、かつ容易に入手できる。

この石油化学工業に対する設備投資額は昭和39年に912億円、昭和40年に1,146億円、昭和41年には1,047億円が見込まれ、全鉱工業設備投資の1%を占めている。石油化学工業が生産額に較べ設備投資の比率が非常に高いのは単に発展途上としての過度的現象であるば

かりでなく、これが巨額の設備投資を必要とする典型的な装置工業であることを物語っている。

(2) エネルギー構造に占める石油化学工業の位置

次に我国のエネルギー構造に着目して、そこに占める石油化学工業の位置を考えてみる。第1次エネルギーの供給状況は、戦後、石炭及び水力電気中心主義から大きく転換し、石油への依存度が高まっております。昭和41年に於ける石油の需要量は90百万kℓで前年比115%と大きな上昇率を示している。更に石油製品の内、揮発油が、113%の上昇率にとどまつたのに対し、石油化学の原料として使われるナフサは、130%と急増しており、又、重油も需要が増大している。(図3,4)

石炭換算
(百万トン)

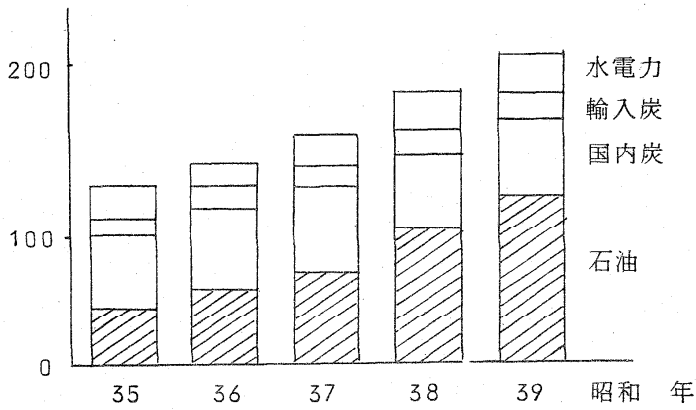


図-3 一次エネルギー供給の推移

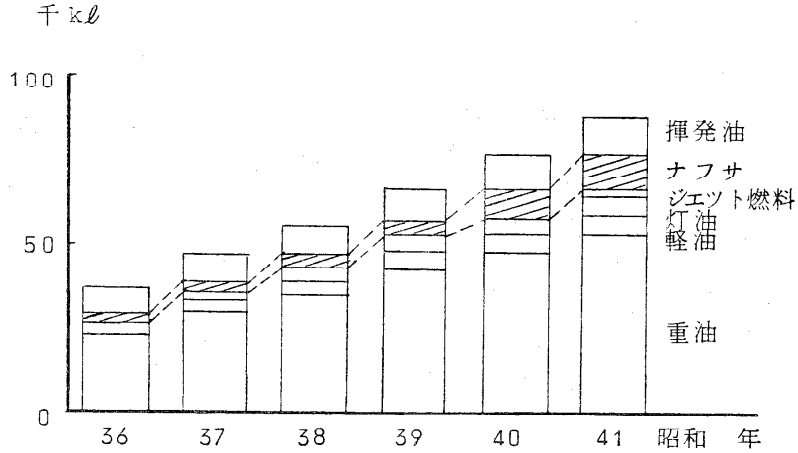


図-4 石油製品の需要

石油化学工業では、エネルギー源として重油、電力及びナフサの熱分解等によつて得られる副生ガス及び副生油の一部が使用されており、原料源としてはナフサが大量に使用されている。石油化学用のナフサは昭和41年には8.6百万klにのぼり、これと他のエネルギーを総合すると我国の総エネルギー源の10%近くを石油化学工業で消費していることになる。

2. 石油化学工場におけるエネルギー

(1) エネルギーバランス

石油化学工場のエネルギーは重油、電気及び副生燃料の3つの形態で供給される。その比率は副生品の利用状況と自家発電設備の有無により、各工場毎に異なるが、ナフサ分解主成物の総合的有効利用の相当進んだ工場の一例を示しても、図-5の通り購入電力約5%、購入重油35%、購入重油約35%、副生燃料約60%となつており、大半の所要エネルギーが副生燃料でまかなわれていることが判るが、今後、ナフサ分解成

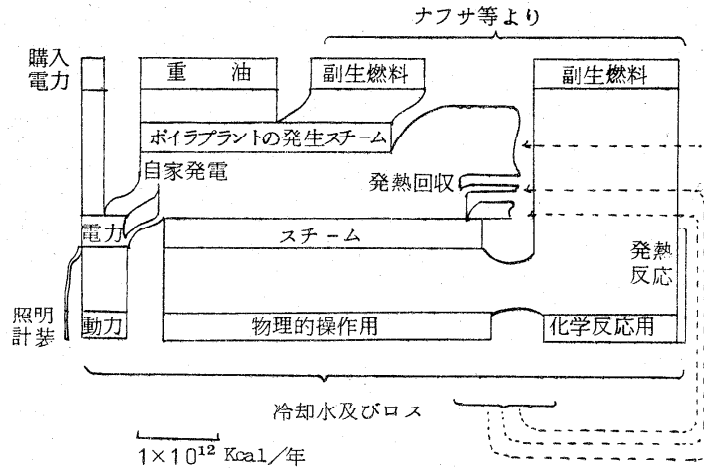


図-5 石油化学工場のエネルギーバランス

分の化学原料としての有効利用度が更に高められていけばこの比率は低下しよう。副生燃料の約半分はボイラープラントで重油と共に混焼されスチームを発生し、そのスチームは自家発電を行つた後、熱源として各プラントに供給される。燃料の一部は上述の様に動力プラントを通つて電力、スチームに変化し、残りの燃料と共に製造プラントに供給される。この内、電力は動力用及び計装、照明用として、スチームは一部動力用の他、大部分は熱源として物理的操作用及び化学反応に、又、燃料はスチームよりも更に高温を要する工程の直接加熱源として化学反応及び物理的操作用に使用される。これらの用途別使用比率は当社四日市工場の例では動力用12%、物理的操作用68%、化学反应用20%となつている。使用されたエネルギーの大部分は冷却水及びロスとして大氣中に放出され、全体の約15%が廃熱回収装置によつて回収されているにとどまる。残りは殆んど100℃以下の流体によつてもちさられる回収困難な

熱である。

(2) 石油化学工場におけるエネルギーの利用形態

石油化学工場において使用されるエネルギー形態の具体例とその最近の傾向について述べる。

① 化学反応に利用されるエネルギー

化学反応には発熱反応と吸熱反応があり、ここで反応熱が発生又は吸収される。石油化学工場における最大の反応熱はナフサの熱分解における吸熱反応によるものであり、その他、吸熱反応としては脱水素反応、脱アルキル反応がある。一方、発熱反応としては各種重合反応、水素添加反応、酸化反応等が重要なものである。この反応熱の供給又は除去による反応温度の制御は、一般に反応速度が温度依存性の大きいことから（10℃上昇する毎に反応速度は2倍になる）化学工業においては重要な問題であり、特に近年、反応設備の大型化及び反応条件の過酷化に伴い、その精密且つ迅速な制御が石油化学工業において不可欠の技術となつている。この具体例については後述する。石油化学工場における化学反応は一般に高温の下で行なわれるものが多く、その場合、反応器には予熱器が設置されており、反応前の物質と反応生成物との熱交換等による熱の有効利用を図っている。

② 物理的操作に使用されるエネルギー

石油化学工場で使用されるエネルギーの大半は蒸溜、気化、乾燥、加熱等物理的操作に使用されるエネルギーである。通常このエネルギーは燃料をボイラープラントで焚き、そこから発生するスチームが熱媒体として各プラントに供給され、その潜熱の形で使用される。石油化学工業における蒸溜操作では多くの場合、100℃～200℃の熱源が必要となるので、スチームは2～3段階の圧力で発電用タービンから抽気供給され、チューブ型熱交換器によりプロセス流体を加熱又は蒸発せしめている。この熱交換器は、使用条件も比較的ゆるく、伝熱工学上の設計においてはさしたる問題は無く、むしろ取扱う有機物質の重合等に依る伝熱面の汚れが問題となることが多い。

③ 動力用エネルギー

石油化学工場の主たる動力源は電力とスチームである。大部分のポンプ及び圧縮機は電動機駆動方式を採用しているが、最近ではターボ圧縮機等一部大型機器にスチーム駆動方式が採用される様になつた。これは設備の大型化によりエチレンプラント、アンモニアプラント等で従来のレシプロ圧縮機がターボ圧縮機に変つたのに伴ない効率の高い大型スチームタービンの使用が可能となつた為である。(表-1) 即ち、石油

表 1. エチレンプラントの大型圧縮機駆動方式

エチレンプラント	能力 $\frac{T}{\text{分}}$	分解ガス圧縮機	冷凍機
第1エチレン	22,000	レシプロ=モーター	同 左
第2エチレン	60,000	"	"
第3エチレン	100,000	ターボ=モーター	ターボ=スチームタービン
第4エチレン	200,000	ターボ=スチームタービン	同 左

化学工業においては営業用火力発電所に匹敵する大型ボイラーと大型タービンの組み合わせが、新鋭火力発電所から送られる電力を用いた電動機と増速機による駆動方式に劣らぬ高い効率を示す他、設備費も減少し、廃熱の有効利用にもつながるからである。

④ 冷却と廃熱回収

石油化学工場で利用されたエネルギーの大部分は最後に冷却されて大気中に排出される。冷却用熱媒体としては井水、河川水、海水及び再冷水が従来使用されて来たが、最近では空冷熱交換器の利用が進んで来た。空冷熱交換器は一般に被冷却流体が50℃以上の場合、熱交換器本体の設備費は若干高くなつても総合的な建設費及び運転経費の面で再冷水を使用する場合より有利である。又、これ以下の温度まで冷却する必要がある場合にも、再冷水によるトリムクーラーを併用して運転費を軽減している例がある。再冷水については、設備が大型化するにつれ、リターン水の温度をいくりに設計するかが再冷塔及び熱交換器の建設費と再冷塔の運転費の点から経済性を大きく左右する。即ち、リターン水の温度

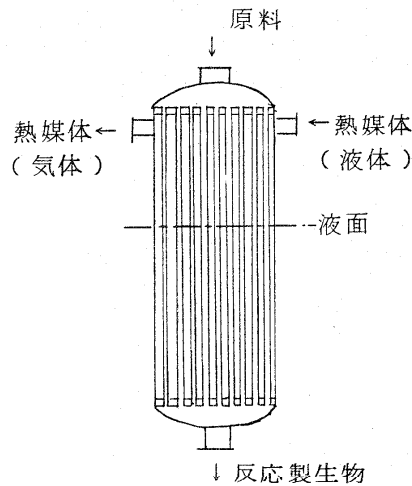
を高くすれば、熱交換器は伝熱面積が増すが、再冷塔の単位循環水当りの建設費が減少し、且つ再冷水量も減少するので、単位熱負荷当りの経費は安くなる。当社四日市工場の環境で計算した結果では給水温度 29℃ の場合リターン水の最経済温度は 45℃ であつた。これは我国で一般に使用されているリターン水温 (35℃ ~ 40℃) よりも高くなつている。この様に水や空気を使用して冷却廃棄していたエネルギーも設備が大型化することに依り、その回収し得る量がまとまり、技術的にも肌目細かに回収が検討され、一部が実現される様になつてきた。一般に用いられている廃熱回収は高温のプロセス流体とボイラ給水を熱交換させてスチームを発生せしめる方法である。ナフサ分解炉出口ガスからこの方法により 100 ~ 120 $\text{Kg/cm}^2 \text{g}'$ の高圧スチームを発生せしめこれを動力源として使用している例もある。

3. 石油化学工業における熱制御の例

最後に石油化学工業において伝熱工学上、興味ある問題として反応器の熱制御問題を取りあげ、具体的な例を二・三述べる。

(1) 多管流通反応器における等温反応の制御

炭化水素を酸化して、ある主要石油化学製品を製造するプロセスにこれが採用されている。これは炭化水素ガスと純酸素又は空気中の酸素を酸化触媒の存在下、約 200 ~ 300℃、10 ~ 20 $\text{Kg/cm}^2 \text{g}'$ で酸化 (発熱反応) させるプロセスである。反応器は図-6 の様な多管流通式で、管内に触媒をつめ、この中へ原料ガスを供給する。シェル側には熱媒体を流し、反応管入口付近で所定の反応開始温度まで加熱する。温度が上がり、反応が開始した後は、不必要な副反応を抑える為反応熱を除去し、温度を一定に保つている。この様な反応器で、もし熱除去や温度制御が予定通り行なわれない場合には、反応が暴走し機器を破壊することになり、一方余裕をとおり過ぎると反応器の設備費が高むので、伝熱工学上からも慎重な検討が必要となる。熱媒体を使用した冷却方式としては、有機液体 (ダウサム等) による強制循環方式と、熱媒体の潜熱を



図—6 多管流通式反応器

利用した沸騰方式が採用されており、両方式、夫々、一長一短がある。沸騰熱伝達方式は丁度反応熱が最大となり、最も熱除去の要求される点の熱伝達係数を非常に大きくとる事が出来、結果として均一な温度分布を得ることが出来る反面、反応器上部には熱媒体のガスが、又、反応器の下部には液が滞溜し、熱伝達係数が低下する。この点からは強制循環方式の方が均一な熱伝達係数が得られ、優れていると云える。如何なる反応器を採用し、反応管のサイズをどの様にし、熱媒体の温度制御を如何にするかは反応装置設計上、重要な問題である。

(2) ナフサの熱分解反応炉における熱負荷の増大

石油化学工業の中心設備であるエチレプラントにおけるナフサの熱分解反応には、炉による管式外部加熱方式が最も多く採用されている。

この反応は、石油化学の主原料として最も附加価値の高いエチレンの収率を出来るだけ高くする一方、水素、メタン等の軽質ガスの生成や、カーボンの折出する副反応を抑える為、一般に反応管の最高温度約700

～800℃，滞留時間1秒以下と云う非常に苛酷な条件で行なわれる。反応温度が高ければ，一般にエチレンの収率は向上するがカーボンの析出が増大し，短時間で反応管を閉そくする原因となる。又，滞留時間を短かくすれば副反応を抑える事は出来るが，エチレンの収率を一定に保つ為には高温部における熱負荷を大巾に増大させなければならない。従つて，反応管の熱負荷を如何にして増大するかと云う事が今後金属材料の問題も含めて，伝熱工学上の非常に興味ある課題になるものとする。

反応管内への熱伝達は分解炉壁面のバーナーからの輻射，チューブ管壁の熱伝導，及び反応管内部の流体による乱流熱伝達によつて行なわれている。今，滞留時間を一定にして反応温度を上げるためには管径を小さくしなければならないが，管径を小さくすることは，単位反応管当りの処理能力を低下させ，即ち，設備費の上昇を招くので好ましくない。又，ガス流速を増せば伝熱係数は良くなるが，一定の熱量を与える為には管長が増し，むしろ滞留時間は長くなり圧力損失も増大するので，好ましくない。管壁の熱伝導を良くする輻射熱を高くするのが最も有効な手段である。この為にはバーナーの型式，配列，炉内における反応管の配列等に種々の工夫がこらされている。しかし，近年の設備の大型化傾向に伴ない，反応管径の増大はこれらの問題を益々むつかしくしており，この様にエチレンの分解反応一つを例にとつてみても，今後の新しい科学技術の開発が望まれる。

4. 後記

以上述べた通り，石油化学工業は我国の基幹産業の一つとして重要な位置を占め，産業の発展に大きな貢献をしている。しかし，振返つて考えてみると，我国の石油化学工業は10年にして，ようやく国際的規模となつたが，その技術は大部分欧米諸国から技術導入されたものであり，これらの国々ではすでに，我国をはるかに上廻る大規模な設備が続々と建設され，その技術も次々と更新され，新しいプロセスとそれらを可能ならしめる高能率，且つ苛酷な条件に耐える設備が開発されている。我

国においても，この間導入された技術を消化し，改良して来たが，今後益々急速に進歩する技術開発のイニシアティブをとり，我国の石油工業を激化する国際競争に打ち勝たせる為には，今迄にもまさつて，産学協同の研究開発を強力に推進する必要を痛感する次第であり，伝熱工学の分野に於いても，熱エネルギーの高度な利用，合理的な熱回収等の面に於いて世界をリードする優秀な技術が生まれることを強く期待するものである。

§ 2. 夏季伝熱セミナーについて

東京人学 平 田 賢

昭和42年の初め頃、東大の成合英樹（現在船研）氏をはじめとする若手グループから、自由な雰囲気での討論のできる合宿的行事があるといいという意見がもちあがり、たまたま私が伝熱研究会の幹事であつた関係上、それでは幹事会に提案してみようということになつた。そこで昭和42年3月3日に開かれた第5期第5回幹事会に意義、場所、期間、費用、内容等について素案を作つて提案したところ、種々の御意見が出たが、結局、試験的に1回だけ実施してみようということに決定され、言ひだしつべの平田が関東研究グループの連絡幹事であるから、計画を進めようとのことで、場所は大学セミナハウス、期間は2日間、原則として独立採算という方針のもとに、私が、お世話をすることになつてしまつた。本年昭和43年も、もう一度これを行うことが先の1月27日の幹事会で決定されたので、その計画立案のための御参考までに、昨年の第1回セミナーの御報告、反省などを、主として運営面から見た立場でまとめておこうと思う。

1) 意義について

「伝熱研究」第23号、九大の藤井哲氏が述べておられるように、我々は、学会の講演会や講習会、伝熱シンポジウム、伝熱研究会の各支部での会合など、多数の意見交換の場を持つているので、少くとも、それらとは内容、目的を異にした催しでなければならぬことはいふまでもない。第1回で、特に“若手”の自由な討論の場と、且つ宿舎を共にして懇親を深めることを強調したのも狙いはそこにあつたといえる。通常の講演会やシンポジウムでは、一般に討論時間が少くて、本当につつこんだ自由な討論はなかなかできにくい。また未完成の研究や、アイデア、ちよつとした思いつきなどを勝手にしやべれるような雰囲気でもない。

そこで我々が日常研究室でやつているような自由なおしゃべりや、やつつけあいをもう少し広い範囲に拡げて行うことができれば、お互いに得るところが多いのではないか。それがまず第1の意義ではなかろうか。したがって年齢があまり離れているよりも“若手”を中心にした方がよさそうだというのが第1回の狙いであつた。それから夜、ビールを飲んで大いに騒ぐのも重要なねらいであろう。学会等の懇親会は、なかなか若手が参加しにくい。したがって宿泊を原則とする。自由な討論と家族的な懇親、以上2点が主要な目的及び意義と考える。

2) 内容、方法について

第1回の内容の詳細については前記藤井氏の御報告、及びプログラムは前の「伝熱研究」第24号、87頁に掲載したのでここでは省略する。第1回は、①強制対流(渦拡散係数)、②自然対流(層・乱流遷移)、③物質移動を伴う熱伝達(境界層の構造)、④輻射(輝炎輻射)、⑤沸騰(気泡の発生)、⑥二相流(流動様式とその遷移)の6テーマについて、それぞれその道の若手研究者の方々に話題を提供して頂き、司会および討論のひき出し、とりまとめを大先生方をお願いするという方式をとつた。熱伝達の殆ど全般の分野についてその中で討論の最も活発になりそうな興味深いテーマを選んだつもりであつたが、勿論ここに選んだテーマがその分野の中心研究課題というわけではない。企画担当者の好みが入るのはやむを得ないと思うが、このテーマの選択が、セミナーの成功をきめる最も重要な鍵であろう。

第1回は少し分野を拡げすぎた感もあるが、広く各分野にわたつたことが、当初の予想を大きく上まわる92人の参加者を見た1つの理由になつていたと思う。あまりテーマを絞つてしまうと、その分野に興味のある人に参加者が限られてしまう可能性がある。他方、盛沢山にすることは、1つのテーマあたりの割当て時間が少なくなり、討論時間が減るのが欠点である。

テーマの選び方は、また内容の理解しやすさや、程度の高低さにも関連してくる。第1回は、やゝ程度が高すぎた感じがなくてもない。やは

り大学院の修士クラスでもある程度理解できるような内容でないとしても若手の発言が少くなりがちであろうが、若手がよい刺戟を受けるという点では内容が多少高度のものの方がよい。第1回の内容については、私はまあ適当な線ではないかと思つている。

セミナーのやり方については、このような司会者、話題提供者、及びそれに討論を加えるという方式の他に、いくらでも方式を考えることができる。例えば1つの問題を掲げて、そのアタックの方法を議論するとか、熱伝達率あるいは熱流束の極限について議論するとか、現場への応用について演習的に議論するとか、いろいろな方法があるであろう。しかし、何らかの意味で、討論のきっかけを与える話題提供者の存在は必要であり、討論の方向づけをする司会者も必要となろう。

また藤井氏の御提案のように小グループの分科会に分ける方法も考えられる。

3) 場所、費用等について

第1回は東京郊外、八王子市の野猿峠にある大学セミナーハウスを使ったが、夏のセミナーとしては意外に涼しく大変好評であつた。反面真面目な目的の施設であるため、種々な制限があつてかえつて不便であつた面もある。値段も手頃で、2人1部屋のベッド式バンガローも良いのだが、高歌放吟を禁じられたり（最も実施された方もあつたが）、食事時間を制限されたりで、夜の懇親には、多少不適當であつた。どちらかといえばドンチヤン騒ぎとまでは、いかなくても、せつかく全国各地の人々の集りであるから民謡の1つもでるような雰囲気があつてよからう。もつとも、これには懇親会の司会をした私の責任も大きい。宿舎も2人部屋よりも、もう少し大部屋で、適当にだべることのできる方が良いと思う。第1回は東京に近すぎて自宅から2日間通われた方も多かつたが、宿泊を原則とした方がよいのではないか。

なお、担当は第1回第2回共関東研究グループとなつたが、それ以降は各地方まわりもちで、伝熱シンポジウムを担当しない地区で分担ということにしてはどうだろうか。

次に費用については少し便宜をはかりすぎて、1泊、2泊、3泊の分類をし、しかも食事をしたり、しなかつたりの自由度も加えたため、会計担当の東大甲藤研究室・横谷定雄氏をはじめとして、お手伝い頂いた方々の御苦勞は大変なものであつた。次回からは、均等会費として、事務手続の簡略化をはかつた方がよい。御参考のため、簡単な会計報告を下記に示す。

① 収入	233,000円
内訳	1. 司会者、話題提供者参加費(23人)
	23,000円
	2. 参加者参加費及び宿泊費(69人)
	210,000円
② 支出	227,490円
内訳	1. 司会者、話題提供者旅費
	60,200円
	2. 会場関係費
	146,210円
	内訳 食費代
	64,060円
	宿泊料
	46,700円
	施設使用料
	10,000円
	茶菓代
	25,400円
	3. アルバイト料
	6,000円
	4. 通信費
	8,690円
	5. 印刷費等雑費
	3,390円
	6. セミナハウス寄附金
	3,000円
③ 差引	5,510円(伝熱研究会会計へ繰入れ)

つまり今回は参加者が多かつたので黒字だつた訳である。それにしても、沢山の資料等用意して頂いた司会者、話題提供者の方々に旅費の実費だけ(2等特急往復)というのも申しわけのないことである。

以上3項目にわたり報告を兼ね、私見を述べた。おわりに、今回は大

先生・中先生及び数多くの新進気鋭の若手研究者の方々に本当に無理をお願いし、内容豊かなセミナーにして頂いたことを企画、運営、担当者として厚く御礼申し上げます。また、実行にあたりいろいろ手伝って下さった、成合氏、鳥居氏、横谷氏、及び東大機械大学院学生諸君にも、深く感謝の意を表します。第2回以降の発展を祈り筆を措きます。

§ 3. 「二相流動力学シンポジウム」に出席して

東京工業大学原子炉工学研究所

青木 成文

昨年すなわち昭和42年9月、わが国の新型転換炉開発計画を国際原子力機関（IAEA）主催の重水動力炉シンポジウムにおいて発表するためにヨーロッパへ赴くことになった筆者は、ちょうど9月4日から5日間オランダのアインドホーヘンにおいて開催されたユーラトム主催の「二相流動力学シンポジウム」に参加することができた。このシンポジウムの開催を耳にしたのは、参加申込の締切り直前の時期であつたために論文を提出することはできなかつたが、各国の二相流に関する研究を知るためにも出席した方がよいと思つて参加したわけである。ユーラトム本部の準備はまことに円滑にすみ、7月には既に全論文が送付されてきた。これは重量が3kgに及んだため小生にとっては開催地まで持参するのに一苦勞であつた。

シンポジウムが開催されたアインドホーヘンはオランダ中東部の交通の要地で、西ドイツのアーヘンに近い。この市は電気機器会社フィリップス発祥の地として有名であるが会場になつたアインドホーヘン大学は1956年に創立されたばかりの歴史が僅か11年の大学であつた。しかしこの10年間建設につぐ建設で、その建物および設備は全く壮大なものであり、また素晴らしい規模のものであり、まだ建設途上であるから完成の暁には必ず欧州屈指の工科大学となるであろうといわれていた。

9月4日午前10時の開会に参集した参加者は実に160余名、主催国オランダの43名は別として、米国の19名、伊国18名、仏国15名、西独14名、英国13名、ノルウェー11名および東欧からユーゴスラビア1名などが主なところであつた。日本からは筆者1人で

はあつたが、予定では原研の小堀氏も参加する筈にはなつていた。その頃丁度東京では日本機械学会の70周年記念セミナー・ナショナルの講演会が開かれていたが、それに論文を提出していたBankoffやFauskeなどをはじめ米国からはBernath, Zuber, Tong, Neal, Hamittらなど、英国からはBennett, Hewitt, Potterら、スウェーデンからBecker、西独からはKirchenmayer伊のSilvestriなど、沸騰やバーンアウトあるいは二相流の不安定性などの研究で知られている人々が多数集まり、きわめて盛会であつた。また提出された論文は総数62編に達し、うち米国から31編、伊10編、ノルウエー7編、オランダ6編、西独、英国が各々5編づつが主なものであつた。

シンポジウムは添付のリストのように13のセッションに分けられ、連日午前9時に開会され、夕方5時30分頃に終了した。はじめの3日間はその後で、アインドホーヘン大学、ユーラトムおよびフライツプスの紹宴が午後10時まで続いたのには、旅の疲れが直りきらぬうちのこととて非常にづらいことではあつたが、日本人は唯一人のせい、常に上席に座を与えられ、Zuberと並んで食事をしたときは、彼が朝鮮戦争で日本に来たが佐世保の町に桜が咲いているのを艦の上からみただけだつたという話をきけたのはよい思い出になつた。

第1セッションは「単一流路の安定性—その一」でProf. Bankoffが司会をした。彼のまとめの言葉を引用すれば、この問題が6, 7および36本クラスタを用いて流路の形状係数を調査する段階に入つたこと、それに関連して静的および動的二相流特性と等価直径との関係が取り上げられたことに意義がある。

第2セッションは同じテーマその二であり、座長はProf. Gouse Jrがつとめた。このセッションでは単一流路内の強制および自然対流中の伝達関数と時間応答に関するものが主であつた。

第3セッションは「流れの振動とバーンアウト」に関するもので、座長をつとめたHewittは、

1. 既存のバーンアウトデータは本当の意味で定常状態という条件下

で得られたものであろうか？

2. 定常状態のバーンアウトデータは実際のシステム内で利用できるかという疑問を投げて非常状態やパルセイティング状態における現象の把握の必要性を述べ、その意味で今回発表された論文、特に西独の発表した論文を高く価値した。

第4, 5セッションは、「伝播現象」を取扱つたもので、二相流の音速に関するものが大半であつた。

第6, 7, 8セッションでは、「二相流の物理的モデル」が取り上げられた。

第9セッションでは「平行流路の安定性」を論じたもので、原子炉内の問題としてこの重要性が強調された。

第10セッションでは「流れの領域」が取扱われ、座長の Pauske は、二相流の問題は末だ種々の経験を積み重ねてゆく段階であり、二相流をより正しく理解するためにはさらに詳細に流れパターンを調べる必要があることを強調した。

第11, 12セッションは「コンポーネントおよび系の動力学」が取扱われ、主な動力用原子炉で行なわれた動特性実験のうち二相流に関連したものが報告された。

第13セッションでは「急速な過渡現象」が取り上げられた。報告された7編の論文中、4編は水、2編がナトリウム、1編がカリウムの急激な沸騰によつて生ずる現象を論じたものである。

各セッションにおける討論はきわめて活発であつたといいたいが、その殆どが米国人と英国人によつてなされたものである。これは用いられた言葉が英語だけであつたせいであろうが、特に Zuber や Neal らは物凄く早口で討論をし、そのために欧州の連中はそれを理解できず、したがつて反発もできなかつたといえる。Prof. Bankoff や Hewitt, Potter らの英国勢はそれは十分心得て、ゆつくりしやべるように努力し、討論に際してもスライドやフィルムを用意してきたのは感心させら

れた。オランダの参加者もヨーロッパの会議でありながらヨーロッパの人々が余り発言できなかつたのは残念だと嘆いていた。この点 I A E A のシンポジウムでは常に司会者が講演者にゆつくりしやべるよう注意していたが、今後の国際会議においてその成果をより多くするためにはこのような注意と配慮が重要であることを痛感させられた。もつともアルゴンヌから来た某来国人は Zuber の云うことは早すぎて米国人でもわからぬことがあるとは言っていたが。

ともあれ、アインドホーヘン大学の Prof. Bogaardt が締めくくつたように、二相流の動力学の領域はきわめて広く、そしてその現象は複雑であるが、今後より詳細に精密に測定し、また精巧な計測装置の開発に努めなければならないであろうが、在来型原子炉の経済性向上のためと、将来の新型動力炉の開発のために依然として重要な問題として残るであろう。この十年近く、沸騰熱伝達について多くの方々が研究に従事され、輝かしい成果を海外にも発表してきたように、今後より多く研究者が二相流動力学の分野にも進出され、立派な成果を挙げて国際的なシンポジウムに数多くの論文が提出されることを心から祈るものである。

SESSION I

"SINGLE CHANNEL FLOW STABILITY, A"

Chairman: S.G. Bankoff

- 1.1 Out of pile channel instability in the loop Skälvan
R.P. Mathisen, AB Atomenergi, Studsvik, Nyköping,
Sweden
- 1.2 Experimental and theoretical determination of dynamic
characteristics and stability limits in natural
circulation boiling channels with rod clusters
F. Akerhielm, P.T. Hansson and O. Nylund
AB Atomenergi, Studsvik, Nyköping, AB Atomenergi,
Stockholm and ASEA, Västerås, Sweden
- 1.3 In-pile and out-of-pile hydrodynamic experiments in
natural circulation boiling water channels
J.H. Post, K. Romslo, and V. Tosi
OECD Halden Reactor Project, Halden, Norway
- 1.4 The oscillation onset in a pressurized water natural
circulation loop
C.A. Arneodo, G. Gaggero, P. Gregorio, E. Lavagno,
R. Lazzorini, C. Morlini, B. Panolla, A. Taricco
Politecnico di Torino, Turin, Italy
- 1.5 Free-convection heat transfer with liquid metals in a
closed thermosyphon
D.H. Everaarts (Lt. Cdr. (E), former Head Marine
Engineering Dept, Royal Naval Academy, Den Helder,
Holland)
R.W.S. Mitchell (Professor, Internal Combustion
Engines and Gasturbine Lab. Technological University,
Delft, Holland)
W.H. Beek (Professor, Physical Technology Laboratory,
Technological University, Delft, Holland)
- 1.6 Test lengths for the dynamics of heat transfer in
steam-water mixtures
Heinz Schmidl, Österreichische Studiengesellschaft
für Atomenergie Ges.m.b.H., Vienna, Austria

- 1.7 In-pile hydraulic instability experiments with a
7-rod natural circulation channel
G. Kjaerheim and E. Rolstad
OECD Halden Reactor Project, Institutt for
Atomenergi, Halden, Norway

SESSION II

"SINGLE CHANNEL FLOW STABILITY, B"

Chairman: S.W. Gouse

- 2.1 Frequency response of a forced-flow single-tube
boiler
Robert G. Dorsch, National Aeronautics and Space
Administration Lewis Research Center, Cleveland, Ohio
- 2.2 The stability characteristics of a boiling system
with natural and forced circulation
F.J.M. Dijkman, J.F. Tummers, C.L. Spigt,
Technological University of Eindhoven, The Netherlands
- 2.3 Analytical and experimental studies of the hydraulic
behaviour of rod clusters
A. Bhattacharyya, S. Sallay, I. Haga,
Aktiebolaget Atomenergi, Stockholm, Sweden
- 2.4 A method of detecting the onset of subcooled boiling
by means of a vibration transducer
A. Kütükcüoğlu, B. Perren, G. Varadi,
Eidg. Institut für Reaktorforschung, Würenlingen,
Switzerland
- 2.5 Experimental determination of dynamic characteristics
of a mono tube once through boiler model
K.H. Schönberg, Technische Hochschule Stuttgart,
W.Germany

SESSION III

"FLOW OSCILLATIONS AND BURN-OUT"

Chairman: G.F. Hewitt

- 3.1 "Pressure-drop" oscillations in forced convection flow with boiling
Alan H. Stenning, Professor of Mechanical Engineering, Lehigh University, Bethlehem, Pennsylvania, USA
T. Nejat Veziroglu, Professor of Mechanical Engineering, University of Miami, Coral Gables, Florida, USA
Gary M. Callahan, NASA Fellow, Lehigh University, Bethlehem, Pennsylvania, USA
- 3.2 Flow oscillations in two-phase flow, their characteristics and effects on burnout
D. Bärman, D. Hein, F. Mayinger, O. Schad, E. Weiss, Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg Aktiengesellschaft, Nuremberg Works
- 3.3 Dynamic and static burnout studies for the full-scale Marviken fuel element in the 8 MW loop "FRIGG"
K.M. Becker, J. Flinta and O. Nylund
Royal Institute of Technology, Stockholm, AB
Atomenergi, Studsvik and AB ASEA, Västerås, Sweden
- 3.4 Flow oscillation and boiling crisis
L.S. Tong, Westinghouse Electric Corporation, Atomic Power Divisions, Pittsburgh, Pennsylvania, USA

SESSION IV

"PROPAGATION PHENOMENA, A"

Chairman: G. Vossers

- 4.1 Critical flow in an annular venturi
R.V. Smith, Institute of Materials Research, National
Bureau of Standards, Boulder, USA (on attachment to
AERE, Harwell)
L.B. Cousins, G.F. Hewitt
Chemical Engineering & Process Technology Division,
AERE, Harwell, England
- 4.2 The dynamics of waves including shocks in two-phase
flow
M. Fischer, Institut für Reaktorentwicklung, Karlsruhe
W. Häfele, Institut für angewandte Reaktorphysik,
Kernforschungszentrum Karlsruhe
- 4.3 Acoustic oscillations in a high pressure single
channel boiling system
A.E. Bergles, P. Goldberg and J.S. Maulbetsch
Dynatech Corporation, Cambridge, Massachusetts, USA
- 4.4 Similarity of flow oscillations induced by heat
transfer in cryogenic systems
F.J. Edeskuty and R.S. Thurston
University of California, Los Alamos Scientific
Laboratory, Los Alamos, New Mexico, USA

SESSION V

"PROPAGATION PHENOMENA, B"

Chairman: G. Peterlongo

- 5.1 Acoustic velocity in two-phase flow
S. William Gouse, Jr., and Rowland G. Evans
Engineering Projects Laboratory, Mechanical Engineering
Dept, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge,
USA

- 5.2 The speed of sound in mixtures of water and steam
A.L. Davies, Atomic Energy Establishment, Winfrith,
England
- 5.3 Propagation of pressure disturbances in two-phase
flow
Hans K. Fauske, Argonne National Laboratory, Argonne,
Illinois, USA
- 5.4 Propagation velocity of small amplitude pressure
waves in steam-water mixtures
J.B. Kielland, Institutt for Atomenergi, Kjeller,
Norway
- 5.5 Analytical determination of the sonic velocity in
two phase flow
Dr. Giuseppe Easso, CNEN, Rome, Italy

SESSION VI

"PHYSICAL MODELS, A"

Chairman: L.G. Neal

- 6.1 The oscillatory behavior of heated channels
Jean A. Bouré, Commissariat à l'Energie Atomique,
CEN/Grenoble
Alexandru Mihaila, Institutul de Fizica Atomica,
Bucaresti, Rumania (on assignment to the Commissariat
à l'Energie Atomique)
- 6.2 On the dynamics of variable density single-fluid
model for isothermal two-phase two-component flow
Herbert Eigner, Österreichische Studiengesellschaft
für Atomenergie Ges.m.b.H., Vienna, Austria
- 6.3 Single-channel flow oscillations by eigenvalue
stability analysis
B.S. Bennett and R.J. Watt, Babcock & Wilcox Ltd.,
London England
- 6.4 Cancelled

- 6.5 On the structure of consistent equation sets to describe multiphase flow
H. Wundt, Joint Nuclear Research Center, Ispra Establishment, Reactor Physics Department, Research Reactor (Italy)

SESSION VII

"PHYSICAL MODELS, B"

Chairman: A. Kirchenmayer

- 7.1 Prediction of the onset of system-induced instabilities in subcooled boiling
John S. Maulbetsch, and Peter Griffith
Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, USA
- 7.2 The oscillation onset in a pressurized water natural circulation loop
C.A. Arneodo, G. Gaggero, P. Gregorio, E. Lavagno, R. Lazzerini, C. Merlini, B. Panella, A. Taricco,
Politecnico di Torino, Turin, Italy
- 7.3 The influence of the response characteristics of the heating rod on the stability and burn-out characteristics of a boiling channel
A.N.J. Verheugen*, F.J.M. Dijkman**, H.J. Lamein***, L.S. Tong****
*Reactor Centrum Nederland, The Hague,
**Technological University of Eindhoven,
***Rescona, Amstelveen,
****Westinghouse, Pittsburgh, USA.
- 7.4 A model for the dynamics of nuclear reactors with boiling coolant with a new approach to the vapour generation process
K.O. Solberg, and P. Bakstad,
Institutt for Atomenergi, Kjeller, Norway

- 7.5 The effect of slip ratio on the crucial boiling length in two-phase instability
Louis M. Shotkin, Brookhaven National Laboratory,
Upton, New York, USA

SESSION VIII

"PHYSICAL MODELS, C"

Chairman: C.L. Spigt

- 8.1 The mechanisms of hydrodynamic instabilities in boiling systems
L.G. Neal, S.M. Zivi, and R.W. Wright
TRW Systems, One Space Park, Redondo Beach,
California, USA
- 8.2 Comparative studies of mathematical hydrodynamics models applied to selected boiling channel experiments
T. Bjørlo*, T. Eurola**, R. Grumbach*, P. Hansson***, A. Olsen****, J. Rasmussen*****, K. Romslo*
*Institutt for Atomenergi, Halden, Norway
**The Finish Atomic Energy Commission, Helsinki, Finland
***Aktiebolaget Atomenergi, Stockholm, Sweden
****The Danish Atomic Energy Commission, Risø, Denmark
*****Institutt for Atomenergi, Kjeller, Norway
- 8.3 Stability problems of boiling water reactors
A. Kirchenmayer, H.E. Scholz
Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, AEG-Telefunken
Frankfurt, Germany
- 8.4A Flow excursions and oscillations in boiling, two-phase flow systems with heat addition
Novak Zuber, Department of Mechanical Engineering,
New York University, University Heights, New York,
N.Y. 10453

- 8.4B Liquid metals challenge to the traditional methods of two-phase flow investigations
N. Zuber* and D.E. Dougherty**
*Consultant, Mechanical Technology Incorporated,
Latham, New York, 12110.
**Senior Engineer, Mechanical Technology Incorporated,
Latham, New York, 12110.

SESSION IX

"PARALLEL CHANNEL STABILITY"

Chairman: H. Christensen

- 9.1 Two-phase flow oscillations in vertical, parallel, heated channels
John D. Crowley, Charles Deane, S. William Gouse, Jr.,
Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA
- 9.2 An experimental investigation of boiling channel flow instability
Donald F. d'Arcy, Atomic Energy of Canada Ltd.,
Chalk River, Ontario
- 9.3 Hydraulic Stability. An analysis of the causes of unstable flow in parallel channels
A.L. Davies, R. Potter
Atomic Energy Establishment, Winfrith, England
- 9.4 A computer code calculating steady or transient behavior of a fluid in a reactor core or a test loop
M. Fajeau, Commissariat à l'Energie Atomique, Saclay,
France

SESSION X

"FLOW REGIMES"

Chairman: H.K. Fauske

- 10.1 Cancelled

-30-

- 10.2 Cancelled
- 10.3 Interfacial disturbances and stable waves in two phase annular flow - An experimental study
H.S. Chung and W. Murgatroyd
Nuclear Engineering Department, Queen Mary College, London, England
- 10.4 Transition from churn-annular to annular flow
E. Rhodes, D.S. Scott,
Department of Chemical Engineering, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada
- 10.5 Heated wall-droplet interaction for two-phase flow heat transfer in liquid deficient region
Dr. Maurizio Cumo, Dr. Giovanni Elvio Farello,
Laboratorio Tecnologie Reattori, Centro Studi Nucleari della Casaccia, Comitato Nazionale Energia Nucleare, Roma, Italia.

SESSION XI

"COMPONENT AND SYSTEM DYNAMICS, A"

Chairman: L.S. Tong

- 11.1 Dynamic behaviour of a nuclear reactor control system based on two-phase fluid
Rinaldo Marcandalli, Aldo Parmeggiani, Guido Possa
CISE, Milano, Italy
- 11.2 Pressurizer dynamics. Part I. Digital analysis of pressurizer transients and comparison with experimental results
P. de Melker, D.G.H. Latzko,
Technological University of Delft, The Netherlands
- 11.3 Pressurizer dynamics. Part II. Response to load transients.
A. van den Honert, N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven, The Netherlands

- 11.4 Dynamic experiments on a scaled-down model of the coolant system of the CIRENE reactor
Giovanni Peterlongo*, Guido Possa*, Giulio Valli**,
*CISE, Milano, Italy - ** CNEN, Roma, Italy
- 11.5 The behaviour of a vertical U-tube steam generator during load variations, J.A. Heil, B.H. van de Wijngaert, Reactor Centrum Nederland, The Hague, The Netherlands.

SESSION XII

"COMPONENT AND SYSTEM DYNAMICS, B"

Chairman: F. Akerhielm

- 12.1 BWR stability considerations resulting from Garigliano Research and Development program
J.A. Hodde, C.L. Howard, R.T. Lahey, R.O. Niemi
General Electric Co., Atomic Power Equipment
Department, San Jose, California, USA
- 12.2 Dynamic coupling experiments conducted in-pile using adjacent boiling channels
T.J. Bjørlo, R. Grumbach, V. Tosi
OECD Halden Reactor Project, Halden, Norway
- 12.3 Description of a mathematical model for two-dimensional analysis of boiling water reactor transients
Jon Rasmussen, A.O. Waagbø,
Institutt for Atomenergi, Kjeller, Norway
- 12.4 Cancelled
- 12.5 A non-linear analog model for boiling loop dynamics and its application in reactor stability
G. Vayssier, Technological University of Eindhoven,
The Netherlands

SESSION XIII

"RAPID TRANSIENTS"

Chairman: R. Morin

- 13.1 Pressure and flow variations during potassium vapor generation
C.J. Baroczy and L. Bernath
Atomics International, Canoga Park, California, USA
- 13.2 Transient two-phase flow following sudden vaporization
Ralph M. Singer, Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois, USA
- 13.3 Out-of-pile study of the thermal and hydrodynamic phenomena occurring in a power excursion
S. Elberg and M. Nyer, Commissariat à l'Energie Atomique, CEN/Grenoble, France
- 13.4 A measurement technique for voiding transients in two-phase flow
F. Biagioli (CISE, Milan, Italy) and A. Premoli (CNEN, Rome, Italy)
- 13.5 A nonlinear multinode transient study for a boiling water reactor
H. Karwat, Institut für mess- und Regelungstechnik, Technische Hochschule München, Germany
- 13.6 Void fraction measurements in a two-phase flow NaK-Argon
B. Milliot, J. Lazarus, J. Ph. Navarre, EURATOM, Centro Comune di Ricerca, Ispra, Italy
- 13.7 Liquid sodium superheat and water ejection experiments
G.C. Pinchera, G. Tomassetti, G. Gambardella, G.E. Farello
Laboratorio Tecnologie Reattori, CSN Casaccia, CNEN, Rome, Italy

§ 1. 地方グループ活動

1. 東海研究グループ

昭和42年12月16日於名古屋大学工学部機械工学科

a. 赤外線による乾燥機構について

名古屋工業大学 有馬 文次

赤外線の熱エネルギーを利用する乾燥機構の特色は試料の性質による輻射線の吸収条件が乾燥機構に及ぼす影響である。繊維に含まれる水分が蒸発乾燥する条件によつて、試料各部の温度が時間と共に変化する現象を実測して、乾燥機構の考察を試みた。繊維の試料による乾燥の結果は、試料に含まれる毛管水及び吸着水が乾燥の条件を支配しながら多孔性物体特有の Fig.1 に示された乾燥速度曲線を画くことが認められた。

一般に乾燥特性曲線は熱と物質の同時移動の現象として次の如く求められる。

$$R = AI + 2h(T_A - T) = \frac{1}{A'} \frac{dw}{dt}$$

A : 膜の吸収率

I : 輻射強度

h : 膜の熱伝導率

T_A : 空気の温度

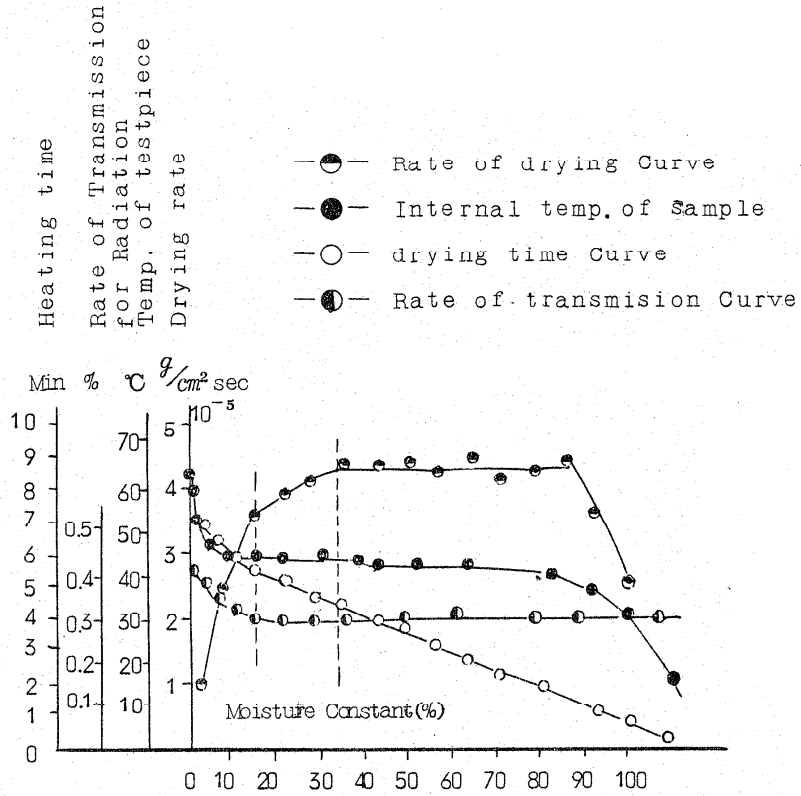
T : 試料の温度

A' : 試料の表面積

w : 蒸発水分量

t : 乾燥時間

Fig.1 は木綿繊維1枚を用いて、赤外乾燥を行つた結果である。乾量含水率を基準として求めた乾燥速度曲線、乾燥時間曲線、乾燥時間の



Fh Fig.1

経過によつて変化する輻射線の透過曲線である。乾燥速度曲線は恒率乾燥から30%前後の限界含水率を境に含水率が直線的に減少する減率第一過程に入る。薄い布については水分分布曲線が求められないために内部水分の拡散機構が推定し難いが、最終的段階において吸着水分の蒸発が乾燥曲線に与へる影響は、温度上昇曲線及び輻射線の透過曲線も併せて考察した場合、乾燥速度曲線に減率第2段の様な曲線変化を見せている。

乾燥効率を上げるため、輻射線の試料通過のために生ずる熱エネルギーの損失を防ぐために試料を5枚重ねて十分に熱エネルギーを吸収させ

て乾燥を行った結果が Fig.2 である。Fig.2に見られる如く、此の場合には明かに減率乾燥第2段の存在が認められる。試料の重ね合せによつて試料間に生ずる毛管壁の断層がこの曲線の結果に大きな影響を与えて減率第2段を生ずる原因を作ることも考へられる。試料を5枚積み重ねた場合の実験結果を水分分布曲線として Fig.3 に求めた。(B)部分

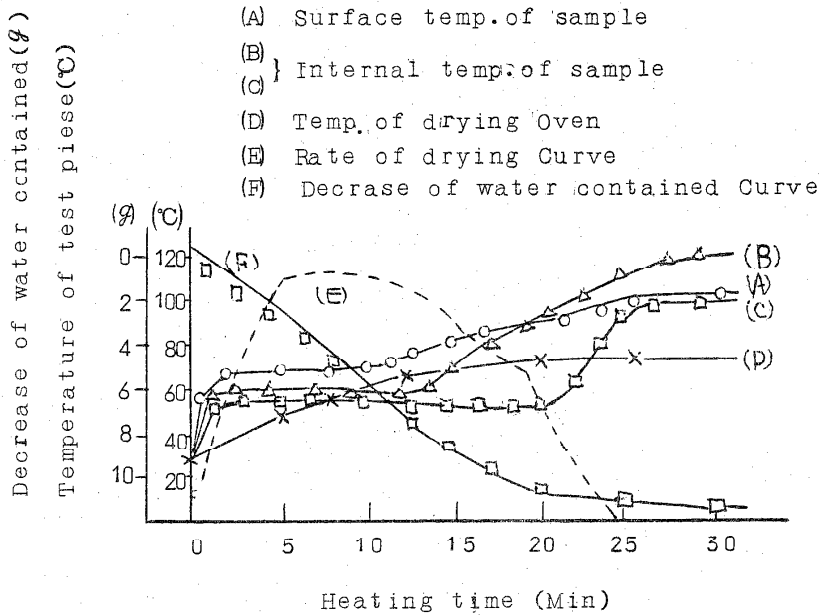


Fig.2

は恒率乾燥、(C)減率乾燥第一段、(D)減率乾燥第2段の条件を与へている。

輻射線の試料内部への浸透の結果、熱エネルギーの試料内部の蓄積となり、温度上昇曲線は Fig.2 に見られる如く、減率乾燥第1段終末期に於て、表面層温度より内部温度が上昇する現象が見られ、赤外乾燥の良好な乾燥機構の一因が認められる。乾燥過程における熱エネルギーの透過の状態が Fig.4 に示されている。繊維の乾燥状態の終了の時期の条件が従来、計算による場合は、判別し難い状態にあつたが、透過曲線を用いた場合、図の如く正確に確認することが出来る。透過曲線と乾燥

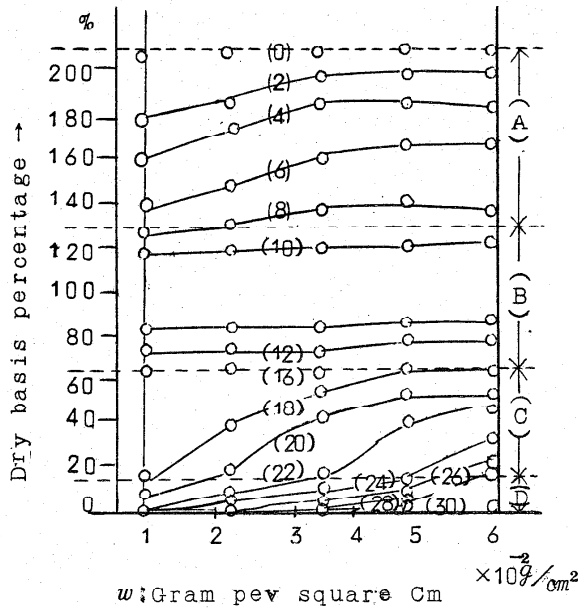


Fig. 3

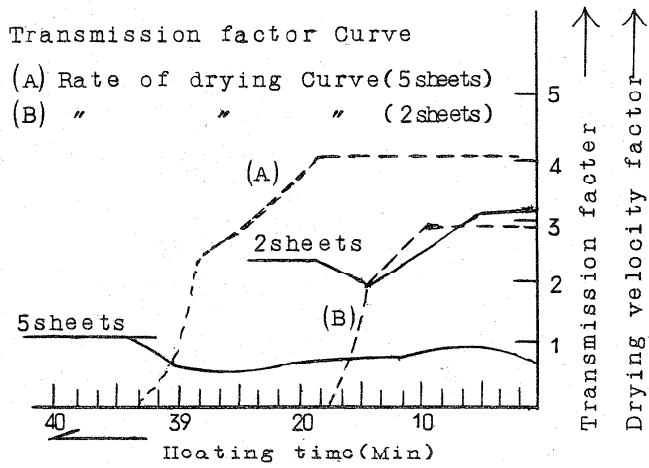


Fig. 4

機構の関係は次回に報告する。

参考文献

- 1) B.Arima. Effect of infrared radiation on dehydration of wood. 名古屋工業大学学報(1965)
- 2) B.Arima. Drying by selective absorption of infrared Ray. 名古屋工業大学学報(1966)
- 3) B.Arima. Study on the mechanism of falling rate Period in infrared drying III. 名古屋工業大学学報(1967)

b. 乾燥におよぼす表面抵抗の影響

名古屋大学工学部 杉山幸男・架谷昌信
中村正秋・森下 正

乾燥操作は多孔質固体に含まれる水分を蒸発除去することを目的とする操作で熱と物質の同時移動操作として考えられる。固体の内部あるいは表面において蒸発などの相変化を伴う熱と物質の同時移動現象を解明するためには、固体内部における移動と固体表面(あるいはその近傍)における移動とを両者の相関の下に検討する必要がある。とくに固体表面における移動は固体内部における移動を表わす微分方程式の境界条件として与えられるものであるが、従来この方面の体系的な研究例は少ない。ここではまず第1歩として、表面における物質移動抵抗を人為的に変化させ試料内温度分布、乾燥速度におよぼす影響を実験的に考察し、くわえて表面抵抗の工業的な利用についても検討した。

1. 実験

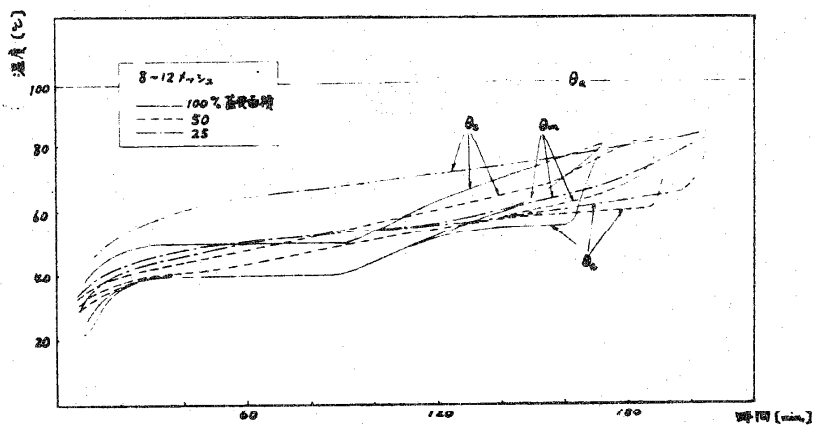
試料としては多孔質固体の内部構造をわより易くするために次のごとく内部空隙サイズの異なる粘土焼成球を用いた。カオリン系粘土粉に8~12, 20~32, 60~65, 100~200メツシユの各粒径の

ピッチコークス粉末を重量比で50%割合に混入し、少量の水でよく混合した後、オイルプレスで加圧成型し、乾燥器内に2、3日間低温で放置する。つづいて焼成炉で約900℃の高温で炭素分を燃焼しきるまで焼き、冷却後直径5cmの球に切削する。このようにして調整された多孔質固体球は約70%の空隙（量論的には65%）をもち、空隙サイズが加えたピッチコークス粒径によつて異なる試料が得られる。また乾燥実験は放射型電気炉にて行なう。実験装置ならびに実験方法などについては文献¹⁾を参照されたい。

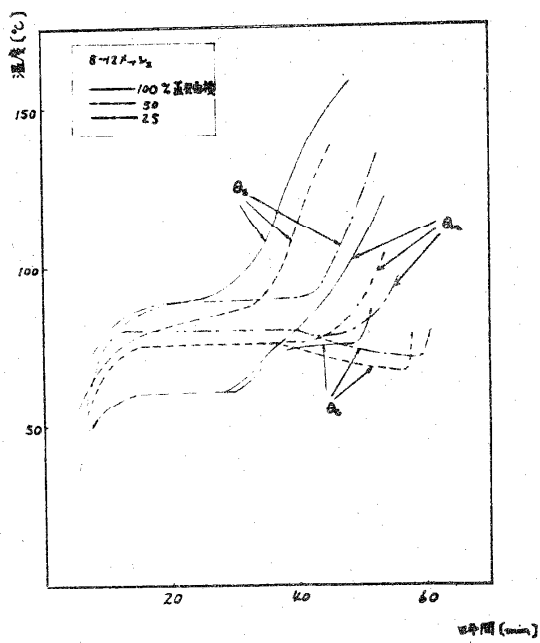
表面抵抗を人為的に変化させるために試料球全表面積の約50%および約25%の表面蒸発面積を有するように人造皮革に直径 $3\frac{m}{m}$ の穴をポンチで全表面にほぼ均一にあけ、試料表面に糸でぬいつける。人造皮革はその中に含まれる水分を少なくするために $0.2\frac{m}{m}$ 程度の薄いものを用い、試料表面を密着するように熱処理をほどこすことによつてほぼ完全にできた。

2. 結果

8~12メッシュのピッチコークス粉末を焼いた粘土球について蒸発抵抗膜をつけない100%蒸発面積を有するもの、50%の蒸発面積を有するもの、25%の蒸発面積を有する試料について、加熱温度が100℃、200℃の場合の初期含水率が約40%である乾燥実験結果をそれぞれ図1、2に示す。温度経過をみると、抵抗膜のない場合には第1段安定温度、第2段安定温度が顕著に表われてくるが、抵抗膜をつけた場合には恒率乾燥期間が存続するにもかかわらず、この温度経過が表われず200℃の場合には第1段安定温度より高い温度で均一に保たれた後、いつたんだがつて乾燥を終了する。100℃については試料内温度分布が小さく、徐々に温度が上昇していく。乾燥はより高速で行なうような種々の方法が考えられているが、熱エネルギーにのみ限れば高温が必要となる。しかし高温条件下では、時間的、場所的に温度分布、含水率分布に大きな差を生じ、乾燥収縮、クラックの原因となる。推測の域ではあるが、表面蒸発抵抗膜をつけた場合の結果からみて、温度分布に時間的、



☒ - 1



☒ - 2

場所的に大きな変動はなく、また乾燥速度もたいして減少しないことなどから工業的利用に向けられる可能性があると思われる。次に乾燥過程の後期、水分が蒸気状でのみ移動する場合に限って述べる。蒸発抵抗膜をつけない加熱実験結果を200℃(図3)、100℃(図4)について示す。加熱温度が200℃の場合には各試料の固相内温度分布に差異が

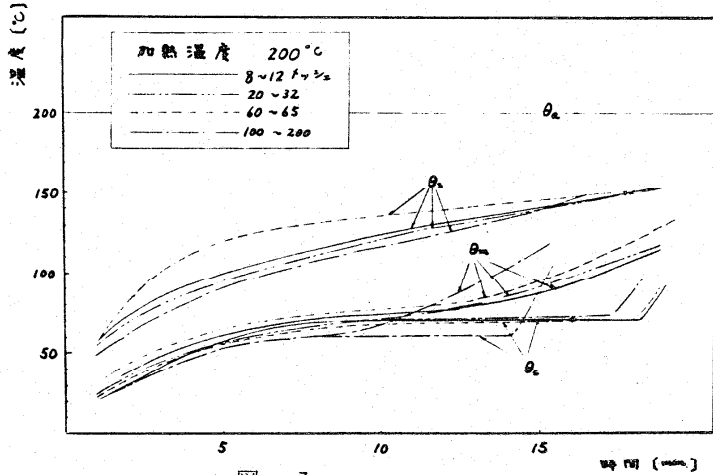


図-3

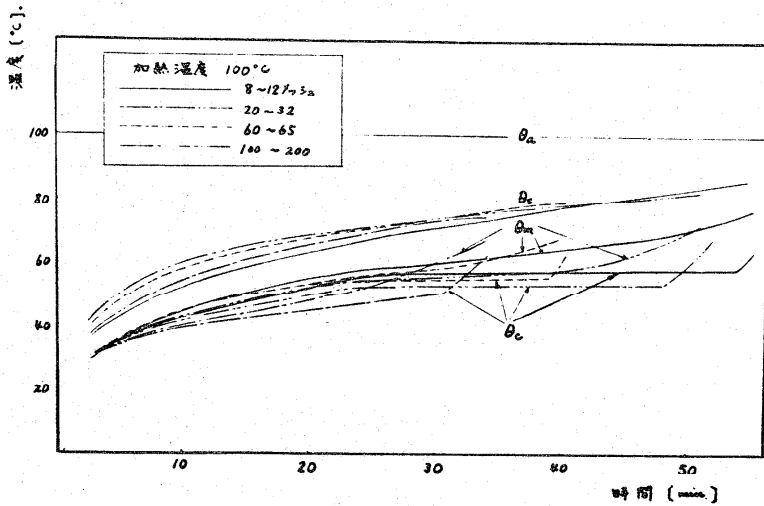
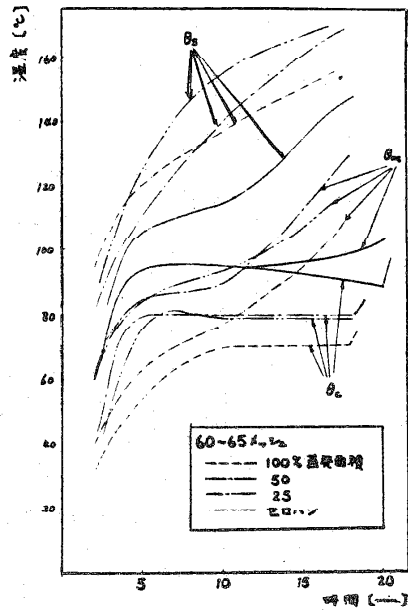
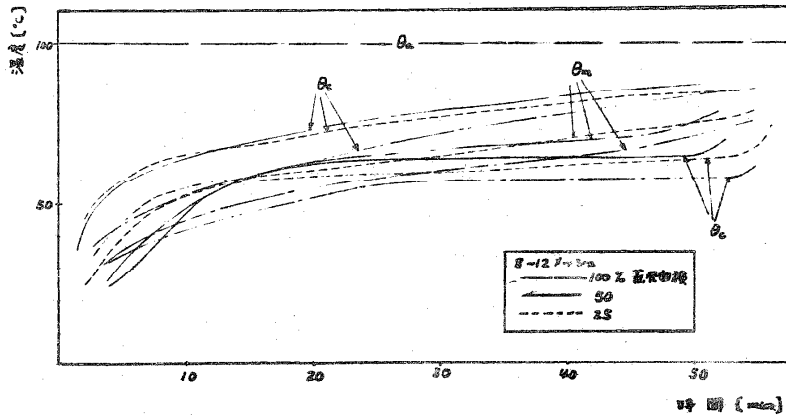


図-4

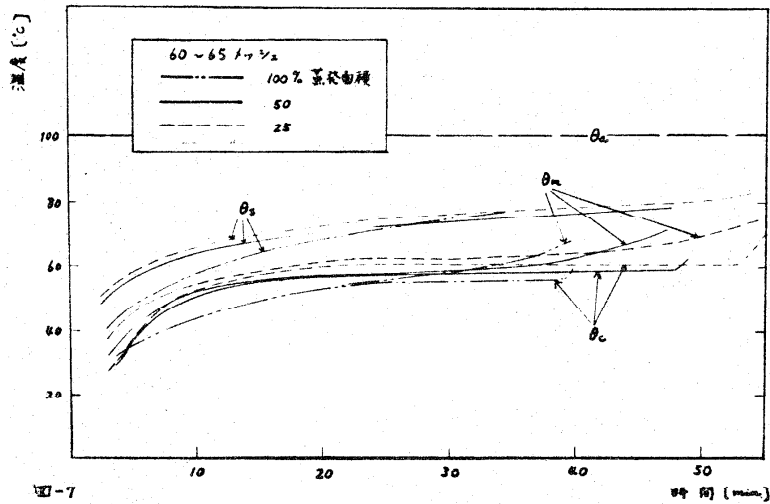
認められないが、100℃の比較的低温加熱域ではこの差異が顕著となり、先に報告²⁾した局所的相変化速度の与える影響と考えられる。蒸発抵抗膜をつけた結果を加熱温度が200℃の場合について空隙の大きさが60～65メツシユの試料をその1例として図5に示す。抵抗膜をつけると高い安定温度を示すが、中心温度の立上がり時間に変化はなく、他の試料についても同様な結果が得られた。加熱温度が100℃の場合に8～12、60～65メツシユの試料の結果を図6、7に示す。8～12メツシユの試料では50%の蒸発面積の場合には安定温度は高くなり奇異なことに完結時間が抵抗膜をつけない場合より若干短くなっている。60～65メツシユの試料については蒸発面積の減少につれ、完結時間は長くなっている。いま2つの試料で同じ蒸発面積を有する場合に



図—5



図—6



図—7

ついて比較すると、蒸発抵抗膜をつけない時には局所的相変化速度の影響により、内部空隙サイズの異なる試料によつて明らかな差異が生じたのに、同じ蒸発抵抗膜をつけるとこの差がなくなってしまう。これは本質的には局所的变化速度は異なるものであるが、蒸発抵抗のために発生蒸気の拡散がおさえられ、したがつてみかけ的に蒸発速度が同じになると考えられる。ただし、以上は先に報告した理論²⁾によつて系統的に検証できるが、ここでは省略する。

文 献

- 1) 杉山，鬼頭，架谷，森下
化学工学 31, 1081 (1967)
- 2) 杉山，架谷，森下
第6回総合シンポジウム講演前刷集
(化学工学協会)(1967)

2. 北海道研究グループ

昭和43年1月20日 於北海道大学工学部機械工学科会議室

a. 動水中の氷層の成長

(平板上における動水の凍結に関する一考察)

北海道大学工学部 尾崎 脩

動水では氷表面の熱伝達率 h_f は場所および時間に関して変化する。そこで氷厚は時間と場所の関数の積で表わされるとし、その関数形について考察を行なった。ただし、流れは強制層流、冷却壁は平板である。図1に解析モデルを示す。

氷厚 $S(x, t) = f(x) \cdot g(t)$ とし、 $0 \leq t \leq \infty$ で $0 \leq g(t) \leq 1$ とする。 $f(x)$ は熱伝達率 $h_f(x \cdot t = \infty)$ と次式のような関係をもつ。

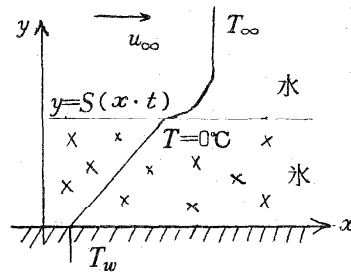


図1 解析モデル

$$f(x) = \frac{\lambda_i T_w}{T_\infty} \times \frac{1}{h_f(x \cdot t = \infty)} \quad (1)$$

任意形状まわりの熱伝達率は Smith Spalding Shah によつて与えられている。

$$Z = \frac{A}{(u_\infty / u_0)^B} \int_0^{l/L} \left(\frac{u_\infty}{u_0} \right)^{B-1} d\left(\frac{l}{L} \right) \quad (2)$$

$$h_f(x \cdot t = \infty) = \frac{\lambda_l}{L} \frac{1}{\sqrt{Z}} \sqrt{\frac{u_0 L}{\nu}} \quad (3)$$

任意形状まわりの主流速度は、任意形状と一致する流線を形状内に分布させたダブレットの強さを適当に決めることで求められる。

$$\frac{u_\infty}{u_0} = \left\{ \left(1 + \frac{f(x)}{\sin^{-1} \sqrt{f^2(x) + x^2}} \times \frac{x}{f^2(x) + x^2} \right)^2 + \left(\frac{f^2(x)}{\sin^{-1} \sqrt{f^2(x) + x^2}} \times \frac{f^2(x)}{f^2(x) + x^2} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

式(1), (2), (3)より

$$\frac{df^2(x)}{dx} \frac{L}{\left(1 + \left(\frac{df(x)}{dx}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}} \frac{u_\infty}{u_0} + \frac{d\left(\frac{u_\infty}{u_0}\right)}{dx} \frac{BLf^2(x)}{\left(1 + \left(\frac{df(x)}{dx}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}} = \frac{A}{C_1} \quad (5)$$

$x \rightarrow \infty$ では氷形状の先端の影響はほとんどなくなるので $f(x) \propto \sqrt{x}$ と考える。 $f(x) = a_0 \sqrt{x}$ として式(5)に代入すると、つぎの関係が求められる。

$$a_0 = 0.78 \frac{\lambda_i T_w}{\lambda_l T_\infty} \sqrt{\frac{\nu}{u_0}} \quad (6)$$

$x \rightarrow 0$ では氷形状は先端の影響をうけるので、 $f(x) = a\sqrt{x}$ の a の値として

$$a = a_0 + b e^{-cx^2} \quad (7)$$

をとる。図2は式(7)の a の値と実験より求めた a の値とを比較している。図3は a をもちいたときの氷層の形状 $f(x)$ の値と実験値とを比較したものであるが、両者がかなり良く一致しているので a の値を式(7)のようにおいてよいと考える。 $t \rightarrow 0$ では流れから伝わる熱量は氷の潜熱に比して小さいので、 $g(t) \propto \sqrt{t}$ と考える。 $g(t) = k\sqrt{t}$ として実験値より求めた k と t との関係を図4に示す。 $g(t)$ の関数形を見出すことが今後の課題である。

記号

A, B : プラントル数より定まる値

$$C_1 : \lambda_i^2 T_\infty^2 u_0 / \lambda_i^2 T_w^2 \nu L$$

$$i : \int_0^x \sqrt{1 + \left(\frac{df(x)}{dx}\right)^2} dx \quad \nu : \text{水の動粘性係数}$$

L : 代表長さ

t : 時間

T_w : 冷却平板温度

T_∞ : 水の主流温度

u_0 : 水の近より速度

u_∞ : 水の主流速度

x : 先端よりの距離

y : x に直角方向の距離

λ_l : 水の熱伝導率

λ_i : 氷の熱伝導率

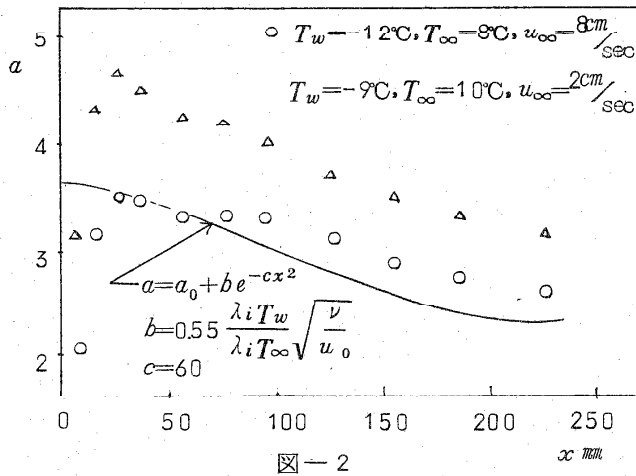


図-2

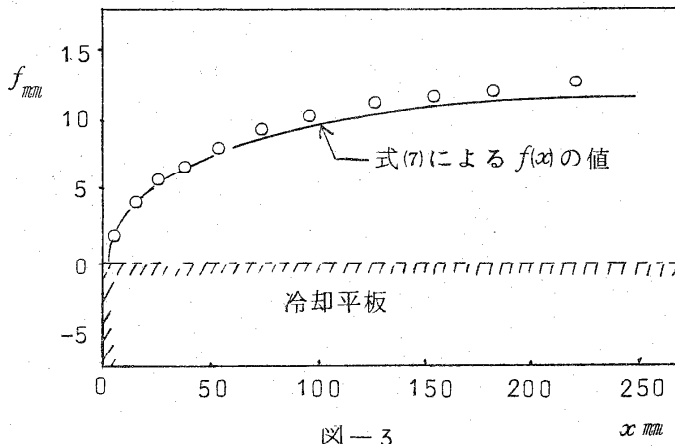
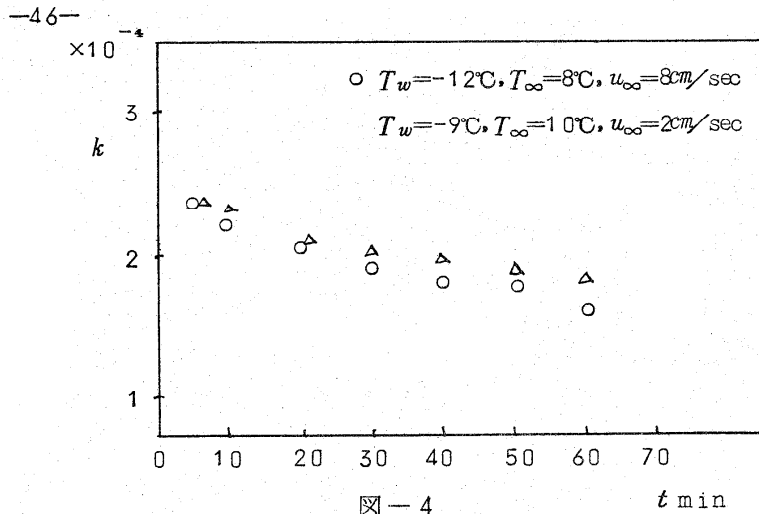


図-3



6. モンテカルロ法によるふく射熱伝達の解析

北海道大学工学部 谷口 博, 糸井 等

火炉内のふく射熱伝達は以前より研究されているが、通常、火炎および燃焼ガスの吸収係数が等しく、吸収係数が温度の関数でない場合について解かれている。しかし、実際に多く存在する輝炎の場合には、火炎の吸収係数が燃焼ガスに比べ大であり、また、吸収係数はいずれも温度の関数であることが知られている。とくに、ガスふく射を解析する場合問題となるのは、ふく射に関与する波長域が限定されていることである。

本研究では以上のことを考慮し、下記の条件の下で解析を進めた。無限大平行2平面間の中央部に図1のごとく火炎が存在し、その両側に燃焼ガスが存在している。また、熱伝達はふく射のみにより行なわれ、対流および伝導による熱伝達はないものとする。ただし、火炎および燃焼ガスふく射能は式(1)、(2)により表わされるものとした。

$$E_f = (1 - e^{-KP_f(T)l}) F(T) \sigma T^4 \quad (\text{火炎}) \quad (1)$$

$$E_g = (1 - e^{-KP_g(T)l}) F(T) \sigma T^4 \quad (\text{燃焼ガス}) \quad (2)$$

ただし $KP_f(T), KP_g(T)$: 分圧を考慮した吸収係数, $F(T)$
 : 波長域に対する補正值

数値計算を行うに際しては, モンテカルロ法を応用して, 火炎, 燃焼
 ガスおよび炉壁からのふく射をまとめて計算する方法を採用した。図 2.
 3 は計算した結果の一例を示したものである。

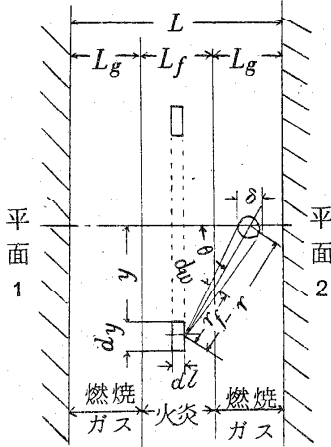


図-1

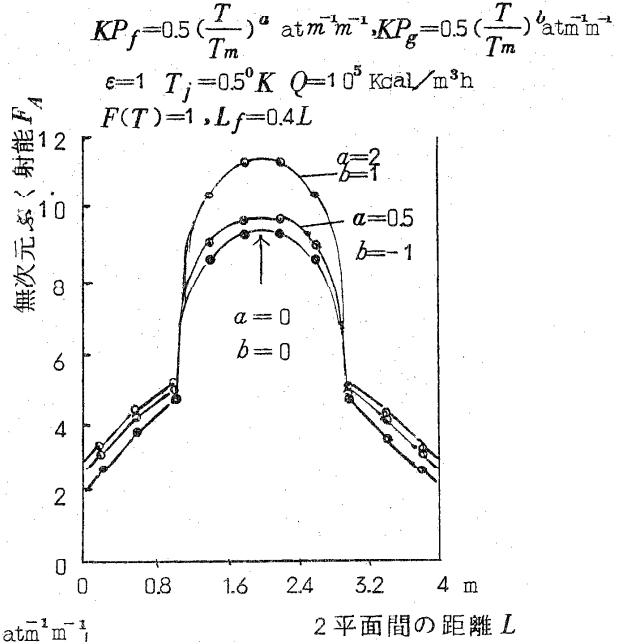


図-2

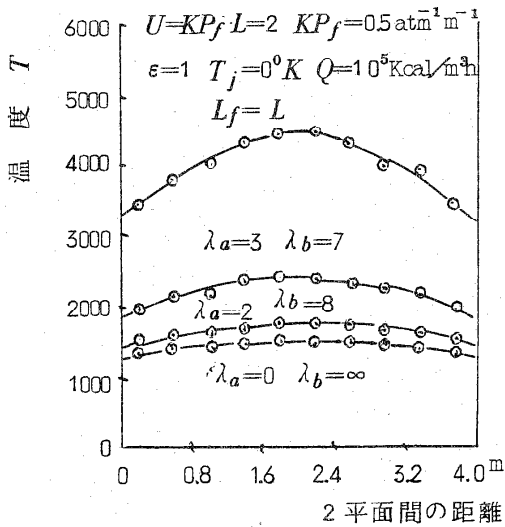


図-3

3. 東海研究グループ

昭和43年3月12日 於名古屋大学工学部機械工学科

a. 回転円板から対流熱伝達に関する研究

(第5報, 一様空気流中で回転する等温円板からの層流熱伝達に関する研究)

岐阜大学工学部 馬淵幾夫, 田中敏雄
豊和工業 KK 榊原幸宏

一様空気流中におかれた静止円板面上, および岐点を通る回転軸線上の静圧分布を測定し, かつ流れの場の観察を行い, 風洞出口からの回転円板設定位置, 軸流速度の計測点, 加熱円板の寸法ならびに形状等を決定した。ついで鉛直面内で回転する円板からの熱伝達実験を等温表面という条件のもとで非定常法(冷却法)を用いて行い, 軸流により熱伝達特性におよぼす影響を種々の軸流速度, 回転速度の組合わせについて実験し, 第2報⁽¹⁾の理論解析結果と比較を行つた。

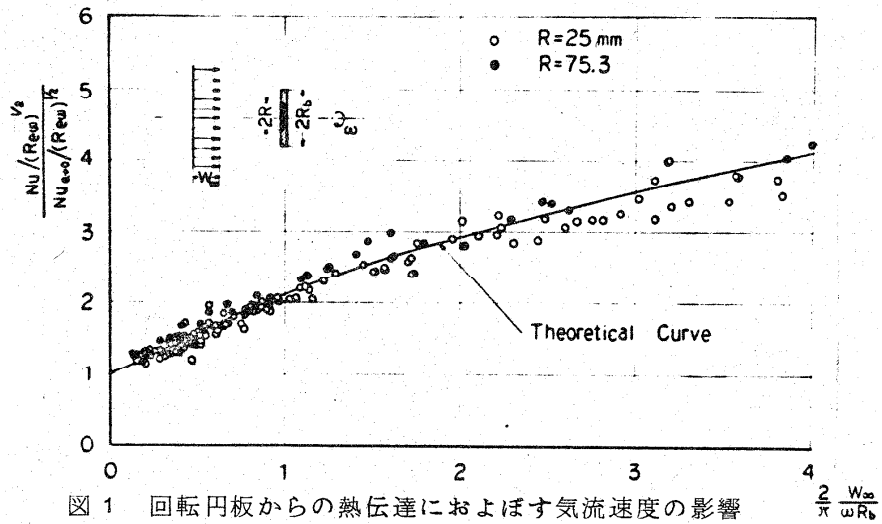


図1 回転円板からの熱伝達におよぼす気流速度の影響

以上の主旨にもとづいて行つた実験のうち, 回転と軸流が共存する場合 ($a/\omega \neq 0$) について示す。図1は静止流体中で回転する円板からの熱伝達に対する気流速度の影響を知るため $R=25\text{ mm}, 75.3\text{ mm}$ の二

種の円板について $Nu/\sqrt{Re\omega}$ の値を静止液体中で回転する場合の基準値 $[(Nu/\sqrt{Re\omega})_{\omega \rightarrow 0} = 0.380]$ で無次元化し、 a/ω について整理したものである。図2は一樣流中におかれた円板からの熱伝達に対する回転の影響を知るため、前記の二種の円板について Nu/\sqrt{Rea} の値を一樣空気流中の静止円板に対する基準値 $[(Nu/\sqrt{Rea})_{\omega \rightarrow 0} = 0.70]$ で無次元化し、 ω/a について整理したものである。実験値はいづれも第2報で求めた理論曲線をほぼ満足する。

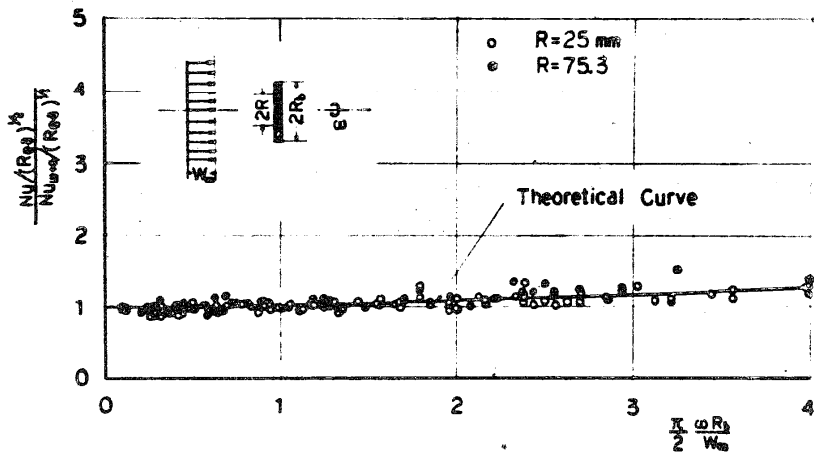


図2 静止円板からの熱伝達に対する回転の影響

これらの結果から明らかのように一樣空気流中におかれた静止円板に対しては、 ω/a が大きい場合でも、回転の影響はさほど大きいものではない。しかし回転円板からの熱伝達に対する軸空気流の影響はかなり顕著である。

記号 a/ω ; 軸流速度比 ($a = \frac{2}{\pi} \frac{W_{\infty}}{R_{\infty}}$) , R ; 伝熱面半径,
 R_b ; 回転円板半径, $Re_{\omega} = R^2 \omega / \nu$; 回転レイノルズ数, $Re_a = R^2 a / \nu$;
 軸流レイノルズ数, Nu ; ヌセルト数 (代表長 R) , W_{∞} ; 一樣流速度,
 ω ; 回転角速度

文献 (1)馬淵ほか, 機械学会論文集, 33-248 (昭42-4)

b. 対向静止円板をもつ回転円板の熱および物質移動

豊田工高専 井 口 朗

静岡大工 泉 亮太郎

タービン翼車をモデル化した Shroud をもつ回転円板よりの熱および物質移動の実験として本題を取扱った。この様な試みは J.W. Mitchell ら, F. Kreith らも取扱っており, 回転円板よりの熱伝達がモデルとしての基礎的実験より具体化された問題として取扱われている。

こゝで我々の得た結論として次のことが観察された。

- (1) 回転円板と静止円板との間の間隙を小さくすると Sh_m, Num は共に減少する。
- (2) 静止円板の径を回転円板の径よりも小さくして間隙を非常に小さく $c = 1 \text{ mm}$ 程度としたとき(1)の傾向はこゝで急に増大することが認められた。
- (3) Sh_m の(1)(2)の傾向に対して Num は共に相似関係をもち $K_{cm}/\alpha_m = 1.30 \sim 1.35$ の値をもつ。

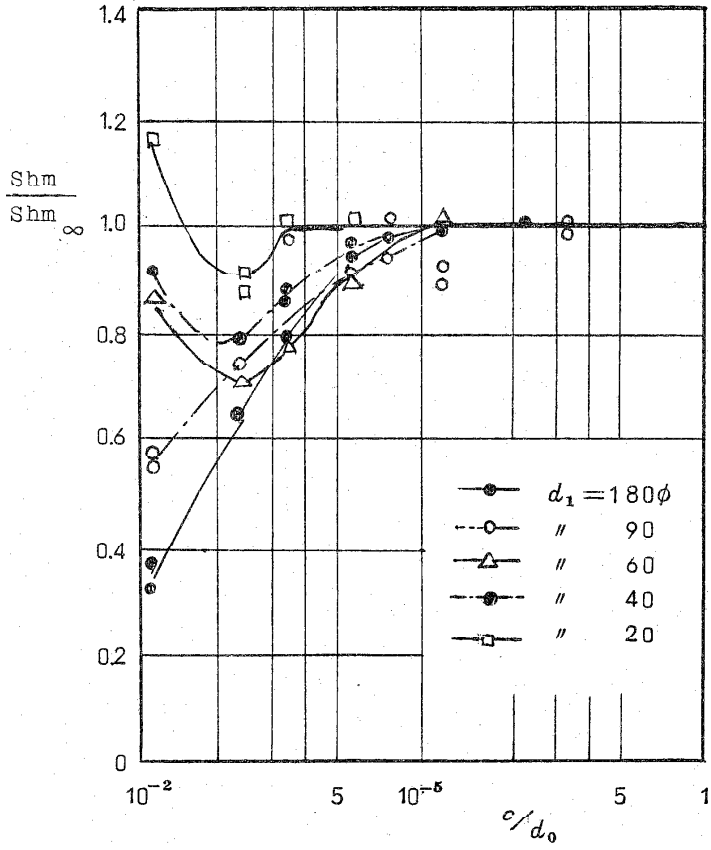


图-1

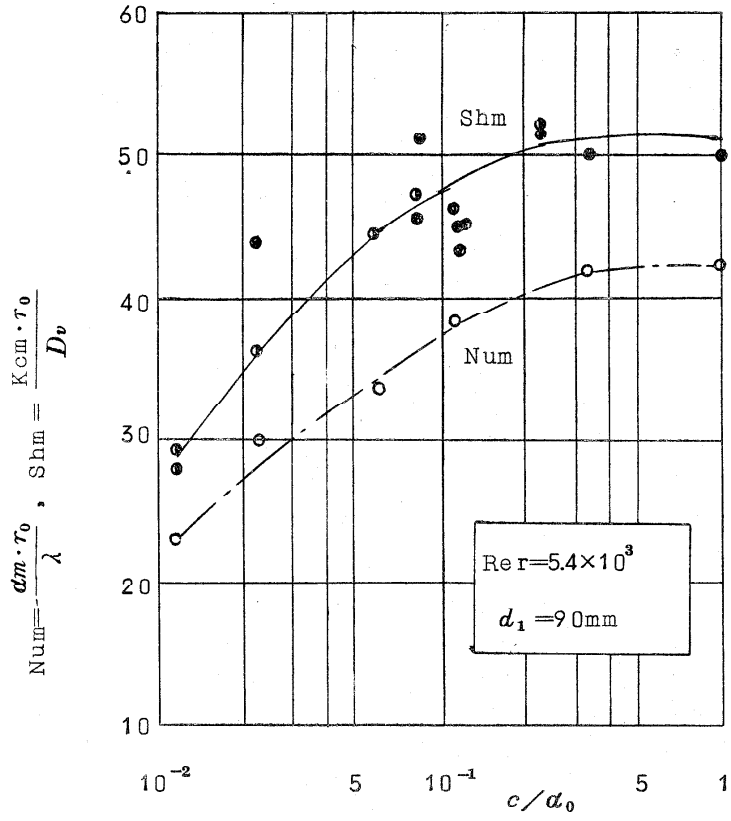


图-2

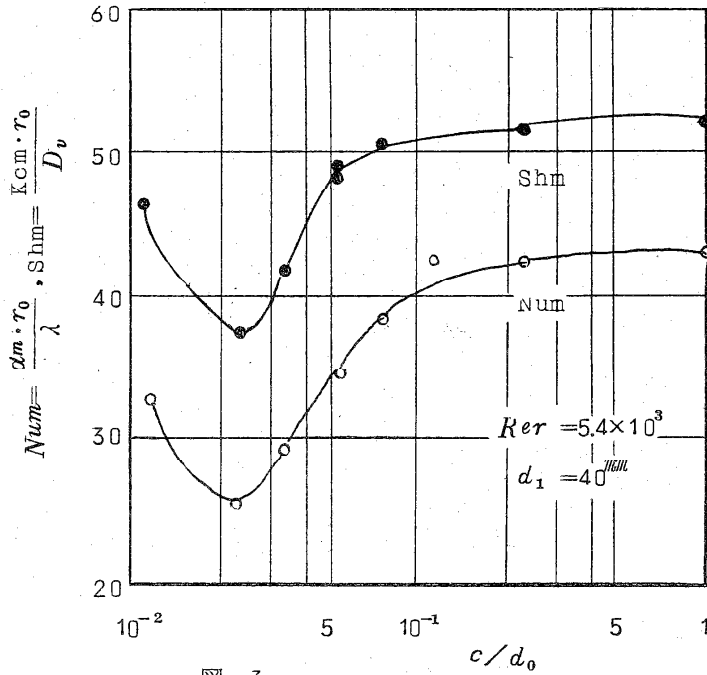


図-3

c. ボルテックスチューブに関する研究（うず室曲りの影響）

名古屋大学工学部機械工学科

高浜平七郎・谷本和彦

すでに報告したところによれば、^{(1)~(5)} ボルテックスチューブのうず室の必要長さは内径の数十倍となり、しかもこれを直管で作るのが普通である。スペースの制限によりうず室を曲げたい場合があると思われるが、うず室の曲りの影響についてくわしく実験した結果は報告されていない。

本実験に使用したボルテックスチューブ装置の主要部は、これまでに報告したものと同様のもので図1に示すように、うず室、その一端の周囲に設けた羽根ノズル・ノズル近傍に設けた冷氣抽出オリフィス・他端

に設けた流量比調整弁・流量測定用オリフイス等から成る。羽根ノズルおよび冷気抽出オリフイスの諸元は既報の結果⁽⁵⁾を参照し、表1および図2に示す値を選定した。今回の実験では、直管で作つたうず室の場合にエネルギー分離作用がまだかなり行なわれている断面を選び、ここに曲り始めの位置を置いた。図3に使用した各種エルボの形状と内部気流測定断面の位置を示す。エルボの曲率半径 R はうず室 B 、 C および D では $R = r_w$ (r_w はうず室内半径)とし、うず室 E では $R = 5 r_w$ とした。これらの選定に関しては、ポンプ吸込管における曲りの影響に関する村上、部谷の研究⁽⁶⁾を参照した。

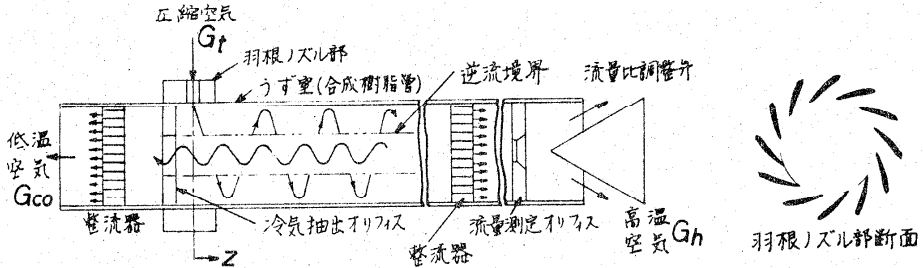


図1 装置概略

表1 主要諸元

羽根ノズル			冷気抽出オリフイス			
羽根角度 deg			幅	開口比	口径	開口比
内側	外側	平均	b mm	F_n/F_t	d_0 mm	F_0/F_t
18	34	26	4.77	0.167	26.5	0.252

F_t : うず室断面積

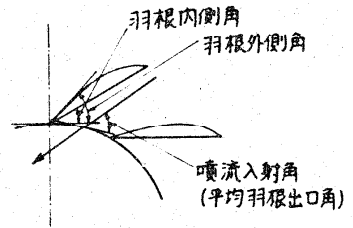


図2 羽根ノズル

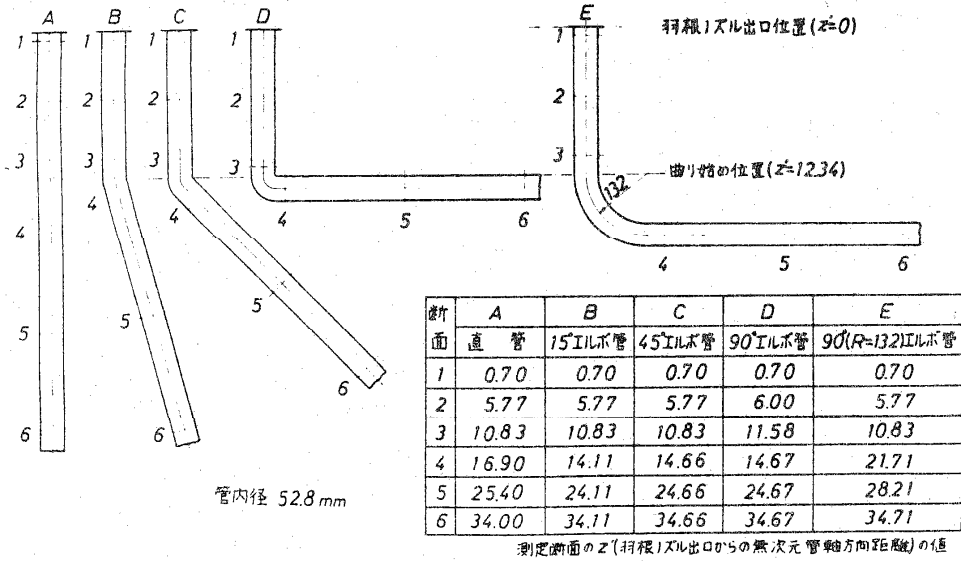


図3 エルボの形状と内部気流測定断面位置

各曲り管の場合に関する測定結果と直管の場合に関する測定結果を比較検討した結果、つぎの結論を得た。

- (i) 曲率半径が小さい曲りの場合は、曲り角の大きさに比例して影響が現われるが、15度程度の曲り角ではその影響は極めて小さい。
- (ii) 曲り角90度の場合でも曲率半径を内半径の5倍以上にとれば曲りの影響は極めて小さくなる。

文献

- (1) 高浜・川島；Memoris of the Faculty of Engng., Nagoya Univ, 12-2 (1960-11), 227.
- (2) 高浜；機械学会論文集, 30-219 (1964-11), 1419.
- (3) 高浜・曾我；機械学会論文集, 31-225 (1965-5), 787.
- (4) 高浜；機械学会論文集, 32-235 (1966-3), 503.
- (5) 高浜・田中；機械学会論文集, 33-253 (1967-9), 1411.
- (6) 村上・部谷；機械学会論文集, 31-227 (1965-7), 1106.

寄 書

§ 1. しばれる話

北海道大学工学部機械工学科 斎藤 武

北海道弁を代表するのに「しばれる」という言葉がある。寒いという意味だが、本来は0℃以下になる寒さ、水が凍ってしまうほどの寒さのときに使うものだとおもう。部屋の中の花瓶の水が凍つたり、台所でしょう油が凍つたり容器が壊れたりするとき、「今朝はえらくしばれるなあ」となる。水道係が給水管の凍結破壊で急に忙しくなるのは、このようなしばれる朝のことである。近ごろは、家屋構造もよくなり、暖房もゆきとどくようになつたので、外は寒くても、部屋の中で水が凍ることも少なくなつて、しばれる実感が薄くなり、自然「しばれる」も以前ほどは使わなくなつてきている。

アイヌ語で氷のことをラツプと言うが、これは「融けるもの」の意であると、アイヌ語学者から聞いたことがある。われわれは水の状態は液体とみるので、固体に変わる。「氷る」ことから氷の名が出ているのに、一年の過半をつめたい雪に覆われて生活していたアイヌには、水の状態は固体であつて、氷の存在は春の陽光で融けるとき認識されたのであろう。

水の凍結、氷の融解に関する研究は日常身近かな問題であり、ずい分昔から行われているが、製氷のような応用面の研究も含めて、地味な研究が時折思い出したように今日も発表されているのは、このテーマが古いようでも仲々魅力のある証拠であろう。しばれることに縁の深いわれわれもこの頃この問題を取りあげているが、理論的検討に多くの興味があり、応用面が広いうえ、実は実験が安あがりのできるのが魅力なのである。

動かない水の凍結は、移動する熱吸収源を間にはさむ2層物体の熱伝導問題になる。これも正面から理論にとり組むと甚だ厄介なものであるが、近ごろは厄介を引きうけてくれる電子計算機のお蔭で、式を簡略化し階差法による数値解法などを使つて解を出し、実験結果との比較を行っている。静止している水の中に0℃以下の低温面を入れると、冷えた水は低温面近くで自然対流をおこして動きはじめるが、水の密度は4℃で最大となるので、水温によつて低温面近くの水が上向きに動いたり、下向きになつたり、また2つの現象が同時に起つたりするのは、当然のことであるが観察していて楽しいことである。氷の生長を見ていると、水の面は徐々に一様に厚くなるのではなく、あちらにポツリ、こちらにポツリと場所的にまた時間的にランダムに氷の結晶が生まれ出るので、この結晶の形状や大きさが冷却速度によつて変つてくるのが判る。インゴットの中で溶鋼が凝固するのも似た過程を経ることであろう。鋼塊の性状は凝固の過程で決ると言われるが、鋼塊凝固の際におこる偏析や巣孔の発生を水の凍結で再現した古い有名な実験があるが、伝熱の理論計算でその裏付けができるのでなからうか。また、鋼材の熱処理過程で A_3 、または A_{c1} 変態点を通過するときの内部の温度変化の推定にも同じことが言えよう。温度の関数としての比熱、熱伝導率や変態熱が判ると計算にのるが、ここでも緩冷するときと、焼入れのときのように急冷するときで結晶格子が異つてくるのが、伝熱学的には厄介だが面白い点であろう。鑄物砂の中の鑄鉄の凝固も温度変化の解明に結晶構造や体積変化を結びつけると、何か新知見が生まれ出るかも知れない。

動いている水が低温面にふれて凍結してゆく過程も、強制対流の伝熱として多くの実用上の価値があるとおもう。水冷の機械装置で底部に水抜き孔をつけさえすれば、必ず水は抜けるものと考えるのは、暖国育ちの設計者の知恵である。しばれるときは水は流れながら次第に氷の層が厚くなり水抜き孔をふさいでしまうことがある。使っているうちに水道管が氷結して破壊することは、保温不十分な管でしばしば経験することである。ガス管まで凍ることがある。常温の都市ガスの中に含まれる少

量の水蒸気が地下から露出して屋内に入る立ち上りのところで、霜となり、冷却凍結し、次第に管内径が小さくなり、台所のガスの出が悪くなり、ついには水でつまってしまうこともある。

過冷却の霧水が物にぶつかって氷結するのに樹氷がある。冬山で樹氷の花咲く斜面を一気に滑降するのはスキーのだいご味であるが、船のマストにつく樹氷は甚だ困る。厳冬のオホーツク海を航行する漁船では、海水のしぶきでデッキやマストに氷がついて生長する。これを枚置しておくで重心が次第に高くなつて、船は転覆の危険がおこるので吹雪の寒い夜半も何時間おきかに船員は身の安全のため、大ハンマーで氷をたたき落す仕事を繰り返さなければならないという。氷結のメカニズムの解明が、このような身近かな問題の解決に何とか結びつかないものであろうか。

過日、アメリカの航空関係の研究所から動水凍結についての研究資料交換の申し入れをうけた。われわれは液体が固体に変ることばかりに気をとられていたが、高速飛しよう体が空力加熱で機体表面が融解剥離する現象も全くこの逆であつた。あらためて、アイヌ語のラツプを思い返したのであつた。しばれる地域も灼熱の世界も、伝熱屋の立場では隣り合せの領域のようである。

(昭和43年2月)

§ 2. 乾燥（表面蒸発）の際の伝熱係数

京都大学工学部化学工学科 桐柴良三

固体粒子群間隙の水又は自由表面をもつ水が乾燥または蒸発によりその表面から環境気体中へ移動する際に、境膜の伝熱係数が純伝熱のときにくらべて大きくなるのか小さくなるのかという問題は実の所まだ判らないということであろう。境界層理論からすると物質流束の増加につれて伝熱係数の減少が予想されるが実験事実は必ずしもこの傾向を示さない。私共も『乾燥屋』の立場からこの問題には大きな注目を払っている。

平板あるいは水平液面からの乾燥または蒸発の際にこの値が大きくなることはソビエトのミンスクの Luikov 教授，Smolsky 教授，モスクワの Lebdev 教授さらに，Pyatachkov 氏，Nestrenko 氏，我国では東大の岡崎教授，甲藤教授，同志社の吉川助教授あるいはベルギーのリエージュの Delvaux 助教授らの結果が示している。過熱蒸気による乾燥，蒸発の場合もアメリカの Chu 氏，Wenzel 氏の値は可成大きい。私共の所でのガラスビーズ層，砂層あるいは軽質炭酸石灰層の乾燥の実験結果から計算してみると恒率乾燥期間においてこの値は大きく，減率で次第に減少して一定値となる。ただしこれは境膜係数を求めるための実験ではなくその精度は極めて低い。

しかし，一方私共が単一の液滴および素焼の小球の蒸発，乾燥を行った結果からみると，流体組成が空気 100%～0%（過熱水蒸気）の全範囲にわたり純伝熱の場合の値とほぼ等しい。

熱風により熱量を供給する場合，蒸発表面は環境より温度が低いので伝導あるいは輻射による侵入には特に注意が必要であり，今後さらに一段と精度の高い実験が必要と考えられ，私共は何よりもまず精密な実験結果を提出することが肝要のことと考えている。本年5月にこの問題についてミンスクでソビエトの先生方と話しあつてみたいと考えている（1968年3月4日）

§ 3. 融 雪

新潟大学工学部機械工学科 菱田幹雄

新潟県長岡市はこの冬は 2.5 m を起える雪に埋れている。平年の積雪量が 1.5 m 以上であるからしてでは誰もそれ程驚かないが、表日本特に南国の人々には是非一見をおすすめしたい。10 年程前迄は市内でも交通機関は鉄道と「そり」だつたが、自動車による交通を前提として都市の活動が行われている現在では、冬の積雪期でも何とかして自動車の通れる道路を確保して置かなければならない。

積雪 2.5 m といえは平均の比重を 0.4 とすると 1 m^2 当り 1 ton の積雪量になる。これを取除くには、広い道路では除雪車で道路脇に掻き寄せるかまたは投げ飛ばすのが一番経済的であるが大雪になるとその雪のやり場に困る。

雪を融かしてしまうのは理想的な処理法であるが、1 ton の融雪には 80,000 Kcal の熱量を必要とする。重油を焚くと熱効率 50% として 1 ton の融雪に 16 噸の重油がいるが、除雪の場所によつては十分に経済的にも成立つことである。しかし燃料のように幾らでも高い温度で利用できる熱源を融雪に使うのは熱力学的には如何にももつたいないことである。ずつと低い温度の熱源で融雪に利用できるものは我々の身近にも幾つかあるが、年間を通じて使用する期間が非常に短いことと、熱源の温度が低いと非常に大量の熱の媒体が必要であることのために実用にできるのは今の所は地下水位である。火力発電所の冷却水を使用できれば水温が下つて発電所の効率も上るし一石二鳥であるが、大量の熱量を簡単に輸送したり長時間貯蔵できる経済的な方法が見付からない限り不可能である。

長岡市では数年前から道路の真中に配管をして地下水で雪を融かし効果を挙げている。

春先、雪の上に細かい土や灰を撒き、太陽のふく射エネルギーの吸収を良くして田や畑の消雪を早くすることは以前から行われていたが、早春も陽光に恵まれることが少ないためか、それ程効果が挙らない年が多いようである。10℃位の気温で秒速5m位の風が吹くと融雪量は日射によるものよりもずつと多くなる。水平な雪面の熱伝達係数は風速零では6~8 Kcal/m²h℃の測定値が得られている。これはビルの屋上や壁面の熱伝達係数と大体一致している。

平らな雪面に突起があるとそこでは他の部分よりも良く融けるが、狭くて深い穴を明けると穴の中では殆んど融けない。気温が零度より高くても低い位置の穴の中は殆んど零度の冷たい空気が溜るから当然のことである。四方を囲まれた場所ではなかなか雪が消えないのも同じことで、このような場合は一方を明けておくと早く融ける。風があると穴の角の附近で熱伝達係数が大きいためによく融けて角は丸くなる。穴の変形していくようすは雪面の粗さの程度の直径3mm位の穴でも直径が100mm位の穴と余り変らない。人工的に作られたのでない自然の雪面は、伝熱面として考えると粗面であり、滑らかな面として扱うのは無理なようである。その上に雪面の広さも当然熱伝達係数に影響するのでこの熱伝達はかなり厄介な問題になり、今迄の実験結果からの的確な融雪量を予測するのはまだ困難なようである。

無風の場合の熱伝達といえば当然自然対流である。水平な雪面の広さが実験室的な程度のもので、ビルの屋上の雪面とでは熱伝達数が異なる筈である。それはまだよいとしても非常に広い水平雪面上で、気温が零度以上の場合は、理論的には自然対流は存在しない筈である。事実気温も湿度も高い曇つた風の無い日に、雪面上を霧が覆つて動かないことがしばしばある。このような場合伝熱量は空気中の熱伝導によるものだけとなり問題にならない位に少ない。そうして見ると風速零の場合の水平な雪面上の熱伝達係数の実験値の6~8 Kcal/m²h℃は、少なくとも広い雪面には適用できない。広い雪面では少しでも風がないと、熱伝達は殆んどないといえる。

大陸から日本海を渡つてきた冷たい季節風は、裏日本に雪を降らすが故に山を越えてから温度が上り、冬の表日本を温暖にしている。この眼の届く限りの雪は眺める人の心を圧迫するすごさを持っているが、表日本のひとびとはこの雪の恩恵をこうむっているといえよう。

われわれが悪戦苦闘した、 $80,000\text{Kcal}/\text{m}^2$ の潜熱を持つてこの巨大な雪も、春のなでやかな風と陽に一ヶ月程の間に消え去り、後には除雪に努めた悪夢のような思い出と人間の無力感が残る許りである。

§ 4. 閑話三題

名古屋大学工学部 化学工学科 長坂克己

名古屋南部の海を伊勢と三河の海に振り分け、優雅な曲線を画いて伸びているのが知多半島である。北部の海岸は臨海工業地帯として大きな変貌を遂げつゝあるが、南部の島々を含めた風景はいまもなお、美しく、四季折々の風情は、都塵にまみれた人々の心に東の間の安らぎを与えてくれる。

その知多半島には、かつていくつかの村々があつたが、今では村と称するものは一つもない。私の住む阿久比町は戦後他と合併せずに自前で村から町に昇格したが、当時は町と呼ぶには面映ゆいような田舎であつた。それがやがて道路は舗装され、車の錯綜する県道沿いに喫茶店が出現し、住宅団地が出来、また最近電話も自動化されるということになると、昔の村の面影は薄れ、新しい町としての息吹きが強く感ぜられて、いまさらのようにその変化の大きいのに驚ろく。それは、経済成長の割合が年6~7%だといえは皆が不満そうな顔をするほど国全体が近年驚異的な発展をなしとげたことに対比されるであろう。かつて村が町と名を変えたゞけの中味のなかつた町は、今や当時町と称していたものを遙かにしのぐほどの実体を備えつゝある。

さて、話は変わるが、二年前、ある自動車メーカーの下請会社が高校卒業者を正式に工員として採用した。最近では労働省も、高校卒3年間、工高卒を1年間技能訓練を施してブルーカラー化するという案を出している。国立大学に限つていえば、戦前とは一桁違う数に増えたわけだから、かつての大学卒業生が現在得ている仕事と地位と相対的に同じものを、現在のすべての大学卒業生が与えられるとは現時点では考えられない。しかし将来仕事の種類の内容が益々多岐にわたり高度化するに従つて、すべての大学卒業生の仕事と地位は次第に充実したものとなるにちがひな

い。

さて、さらに話はとぶが、近年急速に研究、開発の活発となつた High temperature materials, Super refractoriesあるいは Special Ceramicsといわれる一群の材料は、主として原子炉、MHD 発電、高速飛行体および電子機器などに使用されるものである。従来耐火物といわれる材料の耐火度測定には S K 番号が使われ、その最高番号 42 番、相当する温度は 2000°C である。ということは幾らかの余裕をもつて 2000°C を最高としたわけであるが、いまでは 2000°C を遙かに上廻る高温に耐える材料の需要が高まり、その領域ではもはや S K 番号は役にたたなくなつてしまつた。名古屋のセラミックス会社発赤の空中 2000°C で常用できる ZrO_2 発熱体の炉は、断熱材として ZrO_2 bubble の焼結体を使い、その外側を SiC 発熱体で加熱して温度降下を防いでいる。こゝでは SiC 発熱体は、発熱体本来の働きよりも、むしろそれ以上の高温を発生する ZrO_2 発熱体の断熱用ともいうべき補助材料に格下げされた格構である。従来では考えられなかつた SiC 発熱体の用途というべきであろう。いままで高度な材料、手段であつたものも高度化が更に進めば、ありふれた補助的な地位しか与えられないというわけである。

以上三つの話の中に矛盾撞着、共通点が幾つあるか、おわかりいただけたとしてもスポンサーのない悲しさ、賞品の出せないのが残念である。

会 告

§ 1. 第5回日本伝熱シンポジウム

参加申込締切 4月30日・開催5月16・17日

- 共 催：日本学術会議熱工学研究連絡委員会，日本伝熱研究会，
日本機械学会，日本機械学会九州支部，化学工学協会，
化学装置九州懇話会
空気調和・衛生工学会，空気調和・衛生工学会九州支部，日本
原子力学会，日本航空学会，日本建築学会，日本冷凍協会
火力発電技術協会九州支部，九州熱管理協会，日本ボイラ
協会福岡支部
- 開催日：昭和43年5月16日（木）17日（金）
- 会 場：天神ビル11階（福岡市天神2丁目12番1号
Tel. 75-6031）
- ○ ○
- 参加諸費：シンポジウム参加費（講演論文集を含まず）1名700円
講演論文集 1部 800円
懇親会費 1名 1000円
- 申込要領：①氏名 ②勤務先 ③所属学会（日本伝熱研究会の会員は
その旨明記） ④通信先 ⑤シンポジウム出・欠 ⑥論文
集部数 ⑦懇親会出・欠をハガキ大の用紙に明記し，該当
費用を添えて現金封筒で下記の所にお申込みください。
⑧伝熱研究会会員および会員外の講演者には講演論文集を
1部ずつ無料送付します。
- 申 込 先：福岡市箱崎九大工学部機械工学科西川研究室

第5回日本伝熱シンポジウム準備委員会

○申込締切：昭和43年4月30日（火）までに着信

☆ ☆ ☆

プログラム

第1日 5月16（木）

第I部（第1室）

I-1部（8,50～10,45）（講演は各13分，討論50分）

座長 杉山 幸男（名大工）

I-1.1 薄膜熱量計に関する研究

棧正 沢田照夫（阪府大工），

棧正* 星野毅史（阪府大工）

I-1.2 積層金属ハク断熱材の等価熱伝導率

棧正 山口富夫（三菱重工），

棧正* 福栄久宜（三菱重工）

I-1.3 人間の歯の温度伝導率測定

棧正* 宮部喜代二（九工大），

勝原哲治（九工大）

I-1.4 プラスチックの変形発泡体の熱伝導率について

棧正 龍谷光三（東工大工材研），

* 広沢穂三郎（日本アスベスト）

I-1.5 温度伝導率の非定常測定法における試料側面からの熱輻射損失の影響

原正* 熊田俊明（東北大工）

棧正 小林清志（東北大工）

I-2部（10,50～12,00）（講演は各15分，討論51分）

座長 篠原 久（九大工）

I-2.1 混合物の熱伝導率の測定法に関する研究

機正 橘 藤雄(東大工)

棧正 * 岩瀬敏彦(東大工)

I-2.2 加圧充填層の有効熱伝導度

化正 杉山幸男(名大工), 化正 架谷昌信(名大工),

化正 土屋茂樹(三井石油), 化正 * 矢田 章(名大工),

I-2.3 拡散を伴う非定常熱伝導の解析 その2

棧正 * 福田興作(関東学大), 棧正 鶴野省三(防大)

————— 昼 休 み (1 2 . 0 0 ~ 1 2 . 5 0) —————

I-3部(12.50~14.20)(講演は各13分, 討論38分)

座長 小林清志(東北大工)

I-3.1 噴霧における火炎伝ぱ(第2報)

棧正 水谷幸夫(阪大工)

I-3.2 火焰から固体面への熱伝達

棧正 沢田照夫(阪府大工), 棧正 星野観史(阪府大工),

* 金 秀換(" ")

I-3.3 輝炎ふく射の波長分布について

棧正 佐藤 俊(京大工), 棧正 * 国友 孟(京大工)

" 吉井総介("), " 橋本 孝(")

I-3.4 ふく射を考慮した複合伝熱(第1報, 非灰色媒体中のふく射と伝導)

棧正 * 越後亮三(九大工), 棧正 長谷川修(九大工)

I-4部(14.25~15.55)(講演は各13分, 討論38分)

座長 森 康夫(東工大工)

I-4.1 傾斜平板よりの自然対流

棧正 斎藤 武(北大工), 棧正 * 石黒亮二(北大工),

棧准 蛸島止則(北大工)

I-4.2 重直矩形フィン列からの自然対流熱伝達(第3報, フィン周

端部からの熱伝達)

棧正 相原利雄(東北大速研)

- I-4.3 鉛直円筒伝熱面よりの自由対流熱伝達に関する研究(第2報, 油への熱伝達について)

棧正 藤井 哲(九大生研), 棧正*竹内正紀(九大工),
棧准 藤井丕夫(九大生研)

- I-4.4 閉じた二次元の室内にある熱源の自由対流について

棧准*中井誠一(東大工) 棧正 岡崎卓郎(東大工)

I-5部(16.00~17.30)(講演は各13分・討論38分)

座長 藤井 哲(九大生研)

- I-5.1 断熱材を充填した垂直密閉流体層の熱伝達

棧准*伊藤正昭(東大大学院), 棧正 平田 賢(東大工),
棧正 西脇仁一(東大工), 棧正 鳥居 薫("),
棧正 宮下秀三(")

- I-5.2 水平多孔質層の自然対流熱伝達

棧正 増岡隆士(東大大学院)

- I-5.3 回転場における熱サイフォンの研究

棧正 森 康夫(東工大工), 棧正*宮崎博充(日立機研)

- I-5.4 片側断熱平行平板熱サイフォンにおける熱伝達

棧准 村崎裕昭(東芝中研)

懇親会 当室(18.10~19.40)

第2日 5月17日(金)

第I部 第1室

I-6部(8.50~10.20)(講演は各13分・討論38分)

座長 斎藤 武(北大工)

- I-6.1 平板上の非ニュートン流体の流動および熱伝達

棧准*波辺信治(東大宇宙研), 棧正 小竹 進(東大宇宙研)

- I-6.2 非ニュートン流体の円管内層流熱伝達
化正 三石信雄(九大工), 棧正 藤井 哲(九大生研),
棧正*宮武 診(九大生研), 化学 内田洋文(九大工),
化学 加藤敬一(九大工)

- I-6.3 超臨界圧流体の熱伝達に関する研究(第7報)
—熱流束が極めて大きい場合の円管内強制対流熱伝達—
棧正*田中宏明(東大工), 棧正 西脇仁一(東大工),
棧正 平田 賢(")

- I-6.4 壁近傍における熱の乱流拡散係数の分布
化正 水科篤郎(京大工), 化正 伊藤竜象(京大工),
化正*荻野文丸("), 化正 升田恵三(")

I-7部(10.25~12.20)(講演は各13分, 討論50分)

座長 岡崎卓郎(東大工)

- I-7.1 熱伝導を考慮した空力加熱による薄肉機体外板の温度上昇
棧正 小川鉦一(航宇技研)
- I-7.2 円柱まわりの強制対流熱伝達の数値実験
棧正 森 康夫(東工大工), 棧正*徳田 仁(東工大工)
- I-7.3 噴流を受ける平板の熱伝達
棧正 西脇仁一(東大工), 棧正 平田 賢(東大工),
棧正 鳥居 薫("), 棧准 仲戸川哲人("),
棧准*五明由夫("), 棧准 吉次誠吉(")
- I-7.4 脈動流の熱伝達
棧准*望月貞成(東大宇宙研),

棧正 八田桂三(東大宇宙研)

————— 昼 休 み (12.20~13.10) —————

I-8部(13.45~15.15)(講演は各13分, 討論38分)

座長 平田 賢(東大工)

- I-8.1 回転円板からの対流熱伝達に関する研究
(第1報 一様空気流中で回転する等温円板からの層流熱

伝達に関する研究)

棧正*馬淵幾夫(岐阜大工), 棧正 田中敏雄(岐阜大工),
棧准 熊田雅弥(")

I-8.2 回転円管の助走域の熱伝達

棧正 坂本守義(東芝中研)

I-8.3 回転円錐体よりの熱および物質移動

*児山 仁(静岡大工), 秋山淳一郎(静山大工),
棧正 泉亮太郎(")

I-9部(15.20~16.50)(講演は各13分, 討論38分)

座長 泉 亮太郎(静大工)

I-9.1 瞬間発熱反応を伴う物質移動の解析

化正 篠原 久(九大工), 化正 松石康正(九大工),
化学*片坂真文("), 化学 前田 積(")

I-9.2 共軸回転円筒流動系の輸送現象

化正 水科篤郎(京大工), 化正 伊藤竜象(京大工),
化正*片岡邦夫("), 化正 横山晴一("),
化正 中嶋義弘("), 化正 福田昭博("),

I-9.3 偏心二重円管および管群における熱伝達率分布の研究

棧正 橘 藤雄(東大工), 原正 大山 彰(東大工),
棧正 秋山 守("), 原正*近藤駿介("),

I-9.4 ボルテックステューブに関する研究—うず室曲りの影響

棧正*高浜平七郎(名大工), 棧准 谷本和彦(名大工)

第1日 5月16日(木)

第II部 (第2室)

II-1部(8.50~10.45)(講演は各13分, 討論50分)

座長 西川兼康(九大工)

(II-1.1) 管群を流れる低圧蒸気の凝縮

棧正* 藤井 哲(九大生研), 棧正 上原春男(九大生研)

棧准 藤島英勝(三菱重工), 棧准 平田勝己(九大生研)

小田鶴介(九大生研)

(II-1.2) フィン形冷媒凝縮器の伝熱特性と理論解析

冷正 埋橋英夫(日立製作所)

(II-1.3) 滴状凝縮過程のデジタル計算機によるシミュレーション

棧正 橋 藤雄(東大工), 棧正* 棚沢一郎(東大生研)

(II-1.4) コンデンシングインセクタの研究

棧正* 一色尚次(船研), 前川 裕(東工大工)

(II-1.5) 動水凍結に関する一考察

棧正 斎藤 武(北大工), 棧正 関 信弘(北大工教)

棧正* 尾崎 脩(北大工)

II-2部(10.50~12.00)(講演は各13分, 討論31分)

座長 佐藤 俊(京大工)

(II-2.1) 平面沸騰伝熱面における発生氣泡の特性

棧正* 飯田嘉宏(東北大工), 棧正 小林清志(東北大工)

(II-2.2) 気泡・固体面間の薄液膜形成機構(沸騰熱伝達に関連して)

棧正* 甲藤好郎(東大工), 棧正 庄司正弘(東大工)

(II-2.3) 高熱流束プール核沸騰の加熱面近傍に作用する力の研究

棧正* 甲藤好郎(東大工), 棧正 菊地浩平(東大工)

————— 昼 休 み (12.00~12.50) —————

II-3部(12.50~14.20)(講演は各13分, 討論38分)

座長 甲藤好郎(東大工)

(II-3.1) フレオン11の水平管群管外沸騰伝熱

棧正 塩沢 晃(三井造船), 棧正* 中島賢一郎(三井造船)

森本清水(")

(II-3.2) 気泡流中における水平円柱からの沸騰熱伝達

棧正* 海野紘治(東北大工), 化正 清水信吾(東北大工)

” 武山斌郎(”)

(II - 3.3) 管路流沸騰熱伝達と流動様式

棧正 佐藤 俊(京大工), 棧正 南山竜緒(京大工),
棧正 * 柳井 誠(”), 棧准 十倉孝之(”),
棧准 伊都 豊(京大工)

II - 4 部 (14.25 ~ 15.55) (講演は各 13分, 討論 38分)

座長 一色尚次(船研)

(II - 4.1) ブリッジ式バーンアウト検出器の作動特性

原正 * 山崎 利(原研), 井口 正(原研)
棧正 安達公道(”), 棧正 小堀哲雄(”)

(II - 4.2) プール沸騰におけるバーンアウトおよび遷移沸騰の機構

棧正 甲藤好郎(東大工), 棧正 * 横谷定雄(東大工)

(II - 4.3) 拡大伝熱面の沸騰熱伝達特性における飛躍的遷移現象

棧准 庄子喜庄(東北大工), 棧正 大内雅樹(東北大工),
棧正 * 武山斌郎(”)

(II - 4.4) 過渡沸騰バーンアウトの研究(II)

原正 * 桜井 彰(京大工研), 原正 水上紘一(京大工研),
原正 塩津正博(”)

II - 5 部 (16.00 ~ 17.55) (講演は各 13分, 討論 50分)

座長 植田辰洋(東大工)

(II - 5.1) 強制対流バーンアウト熱流束に関する研究

原正 * 北山正文(広島工大), 棧正 田川正則(広島工大)

(II - 5.2) 気液二相流中のバーンアウトに関する研究

棧正 青木成文(東工大原研), 棧正 * 井上 晃(東工大原研)
棧学 岡村良夫(”)

(II - 5.3) 環状噴霧流におけるバーンアウト熱負荷の解析

棧正 石谷清幹(阪大工), 棧正 * 高城敏美(阪大工)

(II - 5.4) バーンアウト熱流束の整理

増田伸一郎(日立中研), 棧正 * 永井将之(日立中研)

(II - 5.5) 統計処理による管群バーンアウト実験式

棧正 * 香川達雄 (日本原子力) , 棧正 根井弘道 (日本原子力) ,
棧正 矢内良一 (東芝中研) , 棧正 伊藤孝雄 (東芝中研)

第 2 日 5 月 17 日 (金)

第 II 部 (第 2 室)

II - 6 部 (9.10 ~ 10.20) (講演は各 13 分 , 討論 31 分)

座長 石谷清幹 (阪大工)

(II - 6.1) 水平管内の気液二相流の熱伝達

棧正 * 勝原哲治 (九工大) , 棧正 宮部喜代二 (九工大)
棧准 藤田真智 (住友金属)

(II - 6.2) 下降管内気液二相流の圧力損失と熱伝達

棧正 植田辰洋 (東大工) , 棧正 谷口博保 (住友機械) ,
棧正 * 早川悌二 (三井造船)

(II - 6.3) 噴霧流の流動と熱伝達に関する研究 (第二報)

棧正 * 高橋忠男 (東工大原研) , 棧正 青木成文 (東工大原研)
棧学 古谷 泰 (")

II - 7 部 (10.25 ~ 12.20) (講演は各 13 分 , 討論 50 分)

座長 勝原哲治 (九工大)

(II - 7.1) 短管開放系の二相流流動脈動の研究

棧正 松本隆一 (神大工) , 棧准 * 堀部貞幸 (神大工)

(II - 7.2) 短管からの過飽和水の流出

棧正 成合英樹 (船研)

(II - 7.3) 気ほうでおおわれる平板の抗力 (第二報)

棧正 西川兼康 (九大工) , 棧正 世古口言彦 (九大工) ,
棧正 * 仮屋崎侃 (")

(II - 7.4) 二相流臨界流の研究 (追補)

棧正 小笠原英雄 (日立研)

(II - 7.5) 強制流動蒸発管系の不安定流動現象

棧正 赤川浩爾(神大工), 棧正 坂口忠司(神大工),

棧准* 升岡竜三("), 棧学 賀村達三(")

————— 昼 休 み (12.20~13.10) —————

日本伝熱研究会総会(13.10~13.40)

II - 8 部 (13.45~15.15) (講演は各 13分, 討論 38分)

座長 武山斌郎(東北大工)

(II - 8.1) 加熱面上での液滴の蒸発の不安定現象

棧正 小竹 進(東大宇宙研)

(II - 8.2) 高温鋼板とスプレ間の熱伝達率について

棧正 三塚正志(八幡製鉄)

(II - 8.3) 回転円板の噴霧冷却

棧正 橋詰健一(東芝中研)

(II - 8.4) ミストクリーニングに関する研究(第4報)

棧正 戸田三郎(東大工)

II - 9 部 (15.20~16.50) (講演は各 13分, 討論 38分)

座長 青木成文(東工大)

(II - 9.1) 電場附与による熱伝達の若干の資料

棧正 名誉員 浅川勇吉(日大理工)

棧正 * 扇田京二(")

(II - 9.2) 電場附与による蒸発の促進(第5報) — 促進要因の探究 —

棧正 名誉員 浅川勇吉(日大理工)

(II - 9.3) 蓄熱式熱交換器の研究

棧正 棚沢一郎(東大生研)

(II - 9.4) 球状蓄熱体群体群と流体間の熱伝達率

棧正 峰巢 毅(日立製作所)

II 部 一般討論 (16.55~17.25)

座長 四川兼康(九大工)

文 献 リ ス ト

§ 1 ASME paper (1967)

ASME paper (1967年)が当所(豊田中央研究所)に入りましたのでお知らせ致します。(藤掛 賢司)

Heat Transfer

67-HT-1 An Analysis of Film Condensation, Film Evaporation,
and Single-Phase Heat Transfer

Kunz H R, Yerazunis S
ASME Paper
Aug 1967 15p.

67-HT-2 Compressible Boundary Layer-Inviscid Flow
Interactions in Entrance Region of Internal Flows

Blankenship V D, Chung P M
ASME Paper
Aug 1967 8p.

67-HT-3 An Optical System Using Moire Patterns to Obtain
Quantitative Data in a Boundary Layer

Tonge J M
ASME Paper
Aug 1967 8p.

67-HT-4 Effect of Side Walls on Natural Convection Between
Horizontal Plates Heated From Below

Catton I, Edwards D K
ASME Paper
Aug 1967 5p.

67-HT-5 Heat Exchanger Transfer Functions

Guardabassi G, Rinaldi S
ASME Paper
Aug 1967 8p.

67-HT-6 Laminar Flow and Heat Transfer in Ducts of
Multiply Connected Cross Sections

Cheng K C, Jamil M
ASME Paper
Aug 1967 9p.

67-HT-7 Forced-Convection Nucleate and Film Boiling of
Several Aliphatic Hydrocarbons

Glickstein M R, Whitesides R H, Jr.
ASME Paper
Aug 1967 8p.

67-HT-8 Radiant Heat Transfer From Isothermal Dispersions
With Isotropic Scattering

Edwards R H, Bobco R P
ASME Paper
Aug 1967 9p.

67-HT-9 The Interaction of Thermal Radiation in Optically
Thick Boundary Layers

Novotny J L, Yang K
ASME Paper
Aug 1967 4p.

67-HT-10 Appropriate Mean Absorption Coefficients for
Infrared Radiation of Gases

Abu-Romia M M, Tien C L
ASME Paper
Aug 1967 7p.

67-HT-11 Experimental Study of the Effects of an Ultrasonic Field in a Nucleate Boiling System

Schmidt F W, Torok D F, et al.
ASME Paper
Aug 1967 6p.

67-HT-12 Directional Emissivities From a Two-Dimensional, Absorbing-Scattering Medium: The Semi-Infinite Slab

Bobco R P
ASME Paper
Aug 1967 8p.

67-HT-13 A Study of Bubble Departure in Forced-Convection Boiling

Koumoutsos N, Moissis R, et al.
ASME Paper
Aug 1967 8p.

67-HT-14 Heat Transfer in Turbulent Boundary-Layer Separation Over a Surface Cavity

Haugen R L, Dhanak A M
ASME Paper
Aug 1967 6p.

67-HT-15 The Submerged Condenser

Fairbanks D R, Goltsos C E, et al.
ASME Paper
Aug 1967 5p.

- 67-HT-16 An Analytical Investigation of Natural Convection
in Vertical Channels

Engel R K, Mueller W K
ASME Paper
Aug 1967 16p.

- 67-HT-17 Turbulent Natural Convection From a Vertical Plane
Surface

Cheesewright R
ASME Paper
Aug 1967 6p.

- 67-HT-18 Laminar Free Convection From a Downward-Projecting
Fin

Lock G S H, Gunn J C
ASME Paper
Aug 1967 8p.

- 67-HT-19 Radiative Transfer in Anisotropically Scattering
Media: Allowance for Fresnel Reflection at the
Boundaries

Hottel H C, Sarofim A F, et al.
ASME Paper
Aug 1967 7p.

- 67-HT-20 Heat Transfer by Combined Conduction and Radiation
Between Concentric Spheres Separated by Radiating
Medium

Viskanta R, Merriam R L
ASME Paper
Aug 1967 8p.

- 67-HT-21 Effect of Small Spacings on Radiative Transfer
Between Two Dielectrics

Cravalho E G, Tien C L, et al.
ASME Paper
Aug 1967 8p.
- 67-HT-22 Gravitational Effects on the Thermal Instability

Krzywoblocki M Z
ASME Paper
Aug 1967 3p.
- 67-HT-23 Combined Forced and Free Turbulent Convection in a
Vertical Circular Tube With Volume Heat Sources
and Constant Wall Heat Addition

Ojalvo M S, Anand D K, et al.
ASME Paper
Aug 1967 7p.
- 67-HT-24 Friction and Heat Transfer Characteristics in
Turbulent Swirl Flow Subjected to Large Transverse
Temperature Gradients

Thorsen R, Landis F
ASME Paper
Aug 1967 11p.
- 67-HT-25 Application of a Simplified Velocity Profile to
the Prediction of Pipe-Flow Heat Transfer

Haberstroh R D, Baldwin L V
ASME Paper
Aug 1967 8p.

67-HT-26 Convective Instabilities in Fully Developed Flows

Sherman M
ASME Paper
Aug 1967 3p.

67-HT-27 Transient Temperature Response of a Thin-Walled,
Transpiration-Cooled Porous Surface

Scott C J
ASME Paper
Aug 1967 7p.

67-HT-28 Effect of Uncooled Inlet Length and Nozzle
Convergence Angle on the Turbulent Boundary
Layer and Heat Transfer in Conical Nozzles
Operating With Air

Boldman D R, Schmidt J F, et al.
ASME Paper
Aug 1967 10p.

67-HT-29 Local Temperature Variations of a Transpiration-
Cooled Wall Due to Radiant Heating

Anderson J E
ASME Paper
Aug 1967 5p.

67-HT-30 Heat Transfer in an LTV Falling Film Evaporator:
A Theoretical and Experimental Analysis

Kroll J E, McCutchan J W
ASME Paper
Aug 1967 10p.

67-HT-31 Calculation of Steam Volume Fraction in Subcooled Boiling

Rouhani S Z
ASME Paper
Aug 1967 7p.

67-HT-32 Momentum Flux in Two-Phase Flow

Andeen G B, Griffith P
ASME Paper
Aug 1967 10p.

67-HT-33 Evaluation of Constants for the Rohsenow Pool-Boiling Correlation

Vachon R I, Nix G H, et al.
ASME Paper
Aug 1967 8p.

67-HT-34 Pool Boiling on Polished and Chemically Etched Stainless-Steel Surfaces

Vachon R I, Tanger G E, et al.
ASME Paper
Aug 1967 8p.

67-HT-35 Theoretical Model for Predicting the Transient Response of the Mixture-Vapor Transition Point in Horizontal Evaporating Flow

Wedekind G L, Stoecker W F
ASME Paper
Aug 1967 10p.

- 67-HT-36 The Void Fraction in Subcooled Boiling - Prediction of the Initial Point of Net Vapor Generation

Staub F W
ASME Paper
Aug 1967 7p.

- 67-HT-37 Electrohydrodynamic Ridge Instability of a Thin Film Flowing Down an Inclined Plate

Lee C, Choi H Y
ASME Paper
Aug 1967 11p.

- 67-HT-38 Forced Convection in Concentric-Sphere Heat Exchangers

Rundell H A, Ward E G, et al.
ASME Paper
Aug 1967 5p.

- 67-HT-39 Electrohydrodynamic Condensation Heat Transfer

Choi H Y
ASME Paper
Aug 1967 5p.

- 67-HT-40 The Effect of Liquid Solidification in a Tube Upon Laminar-Flow Heat Transfer and Pressure Drop

Zerkle R D, Sunderland J E
ASME Paper
Aug 1967 7p.

- 67-HT-41 The Stability of Water Flow Over Heated and Cooled Flat Plates

Wazzan A R, Okamura T, et al.
ASME Paper
Aug 1967 6p.

- 67-HT-42 Heat Transfer to Sulfur Hexafluoride Near the Thermodynamic Critical Region in a Natural-Circulation Loop

Tanger G E, Lytle J H, et al.
ASME Paper
Aug 1967 6p.

- 67-HT-43 The Unidimensional Solidification of a Binary Eutectic System With a Time-Dependent Surface Temperature

Tien R H, Geiger G E
ASME Paper
Aug 1967 5p.

- 67-HT-44 Transient and Steady Heat Conduction in Arbitrary Bodies With Arbitrary Boundary and Initial Conditions

Sparrow E M, Haji-Sheikh A
ASME Paper
Aug 1967 6p.

- 67-HT-45 Transient Heat Transfer for Turbulent Flow Over a Flat Plate of Appreciable Thermal Capacity and Containing Time-Dependent Heat Source

Soliman M, Johnson H A
ASME Paper
Aug 1967 9p.

- 67-HT-46 Temperature Distributions in Laminar Flat Plate Shear Flow

Emery A F, Brettman K F
ASME Paper
Aug 1967 5p.

- 67-HT-47 A Method for the Prediction of Radiative Heat Transfer From Flames

Love T J, Hood J D, et al.
ASME Paper
Aug 1967 9p.

- 67-HT-48 Laminar Convective Heat Transfer in the Entrance Region Bounded by Parallel Flat Plates at Constant Temperature

Miller J A, Lundberg D D
ASME Paper
Aug 1967 5p.

- 67-HT-49 Effects of Vibration on Pool Boiling

McQuiston F C, Parker J D
ASME Paper
Aug 1967 7p.

- 67-HT-50 Variable-Thickness Mode of Insulation for Hydrogen Space Storage Tanks

Schalla C A
ASME Paper
Aug 1967 11p.

- 67-HT-51 Thermal Radiation From a Gas Not in Local Thermodynamic Equilibrium

Howell J R
ASME Paper
Aug 1967 8p.

- 67-HT-52 Combined Free and Forced Laminar Convection in a Horizontal Tube With Uniform Heat Flux

Shannon R L, Depew C A
ASME Paper
Aug 1967 7p.

- 67-HT-53 Analysis of Transient Heat Transfer Through a Collisionless Gas Enclosed Between Parallel Plates

Perlmutter M
ASME Paper
Aug 1967 7p.

- 67-HT-54 Integrating Sphere Reflectometer Center-Mounted Sample Blockage Effects

Birkebak R C, Cho S H
ASME Paper
Aug 1967 8p.

- 67-HT-55 The Optimization of Space-Graft Coating Patterns for Temperature Control

Costello F A, Kidwell R, et al.
ASME Paper
Aug 1967 7p.

- 67-HT-56 Determination of Net Thermal Energy Incident on a Satellite

Skladany J T, Rochkind A B
ASME Paper
Aug 1967 8p.

- 67-HT-57 Thermocouple Conduction Errors in a Vacuum Cold-Wall Environment

Newhouse K N
ASME Paper
Aug 1967 4p.

- 67-HT-58 Nucleate Boiling on a Vibrating Surface

Price D C, Parker J D
ASME Paper
Aug 1967 7p.

- 67-HT-59 Heat Transfer to Supercritical Nitrogen Tetroxide at High Heat Fluxes and in Axially Curved Flow Passages

McCarthy J R, Seader J D, et al.
ASME Paper
Aug 1967 12p.

- 67-HT-60 Thermal Scaling Applied to Luminous Flames

Copley J A
ASME Paper
Aug 1967 7p.

- 67-HT-61 An Extension of the Method for Predicting Incipient Boiling on Commercially Finished Surfaces

Frost W, Dzakowic G S
ASME Paper
Aug 1967 8p.

67-HT-62 Film Boiling From a Thin Wire as an Optimal
Boundary-Value Process

Baumeister K J, Hamill T D
ASME Paper
Aug 1967 11p.

67-HT-63 Buoyancy Effects on Forced-Convective Boiling

Papell S S
ASME Paper
Aug 1967 9p.

67-HT-64 Thermal Control Characteristics of Interior
Louver Panels

Parmer J F, Buskirk D L
ASME Paper
Aug 1967 4p.

67-HT-65 Heat Transfer for One and Two-Dimensional
Pulsating Laminar Flow in a Circular Tube

Jenkins R M, Fan C
ASME Paper
Aug 1967 12p.

67-HT-66 The Influence of Certain Design Variables on the
Hydrodynamic Stability of a Heated Channel - A
Digital Computer Study Supported by Experimental
Data

Carver M B
ASME Paper
Aug 1967 13p.

67-HT-67 Some Heat-Transfer Problems Inside an Equilateral
Triangular Region

Lu P, Miller R W
ASME Paper
Aug 1967 12p.

67-HT-68 Surface Temperature Fluctuations in Pool Boiling
of Refrigerant 11

Hale L A
ASME Paper
Aug 1967 7p.

67-HT-69 The Laminar Boundary Layer in Water With Variable
Properties

Kaups K, Smith A M O
ASME Paper
Aug 1967 13p.

67-HT-70 Influence of Dissociation on Mass Transfer
Cooling in a Carbon Dioxide-Nitrogen Binary
System

Liu C S, Hartnett J P
ASME Paper
Aug 1967 12p.

67-HT-71 The Transient Temperature Distribution in a
Radiating Cylinder

Ayers D L
ASME Paper
Aug 1967 8p.

- 67-HT-72 Experiments on a Plasma Generator With a Film-Cooled Anode

Cremers C J, Shiver W D
ASME Paper
Aug 1967 9p.

- 67-HT-73 Radiation Heat Transfer for Straight Fins of Trapezoidal Profile.

Holstead R D, Holdredge E S
ASME Paper
Aug 1967 8p.

- 67-HT-74 Measurement of Local Heat Transfer Caused by Supercritical Airflow Through a Grid of Rectangular Bars

Scott C J, Eckert E R G
ASME Paper
Aug 1967 13p.

- 67-HT-75 Two-Dimensional Melting in a Channel

Bowley W W, Coogan C H, Jr.
ASME Paper
Aug 1967 7p.

- 67-HT-76 Temperature Gradients in Thick Hollowed Tori

McGill D J
ASME Paper
Aug 1967 5p.

- 67-HT-77 Variational Formulation of Transformed Diffusion Problems

Arpaci V S, Vest C M
ASME Paper
Aug 1967 5p.

- 67-HT-78 Surface Temperature and Heat-Transfer Conditions
in the Ablation of Shear Thinning and Shear
Thickening Liquids

Steverding B
ASME Paper
Aug 1967 7p.

- 67-HT-79 Extension of the Maximum Slope Method to
Arbitrary Upstream Fluid Temperature Changes

Kohlmayr G F
ASME Paper
Aug 1967 8p.

- 67-HT-80 The Influence of Longitudinal Conduction Upon
the Exact Temperature Field and the Effectiveness
of a Compact Heat Exchanger (With Adiabatic Ends)
for Cooling Heat Generators

Miller S P
ASME Paper
Aug 1967 7p.

- 67-HT-81 Variable-Property Turbulent Mixing Layers

Scott C J
ASME Paper
Aug 1967 12p.

- 67-HT-82 Heat Transfer to a Fluid Flowing Inside a Pipe
Rotating About Its Longitudinal Axis

Cannon J N, Kays W M
ASME Paper
Aug 1967 7p.

「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・不採用の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，当分の間謄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。

東京都文京区本郷7丁目3-1

東京大学工学部機械工学科内

日本伝熱研究会

伝 熱 研 究

Vol.7, No.25

1968年3月31日発行

発行所 東京都文京区本郷7丁目3-1
東京大学工学部機械工学科内
電話 (812)2111, 内7190
振替 東京14749

(非売品)(謄写をもつて印刷にかえます)