

Vol. 25

No. 97

1986

April

伝 熱 研 究

News of HTSJ

第 97 号

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

日本伝熱研究会第24期(昭和60年度)役員

会 長		岐 美 格(京 大)
副 会 長	(無任所)	平 田 賢(東 大)
	(事務担当)	小 竹 進(東 大)
地方連絡幹事	北 海 道	工 藤 一 彦(北 大)
	東 北	戸 田 三 朗(東北大)
	関 東	黒 崎 晏 夫(東工大)
	東 海	荒 木 信 幸(静岡大)
	北陸・信越	日 向 滋(信州大)
	関 西	片 岡 邦 夫(神戸大)
	中国・四国	千 葉 徳 男(広島大)
	九 州	藤 田 恭 伸(九 大)
幹 事	坂 爪 伸 二(釧路高専)	花 岡 裕(室蘭工大)
(23名)	三 浦 隆 利(東北大)	梅 宮 弘 道(山形大)
	新 野 正 之(航空宇宙 技術研究所)	小 澤 由 行(東工大)
	庄 司 正 弘(東 大)	長 島 昭(慶応大)
	成 合 英 樹(筑波大)	渡 辺 健 次(石川島 播磨重工)
	態 田 雅 弥(岐阜大)	藤 田 秀 臣(名 大)
	竹 越 栄 俊(富山大)	森 茂(金沢大)
	石 原 勲(関西大)	柘 植 綾 夫(三菱重工)
	塩 津 正 博(京 大)	平 田 雄 志(阪 大)
	北 山 正 文(広島工大)	水 上 紘 一(愛媛大)
	児 玉 英 男(九州電力)	井 村 英 昭(熊本大)
	福 田 研 二(九 大)	
監 査(2名)	鳥 居 薫(横浜国大)	中 山 恒(日立製作所)
「伝熱研究」編集委員長		荻 野 文 丸(京 大)
第23回日本伝熱シンポジウム準備委員長		石 黒 亮 二(北 大)
第20回伝熱セミナー準備委員長		久 我 修(信州大)

伝 熱 研 究 目 次

お祝いの言葉	第24期会長 岐 美 格 (東工大)	1
会員増強を訴える	第24期副会長 平 田 賢 (東大工)	2

<特集> 諸分野における伝熱

(1) 建築分野における伝熱	宮 野 秋 彦 (名工大)	5
(2) 金属工学における伝熱	朝 木 善次郎 (京大工)	8
	近 藤 良 夫 (京大工)	8
(3) 食品殺菌における伝熱	大久保 行 真 (味の素)	14
	橘 孝 六 (味の素)	14
(4) 大気環境における伝熱問題	植 田 洋 匡 (国公研)	19
(5) 乾燥工学における伝熱	岡 崎 守 男 (京大工)	22
(6) 充てん層・移動層・流動層における伝熱の諸問題	堀 尾 正 毅 (東農工大)	26
(7) 攪拌槽における伝熱	西 川 正 史 (九大工)	30

<研究トピックス>

(1) ウォータージェットの利用技術 — 「焼け石に水・水・水」の 研究を中心として —	幾世橋 広 (東北大工)	35
(2) 気泡核生成のはなし	千 葉 徳 男 (広島大工)	44
(3) スケールによる熱伝達の不安定現象	村 田 杏 坪 (新日)	47

<外国滞在記>

ウィーンでの生活から	福 迫 尚一郎 (北大工)	56
------------------	---------------	----

<地方研究グループ活動報告>

(1) 北海道研究グループ	59
(2) 関西研究グループ	60
(3) 北海道研究グループ(2)	62

日本伝熱研究会への入会手続について	63
-------------------------	----

<お知らせ>

(1) 森康夫先生が米国工学アカデミー外国人会員に	65
(2) 第24期(昭和60年度)総会のお知らせ	65
(3) 第23回伝熱シンポジウム	66
(4) 第20回伝熱セミナーのお知らせ	107
(5) 第7回日本熱物性シンポジウム開催案内	110
(6) 第10回人間-熱環境系シンポジウム記念大会開催要綱	112
(7) 第15回機械技術研究所研究講演会開催要綱	113
(8) International Symposium on Cold Regions Heat Transfer	116

お祝いの言葉

第24期会長 岐 美 格（京人工）

電気通信人学電気通信学部機械工学科教授森康夫先生には、この度、伝熱学及びエネルギー変換に関する研究のご業績と学術国際交流に関するご貢献により、アメリカ合衆国国立工学アカデミー外国人会員に選出されました。誠にめでたいことで、日本伝熱研究会を代表して、お祝いの言葉を申し上げます。

承りますと、本年2月末に先生あて同アカデミーから公式の選出通知があり、来る10月1日にアカデミー年次総会で新会員の紹介があるので出席するように招請があったとのことでありました。また2月28日付の新聞発表によりますと、先生は今回選出された外国人会員6名のうちのお一人で、これによってアカデミー会員は、米国人会員1,289名、外国人会員113名となると記されております。

日頃、本会の発展にご尽力いただき、私の敬愛する森先生が、工学アカデミー外国人会員に選出されましたことは、先生の多年にわたる伝熱学とエネルギー変換のご研究、並びに学術国際交流のご貢献が高く評価されたものであり、本会にとっても誠によろこばしいことであります。このアカデミー会員は、伝熱学の分野では、Rohsenow氏やGoldstein氏ら数名とのことであります。ご承知のように、先生は、Int. J. Heat and Mass Transferの編集者であり、日米向機械学会合同熱工学会議や日米伝熱セミナーの立案と運営の日本側責任者であり、またMHD発電や高温熱交換器などの国際会議においても日本代表や責任者をつとめておられまして、私も何回か同行する機械を得ましたが、研究発表に対する先生の討論のきびしさは、日本伝熱シンポジウムでも国際会議でも同じであることに敬服しております。

先生には今後も益々ご健で、国際舞台において、工学の発展のためにご活躍なされますよう、心からお祈りして、お祝いの言葉と致します。

会員増強を訴える

第24期副会長 平田 賢（東大工）

図1は、日本伝熱研究会のこの20年間における会員数の変遷である。図で直らにおわりのように、個人会員数はここ10年間、1,000人前後で、ほとんど変化していない。

図2は、年齢別会員数分布である。この数年間の間に、一斉に停年退官された大先生方が育てられた40～45才前後の研究者層をピークに、急激に下降している。

以上2つのデータは、日本伝熱研究会の将来に対して、危惧の念を抱かせるに充分である。何故に、このような結果になったか、またその改善策はどのようなものか、歴代の幹事会でも議論が行われ、具体的な手段も講じられたと思うが、実効が上ったとはいえない。

日本伝熱研究会の性格の根本に触れる議論はさて置いて、まずは会員の増強に努めるのが会員としての責務であろう。籍を置く組織の衰退を願うものはいないだろうと素直に信ずるからである。

運営の任に当るものが、会の魅力を増すための具体的方策を練るべきは当然で、ショートコース、講習会等新企画の実施、コンサルティング、データベースの集積販売など業務の拡大、ほかの諸案を今期の幹事会でも議論しているが、とりあえず、会員の皆様には、周辺の同学の士に、入会の勧誘を行って頂きたい。大学の研究室で、あるいは企業の現場で、特に若い方々を誘って頂きたい。表1は、地区別会員数分布であるが、学生会員数があまりにも少いことに驚くと同時に（0という地区もある）、会員拡大の余地が充分残っていることに安堵の気持すら抱くのである。

幸い、研究会のメインイベントである日本伝熱シンポジウムそのものは、隆盛の方向を辿っている。表2は、専門分野別会員数分布であるが、シンポジウムで包含する研究分野も、「伝熱」にこだわらず、流れ、物質移動、環境工学、バイオエンジニアリングなど広く拡大し、周辺の研究者をまきこんで行くことも重要であろう。シンポジウムでの講演はスクリーニングをしていないのだから、広く関連分野の研究発表の勧誘もお願いしたい。

以上、会員増強キャンペーンの第1弾としてお願いの一文を草した。今期は、小竹進副会長の御努力で、コンピュータ事務処理が進み、上記のような諸データが瞬時に揃うようになったことを記し、深く謝意を表したい。

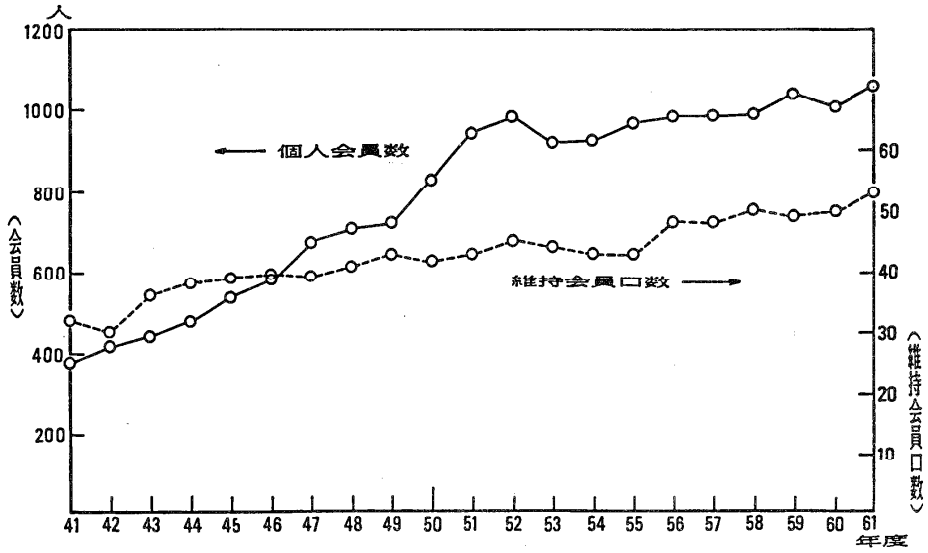
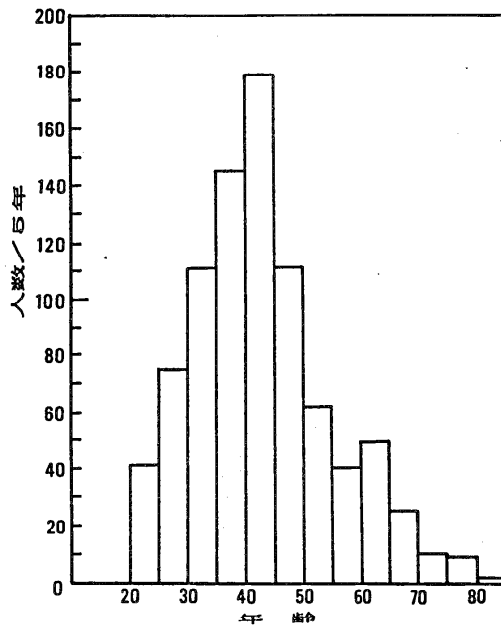


図 1 会 員 数 の 変 遷



年齢別会員数分布

図 2 年 令 別 会 員 数 分 布

表 1 地区別会員数分布（61年4月）

地区	北海道	東北	関東	東海	北信	関西	中四	九州	合計
会員総数	49	88	403	88	44	186	85	113	1,056
正会員	49	84	366	87	42	174	82	107	991
学生員	0	4	37	1	2	12	3	6	65
大学	40	74	162	59	38	107	59	95	634
会社	9	10	204	28	4	67	23	12	357

表 2 専門分野別会員数分布（61年4月）

分野	専門 1	専門 2	専門 3	合計
自然対流	128	1	2	131
強制対流	214	59	3	276
熱伝導	63	19	4	86
凝縮蒸発	55	19	6	80
沸騰相流	123	59	12	194
混相流	57	66	15	138
放射	28	16	6	50
熱物性	20	32	10	62
流動層	9	13	2	24
熱交換器	46	64	35	145
燃焼	32	52	18	102
太陽熱法	5	22	10	37
計熱蓄熱	4	25	18	47
移動現象	0	17	22	39
移動現象	13	42	37	92
電磁流	3	5	10	18
冷凍空調	13	38	35	86
蒸気原動機	9	9	29	47
原子力タービン	23	41	51	115
ガスタービン	3	19	18	40
内燃機	8	21	27	56
製鉄	3	3	6	12

〈特集〉諸分野における伝熱

(1) 建築分野における伝熱

宮野秋彦（名工大）

1. 環境設計からの視点

建築分野における学問・技術が関与する対象は、超高層ビルから地下及び海底構築物までを含み、正に気圏、地圏、水圏の三圏に及んでいる。

これらの構築物に期待される性能は極めて多面的であるが、これを要約すると1) 快適性、2) 利便性、3) 安全性、4) 健康性の4つに分類することが出来る。

この内、3) 以外は全て温熱環境を始めとする建物の環境設計にかかわる性能である。

一般に、建物の使用に当たっては、使用者の居住地域、季節、人種、年齢、性別、行動、生理・心理・健康状態などによって、空間的にも、時間的にも屢々性能評価が異なり、更に習慣、体験、嗜好などによって人間の環境意識に相違を生ずるものである。

中でも、「快適性」については、「快適とはどのような状態をいうのか」といった環境観に関する問題から、「どのような環境尺度により、いかなる値を快適環境設計条件と定めるか」といった実的な設計上の問題に至るまで、論じ出すと容易に結着がつかないことが多く含まれており、使用者の多様なニーズに答える視点が必要となる。

更に、オイルショックによって「エネルギーの節約とその有効利用に関する法律」（通称省エネルギー法）が制定されるに及んで、建築環境設計における伝熱分野の研究・開発が一層重視されるようになって来ている。

建築物の環境設計に当たって今一つ重要な点は、一般に建築物は刻々に変化、変動する環境条件下にあるということである。

建築環境工学の学問・技術が約80年の間常に追求し続けて来たところも、この変化、変動する自然環境の中であって、如何にして「いつでも、どこでも変わらぬ人工的環境」を実現するかということであった。

従って、これまでの冷暖房、通風・換気、音楽、採光・照明設計においては、空間的にも、時間的にも均一で恒常的な「変わらぬ環境」を理想とした。

しかし、一方で環境というものは、変化する故に環境として感知されるという面がある。

私達にとって変化しない環境は存在しないのに等しいとも言えるのではないかと、といった非

定常的な視点から、快適性の問題を始めとして、建築環境設計全体を根本的に洗い直して見る必要があるのではなからうか。

こうして見て来ると、建築分野における建築材料の伝熱を始めとする湿気、音、光などに関する物性値の問題が、従来、建築材料の専門領域で取り扱われず、殆どが建築環境工学領域の研究者によって推進されて来た事実も、建築環境設計とのかかわりといった点で納得出来る。

2. 今後の課題

2.1 変化する環境条件下における建築材料及び構造体の熱物性データの把握

すでに述べたように、建築物は常に変化、変動する環境条件下にあるため、建築物のより合理的な環境設計を行うためには、定常状態での熱物性データの測定に加え、非定常状態としての自然環境条件下での熱物性の検討と把握が必要である。

2.2 複合構造体の熱物性データの把握

建築分野において取り扱う構造物の構成部分は、多様な単一素材をさまざまに複合した構造体であることが多い。しかも、その複合の多くの部分が、建設現場において行われるところに特徴がある。

また、使用される素材はほぼ均一な特性を有すると考えられる工場製品の他に、砂、砂利、石材、木材のように天然に採取されるものや、モルタル、コンクリート、土壁、しっくいなどのように建設現場において製造されるものを含んでおり、自然的、人為的条件によって材料の特性は必ずしも均一、一定ではない。

従って、個々の素材の熱物性の追求のみではなく、それら素材の複合方法によって構造体の熱物性がどのように変化するかを知る必要がある。

具体的には、構造体内にとり込まれているつぎ手、目地、重ね目などや、釘、ビス、ボルトなどの接合、緊結用金物が構造体の熱物性に及ぼす影響を明らかにする必要がある。

また、複合構造体の熱物性を測定するための大型試験装置並びに試験方法の開発や、すでに建設されている建築物の現場における熱物性測定の方法に関する研究開発も重要な課題である。

2.3 新材料による新断熱構法の開発

従来の建築業界で使用されて来た断熱材料は繊維断熱材、気泡断熱材、積層断熱材、反射断熱材の4種類に人別されるが、今後は1) 蓄放熱、2) 蒸発冷却、3) 放射冷却などの特

性を生かした建築用断熱材料や、更に最近の生態膜の研究成果に基づく環境フィルターとも言うべき 4) 選択透過の特性を有する新しい断熱材料の開発が待望される。

これらの熱物性の研究は建築分野においては非常に立ちおかれており、今後の研究促進によって画期的な建築物の断熱構法の開発を計る必要がある。

2.4 構造体内中空層の熱並びに湿気伝播特性の研究促進による自然エネルギー利用構法の開発

建築分野で採用される構造体内部には、さまざまな寸法・形状の中空層が形成されることが多い。

これらの中空層は、その厚みが10mm以下で中空層と呼ぶよりはすき間または重ね空間として取り扱った方がよいものから、ゆずに500mm以上の厚みを有し、中空層というよりは室空間と考えた方がよいものまである。

また、これらの中間に存在する中空層も通気の有無により、空気層と通気層に大別することが出来る。

これらの構造体内中空層の伝熱並びに透湿特性については大部分が解明されておらず、今後建築分野における構造体の断熱・防湿の設計及び計算に当たってこれらの点の研究促進が待望される。

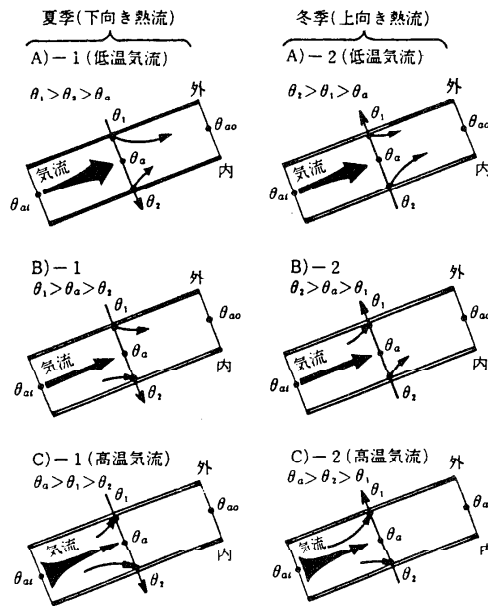


図1 通気層の熱流方向と通気温度のパターン

2.5 建築・都市に係る熱伝達特性の研究促進による建築・都市の熱負荷算定方法の開発

建築構造体によって構成される建築空間の熱負荷算定に当たっては、構造体表面における熱伝達特性が重要な部分を占める。

建築分野においては、現在なお局所熱伝達率の考え方が支配的であるが、今後の方向としては図の如き考え方に基づく、いろいろな規模、スケールでの建築・都市に係る熱伝達特性の解明が必要となって来るであろう。

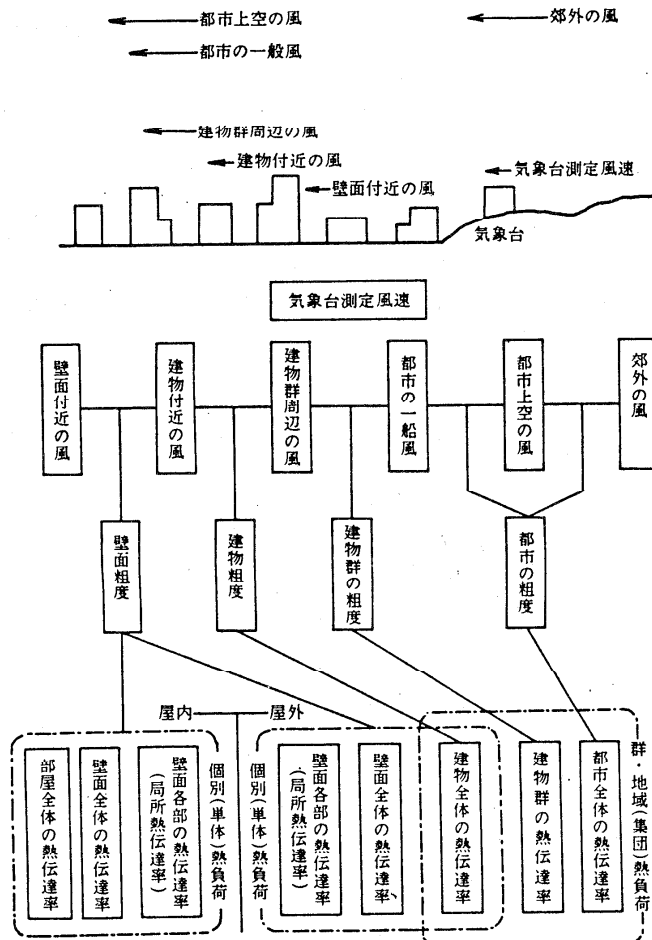


図2 熱伝達率に関する種々の風

(2) 金属工学における伝熱

朝木 善次郎・近藤 良夫（京大工）

1. 緒言

金属工学の対象は、鉱石から金属を得るいわゆる製錬プロセスから、得られた金属・合金をそれぞれ使用目的に応じて構造用材料あるいは機能材料に加工するプロセスまで広い分野にわたる。構造用材料では超高層建築などに用いられる高張力鋼、機能材料では磁性材料などに用いられるアモルファス合金などのように、近年開発されたものも多く、金属の用途とその可能性はますます広がりつつある。これに伴って、経済的にしかも安定して高品質の金属を製造するため、製錬プロセスにおいても技術開発が活発に進められている。

金属は酸化物または硫化物鉱石の還元あるいは酸化製錬によって高温の融体として得られることが多く、これを鑄造して固体金属とし、高温のままで圧延される。このように、金属工業では高温で操業されるプロセスが多いので、伝熱現象はいたるところで重要になる。ここではいくつかのトピックスをとりあげ、現状と問題点について述べることにする。

2. 製錬プロセスにおける伝熱

鉄鉱石から銑鉄をつくるための高炉の概略の形を図1に示す。炉頂から鉄鉱石とコークスを交互に層状に装入し、炉下部の羽口（tuyere）から約1250℃に加熱された空気を約250m/sの速度で吹込む。この空気はコークスと反応してCOを生成し、これによって鉄鉱石が還元される。コークスの燃焼によって、羽口近傍の温度は2000℃を越えると考えられている。高炉内の反応はながらく未知で経験的な操業が行われたが、合理的な操業によって生産性を向上するため、1960年代から炉内反応の解析が試みられ、また高炉の解体調査もしばしば行われて、かなりの情報が得られるようになった。高炉の数学的モデルについては多くの研究があり、これらをまとめた八木¹⁾によるすぐれた解説がある。

炉内反応の解析には、基本的には鉄鉱石の還元、コークスのソリューション・ロスなどの反応速度式と固体粒子およびガスについての熱および物質収支式を連立させた数値解析が用いられる。熱収支では、ガス流の顕熱、反応熱、ガス・粒子間の伝熱、炉壁からの熱損失などが考慮され、充填層内の熱伝導はガス流の顕熱に比べて小さいので一般に無視される。まず炉高さ方向の1次元モデルが開発され、炉半径方向の温度や反応率の分布の推定には、高炉を半径方向にいくつかの区間に分割し、各区間に1次元モデルを適用する方法がとられた。高さ方向と

半径方向の2次元モデルの開発も行われているが、計算量は膨大になる。

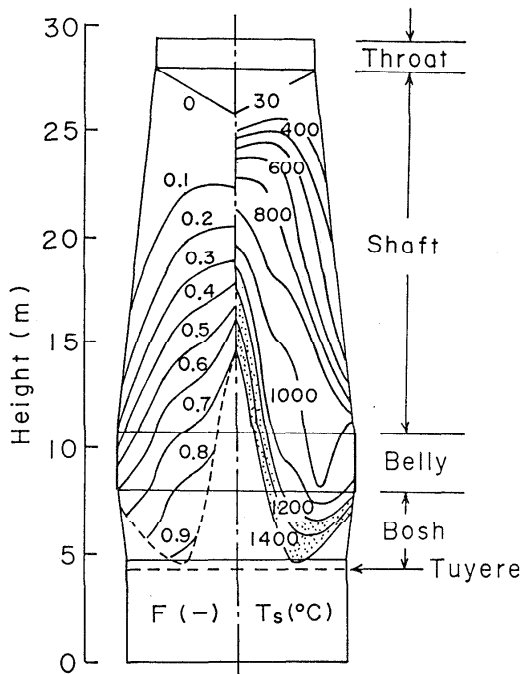


図1 高炉内における鉄鉱石温度 (T_s) と還元率 (F) の分布²⁾

桑原と鞆²⁾は高炉を半径方向に5分割し、予め半径方向のガス流量分布を求めておき、各区間に1次元モデルを適用して鉱石粒子温度と還元率の分布を計算した。その結果を図1に示す。シャフト内を鉱石粒子が降下する間、炉壁近傍に比べて中心部の方が温度は高く、これに対応して還元反応速度も速くなる。温度が1200℃に達すると鉄鉱石の軟化融着が始まり、1400℃程度で鉱石粒子は完全に溶融し、溶鉄とスラグが滴下する。この位置より下方の円錐形の部分では、固体はコークスだけであると考えられる。

高炉に装入されるコークスは、煉瓦壁を挟んで燃焼室と炭化室が交互に配置されたコークス炉で製造される。粒子径約3mm以下に粉砕された石炭を炭化室に充填し、隣接する燃焼室からの伝熱によって乾留する。炭化室壁近傍では加熱速度が速いため急速乾留が行われ、また最高到達温度も高い(約950℃)ので、緻密で金属光沢を有する堅牢なコークスが得られる。一方、炭化室中心部では加熱速度が遅いため、コークスは気孔が多く黒灰色でやや脆弱になる。

コークス炉では、燃焼室から炭化室への伝熱が最も重要な過程で、炭化室壁には薄く、しかも熱伝導度の高い緻密な構造の珪石煉瓦が開発されている。また炭化室内における石炭層の有

効熱伝導度も重要な因子であるが、乾留過程において、石炭が軟化溶融・熱分解し、塊状の多孔質炭素質構造へ変化する間に有効熱伝導度は変化する。³⁾ このため、有効熱伝導度の測定値は研究者によって異なり、その測定法についてもいろいろ検討されている。⁴⁾

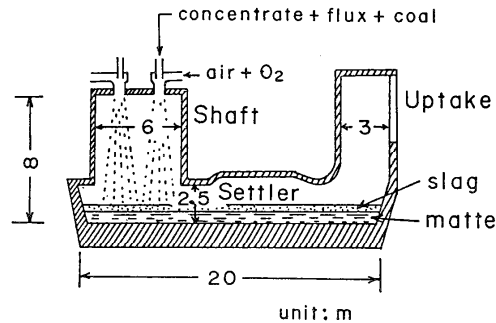


図 2 銅自溶炉の例

図 2 は銅溶錬に用いられる自溶炉の概略を示す。黄銅鉱 (Cu-Fe-S_2) を主成分とする平均粒子径 $60\mu\text{m}$ 程度の銅精鉱粒子を珪石および補助燃料用石炭とともに、シャフト上部のバーナーから、約 500°C に予熱された空気とともに吹込む。なお、空気は酸素濃度が 30 ないし 40% になるように酸素富化され、バーナー出口での流速は 80 m/s 程度である。銅精鉱粒子はシャフト内で部分酸化を受け、その反応熱によって溶融してセッターに落下する。セッターでは約 1250°C の温度にあり、融体はスラグとマット (Cu-Fe 硫化物融体) に分離する。

粒子がシャフト内を落下する時間は 1 秒程度といわれているが詳細は明らかでない。

Jorgensen⁵⁾ は垂直反応管内に黄銅鉱粒子を落下させ、2 色高温計で酸化溶融する粒子の温度を測定し、最高到達温度は約 1300°C で、また約 40 ms の反応で溶融すると報告している。また著者ら⁶⁾ は高さ 2 m の垂直管内に FeS 粒子を落下させ、酸化溶融実験を行った。解析の結果、粒子温度が約 800°C 以上になると反応速度が粒子表面のガス境界物質移動律速になり、50 ないし 100 ms の短時間で 1500°C 程度にまで昇温することがわかった。このように、自溶炉内の反応は極めて非等温的に急速に進行する。現在、木村ら⁷⁾ によって試験炉による調査も行われ始めている。

3. 凝固プロセスにおける伝熱

現在、溶鋼は多くの場合連続铸造によって凝固されている。図 3 にその概略を示す。取鍋 (ladle) からタンディッシュに注がれた溶鋼は、ノズルを通して水冷銅鑄型に鑄込まれる。鑄型の縦方向の長さは 90 cm 程度で、上端から 10 cm 下方のレベルまで溶鋼が注がれる。その

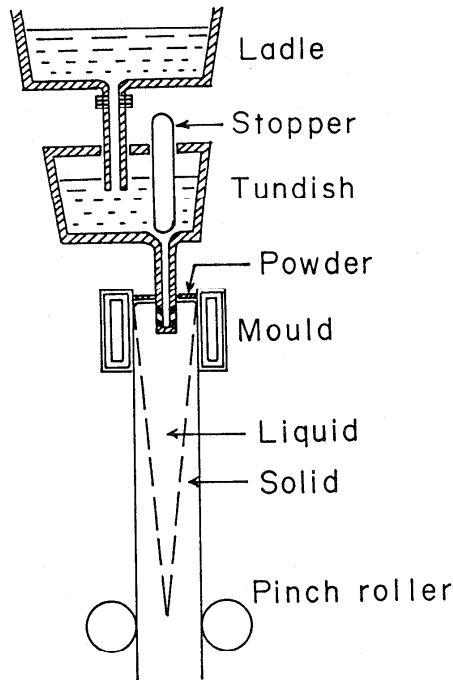


図3 連続鋳造の概略

表面に、溶鋼の酸化防止、鋳型と鋳片間の潤滑、介在物の捕集などの目的でパウダを置く。このパウダは溶融してスラグとなり鋳型と鋳片の間に薄い膜を形成する。鋳片は断面が長方形のスラブであり、 1 m/min 程度の速度で下方に引抜かれる。鋳型下端レベルにおける鋳片の内部はまだ液体であり、外側に厚さ約 20 mm の凝固殻が形成される。

鋳造条件と凝固速度との関係は、このプロセスの基本的な問題で、1960年代後半からスラブ厚さ方向の1次元定常熱伝導によって解析が進められた。その後、生産量の増人に伴って、鋳片の無手入圧延や直送圧延操業が実施されるようになり、鋳片表面の割れや介在物などの欠陥の低減が要請された。中戸と鞆⁸⁾は鋳型内における初期凝固が鋳片の表面性状に大きい影響を及ぼすと考え、鋳型内における凝固について1次元定常熱伝導によって検討した。鋳片表面から鋳型冷却水への伝熱抵抗には、スラグ膜、空隙、鋳型壁および冷却水境膜が直列に入れている。また、木下、江見、笠井⁹⁾は鋳型内の鋳片断面に2次元非定常熱伝導の式を適用して凝固殻内の温度分布を求め、さらにこの結果に基づいて鋳型の拘束と溶鋼の静圧による刀字的境界条件を用いて応力解析を行った。その結果、鋳片のコーナー表面部と長辺および短辺の中央部の表面から $2\sim 3\text{ mm}$ 内部に引張応力が生じ、割れの原因となっていることを明らかにし

た。

液体金属の急冷凝固は近年アモルファス合金の製造法として注目を集めている。凝固に際して生成する結晶核の成長速度以上の冷却速度で液体金属を急冷する。急冷の最も簡単な方法は、ローラーを20m/s程度の周辺速度で回転させておき、この上にノズルから液体金属を噴出させるやり方で、この場合にはリボン状のアモルファス合金が得られる。竹下と新宮¹⁰⁾は、ノズルから噴出された液体金属のうち、回転するローラーによって円周方向の速度成分を得た部分が引抜かれてリボンになると仮定し、液体金属の粘度を一定とした場合と、温度低下による粘度の上昇を考慮した場合についてリボン厚さの計算を行った。Fe₄₀Ni₄₀P₁₄B₆合金の場合についての計算では、両者にはほとんど差が認められなかった。

また、この急冷凝固を連続して操作するためには、ローラー温度を十分に低く保つことが必要である。ローラーの冷却には、表面に水を噴霧したり、ローラー内側に水を入れて pool boiling などが行われる。Miller¹¹⁾はローラーの半径方向と円周方向の数箇所に熱電対を入れて、pool boiling における熱流束を測定した。この状態では沸騰伝熱であるが、測定の範囲内ではいわゆる膜沸騰には至っていないようである。いずれにしても、液体金属とローラー表面の接触は完全ではなく、その接触距離も問題になるので、伝熱速度の解析については今後の研究がまたれる。

4. 結 言

本文では、製錬と凝固プロセスにおけるいくつかのトピックスについて述べたが、この他にも強度と靱性を必要とする船舶用鋼板に用いる低炭素低合金鋼の圧延直後に行われる制御冷却、溶接部の結晶粒粗大化と脆化を防ぐために用いられる溶接入熱の少ないレーザー溶接など、伝熱の面からみても興味のある問題が多い。また製錬プロセスにおいても、高炉からの出銑直後に行われる脱リン脱硫や連続製鋼における吹込み溶錬のように、いわゆるインジェクション冶金が近年盛んに行われるようになった。このプロセスでは、粉体状のフラックスあるいは鉍石がガスとともに融体に吹込まれるので、気固液3相が極めて複雑に接触し、伝熱とともに反応が進行する。このような伝熱の機構と速度についてはまだほとんど明らかにされていないのが現状である。

又 献

- 1) 八木：鉄と鋼、1983、vol.69, pp.1242-1249.
- 2) 桑原、鞆：鉄と鋼、1975、vol.61, pp.787-796.

- 3) 西岡、吉田：鉄と鋼、1984, vol.70, pp.351-357.
- 4) 三浦、深井、大谷：鉄と鋼、1984, vol.70, pp.336-342.
- 5) F.R.A. Jorgensen : Trans. Inst.Min.Met., 1981, vol.90, pp.c1-c10.
- 6) Z.Asaki, S.Mori, M.Ikeda and Y.kondo : Met. Trans.B, 1985, vol.16B, pp.627-638.
- 7) 木村、森、尾島：日本鉄業会昭和61年度春季講演大会講演要旨
- 8) 中戸、鞭：鉄と鋼、1980, vol.66, pp.33-42.
- 9) 木下、江見、笠井：鉄と鋼、1979, vol.65, pp.2022-2031.
- 10) K.Takeshita and P.H.Shingu : Trans. Japan Inst.Met., 1983, vol.24, pp.529-536.
- 11) R.S.Miller : Met.Trans.B, 1983, vol.14B, pp.71-76.

(3) 食品殺菌における伝熱

大久保 行 真・橘 孝 六 (味の素(株)中研)

1. はじめに

食品の加工を伝熱という側面からみると、煮る、焼くなどの調理加工や殺菌、濃縮、乾燥、冷凍など多くの食品加工操作が伝熱と深く関わっていることが判る。

食品は天然物であるので不均質かつ不定形であり、また一般に熱に敏感で、伝熱により多かれ少なかれ化学的、物理的な変化が起る。さらに、品質の最終的な評価は味、風味、食感という官能的なものでなされる。そのため、食品の伝熱操作を工学的に解析し生産に結びつけるのは難かしく、未だに経験や勘に頼るところが多いのが他分野との違いであろう。しかし、最近はこの様に複雑な系でも、計算機を利用してかなり工学的解析も行われるようになってきている。¹⁾

このように食品の伝熱操作は範囲が広く、複雑であるので、ここでは食品特有でかつ工学的取扱いがある程度なされている伝熱操作である食品の殺菌操作、特にその中でもレトルト殺菌と連続殺菌操作に絞って、その概要を述べることにしたい。²⁾

2. レトルト殺菌における伝熱

レトルト殺菌は容器に内容物を充填密封し、容器ごと加圧下で熱水或いは蒸気で加熱し殺菌する方法である。缶詰、瓶詰などがその代表例であるが、日本ではプラスチックパウチ詰食品も多い。日本のパウチ消費量は世界の消費量の85%以上であり、プラスチックパウチ王国と言えよう。

レトルト殺菌技術については既に長い歴史があり技術的には確立されている。しかし、殺菌する食品の種類は千差万別であるので、実際の生産に当っては殺菌する物について個別にレトルト殺菌実験を行い適切な加熱条件を求めることが行われている。この場合、最も伝熱の遅い部分（多くは中心部）の温度を経時的に測定し、その伝熱速度から菌の死滅に必要な条件を求める。図1は測定例である。

一般にこの図の様に加熱初期の曲線部分とその後直線部分からなり、この伝熱特性は初期値を示す lag factor j と一定温度上昇を示す直線部分の勾配 fh で示すことが出来る。この fh と j でレトルト殺菌における伝熱特性を表わすのが通例である。³⁾ この方法は実用的で使い易い反面、大きさ、加熱条件等が変わるとこの特性値も変わるので新たに測定し直さねばならない点がある。表1はタケノコ缶詰の伝熱特性の測定例である。⁴⁾ 缶詰の大きさにより fh 、 j 値が変わることが判る。

レトルト殺菌において加熱媒体は大部分が熱水か蒸気であるが、通常は缶内部の伝熱速度が律速となり加熱媒体による伝熱速度の差

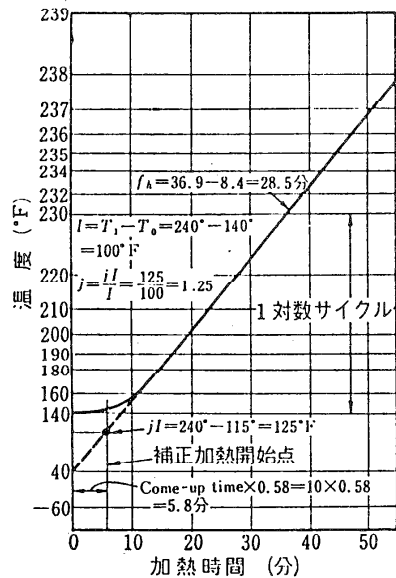


図1 伝熱試験結果³⁾

表1 タケノコ缶詰の熱伝達⁴⁾

Can size	Contents	position	fh	j
1	Solid (1,875g)	Center	3 3.6	2.0 6
	Liquid (1,155g)		3 3.6	0.1 7
2	Solid (478)	Center	1 8.0	1.7 7
	Liquid (355)		1 8.0	0.2 0
4	Solid (243)	Bottom	1 5.0	1 4.9
	Liquid (188)		1 5.0	0.2 3

は殆んどないと言われている。⁵⁾ パウチ詰食品で加熱媒体に蒸気を使用する場合、パウチの膨張を防ぐため空気を混合し圧力を上げることがあるが、25%までなら空気を混合しても大きくは影響しないことが知られている。⁶⁾ むしろ、レトルト釜内部に空気のスبットが出来ないようにすることの方が製品の加熱ムラに対して重要である。

一方、容器内部の熱伝達については伝熱促進のため、缶詰では一定量のヘッドスペースをとって回転させながら加熱することが通常行われる。図2は殺菌時における回転効果をみたものであるが、高粘度液は自然対流がないため水の場合より回転による伝熱促進効果が出ている。回転レトルトでの伝熱係数については最近 R. M. Merson ら⁷⁾が次の実験式を出している。

$$Nu = \frac{UD}{k} = 0.434 Re^{0.571} Pr^{0.278} \left(\frac{L}{D}\right)^{0.356} \left(\frac{\mu_b}{\mu_w}\right)^{0.154}$$

$$hi = (1.07 \pm 0.04) U$$

$$Re = \frac{\rho ND^2}{\mu}, \quad Pr = \frac{Cp\mu}{k}$$

hi : 内面境界膜伝熱係数、 μ_b : 平均の液粘度、 μ_w : 平均の壁温度での液粘度

このような解析は均一系での伝熱だけでなく、固形物が含有された系での研究もあるが⁴⁾、工学的解析はあまり進んでないのが実状のようだ。

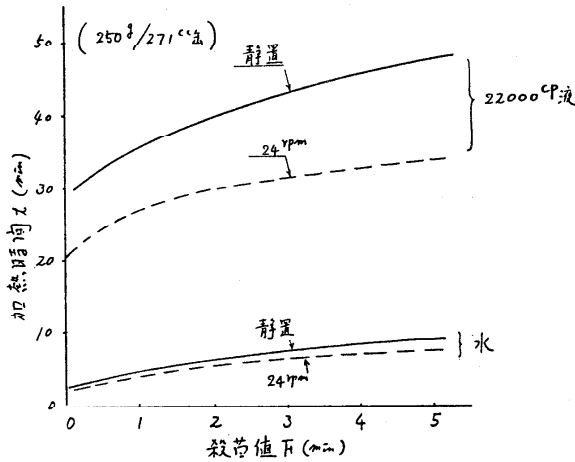


図2 缶殺菌時の回転効果

3. 連続殺菌における伝熱

内容物を連続的に殺菌し、その後容器に充填密閉する殺菌方法がある。牛乳、果汁飲料、デザート、スープなどの紙容器やプラスチックの容器に充填されているものがその代表例である。レトルト殺菌の場合は容器ごと加熱冷却するため、内部に加熱ムラが生じ易いが、内容物のみ

を連続的に殺菌するので、加熱ムラからくる品質劣化は少なく、レトルト殺菌より良い品質のものが得られ易い。

牛乳や果汁飲料のような低粘性食品の殺菌についてはほぼ技術的に確立されている。しかし、高粘性の食品や固形物が含有されている食品の場合は未だ種々の課題を抱えている。例えば澱粉の入った食品では加熱の途中で大巾な粘度変化があったり、またある程度以上の大きさの固形物が問題となる。このような系の殺菌では通常図3に示すような表面掻取り熱交換器を使用

することが多い。粘度が高い食品の場合、熱交の表面を回転スクレーパーで掻取り、伝達を促進しようというものである。この熱交換器の伝熱の問題は均一で固形分の含まれていない系については比較的多くの研究があり、^{8),9),10),11)}かなり解明されてきている。

一方、固形物が含まれている系の場合、固形物内部への伝熱を考えねばならず、かなり複雑になる。即ち、液から固形物への伝熱、固形物内部の伝熱、更に固形物自体の熱交換器、あるいは滞留管内部での滞留時間分布の問題を考えねばならないからである。

流体中の固形物への液からの伝熱についてはあまりデータはないが、Heppel¹²⁾が次の様な方法で流体中の固形物への伝熱係数を求めている。死滅速度既知の

菌をアルギン酸Ca球中に封入し、これを加熱液体中に流して菌の死滅量を測定、これより固形物中への伝熱量を求めて、伝熱係数を算出している。表2はこの結果を示したものであるが高

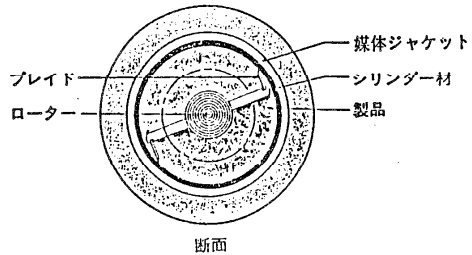
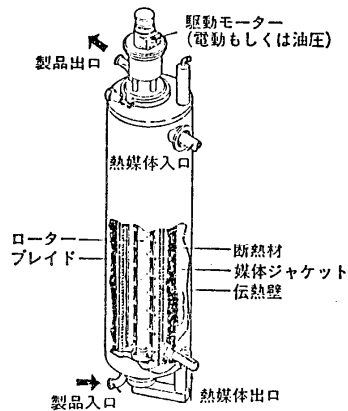


図3 表面掻取り熱交換器

表2 流体中固形物への熱伝達係数¹²⁾

Fluid	Re. Number	Average Biot No.	Average htc (w/m^2K)
water	50,000	18.8	7,870
water	5,250	4.6	2,180
starch(5% w/v)	30	1.96	930

粘度の液の場合にはかなり問題となる可能性が大きいことが判る。

固形物内部への伝熱については、熱伝導率が判れば推算することが出来る。液と固形物を一緒に殺菌した場合、固体内部への伝熱速度が問題となる。図4はRuyterら¹³⁾が固液を同時に殺菌した場合の液相部と固形物の殺菌値を推算したものである。この図から固形物がある程度大きくなると液相部との殺菌値に大きな差が出る、即ち、固形物を所定の殺菌値にすると液相部が過殺菌となり品質劣化を起すことになる。そのため液と固形物を別々に殺菌しなければならないという問題が出る。

固形物の熱交換器内や滞留管内での滞留時間は加熱時間と直接関係するため、その滞留時間分布をコントロールすることが必要となる。固形物の大きさ、量、液の物性、熱交換器の運転条件等によりその分布は変わるようだ。この点については最近の Taeymans¹⁴⁾の研究があるが、未だやっと研究の緒についたところである。

固形物含有食品の連続殺菌については上述の如く未だ問題が多く技術的に未確立な状態である。今後、更に研究の必要な部分と思われる。

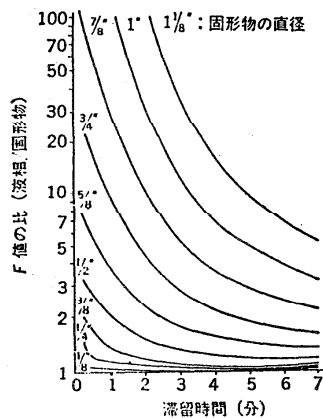


図4 液と固形分の殺菌値¹³⁾

3. おわりに

食品殺菌の伝熱について、その一部を紹介したが、特に固形物含有食品については複雑なこともあり未解明な点が多い。また、最近では2軸エクストルーダーによる食品の加熱加工も行われるようになったが、これも伝熱が重要な役割りを果たしている。しかし、伝熱研究はあまり進んでいない。

今後、この様な食品加工分野の伝熱研究も他分野同様に大いに進展する事を期待したい。

参 考 文 献

- 1) 矢野俊正ら：化学工学第17回秋季大会講演要旨集， 315 (1983)
- 2) 大久保行真：化学工学， 49 (3), 182 (1985)
- 3) 芝崎 勲：食品殺菌工学、光琳書院(1975)
- 4) 池上義昭：缶詰時報、 56(7), 68 (1977)
- 5) 寺島好己：缶詰時報、 54(1), 73 (1975)
- 6) I. J. Pflug et al. : Food Technolngy , 17 (9) , 87 (1963)
- 7) R. L. Merson et al. : J. Food Process Engineering 8 , 33 (1985)
- 8) Skelland et al. : Br. Chem. Eng. 7 , 346 (1962)
- 9) L. B. J. Van Boxtel. et al. : J. Food Process Engineering 7 , 17 (1983)
- 10) A. M. Trommel et al. : Chem. Eng. Sci. 26 , 1987 (1971)
- 11) R. Cuevas et al. : J. Food Process Engineering 5 , 1 (1982)
- 12) N. J. Heppel : Symposium on Aseptic Processing and packaging of foods ,
Tyrösand , Sweden , September , 1985
- 13) P. W. Ruyter et al. : Food Technology , 27 , 44 (1973)
- 14) D. Taeymans et al. : 4th Int. Congress Engineering and Food , ICEF , 4 Edmonton ,
Canada , July 1985

(4) 大気環境における伝熱問題

植 田 洋 匡 (国公研)

大気は陸地や水面との対流伝熱を行ったり、放射エネルギーの授受を行なう。また、大気の水成分は、気相・液相・固相を転移し、その際潜熱を放出したり、吸収したりする。そして、このような熱伝達、物質伝達が大気の運動やそれに伴って起こる種々の大気現象のドライビングフォースになっている。このような意味で伝熱は大気現象を引き起こす最も重要なメカニズムであり、従って大気環境における伝熱問題は気候学 (climatology) や気象学 (meteorology) の中心的な課題である。しかし、これらの学問分野では大気現象そのものの解明を目的としているのに対して、伝熱工学からのアプローチはそれらの現象の根底をなす伝熱機構の解明が目的である。ここでは、伝熱工学の視点から、大気環境の流れや伝熱の特徴を考え、これに沿って現在のトピ

ックスや将来の課題を考えてみたい。

大気の流れの特徴は、(1)スケールが大きく、(2)地面の起伏、地面-水面などの境界条件が複雑で、しかも(3)非定常である。更に、流れが直接あるいは間接的に熱によって引き起こされるため(4)浮力効果が大きく、(5)この中で相変化や反応が起こり、更に(6)地球自転効果のあることなどである。

スケールが大きいため、乱流はいわゆる高Re数乱流であり、エネルギー・スペクトルで $-5/3$ 乗則の成立する慣性小領域は3-4桁にも及ぶ。このため、(2)や(3)による複雑さを除けば理想的な乱流である。

陸地温度自身の日変化や、陸地温度と水面温度との差によって、大気は密度(温度)成層化され、これが大気乱流の構造、ひいては乱流拡散機構に大きな影響を与える。安定成層状態では、本来ランダム運動に近い乱流運動は浮力によって組織されて波状運動(内部重力波)に移行する。このとき、運動量・熱(物質)の輸送は極端に抑制される。そして、このために局所的にしかも間欠的に発生する強い風速シャーによってK-F不安定による碎波現象が起こり、この瞬間にだけ熱(物質)の鉛直輸送が行なわれる。また、運動量輸送には圧力-速度相関がより重要な役割を果たすようになり、このために運動量と熱(物質)の輸送機構には著しい差違が現われる。逆に、不安定成層状態では、熱い渦の上昇と冷たい渦の下降運動、つまり浮力によって励起される乱流運動が起こる。この運動は不安定度の増大に伴って、低波数域から高波数域にまで及び、乱流拡散は増大する。乱流の構造におよぼす浮力効果については乱流の本質に係わる未解決の問題が山積している。例えば、安定成層流での平均流-波動-乱流運動の三者の間のエネルギー授受、圧力速度相関項の寄与、また、乱流拡散に関して、同じスカラー量でも浮力効果を生み出すアクティブ・スカラーと、パッシブスカラーの拡散機構の相違、浮力の働く鉛直方向と他の二方向の拡散機構の相違等である。

一方、大気流中でも地表付近(接地気層)の壁面乱流では、風速のシャーによって乱流エネルギーが生成される訳であるが、この生成過程を支配している組織的な乱流構造が密度成層によってどのように変形するのか。実際、大気中での組織構造の検出はいまだに行なわれていないのが現状である。

浮力は流れ場全体にも直接作用してフローパターンを全く異なったものにする。まず、安定成層の場合で、いま、直線的な密度分布をもったような流れが丘を越えるときを考えてみる。代表長さとして丘の高さ、密度差として丘の麓と頂上との差を使ってフルード数を定義すると、これの二乗は運動エネルギーと、流体要素が斜面を登るのに必要なポテンシャルエネルギーとの比を表わしている。フルード数が1より小さい安定成層状態では、二次元の丘の場合には地表付近の気流

はその前面でブロックされて、そこによどみ域を形成する。また、後面でも大きなウェークは形成されず、地表付近には長く尾を引いたよどみ域が形成される。三次元の丘の場合には地表付近の接近流は丘を越えることができず山腹を迂回する。また、丘を越えた気流はバイサラ周波数の内部重力波を誘起する。実際には、丘はこのような障害物としての作用だけでなく、斜面の加熱、冷却に伴う熱的作用によって山谷風を生み出し、山麓を含んだ数10 Kmの領域に循環流を形成する。このように浮力の直接的な作用をうける流れの問題は従来ほとんど取り扱われていない問題であり、伝熱工学からのアプローチが望まれる。

一方、不安定成層の問題としては、水平面を加熱したときの熱対流の問題が重要である。熱的不安定やこれにコリオリ効果を含んだ安定理論は従来から気象力学の重要課題である。熱対流の上昇流域での水蒸気の凝縮と潜熱の放出を伴う安定理論も積雲対流の問題として発展しつつある。これらは、静止流体層の不安定問題であり、グラスホフ数の定義には乱流動粘度が使われる。大気中では分子動粘度にもとづいたグラスホフ数は極端に大きく熱対流は乱流状態である。グラスホフ数の増大でますます chaotic になっていくはずのものが、現実には、不安定成層状態の気層の全域にわたってベナール細胞やロール状の大規模渦が形成されている。グラスホフ数が大きくなって新たな不安定が生じるのか、それともこのようなパターンの攪乱モードが安定なものとして存在し続けるのか。いずれにしても乱流状態での水平面上の自然対流問題はまだまだ未解決の問題を多く残している。

大気中には、非定常性が本質的な特性である現象が数多い。地面温度の上昇にともなって生じる熱的不安定は典型的な非定常問題である。非定常乱流での加速時、減速時の乱れの減衰、増大の問題は相当研究されてきたが、非定常自然対流問題は未解決の部分の多い問題である。また、臨海地域には晴天時、海陸風循環流が形成されるが、これの基本的な流動形態は非定常自然対流と重力流であると考えられる。重力流は重い流体塊が軽い流体層の下を進出していく流れである。ドライアイスの煙が地面を這い進んでいくように、海風も陸風も重力流として平坦な面上を進む非定常現象である。大気中の流れは陸地温度の周期変化によって誘起されるものが多いことからこの種の現象は数多い。

相変化の問題は従来から気象学の重要な課題の一つである。雲物理学や雪物理学として体系化が進んでいる。光化学スモッグ等の大気汚染研究とも関連して、大気中での気体分子からの粒子化の問題はますます重要性を増してきた。気体が粒子化するとき、分子あるいは原子の集合体（クラスター）が生成する過程、これに更に蒸気が凝縮して成長する過程、衝突合体を繰り返して液滴に成長する過程などがある。特に前半の過程は未解決の問題を多く含んでいる。

また、雲、霧の形成には放射が支配的な役割を担うが、クラスターの放射特性なども含めて雲

物理過程での放射の重要性が指摘されている。従来タイムスケールが長いとして放射の寄与が無視されてきた積雲対流の問題にも放射の重要性が再認識されてきた。

以上のように、環境における伝熱問題は数限りなくあるが、対流、放射、凝縮、蒸発の基本的な機構の解明がますます重要になってきており、伝熱工学的なアプローチが強く望まれる。

(5) 乾燥工学における伝熱

岡崎守男（京大工）

「乾燥」とは湿り材料に熱を与えて水分を蒸発、除去して固形乾燥物を得る操作全般をいい、熱および物質の同時移動現象である。我われ人類は古くから穀物、食物、衣服などの乾燥を行ってきており、生活の一部とさえいえる。またあらゆる製造産業においても乾燥操作は多用されている単位操作はない。しかしこれをひとつの工学体系として組立てるとなると話は簡単ではない。相変化を伴う熱・物質同時移動現象なることもさることながら、最大の元凶は「固体」を取扱う点である。溶液、泥しょう、粒粉体材料から陶磁器のような成型品までその形状、性状はまさに千差万別、またこれらを扱う乾燥装置の型式も多岐にわたらざるを得ない。したがって「伝熱」の問題もまた多様で、そのほとんどが理論的解析の困難なものばかりであり、乾燥装置は実測値と経験によって設計されているのが実情である。

毛管多孔性固体を例にとる時、乾燥初期における乾燥速度は含水率によらず一定値をとり、この期間を定率（もしくは恒率）乾燥期間と呼んでいる。材料内部に形成される局所含水率の勾配を駆動力として毛管水が内部から乾燥面に供給されている間はこの定率乾燥期間が続き、定率乾燥速度は一般に材料表面が水膜で蔽われているとした時の蒸発速度に等しい。熱風乾燥なら表面温度は接する熱風の湿球温度で一定値をとり、入熱量はすべて水分蒸発に費やされる。したがって乾燥速度の律速因子はもっぱら材料表面上の空気側境膜伝熱係数である。

さて乾燥が進行するに伴い含水率が減少し、やがて材料内部から表面への毛管水の供給が追いつかなくなると表面含水率がゼロとなって減率乾燥期間に移る。この時の材料の平均含水率を限界含水率と呼んでいる。その後は蒸発面が内部に向かって後退し、乾燥速度は乾燥の進行につれて次第に小さくなる。減率期間の初期は境膜伝熱係数の影響が残っているが、蒸発面が少し内部に後退すると表面と蒸発面の間に存在する絶乾層の有効熱伝導度とその部分の細孔内水蒸気有効拡散係数の両者が律速因子となる。

以上の話を前置きにして、以下筆者自身にとって興味のあるもしくは困っている二、三の問題について述べたい。

1. 気流乾燥管における境膜伝熱係数

湿り粒状材料の大量連続処理に多用される乾燥装置に気流乾燥装置がある。垂直円管ダクト内の熱風高速気流中に湿り粒状材料を投入・分散させて空気輸送中に瞬時に乾燥するものである。図1はこの時の粒子の実測 Nu 数を粒子の熱風流に対する相対 Re 数に対してプロットしたものの¹⁾である。 Re_{rel} は投入直後が最大で、次第に加速されて終端速度に対応する値に到達するのであるが、投入直後の Nu は有名な Ranz & Marshall の式(図中下側の曲線)で計算される値よりもはるかに大きい。一方、終端速度で定常的に飛翔している時は計算値と良く一致する。加速圏の値は両者を結ぶ直線上を辿るのが桐原ら¹⁾の結果で、投入直後の Nu は図2に示すような $Re_{rel} = 400$ を境として2本の直線で与えられている。¹⁾ 投入時の粒子群の急激な分散と粒子相互の激しい衝突に起因するものと思われるが、その機構の検討・解析はまったく手がつけられていない。この現象は「伝熱促進」の手段として工学的に興味のある問題と思われる。

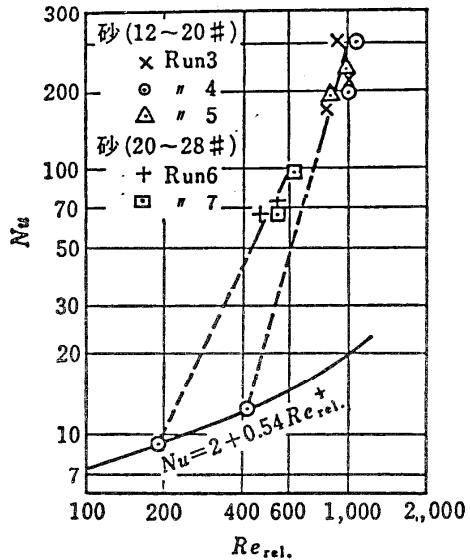


図1 Nu 対相対 Re の関係¹⁾

2. 固定壁面と攪拌粒子層間の伝熱

省エネルギーが叫ばれるようになって以来、通常の熱風乾燥法に比べて原理上熱効率の高い「伝導加熱」型乾燥装置が注目されるようになって来た。中でも粒粉体材料(工業的に乾燥操作の対象となるものには圧倒的に粒粉体材料が多い)を対象とする「溝型攪拌乾燥器」が採用される機会が多くなっている。これには二つ

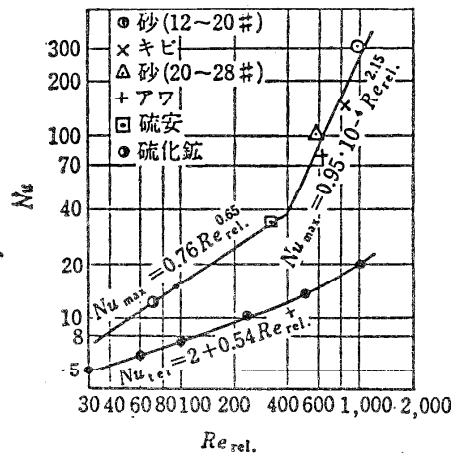


図2 Nu_{max} 対相対 Re の関係¹⁾

の形式があって、溝型乾燥器本体の壁面がジャケット付き加熱面になっていて、材料層は壁面に沿って動く回転攪拌翼で常に攪拌混合されている形式がそのひとつである。もうひとつは攪拌翼自体がジャケットになっていて翼表面から伝導伝熱で材料層に熱を与える形式である。もちろん両者の併用もある。いずれの場合も伝熱係数は攪拌翼の通過周期を用いた熱滲透モデル (Higbie モデル) で相関できる。これに関する研究は最近各国で行なわれており、筆者らの研究室でも実験式を提出している。^{2), 3)} ただし筆者らの研究も含めて既往の研究は例外なくサラサラの乾いた粒子を用いたもので、しかも容易に良好な攪拌状態が得られる小型装置に関するものである。実際は乾燥開始時の材料は水分によって凝集状態を呈しているため粒子層の有効熱伝導度も大きく異なる (後述するように含水率と温度に強く依存する) 上に凝集性に起因して材料層の攪拌・混合状態も乾燥時とは大巾に変る。乾燥の進行につれて材料含水率が減少するとこれらの状況も刻々変化することになる。特に攪拌状態は装置が大きくなるにしたがい悪くなることが予想される。今の所、この点についての検討は皆無であり、解明が強く望まれている問題である。

3. 湿り材料の有効熱伝導度

前述したように、熱風乾燥法においては減率乾燥速度が材料の有効 (見かけ) 熱伝導度に依存する。また凍結乾燥法のごとく材料底面より伝導加熱によって乾燥する場合には定率、減率両期間とも材料の有効熱伝導度に強く支配される。このような理由で、湿り状態にある粒子層、多孔性物体の有効熱伝導度は古くから乾燥研究者の大きい研究対象となって来た。

図3は気泡コンクリートの一種である Siporex に関して Krischer⁴⁾ が測定した湿り状態における材料有効熱伝導度を示したものである。図中の実測点に付記してある数値は材料温度であり、曲線は彼らの提案した「直・並列混合配置モデル」による相関線である。横軸の Ψ_w/Ψ は材料内空隙の水による体積飽和度であって、0 および 1 がそれぞれ絶乾および満水状態に対応する。空隙内の空気が熱伝導度のはるかに大きい水で置き換えられるのであるから、絶乾時に比べて満水時の有効熱伝導度が約5倍大きい値をとっているのは当然として、問題は中間における有効熱伝導度の含水率依存性が温度の影響を受けていることである。90℃まで温度が上昇すると中間の含水率において実に絶乾時の10倍になっている。これは温度勾配によって生ずる水の飽和蒸気圧勾配を駆動力として水蒸気が細孔空隙内を拡散する結果、エンタルピーの形で熱が移動するため、この場合の水蒸気の拡散が P_{Bm} すなわち空気分圧に反比例するいわゆる「一方拡散」であるため、材料温度が水の沸点に近づけば近づくほど急激に蒸気拡散量が增大するためであることは先刻 Krischer が指摘していることである。原理的には沸点

においては無限大の有効熱伝導度が出現するわけである。これこそ正にヒートパイプの原理である。実は筆者がこの図を見たのは昭和37年のことで、この事実を当然のこととして受入れただけで、後年この原理がヒートパイプとしてこれほどまでに世の中の役に立つとは夢想だにしなかった自分のエンジニアリング・センスの無さに愛想がつきる次第である。

話を本筋に戻すが、中実粒子よりなる粒子層や1次空隙のみよりなる単純な空隙構造の多孔性固体については、絶乾時と満水時の値に加えて空隙率を与えられれば、含水率ならびに温度依存性がある程度推算できるようになって来た。⁵⁾しかし現実には乾燥の対象となるような多孔性粒子の粒子層あるいは2元空隙構造を持つ多孔性固体の湿り有効熱伝導度

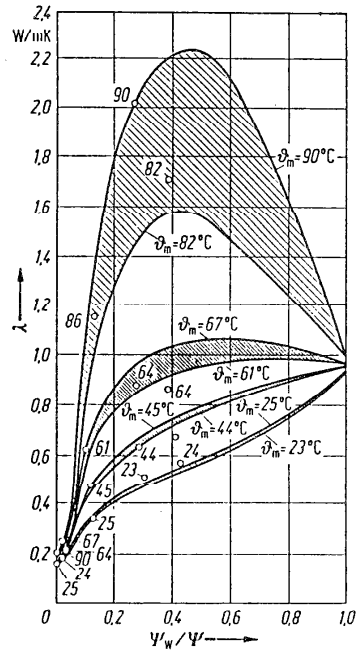


図3 湿り Siporex の有効熱伝導度⁴⁾

の相関は現在の所不可能であって、乾燥操作に限らず、「固相を含む多相系」を対象とする諸操作の操作設計上不便を感じることはしばしばである。

以上、乾燥操作に関する研究にたずさわる者の1人として、本操作にまつわる未解決の伝熱問題を思いつゝまゝ三つ挙げてみた。乾燥も最近では乾きさえすれば良いとした時代は去りつつあり、乾燥製品の品質が大きな問題になって来ている。高付加価値の機能性材料の場合には、乾燥速度、熱効率などの大小は問題とならず、乾燥過程での材料の品質劣化、性状変化が評価関数となり、乾燥工学研究の質的転換が必要される世の中になって来た。そこには伝熱工学の研究者にとっても興味ある問題が数多く存在していることを付言し、乾燥工学の分野へ多くの方々に進出して頂くことをお願いする次第である。

〔引用文献〕

- 1) 桐 良三：“乾燥装置”、228, 229 日刊工業新聞社 (1966)
- 2) Toei, R., et al. : Chem. Eng. & Processing, 18, 149 (1984)
- 3) Toei, R., et al. : “Drying '85” (Hemisphere, New York), 209 (1985)

- 4) Krischer, O. & W. Kast : "Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik" (Springer-Verlag, Berlin), 278 (1978)
- 5) Okazaki, M., et al. : "Heat Transfer 1982" (Hemisphere, Washington), 6, 93 (1982)

(以上)

(6) 充填層、移動層、流動層における伝熱の諸問題

堀 尾 正 毅 (東農工大・工)

充填層、移動層、流動層における伝熱の研究は1950年代後半から60年代前半にかけて大きく前進した。この間のわが国からの研究成果は今なお国際的に高く評価されている。1970年代後半以後、流動層ボイラー開発に触発されて研究は再び高揚し、多くの新しい成果が蓄積されてきた。にもかかわらず、伝熱パラメータの推算法が各社のノウハウになっていることが示すように、問題の解明はまだ満足できる精度には達していない。また、残念ながらわが国の研究の流れは事実上途絶えており、国際的寄与も一部を除いて低迷している。実際には、種々の分野で進められているファインプロセスの開発とも呼応して、新しい高精度の伝熱研究へのニーズはむしろ高まっていると考えられる。本稿では、従来の研究の流れの概略と最近のトピックスを紹介する。

1. 充填層、移動層の伝熱パラメータ

粒子・流体間伝熱係数 h_p 、流体・塔壁間、および、粒子・塔壁間伝熱係数 h_{wf} 、 h_{ws} 、軸方向および半径方向有効熱伝導率 k_{ez} 、 k_{er} が主なパラメータである。これらの推算法については既にいくつかの総説類^{1~3)}があるのでここでは詳細には触れないことにする。

Dixon-Cresswell⁴⁾ は h_{wf} 、 h_{ws} 、 k_{ez} 、 k_{er} について従来のデータを Reynolds 数のかなり広い範囲にわたって検討している。ただし、Dixonらの理論における2相モデル(粒子・流体両相を区別したモデル)と擬均一相モデルとの対応のさせ方については Vortmeyer - Berninger⁵⁾ が的確な批判を行っている。すなわち、Dixonらの擬均一相モデルでは、粒子・流体間の熱交換と流体の流れの効果が結合することにより表われる軸方向分散の効果が考慮されていない。

粒子・流体間伝熱係数 h_p については、低 Reynolds 数領域で異常に小さな値になることが報告され (Kunii-Smith⁶⁾) てきた。Kunii-Suzuki⁷⁾ によれば、その機構は充填層内のミク

ロな偏流を考慮することにより説明できる。低 Reynolds 数領域以外でも、従来の推算式（Ranz の式⁸⁾や白井の式⁹⁾）の推算値よりも実測値を説明するために fit させた h_p の数値が大輻に小さくなることがある。製鉄用高炉など実プロセスのモデリングにおいても従来の推算式の値の数分の一の値が使用される場合が多いという¹⁰⁾。実際の系では粒径分布が存在するばかりでなく、分布関数の形がさらに空間的に分布しており、偏流の効果の評価法は重要な課題であると考えられる。

Wakao ら¹¹⁾ は、従来の研究を総括し、従来のデータのばらつきや低 Reynolds 数領域の異常に低い Nusselt 数の出現は、測定法およびデータ処理用のモデル式における誤りに起因するものであるとし、Nusselt 数の最小値は 2 でよいとしている。Wakao らは、従来のモデルを(1)粒子・流体両相とも平均温度で代表させているモデル（Continuous Solid Phase model）と、(2)流体側は平均温度を使用するものの粒子側については粒内温度分布を考慮したモデル（Dispersion-Concentric Model）とに大別し、後者に基づいて、 $Re_p > 10$ の範囲で従来のデータの再相関を行っている。

Glicksman-Joos¹²⁾ は(1)軸方向混合、(2)空間率分布と偏流、(3)実験誤差の三つの角度から低 Reynolds 数領域の問題を考察している。

いずれにしても、Gillespie ら¹³⁾ の測定例が示すように、充填層内の h_p の値は粒子のスケールでマイクロに変動するとともに、塔径のスケールでも分布している。このように二つ以上のスケールの分布が重畳していることは粒子表面温度およびガス温度についても同じであるから、どのような方法論に基づいて集中化したパラメータを定義するかが結果の普遍性を大きく支配することになる。最近 Levec-Carbonell¹⁴⁾ は完全な局所的エネルギー収支式から出発し、各相の平均温度についての厳密な取り扱いに基づくアプローチを試みている。

移動層の粒子の降下速度は流体流速に比べて極度に遅いので、移動層伝熱と充填層伝熱の間に大きな差異は存在しない。しかし、粒子の降下に伴う充填層空間率の増加や半径方向分布の形成は伝熱パラメータに無視できない影響を及ぼすものと考えられる。しかし、この点についての研究はまだほとんどない。高橋・柳井¹⁵⁾ は移動層内の粒子速度分布を決定し、中心部に塑性流動に固有のプラグフロー領域が、また壁面上に境界層が形成されることを示した。高橋¹⁶⁾ はさらに層・壁面間伝熱係数について報告している。移動層と内挿伝熱管等との間の伝熱係数については、Colakyan-Levenspiel¹⁷⁾ による従来の研究のまとめを含む研究報告がある。

2. 流動層の伝熱パラメータ

層粒子・流体間伝熱係数 h_p 、層内伝熱面・流動層間伝熱係数 h_w 、層内浮遊物体・流動層間伝

熱係数 h_s 、横方向および軸方向の Peclet 数などが主なパラメータである。しかし、濃厚相内粒子については充填層の h_p の推算式が使える (Xavier-Davidson¹⁸⁾) のばかりでなく、粒子・流体間温度差は、流体の入口部などを除けばごくわずかであり、実際上問題になることは少ない。また、ペクレ数は粒子混合に支配されており伝熱固有の問題はわずかである。したがって、多くの研究はまず h_w に集中してきた。また、物体を層内に浸漬して処理する操作 (乾燥、焼き入れ、乾留、ガス化、燃焼など) においては h_s が重要であり白井¹⁹⁾ に始まる一連の研究があるが、最近では特に燃焼中の炭粒温度の推定を日指して種々の角度から研究が進んでいる。

h_w は、流動層壁面、垂直管、水平管の三つの場合において少しずつ異っているが、Xavier-Davidson¹⁸⁾ は Mickley-Fairbanks²⁰⁾ に始まる垂直平面上の伝熱係数の研究成果に基づいて、伝熱理論の体系的な総括を行っている。彼らはその延長線上で水平管や球の場合の伝熱係数を論じているが、従来の理論がどれだけ不十分であるかについては明確にすることを避けている感がある。

流動層の h_w や h_s の推算における困難な問題は主に次の2点にまとめられる。第1は、流動化状態が空間的に分布し、気泡径や気泡頻度が伝熱面の位置によって大きく異なるため、伝熱係数値にもかなり大きな (数倍程度の) 変動が生じること、また、流動化状態の分布についての理論はまだ完成の域に達していないことである。第2は、数十 μm の微粉の場合と数 mm の粗粒の場合とでは伝熱過程を支配する因子が大きく異なる (後者の場合には粒子間隙のガス流れが決定的となるが、前者の場合には粒子バケットの更新が支配的因子である) ため、全領域を包括した理論的表現は容易ではないことである。

そのため、すべての効果を包括した経験的相関式が数多く提案され実用に供されているのが実情である。Grewal-Saxena^{21), 22)} は従来の推算式と従来のデータの体系的な比較を行い Andeen-Glicksman²³⁾ による修正 Vreedenberg 式が従来の式の中ではかなりよい成績を示すことを確認している。しかし、Glicksman-Decke²⁴⁾ は数 mm の大粒子の場合について圧力を変化させた場合を検討し、修正 Vreedenberg 式が全く加圧の効果を表現できないことを示し、代りの式として等温大粒子モデルを提出している。

粒子間のガス流れが重要となる大粒子については、Adams-Welty²⁵⁾ による新しい理論が近年成果を収めている。

h_s についてもなお大きな問題が残されている。流動層燃焼中に炭粒は10 mm 程度から数10 μm にまで変化するため、流動層粒子との相対的關係も大幅に変化している。著者らは h_s の層内分布と気泡分布との関係、物体径の効果、高温の場合の放射伝熱の効果などについて現在総合的な測定を進めており、結果を化学工学協会群馬大会 (1986年7月) にて報告する予定である。

この研究の主張の1つは、従来対流項と放射項が加算されるような取り扱いであったことは、層粒子が不透明な流動層の場合には正しくなく、むしろ放射伝熱の効果を含ませた層の有効熱伝導率を用いた定式化により簡潔かつ統一的な表現が得られるということである。

以上、充填層・移動層と流動層のそれぞれについて研究の一端を紹介した。冒頭にも述べたように、化学的気相析出などファインプロセスへの流動層の応用は、我々の研究対象を数十mmの領域にまで拡大するとともに、熱泳動などの新しい現象にも目を向けさせている。Fitzgerald²⁰⁾はシリコンの気相析出の場合について、プロセスの伝熱工学的描写を試みている。今後新しい研究の波が出現することを期待しつつ筆を置くことにする。

(謝辞) 久しく関心を持っていた伝熱研究誌に寄稿する機会をお与え下さいました荻野文丸編集長のご好意に深く感謝致します。

〔引用文献〕

- 1) 小林晴夫、触媒装置および設計、第2、3章 地人書館(1965)
- 2) 化学工学協会編、化学工学便覧(第4版)、288(1978)
- 3) 国井大蔵、「熱的単位操作」上、丸善(1976)
- 4) Dixon, A.G., and D.L. Creswell, AIChE J., 25, 663 (1979)
- 5) Vortmeyer, D. and R. Berninger, AIChE J., 28, 508 (1982)
- 6) Kunii, D., and J.M. Smith, AIChE J., 7, 29 (1961)
- 7) Kunii, D., and M. Suzuki, Int. J. Heat mass Transt., 10, 845 (1967)
- 8) Ranz, W.E., Chem. Eng. Progr., 48, 247 (1952)
- 9) 白井 隆、流動層、科学技術社、204, 207 (1958)
- 10) 桑原 守(名大・工) 私信(1986)
- 11) Wakao, N., S. Kaguei and T. Funazkri, Chem. Eng. Sci., 34, 325 (1979)
- 12) Glicksman, L.R., and F.M. Joos, Trans. ASME, J. Heat Transfer, 102, 736 (1980)
- 13) Gillespie, B.M., E.D. Crandall and J.J. Carberry, AIChE J. 14, 483 (1968)
- 14) Levec, J., and R.G. Carbonell, AIChE J., 31, 581, 591 (1985)
- 15) 高橋洋志、柳井弘、化学工学、35, 354, 1372 (1971)
- 16) 高橋洋志、化学工学協会東海支部第42回研究談話会前刷、1982. 1, 28
- 17) Colakyan, M. and O. Levenspiel, AIChE Symp. Ser., No. 241, 80, 156 (1984)

- 18) Xavier, A.M., and J.F. Davidson, Fluidization, Academic Press, Ch. 13A (1985)
- 19) 白井 隆、化学工学、26, 637 (1962)
- 20) Mickley, H.S. and D.F. Fairbanks, AIChE J., 1, 374 (1955)
- 21) Grewal, N.S., and S.C. Saxena, Int. J. Heat Mass Transfer, 23, 1505 (1980)
- 22) ibid., Ind. Eng. Chem., P.D.D., 20, 108 (1981)
- 23) Andeen, B.R., and L.R. Glicksman, ASME AIChE Heat Transfer Conf., Paper No. 76-HT-67, St. Louis (1976)
- 24) Glicksman, L.R., and Decker, 6th Int. Conf. on Fluidized Bed Combustion, 3, 1152 (1980)
- 25) Adams, R.L. and J.R. Welty, AIChE J., 25, 395 (1979)
- 26) Fitzgerald, T.J., Silicon Material Preparation and Economical Wafering Methods, R. Lutwack and A. Morrison (eds.), Noyes, 129 (1984)

(7) 攪拌槽における伝熱

西川 正史 (九大工)

攪拌操作は一見単純な単位操作であり、混合、分散、物質移動、伝熱等幅広い用途に供されている。例えば、化学工場で取り扱われている高粘性液の2/3は伝熱や混合または反応条件を維持することを主目的として攪拌槽又はねっか機で処理されている。直径が10mを越えるタービン翼もあれば、洗濯機、ジュースー、泡立て器、さらにはカクテルミキサー等の攪拌機も市販されている。

攪拌操作の起源は古く、太古我々の祖先が煮炊きを始めたころにまで溯ることができる。原始人が、つばの中の液汁を木の枝や獣の骨で掻き回して汁の煮上りを促進させることに気がついた時、今日攪拌槽において研究の対象となっている殆んど疑問が発せられたわけである。何故速く煮上るのか(混合、伝熱)、掻き回す効果が棒の形によってどうして違うのか(混合)、何故結構疲れる仕事なのか(攪拌動力)、何故粘稠な液汁や具の多い場合にはよく焦げてしまうのか(高粘性(非)ニュートン流体の混合・伝熱、異相分散系の混合・伝熱)、掻き回すと沸騰が一旦止まることがあるがどうしてなのか(沸騰伝熱)等の疑問である。以後数十万年の永きにわたって経験的改良が付け加えられ、今日の攪拌装置に落ち着いて来たわけであるが、用途・対象

が多岐にわたっているのに応じて攪拌槽容器、攪拌機の形状も様々である。

攪拌槽内の現象は、攪拌機の回転又は上下運動、異相系の重力差等により惹起された、攪拌槽という狭い空間内の液の流動に依存することになるが、その流動様式は攪拌槽と攪拌翼それぞれの組み合わせに特有なものとなる。ひいては、混合・伝熱・物質移動・異相分散等の槽内現象も攪拌槽と攪拌翼の組み合わせに依存することになるので、攪拌研究の目的は先づ、着目現象に対応する攪拌槽と攪拌翼の合理的・最適組み合わせを選定し得る総合的槽内現象把握におかれたため、歴史の永さに較べて理論的取り組みがあまりなされていない。

攪拌槽伝熱研究の先駆的な例としては、J.P.Jouleが1847年に行った熱の仕事当量を求めた実験を挙げてよからう。攪拌所要動力の測定と相関がA.M.Whiteらによって1934年に始められたが、攪拌槽伝熱の研究はChiltonら(1944年)によって本格的に始められ、以来多くの実験式が

$$Nu (=hD/k) \propto f(Re (=d^2n \rho/\mu), Pr) \dots\dots(1)$$

の無次元式の形で報告された。ここでD、dおよびnは攪拌槽径、攪拌翼径および攪拌速度である。

前述のように攪拌槽内の流動様式は槽と翼の組み合わせによって変化するが、伝熱係数に影響を与えると思われる主要な因子を考慮すると伝熱式は

$$Nu = f[(Re, Pr, (\mu/\mu_w)(d/D)(b/D)(C_i/D)(H/D) \\ (W_B/D), (n_p), (n_i), (n_B), (\theta_p))] \dots\dots(2)$$

のようになる。ここでbは翼の羽根巾、C_iはi段の翼の底面よりの高さ、Hは液深、W_Bは邪魔板巾、n_pは翼の羽根数、n_iは翼数、n_Bは邪魔板枚数、θ_pは羽根角度である。

攪拌槽壁や槽内に浸漬された冷却コイル等伝熱面における伝熱機構を解明し、攪拌槽伝熱係数の理論的検討を可能ならしめるためには、槽内の循環液流の速度や乱流特性の分布とその装置条件、操作条件による変化を解明しておかねばならない。

低粘性流体の乱流域攪拌では液中における乱流拡散係数が非常に大であるため槽内液温度はほぼ一定となるが、壁付近の流動状態に対応して(槽と翼の組み合わせにもよるが、一般的には槽壁付近の流れは 1) 翼高さ位置での槽壁への衝突流、2) 槽壁に沿っての上昇または下降流、3) 槽底または液面近傍での槽壁から中心軸方面への回帰流を形成する。また邪魔板後方にはボルテックスが発生する)伝熱境界膜の厚みに変化し、槽壁高さ方向に熱流束の密度分布が生じる。また槽内の液の乱流強度も大きいので(邪魔板条件で約0.5、邪魔板の無い場合で0.1~0.2に分布)その影響も検討しなければならない。しかし、攪拌槽型式の反応装置設計を前提とした立場からは、流れと装置・操作条件の対応関係を知り、続いて流れと伝熱係数の局所対応関係を求め

た上でその平均値としての伝熱係数を算出するという2重の労力と2重の誤差の危険を冒すよりは、装置条件と平均値としての伝熱係数の対応関係を知る方が合理的である。このような立場から筆者らは、(2)式の因子を包含した攪拌槽伝熱式を提出し(1971年)、乱流強度Iの影響に対しても

$$h \propto I^{1/3} \dots\dots\dots(3)$$

なる関係式を得ている(1982年)。

次はやはり伝熱機構の解明の段階であろう。上述のように複雑な流れ場であり、Re数の指数が乱流域では2/3、Pr数の指数が1/3と経験的に一定値が得られているがこの理由もはっきりしていない。伝熱研究者にとって他に望み得ない程面白い研究対象と言っても過言とならないのではないか。

高粘性流体では液中の熱拡散が遅く液の温度班が塊われやすくなるとともに、攪拌動力が大きくなり、槽壁その他の伝熱面を通じての熱伝達量は著しく低下する。従って高粘性流体の攪拌伝熱では次の問題点を同時に満足するような攪拌条件を選定しなければならない。1) 伝熱面を通じての熱伝達量の把握、2) 槽内液の良好な混合、3) 攪拌動力より与えられるエネルギーの局所および全体の消散速度の把握、4) 伝熱面積の増大、5) 非ニュートン流体の取り扱い方法の確立である。

高粘性流体の攪拌伝熱式も一般に次の無次元式で相関される。

$$Nu = K Re^{\alpha} Pr^{\beta} Vis^{\gamma} \dots\dots\dots(4)$$

また伝熱面を通しての伝熱量 $q_c (=h\Delta TA)$ と攪拌動力よりの消散発熱量 $q_p (=P/J)$ の差で求められる冷却能力は次のようになる。

$$q_c - q_p = K(k/D) Re^{\alpha} Pr^{\beta} Vis^{\gamma} \Delta TA - Np \rho n^3 d^5 / g_c J \dots\dots\dots(5)$$

ここで ΔT 、 A 、 P 、 J および Np はそれぞれ伝熱壁面と液との代表温度差、伝熱面積、攪拌動力、熱の仕事当量および動力数である。高粘性流体の混合に良い性能を示すヘリカルリボン型式の翼では α 、 β および γ は1/3、1/3および0.2であり、アンカー型式の翼については1/2、1/3および0.2を得ているが、一方 Np に対しては槽内平均剪断速度を使用することによってニュートン流体、非ニュートン流体にかかわらず次式が成立する。

$$Np (=Pg_c / \rho n^3 d^5) = \beta_N (d^2 n \rho / \mu_a)^{-1} \dots\dots\dots(6)$$

従って

$$q_c - q_p = K' n^{1/3} \mu_a^0 Vis^{0.2} \Delta TA - K'' n^2 \mu_a \dots\dots\dots(7)$$

が得られる。つまり層流域の攪拌伝熱では高粘度である程、または攪拌速度を大にする程冷却能力は低下するので K' が大きく K'' の小さい攪拌翼を捜さなければならない。冷却能力を大きく

する手段として ΔT を大きくする方法は液の物性上契められない場合が多く、粘度の温度依存性が強い流体の場合には、 ΔT を大きくしても Vis 項の影響の方が強く出て伝熱量の改善にならない場合さえ起こる。従って、高粘性流体に対して混合性能の良い攪拌槽・攪拌翼の組み合わせのうちから伝熱係数が大きく、動力数が小さく且つ伝熱面積 A を大にし得るものを選択しなければならない。最も伝熱量を大きくし得る方法は A を増す方法であるが、冷却コイルをヘリカルリボン翼型攪拌翼として使用し、伝熱面積を槽壁だけを使用する場合の倍以上に増やす方法が永田と筆者ら（1972年）によって提案されている。この方法では強い剪断場である翼面が伝熱面として使用されるので非ニュートン流体の伝熱や冷却に有効とみられる。高粘性流体の攪拌伝熱実験も、現在までは高粘性流体の攪拌混合に有効であると経験的に考案されて来た攪拌翼について伝熱係数が相関されているに過ぎず、状況に応じた新しい翼が提案されている段階であり、伝熱機構の面からのアプローチはまだ不十分である。いわんや非ニュートン流体の攪拌伝熱への理論的取り組みはなされていないが、化学工場で取り扱われている高粘性流体の約80%が非ニュートン流体であるとされているので取り組み対象として充分であろう。高粘性流体の混合に有効な攪拌翼は槽いっぱいには広がっている型式（ $d/D \approx 1$ ）が多いが、伝熱面（槽壁）近傍の液の流れは、翼羽根の通過時とそうでない時とは変化するので伝熱は非定常となる。やはり流速の把握が鍵になる。

なお筆者らは（1975年）槽内の平均剪断場度が 3 sec^{-1} 以上でないとは良好な攪拌状態が得られなくなることを見出したが、管路内に挿入して混合と伝熱の促進を計るスタティックミキサーにおいても最小剪断速度は 3 sec^{-1} にすべきであるとされている。この理由についても理論的な検討が望まれる。

攪拌槽では気-液、液-液、固-液等の異相分散系も頻繁に取り扱われるが、混相の様子は液粘度、粒子径、粒子比重、界面張力、分散相分率等によって変化し、それに対処し得る攪拌翼が経験的に選定される。このような場合の攪拌伝熱係数も実験的に相関式が得られているに過ぎず、それも不十分な段階である。異相分散相が伝熱面に与える理論的研究に対して格好の研究対象を与えていると言えはしまいか。

以上、攪拌伝熱に関する研究は、従来の装置工学的要求を満すための実験的相関式作成の段階が終了したとはとても言えないが、そろそろ伝熱機構解析の立場からのアタックが必要とされる時期に来ていると思われる。そのためには攪拌槽内の流れ場を十分に把握することも必要である。

〔参考文献〕

永田進治、西川正史他：「攪拌槽壁面よりの乱流熱伝達」、化学工学、35巻（1971）

同上：「攪拌槽冷却コイルよりの乱流熱伝達」、化学工学、35巻（1971）

同上：「Heat Transfer to Cooling Coil Acting as Rotating Impeller」, J. Chem. Eng. Japan, 5 (1972)

西川正史他：「高粘性流体の攪拌伝熱」、化学工学論文集、1巻(1975)

同上：「Heat Transfer in Aerated Tower with Non-Newtonian Liquid」, IEC. P. D. and Dev., 16 (1977)

岡本幸道、西川正史他：「攪拌槽における乱流拡散係数の測定」、化学工学論文集、4巻(1978)

西川正史他：「非ニュートン流体の通気攪拌伝熱」化学工学論文集、8巻(1982)

同上：「Turbulent Intensity and Heat Transfer Rate in Mixing Vessel」、九大工学部紀要、42巻(1982)

＜ 研究 ト ピ ッ ク ス ＞

(1) ウォータージェットの利用技術

— 「焼け石に水・水・水」の研究を中心として

幾世橋 広（東北大工）

1. はじめに

地球上には、さまざまな水がある。広い海洋、湖、温泉水、溪流、河川、地下水、火山の噴気、雲、梅雨、豪雨、氷河。水のない地球、水のない生物の生活も人間の生活も考えられない。

ところで、水の流れの持つエネルギーは、時として大きな破壊力となってあらわれる。古来、治者はまず治水を心がけた。洋の東西を問わず、この水の破壊力・性質を表現する「水滴石穿」に類する語句は多い。生命の源であり、その存在をことさら認識させることの少なかった古い友——水との改めての出会いが、ウォータージェット技術（以下、水噴流技術と記す）である。

著者らは、この技術を将来の有望な地熱資源と考えられている高温岩体や岩漿（マグマ）からの地熱を抽出する際に不可欠な、高温岩体やマグマの掘削に利用することを目的に、ささやかな研究を行っている。

本文では、水噴流利用技術のこれまでの全般的な歩み、最近における技術開発の動向、著者らの研究及び関連する分野への利用状況及び将来像等について、浅学をかえりみず、それらの概要を簡単に述べてみたい。

2. 水噴流の利用技術の歩み

2.1 概要

水の壊（侵）食能力はよく知られている。流れる水は、岩を削り、谷や川をつくる。この作用は、時間の尺度で見れば、きわめて、緩慢であるが、水の速度を通常より大きくすれば、壊食のほとんどは、激しく一瞬のうちに生ずる。この壊食作用は、集中された緊密な高速水噴流——あるいは、もし、固体粒子をその噴流内に混入させることができれば、より破壊力は大きくなる（このような水噴流を砥粒添加水噴流（アプレシブウォータージェット）という）によって加速される。

水噴流は、長年、比較的軟弱な沈着物を洗い流すために用いられていたが、「水噴流切削」は、過去20年ないし30年の間に確立された技術である。この期間に、研究開発が行なわれ、水噴流切削の機構が理解され、それが種々の分野へ応用されるようになった。

このような分野のアイデアと経験の最も有効な交換を行うため、BHRA (British Hydro-mechanics Research Association) の主催で、1972年4月に水噴流切削技術に関する第1回国際シンポジウム (1st International Symposium on Jet Cutting Technology) が開催され、その後も2年ごとに開催され、本年9月には、第8回シンポジウムが英国で開催されることになっている。

BHRA では、1983年6月から月刊ニュース誌 "Industrial Jetting Report - The world of Jet Cutting and Cleaning" を発刊し、この方面の市場、技術情報及び新製品などを速報しはじめた。必要性の広がりをおかかわせるものである。

一方、米国内においても、BHRA の国際シンポジウムとは別に、2年に1度、BHRA の開催年と重複しないように、U.S. Water Jet Conference が開催されることとなり、1985年5月はペンシルバニア州のピッツバーグ大学で、第3回会議が開催された。

また、日本においても、1983年11月、ウォータージェット技術研究会を発足させ、年4回の機関誌「ウォータージェット」の発行と各種の情報交換活動を行っている。

さらに、来年1987年9月には、中国、日本、カナダ、英国の研究者が中心となり、北京で International water Jet Symposium, Beijing, China が開催されることになっている。

水噴流の利用技術に関する研究は、いくつかの分野に分けられる。すなわち①水噴流そのものの流体力学及びその標的物体への衝突の効果を含む水噴流切削の理論、②水噴流を発生させるために用いられる設備、並びに③種々の物体への水噴流切削の応用である。

水噴流切削の応用については、大きく、二つの部門に分けられる。すなわち、「破壊的」応用と「精密」切削である。破壊的応用では、切口の質にはほとんど考慮を払わずに、除去する材料の量を最大にすることが目的である。この破壊的応用の主なものは、岩石、コンクリート、石炭あるいは他の鉱物の破砕と除去及び望まない付着物が付いた金属あるいは他の表面の洗浄である。

精密切削への応用とは、水噴流が従来の切削具あるいは穿孔具、たとえば、鋸、ナイフあるいは錐あるいは、医学の分野における注射のようなものの代りに用いられるということである。精密切削 (金属加工を含む) は、主として各種工場で応用され、過去15年間の間に発展した。他方、破壊的応用は、100年以上前から鉱業において始まり、近年になって土木の分野へ拡大していった。

このような歩みの歴史的背景と応用の全範囲については Summers¹⁾ が、岩石切削に関連する応用については、Moodie と Taylor²⁾ が、並びに全般的には Lee³⁾ 及び Lichtarowicz⁴⁾ がレビューしている。

水噴流切削技術に関する全般的な文献調査は、1971年以前の文献⁵⁾及び1971年以降10年間の文献⁶⁾とに分けて、BHRAにより行なわれている。文献数は前者が461件及び後者は806件である。

2.2 各分野における利用状況

水噴流は、どのような環境下において用いられるかによって、気中水噴流と水中水噴流とに、また、時間的にどのように噴射されるかによって、定常噴流と非定常噴流とに分けられる。定常噴流においては、噴流がノズルから遠い位置まで拡散しないように、高分子などを水に添加したもの、壊食量を増加させるために、キャビテーションを発生しやすくしたもの、及び砥粒を添加したものなどがある。非定常噴流では、標的への衝突圧力が噴流を滴状化すると水撃圧(ρCU)(C :水中の音速、 ρ :水の密度、 U :噴流速度)として作用するため、連続流のよどみ点圧力($\frac{1}{2}\rho U^2$)より数倍大きくなる。このうち、特に、周波数が小さいものをPulsed jetsといい、これまでに $U=3500\text{m/s}$ (よどみ点圧力で6.1 GPa)のものが報告されている。⁷⁾ また、単発では $U=9500\text{m/s}$ のものが報告されている。⁸⁾ 水噴流の利用技術に関するこれまでの文献を分類し、水噴流の各分野への利用状況を示すと、表1のようになる。上表は、前述のBHRAの二つの文献集^{5),6)}並びに第6回(1982年)及び第7回(1984年)のInternational Symposium on Jet Cutting Technology (BHRA)及び第3回(1985年)のU.S. Water Jet Conferenceの論文集に掲載された論文を著者が独断で分類したものである。

同表中の分野④の一般的利用とは、⑤~⑫に分類できないあるいは共通分への利用を示す。1971年以前の⑧と⑨の利用分野は、合せて72.3%で鉱業部門における利用が大きな比重を占めていたことを示す。それ以降は⑧と⑨の合計は44%前後に減少した。反面、硬・軟質材料(複合材料を含む)切断、洗浄及びその他への利用④が増加する傾向にあることがうかがえる。なお、加工を中心とした水噴流の利用技術の歩みと将来の展望については、今中の解説⁹⁾がある。また④では、内視鏡を用いた胆石の水噴流破砕法¹⁰⁾¹¹⁾や水噴流メスの開発¹²⁾など医学分野への利用が目される。

3. 周囲との温度が異なる場における水噴流の利用状況

前節では、対象物体と水噴流とのあいだに、ほとんど温度差がない場合における水噴流の利用状況を取り扱った。ここでは、周囲と噴流とのあいだに温度差があり、周囲気体または噴流衝突面(固体表面)とのあいだに熱および物質移動が生じる場合における水噴流の利用につい

以下、簡単に説明する。

3.1 連続流領域における衝突水噴流と衝突面とのあいだの熱及び物質移動の利用¹³⁾

衝突水噴流は、それを用いると高い熱伝達率が得られるため工業的に広く利用されている。衝突面の温度が噴流の温度より高い場合は、噴流は高温面の冷却に用いられる。衝突面の温度が水の飽和温度より低い場合は、衝突面は強制対流熱伝達で冷却されるが、それが水の飽和温度以上である場合には、衝突面は沸騰熱伝達で冷却される。

衝突面の温度が水の凝固点（氷点）以下である場合には、衝突面は上例とは逆に噴流により加熱され溶解する。凍土を高速水噴流により切削しようとする試みは、アメリカ合衆国北方領域研究技術研究所で最初始められた。その後、その伝熱学的研究も行われている。

3.2 不連続流領域における衝突水噴流と衝突面とのあいだの熱及び物質移動の利用¹³⁾

不連続流、すなわち、液滴及び霧液流（一般にミストといわれる）は、飽和温度以上の高温面の冷却や液体の気化に利用されている。

3.3 水噴流と周囲気（流）体とのあいだの熱及び物質移動の利用¹³⁾

液体噴流と周囲気（流）体とのあいだの熱及び物質移動現象は、噴霧乾燥、液体燃料の燃焼、サイクロン蒸発、微粒化技術及び熱交換技術など工学の広い分野で利用されている。

4. 高速水噴流による高温岩石の掘削や破砕への利用

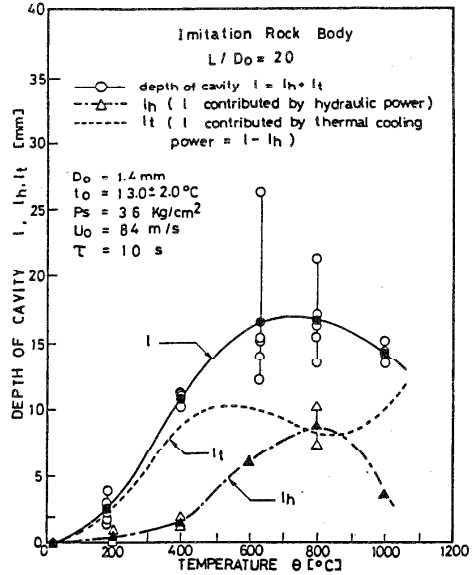
高速水噴流は、水力学的にも大きな破壊力をもつため、2節で述べたように、各分野で用いられており、また衝突水噴流は、前述のように熱伝達特性がきわめて優れているため、高温物体の冷却に利用されている。通常、花崗岩や安山岩などの硬岩に対しては、ノズル口速度が約1000m/s以上の超高速水噴流でなければ、それを実用上掘削あるいは破砕することができない。¹⁴⁾しかし、それらの岩石が高温であれば、比較的低速の水噴流でも水力学的破壊力の他に、衝突噴流の高い冷却作用によって岩石内部に過渡的に大きな引張熱応力が発生し、熱的に破壊される部分が生じて、岩石の掘削や破砕が比較的容易に進行するものと考えられる。このような考えに基づき、加熱ぜい弱化効果を利用した高速水噴流による岩石切削の実験がThirumalai¹⁵⁾により、及び理論的研究がPritchettら¹⁶⁾により行われた。

著者らは、21世紀における地熱資源の一つと考えられている高温岩体の掘削及び破砕に高速水噴流を利用することを目的に、高温模擬岩石の破砕効果及び破砕形態に及ぼす岩石温度、

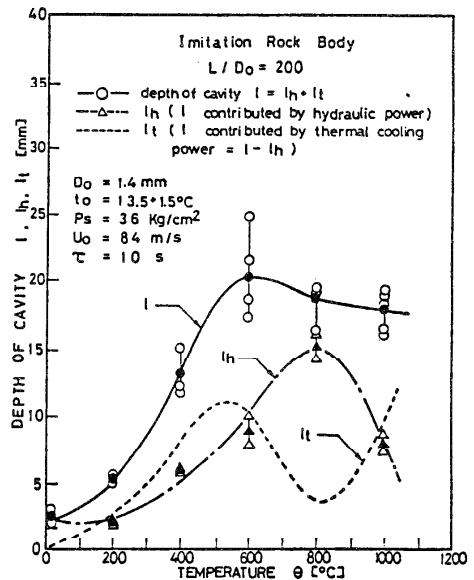
噴流速度、噴流衝突距離、ノズル口径などの影響などについて実験的に研究してきた。これらの実験結果の要約は一部報告してある。¹⁷⁾ その1例を図1に示す。¹⁸⁾ 図の(a)は、無次元衝突距離

(L/D_0 , D_0 はノズル径mm) が20、及び (b)は同 200 の場合を示す。両図とも、縦軸は掘削深さ、横軸は試料(模擬岩石)の温度を示し、ノズル固定で、連続水噴流(室温)を10秒間、試料に衝突させた場合の結果を示す。水噴流の水力学的破碎効果(深さ l_h で示す)と熱的破碎効果(深さ l_t で示す)との和と考えられる実際上の破碎効果(深さ l で示す)は、岩石温度 θ の増加とともに増大し、おおむね $\theta = 600 \sim 800^\circ\text{C}$ において最大値に達することがわかる。図中より明らかのように、 l_t と θ の関係を示す曲線は、 $\theta = 400 \sim 600^\circ\text{C}$ で極大値を、 $\theta = 800^\circ\text{C}$ で極小値をもつ沸騰曲線に類似したN字状の曲線となり、高温岩石の衝突水噴流による破壊現象は、衝突噴流沸騰系の伝熱現象ときわめて相関が強いことが推察される。¹⁸⁾ 最近これまでの一連の研究成果について、影響因子の次元解析を行い、掘削深さの無次元整理式を得ることに成功した。¹⁹⁾ さらに、この無次元整理式が実際の岩石についても適用できるかどうか検証するため、4種類の岩石について、同様な実験を行い、その結果を目下整理中である。なお、その結果の一部は、第8回ISJCT, BHRA で発表²⁰⁾ 予定である。

図2は、高温岩体の掘削にパルス噴流



(a) $L/D_0 = 20$



(b) $L/D_0 = 200$

図1 掘削深さと岩石温度との関係

を用いた場合の例を示す。²⁾ 図の縦軸は掘削深さを及び横軸は水スラグの長さを示す。図のパラメータは岩石温度である。

以上の研究は、掘削環境が気中水噴流になる場合を想定して行われたものである。坑底静水圧の増加とともに、水噴流による水力学的的破砕効果 l_h は著しく減少するとともに、熱的破砕効果 l_t はほとんど期待できない。そのような場合には、例えば、多量の圧縮空気を坑底に送るなどの処置を行い掘削環境を気中噴流状態に変えてやる必要がある。

高温岩石の高速水噴流掘削では、岩石とノズルが直接接触することがないので、削孔中におけるノズルの機械的摩耗が少なく、また高い推力を加える必要がないので、深度が大きく、また岩石温度が高くなるほど、機械的掘削方法より有利になると考えられる。

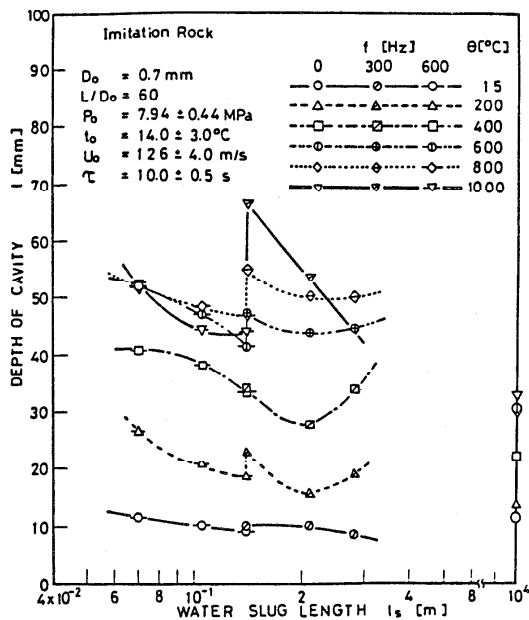


図2 パルス水噴流による高温岩石の掘削例

5. 水噴流切削技術を利用した地熱抽出システム

高温岩体から地熱を抽出するためには、現在いくつかの方式が提案されている。¹⁾ 大別すれば多坑井方式と単一坑井方式とに分類できる。前者は、高温岩体中に給水井と蒸気(または熱水)生産井を別々に掘削し、水圧破砕により両井間に人工亀裂を造り、熱交換面とする方式であり、この技術が完成すれば、花崗岩の高温岩体で、かつ岩体温度が約260℃であれば、50MWの熱出力が期待できる。しかし、現在までのところ、多重亀裂を思いのままに造成できるという段階には至っていない。一方、単一坑井方式は、掘削井は1本であるが、坑井内を二重管とし、外管あるいは内管から給水し、内管あるいは外管から蒸気(あるいは熱水)を抽出する方式であり、工期も短縮されかつ経済的であると思われる。しかし、この方式は熱交換面積及び集熱領域が小さいため、熱出力は2.5ないし5MW/1本程度と推定される。

著者らは、単一坑井方式において、熱出力を増加させるため、図3-1に示すように、坑井内に放射状の人工的な縦方向溝を高速水噴流切削技術を用いて2~8本造成し、伝熱面積を増

加させる方式（例えば、坑井深度 1000 m、孔径 20 cm、溝巾 0.05 m、溝の深さ 1.5 m 及び溝の長さ 300 m 程度）を考えている。この放射状溝付単一坑井からの地熱抽出方式としては、図 3-1 に示すような強制対流による方式と図 3-2 に示すようなヒートパイプ方式とが考えられる。²²⁾ 現在、長さ 1000m 程度の超大型ヒートパイプの開発研究が進んでいる。²³⁾ 著者らは、このヒートパイプが充分能力を発揮できるようにするためには、どのような岩石の物性条件のときには、どのような溝を造成すれば、よいかを理論的及び実験的に検討するとともに溝造成のための掘削システムの開発を産官の協力を得てすすめている。

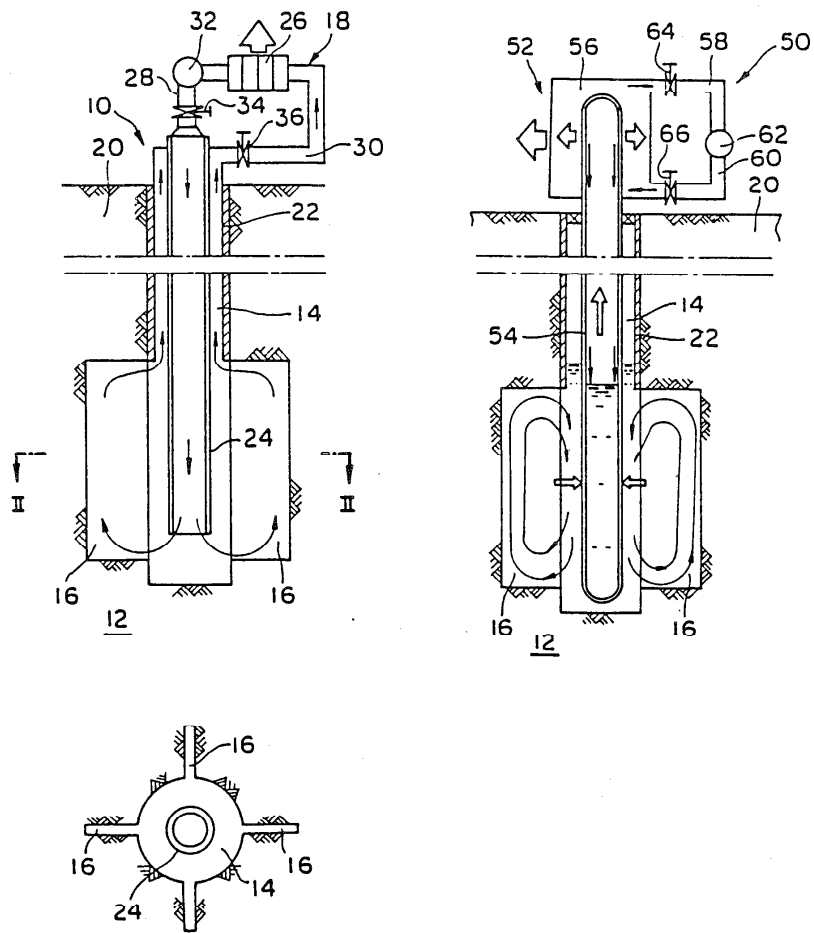


図 3 1 放射状溝付単一坑井による地熱抽出（強制対流方式）

図 3-2 放射状溝付単一坑井による地熱抽出（ヒートパイプ方式）

6. おわりに

以上、「ウォータージェットの利用技術」と題して、著者らの行っている研究を中心として、関連する分野の水噴流の利用技術について紹介させていただいたが、編集委員会の先生方及び会員の皆様のご要望に沿う内容であったかどうか危惧している。「焼け石に水」とは、効果などが微力で効き目のないことのとえに使われることばであるが、本文及び「著者らの研究」がいくらかでも効き目のあるものになることを願ひ筆をおきます。

参考文献

- 1) Summers, D. A. : Erosion (Treatise on materials science and technology , vol.16), Preece, C.M. (ed.), Academic Press , 395 (1979).
- 2) Moodie, K. and Taylor, G. : Fluid Power Equipment in Mining Quarrying and Tunnelling , Inst. Mech. Engrs, Paper C22/74, 41 (1974).
- 3) Lee, R.D. : Chart. Mech. Engr., 21(6), 69 (1974).
- 4) Lichtarowicz, A. : Papers. Exploitation of Vibration Symp., Nat Engng. Lab., Paper 13, 22 (1974).
- 5) Richardson, C.A. and Thornton, W.A. : Jet Cutting Technology—A Bibliography, BHRA, (1973).
- 6) Brown, R. (ed.) : Jet Cutting Technology—a review & bibliography, BHRA, (1982).
- 7) Edney, B. : Proc. 3rd Int. Symp Jet Cutting Technology, B2, 11 (1976).
- 8) Watson, A.J. and Moxon : Proc. 3rd. U.S. Water Jet Conference, (1985).
- 9) 今中 治、ウォータージェット技術研究会、第3回講演会講演要旨集 (昭和59年4月6日), 1.
- 10) Schikorr, W. and Louis, H., 6th Int. Symp. Jet Cutting Technology, BHRA, 39 (1982).
- 11) Jessen, K., Classen, M., Leuschner, U., Louis, H. and Schikorr, W., 7th Int. Symp. Jet Cutting Technology, BHRA, 211 (1984).
- 12) 西坂 剛・米川元樹、ウォータージェット、1[4], 1 (1984).
- 13) 幾世橋 広、気液界面の高速流動に関する調査研究分科会成果報告書、日本機械学会、(昭和54年)、110.
- 14) Harris, H.D. and Mellor, M. : Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., 11(9) 343 (1974).
- 15) Thirumalai, K. : 2nd. Int. Symp. Jet Cutting Technology, BHRA, H6 (1974).

- 16) Pritchett, J.W., et al. : PB-244091, 242 (1974).
- 17) 幾世橋 広・京 宗輔・石浜 渉、日本機械学会誌、84(757)、(昭和56年)、1363.
- 18) Kiyohashi, H., et al. : Technol. Reports Tohoku Univ., 45(2), 137 (1980).
- 19) 京 宗輔・幾世橋 広・田中正三、石油技術協会誌、50(4)、(昭和60年)、221.
- 20) Kiyohashi, H., et al. : 8th Int. Symp. Jet Cutting Technology, BHRA, (1986.
(投稿中)
- 21) Kiyohashi, H., Kyo, M. and Tanaka, S. : 7th Int. Symp. Jet Cutting Technology, BHRA, 395 (1984).
- 22) 特願昭60-149890 「地熱エネルギーの抽出方法」
- 23) 白石正夫、ヒートパイプ協会会報、X、13 (1984).

表1 文献数から見た水噴流の各分野への利用状況

西 歴 年 分野	1971年以前		1971~1981年		1981年以降	
	文献数 件数(%)	利用分野 件数(%)	文献数 件数(%)	利用分野 件数(%)	文献数 件数(%)	利用分野 件数(%)
① 噴流関係	60(13.0)	—	108(13.4)	—	14(13.7)	—
② 噴流衝突効果	39(8.4)	—	112(13.9)	—	10(9.8)	—
③ 噴流発生設備	41(8.9)	—	44(5.5)	—	13(12.8)	—
④ 一般的利用	14(3.0)	14(5.0)	54(6.7)	54(12.5)	9(8.8)	9(13.8)
⑤ 土木への利用	28(6.1)	28(10.0)	52(6.5)	52(12.1)	5(4.9)	5(7.7)
⑥ 洗浄への利用	15(3.3)	15(5.3)	75(9.3)	75(17.4)	7(6.9)	7(10.8)
⑦ 硬質材料への利用	6(1.3)	6(2.1)	17(2.1)	17(3.9)	9(8.8)	9(13.8)
⑧ 鉱業・トンネル掘削への利用	112(24.3)	112(39.7)	120(14.9)	120(27.8)	20(19.6)	20(30.8)
⑨ 岩石掘削への利用	92(20.0)	92(32.6)	68(8.4)	68(15.8)	9(8.8)	9(13.8)
⑩ 軟質材料切断への利用	15(3.3)	15(5.3)	32(4.0)	32(7.4)	3(2.9)	3(4.6)
⑪ 新設備による試験	7(1.5)	0	54(6.7)	0	0	0
⑫ 水中作業への利用	0	0	13(1.6)	13(3.0)	3(2.9)	3(4.6)
⑬ レビュー及び一般論文	11(2.4)	—	44(5.5)	—	0	—
⑭ 特 許	21(4.5)	—	0	—	0	—
計	461(100)	282(100)	806(100)	431(100)	102(100)	65(100)

(2) 気泡核生成のはなし

千葉徳男（広島大工）

1. 気泡核とはどんなものか

気泡核生成についての議論を始めると、その議論はすぐに困乱に陥ってしまう。その理由のひとつは“気泡核”の定義に合意が得られていない点にある。筆者の定義では“最小半径の自由表面を持つ球形または球の一部を形成している蒸気”であって、最小半径は液の種類と液温に支配される。この定義からすると、Bankoff によって詳細に検討された“cavity theory”で気泡核といわれるものは cavity 内でつねに自由表面を持っているので、気泡核ではないことになる。わたしの考えでは、気泡核は初期泡生成のときに、ただ一回存在するだけである。したがって、いわゆる cavity theory は“気泡核生成理論”ではなく、“気泡成長理論”でなければならない。

ここで、次式、ラプラスの式について考えてみよう。

$$\Delta P = \frac{2\sigma}{r^*}$$

上式で、 ΔP は液の過熱度から計算される気泡内外の圧力差であり、 r^* は臨界気泡半径である。上式は、液温が与えられたとき、 r^* より小さい半径を持つ気泡は存在できないことを示している。自由エネルギーを用いた熱力学的検討でも同じ結論に到達する。つまり、気泡核は液中に突然有限の大きさで出現しなければならない。機械学会発行の「沸騰熱伝達」の討論で、気泡核生成という現象に古典熱力学は適用できるかという問題が議論されたが、結論はでなかった。もともと古典熱力学では相平衡現象しか取扱えない。したがって、過熱された液中での不連続的な相変化は古典熱力学にはなじまない。そうだとすれば、この現象に統計力学を適用できるかどうかを考えるのが筋だろうと思われる。

むかし、慶応の小茂鳥さんがやった実験がある。上方から下方に向けて温度降下のあるシリコン油中に下方から水滴を浮上させる。水滴は途中で気泡を生じ、崩壊する様子が高速度カメラで撮影されている。われわれの実験では、過熱されたシリコン油中に水滴を保持しておく、数分あるいは数十分後に水滴は崩壊する。しかし、崩壊の時期を予測することはできないし、一時間たっても崩壊しないこともある。過熱度を 100K とした場合、水の過剰エネルギーは約 100 Kcal/Kg、この温度に対応する蒸発の潜熱は約 460 Kcal/Kg である。つまり、液中に気泡が生じたということは、100 から 460 が生じたということで、これを説明するには、個々の分子のエネルギーは平均値を中心とする分布を持っているという分子統計力学によるしかない。

2. 初期泡生成から連続核沸騰への移行

ガラス面上に巾2mm、3.6mmのアルミ蒸着面を作り、これに電流を流して加熱面とする。電流増加速度を一定として、加熱面温度を上げていくと、ある温度で初期泡が出現し、すみやかに連続核沸騰に移行する。初期泡出現の温度はまちまちである。この現象を高速カメラで撮影したので、そのスケッチと写真を図1と図2に示す。液体はn-ペンタンである。

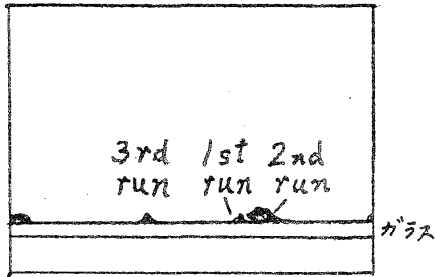


図1 初期泡の出現位置

撮影は3回行ったので、初期泡の出現位置を図1に示す。図に示したように、出現位置は毎回異っている。

図2の(a)は気泡核発生直後の状態であって、気泡核発生後0.1msもたっていないと思われる。(b)は(a)から約0.4msたった状態で、小さな蒸気泡は島状に成長している。(c)は(a)から約0.9ms後の状態で、蒸気膜は伝熱面全体に広がっている。(d)は(a)から約1.7ms後の状態で、蒸気膜は積雲のように成長し、(c)では蒸気膜上面の不安定波のように見えたものが、蒸気膜上の小気泡となり、次の(e)では蒸気膜から離れて上昇している。(e)は(a)から約4.2ms後の状態で、図の左側では大きな蒸気塊が離脱したところで、その下側では核沸騰のような状態となっている。図の右側では蒸気塊が離脱を始めたところで、伝熱面中央には薄い蒸気膜が見られる。(f)は連続核沸騰にはほぼ移行したときの状態である。伝熱面上の残留蒸気膜の一部が盛り上って、蒸気泡となるありさまがわかる。

図3はn-ペンタン液中に直径0.3mmの白金線を沈め、これに直線的に増加する電流を流して、自然対流

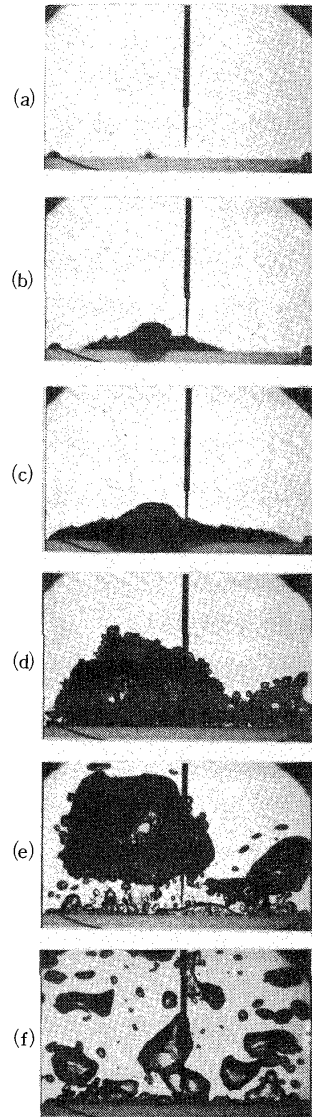


図2 気泡発生状況

時と核沸騰時における $q - \Delta T$ 曲線の測定結果である。このときの温度測定は毎秒30回の割合で行った。図中の直線 AB は自然対流域であって、B 点で初期泡が発生している。B 点における ΔT は約 85 K であるが、初期泡発生直後に温度は急激に上昇し、 ΔT は 120 K に上昇する。この間、白金線は蒸気膜に包まれるのが観察される。このうち、白金線の温度は急激に下り、 ΔT が約 40 K の連続核沸騰状態となる。もし、この状態から電流を減らすならば、 ΔT が 30 K 程度になっても核沸騰が実現される。これからすると、初期泡発生時の ΔT が 85 K、核沸騰継続の最低温度が 30 K、その差は 55 K である。このことから考えても、両者に

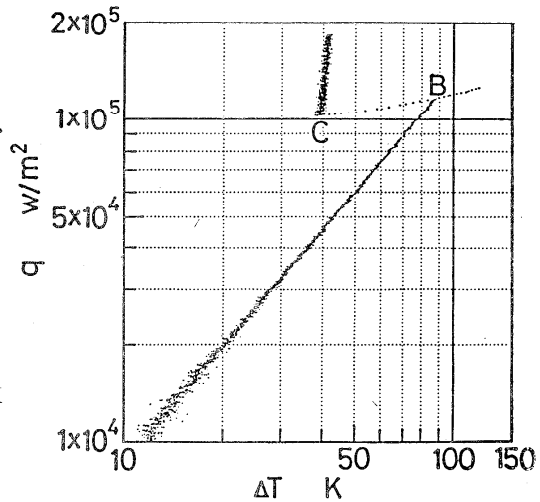


図 3 沸騰曲線

における気泡生成機構がまったく異なるものであることが推察できるであろう。これが初期泡発生時にだけ核生成が行われると考える理由のひとつである。

3. なぜ気泡核生成の研究をするか

電気冷蔵庫の庫内温度が十分に下ると、圧縮機は停止する。そのうちに時間がたって、庫内温度が一定温度まで上昇すると、自動スイッチが入り、圧縮機が動き出す。圧縮機が回転すると、蒸発器内の蒸気は吸い出されて圧力が低下し、蒸発器内の液体に ΔT が生ずる。ここで沸騰が起れば、庫内温度が下がり、冷蔵庫としての機能が発揮される。ところがである。沸騰が起るためには、まず初期泡が出なければならない。上述したように、初期泡の ΔT は核沸騰の ΔT の 2~3 倍である。つまり、スイッチが入ってからさらに庫内温度が上昇しないかぎり、初期泡は発生せず、沸騰は起らない。したがって、電気冷蔵庫の開発にとって、初期泡発生の ΔT をいかに下げるかが最大の眼目である。

電気冷蔵庫の問題はあまり大した問題ではない。使用者である家庭の奥さん連中が庫内温度の維持に関心がないからである。最近 IC が高密度化されるようになって、その発熱が問題視されるようになってきた。IC の冷却に沸騰現象を使わざるを得ないのではないかというのである。電子計算機に使用される IC を沸騰冷却する場合、間欠沸騰になるのか、連続沸騰にな

るか、わたしにはわからないが、少くともスタート時には初期泡生成の問題が起ることは確かである。このときの温度が安全限界になれば、電子計算機の安全を保証できないことになる。

伝熱屋はすぐに沸騰伝熱促進といたがる。しかし、世のなかには沸騰が起っては困る場合もあるのである。自動車のブレーキシューの位置は冷却しにくい場所にあるそうである。したがって、高温のブレーキシューに連っている油圧シリンダや油圧配管には沸騰の起る恐れがあり、沸騰が起ればベーパーロックによってブレーキがきかなくなる。この場合は、初期泡発生抑制が問題である。わたしにはわからないが、似たような問題はほかにもあると思われる。

世のなかで、気液、固液間の相変化現象は多く見られ、工業的にも多くの場所で利用され、研究も数多くなされている。ところが、固体核や液体核の直径は数十オングストロームと小さく、これを実験的に追求するのは至難のわざである。しかし、気体核はそれらに比べて桁違いに大きく、核の発生を高速度カメラで確認することもできる。つまり、気泡核生成の研究は実験技術の面からみてやさしいということである。これは核生成の理論を考える場合、その当否を実験的に確かめるのが容易であるということになる。相変化における核生成問題はそれぞれに特徴があると思われるが、原理的には共通性が多分にあると思われる。このことが、わたしを気泡核生成の研究に向わせる理由である。同学の士の殖えることを祈って筆を置くことにする。

(3) スケールによる熱伝達の不安定現象

村 田 杏 坪 (新 日 熱 工 学 研 究 セ ン タ ー)

1. 緒 言

鉄鋼業では、薄板、厚板、条鋼、鋼管等の各種鋼材の強度、靱性、加工性等の機械的諸性質や耐腐食特性などを向上させるために、各種の熱処理を行って製品を生産している。熱処理された高級鋼材の需要は、増加の一途をたどっており、熱処理時のヒートパターンも多種多様化している。従来は、熱処理と云えば、焼き入れ-焼き戻しが主流であったが、現在では、熱間加工と冷却を組合せた Thermo-mechanical control process (略称、TMCP) に技術開発の重点が移行しつつある。

これらの各種鋼材の熱処理で使用される冷媒の種類も豊富になって来たが、大量生産工程の場合は、未だ工業用水が主流である。周知の通り、水は沸騰現象を伴うため冷却特性が、冷却

条件により大幅に変化するので、冷却の制御は実用的には高度の技術に属する問題であると云える。

従来、膜沸騰熱伝達は、蒸気膜を介する輻射と対流が主役であるから伝熱面の表面粗さ等の表面性状あるいは冷媒のぬれ性等は影響しないと云われている。^{1),2),3)} また、Kokado、Hatta et al. は18Cr-8Ni ステンレス鋼を還元性雰囲気で加熱後、水道水で冷却する場合、水温が68℃以下では蒸気膜が伝熱面上に形成されず冷却開始直後から伝熱面がぬれると報告している。⁴⁾ それに対して、西尾、上村は銀柱を蒸留水で冷却した場合には、約30℃の水温でも極小熱流束点が認められることを報告している。⁵⁾

他方、経験的に鋼材の熱処理において、伝熱面を粗面化すると冷却が促進されることや酸化性雰囲気中加熱のほうが還元性雰囲気中加熱の場合よりも冷却速度が早いこと等が知られている。⁶⁾ 以上述べたように、鋼材（あるいは金属）を高温から所定の温度まで水で冷却する場合、加熱雰囲気を含めて伝熱面の物理的、化学的性質が冷却特性に影響することは間違いない事実のようである。

一般に、鋼材を水冷する場合、初期条件として、スケール（酸化膜）がほとんどない場合（冷却直前に仕延工程があり新生面が生成）や再加熱後冷却する場合のようにある程度スケールがすでに存在するケースがある。また、冷却過程でスケールが生成する。したがって、鋼材の水冷の場合、通常、スケールが伝熱面になることが多い。それ故、高温から所定の温度まで冷却する場合の温度変動に対してスケールがどのような影響を及ぼすか解明することは、熱処理冷却技術の基盤を確立するためにも、また、各種の制御冷却熱処理法の実用化、安定化に対して極めて重要である。

以上の考え方にに基づき、本報では鋼管の焼き入れ法の開発研究の中で遭遇した表題について、現象論全体もまだ未整理の状態で隔靴搔痒の感は免れないが、あえて、拙文をまとめて見ることとした。

2. 実験方法

小径シームレス鋼管（ $60.3\text{mm}\phi \times 4.83\text{mm}t \times 4\text{m}l$ 、後端密閉）を4水準の酸素濃度の雰囲気（窒素流量で制御）で $930^\circ\text{C} \times 30\text{min}$ （保定）の加熱後、実験用鋼管外面冷却装置（図1）で所定時間冷却した。

鋼管の加熱温度は円周方向および長手方向共、その均一性は良好であった。冷却水温は18～24℃であった。

鋼管は、その下面が炉床レンガ（SiC主成分）と直接接触する状態で、2本装入加熱後炉扉

を開放し、1本ずつ抽出され冷却された。

1本目の鋼管を抽出し炉扉を閉じた後、2本目の鋼管のみを約10分間復熱加熱した。

加熱炉は電気抵抗加熱炉であり、鋼管はスクエロールで回転させながら冷却された。一部の鋼管は焼き入れ直前でデスケーリング（Hydraulic scale breaker）を行った。冷却装置通過後の鋼管の内、外表面温度を接触式温度計で測定した。

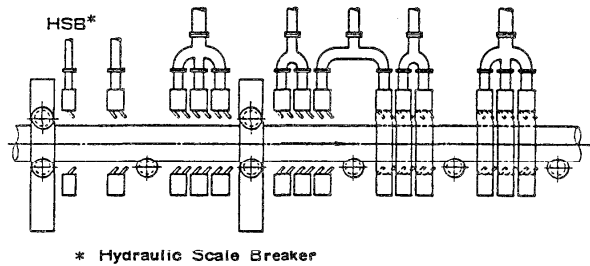


図1 実験用鋼管外面冷却装置

3. 実験結果

3.1 加熱雰囲気の影響

図2に示した通り、焼き入れ直前デスケーリングの有無にかかわらず、加熱雰囲気の酸素濃度が17%および3%の場合、冷却終了温度はほぼ安定している。しかし、酸素濃度が1%および0.5%の場合、冷却終了温度のばらつきが大きくなる傾向が認められる。特に、焼き入れ直前でデスケーリングを行った場合、最初に炉から抽出された鋼管（添字1）の温度のばらつきが極めて大きいことが注目される。

雰囲気酸素濃度が3%および17%の場合、デスケーリングの有無の影響がほとんどない理由として、高酸素濃度雰囲気生成したスケールは、はく離しやすいのでデスケーリングがなくても、冷却の初期に加熱時のスケールがはく離してしまうからではないかと推定される。

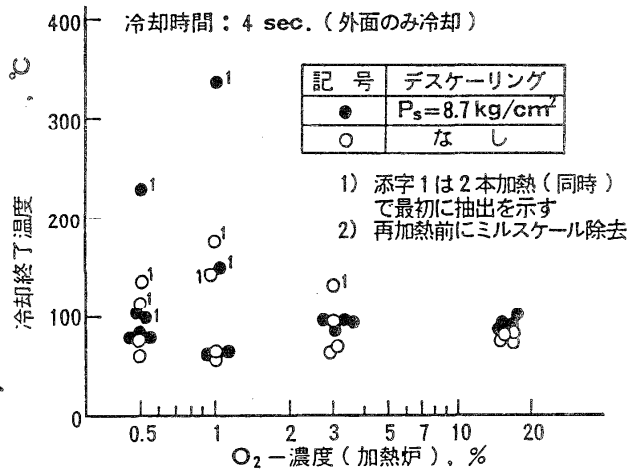


図2 冷却終了温度に及ぼす加熱条件、デスケーリングの影響

3.2 デスケーリングと冷却時間の影響

加熱炉内雰囲気酸素濃度を1%に設定し、冷却装置の通過時間を変化させて冷却終了温度を測定した。その結果を図3に示した。

このシリーズの実験では、千秒前後の冷却時間では、デスケーリングの有無によらず、図2に示したような冷却終了温度のばらつきは認められなかった。しかし、鋼管の搬送速度が大きく冷却時間が短い場合には、デスケーリングの有無により数100℃に及ぶ非常に大きな温度差が生ずることが示

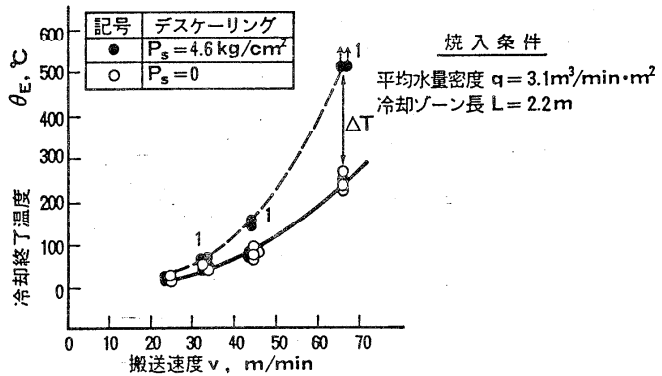


図3 冷却終了温度と搬送速度、デスケーリングの影響

された。また、デスケーリングを行った場合でも、2本目に炉から抽出された鋼管の温度はデスケーリングを行わなかった鋼管のそれとほとんど同じであった。

図3から、冷却終了温度の差は短い冷却時間（高温域）においてすでに生じていることが示唆されている。

3.3 冷却終了温度に及ぼす残留スケール重量の影響

図4から、残留スケール重量が小さい程、冷却終了温度が高いことを示す一群のデータの他に、この曲線から大きく離れ冷却が非常に遅れる他群のデータがあることが確認された。前者のデータは高温鋼材の水による冷却の際にも、スケールが熱抵抗層として作用し、

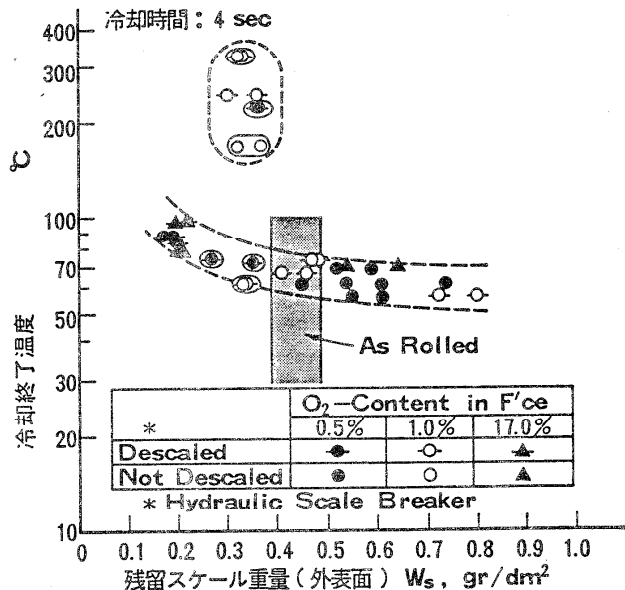


図4 冷却能力とデスケーリング及び残留スケール重量の影響（鋼管の外表面冷却法）

表面断熱層の急冷促進効果^{7),8)}とか保温層のバラドックスと呼ばれる現象⁹⁾が存在することを示唆しているものと考えられる。後者のデータに対しては、一応伝熱面のぬれ性が悪いためではないかと考えられる。

3.4 冷却終了温度に対する表面粗度等の影響

前述の両群のデータについて冷却後の鋼管の表面粗度を測定し、冷却終了温度との関係調べ、その結果を図5に示した。同図から、平均表面粗さが $10\mu m$ 以下の場合、冷却終了温度との間には相関関係が認められなかった。その他、冷却後の表面を拡大鏡($\times 10$)、走査型電顕($\times 500$)で観察したが、両群のデータを説明できる相違点を見出すことができなかった。

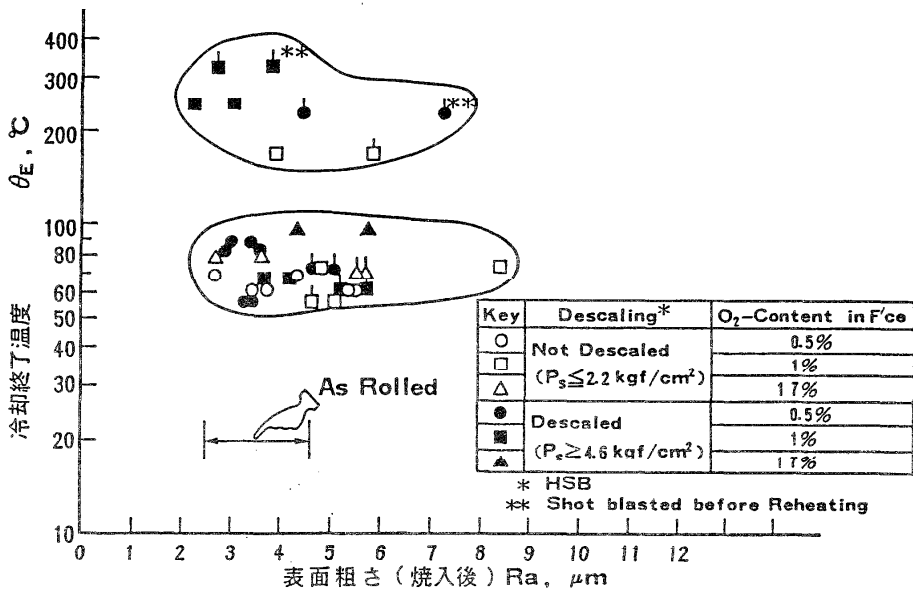


図5 冷却能力と表面粗さ(焼入後)の影響

4. 考察

4.1 冷却終了温度の変動と加熱雰囲気の影響

温度変動に影響する要因として

- 1) 雰囲気の酸素濃度(あるいは窒素ガス)
- 2) 焼き入れ直前デスケリングの有無

等が挙げられる。これ等の要因の影響の様相は複雑で、未だ完全には整理できていない。

その後の実験で、加熱時に炉床レンガと接触していた部分の冷却が非常に遅れることが確認できた。この接触加熱部は、炉内雰囲気ガスがシャ断されるので無酸化雰囲気加熱になっていると考えられる。あるいは、炉床レンガとの何等かの反応によって鋼管表面の化学的性質が変化していることも想像される。

たまたま、この部分の温度を測定した時には、冷却終了温度が非常に高くなる可能性がある。また、接触加熱部は冷却水によるぬれ性が極めて悪い特徴があった。(Black spotsの発生が非常に遅れる)

図2および3で、2本同時加熱で鋼管を加熱炉から抽出する順序によっても冷却終了温度が異っている。すなわち、概して最初に抽出された鋼管の温度が高い。この理由として、図6に示した通り、2番目に抽出された鋼管は、最初の鋼管抽出の際に炉蓋を開いた時、炉内に空気が大量に侵入し高酸素濃度雰囲気になるために冷却が促進されるものと考えられる。⁶⁾

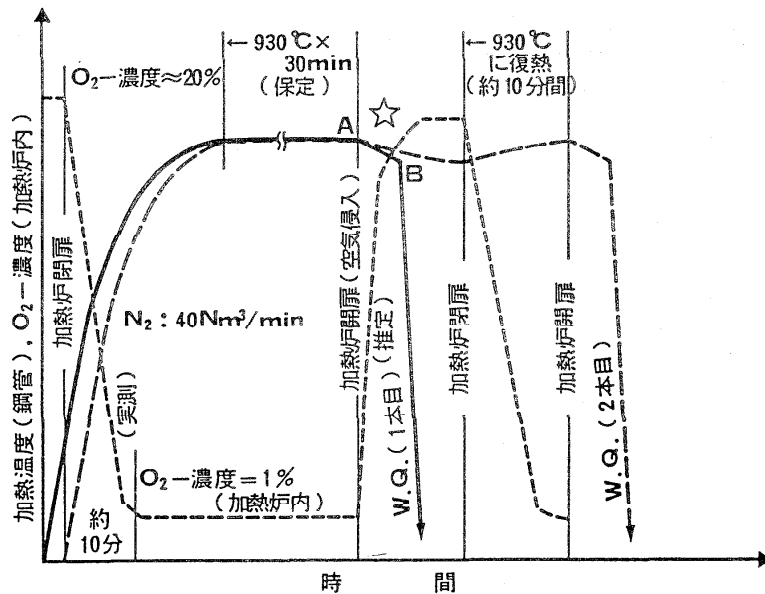


図6 2本同時加熱時の炉内O₂-濃度の時間的経緯(模式図)

さらに、炉床は曲面であるため最初の鋼管を抽出後、残りの鋼管は転がり炉床の底部に移動する。そのため、最初の炉床レンガとの接触部は炉内雰囲気さらされることになり、この部分の冷却も促進され、かつ、全体として温度が均一化されるようである。

その他、加熱雰囲気によってスケール直下の脱炭の状況が異り、概して脱炭の顕著な部分は冷却が促進される傾向があるので、脱炭反応によって表面のスケールの性状が異なることも、熱伝達不安定現象を支配する要因の一つであろう。

上述のように推理すると、加熱雰囲気が伝熱面の物理的、化学的性状を変化させ、水冷時の熱伝達特性に大きな影響を及ぼしていると考えられる。

4.2 熱伝達の不安定の概念的モデル

冷却終了温度の変動の原因は、冷却曲線のクエンチ点⁹⁾あるいは最小膜沸騰温度が伝熱面の物理的、化学的性質によって変化すると考えると、^{8), 10), 11)}定性的には一応の説明が可能である。図7に示した通り、クエンチ点がA、D点の場合、2つの冷却曲線(実線と破線)が描かれ、通常の焼き入れの場合のように十分冷却時間が長い場合には、それ程大きな温度差は観測されなくても、その途中では相当大きな温度差(ΔT)が観測される。

例えば、図4で4秒の冷却時間の場合には、残留スケール重量が異っても、冷却終了温度にはそれ程大きな差は認められない。しかし、冷却時間が短い場合には相当大きな温度差が生ずる可能性がある。事実、図3で焼き入れ直前でデスクレーリングを行った破線とデスクレーリングを行わなかった実線を比較すると、搬送速度が速く冷却時間が短くなる程、温度差は大きくなっているとも解釈できる。

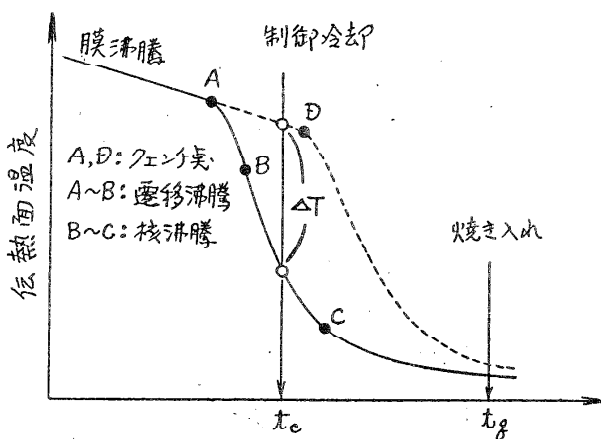


図7 冷却曲線による温度変動の説明
(熱伝達不安定現象の概念的モデル)

この考え方(仮説)の妥当性は十分検証されていないが、鋼管の内面に熱電対を取付け冷却曲線を測定した所、冷却開始直後から急冷され膜沸騰の生じないケース⁴⁾や相当長時間膜沸騰が持続すると推定される例が観測されている。

膜沸騰の崩壊から遷移沸騰に対する伝熱面の影響の解明が熱伝達の不安定現象の防止技術を確認するために重要と考えている。

現在、鉄鋼業界で開発が進んでいる制御冷却熱処理法の一つに冷却を途中で停止して焼き戻し工程を省略するプロセスがある。このようなケースでは、広義のクエンチ点のばらつきが大きな冷却終了温度の差を生じ、形状不良や材質のばらつきを招く結果となる。クエンチ点の変動防止技術の確立が重要である。

5. 結 言

得られた知見を要約すれば、以下のようである。

1) スケール(酸化膜)が熱伝達挙動に影響することは、経験的にも古くから知られていたが、スケールの量(厚さ)の他に別の因子(スケールの質)が支配因子として存在するようである。

(1) スケールの量については、“保温層のパラドックス”現象が認められる。

菊地等¹⁰⁾の理論による解析、比較検討が今後の課題である。

(2) スケールの質については、伝熱面の物理的、化学的性質(例えば、酸化あるいは加熱雰囲気中のガス吸着等)が、伝熱面の表面エネルギー等に影響し、冷却の上流側(高温側)における冷却水と伝熱面とのぬれ性に関連するのではないかと推定している¹²⁾。今後の重要な研究課題であると考えられる。

2) 最小膜沸騰温度あるいはクエンチ点が伝熱面の物理的、化学的性質によって変動することが、熱伝達不安定現象の出発点であり、その安定化が工業的に重要である。

浅学非才の身であることは十分承知の上で、あえて、鉄鋼製造技術の中で遭遇している難問題を、論理の飛躍と推定を交えて紹介させて頂いた。ここに述べた問題は、伝熱工学、界面工学と金属工学の境界領域に属する問題である。それ故、今後の研究の発展に期待しなければならない問題を数多く含んでいる新しい分野ではないかと想像している。

最後に、本拙文に対し特に大学関係の伝熱工学研究者の御叱正、御指導とお力添を切にお願い申し上げたい。また、本拙文が、この分野の研究をされている諸賢に何等かの御参考になれば、望外の喜びである。

〔参考文献〕

1. 内田秀雄編；大学演習 伝熱工学、裳華房(昭和53年3月10日発行)、236
2. 甲藤好郎；伝熱概論、養賢堂(昭和52年9月16日発行)、327
3. B.Gebhart；Heat Transfer, Second Edition (THM Edition)、413
4. J.Kokado, N.Hatta, H.Takuda, J.Harada and N.Yasuhira；Arch. Eisenhüttenwes. 55 Nr. 3 Marz, S. 118(1984)
5. 西尾茂文、上村光宏；熱処理23巻5号、260
6. 鉄鋼便覧VI、丸善(昭和57年5月31日発行)、482
7. 菊地義弘、堀 徹、柳川治之、岐美 格；第21回日本伝熱シンポジウム講演論文集(1984-5)、487

8. 淵澤定克、奈良崎道治、下山勇二郎、武田信男；精密機械、46巻7号(1980年7月)
44
9. 西尾茂文；第20回日本伝熱シンポジウム講演論文集(1983-6)、211
10. Y.Kikuchi, T.Hori and I.Michiyoshi ; Int. J. Heat Mass Transfer, vol. 28 No. 6,
1105 - 1114(1985)
11. 菊地義弘、岐美 格；第20回日本伝熱シンポジウム講演論文集(1983-6)、196
12. J.P. ホールマン著(平田賢監訳)；伝熱工学<下>、ブレイン図書出版(株)(昭和59年
4月3日発行)、366 - 368

< 外国滞在記 >

ウィーンでの生活から

福迫 尚一郎（北大工）

もう何回か新聞で報道されましたが、今日の朝刊にもワルトハイム前国連事務総長のナチ疑惑の記事が出ていました。オーストリアは5月に行われる大統領選挙に野党がワルトハイム氏を、与党社会党がシュタイヤー氏を擁立していることから騒ぎはエスカレートしてきたようです。ワルトハイム氏の問題にされている経歴は、一つはナチスの下部組織であったナチス突撃隊とナチス学生連盟に加入していたこと、もう一つはギリシャやユーゴスラビアでユダヤ人移送とバルチザンの弾圧に加わったことのようにです。1938年以降オーストリアはドイツに併合されていたのですから、ワルトハイム氏はナチスドイツ軍の中尉であったことは事実のようです。何かがあると、40年以上前のその人の生き方の歴史が問題になり、そしてそれが常に、オーストリアはヒトラーナチスの被害者だったのだろうか、共犯者だったのだろうかという議論を喚起するという状況は、「まあそれはそれとして・・・」という良く表現すれば緩衝思考に慣れきっている私達には、馴染み難い雰囲気 느껴られます。昨年ウィーンにて生活し、そのような経験を何度となくさせられました。

ウィーン工科大学流体・熱移動研究所のSchneider教授のお世話で、ハブスブルグ家に代々仕えた貴族未亡人の持家だった家に偶然住むことになりました。最初に部屋に入った時は、この小博物館のような所に驚きました。天井からのシャンデリヤ、古風な調度品（大半が18世紀のものでした）、台所のすばらしい皿や茶わんなどは鑑賞用ではないかと思ったほどです。しかし、生活してみて大変不便であることがわかりました。先ず台所と食堂が離れており、二部屋を通らなければならないのです。暖かいものを次々に食べるには家族以外にそれ専門に給仕する人が必要なこと、また広い部屋や庭木・テラスなどの手入れ・掃除も、とても家庭の主婦では無理なことがわかりました。そのため、今は亡き貴族の未亡人は一人の女性を階下に住まわせていたわけです。ベッドのプザーも階下に通じていました。一夜明けた朝、前夜無理に閉めたカーテンを開けておりましたら上から落ちて来ました。さっそく階下のおばさんのお世話になり、kaputt（こわれちゃった）という言葉をおぼえました。そしてカーテンは飾りであり、開け閉めするのは Fensterladen であることを教えられました。皿、スプーンフォークからシート、枕カバー、台所のふきん、はたまたプーキンにまで貴族未亡人（Emery von Radio-Radis）のイニシャルが

あり、布なるものはゾーキンに致るまでアイロンがかけてあるのにはもう何の言いようもなかった次第でした。

お世話になっている内に、この階下のおばさんが、すばらしく頭の良い賢い人であることがわかってきました。家の中での生活に関係のある種々の事柄、たとえば給水ポンプのこと、電気配線のこと、暖房機器のこと、庭の花木の手入れのこと、すべてについて全くプロなのです。壁に数多くかかっている油絵の手入れまでプロ並みにするのは驚きました。つまり、自分のなすべき領分に関しては全くプロになりきっていることを知らされました。

このおばさんの誇りが、恐らくウィーン人の大半がそうだと感じましたが、ハプスブルグ家なのです。ヨーロッパに約1000年君臨したオーストリア・ハンガリー帝国のハプスブルグ家なのです。16世紀にハプスブルグ家の興隆の基礎を作った皇帝マキシミアン一世、女性に皇位継承権なしとしてプロシヤのウイヘルム二世より戦争をしかけられる中で見事に帝国の花を咲かせた18世紀のマリア・テレジア皇帝、シェンブルン宮殿はこの女帝が完成させておりますし、異民族の地スロバキア、ハンガリーなどよく治め得たものと思いますが、オーストリアではどこに行ってもこの二人の肖像や銅像があります。そして大反動政治家の権化のように言われるメッテルニヒがウィーン3月革命で失脚したのち18歳で即位し、オーストリア・ハンガリー帝国の最後の花を咲かせたフランツ・ヨーゼフ一世も加え、この人達に対するウィーン人の敬慕は想像を絶するものであることを階下のおばさんを通して知りました。複雑なヨーロッパに1000年も大きな統治力を持ったという歴史的事実そしてその背景にあるものを、島国の徳川家250年しかわからない私共に理解するのは無理なのかも知れません。このフランツ・ヨーゼフ一世の時代に域壁が取り除かれ、現在と同じ並木のリングを持つウィーン市になったのだそうです。メキシコ皇帝になった弟はかの地で銃殺刑に、たった一人の皇太子はマイヤーリンクの森で心中死し、また皇后はスイス旅行中に暴漢に刺殺されるなど、個人的に幸福でなかったにもかかわらず、オーストリア・ハンガリー帝国のために奮闘したことが、フランツ・ヨーゼフ一世へのオーストリア人の敬慕をさらに大きくしているのかも知れません。

ブルク宮殿の中にスペイン乗馬学校というのがあり、乗馬の練習や模範演技を公開しています。あるとき研究所の助手の人と郊外のホイリゲに夕食に行ったとき、この学校のマイスター格の人とたまたま一緒になりました。大ジョッキで呑むワインの力にまかせて、競馬ならいざ知らず、今のこの時代に乗馬演技の学校なんてと意地悪い質問をしました。この人は色々と話してくれました。スペイン種の白い馬をビレネー山脈の牧場主がトリエステ（現ユーゴスラビア領）の大同教に送り飼育していたが、トルコの侵入が起ったためハプスブルグ家にこの馬を買い取ってもらったのが始まりである。1580年のことで、それ以来400年以上この乗馬学校は高等乗馬技術を

維持し続けている。自分は先輩より訓練を受け、現在40才を過ぎ中堅になった。今からの仕事は自分の技能を次の世代の若者に伝授し、彼等のレベルを今の自分のレベルまで向上させることである。そして自分は引退し、年金生活をアルプスの麓で送り、それで私の人生は終るでしょう。こうして400年続いたスペイン乗馬学校の技術は次へと続くことになる。そう、流れ続ける大河ドナウの一部、それが私の人生でしょうか。これが私の意地悪い質問に対する答でした。

ピアノを愛好されている研究所の助教授の一人と音楽についての話をよくしましたが、ある時こんなことを言われました。ウィーン国立音楽大学には2000人弱の学生の中に、200人近い日本人がおり、オーストリアの学生達が入学するのを難かしくしているほどです。日本人学生は優秀で技能的には素晴らしいです。しかしパッサリなどを弾きこなすのは難しいでしょうねーと。『その音楽の精神的背景を理解していない技能の日本人学生に、その真髄を弾きこなせるはずがないということを、日本人は知らない』ということ私に言いたかったのでしょう。ウィーン市内をわがもの顔に走り回っている日本の乗用車やケルトナー通りのショーウィンドーを占領している日本の精密機器を見るにつけ、考えさせられた言葉でした。

おわりに、私がお世話になった研究所に以前滞在された東京大学教授小竹進先生には多くの御教導をいただきました。紙面をお借りして深く御礼申し上げます次第です。

<地方研究グループ活動報告>

(1) 北海道研究グループ講演会

日 時：昭和61年2月8(土) 13:00~17:30

場 所：室蘭工業大学事務局本部中会議室

参加人数：30名(内海外留学生 1名)

講 演 (※：講演者)：

(1) 水平円管群自然対流熱伝達に対するダクト寸法の効果

※長沢 聡也、斉藤 凶、岸浪 紘機、

戸倉 郁夫(室蘭工大)

空調用暖房機器や冷蔵庫に使われる放熱器など、側壁のある比較的少数の水平円管群から成る熱伝達のダクト寸法の効果について実験的に検討された。その結果、個々の水平単一管のみならず管群としての平均熱伝達率が、側壁などの拘束のない水平円管のそれに比し、おおよそ1-3割増しになること、円管群と側壁が近接するほど平均Nu数漸増するが、その間隙比により極大値を取り得ること、さらに管群配置に関しては下流管よりも上流管の熱伝達が良好であることなどが指摘された。

(2) 流下液膜の流動特性に関する研究(静電容量法による液膜の波形の測定法)

※関根 郁平(苫小牧高専)、村井 郁夫、石黒 亮二、熊田 俊明(北大工)

平滑面状を流下する液膜の挙動(たとえば、液膜表面の波形や流下速度の測定など)を明らかにする目的で液膜とセンサーとの空隙間の静電気容量変化の信号を処理する静電容量法を試作開発したものである。本手法を、外径60φのステンレス磨き管表面を流下する液膜の波状観察測定に適用した結果、従来からの触針法との測定比較から波形ピークにおいて値が低く見積られるものの、全体としては液膜波状の情報を精度よく得る可能性があることを指摘された。

(3) 蓄冷システム「氷室(ひむろ)計画」の概要について

※眉山 政良(室蘭工大)、橋本 良明(榊橋本土木)

北海道のような寒冷地における冬期間の冷熱を氷の形で備蓄、夏場の農産物の貯蔵保冷に利用しようとする構想が道内の企業を中心に計画され、いわゆる「氷室(ひむろ)」計画としてそのテストプラントの実証試験が始まり、その基本計画と実績データの一部が示された。

氷室は、保冷库(11×7.3 m、長いも35 t 収納)に隣接する半地下の納屋(11×5.5 m)を利用し、厳冬期に水道水を散布凍結(氷厚1.6 m)させ、夏期の自然融解に伴う冷気を自然対流利用するものである。実測によれば、厳冬期-20℃の外気でも貯蔵庫内温度は4℃に保たれ、また計算では夏場でも0-5℃に保持され、かつ氷消費量も130 tで済む予想であることが提示された。

(4) オーストリアにおける伝熱研究

※福迫 尚一郎(北大工)

「多孔質層内の熱および物質移動に関する研究」の研究課題により、日本学術振興会昭和60年度特定国派遣研究員に選ばれ、1985年4月/1-12月/末までにオーストリアに出張、ウィーン工科大学機械工学部流体・熱移動研究所における研究生活を送られた際の印象、ならびにこれら研究機関の流体・熱移動工学の研究状況や研究環境について報告がなされた。

(文責 花岡 裕)

(2) 関西研究グループ講演会

日 時 昭和60年12月11日(水)13:30~17:00

場 所 関西大学大学院28教室

講 演 1) 軸方向流速を伴う回転同心二重円管内乱流熱伝達(流動と熱伝達の実験および解析)

※平井秀一郎、高城敏美、田中和洋、東谷輝義(阪大工)

2) 吹き出し、吸込みを伴う多孔質円管流れの乱流輸送現象

※平田雄志、伊藤龍象(阪大基礎工)

3) オープンショーケースのエアカーテンの研究

※古藤 悟、山中晤郎(三菱電機中研)

4) 気液二相流の計測について

※世古口言彦(阪大工)

5) 正方形断面を持つ曲り管内定常層流における流れのゆらぎ(LDVとLIFによる測定)

※大場謙吉(関大工)、津田宜久(新日鉄)、高木一彰、佐藤 誠(関大院)

<講演概要>

講演1) 旋回する遠心力場で生じる二次流れ等の不安定性の存在する軸方向流速を伴う回転

同心二重円管内環状流路において管摩擦係数および熱伝達特性に及ぼす旋回の影響を測定し、平均流速分布と乱れ特性を2カラーLDVにより明らかにするとともにそれらの数値解析を行った。旋回により圧力損失と熱伝達特性が増加し、軸方向流速分布がフラットな分布になる実験結果が得られ、またこれらの現象が $k-\epsilon$ 2方程式モデルおよび応力方程式モデルを用いた数値解析により定性的に予測できることがわかった。

講演2) 空気を主流とする多孔質円管流れ系を用いて空気の吹き出し、吸い込みおよび炭酸ガスの吹き出し実験を行い、流れ場、濃度場の発達過程や混合距離に対する影響を実験的に検討した。入口における主流の質量流速に対して $5/1000$ 以下の吹き出し、吸い込み条件では、 $x/D \geq 15$ の下流で流れ場、濃度場ともに相似性が成立すること、局所の剪断応力を導入すると壁近傍の混合距離は吹き出しのない場合と同じ分布形状に相関できること、さらに乱流シュミット数に対する吹き出しの影響は顕著でないことを明らかにした。

講演3) オープンショーケースの省エネに寄与するエアカーテン性能の果す役割は大きい。われわれはエアカーテンの熱遮断性能を高めるためにエアカーテン流れの挙動を研究した。

ところでエアカーテンは流れに対し棚が影響し、吹き出し速度・温度の異なる複数層から成っているため流れ構造の解析が難しい。われわれはエアカーテンの挙動を浮力モデルや棚効果モデルを使って差分法により予測する手法を確立した。流れは2次元境界層流れとして扱った。

さらに数値計算の結果に基づきエアカーテン性能を評価するファクターを設定した。これらの予測は実験結果と良く一致した。

講演4) 相変化を伴う蒸気・水二相流の熱伝達係数に対する相関式はこれまでに数多く提案されている。しかし相互の一致がよくないだけでなく、いずれを採用してよいかは定かではない。また沸騰抑制の実験的検証が十分になされているとは言えない。これらは測定の不確かさに起因していることから測定上の吟味すべき事項とその対策結果について述べた。さらに気液の相分布特性を決定するために開発した超多点点電極法の構成とデータ処理装置について解説し、界面性状を示すCGの例を紹介した。

講演5) 正方形断面を持つ曲り管内の定常層流助走流れをLDV測定とレーザ誘起蛍光法(LIF)および染料注入法による可視化を併用して曲率半径比 $r=10$ の正U字管と $r=5$ の倒立U字管について調べた。その結果、曲り角 $\theta=45^\circ$ 近傍では局所的に主流速度に速いものと遅いものが交互に現われるような「ゆらぎ」現象が生じ、これによって主流速度の奥行き方向(管軸方向と遠心力方向に垂直な方向)の分布が階段上になること、この速度のゆらぎは $r=10$ の場合、約3 Hzの周期性を持ち、 $r=5$ の場合は決まった周期を持たないことなどがわかった。

(3) 北海道研究グループ講演会(2)

日 時 昭和61年4月18日(金) 13:00-15:00

場 所 北海道大学工学部原子工学科会議室

講 師 J. W. Rose教授
ロンドン大学(クインメリー校)

題 目 凝縮熱伝達を中心とする最近の話題

(講演概要)

滴状凝縮データのばらつきは、丁寧な実験により、ごく微量の不凝縮性のガスの存在と、熱伝達率が大きいときの微小な ΔT の測定の誤差に起因することが明かとなっている。また、滴状凝縮時の熱伝達は、単独の液滴をとおしての伝熱を、液滴内部の定常熱伝導、気液界面の物質伝達抵抗、液滴表面の曲率による ΔT の減少を考慮した式により求め、これと実験で係数を定めた液滴の粒径分布の式を用いて求めることができる。滴状凝縮において熱流束が増加すると、液滴と液滴の間に肉眼では確認不可能な薄い液膜が形成され、部分的に膜状凝縮熱伝達となり、熱伝達率が減少する。これも滴状凝縮の実験データのばらつきの原因のひとつである。

気液界面の凝縮係数が1から減少する問題も、微量の不凝縮ガスの存在と ΔT の測定誤差で説明づけられる。

フィン付き管の凝縮伝熱は、フィンピッチを小さくしていくと、表面積の増大効果と凝縮液のホールドアップの増加の効果のバランスにより、最適ピッチが存在する。これを重力と表面張力の働く場での2次元流れとして解析的に解こうとすると式が非常に複雑になる。

(北海道地方連絡幹事 工藤一彦)

日本伝熱研究会への入会手続きについて

(1) 個人会員および学生会員

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

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

なお、「日本伝熱シンポジウム講演論文集」については、前年度の会費を納入された方限り、当該年度のもの1冊をお送りしております。

本会の事業年度は毎年4月1日に始まり、翌3月末日に終わります。

申込書送付先：〒153 東京都目黒区駒場4-6-1

東京大学工学部境界領域研究施設気付

Tel. 03-485-3111 内285、288

日本伝熱研究会

郵便振替口座：東京6-14749 日本伝熱研究会

(2) 維持会員

維持会員に入会申込みの場合は、上記事務局に直接書面または電話で御連絡いただくか、あるいはお近くの個人会員に御連絡下さい。事務局から研究会の内容、会則、入会手続きなどについてご説明いたします。

維持会員の会費は1口30,000円/年で、申込は何口でも結構です。会員には「伝熱研究」及び「日本伝熱シンポジウム講演論文集」等を申込1口につき1部ずつお送りしています。

日本伝熱研究会個人会員申込書

0	入会申込日	S		年		月		日
---	-------	---	--	---	--	---	--	---

1	会員資格	正・学							
2	氏名								
3	フリガナ								
4	生年月日	M. T. S		年		月		日	

5	*) 勤務先	名称							
6		〒							
7									
8		所在地							
9									
10	TEL								

11	自宅	〒							
12		住所							
13									
14	TEL								

15	通信先	勤務先・自宅							
16	学位								
17	最終出身校								
18	卒業年次	T. S		年					
19	専門分野			,	.	,			←(下記専門分野の番号)

学生会員の場合：指導教官名									
---------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

専門分野

- | | | | |
|-----------|-----------|------------|------------|
| 1. 自然対流 | 2. 強制対流 | 3. 熱伝導 | 4. 凝縮 |
| 5. 沸騰・蒸発 | 6. 混相流 | 7. 放射 | 8. 熱物性 |
| 9. 流動層 | 10. 熱交換器 | 11. 燃焼 | 12. 太陽熱 |
| 13. 計測法 | 14. 蓄熱 | 15. 移動現象論 | 16. 電磁流体力学 |
| 17. 冷凍・空調 | 18. 蒸気原動機 | 19. 原子力 | 20. ガスタービン |
| 21. 内燃機関 | 22. 製鉄 | 23. その他() | |

*) 学生の場合は在学学校, 学年 (M 2 , D 3 など) について記す。

キ
リ
ト
リ
線

< お 知 ら せ >

(1) 森 康夫先生が米国工学アカデミー外国人会員に

森康夫先生が、2月21日米国国立工学アカデミーの外国人会員に選出されましたのでお知らせいたします。

(^{*1})
この工学アカデミー会員に選出されるのは、“important contributions to engineering theory and practice” or “unusual accomplishments in new and developing fields of technology” を成し遂げた最高の榮譽であります。伝熱工学関係では米国内で Eckert など10人、国外ではO. Saunders (英)と数少い中で、森先生の伝熱学、エネルギー変換の研究の工学への寄与が高く評価され名誉ある会員に選出されたことを心から祝福いたします。

*1：会員数1289名、外国人会員数113名

*2：E. R. G. Eckert, R. J. Goldstein, H. C. Hottel, W. M. Keys, J. Kestin, A. L. London, S. Ostrach, W. M. Rohsenow, R. A. Seban, C-L, Tien

(2) 第24期(昭和60年度)総会のお知らせ

本会第24期(昭和60年度)総会が、日本伝熱シンポジウム開催中の第2日目に下記の通り開催されますので、会員各位の御出席をお願い致します。

記

第24期 (昭和60年度)総会

日 時 昭和61年5月28日 13:10~13:40

場 所 北海道大学学術交流会館

〒060 札幌市北区北8条西5丁目 Tel 011-758-5426

議 題 1) 昭和60年度会務報告

2) 昭和60年度会計報告

3) 第25期役員選出

4) 旧・新会長挨拶

伝熱シンポジウム期間中、会場で60年、61年度会費の受付事務をいたしますので御利用下さい(伝熱研究会事務局)

(3) 第23回伝熱シンポジウム

開催日 昭和61年5月27日(火)～5月29日(木)

講演会会場 北海道大学学術交流会館

〒060 札幌市北区北8条西5丁目 Tel. (011) 758-5426

シンポジウム参加費 一般事前申込1名4000円、当日申込1名5000円、学生・大学院生事前申込1名2000円、当日申込1名2500円(いずれも講演論文集代を含みません)

講演論文集代 1冊5000円(日本伝熱研究会会員には1冊無料進呈)、但し、郵送の場合は1冊5550円

懇親会 5月28日(水)18:00～20:00

札幌国際ホテル(札幌駅前)

[〒060札幌市北区北4条西4丁目 Tel. (011) 222-3811]

事前申込1名5000円、当日申込1名6000円、但し、同伴夫人は無料です。

事前申込要領 郵便振替払込書の通信欄に、(1)氏名(ふりがな)、(2)勤務先または学校名、(3)講演論文集冊数(進呈分以外)、(4)懇親会出欠(夫人同伴の方はその旨を明記)をご記入の上、当該費用をご送金下さい。参加証は当日、受付にてお渡しいたします。なお、事務の簡素化と経費節減のため、原則として、領収書の発行を省略させて頂きますので、郵便局で受け取られる郵便振替払込金受領書を保存して下さいようにお願い申し上げます。

事前申込締切 昭和61年5月10日(土) 消印有効

申込先

郵便振替口座：小樽0-27269

第23回日本伝熱シンポジウム準備委員会

〒060 札幌市北区北13条西8丁目

北海道大学工学部原子工学科内 Tel (011)716-2111 内線6665,6663

なお、会場での当日受付は8時50分より行います。

特別講演

5月28日(水) 13:40～14:00

「混虫のエネルギー代謝に学ぶ」

講師 北海道大学教授 低温科学研究所 茅野春雄

講演次第 *印は講演者、各講演は10分、討論はまとめて行います。

————— A 室 —————

第1日 5月27日(火)

[強制対流(Ⅰ)] 講演(9:20~10:10), 討論(10:10~11:00)

[座長 尾添 紘之(岡山大)]

- A 111 非定常三次元放物型方程式による曲り円管内層流強制対流熱伝達の数値解析
機正 秋山 光庸(宇都宮大) *斉藤 正夫(宇都宮大)
機正 西脇 一郎(宇都宮大) 機正 鈴木 道義(宇都宮大)
機学 村越 尊雄(宇都宮大) 機正 K. C. CHENG (アルバート大)
- A 112 多角形ダクトの層流熱伝達
機正*浅古 豊(都立大) 機正 中村 博(都立大)
ASME MOHAMMAD (ロードアイラン
FAGHRI D大)
- A 113 加熱円柱群間隙を軸方向に流れる流体への層流熱伝達
機正 宮武 修(九大) 化学*岩下 寛之(九大)
- A 114 傾斜した平行平板間の入口助走区間の流れと熱伝達に及ぼす浮力の影響
機正*内藤 悦郎(滋賀県立短大)
- A 115 部分加熱を受ける流路の伝熱における壁内二次元熱伝導の影響とその評価
機正*佐藤 勲(東工大) 機正 黒崎 晏夫(東工大)

[強制対流(Ⅱ)] 講演(11:20~12:00), 討論(12:00~12:40)

[座長 石垣 博(航技研)]

- A 121 壁乱流の内層構造に及ぼす空間的干渉の影響
(第2報, 流れ方向の空間的寸法の影響)
機准*丸山 茂夫(東大院) 機正 田中 宏明(東大)
- A 122 单相伝熱促進体周りの乱流構造
機学*佐藤 浩(慶大院) 機正 菱田 公一(慶大)

[強制対流 (IV)] 講演 (15:40 ~ 16:10), 討論 (16:10 ~ 16:40)

[座長 五十嵐 保 (防衛大)]

A 141 円柱後流内の円柱まわりの熱伝達
(2円柱が直角の場合)

機正*藤田 秀臣 (名大)

機学 佐藤 英明 (名大院)

機正 河村 鈞 (名大)

A 142 壁面におかれた2円管まわりの熱伝達

機正*相場 眞也 (秋田高専)

奥村 保 (日立)

加藤 勇蔵 (ミツミ電機)

A 143 た円柱列からの強制対流熱伝達

機正*西山 秀哉 (秋田大)

機正 太田 照和 (東北大)

機学 松野 徹 (秋田大院)

[強制対流 (V)] 講演 (16:50 ~ 17:20), 討論 (17:20 ~ 17:50)

[座長 長野 靖尚 (名工大)]

A 151 円柱はく離域の流動および伝熱機構

機正 熊田 雅弥 (岐阜大)

機学*伊藤 夏樹 (岐阜大院)

機正 藤田 禎雄 (アイシン精機)

機正 三矢 輝章 (日立)

機正 馬淵 幾夫 (岐阜大)

A 152 強制対流中の円柱近傍の流れに及ぼす浮力の影響

機正*菱田 公一 (慶大)

機学 佐藤 仲弘 (慶大院)

機正 前田 昌信 (慶大)

A 153 鈍い物体のはく離域の熱伝達と変動圧力の関係

機正*五十嵐 保 (防衛大)

第 2 日 5月28日(水)

[強制対流 (VI)] 講演 (9:10~10:00), 討論 (10:00~10:50)

[座長 土方邦夫(東工大)]

A 211 擾乱を与えた軸対称噴流初期領域の流動 (第4報)

機正*栗間 諄二(山口大)

機正 平田 賢(東大)

機正 笠木 伸英(東大)

A 212 乱流噴流の特性におよぼす出口形状の影響

機正*石垣 博(航技研)

望月 宗和(航技研)

A 213 浮力を伴う二次元表面噴流の乱流輸送現象

化工正 荻野 文丸(京大)

化学*木本 敦(京大院)

化学 景山 正人(京大院)

A 214 非軸対称管内噴流の壁面からの熱伝達

機正 鈴木 健二郎(京大)

機学*田坂 誠均(京大院)

機学 大塚 弘雅(京大)

A 215 二次元曲壁面噴流の熱および物質伝達

機正 鳥居 薫(横国大)

*村瀬 有一(横国大院)

機正 多田 春治(横国大院)

[強制対流 (VII)] 講演 (11:10~11:50), 討論 (11:50~12:30)

[座長 鈴木健二郎(京大)]

A 221 衝突噴流の伝熱機構

化工正*片岡 邦夫(神戸大)

化学 勝呂 雅彦(神戸大)

化学 出川 裕久(神戸大)

化工正 丸尾 勝彦(松下電工)

化学 浜田 剛孝(神戸大)

A 222 ホログラフィを用いた軸対称衝突噴流圧力場の可視化に関する研究

機正 土方 邦夫(東工大)

機学*三松 順治(東工大)

A 223 衝突壁上流に多孔板を有する衝突噴流熱伝達

機正 栗間 諄二 (山口大)

機正 宮本 政英 (山口大)

機学*原田 俊光 (山口大院)

A 224 高温鋼片の温度平坦化のための基礎研究

(第3報, 衝突噴流熱伝達の特性)

機正*一宮 浩市 (山梨大)

機学 小林 敬治 (山梨大院)

機正 越後 亮三 (東工大)

[強制対流 (VIII)] 講演 (14:50 ~ 15:20), 討論 (15:20 ~ 15:50)

[座長 荻野 文丸 (京大)]

A 231 曲り円管内の低レイノルズ乱流場における逆遷移熱伝達に関する数値解析

機正 秋山 光庸 (宇都宮大)

機学*村越 尊雄 (宇都宮大)

機正 K. C. CHENG (アルバート大)

機正 西脇 一郎 (宇都宮大)

機正 鈴木 道義 (宇都宮大)

A 232 非定常擬縦渦モデルによる壁近傍乱流熱輸送機構の数値解析

機学*黒田 明慈 (東大院)

機正 笠木 伸英 (東大)

機正 平田 賢 (東大)

A 233 正方形断面曲り管内強制対流熱伝達

(十分に発達した乱流域での数値解析)

機正 森 康夫 (電通大)

機正*小泉 博義 (電通大)

機正 内田 豊 (電通大)

機正 武士俣 健 (電通大)

[強制対流 (IX)] 講演 (16:00 ~ 16:40), 討論 (16:40 ~ 17:20)

[座長 太田 照和 (東北大)]

A 241 タービュレンスプロモータによる回転円板の伝熱促進

機学*内藤 昭二 (東北大)

機正 島田 了八 (東北大)

機正 熊谷 哲 (東北大)

機正 武山 斌郎 (東北大)

- A 242 乱れ促進体を用いた強制対流伝熱促進法の熱力学第二法則的評価
 *黄 文 雄 (台湾・大同工学 院) 機正 棚 沢 一 郎 (東大)
 機正 高 野 清 (東大) 機正 西 尾 茂 文 (東大)
- A 243 伝熱面との間に間隙のある乱れ促進体による強制対流伝熱伝達の促進に関する研究
 機正*高野 清 (東大) 機正 棚 沢 一 郎 (東大)
 機正 西 尾 茂 文 (東大)
- A 244 乱流内部構造の制御による伝熱促進に関する基礎的研究
 機正 吉 田 英 生 (東工大) 機学*古 屋 孝 明 (東工大)
 機正 越 後 亮 三 (東工大)

第 3 日 5月29日(木)

[強制対流 (X)] 講演 (9:10~10:00), 討論 (10:00~10:50)
 [座長 鳥 居 薫 (横国大)]

- A 311 共に回転する2円板間の流れと熱伝達
 機正 望 月 貞 成 (東農工大) 機学*太 田 洋 一 (東農工大)
- A 312 回転円板面上の伝熱に関する研究 (第1報)
 機正*武石 賢一郎 (三菱重工) 機正 松 浦 正 昭 (三菱重工)
 機正 中 原 崇 文 (三菱重工)
- A 313 旋回流場における運動量と熱の乱流輸送特性
 機正*高 城 敏 美 (阪大工) 機正 岡 本 達 幸 (阪大工)
 中 筋 善 淳 (日本硝子) 機学 近 藤 武 文 (阪大院)
- A 314 管内旋回流の層流化に伴う熱伝達低下現象の予測
 機正*平井 秀一郎 (阪大) 機正 高 城 敏 美 (阪大)
- A 315 軸方向流速を伴う回転同心二重円管内旋回流場における流動と熱伝達の予測
 機学*東 谷 輝 義 (阪大院) 機正 平 井 秀 一 郎 (阪大)
 機正 高 城 敏 美 (阪大)

[強制対流 (XI)] 講演 (11:10 ~ 11:50), 討論 (11:50 ~ 12:30)

[座長 西尾茂文 (東大)]

A 321 流れ方向に振り角度をもつみぞ付きアルミ平板の熱伝達

機准*畑間 由隆 (青山大)

寺崎 和郎 (青山大)

松浦 健兒 (青山大)

竹村 啓 (三菱アルミ)

金子 正文 (三菱アルミ)

A 322 ねじりテープによる片面加熱円管の熱伝達促進

(続報, 壁面温度分布について)

機正 中川 勝文 (豊橋技科大)

機学*早坂 昭人 (豊橋技科大)

A 323 壁面に接するねじり板列を設けた管内乱流熱伝達

機正*青山 善行 (愛媛大)

機正 土方 邦夫 (東工大)

機正 二神 浩三 (愛媛大)

A 324 らせん管からの管外強制対流熱伝達

機正*山本 春樹 (旭川高専)

機正 福迫 尚一郎 (北大)

機正 関 信弘 (北大)

[強制対流 (XII)] 講演 (13:30 ~ 14:00), 討論 (14:00 ~ 14:30)

[座長 林 勇二郎 (金沢大)]

A 331 円管内流れの凍結挙動に関する研究

機正*平田 哲夫 (信州大)

機学 松沢 博 (信州大院)

A 332 管内リターンバンド凹面の凍結熱伝達

機正 福迫 尚一郎 (北大)

機正*田子 真 (北大)

機学 北口 敏弘 (北大)

機正 関 信弘 (北大)

A 333 円管内成層流の凍結挙動

機正 福迫 尚一郎 (北大)

機正 関 信弘 (北大)

機学*高橋 正人 (北大)

佐藤 昌嗣 (北大)

[強制対流 (XⅢ)] 講演 (14:40 ~ 15:20), 討論 (15:20 ~ 16:00)

[座長 熊田雅弥 (岐阜大)]

A 341 十字形管路内の流れおよび熱伝達

(第3報, 乱流場の実験と検討)

機正 中山 顕 (静岡大)

機正 児山 仁 (静岡大)

機学*渡辺 貴彦 (静岡大院)

A 342 加速により層流化したダクト内流れの乱れの回復過程

機正 田中 宏明 (東大)

機学*宮嶋 秀樹 (東大院)

A 343 2平行平板助走区間流れにおける乱流レイノルズ応力

機正 鶴野 省三 (防衛大)

機学*高崎 博美 (防衛大)

A 344 流体の混合平均温度の測定

機正 藤井 哲 (九大)

機正 小山 繁 (九大)

機正*清水 洋一 (九大)

— B 室 —

第 1 日 5月27日(火)

[沸騰 (I)] 講演 (9:20~10:10), 討論 (10:10~11:00)

[座長 小竹 進 (東大)]

B 111 壁面近傍におかれた円管群の核沸騰熱伝達特性について

機正 * 土田 一 (秋田高専)

機正 関 信弘 (北大)

機正 福迫 尚一郎 (北大)

機正 相場 真也 (秋田高専)

B 112 サブクール液のプール核沸騰熱伝達

機正 藤田 恭伸 (九大)

機正 * 大田 治彦 (九大)

機正 日高 澄具 (九大)

酒井 玲 (九大院)

B 113 水平強制サブクール流への上向き矩形伝熱面による気泡微細化沸騰

機正 * 広野 洋一 (東北大)

機正 島田 了八 (東北大)

機正 熊谷 哲 (東北大)

機正 武山 斌郎 (東北大)

B 114 水冷ジャケットを持つ密閉容器内での沸騰熱伝達

(未発達核沸騰領域付近での熱伝達特性)

機正 * 神永 文人 (茨城大)

B 115 微細面構造を用いた高熱流束沸騰放熱フィンに関する研究

(第3報, 多孔質スタッドの形状がバーンアウト性能に及ぼす影響)

機正 * 中島 忠克 (日立)

機正 中山 恒 (日立)

機正 桑原 平吉 (日立)

化工正 大橋 繁男 (日立)

[沸騰 (II)] 講演 (11:20~12:00), 討論 (12:00~12:40)

[座長 藤田 恭伸 (九大)]

B 121 深い再侵入くぼみを多数もつ沸騰伝熱面の性能

機正 * 桑原 平吉 (日立)

機正 大黒 崇弘 (日立)

機正 中島 忠克 (日立)

機正 中山 恒 (日立)

- B 122 核沸騰下で腐食汚染した伝熱面の熱工学的評価
 機正 嶋志田 隼司 (芝浦工大) 機学*鹿沼 仁志 (東京三洋)
 機正 一色 尚次 (日大) 機正 佐藤 運男 (芝浦工大)
- B 123 冷媒の水平溝付蒸発管内熱伝達に及ぼす油の影響
 機正 吉田 駿 (九大) 機正*松永 崇 (九大)
 機学 洪 海平 (九大院) 冷正 中田 春男 (ダイキン工業)
- B 124 ステンレス鋼表面からの減圧沸騰開始
 機正・原正*水上 紘一 (愛媛大) 正岡 律夫 (松下電産)
 機正 二神 浩三 (愛媛大)

〔沸騰 (Ⅲ)〕 講演 (13:40~14:30), 討論 (14:30~15:20)

〔座長 飯田 嘉宏 (横国大)〕

- B 131 溝付加工面における核沸騰熱伝達
 (第4報, 自然対流から核沸騰域について)
 機正・化工正*浜野 陽一郎 (阿南高専) 機正 宮城 勢治 (阿南高専)
- B 132 狭い間隙における核沸騰熱伝達 (第二報)
 機正 藤田 恭伸 (九大) 機正 大田 治彦 (九大)
 機正*内田 悟 (九大)
- B 133 水平管群における沸騰熱伝達促進機構
 機正*原村 嘉彦 (神奈川大)
- B 134 非共沸混合媒体プール沸騰
 機正*小川 直也 (東芝) 機正 橋詰 健一 (東芝)
- B 135 不溶性2成分混合液体の管内沸騰に関する研究
 (第2報, 混合物質および混合比の影響)
 機正 土方 邦夫 (東工大) 機正 姫野 修広 (東工大)
 機学*斉藤 和人 (東工大)

[沸騰 (IV)] 講演 (15:40 ~ 16:20), 討論 (16:20 ~ 17:00)

[座長 伊藤 猛 宏 (九大)]

B 141 高質量速度・高サブクール下の管内膜沸騰熱伝達に関する研究

機学* 齊川 路之 (東大院)

吉江 勇貴 (東大院)

機正 西尾 茂文 (東大)

機正 笠木 伸英 (東大)

機正 平田 賢 (東大)

B 142 管内流膜沸騰の崩壊と伝熱面リウエット

機止* 井上 満 (東大)

機正 田中 宏明 (東大)

機学 衛藤 泰彦 (東大院)

B 143 リブクール膜沸騰熱伝達の表示式

原正 桜井 彰 (京大)

原正* 塩津 正博 (京大)

原正 畑 幸一 (京大)

B 144 液体窒素における膜沸騰熱伝達

原正 桜井 彰 (京大)

原正 塩津 正博 (京大)

原正* 畑 幸一 (京大)

[沸騰 (V)] 講演 (17:10 ~ 17:30), 討論 (17:30 ~ 17:50)

[座長 橋詰 健一 (東芝)]

B 151 パラフィン系有機液体の沸騰特性

機正* 山崎 博司 (広島大)

機学 金本 浩明 (広島大院)

機正 佐古 光雄 (広島大)

機正 千葉 徳男 (広島大)

B 152 急減圧時の液体自己沸騰現象について

(第2報, 核生成理論と実験結果の比較)

機学* 中村 浩晃 (室蘭工大院)

機正 前野 一大 (室蘭工大)

機正 花岡 裕 (室蘭工大)

第 2 日 5月28日(水)

〔沸騰 (VI)〕 講演 (9:10~10:00), 討論 (10:00~10:50)

〔座長 塩津正博(京大)〕

B 211 水平加熱円柱の飽和膜沸騰と極小熱流束に関する研究

機正 庄司正弘(東大)

機学*河田美樹(東大院)

機学 原口洋一(東大)

B 212 水平加熱面上の飽和膜沸騰と極小熱流束に関する研究

機正 庄司正弘(東大)

機学*金子豊(東大院)

機学 石井宏一(東大)

B 213 サブクール沸騰における膜沸騰熱伝達と極小熱流束点条件

(第2報. 水平白金円柱-減圧水のプール沸騰系)

機正 西尾茂文(東大)

機准*坂口和貴(東大院)

B 214 熱物性の異なる表面層の付加による極小熱流束点条件の制御

機正 西尾茂文(東大)

機学*芹沢良洋(東大院)

B 215 浸漬冷却における表面熱抵抗層の急冷促進効果

(サブクール水の場合)

原正*菊地義弘(京大)

〔沸騰 (VII)〕 講演 (11:10~11:50), 討論 (11:50~12:30)

〔座長 小澤由行(東工大)〕

B 221 一様加熱円管内・強制流動沸騰の限界熱流束特性に関する研究

機正 甲藤好郎(日大)

機正 横谷定雄(東大)

機学*吉岡朝之(東大)

B 222 高圧域におけるフロンの水平管内沸騰流の限界熱流束

機正 吉田 駿(九大)

機正*森 英夫(九大)

機正 大野正規(九大)

機学 森友嘉一(九大院)

B 223 細管内強制流動サブクール沸騰限界熱流束と流動特性

機正 * 稲坂 富士夫 (船舶技研)

機正 成合 英樹 (筑波大)

志村 敏也 (筑波大)

B 224 ロッドバンドル内低質量流量ドライアウト実験に関する検討

機正・原正 * 刑部 真弘 (原研)

機正・原正 小泉 安郎 (原研)

原正 田坂 完二 (原研)

[沸騰 (Ⅷ)] 講演 (14:50 ~ 15:20), 討論 (15:20 ~ 15:50)

[座長 吉田 駿 (九大)]

B 231 過渡沸騰における発泡の促進と除熱の増大に関する研究

(第2報, 沸騰遷移と除熱限界熱流束)

機学・井上 多加志 (東工大)

佐久間 正章 (東工大)

機正・原正 小澤 由行 (東工大)

B 232 薄膜抵抗体をパルス加熱した場合の発泡・気泡生長および収縮 (Ⅱ)

機正 * 浅井 朗 (キャノン)

柴垣 庄一郎 (キャノン)

平澤 伸一 (キャノン)

B 233 平板状炭素薄膜から液体ヘリウム4への過渡プール沸騰熱伝達

機正 伊藤 猛宏 (九大)

機正 高田 保之 (九大)

機正 * 久保田 裕己 (九大)

上園 政裕 (九大)

[二相流 (Ⅰ)] 講演 (16:00 ~ 16:30), 討論 (16:40 ~ 17:00)

[座長 芹沢 昭示 (京大)]

B 241 磁場内ヘリウム-リチウム環状噴霧流の流動・伝熱特性に関する研究

(第2報, 高ヘリウム流速下の実験結果)

機正 * 井上 晃 (東工大)

機正 有富 正憲 (東工大)

機正 高橋 実 (東工大)

原正 成田 喜仁 (石播)

原正 矢野 歳和 (石播)

松崎 充男 (東工大)

B 242 水平管群管外の二相対流熱伝達に関する実験

機正 * 小山 由夫 (東芝)

機正 小川 直也 (東芝)

機正 橋 詰 健一 (東芝)

B 243 統計的取扱いによる二相流の界面積濃度の研究

原正・機正 * 片岡 勲 (京大)

第 3 日 5月29日 (木)

〔二相流 (II)〕 講演 (9:10~10:00), 討論 (10:00~10:50)

〔座長 成合英樹 (筑波大)〕

B 311 一成分二相流のノズル特性に関する研究

(入口サブクーラの場合)

機正 赤川 浩爾 (神戸大)

機正 藤井 照重 (神戸大)

機正 * 太田 淳一 (神戸大)

機学 井上 健司 (神戸大院)

機学 谷口 和寿 (神戸大院)

B 312 末広ノズル内の単成分二相流の加速・減圧特性 (続報)

機正 中川 勝文 (豊橋技科大)

機学 * 古川 直彦 (豊橋技科大)

B 313 配管貫通欠陥からの流出流量

機正・原正 * 矢野 歳和 (石播)

機准 松島 栄次 (石播)

材強正 岡本 旦夫 (石播)

B 314 非共沸混合媒体二相流に関する考察

* 村田 圭治 (東芝)

機正・冷凍正 橋 詰 健一 (東芝)

B 315 らせん管内の気液二相流への熱伝達

(らせん軸が水平な場合)

機学 * 下谷 昌宏 (愛知工大院)

機正 渡辺 修 (愛知工大)

機正 田島 収 (愛知工大)

〔二相流 (Ⅲ)〕 講演 (11:10 ~ 11:50), 討論 (11:50 ~ 12:30)

〔座長 花岡 裕 (室蘭工大)〕

B 321 多流体モデルによる限界出力の解析

機正・原正*寺坂 晴夫 (東芝)

機正・原正 吉村 邦広 (東芝)

B 322 ローレンツ・プロット法を用いた環状二相流の液膜流動に関する研究

機正*萩原 良道 (京大)

B 323 垂直加熱面を流下する小川状液膜流の接触角

機正*平沢 茂樹 (日立)

E.G. HAUPT- (ブリティッシュ
MANN コロンビア大)

B 324 磁場下における NaK-窒素系環状二相流に関する研究

原正・機正*芹沢 昭示 (京大)

機学 党張 和彦 (京大院)

井田 俊一 (京大)

原正 高橋 修 (京大)

原正・機正 岐美 格 (京大)

〔二相流 (Ⅳ)〕 講演 (13:30 ~ 14:00), 討論 (14:00 ~ 14:30)

〔座長 田中 修 (三菱電機)〕

B 331 原子炉の再冠水過程における液滴のエントレインメント開始条件

原正*与能本 泰介 (原研)

原正 小泉 安郎 (原研)

原正 田坂 完二 (原研)

B 332 管内高温域噴霧流による冷却に関する研究 (第1報)

機正*波江 貞弘 (船舶技研)

B 333 Inverted Annular Flow の流動様相と熱伝達 (第2報)

機正 赤川 浩爾 (神戸大)

機正 藤井 照重 (神戸大)

機正 竹中 信幸 (神戸大)

機正*西田 浩二 (神戸大院)

機学 井関 政博 (神戸大院)

機学 菊池 芳正 (神戸大院)

〔二相流 (V)〕 講演 (14:40～15:10), 討論 (15:10～15:40)

〔座長 綾 威 雄 (船舶技研)〕

B 341 液体窒素低温熱交換器における二相流不安定現象

機正 * 近 藤 哲 也 (九大)

機正 福 田 研 二 (九大)

機正 長 谷 川 修 (九大)

機学 山 田 英 朋 (九大)

機学 笠 浩 之 (九大)

B 342 気泡閉塞型不安定流動に関する研究

(第2報, 流路形状・流路条件の影響)

機正 * 有 富 正 憲 (東工大)

機正 井 上 晃 (東工大)

羽 場 佳 祐 (芝浦工大)

B 343 液体窒素蒸発器の不安定現象に関する研究 (第2報)

機正 赤 川 浩 爾 (神戸大)

機正 藤 井 照 重 (神戸大)

機正 * 竹 中 信 幸 (神戸大)

機学 吉 田 昌 浩 (神戸大院)

機学 奥 康 徳 (神戸大)

機学 淡 路 靖 之 (神戸大)

〔二相流 (VI)〕 講演 (15:50～16:10), 討論 (16:10～16:30)

〔座長 藤 井 照 重 (神戸大)〕

B 351 鉛直上昇管内固気二相流の流動伝熱

(圧損と熱伝達におよぼす粒径と管径の影響)

* 田 中 宏 喜 (九大)

機正 清 水 昭 比 古 (九大)

機正 長 谷 川 修 (九大)

B 352 固気二相流中の微粉体粒径計測法の研究

原正 * 北 山 正 文 (広島工大)

原正 砂 田 謙 二 (広島工大)

C 室

第 1 日 5月27日(火)

〔熱交換器 (I)〕 講演 (9:20~9:50), 討論 (9:50~10:20)

〔座長 梅宮弘道(山形大)〕

C 111 2成分混合液による潜熱蓄熱に関する研究

(第2報, 水平円管カプセル内の流動と熱伝達)

機正*姫野修廣(東工大)

機正 土方邦夫(東工大)

関川敦司(東工大)

C 112 フィンチューブ形潜熱蓄熱装置の伝熱特性

(第5報, 凝固過程における物性および形状パラメータの影響)

機正*笹口健吾(熊本大)

C 113 垂直円柱まわりの融解

(円柱径およびサブクーリングの影響)

機正*岡田昌志(青山学院大)

〔熱交換器 (II)〕 講演 (10:30~10:50), 討論 (10:50~11:10)

〔座長 高城敏美(阪大)〕

C 121 千鳥状配列円柱群を有する平行平板伝熱面の研究

機正*矢尾匡永(奈良高専)

機正 中谷 洵(奈良高専)

機正 鈴木 健二郎(京大)

C 122 千鳥配列矩形平板への対流熱伝達

機正*小林 崇(東北大院)

機正 熊谷 哲(東北大)

機正 島田 了八(東北大)

機正 武山 斌郎(東北大)

〔熱交換器 (Ⅲ)〕 講演 (11:20 ~ 12:00), 討論 (12:00 ~ 12:40)

〔座長 宮 武 修 (九大)〕

C 131 小型フィン付平面放熱器の伝熱特性

機正*横野 泰之 (東芝)

機学 佐々木 富也 (東芝)

機正 石塚 勝 (東芝)

C 132 基板上に配列されたパッケージ列における流れと熱伝達

(圧力損失に関する検討)

機正*松島 均 (日立)

機正 中山 恒 (日立)

機正 柳田 武彦 (日立)

機正 池川 昌弘 (日立)

C 133 突起付き伝熱面の熱伝達

機正*菱田 誠 (原研)

C 134 プレートフィンチューブ形熱交換器における流動および熱伝達

(平行平板間に正方形柱を設置した場合の実験)

機正 山下 博史 (名大)

機正*榎田 玄一郎 (名大)

機正 泉 亮太郎

加藤 孝治 (東邦ガス)

米谷 秀雄 (名大院)

〔熱交換器 (Ⅳ)〕 講演 (13:40 ~ 14:30), 討論 (14:30 ~ 15:20)

〔座長 中山 恒 (日立)〕

C 141 フィン付き熱交換器の研究

(第5報, ルーバの熱伝達率計測法)

機正*品川 勉 (豊田中研)

機正・化工正 青木 博史 (豊田中研)

機准 須賀 一彦 (豊田中研)

C 142 平行ルーバフィン型熱交換器の伝熱特性

機学*林 哲郎 (京大院)

機学 白石 逸利 (京大院)

機正 鈴木 健二郎 (京大)

- C 143 拡大・縮小を伴う多孔平板群の伝熱・流動特性
(第1報, 伝熱面としての評価)
機正*瀬下 裕 (三菱電機) 機正 藤井 雅雄 (三菱電機)
機正 山中 晤郎 (三菱電機)
- C 144 波状流路内の流動と伝熱
(層流域の数値解析)
機正*MOTAMED (広島大院) 機正 佐古 光雄 (広島大)
EKTESABI
機正 千葉 徳男 (広島大)
- C 145 波形管路内の乱流熱伝達
機正*天野 良一 (ウイスコンシン 大) A. BAGHE-
RLEE
R. SMITH T. NIESS

[熱交換器 (V)] 講演 (15:40~16:30), 討論 (16:30~17:20)

(座長 岡田 昌志 (青山学院大))

- C 151 潜り堰式蓄熱水槽の蓄熱効率
(冷水入力と温水入力の場合の比較)
機正 宮武 修 (九大) 機学*橋 弘幸 (九大院)
機正 永淵 尚之 (九大院)
- C 152 地下帯水層蓄熱法の熱回収率向上に関する研究
機正*梅宮 弘道 (山形大) 機正 小林 弘和 (山形大)
機正 嶋脇 勤 (山形大) 機正 小池 広志 (山形大)
機正 佐々木 春人 (山形大)
- C 153 地下水と土壤蓄熱効果を利用した無雪道路の研究 (第4報)
機正 梅宮 弘道 (山形大) 機正*羽賀 恵寿 (山形大)
機正 高橋 守 (山形大) 機正 小岩井 博 (山形大)
- C 154 夜間放射冷却利用による蓄冷の研究
(自然循環の場合)
機正*伊藤 定祐 (幾徳工大) 機正 三浦 直勝 (幾徳工大)
高橋 敏夫 (森電機)

C 155 吸収式ヒートポンプ用縦形熱交換器の研究

(第1報, 各種伝熱管の吸収特性)

機正*中尾 一成 (三菱電機)

機正 尾崎 永一 (三菱電機)

機正 山中 晤郎 (三菱電機)

〔熱交換器 (VI)〕 講演 (17:30~17:50), 討論 (17:50~18:10)

〔座長 齊藤 図 (室蘭工大)〕

C 161 着霜を伴うフィン付管群形熱交換器の特性に関する研究

(第2報, 各列の伝達特性と圧力損失について)

機正 青木 和夫 (長岡技科人)

機正 服部 賢 (長岡技科大)

機学*秋田 浩市 (長岡技科大)

平松 敏弘 (長岡技科大)

C 162 回転式除湿機の性能解析

機正 田中 宏史 (九大)

機学*白石 啓一 (九大)

機正 宮武 修 (九大)

第2日 5月28日 (水)

〔自然対流 (I)〕 講演 (9:10~10:00), 討論 (10:00~10:50)

〔座長 相原利雄 (東北大)〕

C 211 垂直二重構造密閉空間内の自然対流伝熱

化工正 西村 龍夫 (広島大)

化学*白石 満広 (広島大)

化工正 河村 祐治 (広島大)

C 212 成層をなす流体の円管内自然対流熱伝達

機正 福迫 尚一郎 (北大)

機正 関 信弘 (北大)

機学*和田 靖 (北大院)

山下 信博 (北大)

C 213 下面より加熱した垂直円筒容器内の自然対流

機正*秋野 詔夫 (原研)

機正 功刀 資彰 (原研)

機正 関 昌弘 (原研)

機正 椎名 保顕 (原研)

機正 岡本 芳三 (原研)

C 214 密閉空間自由対流の渦形成過程

機正*吉岡 啓介 (大分大)

C 215 半球容器内の自然対流熱伝達

機正*椎名 保顕 (原研)

原正 藤村 薫 (原研)

[自然対流 (Ⅱ)] 講演 (11:10~11:50), 討論 (11:50~12:30)

[座長 吉岡 啓介 (大分大)]

C 221 水平流体層内のマランゴニ対流発生におよぼす重力と磁場の影響

機正*前川 透 (東洋大)

機正 棚沢 一郎 (東大)

C 222 液体表面の温度勾配によるマランゴニ対流の挙動と熱伝達

機正 柏木 孝夫 (東工大)

機正 黒崎 晏夫 (東工大)

*藤井 信生 (東工大)

多代 直行 (東工大)

C 223 宇宙での材料製造時に発生する融液中の対流

(磁場中の融液の伝熱流動に関する近似解析)

機正*森岡 幹雄 (石播)

機正 落合 淳一 (石播)

機正 桑原 啓一 (石播)

機正 塩冶 震太郎 (石播)

C 224 傾斜 Hele-Shaw セル内の複合対流

機正*増岡 隆士 (九工大)

機学 中島 浩史 (九工大)

機正 鶴田 隆治 (九工大)

機学 池亀 真一 (九工大)

機正 安田 嘉明 (九工大)

[自然対流 (Ⅲ)] 講演 (14:50~15:20), 討論 (15:20~15:50)

[座長 黒崎 晏夫 (東工大)]

C 231 ピンフィン型放熱器の自由対流特性に関する研究 (第2報)

機正 相原 利雄 (東北大)

機正*円山 重直 (東北大)

機正 小早川 真一 (日本針布)

C 232 熱負荷分布を有する自然冷却配線基板からの熱伝達

機正 中山 恒 (日立)

*広岡 有子 (日立)

C 233 不連続加熱垂直波状面からの自然対流熱伝達に関する研究

機正*岸 浪 紘 (室蘭工大)

機正 斉藤 図 (室蘭工大)

機正 戸倉 郁夫 (室蘭工大)

[自然対流 (IV)] 講演 (16:00~16:40), 討論 (16:40~17:20)

[座長 能 登 勝 久 (神戸大)]

C 241 自然対流と強制対流が共存する乱流境界層流の熱伝達

(対向流の場合)

機学*稲 垣 照 美 (豊橋技科大)

機正 北村 健三 (豊橋技科大)

C 242 垂直矩形流路における共存対流熱伝達の実験的研究

機正・原正 数 土 幸 夫 (原研)

原正*神 永 雅 紀 (原研)

原正 井川 博 雅 (原研)

C 243 鉛直平行平板間の乱流自由対流熱伝達 (第5報)

機正 宮本 政 革 (山口大)

機正 加藤 泰 生 (山口大)

機正 栗間 諄 二 (山口大)

機学*兼安 信太郎 (山口大院)

C 244 複合熱源多目的開放型海洋温度差発電用太陽熱加熱管の伝熱特性

機正 森 康 夫 (電通大)

機正*内田 豊 (電通大)

機学 佐谷 大 助 (電通大院)

第 3 日 5月29日 (木)

[自然対流 (V)] 講演 (9:10~10:00), 討論 (10:00~10:50)

[座長 秋 山 光 庸 (宇都宮大)]

C 311 数値計算による火災ブルームの揺動に関する基礎的研究

*佐藤 晃 由 (消防研究所)

- C 312 温度成層内のブルームの揺動
 機正*能登 勝久(神戸大) 機学 松井 聡(神戸大)
 機学 次井 秀史(神戸大) 機正 松本 隆一(神戸大)
- C 313 球まわりの自由対流に関する数値解析
 (対流空間の大きさおよびプラントル数の影響)
 機正*高松 洋(九大) 機正 藤井 丕夫(九大)
 機正 藤井 哲(九大)
- C 314 ペナルティ有限要素法の急速収束計算法と自然対流解析へのその応用
 HENRI (ボルドー大) 機正・化工正*尾添 紘之(岡山大)
 BERTIN
- C 315 水平環状多孔質内の自然対流に関するガラキン法による解析
 機准*饒 燕飛(九大) 機正 福田 研二(九大)
 機正 長谷川 修(九大)

[自然対流 (VI)] 講演 (11:10~11:40), 討論 (11:40~12:10)

[座長 福田 研二(九大)]

- C 321 二重管サーモサイフォンを用いたヒートポンプの特性
 機正 福迫 尚一郎(北大) 機正 関 信弘(北大)
 機正*山田 雅彦(日立)
- C 322 自己温度制御性をもった熱伝達装置
 (第2報, 熱伝達特性のヒステリシス)
 機正*原 利次(日立) 機正 内田 幹和(日立)
 機正 梁取 美智雄(日立) 機正 柏原 康成(日立)
- C 323 開放形円管熱サイホンの伝熱機構
 (アスペクト比が小さい場合の管内の流動様式)
 機正*山岸 英明(室蘭工大) 機正・原正 石黒 亮二(北大)
 機正・原正 熊田 俊明(北大)

[自然対流 (VI)] 講演 (13:30 ~ 14:00), 討論 (14:00 ~ 14:30)

[座長 原 利次 (日立)]

C 331 単相閉ループ内自然循環流動特性に関する研究

(第2報, 冷却部を変えた実験)

機正 赤川 浩爾 (神戸大)

機正*石田 紀久 (原研)

橋本 和典 (神戸大)

機正 藤井 照重 (神戸大)

機正 忽那 泰章 (神商船大)

永森 久幸 (神戸大)

C 332 単相閉ループ内自然循環流動特性に関する研究

(第3報, 解析結果)

機正*藤井 照重 (神戸大)

機正 石田 紀久 (原研)

機学 永森 久幸 (神戸大)

機正 赤川 浩爾 (神戸大)

橋本 和典 (神戸大)

C 333 高温物体を冷却する水循環ループの自然循環時の流動試験

機正*安永 寿夫 (東芝)

機正 堀 美知郎 (東芝)

[自然対流 (VII)] 講演 (14:40 ~ 15:10), 討論 (15:10 ~ 15:40)

[座長 秋野 詔夫 (原研)]

C 341 液体金属の水平流体層における乱流自然対流

原正*魚谷 正樹 (電中研)

機正 木下 泉 (電中研)

原正 猶原 信幸 (電中研)

C 342 内部発熱を伴う水平流体層の乱流自然対流

(境界層付近における温度変動)

原学*河原 全作 (京大)

原正 菊地 義弘 (京大)

蛭子 毅 (京大)

原正 岐美 格 (京大)

C 343 サーマルストライピング現象の熱伝達評価

土木正・原正 田中 伸和 (電中研)

原正 佐賀山 豊 (電中研)

原正 西口 洋平 (電中研)

機正*矢野 和隆 (電中研)

K. R.
JAQUAY (RI)

[自然対流 (IX)] 講演 (15:50 ~ 16:10), 討論 (16:10 ~ 16:30)

[座長 増岡隆士 (九工大)]

C 351 多孔質内に垂直におかれた円柱のまわりの混合対流

*木村 繁男 (東北工試)

化工正 米谷 道夫 (東北工試)

池庄司 民夫 (東北工試)

機正 白石 正夫 (機技研)

C 352 多孔質層内の加熱曲面まわりの自然対流

機正*中山 顕 (静岡大)

機正 児山 仁 (静岡大)

————— D 室 —————

第 1 日 5月27日 (火)

〔凝縮 (I)〕 講演 (9:20~10:10), 討論 (10:10~11:00)

〔座長 田中宏明 (東大)〕

D 111 乱流促進板つき鉛直面上の膜状凝縮熱伝達

機正 上原 春男 (佐賀大)

機正 中岡 勉 (佐賀大)

機准 村田 和博 (佐賀大院)

機准*江頭 真二 (佐賀大院)

D 112 鉛直面上の膜状凝縮の平均熱伝達係数の整理式

(体積力対流の場合)

機正*上原 春男 (佐賀大)

機正 中岡 勉 (佐賀大)

機准 村田 和博 (佐賀大院)

D 113 水平管群を流れる冷媒蒸気の膜状凝縮

(千鳥配列管群・下降流の場合)

機正 本田 博司 (岡山大)

機正*内間 文顕 (岡山大)

機正 野津 滋 (岡山大)

機学 吉田 信英 (岡山大院)

機正 藤井 哲 (九大)

D 114 フィン付管群における凝縮液の流動特性

機正 本田 博司 (岡山大)

機正 野津 滋 (岡山大)

機学*武田 泰仁 (岡山大院)

D 115 流下液膜の流動特性に関する研究

(静電容量法による流下液膜波形の測定法)

機正*関根 郁平 (苫高専)

原正 村井 郁夫 (北大)

機正 石黒 亮二 (北大)

機正 熊田 俊明 (北大)

〔凝縮 (Ⅱ)〕 講演 (11:20 ~ 12:00), 討論 (12:00 ~ 12:40)

〔座長 藤井 丕 夫 (九大)〕

D 121 滴状凝縮曲線における滴から膜への遷移形態に関する研究

機正 宇高 義郎 (東工大)

機正 斎藤 彬夫 (東工大)

機学*柳田 浩幸 (東工大院)

D 122 粗面上における滴状凝縮と臨界滴径

化工正*泉 正明 (岩手大)

化工正 山川 紀夫 (岩手大)

J. W. WEST-
WATER (イリノイ大)

D 123 核凝縮における不安定現象

機正*小竹 進 (東大)

機正 青木 功 (東大)

D 124 分子線による H₂O クラスターの生成

機正*井上 剛良 (東大院)

機正 小竹 進 (東大)

〔凝縮 (Ⅲ)〕 講演 (13:40 ~ 14:30), 討論 (14:30 ~ 15:20)

〔座長 本田 博 司 (岡山大)〕

D 131 カリウム蒸気の凝縮熱伝達 (Ⅳ)

原正・機正 石黒 亮二 (北大)

原正・機正*杉山 憲一郎 (北大)

D 132 カリウムの凝縮熱伝達に関する研究

機正*山田 明 (三菱重工)

機正 岩淵 牧男 (三菱重工)

機正 曾田 正浩 (三菱重工)

機正 菊地 洋 (三菱重工)

D 133 2成分蒸気の強制対流凝縮に関する研究

機正 土方 邦夫 (東工大)

機正 姫野 修廣 (東工大)

機学*後藤 恵之 (東工大院)

D 134 排ガス中の潜熱回収に関する研究

(第3報, 凝縮による対流伝達促進効果の検討)

機正*谷口 博 (北大)

機正 工藤 一彦 (北大)

機学 熊谷 斉 (北大)

黄 其 励 (中国東北電管局)

D 135 多孔質層内の凝縮流れ

機正*鶴田 隆治(九工大)

機学 梶崎 浩二(九工大)

機正 増岡 隆士(九工大)

[凝縮 (IV)] 講演 (15:40~16:10), 討論 (16:10~16:40)

[座長 宇高 義郎(東工大)]

D 141 水平管内気液層状流の凝縮熱伝達

機学*柳原 茂樹(東大院)

機正 飛原 英治(東大)

機正 斎藤 孝基(東大)

D 142 層状二相流の気液界面における凝縮現象に関する研究

機正・原正*高橋 実(東工大)

山岸 誠(東工大)

機正・原正 井上 晃(東工大)

機正・原正 有富 正憲(東工大)

D 143 直接接触凝縮熱伝達に関する研究

(一様な水流中にフロン蒸気を対向して噴出させる場合)

機正 山下 博史(名大)

機正*前田 隼(名城大)

水野 宏幸(トヨタ自動車)

機正 泉 亮太郎

[凝縮 (V)] 講演 (16:50~17:20), 討論 (17:20~17:50)

[座長 井上 晃(東工大)]

D 151 凝縮気液二相流の流動特性に関する実験的研究

(レーザー光透過量によるボイド率測定)

機学*永田 秀一(室蘭工大院)

機正 花岡 裕(室蘭工大)

機正 前野 一夫(室蘭工大)

D 152 凝縮を伴う管内二相流に関する研究(第3報)

原正*堀 豊(東北大)

機正・原正 戸田 三朗(東北大)

原正 黒川 政秋(東北大)

D 153 プール水中での蒸気凝縮時における凝縮振動の振動周波数

(その2, 線形解析解と各種相関式との比較)

機正*綾 威雄(船舶技研)

機正 成合 英樹(筑波大)

第 2 日 5月28日(水)

[ヒートパイプ] 講演(9:10~10:00), 討論(10:00~10:50)

[座長 上原春男(佐賀大)]

D 211 金網ウィックの有効熱伝導率

機正 井村 英昭(熊本大)

機正*小佐井 博章(熊本大)

機准 高島 一介(松下電器)

D 212 金網ヒートパイプの最大熱輸送量に及ぼす蒸発部長さの影響

機正*野田 英彦(大分大)

機正 吉岡 啓介(大分大)

機正 浜武 俊朗(大分大)

D 213 長尺ヒートパイプの伝熱特性

機正*田中 修(三菱電機)

機正 大串 哲朗(三菱電機)

村上 政明(三菱電機)

機正 山蔭 久明(三菱電機)

谷河 守(三菱電機)

D 214 大熱量用ヒートパイプの試作

機正*宮崎 芳郎(東芝)

機正 井戸 勇二(東芝)

D 215 ヒートパイプのドライアウト現象と過渡特性について

化工正*倉前 正志(北大)

[蒸発] 講演(11:10~11:50), 討論(11:50~12:30)

[座長 菊地義弘(京大)]

D 221 非混合性液体表面上におけるレンズ状揮発性液体の蒸発(その3)

機准*野底 武浩(慶大院)

村山 貢一(慶大)

佐藤 即雄(慶大)

機正 森 康彦(慶大)

D 222 直接接触式蒸発器の伝熱過程に関する研究

(第5報, 蒸気柱形態の熱伝達係数)

機正 藤田 恭伸 (九大)

機正*平 啓 国男 (九大)

機学 松尾 慎二 (九大院)

機正 西川 兼康 (久留米高専)

D 223 液滴の直接接触蒸発

(加圧下におけるn-ペンタン/水系についての実験)

化学*清 水 康 (慶大院)

佐 伯 親 (慶大)

機正 森 康彦 (慶大)

D 224 非共沸混合冷媒の水平管内蒸発特性

谷 田 和 尋 (東大院)

機正*飛 原 英 治 (東大)

機正 森 田 敏 男 (東大)

機正 斎 藤 孝 基 (東大)

[ミスト冷却 (I)] 講演 (14:50~15:20), 討論 (15:20~15:50)

[座長 斎 藤 孝 基 (東大)]

D 231 高温壁面における液体金属ミスト冷却の伝熱特性

機正・原正*戸 田 三 朗 (東北大)

原正 黒 川 政 秋 (東北大)

原正 堀 豊 (東北大)

D 232 加熱面に衝突する液滴の固液接触状態と蒸気膜厚さの変動

機正*稲 田 茂 昭 (群馬大)

機正 宮 阪 芳 喜 (群馬大)

化工正 坂 本 賢 治 (群馬大)

北 条 恵 司 (群馬大)

D 233 加熱されたセラミクス面との衝突による液粒の蒸発に関する研究

機正*高 野 孝 義 (豊田工大)

機正 小 林 清 志 (豊田工大)

[ミスト冷却 (II)] 講演 (16:00~16:30), 討論 (16:30~17:00)

[座長 戸 田 三 朗 (東北大)]

D 241 ミスト冷却熱交換器に関する研究

(第3報, 高性能管による伝熱促進)

機正 林 勇二郎 (金沢大)

機正*滝 本 昭 (金沢大)

機正 森 康彦 (慶大)

[強制対流 (XV)] 11:10~11:30, 討論(11:30~11:50)

[座長 山川 紀夫 (岩手大)]

D 331 強制対流下の霜層成長速度の一般化に関する研究

機正*戸倉 郁夫 (室蘭工大)

機正 齊藤 図 (室蘭工大)

機正 岸浪 紘機 (室蘭工大)

D 332 流体中の可溶性物質の壁面付着に関する研究

機正・原正 石黒 亮二 (北大)

原正*坂下 弘人 (北大)

機正・原正 杉山 憲一郎 (北大)

原学 会田 篤 (北大院)

[環境伝熱] 講演 (13:30~14:00), 討論 (14:00~14:30)

[座長 齊藤 武雄 (東北大)]

D 341 自然換気涼房方式に関する模型実験

機正*小山 繁 (九大)

機正 藤井 哲 (九大)

大城 匡豊 (大気社)

D 342 都市型汚染大気の大気環境に関する数値計算

機正*吉田 篤正 (京大)

機正 国友 孟 (京大)

D 343 温風暖房機によって形成される室内気流の3次元数値計算

機学*河上 俊雄 (京大院)

東 賢治 (京大)

機正 国友 孟 (京大)

————— E 室 —————

第 1 日 5 月 27 日 (火)

〔ふく射 (I)〕 講演 (9:20~10:10), 討論 (10:10~11:00)

〔座長 二階 勲 (石播)〕

E 111 市販集熱器の性能の解析と測定

機正*金山 公夫 (北見工大)

機正 馬場 弘 (北見工大)

機准 山本 政樹 (北見工大)

F 112 ガラス管を用いた体積受熱型ソーラーエアヒーターの性能に関する研究

化工正 架谷 昌信 (名大)

化工正*板谷 義紀 (名大)

化学 安達 鋼治 (名大)

化学 松井 啓仁 (名大)

E 113 石炭の太陽熱・熱風併加熱ハイブリット乾燥に関する研究

化工正 架谷 昌信 (名大)

化工正 板谷 義紀 (名大)

化学*三浦 光治 (名大)

E 114 極低温における熱ふく射

機正*天野 俊之 (三菱電機)

機正 尾原 昭徳 (三菱電機)

E 115 直送圧延のための高温鋼片内温度平坦化法

機正 越後 亮三 (東工大)

機学*望月 達也 (東工大)

機正 吉田 英生 (東工大)

〔ふく射 (II)〕 講演 (11:20~12:10), 討論 (12:10~13:00)

〔座長 越後 亮二 (東工大)〕

E 121 雲の透過率および水平面全天日射量と法線面直達日射量の関係

機正*馬場 弘 (北見工大)

機正 金山 公夫 (北見工大)

機正 関 信弘 (北大)

E 122 $P_L T_N$ 法によるふく射輸送問題の解析

機正・原正*上宇都 幸一 (大分大)

機学 岩本 光生 (大分大)

E 123 放射熱伝達診断のための解析手法

(第2報, 非灰色特性を考慮した診断手法)

機正*早坂 洋史(北大)

機正 工藤 一彦(北大)

機正 谷口 博(北大)

仲町 一郎(東京ガス)

機正 大森 敏明(東京ガス)

片山 隆夫(東京ガス)

E 124 ふく射性ガスの非灰色性を利用したふく射伝熱促進(燃焼ガス)

機正 平野 昌宏(三菱重工)

機正 宮内 敏雄(東工大)

機学*高比良 嘉一(東工大)

E 125 二重円管向流式高温ガス熱交換器の伝熱特性に関する解析的研究

(第2報, 環状流路壁がフィン付面の場合)

機正 鳥越 邦和(ダイキン工業)

機正*川添 政直(ダイキン工業)

機正 黒崎 晏夫(東工大)

藤原 正典(ダイキン工業)

〔ふく射(Ⅲ)〕 講演(13:40~14:30), 討論(14:30~15:20)

〔座長 金山 公夫(北見工大)〕

E 131 環状流路内混相流動媒体(乱流)の高温ふく射伝熱

機正・原正*金丸 邦康(長崎大)

機学 内田 勝徳(長崎大院)

E 132 繊維多孔質層のふく射物性の研究

機正 黒崎 晏夫(東工大)

機正 竹内 正顕(東海大)

機正 柏木 孝夫(東工大)

*山田 純(東工大)

E 133 密閉型流動層を用いた太陽光高温ガス加熱装置の研究

機正 相原 利雄(東北大)

機正 円山 重直(東北大)

機正*崔 準燮(東北大)

E 134 蓄熱形熱交換器の燃焼室における熱伝達の解析

(第1報, 燃焼時のふく射熱伝達)

機正*吉川 邦夫(東工大)

機学 島田 秀顕(東工大)

低温正 椛島 成治(東工大)

機正 塩田 進(東工大)

E 135 充填球中の放射伝熱に関する研究

(球配列の透過率に及ぼす影響)

機正*工藤 一彦(北大)

機正 谷口 博(北大)

[熱物性 (I)] 講演 (15:40~16:20), 討論 (16:20~17:00)

[座長 長島 昭(慶大)]

E 141 フローティングゾーン液柱の安定性と流れに関する観察実験

*正木 ひとみ(日立)

機正 中山 恒(日立)

E 142 非飽和超流動ヘリウム中の熱伝達 I

機正*岡村 哲至(東工大)

低温正 梶島 成治(東工大)

低温正 慶松 征(東工大)

機正 塩田 進(東工大)

低温正 佐藤 明男(東芝)

E 143 フロン系冷媒, R 22, R 115, R 502 の表面張力の測定

機正 岡田 昌章(長岡技科大)

*有馬 尊久(日本板硝子)

機正 服部 賢(長岡技科大)

機正 渡部 康一(慶大)

E 144 繊維集合体の透湿測定

機正*竹内 正顯(東海大)

東倉 広男(東海大)

安田 恵美子(日本睡眠科学
研)

第 2 日 5月28日(水)

[熱物性 (II)] 講演 (9:10~10:00), 討論 (10:00~10:50)

[座長 渡部 康一(慶大)]

E 211 非定常細線法による水の熱伝導率の高精度測定

(タンタル酸化被膜細線による測定)

機学*川又 和彦(慶大院)

北出 真太郎(慶大院)

機正 長坂 雄次(慶大)

機正 長島 昭(慶大)

- E 212 細線加熱法による熔融塩の熱伝導率測定法
 機正*荒木 信幸(静岡大) 羅 栄華(中国・設計院)
 機学 大石 繁次(日本電装)
- E 213 冷熱線(C-H-W)法による熱伝導度の迅速測定について
 *陳 勇(江蘇化工学院) 化工正 杉山 幸男(愛知工大)
- E 214 コルゲート断熱材の熱伝導率
 機正*山田 悦郎(秋田大) 機正 高橋 カネ子(秋田大)
 機学 加藤 雅康(秋田大) 機学 富川 貴幸(秋田大)
- E 215 低温度域におけるガラス繊維断熱材の熱特性
 機正 坂爪 伸二(釧路高専) 機准*工藤 均(釧路高専)

[熱物性(Ⅲ)] 講演(11:10~11:40), 討論(11:40~12:10)

[座長 荒木 信幸(静岡大)]

- E 221 衝撃波管法による高温ガスの熱伝導率の測定
 (第3報, 混合ガスへの適用)
 機学*久島 大資(慶大院) 三戸 慶一(慶大)
 荒井 智次(慶大院) 機正 松永 直樹(慶大)
 機正 宮田 昌彦(明星大) 機正 長島 昭(慶大)
- E 222 強制レイリー散乱法による液体の温度伝導率測定の研究
 (第3報, 液晶の測定)
 機学*畠山 拓也(慶大院) 奥田 真一(慶大院)
 機正 長坂 雄次(慶大) 機正 長島 昭(慶大)
- E 223 フロン系冷媒 R114 の液体の定圧比熱測定
 機正*佐藤 春樹(慶大) 坂手 紀之(三菱化成)
 機正 上松 公彦(慶大) 機正 渡部 康一(慶大)

〔熱伝導 (I)〕 講演 (14:50~15:20), 討論 (15:20~15:50)

〔座長 庄司正弘 (東大)〕

E 231 水溶液を相変化材とした潜熱蓄熱の研究

機正 林 勇二郎 (金沢大)

機正 山口 邦彦 (金沢大)

機准*国峰 寛司 (明石高専)

E 232 鋼焼入れの伝熱現象の研究

(第4報, 相変態に伴う冷却曲線の一考察)

機正*田島 守 (神奈川大)

機正 牧 忠 (神奈川大)

機正 片山 功蔵 (長崎総合科学
大)

E 233 水素吸蔵合金充填層の伝熱・反応解析

*鈴木 啓之 (新日本製鉄)

柴田 充蔵 (新日本製鉄)

三塚 正志 (新日本製鉄)

〔熱伝導 (II)〕 講演 (16:00~16:40), 討論 (16:40~17:20)

〔座長 宮内敏雄 (東工大)〕

E 241 Growth Ring Method による任意形状領域の凍結問題の解析法

機正*斎藤 武雄 (東北大)

加藤 秀樹 (東北大)

E 242 過冷却を伴う凝固過程の研究

(第1報, 最大過冷却度に及ぼす伝熱面の影響の測定と統計的処理)

機正 斎藤 彬夫 (東工大)

機正 斎藤 明宏 (東工大)

機正 宇高 義郎 (東工大)

機学*松沢 和幸 (東工大院)

E 243 溶融をともなう接触伝熱の研究

(第3報, フィン付伝熱面を傾斜させた場合の溶融過程の実験と解析)

機正 斎藤 彬夫 (東工大)

機正 宇高 義郎 (東工大)

機学*今村 孝浩 (東工大院)

機正 斎藤 明宏 (東工大)

E 244 境界積分方程式法の熱伝導逆問題への適用性に関する研究

機正 庄司 正弘 (東大)

機学*小野 直樹 (東大院)

第 3 日 5 月 29 日 (木)

[流動層] 講演 (9:10~10:00), 討論 (10:00~10:50)

[座長 福 迫 尚一郎 (北大)]

E 311 スターリングエンジン用流動層熱交換器の基礎研究

機正*山田 幸生 (機械技研)

E 312 浅層流動層における水平管群の熱伝達特性 (第 2 報)

機正 宮本 政英 (山口大)

機正*加藤 泰生 (山口大)

機正 出井 安正 (宇部興産)

E 313 流動層型熱交換器に関する基礎的研究

(第 3 報, 粒子による影響)

機正 熊田 雅弥 (岐阜大)

機学*森川 敏夫 (岐阜大院)

機正 渡辺 吉典 (三菱重工)

機准 小川 賢 (本田技研)

機正 馬淵 幾夫 (岐阜大)

E 314 流動層々内管の高温での伝熱性能

機正 渡辺 健次 (石播)

機正*二階 勳 (石播)

E 315 流動層型熱交換器に関する基礎的研究

(第 4 報, 管径/粒径比の影響)

機正 熊田 雅弥 (岐阜大)

機正*渡辺 吉典 (三菱重工)

機学 森川 敏夫 (岐阜大院)

機正 馬淵 幾夫 (岐阜大)

[燃焼 (I)] 講演 (11:10~11:50), 討論 (11:50~12:30)

[座長 工 藤 一彦 (北大)]

E 321 燃焼のレーザ診断とモデリング

機正*藤井 昭一 (航技研)

機正 江口 邦久 (航技研)

機正 五味 光男 (航技研)

航空宇宙正 渡辺 泰夫 (航技研)

機正 黒沢 要治 (航技研)

杉山 優子 (日本タイムシェア)

E 342 溶融炭酸塩形燃料電池の冷却特性

(第3報, 伝熱と電気化学反応を考慮した解析)

機正*渡辺 健次(石播)

機正 遠井 正明(石播)

田中 潤(石播)

原正 保坂 実(石播)

機正 二階 勲(石播)

(4) 第20回伝熱セミナーのお知らせ

1. 会 期 昭和61年7月16日(水) 15:00から
7月18日(金) 13:00まで
2泊3日

2. 会 場 小諸市引温泉, 国民年金保養センター 「こもろ」
長野県小諸市大久保字東柳沢620-3
〒384 電話0267-22-2288

利用交通機関等の詳細は、参加申し込み者に追って通知いたします。

所用時間は、東京から2時間30分、国鉄信越本線小諸駅よりタクシーで約10分です。

会場は千曲川の清流と煙り立つ浅間嶺を見渡せる、眺望豊かな地であります。

また、懐古園をはじめ八ヶ岳、浅間山等の景勝地巡りの拠点としてご利用いただけます。

3. 参加費 (2泊、朝昼夕食各2回、懇親会費を含む)

日本伝熱研究会々員	23,000円
学 生	20,000円
会 員 外	28,000円

なお、日程の一部に参加される方も同額の参加費を徴収いたします。

4. 定 員 先着75名

5. 申し込み 締 切 6月16日(月)

方 法 本号添付の郵便振替申込用紙に必要事項をご記入の上、お申し込み下さい。また、現金書留にて申し込まれる方は下記に申し込んで下さい。

なお、締切り後の取消しには参加費を返却いたしません。

申し込み先 〒386 上田市常田3丁目15の1
信州大学繊維学部機能機械学科内
伝熱セミナー準備委員会

久我 修

電話0268-22-1215 内線351

6. セミナー日程表

7月16日(水)

13:00~15:00 受付

15:00~15:10 準備委員長挨拶 久我 修 (信州大織)

15:10~17:00 講演 司会者 林 勇二郎 (金沢大工)

「伝熱日々に新たなり」 講師 一色 尚次 (日大工)

17:00~18:30 休憩

18:30~21:00 懇親会

7月17日(木)

9:00~10:50 講演 司会者 竹内 正紀 (福井大工)

「沸騰二相流に関する伝熱研究」 講師 植田 辰洋 (工学院大工)

10:50~11:00 休憩

11:00~12:00 トピックス 司会者 前川 博 (新潟大工)

「豪雪を利用する」 講師 梅村 晃由 (長岡技科大)

12:00~13:00 昼食

13:00~14:50 講演 司会者 服部 賢 (長岡技科大)

「限界熱流束現象の研究の歩み」 講師 甲藤 好郎 (日大理工)

14:50~15:00 休憩

15:00~16:30 見学会

小諸ワイナリーブドウ酒工場見学

16:30~18:30 休憩・夕食

18:30~21:00 座談会 司会者 平田 賢 (東大工)

「境界領域における伝熱研究の進展」

話題提供

- 1) 「無重力下における伝熱研究の可能性」 榎沢 一郎 (東大生研)
- 2) 「物理と化学の境界での凝縮」 小竹 進 (東大工)
- 3) 「流動層の熱交換器への応用」 渡辺 吉典 (三菱重工)
- 4) 「半導体製造と伝熱問題」 福山 佳孝 (東芝)
- 5) 「原子炉の熱的限界設計」 内藤 正則 (日立)

7月18日(金)

9:00～10:50 パネルディスカッション 司会者 棚沢 一郎(東大生研)

「企業は大学における伝熱研究になにを望むか」

パネリスト 坂本 守義(東芝)

原 利次(日立)

森岡 幹雄(石播)

10:50～11:00 休憩

11:00～12:00 トピックス 司会者 竹越 栄俊(富山大工)

「船舶用ディーゼル機関と伝熱」 講師 玉木 恕乎(信州大工)

12:00～13:00 昼食

解散の挨拶

7. その他

1) テニス大会

宿泊施設「こもろ」にはテニスコート(全天候型)が有り2～3面を、

下記の時間に使用します。

参加費は1,500円です。ボールは用意しておきます。

7月16日(水) 9:00～12:30

2) 囲碁大会

前日泊の方々のために囲碁セットを10面程用意しておきます。腕に覚えのある

方は是非ご参加下さい。参加費は1,000円です。

3) 宿泊の予約

伝熱セミナー開催前後の7月15日、7月18日の国民保養センター「こもろ」

の宿泊予約ができます。早目にお申し込み下さい。

料金は1泊2食付、5,320円です。テニス、囲碁にご利用下さい。

4) 申し込みについて

テニス、囲碁、宿泊予約の申し込みは、伝熱セミナーの申し込みと同時にして

下さい。

(5) 第7回日本熱物性シンポジウム開催のご案内と講演募集

共 催 日本熱物性研究会ほか

開 催 日 昭和61年10月22日(水)、23日(木)、24日(金)

会 場 通商産業省 工業技術院 筑波研究センター共用講堂

(〒305 茨城県筑波郡谷田部町東1-1-4

Tel. 0298(54)2095)

最近の技術や材料開発の進歩はめざましく、固体や流体材料の熱伝導率、熱拡散率、ふく射率、比熱などの熱物性値は、熱エネルギーが関与する装置・機器の設計や解析、省エネルギー技術の開発はもとより、自然科学や産業のあらゆる分野で重要性を増しております。熱物性に関係のある研究者や技術者、各種ユーザーが一堂に集い、意見を交換する機会をもつことが強く要望されています。

このような状況のもとに、第7回日本熱物性シンポジウムを筑波で開催することになりました。当シンポジウムは実用的な観点から、いろいろな物質系の熱物性について、新しい測定技術や機器、熱物性データ評価、標準データ等に関する研究発表を行ない、討論することを目的としています。

この分野にご関心をお持ちの皆様にご研究発表をお願いするとともに、シンポジウムに多数ご参加いただきますようご案内申し上げます。

研究発表の内容、対象物質及び特別企画

- 1) 測定法、測定機器、標準物質、標準データ
- 2) 熱物性値の評価、解析、相関、推算、理論
- 3) 気体、液体、熱媒体、動作流体、混合流体、熔融塩
- 4) 金属、合金、金属酸化物、熔融金属
- 5) セラミックス、プラスチック、複合材料、エレクトロニクス材料、絶縁材料
- 6) 建材、耐火材、断熱材(保温材、冷却材)、蓄熱材
- 7) 食品、衣料、生体、農水産物
- 8) 土壌、岩石、石炭、凍結層、雪氷
- 9) その他

今回は、第22回日本熱測定討論会と同時に、Joint Meeting として開催されます。熱物

性シンポジウム参加者は、熱測定討論会にも参加できます。また、共同企画として、「温度測定と温度標準の現状と問題点(仮題)」(特別講演)及び「熱物性データベースの現状と問題点(仮題)」(特別セッション)が予定されています。

講演申し込み

A4版レポート用紙1枚に(1)講演題目、(2)著者名(講演者に○印)、(3)所属、(4)連絡先、(5)発表形式の希望(ポスターまたは口頭発表の別)を記し、さらに、(A)研究目的、(B)実験方法または理論、(C)結果などの概略を記入して、下記宛お送り下さい。なお講演の採否及び発表形式については日本熱物性研究会編集委員会及び第7回日本熱物性シンポジウム実行委員会にご一任ください。

申し込み締め切り	6月28日(土)
採否決定及び発表形式通知	7月15日頃(採択者には原稿用紙をお送りします。)
講演論文原稿締め切り	8月15日(金)必着
懇親会(熱測定討論会 合同)	10月23日(木)

講演と参加予約の申し込み先

〒305 茨城県新治郡桜村梅園1-1-4 電子技術総合研究所エネルギー貯蔵研究室
第7回日本熱物性シンポジウム実行委員会
Tel 0298-54-5402 (小沢)

参加費

日本熱物性研究会会員及び共催協賛学協会会員(予約)3,500円(当日)4,000円、
学生(予約)2,500円(当日)3,000円、非会員(予約)4,500円(当日)5,000
円。また、日本熱物性研究会会員には、講演論文集を無料で配布します。

その他の方には、講演論文集は5,000円で会場にて頒布します。

宿泊

宿泊などについては、プログラム発表時にお知らせします。

(6) 第10回 人間-熱環境系シンポジウム記念大会 開催要綱

人間-熱環境系を体系的に把握するためには医学、生物学はもとより、空気調和、被服衛生、伝熱工学、計測・制御工学などの広い分野の研究者の有機的協力が必要とされます。

第1回の会合を1977年8月に空気調和・衛生工学会会議室にて開催して以来「人間-熱環境系シンポジウム」は、毎年1回、盛況裡に回を重ねて参りました。この間の各位のご協力に対し厚くお礼申し上げます。

本年度は第10回を迎えるため、外国人を招待して記念大会として開催致します。尚、例年通り各位の研究発表を募集します。ふるってご参加下さるようお願い致します。

記

期 日：昭和61年12月9日(火)～11日(木) 3日間

場 所：日本大学会館大講堂

〒102 東京都千代田区九段南4-8-24 (国電、又は都営地下鉄「市谷駅」下車徒歩 2分)

内 容：(1) 国外研究者の招待講演(予定12名)

(2) 共催、協賛団体会員の講演

(3) 公募研究論文の発表

共 催：空気調和・衛生工学会(幹事学会)

人類動態学会、日本伝熱研究会、日本生気象学会、計測自動制御学会、生理人類学研究会(予定)

後 援：日本学術会議(予定)

協 賛：日本産業衛生学会、日本生理学会、日本ME学会、日本サーモグラフィ学会、日本人間工学会、日本家政学会、日本機械学会、日本建築学会、日本労働衛生工学会、電気学会、日本冷凍協会、繊維学会、日本生物物理学会、日本栄養・食糧学会、日本医科器械学会、日本繊維製品消費科学会、日本保安用品協会、日本火災学会、日本住宅設備システム協会、日本繊維機械学会、日本病院設備協会、日本熱物性研究会、全国ビルメンテナンス協会(予定)

発表申込方法：申込用紙に 1) 氏名(ふりがな) 2) 題目 3) 勤務先 4) 連絡先 5) 所属学協会 6) 懇親会参加の有無 を記入して、下記宛にお申込み下さい。

発表申込締切日：昭和61年7月31日

英文アブストラクト提出締切日：昭和61年8月31日(英文アブストラクトは1000 words 1頁)

原稿提出締切日：昭和61年10月15日

発表費：10,000円

参加申込方法：申込用紙に 1) 氏名(ふりがな) 2) 勤務先 3) 連絡先 4) 所属学協会 5) 懇親会参加の有無 を記入して、下記宛にお申込み下さい。定員 300名で締切らせて頂きます。

参加費：10,000円

懇親会：昭和61年12月10日(水) 17:30～19:30(会費 7,000円)

大会長：国立公衆衛生院院長 長田泰公

実行委員：後藤 滋(代表)、川島美勝(事務局)、栃原 裕(事務局)、磯田憲生、鶴飼 恒、内野欽司、勝浦哲夫、菊池安行、肝付邦憲、小林陽太郎、佐藤 忠、田中正敏、棚沢一郎、田村照子、登倉尋実、中島利誠、西 安信、堀越哲美、南野 脩、三平和雄、森田矢次郎、横山真太郎、吉田 燦、吉田敬一

連絡先 〒240 横浜市保土ヶ谷区常盤台156 横浜国立大学工学部生産工学科内

第10回人間-熱環境系シンポジウム実行委員会 ☎ 045-335-1451

(内線2666 川島)

(7) < 第 15 回機械技術研究所研究講演会開催要領 >

エネルギー関連技術開発における最近の成果
— 伝熱技術の高度化を目指して —

伝熱技術は、ヒートポンプ等熱利用機器の省エネルギー化、新方式エンジンの性能向上、コンピュータ等電子機器の高機能化に伴う高性能冷却法の開発等に見られるように最近急速に進歩してきている。しかし、今後のエネルギー関連機械技術の発展のためには、それを支える基礎的な要素技術としての個々の機器の性能向上を極限にまで高めることを目的とした伝熱工学の一層の研究開発が必要な状況にある。

そこで、機械技術研究所において実施されているエネルギー関連技術開発のうち、主として伝熱工学関連研究について紹介する。

日 時：昭和61年6月4日（水） 9：30～16：30

場 所：三会堂ビル9F、石垣記念ホール

東京都港区赤坂1-9-13 TEL. 03-582-7451

主 催：工業技術院機械技術研究所 財団法人日本産業技術振興協会

協 賛：社団法人日本機械学会 社団法人自動車技術会 社団法人静電気学会 社団法人日本冷凍協会

日本ヒートパイプ協会 エネルギー・資源研究会 日本伝熱研究会 社団法人機械技術協会

(順不同)

参加費：無 料

申込先：財団法人日本産業技術振興協会

〒105 東京都港区西新橋2-7-4、第20森ビル8F

TEL. 03-591-6271

問い合わせ先：工業技術院機械技術研究所 企画室

〒305 茨城県新治郡桜村並木1-2

TEL. 0298-54-2521～4

《プログラム》

午前の部 (司会 機械技術研究所企画室長 中野 栄二)

9:30～9:45 開会のあいさつ (財)日本産業技術振興協会 専務理事 鈴木 三男
機械技術研究所長 清水嘉重郎

9:45～10:30 静電場を応用した対流電熱の促進

エネルギー機械部熱工学課 菊地健太郎

熱交換器のコンパクト化を目標として研究されている各種伝熱促進法のうち、誘電流体に静電場を応用した自然対流、強制対流伝熱促進法に関する基礎実験結果を紹介し、研究動向と現状の問題点について述べる。

10:30～11:15 ふく射利用高温ガス熱交換器 エネルギー機械部熱工学課 山田 幸生

高温排ガスの熱を回収して燃焼用空気を加熱するレキュベレータなどのような、高温のシェルアンドチューブ型ガス・ガス熱交換器を対象として、高温領域におけるふく射を積極的に利用した伝熱促進法の理論的・実験的研究を紹介する。

11:15～12:00 EHD熱交換技術 エネルギー機械部熱工学課 矢部 彰

ムーンライト計画の中で実用化研究が進められている『EHD凝縮熱交換器』を中心に、電気流体力学的(EHD)現象を活用する伝熱技術について、その原理、伝熱促進性能、およびヒートポンプ等への応用について述べる。

12:00～13:00 休憩 (昼食)

午後の部 (司会 機械技術研究所次長 曾田長一郎)

13:00～14:00 「特別講演」 先端領域における伝熱研究の現状と将来展望

東京大学生産技術研究所 棚沢 一郎教授

伝熱研究は、これまでエネルギー技術と密接な関連を保ちつつ発展を遂げてきており、この傾向は今後も続くものと思われる。しかし、最近になってエネルギー以外の分野における伝熱研究の進展が目立ち始めた。例えば、電子機器の冷却、新素材製造に関連する伝熱問題、宇宙機器の熱制御などがそれである。

本講演では、そのような最近の動向を紹介し、さらに将来の展望を行う。

14:00～14:10 休憩

14:10～14:55 超大型ヒートパイプ エネルギー機械部熱工学課 白石 正夫

新しい熱輸送技術として期待の大きい1000m級超大型ヒートパイプの特性について検討し

その実現の可能性について述べるとともに、このようなヒートパイプを利用した地下熱抽出による新地熱開発を紹介する。

14:55～15:40 スターリングエンジンにおける伝熱

エネルギー機械部物性計測課 田中 誠

密封された作動ガスが高温域と低温域を往復移動するスターリングエンジンに関する最近の研究を概観し、エンジン効率に大きく関与するヒータ（高温熱交換器）、再生器、クーラ（低温熱交換器）での伝熱現象について述べる。

15:40～16:25 水素エンジンシステムにおける伝熱

エネルギー機械部燃焼工学課 浜 純

金属水素化物を水素の貯蔵源とし、これから放出される水素ガスを燃料とするエンジンシステムにおいて、水素の貯蔵・放出に使用されている熱交換技術の現状を分析し、克服すべき技術的な課題及びその可能性について述べる。

16:25～16:30 閉会のあいさつ 機械技術研究所次長 曾田長一郎

(8)

First Announcement and Call for Papers

International Symposium on Cold Regions Heat Transfer

June 4-6, 1987

University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada

Objectives and Topics

During the past twenty-five years, considerable progress has been made in cold regions (Arctic) engineering due mainly to natural resources development in the Arctic regions. The subject of heat and mass transfer is of basic importance to cold regions engineering and is characterized by multiple-disciplinary approach.

The purpose of this conference is to provide a forum for the review and dissemination of recent scientific and technical information related to all aspects of heat transfer in cold climates. A general review of progress during the past quarter century should be of considerable value as furnishing a point of departure from which progress during coming decades may be measured.

The symposium is co-sponsored by:

- American Society of Mechanical Engineers (Heat Transfer Division)
- Japan Society of Mechanical Engineers
- Division of Building Research, National Research Council Canada
- Centre for Frontier Engineering Research (University of Alberta)
- Centre for Cold Ocean Resources Engineering (Memorial University)
- Scott Polar Research Institute
- Boreal Institute for Northern Studies
- Canadian Society for Mechanical Engineering

Invited lectures on historical review and state of the art reviews in cold regions heat transfer will precede each technical session. The conference will be organized in conjunction with the Canadian Congress of Applied Mechanics, May 31-June 4, 1987.

The topics include:

1. Numerical and analytical methods for freezing and thawing.
2. Heat transfer problems relating to permafrost and soils.
3. Thermal engineering of structures in cold regions.
4. Natural and artificial heat transfer phenomena for ice in water, air, earth and life.

(see reverse side)

5. Heat transfer problems in engineering construction.
6. Human response to extreme conditions.
7. Energy utilization and conservation in cold regions.
8. Other heat transfer phenomena in cold regions.

Time Schedule and Publication

Three copies of a 500-word abstract due -	October 15, 1986
Notification of abstract acceptance	October 25, 1986
Five copies of complete manuscript	December 5, 1986
Reviews returned to author(s)	January 10, 1987
Final manuscript, typed on mats, due -	February 10, 1987

The papers will be reviewed in accordance with ASME policies and published in a bound volume by ASME. Inquiries, abstracts, and manuscripts should be sent to either:

Dr. V.J. Lunardini
 U.S. Army Cold Regions Research
 and Engineering Laboratory
 72 Lyme Road
 Hanover, NH 03755-1290
 U.S.A.
 (603) 646-4326

Prof. K.C. Cheng
 Dept. of Mechanical Engineering
 University of Alberta
 Edmonton, Alberta
 Canada T6G 2G8
 (403) 432-3638

Prof. N. Seki
 Dept. of Mechanical Engineering
 Hokkaido University
 Sapporo 060
 Japan

Symposium Advisory Committee

- K.C. Cheng, Edmonton
 L.E. Goodrich, Ottawa
 G.S.H. Lock, Edmonton
 V.J. Lunardini, Hanover
 N. Seki, Sapporo
 J.P. Zarling, Fairbanks

伝熱研究

Vol. 25 No. 97

1986年4月発行

発行所 日本伝熱研究会

〒153 東京都目黒区駒場4-6-1

東京大学工学部境界領域研究施設気付

日本伝熱研究会

電話 03(485)3111 (代) 内線288,285

振替 東京 6-14749

(非売品)