

ISSN 0910-7851

伝熱研究

Journal of The Heat Transfer Society of Japan

1994 July
Vol. 33 No. 130

〈小特集：生産・加工プロセスにおける伝熱研究〉

ISSN 0918-9963

THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING

Vol. 2

No. 3

日 本 伝 熱 学 会
The Heat Transfer Society of Japan

日本伝熱学会第33期 (平成6年度) 役員

会 長 副 会 長 理 事 (編集出版) 東 北 中国四国 (企 画) 北陸信越 (総 務) 北 海 道 監 評 員	(編集出版) (企 画) (総 務) 山 田 悦 郎 (秋 田 大) 稲 葉 英 男 (岡 山 大) 伊 藤 正 昭 (日 立 製 作 所) 平 田 哲 夫 (信 州 大) 青 木 博 史 (豊 田 中 研) 中 島 利 誠 (お 茶 大) 杉 山 憲 一 郎 (北 大) 岡 田 孝 夫 (高 砂 熱 学) 金 山 公 夫 (北 見 工 大) 戸 倉 郁 夫 (室 蘭 工 大) 高 橋 一 郎 (山 形 大) 橋 爪 秀 利 (東 北 大) 一 宮 浩 市 (山 梨 大) 神 永 文 人 (茨 大) 長 坂 雄 次 (慶 大) 西 尾 茂 文 (東 大) 北 村 健 三 (豊 橋 技 科 大) 松 田 仁 樹 (名 大) 平 澤 良 男 (富 山 大) 神 吉 達 夫 (姫 路 工 大) 稲 室 隆 二 (京 大) 竹 中 信 幸 (神 戸 大) 森 岡 斎 (徳 島 大) 村 上 幸 一 (愛 媛 大) 金 丸 邦 康 (長 崎 大) 笹 口 健 吾 (熊 本 大) 縄 田 豊 (八 代 高 専) 田 辺 新 一 (お 茶 大) 中 谷 元 (三 菱 電 機) 師 岡 慎 一 (東 芝) 小 泉 安 郎 (工 学 院 大) 山 中 晤 郎 (三 菱 電 機)	中 山 恒 (東 工 大) 福 迫 尚 一 郎 (北 大) 坂 本 雄 二 郎 (神 戸 製 鋼) 土 方 邦 夫 (東 工 大) 部 会 長 芹 沢 昭 示 (京 大) 東 海 加 藤 征 三 (三 重 大) 九 州 増 岡 隆 士 (九 工 大) 部 会 長 庄 司 正 弘 (東 大) 伝 熱 シ ン ポ ジ ウ ム 準 備 委 員 長 宮 本 政 英 (山 口 大) 関 西 木 本 日 出 夫 (阪 大) 柳 謙 一 (三 菱 重 工) 水 野 彰 (豊 橋 技 術 大) 部 会 長 河 村 洋 (東 理 大) 前 田 昌 信 (慶 大) 関 根 郁 平 (苫 小 牧 高 専) 小 川 清 (日 大) 泉 正 明 (岩 手 大) 長 崎 孝 夫 (東 工 大) 勝 田 正 文 (早 大) 前 川 透 (東 洋 大) 石 塚 勝 (東 芝) 海 野 紘 治 (豊 田 工 大) 辻 俊 博 (名 工 大) 小 林 睦 夫 (新 潟 大) 姫 野 修 廣 (信 州 大) 唐 土 宏 (松 下 電 器) 小 澤 守 (関 西 大) 増 田 雅 昭 (シャープ) 秋 山 巖 (バブ 日 立) 奥 山 喜 久 夫 (広 島 大) 小 森 悟 (九 州 大) 松 尾 篤 二 (三 菱 重 工) 平 井 秀 一 郎 (東 工 大) 新 井 紀 男 (名 大) 新 谷 下 一 夫 (慶 大) 赤 井 誠 (工 技 院) 五 十 嵐 喜 良 (東 北 電 力) David Copeland (東 工 大)
--	--	---

伝 熱 研 究 目 次

会長就任にあたって	第33期会長 中山 恒 (東工大)	1
会長退任にあたって	第32期会長 棚澤一郎 (東 大)	3

〈第6回日本伝熱学会賞〉

第6回日本伝熱学会学術賞・技術賞を選考して	第32期日本伝熱学会表彰選考委員会主査 坂口忠司 (神戸大)	5
第6回日本伝熱学会学術賞を受賞して	長坂雄次 (慶 大)	6
第6回日本伝熱学会学術賞を受賞して	宮武 修 (九州大)	8

〈小特集：生産・加工プロセスにおける伝熱研究〉

小特集にあたって	第32期編集委員会	10
タンディッシュプラズマ溶鋼加熱における伝熱	井上 衛 (新日本製鉄)	11
連続鋳造プロセスにおける流動・伝熱挙動	高谷幸司 (住友金属工業)	19
コークスベッドを用いた溶解プロセスのシミュレーション	橋本 昌也 (大阪ガス)・大岡五三実 (大阪ガエンジニアリング)	27
融液成長における対流の不安定	柿本活一 (日本電気)	36

〈第31回日本伝熱シンポジウム・イブニングセミナー〉

国産ロケット H2 用 LE-7 エンジンの開発	岸本健治 (三菱重工業)	46
--------------------------	--------------	----

〈第31回日本伝熱シンポジウム〉

第31回日本伝熱シンポジウムを終えて	準備委員長 福迫尚一郎 (北 大)	55
第31回日本伝熱シンポジウムを終えて	準備委員 工藤一彦 (北 大)	56

〈寄稿論文〉

Research Networking for Better Productivity (ネットワークの効果的利用による研究の推進)	James C. Liu and Kunio Hijikata (東工大)	57
--	---------------------------------------	----

〈地方研究グループ活動報告〉

北陸信越研究グループ活動報告		87
中四国研究グループ企画「中四国伝熱セミナー・鳥取」		88

〈お知らせ〉

「財政基盤強化のための募金事業」賛助会員（特別）ご加入のお礼とご報告	90
第18回人間—生活環境系シンポジウム	93
第32回燃焼シンポジウム	93
Call for Papers/ Modeling of Casting, Welding and Advanced Solidification Processes VII	94
Call for Papers/ International Symposium on Radiative Heat Transfer	94
Call for Papers/ Second International Thermal Energy Congress (ITEC95)	95
第25回国際会議のための準備セミナー	95
教官公募	96
日本伝熱学会第32期（平成5年度）総会議事録	97
学会の社団法人化の経過について	98
社団法人日本伝熱学会創立総会議事録	98
「伝熱研究」原稿の書き方	100
事務局からの連絡	102
日本伝熱学会 入会申込み、変更届用紙	

Journal of The Heat Transfer Society of Japan

Vol.33, No.130, July, 1994

CONTENTS

Being Appointed President	
Wataru Nakayama (Tokyo Institute of Technology).....	1
On Retiring from the Presidency	
Ichiro Tanasawa (Institute of Industrial Science, The University of Tokyo).....	3
〈Heat Transfer Society Awards〉	
On Selection of the 6th Heat Transfer Society Awards for Scientific Contributions and Technical Achievements	
Tadashi Sakaguchi (Kobe University).....	5
On Receiving the 6th Heat Transfer Society Award for Scientific Contribution	
Yuji Nagasaka (Keio University).....	6
On Receiving the 6th Heat Transfer Society Award for Scientific Contribution	
Osamu Miyatake (Kyushu University).....	8
〈Special Issue : Heat Transfer Research in Manufacturing and Production Process〉	
Preface to Special Issue	
Editorial Board	10
Heat Transfer of Plasma Heater for Tundish	
Mamoru Inoue, Nobuhiro Takagi and Yasuhiro Arai (Nippon Steel Corp.)	11
Fluid Flow and Heat Transfer in the Continuous Casting Process	
Kouji Takatani (Sumitomo Metal Industries, Ltd.)	19
Simulation of Sludge Melting Process in Coke Bed Furnaces	
Masaya Hashimoto (Osaka Gas Co., Ltd.) and Isamu Ooka (Osaka Gas Engineering Co., Ltd.)	27
Flow Instabilities during Silicon Crystal Growth	
Koichi Kakimoto and Kyung-Woo Yi (NEC Corporation)	36
〈Evening Seminar in the 31st National Heat Transfer Symposium of Japan〉	
Japanese H2 Rocket Development, Regarding Main Engine LE-7	
Kenji Kishimoto (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.).....	46

〈The 31st National Heat Transfer Symposium of Japan〉

Chairman's Report of the 31st National Heat Transfer Symposium of Japan

Shoichiro Fukusako (Hokkaido University) 55

As a Secretary of the 31st National Heat Transfer Symposium of Japan

Kazuhiko Kudo (Hokkaido University) 56

〈Contribution from Members〉

Research Networking for Better Productivity

James C. Liu and Kunio Hijikata (Tokyo Institute of Technology) 57

〈Reports on the Local Group Activities〉 87

〈Announcements〉 90

会長就任にあたって

中山 恒（東京工業大学工学部）

総会（1994. 5. 19、札幌）での議決に従い、伝熱学会は法人となる手続きを進めています。本学会が法人としての一步を踏み出す日は近く、本年は学会にとって大きな節目の年となりましょう。法人化を目指すにあたっては各種の議論がありました。結局、学会の運営基盤を強化する効果、ひいては将来の発展をより確かなものにする効果に最も高い優先順位が与えられ、意見の集約に至りました。これまでの過程において、多大のエネルギーと時間を費やして頂いた多くの方々に感謝申し上げます。とくに、法人化委員会、募金事業実行委員会、及び法人化の検討に関わってこられた数代にわたる学会役員の先生方に厚く感謝申し上げます。ご尽力頂いた先生方のご氏名を列挙したいところですが、紙数の制限がありますので、既刊の「伝熱研究」その他の資料の参照をお願いしたいと存じます。また、法人化に必要な基金に多数の個人ならびに賛助会員からご寄附を頂きました。紙上を借りて心より御礼申し上げます。

さて、この度の法人化は申し上げるまでもなく、わが国の伝熱研究の充実と、本学会の会員数の増大を反映したものです。質量ともに成長を遂げた会が創成期から受け継がれてきた有志組織から公的組織へと衣替えするのは当然の成り行きと言えましょう。この記念すべき時に、私なりにとらえた伝熱学会と伝熱研究の過去、現在、将来を記してみたいと思います。以下に記すことは私個人の限られた視野からのものですが、これから会を担う世代の方々に些かでも参考になれば幸いです。

1950～60年代：創成期

－ 大規模技術の開発と伝熱研究

伝熱研究の初期の盛り上がりは原子力開発、石油化学工業の急成長、超音速飛行とその後の人工衛星打ち上げに代表される航空宇宙技術の開発、などに

促された。いずれも第二次大戦後にありあまる国力をつけた米国から主に始まったものであった。原子力利用の研究では国土の被害がそれほど大きくなかった英国も一役を担った。原子力関連の伝熱研究では沸騰現象が中心課題で、なかでも臨界熱流束の予測は最も重要な課題であった。従来、アカデミックな研究の対象であった沸騰現象が、にわかに工学問題としてクローズアップされた。1930年代に日本で発表され、その後永く埋もれていた拔山曲線が戦後米国の原子力技術者により発掘されたのは、このことを示す象徴的なエピソードである。1930年代の日本での沸騰研究は、海軍の艦艇用ボイラの高性能化の要求が背景にあったとはいえ、実態はアカデミックな興味と動機であったと以前資料で読んだ記憶がある。原子力と並んで石油化学プラントの大型化は、熱交換器の性能に関し、高精度の予測を必要とするようになった。管内熱伝達に関する著名な関係式が多く得られたのはこの時期である。一方、航空宇宙関連のニーズは、こうした大型機器の設計に関連する伝熱研究とひと味違う性格の研究を生み出した。典型例は超音速機の翼前縁の過熱防止に関する研究であろう。ここでは境界層の運動量方程式とエネルギー方程式を連立させ、応用数学を駆使して解析的に美しく解くと言う興奮があった。わが伝熱学会の大先達の先生方の中には、戦後、研究環境の優れた米國に渡って腕を磨かれ、1960年近くに帰国された方が多かった。当時の最先端の研究テーマを持って帰られ、これが日本の工業再興のニーズと一致し、たいへんな盛り上がりであった。第一回伝熱シンポジウム（1964年、京都）に参加した私は大学院生であったが、白熱した雰囲気を感じることができた。以上に触れた研究テーマは今日でも重要性を失っていない。しかし、パイオニアが取り組まれた時期の

熱気には格別の新鮮さがあつた。

1970～80年代：成長期

－ エネルギー事情と伝熱研究

1970年代に入って世界を襲った石油危機は、とくにわが国のエネルギー基盤の脆弱さを浮き彫りにした。省エネルギー対策と新エネルギー開発に向けて官民あがりの取り組みが始まり、伝熱研究にもはずみがついた。エネルギーの有効利用を目指し、熱交換器をはじめ各種の熱機器の伝熱性能の向上が緊急課題となった。小さな温度差のもとで大量の熱を伝える伝熱促進技術の開発が急がれ、多様な試みがなされた。これとともに、高い熱伝達率がどのようなメカニズムによりもたらされるのか、といった現象面の基礎研究も花開いた。1970年代はまた、暮らしが豊かになってきたことを反映し、エアコン産業が急成長を遂げた時期でもあった。これと省エネルギーの要求とがあいまって、空調用熱交換器のための優れた伝熱促進技術が生れた。このほか断熱技術、太陽熱利用に重要な高性能吸収面の開発などに関連し、ふく射伝熱の研究が盛んになった。

この時期はまた、創成期の先生方の下に多数の伝熱研究者が育った時代でもあった。伝熱研究は質量ともに急成長を遂げ、これを反映してわが国伝熱学界的国際的ステータスは向上した。その結果、1974年には国際伝熱会議が東京で開かれた。その後の国際伝熱会議でわが国からの貢献が大きな役割を担っていることは周知の通りである。

1990年代～21世紀へ向けて：新フロンティア開拓期

－ 高度知的世界の展開と伝熱研究

トランジスタの発明(1947年)に端を発したエレクトロニクス技術による革新は、人間の知的活動にかかってないインパクトを与えつつある。人間は様々な単純知的労働から解放され、より高度な知的世界の構築へ向けて頭脳を働かせることが出来るようになった。1990年代に入り、知的世界の構築作業は加速的高まりと新たな様相を呈しつつある。伝熱研究はコンピュータの熱問題、あるいは集積回路製造過程での熱問題の解決を通じ、こうした革新の一翼を担ってきた。エレクトロニクス革命の波は、こんど

は伝熱研究そのものに新たな次元の成長を促しつつある。

まずコンピュータの発達は、極小スケールあるいは極大スケールを有する伝熱現象へのアプローチを可能にしつつある。例えばマイクロ現象のコンピュータシミュレーションでは、分子間の相互干渉機構に様々なモデルを持ち込み、それらが物質の巨視的性質にどのように影響するかを調べる。こうした研究は既存の物質の性質を理解するのに役立つばかりでなく、新しい材料の開発にも重要なヒントを与える。一方、技術のグローバル化は地球の熱環境に影響を及ぼしはじめ、これに関する巨大スケールの伝熱問題の解決を迫っている。巨大スケール現象の解析は、強力なコンピュータの助けがなくては出来ない。また、環境問題に最も関連が深い燃焼現象の研究も、強力な解析ツールの出現により飛躍的に進むことだろう。

一方、実験研究はコンピュータシミュレーションのベンチマークを提供することで、研究全体の核心を握るようになる。また、マイクロ現象の研究では測定行為自体が現象に大きな外乱を与える。この場合データの解釈そのものにシミュレーションが必要になり、実験とシミュレーションは完全に融合し一体化した研究ツールになる。

更にバイオテクノロジーによる技術革新が待ち受けている。生物は熱環境に対応して特有の形態へと自己成長を遂げる。成長機構の解明はバイオテクノロジーの実用化に欠かせない。生体系での伝熱と成長機構の理解にはフラクタル次元、カオス、あるいはさらに新しい概念が必要になるだろう。

伝熱研究会の時代から、本学会は社会のニーズと伝熱研究を結ぶ機能を果たしてきました。法人としての伝熱学会は、これまで以上にこの公的機能に重きを置かなければなりません。機能を充実させるための活発なご提案と積極的なご協力をお願いします。
中山 恒：東京工業大学工学部機械知能システム学科 (〒152 目黒区大岡山2-12-1, Tel(03)5734-2531, Fax(03)3729-0587)

会長退任にあたって

棚沢 一郎(東大生研)

先般、北海道大学国際交流会館で開かれた第31回日本伝熱シンポジウムの会期中の日本伝熱学会総会において、これまでの日本伝熱学会の組織を解消し、新たに社団法人としての日本伝熱学会を設立することが決定されました。30年余りにわたって、日本国内の伝熱研究者の同好会的集まりであった本会が、法制上認知された機構に移行するという事は、本会にとって歴史的な出来事であり、そのような転換期に会長職を勤めさせていただいたこの1年は、私にとって記憶すべき年になりました。

日本伝熱学会の法人化が正式に文部省から認可されるのは、この8月頃になると伺っておりますが、先日恒例の総会に引続いて設立総会を開催することが認められたことから判断しますと、本会の法人化への道程はひとつの峠を越えることができたと考えてよいものと思います。

ちょうど1年前の本誌での、会長就任にあたってのご挨拶にも書きましたように、本会の法人化への動きは、一昨年半ばから急に活発になり、まず本会の財政的基盤を確立する必要があるということで、秋には募金事業が開始されました。かなり唐突な事態の進展であったため、本会の会員の中には、募金事業の成否あるいはそのやり方にご懸念やご批判をお持ちの向きもおありだったようです。しかし、すでに本誌の会告でも何度かお知らせいたしましたように、募金事業のうち個人会員からのご寄附は、ごく早い時期に目標額を突破し、最終的には目標の150%を達成いたしました。これは、ひとえに本会会員の方々の本会への並々ならぬ愛着のあらわれと推察され、創立以来培われてきた結束の強さにあらためて感銘を覚えました。一方、企業からの募金についても、昨今の景況から判断して、当初はどちらかというと悲観的な予測が多く、結果が危ぶまれていましたが、募金委員会の方々のひとかた

ならぬご努力が実を結んで、現在すでに所期の目標額を越え、最終的には恐らく目標の150%に近い数字を残すことができるのではないかとこの予測すら可能な状態にまで来ております。一昨年の年末に募金委員会が発足した当時の不安が大きかっただけに、このような素晴らしい成果が得られた喜びはひとしおですが、改めて募金に協力して下さった多くの方々に深く御礼申し上げます。

このように、本会がこの秋から組織を新たに再スタートすることは9分9厘確実となりましたが、これを機会に日本伝熱学会も、日本の伝熱研究も将来に向かっての改革に着手すべきではないかと思えます。

ごくおおざっぱに言って、一人の人間が仕事の上で活動できる期間は約30年です。日本伝熱学会(発足当時は日本伝熱研究会)は創立以来今年で満33年を迎えます。したがって、本会の構成員はほぼひと世代入れ替わっているはずですが、私自身のことを思い出してみますと、私の恩師の故橘藤雄先生や、京都大学の故水科篤郎先生などが、日本伝熱研究会の設立の準備をされていたのを、今から33年前に大学院生だった私は傍から眺めておりました。こうしてみますと、この秋から法人として再発足する本会は、同時に第2世代への新たなスタートを切ることになるといってもいいのかと思えます。

このところ10年ぐらいの伝熱研究の顕著な傾向の一つは、研究対象の多彩化です。初期の頃の日本伝熱シンポジウムのプログラムを眺めてみますと、発表される論文は、熱伝導・自然対流・強制対流・沸騰・凝縮・輻射など、伝熱学の教科書の目次通りに並べられ、これに付録のように熱交換器などへの応用のセッションがついていました。これに較べると、今年の札幌でのシンポジウムのプログラムは実に多彩なもので、特に、エネルギー・材料・宇宙・バイオなど、応用分野

のセッションの多さには瞠目すべきものがあります。

約20年前に私達を見舞った世界的なエネルギー危機の際に、熱エネルギー有効利用に関する研究は大いに脚光を浴び、文部省や通産省などの唱導する大型プロジェクトの課題としても取り上げられ、また産業界における省エネルギー技術への取り組みも盛んでした。その後、石油価格の低落が続いたことから、熱エネルギー活用というテーマは若干色あせた感も抱かせました。しかし、先般の湾岸戦争勃発の折に私達が感じたエネルギー供給への不安、地球温暖化・オゾン層破壊・都市のヒートアイランド現象・酸性雨など、エネルギー消費に起因する大規模な環境問題、そしておおよそあと50年と推測される石油や天然ガスの埋蔵量などから考え合わせると、エネルギー問題が深刻化するのには、実はこれからなのだというのが本当のところだと思います。

このような状況の下で、私達伝熱学を研究するものに課せられた責務はきわめて重いものと言わざるをえません。ただこの際に留意すべきことは、従来の伝熱研究の枠や手法に固執することなく、もっと広い視野から問題を眺め探究していくことではないかと考えます。エネルギーに関する研究の中でも、とくに熱エネルギー利用については、その回収・輸送・貯蔵・供給・利用というトータルなシステム全体をよく理解した上での研究が必要であり、そのためには伝熱学以外の

分野も含む広汎な知識が要求されます。しかし、逆に言えば伝熱学以外の分野からの刺激こそが伝熱学をさらに発展させるもっとも重要なドライビング・フォースになりうるのではないのでしょうか。この意味で、現在私達が置かれている、エネルギー・環境問題における社会情勢は、私達の今後の進路に明確な指針を与えてくれるものと考えてもいいのではないかと思います。

しかし、もう一方では、将来の伝熱研究のベクトルは、ただエネルギーの方向のみに向いていてよいものでもないと思います。周知のように、伝熱は自然界にあってきわめて普遍的な現象であり、その知見が役立つのは産業上の限られた分野のみに留まるものではありません。また手法的にも、現在の伝熱学は分子レベルの超マイクロスケールの現象から、地球規模の大きな現象までも扱えるものへと発展しつつあり、研究すべき対象や課題は加速度的に増大しつつあります。このような重大な転換期に、本会が法人化により確固たる枠組みを持ちうるということは真に喜ばしいことだと思います。これを機会に、いっそうの質的・量的充実を図り、21世紀に突入する本会の第2世代の発展に大いに期待したいと思います。(1994年6月)

棚沢一郎：東京大学生産技術研究所（〒106 港区六本木7-22-1, Tel (03) 3402-6231, Fax (03) 3401-6575)

第6回日本伝熱学会学術賞・技術賞を選考して

第32期日本伝熱学会表彰選考委員会・主査 坂口忠司（神戸大学）

編集委員会の求めに従い、第32期日本伝熱学会賞の審査結果について報告いたします。

森 康夫元会長の抛金に基づき第27期より設けられました日本伝熱学会学術賞に対しては、6件の推薦を頂きました。表彰選考委員会において慎重に審議を致しました結果、次の2件を表彰することと致しました。

「表面光散乱法による

表面張力と動粘性率の同時測定の研究」
第29回日本伝熱シンポジウム講演論文集・
日本機械学会論文集B編59巻560号(1993-4)
長坂 雄次, 松尾 康之

「多段フラッシュ蒸発装置内の

液流動と熱的非平衡」
第29回日本伝熱シンポジウム講演論文集・
International Journal of Heat and Mass
Transfer, Vol.35, No.12.(1992) 他
宮武 修, 橋本 俊行, Noam Lior

受賞者各位に心からの敬意とお喜びを申し上げますとともに、研究のご進展をお祈り致します。

天野工業技術研究所の抛金に基づき第27期より設けられました日本伝熱学会技術賞に関しましては、2件の推薦を頂きました。これにつきましても、表彰選考委員会において慎重に審議を致しましたが、日本伝熱学会賞に関する覚書の選考対象に関する規定「技術賞の対象は、原則として、最近3回の日本伝熱シンポジウムにおいて発表された優秀な伝熱技術とする。」の期限に抵触したため、残念ながら今回は該当者なしと致しました。

なおこの件を含み、技術賞に関する諸問題を検討して下さいよう理事会にお願いしております。

末尾になりましたが、今回の表彰に際し、候補者を推薦して下さい下さった方々、表彰選考委員会委員各位並びに学会の役員各位に厚く御礼申し上げます。

坂口忠司：神戸大学工学部機械工学科（〒657
神戸市灘区六甲台町1-1, Tel(078)803-1112,
Fax(078)803-1131)

第6回日本伝熱学会学術賞を受賞して

長坂 雄次（慶大理工）

今回、札幌で開催されました第31回日本伝熱学会総会において、松尾康之君（ソニー・元慶大院生）とともに、第6回日本伝熱学会森康夫学術賞をいただきました。非常に光栄であると同時に、大変な重さも感じております。熱物性に関する研究で、しかも表面張力や動粘性率という性質で、さらにまだ萌芽したばかりで評価も定まっていない研究にスポットをあてて下さったことに対し、ご推薦下さった先生方に御礼申し上げますとともに、これまでのシンポジウムの中で私どもを育てて下さった学会会員の皆様に感謝する次第であります。

さて、受賞の対象となった論文は：

「表面光散乱法による表面張力と動粘性率の同時

測定の研究」、第29回日本伝熱シンポジウム講演論文集、(1992), 833 - 834, 日本機械学会論文集、59巻560号, B編, (1993), 1187 - 1193.

です。この研究は、すべての液体表面に存在する熱的ゆらぎに励起された微細な表面波リプロンを、光学的に観測することによって、液体の表面張力と動粘性率を測定する、新しい熱物性測定方法に関するものであります。従来の熱物性測定方法の多くが、人為的外乱に対する系の応答を観測していたのに対し、この方法は熱平衡状態にある系をただ観測するだけの、いわば「黙って座ればピタリと・・・」的なもので、一種の究極的な方法と考えております。研究の詳細は上記論文をご覧頂くこととして、ここでは研究の背景や感想な

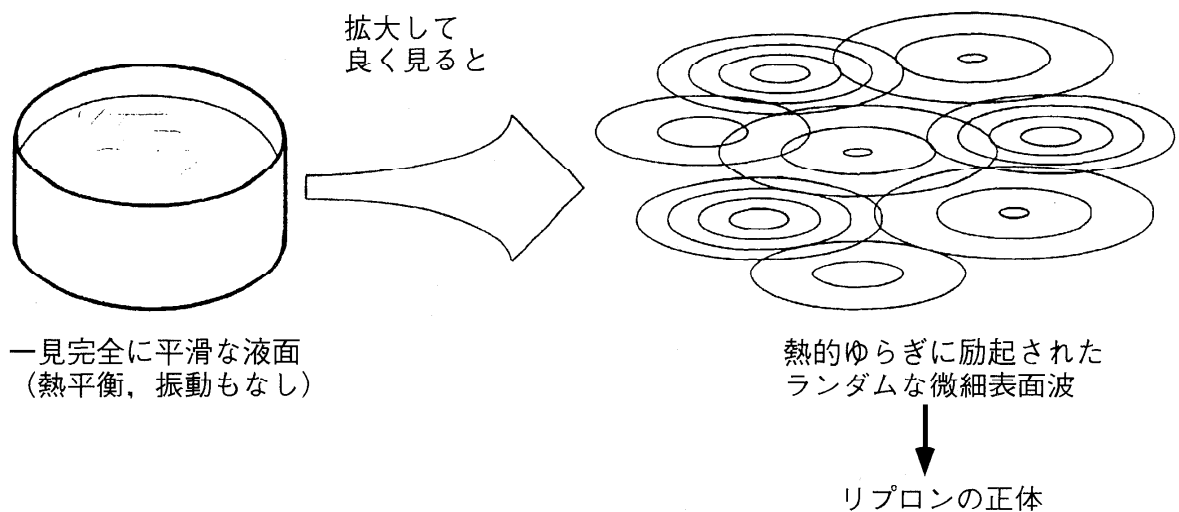


図1 液面に存在するリプロンの概念（イメージです）。

どを述べさせていただきます。

一見完全に平滑に見える液体表面も、よく拡大してみると分子自らの熱運動によるゆらぎが存在しており、非常に微細な変形を生じています(図1)。この表面の変形は、熱的に励起されたランダムな表面波の重ね合わせとして考えることができ、個々の波は幅広いスペクトルを持ちますが、代表的には100 μ m程度の波長と1nm程度の振幅を持っており(波長はマクロ、振幅はマイクロ)、さざ波の量子としてリップロン(ripploon)と呼ばれています。このような表面波の存在自体は、今世紀の初め Smoluchowski により予測されていましたが、得られる信号が極めて微弱であるため、実際に検知できるようになったのは比較的最近のことです。

私どもの研究室で、この原理を知り、熱物性計測に応用しようと考えたのは1987年の5月頃ですから、今からもう7年も前のこととなります。研究の動機は、熔融シリコンの表面張力を測定するというものでした。シリコンの単結晶を製造する際の融体流れの計算機シミュレーションは、当時からたくさん報告されていましたが、その基礎となる熱物性値情報の信頼性が低いため、報告されている熱物性データの中から都合の良い値を使えば、期待するシミュレーション結果が得られる、といっても言い過ぎでない感じがありました。しかし、測定するといっても、なにしろ融点が1400 $^{\circ}$ C以上ですから、なかなか通常の方法は適用できません。そこで、最初に考えたのが、表面波法という強制的に液体表面を励振させ、その励振周波数と波長から表面張力を計測しようというものでした。問題は励振方法でしたが、空気を吹きかけるとか、電磁氣的に振動させるとか、かなりたくさんアイディアがありましたが、最終的には、周波数を正確に決定できるということで、振動子を液体表面に接触させ、外部から励振する方法にしました。カーボンヒーターによる高温炉やBN製のるつぼや振動子、その他かなり太がかりな装置

ができあがりしましたが、約4年間の研究は結果だけからは失敗でした。原因はいろいろありましたが、やはり強制的にきれいな表面波を高温で作る困難さにありました。そこで、なんとか表面波を作る方法を探しているうちに、波は起こさないでも存在しているという事実に到達したわけです。

しかし、原理は理解し、すでに液体ヘリウムや常温での研究例はあったといっても、光学部品やFFT(熱物性の研究でこのような道具を使うとは思ってもよかったです。)などを少しづつ購入し、水の表面を観測してみても、何も見えない日が続きました。従って、信号が初めて検知できた日のLOG BOOK(1990年10月6日)からは、ふだんはクールな大学院生の松尾君の興奮が今でも読みとれます。一度信号が得られることがわかれば、あとは精度を向上させたり、高温炉を導入したりと研究を進め、300~400 $^{\circ}$ Cの熔融塩の測定は原理的に可能なことがわかりました。これが今回の受賞の対象となった研究の背景・経緯であります。現在は、最初の目標である熔融シリコンの測定および表面物性の動的・高速測定をめざして研究をさらに進めております。

この研究は、まだ萌芽したばかりで未開拓の部分が非常に多く、基礎となる原理的な点はもちろん、また今後の幅広い応用に関しても理論的・実験的に研究することはたくさんあります。今回の賞を励みにさらに面白くて、従来の方法では不可能で、しかも本当に役に立つような研究に育てあげられればと考えております。ありがとうございました。

長坂雄次：慶應義塾大学理工学部機械工学科
(〒223 横浜市港北区日吉 3-14-1, Tel(045)563-1141, Fax(045)562-7625)

第6回日本伝熱学会学術賞を受賞して

宮武 修 (九州大学工学部)

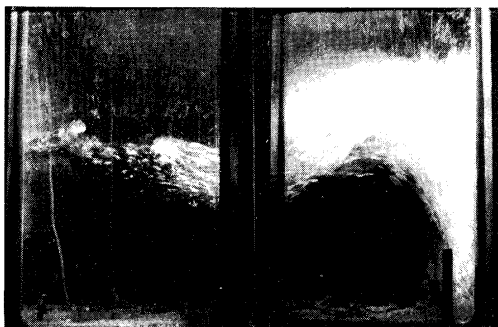
此の度、近畿大学九州短期大学 橋本俊行助教授とペンシルベニア大学 Noam Lior 教授と共に、崇高な学術賞を頂き、喜び以上に畏多さを感じている。これは偏えに、学術賞設定のために浄財を醸出された森康夫 東工大名誉教授、光栄にも推薦の労をとられた当学会の高名な方、大筋を認めて選考下さった坂口忠司前副会長 他不詳の方々、遥かに優れた業績を有するにも拘らず謙虚な多くの学会会員の方々の賜である。

授賞の対象となった論文は”多段フラッシュ蒸発装置内の液流動と熱的非平衡”と題するもので、第29回日本伝熱シンポジウムで講演発表し、液流動に関して *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol.35, pp.3245-3257(1992) に、熱的非平衡に関して *Desalination*, Vol.91, pp.51-64(1993) に掲載した。古典的な混合距離仮説と蒸発速度の経験式を用いて、この分野では初めて数値解析を取り入れ、液内の速度・圧力・温度分布から段流出口における非平衡温度差と各段液位の調節に不可欠な段間オリフィス係数も算定し、実験的検証を行った。フラッシュ蒸発の促進はこれまで液流を乱すことを主眼にしていたのに対し、各段流入口に邪魔板を設置して流入液を乱すことなく液自由表面近傍に送り出すことが蒸発促進に有効であること、そのようにすれば邪魔板後流域で減圧部が生じ、さらに蒸発促進がもたらされ、所要フ

ラッシュ室長は実用装置の半分以下の1mで十分であること、蒸発の有無は段間オリフィス係数に関係しないこと、などの新しい知見は与えたものの、既に実用化されている装置を対象としていて、いわゆる先端的分野を対象とした論文ではない。

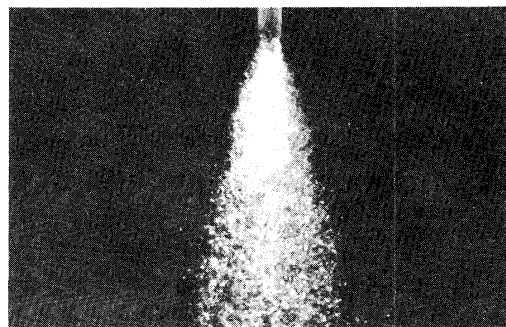
下に示す写真(a)は開水路形状の流路を過熱液が流れる多段フラッシュ蒸発装置内の蒸発現象で、液位に起因する沸点上昇の影響、未蒸発温液と既蒸発冷液の混合の影響を受けて蒸発が抑制される。これらの蒸発の抑制を回避するには、過熱液をノズルを通して蒸気相へ放出する方式が考えられ、写真(b)はそのような方式を採用したスプレーフラッシュ蒸発装置内の蒸発現象で、蒸発性能は著しく改善される。この現象をスプレーフラッシュ蒸発と命名したが、噴射ノズルを用いてスプレー化したと誤解される場合が多く、セルフスプレーフラッシュ蒸発としておいた方がよかったと思う。

フラッシュ蒸発装置は、沸騰伝熱面が存在しないので、スケール付着による伝熱面汚染がないこと、蒸発・凝縮の相変化を利用する熱通過係数の高い熱交換器としても機能することから、地熱熱水利用に対してダブルフラッシュ発電、バイナリーサイクル発電、熱水造成、廃熱利用に対して熱水フラッシュ発電、ヒートポンプ、余剰蒸気利用に対して熱水貯蔵フラッシュ発電、海洋温度差利用に対してオープンサイクル発電、



多段フラッシュ蒸発装置内の蒸発現象

(a)



スプレーフラッシュ蒸発装置内の蒸発現象

(b)

太陽熱利用に対して熱水フラッシュ・ランキンサイクル冷房、廃糖蜜利用に対してアルコールフラッシュ発酵、などの新・省エネルギーシステムに組み込まれる趨勢にあるが、本来は海水淡水化装置として開発されてきた。

現在、海水および地下かん水を原水とした脱塩プラントによる全世界の造水量は日産 1600 万 m³（世界人口 55 億人で単純に割ると 1 人 1 日当たり 3l）に達している、その内 59.4 %は蒸発法脱塩プラント（多段フラッシュ法 51.9 %，多重効用法 4.5 %，蒸気圧縮法 3.1 %）で造水されている。蒸発法脱塩プラントの 43.1 %は日本企業で製作されているので、企業に供与した数値解析プログラムは何らかの役に立っているかもしれない。

しかし、省エネルギータイプの脱塩プラントとして、半透膜を利用する逆浸透法の実績が伸びており、沖縄に平成 9 年に完成する日産 4 万 m³の海水淡水化プラントは逆浸透法、10 年以内に導入が予想される福岡市の日産 5 万 m³以上の海水淡水化プラントも逆浸透法であり、熱屋の私が逆浸透法の導入調査に参画しているのは、膜屋と浮気をしているようで、忸怩たるものがある。

中東で依然として根強い人気がある蒸発法が日本であまり普及しない原因は、発電所に併設して発電と造水の 2 重目的にしないとメリットが出てこない点である。公益企業と自治体の壁が破れ、熱エネルギーのカスケード利用が可能になれば、もっと普及するであろう。蒸発法海水淡水化ではハードスケール (CaSO₄ · 1/2H₂O) の析出を防止するため、プラント内を循環する濃縮海水の最高温度は 120 °C なので、130 °C (270kPa) の加熱用蒸気さえあれば十分であり、カスケード利用が可能である。ちなみに、海水淡水化による造水 1m³当たりのエネルギー消費量（電力換算）は逆浸透法 7kWh に対し、蒸発法は単一目的の場合 23～25kWh、2 重目的の場合 11kWh、廃熱利用の場合 2kWh で、耐久性（逆浸透膜の寿命はせいぜい 5 年）を考慮すると、蒸発法は十分太刀打ちできる。伝熱分野の研究・技術者の御助言がいただければ幸いである。

ここで、謝意を込めて少し私事を述べ、共同受賞者の紹介を行うこととお許しいただきたい。私が京大化学機械学科の学生であった当時、工学研究所（現・原子エネルギー研究所）で研究を行った。その併任教授は当学会前身の日本伝熱研究会の設立に貢献された

水科篤郎先生で、御自分の研究室に戻るよう再々お勧めをいただいたが、不遜にも断ってしまった。しかし、その後も賜った水科先生の御厚情は忘れ難い。昭和 39 年に博士課程に進学した途端、師事していた助教授が九大化学機械工学科へ転出することになり、説得されて私も助手として同行した。当時の九大伝熱研究グループの会合には、既に退官されていた山県清先生をはじめ、西川兼康先生、長谷川修先生、藤井哲先生といずれも伝熱研究会の会長を務められた方々が出席され、厳しくも和気あいの議論に参加させていただいた。熱工学研連の委員長も務められた清水浩先生が併任教授の生産科学研究所（現・機能物質科学研究所）に昭和 42 年に移り、昭和 54 年に私が教授に昇任するまで部門教授が空席のまま、自由に研究させていただいた。その内、化学機械工学科の世古口彦彦先生の阪大への転出が予定されることになり、その後任にと同学科から勧めがあったが、研究所改組の手伝いもあり 3 年間の猶予期間をもらって昭和 62 年に再び古巣に戻った。このように、偉大な先生方の御薫陶を受けえたことは幸運であった。

その間、共同受賞者の橋本助教授は、昭和 49 年から平成 4 年まで助手として有能さを発揮した。現在は近大で情報処理の研究を行っている。同じく共同受賞者の Lior 教授は、私が学振派遣研究者として滞在したことのあるテクニオン工大の出身者という奇縁と同学の誼で、九大を何度も訪問したことのある古くからの友人であり、望月貞成教授の御世話で東農工大の教授も務めた。私も文部省在外研究員としてオクラホマ州立大に滞在した時、文部省日米共同研究員として訪問した時、その後の訪問も含め、都合 80 日程度ペンシルベニア大に厄介になり、この共同研究も進めた。

最後に、今回の伝熱シンポジウムの懇親会で Lior 教授が披露した自称”俳句”なるものを記す。

Honored by friends

under Hokkaido mountains

spring flowers bloom.

宮武修：九州大学 工学部 化学機械工学科
(〒812 福岡市 東区 箱崎 6-10-1,
Tel (092)641-1101, Fax (092)651-8616)

小特集にあたって

第32期編集委員会

「生産プロセス，加工プロセス」の厳密な定義は別として，それらは伝熱研究にとって大きな源泉の1つであり，これまでの機関誌「伝熱研究」にも種々の形で取り上げられています。近くは，昨年の「伝熱研究の進展Ⅱ」⁽¹⁾にも多くの関連記事が掲載されています。しかし，伝熱学の教科書に出てくる熱伝導，対流等のいわゆる基礎項目とは違って，現象の複合したものが対象であることから，または一分野の応用問題であることから，概して解説記事になり易いテーマであります。それでも最近の伝熱シンポジウムでは，いくつかのセッションが設けられる⁽²⁾，⁽³⁾ようにもなりました。これらの発表論文は企業の研究者によるものが多く，日本の伝熱研究，伝熱シンポジウムが活況であることと深く関連しているように思われます。

一般に伝熱学または伝熱工学の研究といえば，まず現象を観察することによって，その複合して現れてくる結果の中から支配法則を導き出すことが必要だと思われます。ところが生産・加工プロセスを対象とする場合は，規模，経費等の制約が厳しく，精細な観察が非常に困難であるといった特徴があります。また現象も複雑なものも多く，再現性の問題も出てくることでしょう。このようなところに伝熱研究の難しさがあるのですが，するどい洞察力と的確で大胆な仮定を用いることによって，この分野の研究が進められているのは心強いばかりです。

今回の小特集として対象とするプロセスには，製鉄工業，化学工業，食品加工，半導体製造，などが考えられました。最近の伝熱シンポジウムほかで研究論文を発表された方々に論文執筆をお願いし，御協力を頂きました。伝熱シンポジウムをはじめとする学協会の講演発表の数件分をまとめていただくことになったことと思います。その結果，4件の論文をここに掲載することができました。編集者の関係から製鉄に関連した内容に比重が置かれた結果となりましたが，研究対象も研究手法も異なることから，それぞれに関心を持っていただけるものと思います。また，従来の化学プロセスの概念とはひと味違った論文，それに最近急速な発展をしている半導体の製造に関する論文，と多彩になりました。

執筆者には短期間のうちに論文をまとめていただくなど，編集者から無理な注文も致しました。この場を借りてお詫びとお礼を申し上げます。

文献

- (1) 伝熱研究の進展Ⅱ，伝熱研究，Vol.32, No.125, (1993-4)
- (2) 第29回日本伝熱シンポジウム講演論文集，(1992-5)
- (3) 第30回日本伝熱シンポジウム講演論文集，Vol. II, (1993-5)

タンディッシュプラズマ溶鋼加熱における伝熱

井上 衛、高木信浩、新井康弘（新日本製鉄）

1. はじめに

プロセスプラズマと呼ばれる材料処理を対象とするプラズマにはグロー放電プラズマのような低温プラズマ（あるいは非平衡プラズマ）とアーク放電プラズマのような熱プラズマがある。この内熱プラズマはエネルギー密度が比較的高く、保有熱量も大きい。したがって、近年熱プラズマ（以下プラズマ）はクリーンでかつ超高温が容易に得ることのできるエネルギー源として注目され、加熱・精錬・溶射・材料開発等の多方面で利用されている。

ここでは、最近の鉄鋼プロセスへのプラズマの応用が成功した適用例として製鋼工程連続铸造タンディッシュ内プラズマ溶鋼加熱装置の概要について、伝熱および流動現象との関わりを主に説明する。

2. プラズマ加熱原理

タンディッシュプラズマ加熱はプラズマトーチと溶鋼を対極として、その間に直流放電を生起し、発生した熱を溶鋼の昇温に利用するものである。

プラズマアークから発生する熱は図1に示した様に主として以下の3種類の伝熱形態で溶鋼に伝わる。

- ① プラズマアーク柱から溶鋼表面への直接輻射入熱
- ② プラズマ作動ガスによる溶鋼表面への対流伝熱入熱
- ③ プラズマアーク柱により加熱された加熱室内壁から溶鋼表面への間接輻射入熱

ここで、直接輻射入熱①および対流伝熱入熱②は

プラズマ電流値や加熱対象物の種類・作動ガス量等により定まるのに対し、間接輻射入熱③は加熱室の構造に依存する。この間接輻射入熱③の寄与はプラズマ入熱形態の中で大きく、直接輻射入熱①と対流入熱②の和とほぼ同等の割合を占めており、加熱室の構造もプラズマ加熱設備を検討する上での非常に重要な要素となる。

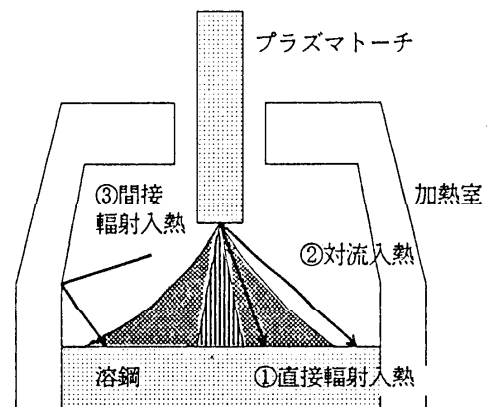


図1. プラズマ加熱原理

3. プラズマトーチの選定

プラズマ加熱装置の中心技術となるプラズマトーチの概要について述べる。プラズマ加熱方式は直流方式と交流方式に大別され、さらに直流プラズマトーチはプラズマアークの発生方法の違いにより、熱陰極型と冷陰極型に分けられる（図2¹⁾参照）。熱陰極型はプラズマ放電のための電子放出を熱陰極からの熱電子放出に依存し、この方式で出力増大を図るには電極表面温度を高くすることが効果的である。そのため、電極材質には融点の比較的高いタングステンが採用される場合が多い。一方、冷陰極型は電極表面の温度が数百℃と比較的低温で使用され、電子は電界放出によって供給されるため、この方式の電極材質としては通

常銅合金が採用される。

次に、発生したアークの対極の位置の違いから対極をトーチ先端部に持つ非移行型（ノントランスファー）と、対極を加熱対象物とした移行型（トランスファー）の2種類が存在する（図3¹⁾参照）が、溶鋼を加熱対象とした場合には電流が直接溶鋼中を流れる移行型のトーチの方が加熱効率の観点から一般的に有利と言われている。

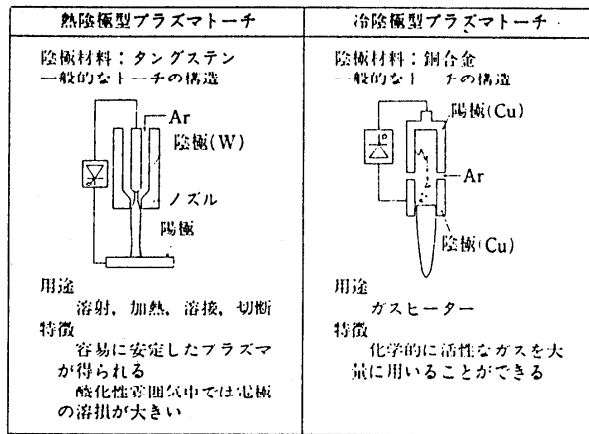


図2. プラズマトーチの分類（その1）¹⁾

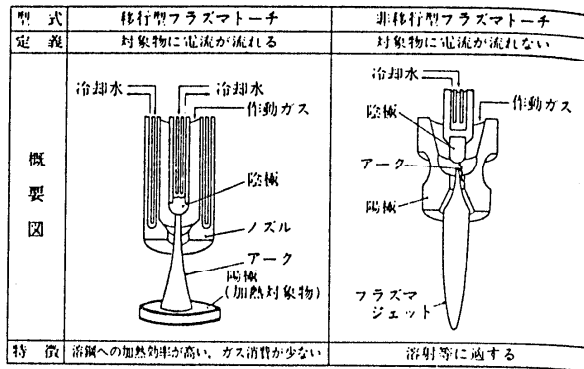


図3. プラズマトーチの分類（その2）¹⁾

プラズマトーチの選定にあたっては、上記で述べたトーチの特性と各製鉄所の操業形態によって決定されるが、名古屋製鉄所では鋳込み注入量が最大12 ton/minと非常に大きく、その昇温には大容量が必要となるため、図4および表1に示す様に、直流方式冷陰極移行型プラズマトーチ(2.35 MW/本世界最大容量)を採用するに至っている。

なお、この様な大容量プラズマトーチにおいて

は電極の長寿命化が大きな課題であり、この対策として作動ガス流を旋回させることでアークスポットの固定化を防止する等²⁾を実施している。

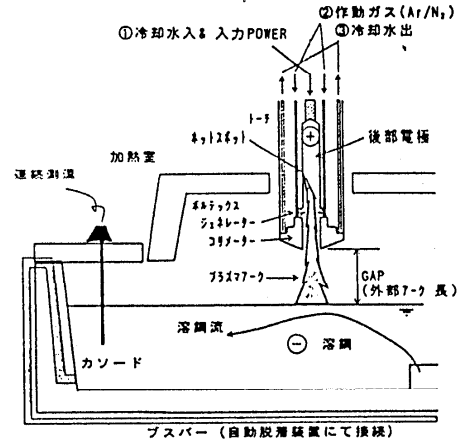


図4. トーチの構造²⁾

表1. プラズマトーチの仕様²⁾

形式	直流移行型アーク
最大電流	5 000A/トーチ×2
最大出力	2.35MW/トーチ×2
プラズマガス流量	Ar 2 300L/min×2 N ₂ 700L/min×2
冷却水	450L/min×2

4. プラズマ加熱適用例

プラズマ加熱装置を適用した構成例として名古屋製鉄所

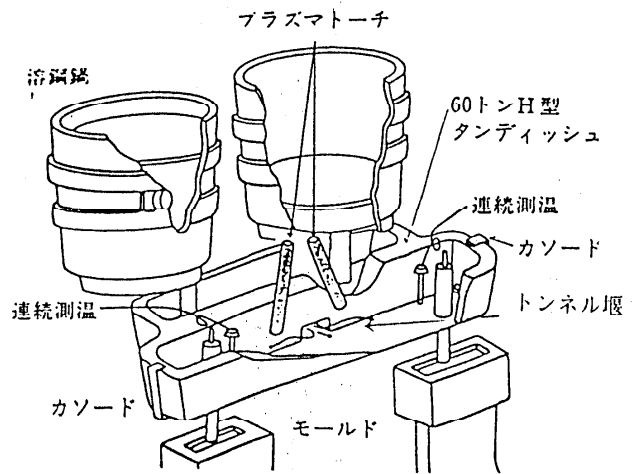


図5. 名古屋製鉄所第2連铸機

屋製鉄所第2連続鋳造設備の概要を図5に示す。製鋼工程連続鋳造プロセスは転炉・2次精錬を終了し、目的の成分に造り込んだ1600℃近い溶鋼を取鍋の底に設けられたノズルからタンディシュと呼ばれる中間容器に一旦注ぎ、さらにタンディシュからイメージンノズルを通して水冷した銅板によって構成される鋳型(モールド)内に注ぎ、凝固させつつ鋳型下のロールを駆動させることで引き抜き、鋳片を製造するプロセスである。

ここでタンディシュは溶鋼を一時的にため、空になった取鍋を交換する際のバッファ容器であるという重要な役割に加え、溶鋼中に存在する介在物を浮上分離させるという役割を持っている。このタンディシュ形状は通常単に長方形の形状をした「舟型」タンディシュが用いられることが多いが、名古屋製鉄所では独自の「H型」タンディシュを採用³⁾しており、これにより取鍋交換部において2鍋同時注入(ラップ注入)が可能となっている。この操業イメージを図6および図7に示

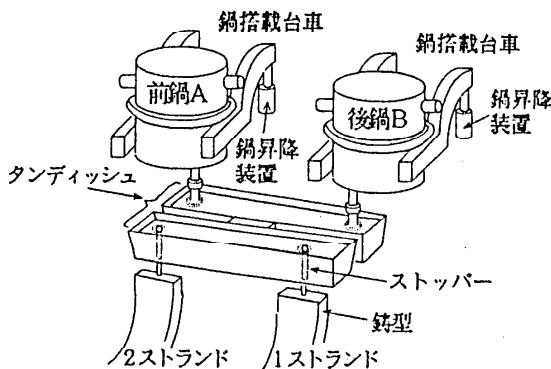


図6. H型タンディシュ鍋交換部操業(ラップ注入)

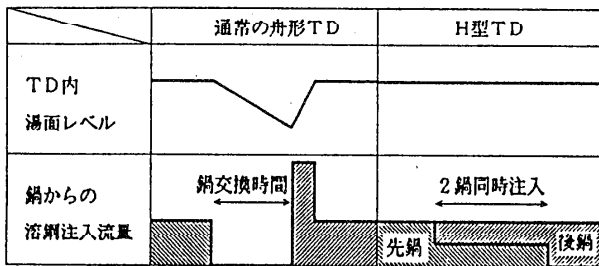


図7. 継目部付近のタンディシュ操業イメージ

した。この操業方法により、前鍋注入末期における取鍋内のスラグ流出および後鍋注入初期のスラグ巻き込み防止が可能であると共に、H型による溶鋼流路のロングパス化により介在物の浮上分離にも効果を持ち、鋳片の品質向上に大きな役割を果たしている。

プラズマ加熱装置はこのH型タンディシュの第2槽目トンネル堰横に各々のストランドにおける鋳造量に対して独立に制御可能とすべく、2本設置されている。

この連続鋳造操業において、タンディシュ内溶鋼温度挙動は、溶鋼鍋から注入する溶鋼温度が時間とともに低下するため、図8に示したように特に取鍋交換前後で大きくタンディシュ内の溶鋼温度が変動する($\Delta T=10\sim 15^\circ\text{C}$)。溶鋼温度が操業適正領域から高く外れた場合、鋳型内での凝固シェル破断・溶鋼機外流出の危険性があるため鋳造速度を低下させる必要があり、生産性低下の原因となる。また操業適正領域から低く外れた場合には、溶鋼中のアルミナがイメージンノズル内に付着しノズル詰まりを増大させ品質トラブルの原因ともなる。このように溶鋼温度の変動は生産性・品質等に大きな影響を与えるため、タンディシュ内での溶鋼温度を一定範囲に制御することは非常に重要な課題である。

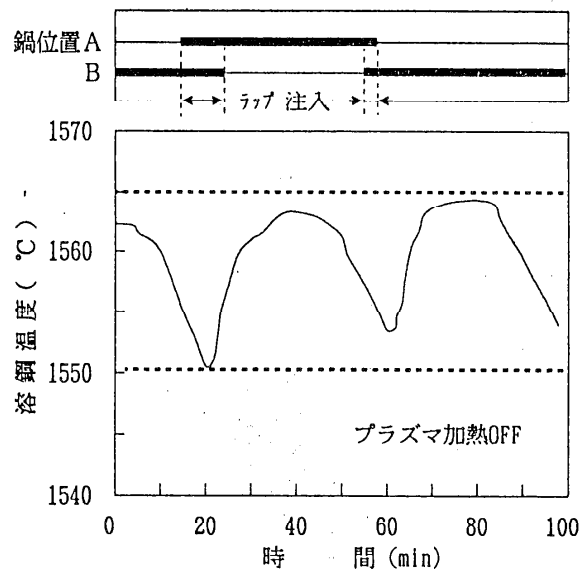


図8. タンディシュ内溶鋼温度挙動

5. プラズマ加熱装置の設備および操業技術

プラズマ加熱技術をプロセスとして構築する為には、トーチの選定およびトーチの電気的特性の検討以外に種々の伝熱・流動面からの検討が必要であり、中でも特に以下の2項目が重要となる。

伝熱面からは、

① プラズマ加熱伝熱形態の把握による加熱室内プラズマアークの適正化

すなわち、加熱室からの間接輻射入熱と加熱室耐火物の損耗を考慮した最適加熱室構造およびプラズマアーク長の適正化の検討が必要であり、

流動面からは、

② タンディッシュ内容溶鋼流動解析による加熱条件の適正化

すなわち、プラズマ加熱を効率的に加熱するためのプラズマトーチ設置位置の検討およびタンディッシュ内の溶鋼温度を一定に制御するためのプラズマ加熱印加タイミングの検討が必要となる。

以下に上記項目に対しての検討結果を述べていく。

5-1 プラズマ加熱室構造の検討

加熱室構造の検討時のポイントとして加熱室容量の決定が挙げられる。前述したように、プラズマ加熱技術はプラズマアークからの被熱物への

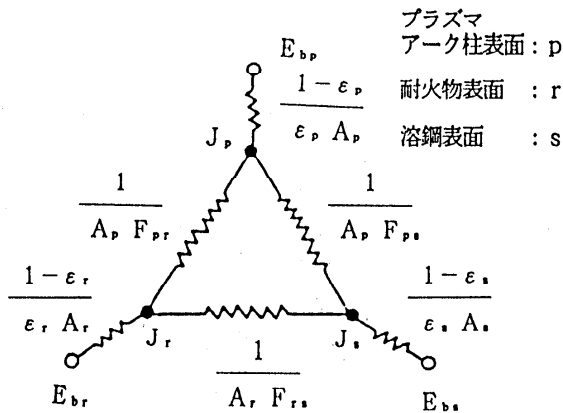


図9. プラズマ加熱室内の輻射ネットワーク

直接伝熱のほか、加熱室の壁を反射して被熱物に入る間接伝熱の寄与する割合が大きいため、各々の伝熱量を把握して設備設計することが加熱効率を高める上で重要である。すなわち加熱室からの間接輻射入熱割合を大きくするにはアーク柱と耐火物との距離を短くすることが効率的であるが、逆に耐火物は高温にさらされるため損耗が懸念される。このため、プラズマアーク・耐火物および溶鋼間の輻射熱を伝熱モデルにより求め、さらに耐火物内の温度分布を差分法により推定しプラズマ加熱室の最適化を図っている。

各面間の輻射熱計算時の伝熱モデルは図9に示すようなプラズマアークの伝熱ネットワーク系を用いて数式化⁴⁾可能である。ここで図中の ϵ_p , ϵ_r , ϵ_s はプラズマアーク柱、加熱室壁面、溶鋼表面での放射率、 E_b は黒体としたときのその面の温度での単位時間・単位面積当たりに放出されるエネルギーであり、 F は各面間の形態係数、また A は各面での面積、 J は各面から単位時間・単位面積当たりに発する輻射エネルギーである。

図中の各接点における熱バランスは以下の様に表現される。

接点pにおいて

$$\frac{E_{b,p} - J_p}{1 - \epsilon_p} = \frac{J_p - J_r}{1} + \frac{J_p - J_s}{1} \quad \dots (1)$$

接点rにおいて

$$\frac{E_{b,r} - J_r}{1 - \epsilon_r} = \frac{J_r - J_s}{1} + \frac{J_r - J_p}{1} \quad \dots (2)$$

接点sにおいて

$$\frac{E_{b_s} - J_s}{1 - \epsilon_s} = \frac{J_s - J_p}{\epsilon_s A_s} + \frac{J_s - J_r}{A_p F_{ps}} + \frac{J_s - J_r}{A_r F_{rs}} \dots (3)$$

さらに形態係数間には(4)~(6)式の関係が存在する。

総和関係より、

$$\sum_{i=p,r,s} F_{pi} = 1, \quad \sum_{i=p,r,s} F_{ri} = 1, \quad \sum_{i=p,r,s} F_{si} = 1 \dots (4)$$

相互関係より、

$$A_p F_{pr} = A_r F_{rp} \\ A_p F_{ps} = A_r F_{sp} \dots (5)$$

また各面の位置関係より、

$$F_{pp} = F_{ss} = 0 \dots (6)$$

以上(1)~(6)式を解くことにより、 J_p 、 J_r 、 J_s が求まり、溶鋼面への伝熱量 q_s 、加熱室内壁面 q_r およびプラズマアークからの輻射伝熱量 q_p を(7)~(9)式により算出することができる。

ここで F_{ps} はプラズマアーク面から溶鋼面を見る形態係数を3次元空間で計算して求める。

$$q_p = (J_p - J_r) A_p F_{pr} + (J_p - J_s) A_p F_{ps} \dots (7)$$

$$q_r = (J_r - J_s) A_r F_{rs} + (J_r - J_p) A_r F_{rp} \dots (8)$$

$$q_s = (J_s - J_p) A_p F_{ps} + (J_s - J_r) A_r F_{rs} \dots (9)$$

以上により耐火物への入熱量 q_r を求め、その値を用いて各時刻での耐火物内の温度分布を非定常1次元伝熱差分方程式により求め耐火物内温度の推定を実施した。

図10および図11に本シミュレーション法を用いた耐火物表面温度計算結果を示した。図10は耐火物-アーク柱距離との関係、図11はアーク長さとの関係を示している。耐火物表面温度はアーク柱との距離に大きく影響され、その設計には十分な配慮が必要であることがわかる。また、アーク長さについてもロングアークにすることで、アーク-耐火物間の形態係数が大きくなるため耐火物熱負荷が大きくなる傾向がある。

以上に述べたように、設備化および操作を実施するにあたりプラズマアークと耐火物との距離およびアーク長を適切に選択することにより、最大出力下でも耐火物損耗温度以下で運転可能となっている。

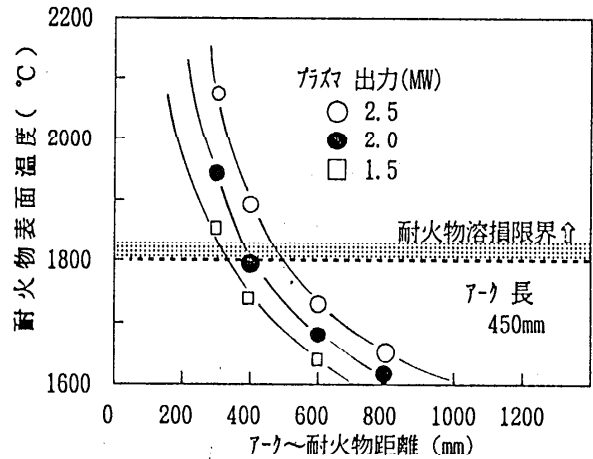


図10. 耐火物表面温度計算結果 (アーク長一定)

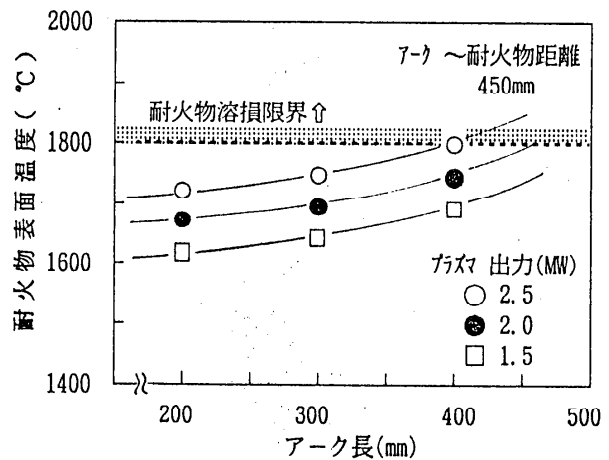


図11. 耐火物表面温度計算結果 (アーク~耐火物距離一定)

5-2 タンディッシュ内流動解析による加熱条件の適正化

プラズマ加熱をより効率的に印可するには、さらにタンディッシュ内の溶鋼流動を考慮にいたした加熱位置を選択する必要がある。例えば溶鋼流動が停滞する様な位置で加熱を実施した場合、「上熱」現象が発生する。これは加熱された溶鋼の比重が小さいため安定してタンディッシュ内で上部が高温、底部が低温となってしまう現象である。この上熱が生じた場合、輻射入熱が主体のプラズマ加熱方式では受熱部の温度上昇のため受熱量が低下し、加熱効率の大きな低下を引き起こすとともに加熱部の温度上昇により、耐火物の熱負荷が増大し損耗を早めることとなる。

ゆえに効率的に溶鋼を加熱するにはタンディッシュ内での溶鋼流動および温度分布を正確に把握・評価する技術が必要となる。この評価手法として3次元熱流動解析プログラムにより検討した。本プログラムは、連続の式・Navier-Stokes の方程式・エネルギー保存の式および $\kappa - \epsilon$ モデルに基づく乱流方程式を有限差分法で解くものである。ここで、タンディッシュ内での溶鋼流速はタンディッシュ壁面他からの抜熱に起因する熱対流に大きく影響される⁵⁾ため、溶鋼流動解析は熱解析と連成させて実施している。

図12および図13にH型タンディッシュでのプラズマ加熱印加時のタンディッシュ内熱・流動状態についての検討結果を示した。図12はタンディッシュに堰を設置することなくそのまま加熱した場合であり、図13は堰を設けた場合を示したものである。堰の設置は上部を強制的に攪拌するための溶鋼流動を改善する手段として従来のプラズマ加熱において適用されてきたものである。しかしながら、H型タンディッシュの場合では堰を設置した場合、むしろプラズマ加熱により堰内が淀み大きな上熱が発生する。一方、堰を全く設置しない場合、若干上熱傾向になるものの大きな問題とならないことがわかる。これは図14にプラズマ印加無しの溶鋼流動分布を示したように、タンディッシュ2槽目

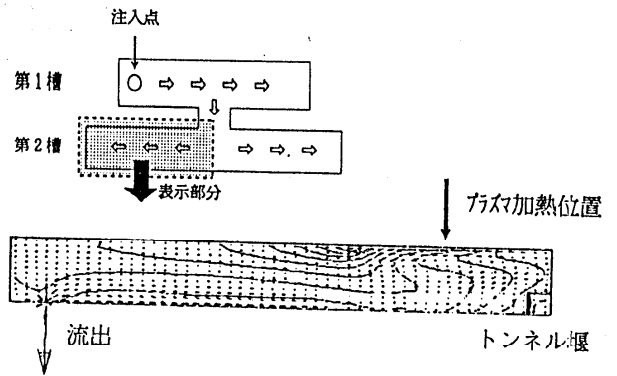


図12. プラズマ加熱時のタンディッシュ内熱流動 (堰無し時)

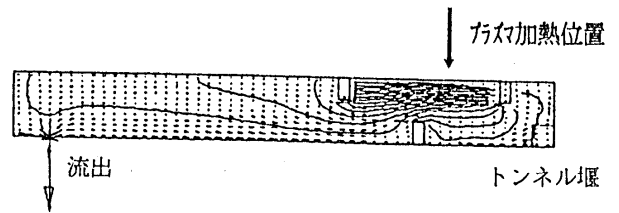


図13. プラズマ加熱時のタンディッシュ内熱流動 (堰有り時)

トンネル堰横は、堰からの大きな溶鋼上昇流による界面上への大きな溶鋼流動が存在するためである。すなわち、この位置においては溶鋼上昇流が有効活用可能であり、溶鋼をプラズマ加熱位置で滞留させることなく更新することができるのに対し、逆に堰を設置することで溶鋼流動を止めてしまうことで上熱現象が顕著となる。

以上の検討結果より、トーチ位置をトンネル堰横に設置するとともに、加熱室構造として堰無しタイプを採用することとした。

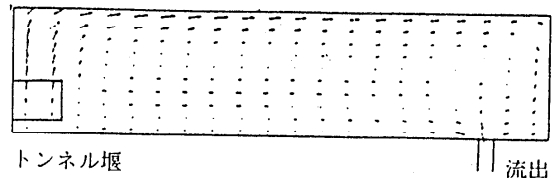


図14. プラズマ加熱無し時のタンディッシュ内流動 (H型タンディッシュ2槽目右半分)

次に、タンディッシュ内の溶鋼温度を一定制御する上で重要なポイントは、プラズマ加熱の印加タイミングの決定である。印加タイミングを検討す

るためには、印加熱量に対するプラズマ加熱中の溶鋼温度の昇温特性を把握する必要がある。

ここで昇温特性を把握するための溶鋼温度連続測温計は、最終的に鑄型内に流入する溶鋼温度が操業に大きな影響を与えるため、タンディッシュ出側近傍に設置されている。すなわち、加熱する位置と測温する位置が離れるため、プラズマ印可時の測温位置での昇温挙動はタンディッシュ内溶鋼流動による応答遅れの影響を考慮する必要がある。

図15にプラズマ印可による溶鋼への投入熱量のイメージを示した。プラズマ加熱地点Aでの溶鋼への投入熱量と連続測温地点Bでの昇温挙動から求まる入熱量の面積は等しくなる。

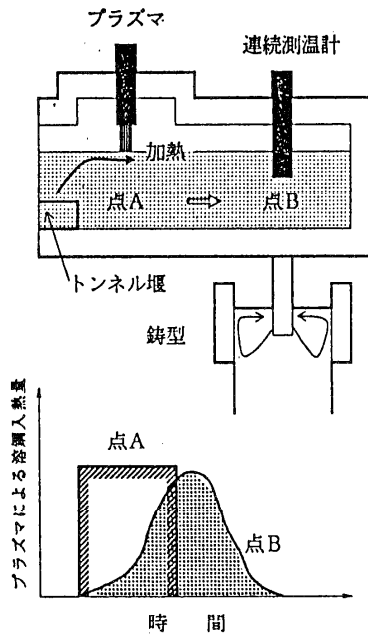


図15. プラズマ加熱による溶鋼着熱イメージ

そこで、タンディッシュ内の溶鋼流動による熱挙動を図16に示す様な「完全混合槽列モデル」で検討した。モデル化に当たっては加熱室内とそれ以降の部分の2槽混合とし、(10)および(11)式で示した様に、その混合槽内での物質収支および熱収支をとり、差分方程式を求める。

物質収支は

$$V_1^* = V_1 + \frac{V_2}{V_1 + V_2} (F_0 - F_2) \quad \dots (10)$$

熱収支は

$$T_1^* = \frac{F_0 \Delta t T_0 + V_1 T_1}{F_0 \Delta t V_1} \quad \dots (11)$$

ここで、 t は時間、 V が混合槽容積、 F が流量、 T は溶鋼温度であり、 $*$ は Δt 後の値である。

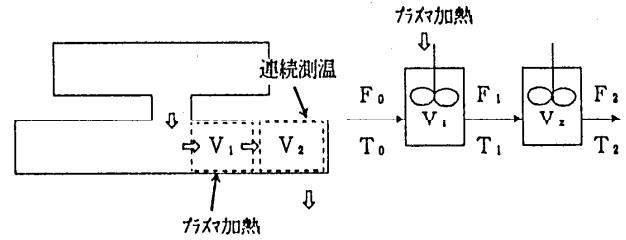


図16. タンディッシュ内溶鋼流動モデル

図17にそのシミュレーション結果を示したが、実測値と非常に良い一致をみており、本モデルによりタンディッシュ内のマクロ流動を表現可能である。

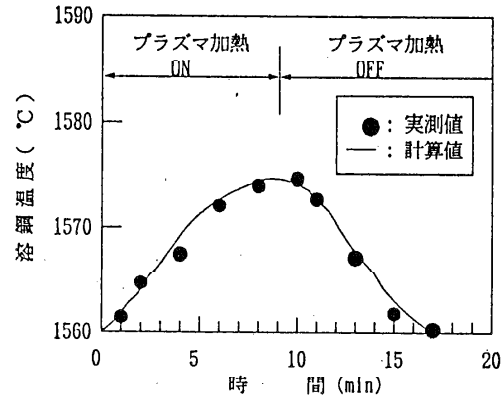


図17. 溶鋼昇温シミュレーション結果

また図18に鍋交換部でのプラズマ加熱の代表例を示した。先に述べたように溶鋼温度は鍋交換部で大きく降下するため、加熱タイミングはこの交換部に実施し、その出力は必要昇温量、溶鋼注入量に応じて先のモデルにより決定される。

図19にプラズマ加熱有/無でのタンディッシュ内溶鋼温度挙動について示したが、本モデルにより溶鋼温度挙動を $\Delta T \leq 5^\circ\text{C}$ 以下に制御可能となっている。

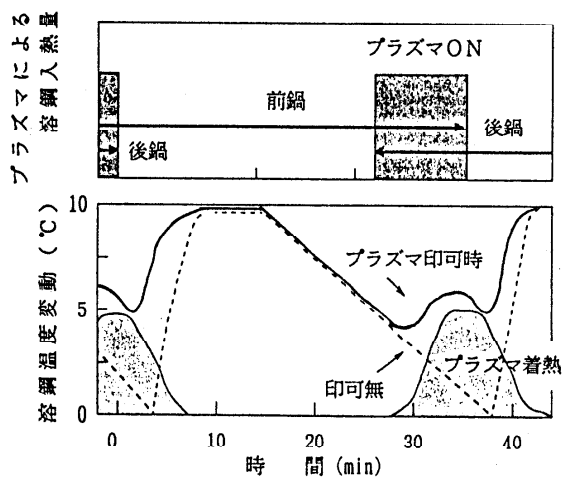


図18. 鍋交換部加熱タイミングの代表例

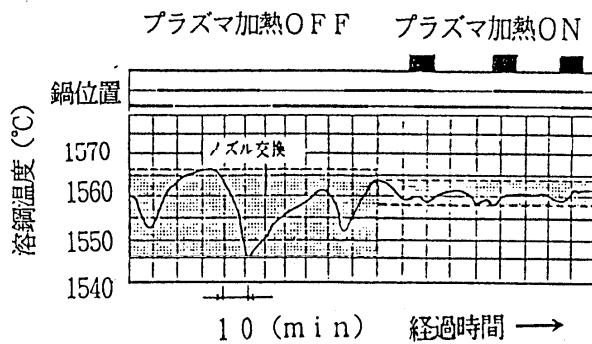


図19. 溶鋼温度制御効果例

6. おわりに

本報告では、高密度エネルギー源として今後さらに利用が期待されている熱プラズマの鉄鋼プロセスへの適用例として連続鋳造タンディッシュ内プラズマ加熱装置の概要と熱流動挙動について説明した。

製鉄所はエネルギー多消費産業の代表であり、鉄鋼製造工程の中で伝熱・流動に関連した現象が各プロセスの基本をなしており、まさに熱技術の宝庫といえる。今回紹介したプラズマ加熱プロセスをみてもわかるように、1つのプロセスを構築するにも数多くの伝熱現象とそれに関与する流動現象の把握が必要であり、今後とも製鉄所における我々熱技術者の活躍が期待されていると共に、

さらなる新しい伝熱技術の鉄鋼プロセスへの適用が期待されている。

参考文献

- 1) 脇田ほか：新日鉄技報(345), 23, (1992)
- 2) 新日鐵名古屋：高出力プラズマ加熱の連鋳TDへの適用、日本鉄鋼協会第93回熱経済技術部会資料
- 3) 新日鐵名古屋：H型タンディッシュによる清浄鋼製造技術、日本鉄鋼協会第108回製鋼部会資料
- 4) 林 ほか：電熱(No. 66), 31, (1992)
- 5) 森 ほか：製鉄研究(338), 34, (1990)

井上 衛：新日本製鉄株式会社 名古屋製鉄所 設備部プロセス技術室(〒477 愛知県東海市東海町5-3)

連続鋳造プロセスにおける流動・伝熱挙動

高谷幸司 (住友金属工業 (株))

1. 緒言

近年、製鋼製品の品質に対する要求が高くなるなかで、製造プロセス、特に、熔融状態から固体への凝固現象を伴う連続鋳造機における溶鋼の流動・伝熱、さらには、溶鋼中の介在物挙動が製品品質を決定する重要な因子であると認識され、多くの研究がなされてきた。そして、鋳型内の溶鋼の流動制御に電磁力を利用する技術が「実用化」¹⁾されつつあり、よりきめ細かな製造技術が確立されてきている。

一方、計算機の処理能力と解析技術の飛躍的な向上により数値シミュレーションによる研究が、連続鋳造プロセスを対象として、行われるようになってきた。ここでは、Fig.1 に示す連続鋳造プロセスのタンディッシュおよび鋳型内の溶鋼の流動・伝熱ならびに気泡・介在物の挙動を記述する3次元数学モデルの開発を行い、タンディッシュ内での介在物の浮上分離、および連続鋳造機での凝固過程における介在物集積挙動におよぼす静磁場の影響についてモデル解析を行った。

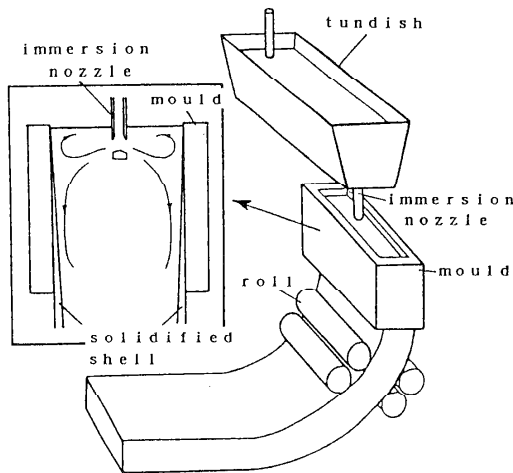


Fig.1 Schematic view of continuous casting machine.

2. 数学モデル

2.1 基礎式

数学モデルを作成するに際し、気泡、凝固シェル

存在も考慮して3相流として取扱うが、以下の仮定を設ける。

- (1) 溶鋼は非圧縮性流体である。
- (2) 溶鋼温度変化による熱対流は、ブシネスク近似²⁾を用いる。
- (3) 凝固シェルの移動は、引抜き速度に等しい。
- (4) 介在物の存在は、溶鋼流動に影響しない。
- (5) 気泡と介在物の運動はBasset-Boussinesq-Oseen-Tchenの式³⁾に従う。
- (6) 気泡及び介在物は球径で、密度と径は一定である。
- (7) 気泡及び介在物は、合体や分離をしない。
- (8) 溶鋼と凝固シェルの密度は同一とする。
- (9) 溶鋼の電気的諸特性は、等方的かつ一様である。
- (10) 同一セル内の各相の温度は同一である。

以上の仮定を用いると、基礎式は次のようになる。

(物質収支)

$$\frac{\partial f_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (U_i f_i) = -Rate \quad (1)$$

$$\frac{\partial f_s}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (U_s f_s) = Rate \quad (2)$$

$$\frac{\partial f_k}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (U_k f_k) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(D_{ek} \frac{\partial f_k}{\partial x_i} \right) + Q_k \quad (3)$$

(運動量収支)

$$\begin{aligned} \frac{\partial (\rho_i U_{i i})}{\partial t} + \frac{\partial (\rho_i U_{i i} U_{i j})}{\partial x_j} = & - \frac{\partial P}{\partial x_i} \\ & + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu_e \left(\frac{\partial U_{i i}}{\partial x_j} + \frac{\partial U_{i j}}{\partial x_i} \right) \right] + \beta (T - T_0) \rho_i g_i \\ & + F_{i g i} + F_i \end{aligned} \quad (4)$$

$$\rho_k \frac{DU_{ki}}{Dt} = -\frac{3\mu_e}{4d_k^2} R_{ek} C_{Dk} (U_{ki} - U_{li}) + \rho_l \frac{DU_{li}}{Dt} + \frac{1}{2} \rho_l \left(\frac{DU_{li}}{Dt} - \frac{DU_{ki}}{Dt} \right) + (\rho_l - \rho_k) g_i \quad (5)$$

(エネルギー収支)

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (U_{li} T) = \frac{1}{\rho_l C_p} \frac{\partial}{\partial x_i} \left(k_e \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) \quad (6)$$

ここに、

$$C_{Dk} = 0.4 + 24/R_{ek} + 6/(1 + \sqrt{R_{ek}})$$

$$R_{ek} = d_k |U_k - U_l| \rho_l / \mu_e$$

$$F_{lki} = f_k \frac{3\mu_e}{4d_k^2} R_{ek} C_{Dk} (U_{ki} - U_{li})$$

$$\mu_e = \mu_l + \mu_{SGS}$$

$$\frac{\mu_{SGS}}{\rho_l} = (C_s \Delta)^2 \left[\frac{\partial U_{ij}}{\partial x_i} \left(\frac{\partial U_{ij}}{\partial x_j} + \frac{\partial U_{ji}}{\partial x_i} \right) \right]^{1/2}$$

$$\Delta = (\Delta_1 \Delta_2 \Delta_3)^{1/3}, \quad C_s = 0.1$$

$\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$: length of grid cell

$$D_e = k_e = \frac{\mu_e}{\rho_l}$$

$$\frac{D(\quad)}{Dt} = \frac{\partial(\quad)}{\partial t} + U_{li} \frac{\partial(\quad)}{\partial x_i}$$

($k=g$: gas, $k=p$: inclusion)

Ratelは、凝固速度を意味しており、凝固過程における温度と固相率とは次の線形近似式で関係づけられ、式(2)、(6)と次式より凝固速度が算出される。

$$T = T_s + (1 - f_s) T_l \quad T_s: \text{固相線温度} \quad T_l: \text{液相線温度}$$

そして、固相の移動速度は、固相率が0.7以下では、液相と同じとし、それ以上では、引き抜き速度を強制的に与えることにする。また、固相率0.7以上の領域内で、介在物の拡散は生じないとし、介在物の凝固シェルへの捕捉をモデル化する。

さらに、溶鋼の運動方程式における直流磁場による電磁力Fは、誘導電流による磁場の効果を見捨てること

により、以下の誘導電流の保存則と拡張されたオームの法則により算出⁴⁾できる。

$$\frac{\partial J_i}{\partial x_i} = 0, \quad J = \sigma (E + U \times B) \quad (7)$$

2.2 解析手順

計算はFig. 2に示すように、2段階に分離して行う。

まず、溶鋼の流動、伝熱、および気泡流動を非定常解析法であるSOLA法⁵⁾を2相流に拡張して求める。この非定常計算結果を時間平均して、定常解を求める。このとき、時間の平均化は流体の平均滞留時間の2倍程度設ける。

その次に、この流体側の定常解を用いて、介在物の運動と濃度分布を求める。これは、非定常法で時間積分して、値が変化しなくなるまで計算を行い、介在物の速度と濃度の定常解を求める。

なお、本数学モデルでは、計算格子に6面体セルを用い、変数をスタガード配置として任意形状の処理(座標変換法)と数値解析上の安定化⁶⁾を図っている。

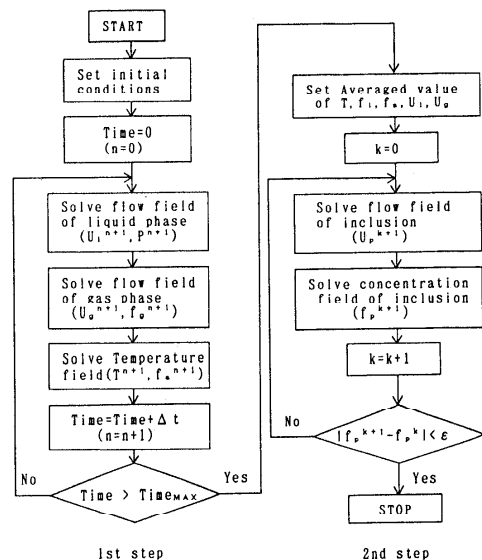


Fig. 2 Numerical simulation procedure.

3. 解析結果

上述の数学モデルを用い、タンディッシュ内における溶鋼の伝熱・流動と介在物の浮上分離挙動と連続鋳造機鋳型内での凝固過程における介在物の鋳片内での

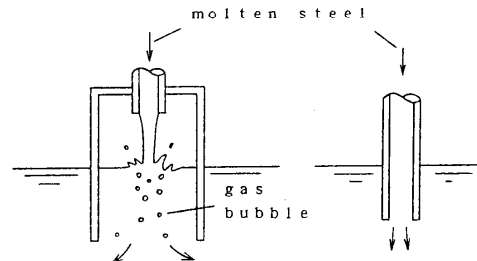
集積に及ぼす静磁場の影響について検討を行った。

3.1 タンディッシュ

3.1.1 計算条件

計算条件およびタンディッシュ形状をTable 1 に示すように設定し、介在物分離に及ぼすタンディッシュ形状（堰の有無、深さおよび長さ）、容量、溶鋼供給形式、溶鋼供給量および介在物の粒子径の影響について検討を行った。溶鋼の供給形式については、Fig. 3 に示す注入管およびロングノズル方式の2種類を考え、注入管方式の場合、注入流がシールガスのArガスを巻

き込むため、水モデル実験結果を参考に、巻き込み量を60 Nl/分として与えた。また、気泡径は5mm、介在物の密度は3000kg/m³、総括伝熱係数は、固体壁で0.0022、自由表面で0.013kcal/m²・s・Kとした。



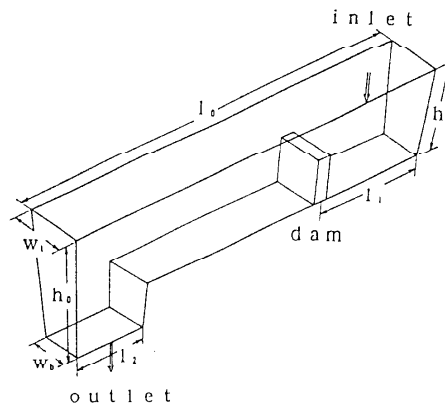
a) Pouring tube b) long nozzle

Fig. 3 Pouring type of molten steel.

Table 1 Principal computation parameters.

case	l_v (m)	l_1 (m)	h_o (m)	h_1 (m)
1	3.37	-	1.09	0.705
2	4.91	-	1.09	0.705
3	3.37	-	1.44	1.06
4	3.37	-	1.09	0.705
5	3.37	1.57	1.09	0.705
6	3.37	-	1.09	0.705
7	3.37	1.0	1.09	0.705

l_2 (m)=0.600, w_+ (m)=0.475, w_b (m)=0.330



case	h' (m) ^{*1}	flow rate (m ³ /min)	tundish volume(m ³)	mean residence time t_m (min)	pouring method of molten steel	configuration
1	0.754	0.1875	2.12	11.8	pouring tube type	N.F.C. ^{*2}
2	0.741	0.1875	3.06	17.0		N.F.C.
3	1.11	0.1875	3.06	17.0		N.F.C.
4	0.754	0.125	2.12	17.0		N.F.C.
5	0.733	0.1875	2.06	11.4		F.C. ^{*3}
6	0.754	0.1875	2.12	11.8	long nozzle type	N.F.C.
7	0.733	0.1875	2.06	11.4		F.C.

*1) $h' = (\text{tundish volume}) / (\text{mean cross section area})$
 mean cross section area = (upper surface area + bottom area) / 2
 *2) N.F.C. : No flow control
 *3) F.C. : Flow control with dam

3.1.2 計算結果

検討ケース1（注入管方式）および7（ロングノズル方式）における流動状況と粒子径 $50\mu\text{m}$ の介在物濃度分布の計算結果をFig. 4に示す。

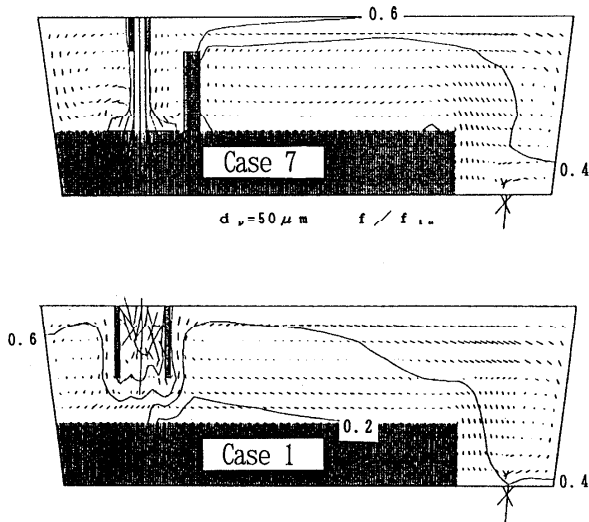


Fig. 4 Concentration profiles of inclusion in the tundishes.

ロングノズル方式では、浸漬ノズルから吐出された溶鋼は、底に到達した後、堰により上昇するため、介在物の流出が抑制されているのに対し、注入管方式では、注入管内に溶鋼を供給するときに気泡を巻き込み、気泡の浮上力のために溶鋼流は底に到達することなく、上昇流となるため、堰がなくても介在物の短絡的な流出が抑制できている。

3.1.3 単純モデルによる検討

以上の計算結果を整理する前に、単純なモデルでの考察を行う。ここでは、タンディッシュ内での流動様式として、ピストンフローと完全混合槽列モデルを仮定して、介在物の分離性能を考えてみる。

(1) ピストンフローモデル

Fig. 5に示すモデルを考えると、分離性能は以下のよう算出される。

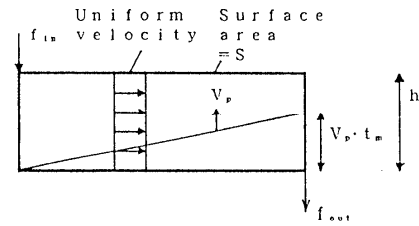


Fig. 5 Plug flow model.

$$\frac{f_{out}}{f_{in}} = \frac{h - V_p \cdot t_m}{h} = 1 - \frac{V_p \cdot t_m}{h} = 1 - \tau_p$$

但し、 $\tau_p = V_p \cdot t_m / h$ 、 V_p : 粒子上昇速度
 h : タンディッシュ深さ、 t_m : 平均滞留時間

(2) 完全混合槽列モデル

Fig. 6に示す直列に結合された n 槽の完全混合槽から成る槽列モデルを考える。各槽の物質収支より、以下の式が得られる。

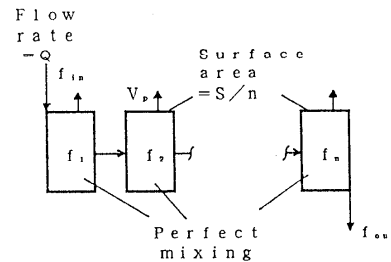


Fig. 6 Perfect mixing model.

$$Q \cdot f_{in} = Q \cdot f_1 + \frac{S}{n} V_p \cdot f_1$$

$$Q \cdot f_1 = Q \cdot f_2 + \frac{S}{n} V_p \cdot f_2$$

⋮

$$Q \cdot f_{n-1} = Q \cdot f_{out} + \frac{S}{n} V_p \cdot f_{out}$$

これらより、介在物の流出濃度は次式で算出される。

$$\frac{f_{out}}{f_{in}} = \left(\frac{1}{1 + \tau_p / n} \right)^n$$

これらの単純モデルにおいては、入り口濃度で無次元化した介在物の流出濃度を支配するパラメータは、 τ_p のみであることがわかる。この無次元化流出濃度と分離パラメータ τ_p との関係を図.7 に示す。完全混合槽列モデルにおいて、槽数を増加してもピストンフローモデルには、近づかないことがわかる。これは、完全混合槽列モデルでは、上下の混合によって分離性能が低下するためであり、分離性能向上には、上下の混合を防止することが重要である。

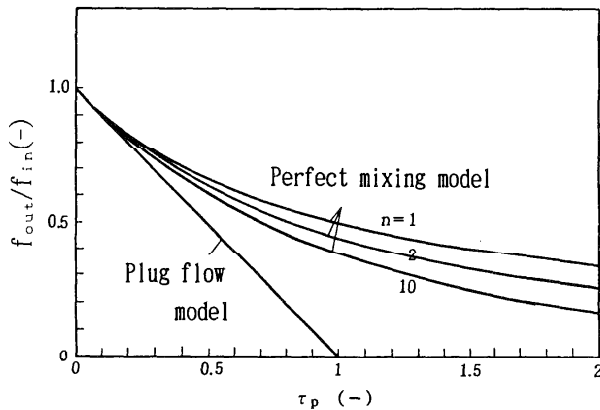


Fig. 7 Non-dimensional outflow concentration of inclusion as a function of non-dimensional parameter τ_p by simple model of inclusion removal.

次に、流動解析により得られた無次元流出濃度と分離パラメータ τ_p との関係を実験結果と併せて、図.8 に示す。流動解析結果は、 τ_p が1以上の領域で流動制御を行ったケースを除いて3槽の完全混合槽列モデルとほぼ一致する。 τ_p が小さいということは、介在物の粒子径が小さく浮上速度が遅いということであり、介在物は流体の流れに乗って対流し、流動制御による慣性分離効果が期待できないからである。それに対し、 τ_p が大きい場合、粒子の移動速度と流体の速度とにスリップが生じやすく、流動制御により浮上分離を促進することができる。

また、図.9 にTanakaら⁷⁾の水モデル（介在物としてガラスビーズを用いた分離実験）での実測値と3槽の完全混合槽列モデルとの比較を示す。ほぼ良好に一致することから、今回の流動解析結果の妥当性が間接的にはあるが確認できる。

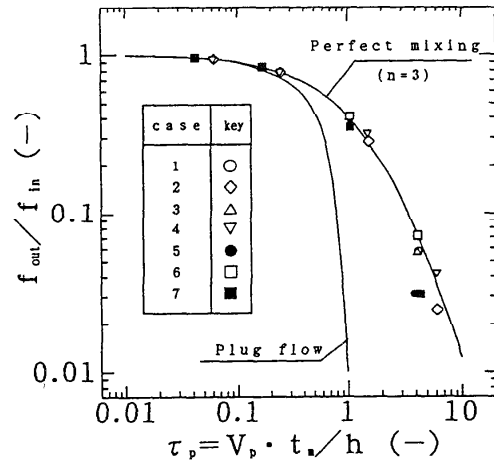


Fig. 8 Non-dimensional outflow concentration of inclusion as a function of τ_p by 3-dimensional fluid flow model.

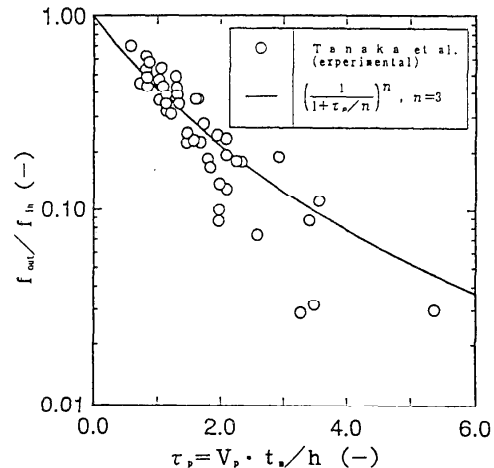


Fig. 9 Comparison of predicted results by perfect mixing model with measurements⁷⁾.

以上の結果をまとめると次のようになる。

- (1) タンディッシュにおける介在物の流出濃度は、分離パラメータ τ_p によって、ほぼ整理することが可能である。
- (2) 堰による流動制御は、大きな τ_p (1以上) に対しては有効であるが、 τ_p が小さい領域では、介在物の運動は溶鋼の流動とほとんど一致するために分離性能の向上には、ほとんど寄与しない。
- (3) 介在物の分離効率を向上するには、平均時間の増加は有効であるが、タンディッシュ深さを増加しての滞留時間増加は、 τ_p が増加しないため、分離効率の向上には寄与しない。
- (4) また、溶鋼の供給形式の差が、介在物分離性能におよぼす影響は小さい。

3.2 連続铸造機

3.2.1 計算条件

スラブ型の連続铸造機では、通常、短辺側に開口する2孔型の浸漬ノズルを用いるため、短辺側に吐出された溶鋼は、短辺に沿う下降流となり、この流れとともに流入した介在物が凝固シェルに捕捉され、製品欠陥となる。これを抑止するために、Fig. 10に示す電磁ブレーキ^{8,9)} (EMBR) (Fig. 10には局所的に磁場印加する例を示している) が利用される。電磁ブレーキは、Fig. 11に示すように、磁場と流動の相互作用によって誘導される電流と印加磁場との相互作用力(ローレンツ力)が流体の流動方向と反対方向に作用することを利用して、流動制御を行うものである。

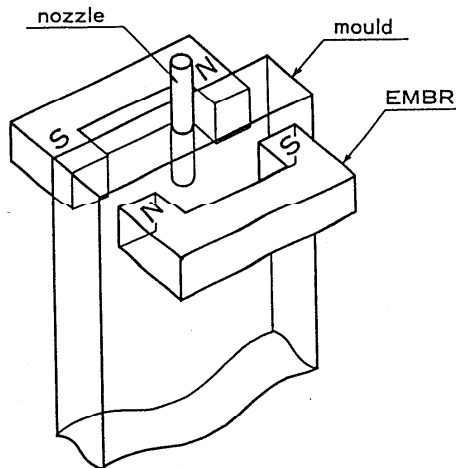


Fig. 10 Continuous casting mold with EMBR.

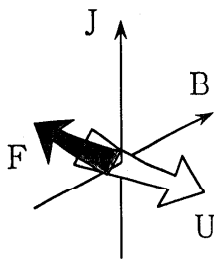


Fig. 11 Schematic view of electromagnetic force induced by EMBR.

ここでは、介在物挙動に及ぼす電磁ブレーキの効果を検討する。Fig. 12に示すように、電磁ブレーキを
 ケース1：印加しない
 ケース2：局所的に印加
 ケース3：均一に印加
 した場合の3ケースについて、その流動、伝熱および

介在物集積挙動について検討する。

但し、ノズル内の閉塞現象を想定して、浸漬ノズルの片側の吐出孔を吐出孔面積の1/4だけ小さくし、溶鋼の偏流を模擬している。スラブサイズは、厚み210、幅1800mmで、引き抜き速度は、1m/分とした。

なお、本解析においては連続铸造機は垂直とし、連続铸造機の湾曲形状は、Fig. 13に示すように、重力の方向を補正することにより、介在物の浮上計算に反映させた。

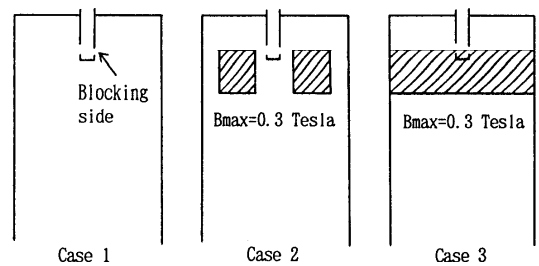


Fig. 12 Position of EMBR.

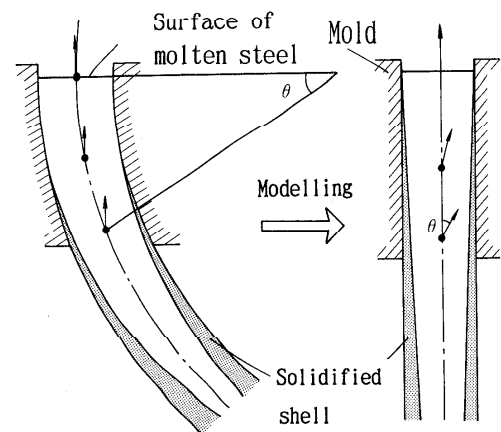


Fig. 13 Correction of the gravity force direction for mathematical model.

3.2.2 計算結果

溶鋼の流速および温度分布の計算結果をFig. 14に示す。溶鋼の流動制御を行わない場合(ケース1)、ノズルからの吐出流により上部および下部に循環流が生じる。そして、上部の循環流が強いため、溶鋼の表面温度は極めて均一に維持される。そして、電磁ブレーキを印可したケース2、3に比較して、その表面温度は低くなっている。

それに対し、電磁ブレーキによる溶鋼流動制御を行うケース2、3の場合、ノズルからの吐出流が铸型の

短辺に緩やかに衝突するために、上部の循環流が低速となり、溶鋼の一部は短辺に衝突せずに溶鋼表面に供給されるため表面温度に高温部が現れる。

また、流動制御を行う場合、完全ではないが、偏流が抑制され、介在物の進入が抑制され、介在物の集積量低減には有効であることが推測される。

ケース1における大型の介在物の濃度分布をFig. 15

に示す(入り口濃度を1として規格化している)。重力方向と反対側の表面近傍に介在物が集積しているのが分かる。また、偏流により左右非対称な集積となっている。そして、各ケースについて、スラブ集積濃度の高い側の1/8幅近傍でのスラブ厚み方向の介在物濃度分布をFig. 16に示す。大きな介在物ほど上面側(重力と反対方向)に集積しているのが分かる。

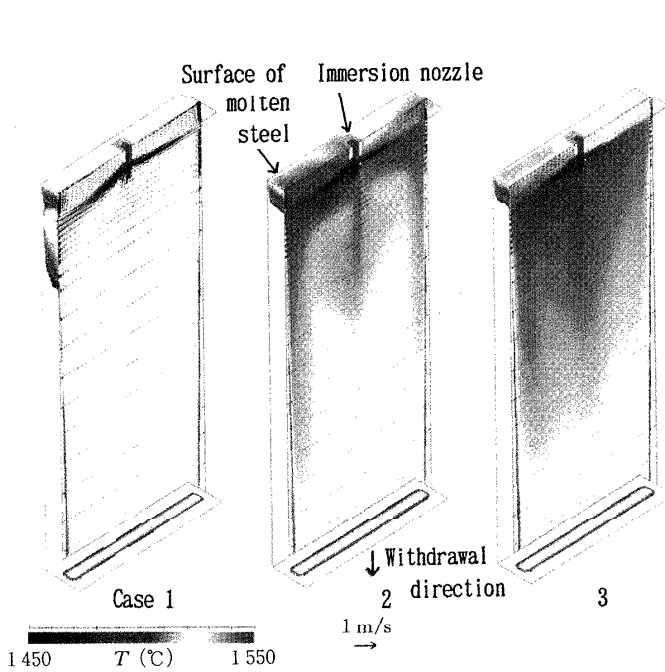


Fig. 14 Flow and temperature field of molten steel in mold.

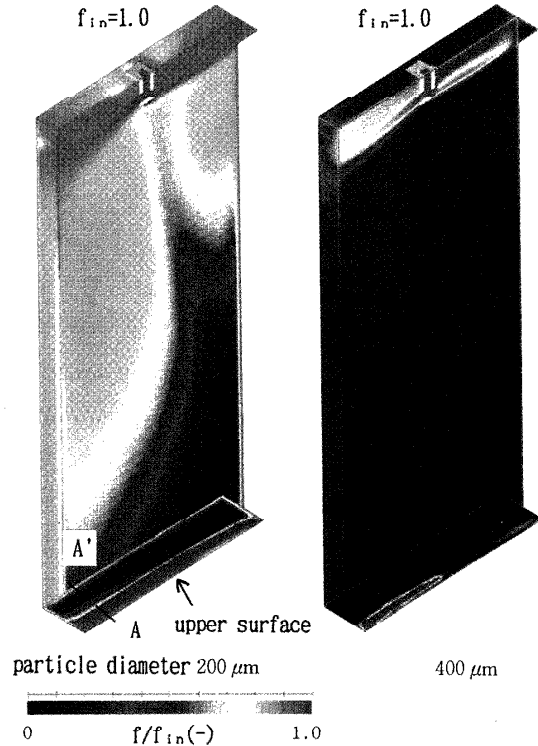


Fig. 15 Concentration profiles of large size inclusion in slab.

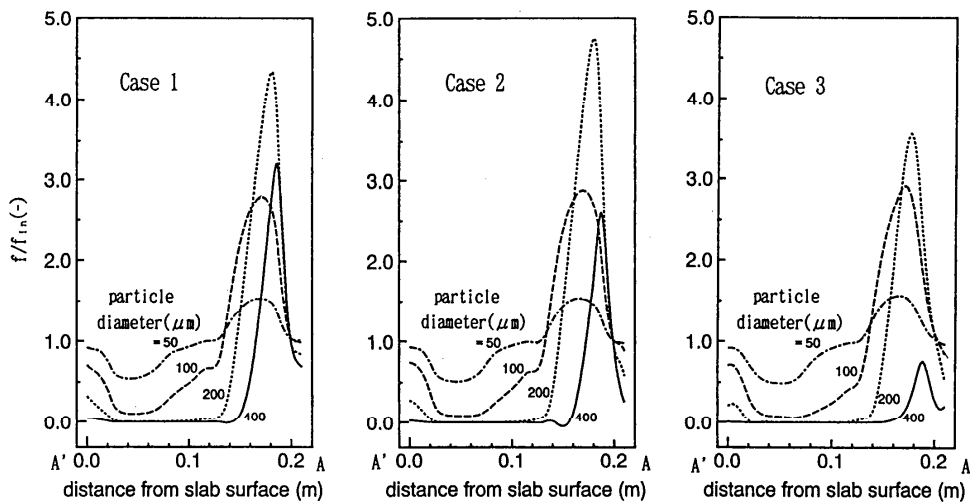


Fig. 16 Effects of EMBR on concentration profiles at 1/8 width of slab.

400 μm の介在物については電磁力印可(ケース2、3)により、印可しない場合(ケース1)に比較して、介在物濃度のピーク値が大きく減少しているのが分かる。

200および400 μm の介在物の浮上速度は、ストークス則領域として算出すると、各々1.07, 4.29 m/分となり、スラブの引き抜き速度と比較して、200 μm では、ほぼ同じ、400 μm では上昇速度の方が速くなっている。つまり、流動制御により浮上分離の効率が大きく向上するのは、引き抜き速度に打ち勝って上昇することが可能な粒子径ということである。引き抜き速度は、平均的な溶鋼の下降流速であり、局所的な下降流速の増大が、介在物の巻き込みを促すことになる。下降流速を流動制御して平均化することによって浮上可能な粒子の分離を促進するのである。従って、100 μm 以下の介在物は、浮上速度が小さいため、流動制御を行っても、流体の流れに乗って移動するために浮上分離には、ほとんど効果がない。もちろん、これは引き抜き速度との相対的な比較であり、引き抜き速度の遅い場合は、効率よく分離できる粒子径はより小さくなる。従って、この場合の介在物浮上分離における無次元パラメータは、(介在物浮上速度/引き抜き速度)で、この値が1以上において、流動制御により分離効率に顕著な差が現れる。但し、厚み方向への移動は、長い時間をかけて行われるため、比較的小さな介在物でも反重力方向に集積することになる。

4. 結言

3次元の数学モデルを開発し、連続铸造プロセスのタンディッシュ及び铸型内における介在物の挙動を溶鋼の流動及び伝熱現象と連成して検討することにより、铸造铸片における介在物の総合的な評価を検討することが可能となった。

これまで、連続铸造機での現象把握や装置の改良、開発に、主として水模型が用いられてきたが、相似則を完全に一致させることができなかつたり、電磁力を再現できなかつたり、あるいは凝固シェルが考慮できない等の問題があり、その結果に十分な信頼が置けなかつた。しかし、ここに示した数学モデルのように多くの現象を連成して解くことにより、例えば、铸片内

の介在物分布のような実測可能な指標が求められるので、実現象との対比が可能となり、その精度を検証でき、水模型以上の情報が得られるようになる。今後、定量的な検証を積み重ねることにより、プロセスの改良や新しいプロセス開発における強力な手段となるであろう。今後、種々の現象を同時に解析し、より実現象に近い解析をすることにより、精度の向上を図ることが重要な課題である。

[主な記号]

B:磁束密度 C_p :比熱 d :粒子径 E:電場
f:体積分率 g :重力加速度 J:電流密度 P:圧力
 Q_w :生成項 U:流速ベクトル V_w :粒子体積
 V_p :粒子浮上速度
 β :体積膨張係数 μ :粘度 ρ :密度 σ :電気伝導度
(添字) g :気泡 p :介在物 l :液相 s :固相

[参考文献]

- 1) 例えば、日本鉄鋼協会編西山記念技術講座：“電磁気力を利用したマテリアルプロセッシング”，(1989)
- 2) D. D. Gray and A. Giorgini : Int. J. Heat Mass Transfer, 19(1976), p. 545
- 3) J. O. Hinze : Turbulence, 2nd ed. (1975), p. 460 [McGraw Hill]
- 4) 高谷幸司：“電磁気力による新しいプロセッシングの可能性を求めて”，(1993), p. 324 [日本鉄鋼協会]
- 5) C. W. Hirt, B. D. Nichols and N. C. Romero : LA-3245, (1966)
- 6) K. Takatani, K. Nakai, N. Kasai, T. Watanabe and H. Nakajima : ISIJ Int., 29(1989), p. 1063
- 7) S. Tanaka, M. Lye, M. Salcudean and R. L. Guthrie : 15th Annual Hydrometallurgica I Meeting. CIM, Vancouver, August, 18-21(1985), p. 142
- 7) N. Genma et al : ISIJ int., 29(1989), p. 1056
- 8) K. Takatani et al : ISIJ int., 29(1989), p. 1063

高谷幸司：住友金属工業(株)鉄鋼技術研究所
(〒314-02 茨城県鹿島郡波崎町大字砂山16、
Tel(0479)46-5131、Fax(0479)46-5141)

コークスベッドを用いた 溶融プロセスのシミュレーション

橋本昌也 (大阪ガス) 大岡五三美 (大阪ガスエンジニアリング)

1. はじめに

木炭やコークスを用いた火床は人類の進化と共に金属の加熱や溶融に広く用いられてきた。これは火層、とくに酸化層において容易に高温が得られるため、たとえば鍛造用の火床などでは保温構造としては非常に貧弱なものであるが、コークスや木炭あるいは灰などの固体層が熱ふく射を封じ込めているためである。このことは、最近通気性固体におけるふく射熱の有効利用で多くの研究成果が上げられているが^{1,2,3)}、歴史的にはずいぶん古くから用いられてきたということができる。ただ、炭素質固体を燃焼して高温の火層にすると、高温では炭素とCO₂が還元反応をしてCOとなり、固体炭素の消費が増大するという欠点がある。ただ、製鉄や高炉ではこのCOガスが酸化鉄の還元にも有効に使われているが、キュボラのように主として金属の加熱、溶融を目的とする場合は、このCO損失を少なくすることが望ましい。そのために使用するコークスのサイズを大きくして還元反応を遅らせたり、送入空気温度を上げてガス量を少なくし、原料の銹鉄やコークスと熱交換をさせてできるだけガス温度を早く低下させ、還元反応を少なくするような対策をとっている。

現在、一般に都市ゴミや下水余剰汚泥は焼却されているが、焼却灰中に未燃物や有害な物質が存在することがあり、焼却灰の処理のためにも高温で溶融して減容化、無害化することが望ましい。そのために高温ガスの旋回流を用いて灰を溶融したり、高温ふく射による溶融のほか、電力を利用したアーク方式、プラズマ方式、電気抵抗方式、誘導加熱方式などが提案されている⁴⁾。

大阪ガスではコークスを生産していたことからキュボラと深い係わりがあり、この技術を灰の溶融に応用しようとする開発が10数年以前より進められ⁵⁾、コークスベッド方式と呼ばれているが、現在は日本において最大の下水汚泥溶融設備が稼働しており、最大の処理

シェアを占めている。

どのようなプロセスでも溶融に必要な高温が得られればよいが、その溶融灰はほとんどの耐火物壁を固溶化して溶融点を下げ、損耗が多くて長時間の使用に耐えにくいのが欠点となっている。このため断熱性能を悪くして耐火物の表面温度を下げるようにしているが、そのためにエネルギーの消費量が大きくなる。コークスベッド方式の特徴は上述のように小さい容積の中で、容易に密度の高い高温が得られることから、溶融ゾーンでは水冷壁としてもその伝熱面積は小さくて熱損失が少なく、他のプロセスにくらべて安定して操業できるという利点がある。また、コークスベッド方式では現在は脱水汚泥の焼却、溶融に用いられているが、都市ゴミなどの焼却灰も容易に溶融処理できる。

ただ、前述のようにコークスの消費量をできるだけ少なくする目的で、ベッドの高さを低くし、滞留時間を短くするようにしているが、この場合の羽口からの空気および燃焼ガスの炉内の流れ、コークスや汚泥および灰の流れなどモデル化して解明する必要があった。とくに1号商業プラントから一挙に約6倍の能力の設備を建設することになり、実設備によるスケールアップの中間ステップがとれなかったことから、コンピュータを使用してシミュレーションをすることにした。以下にそのシミュレーションの概要を説明する。

2. スケールアップ設計の問題点

大型商業プラントの溶融炉の概略構造は図1に示すように高炉に比べると非常に浅い充填層であることが特徴であり、汚泥とコークスはベッド頂部へ供給される。燃焼用空気は炉側壁に設置された羽口から送入され、この燃焼熱によって汚泥は乾燥→熱分解または酸化→灰化→溶融が行われて、炉底部側壁に設置された出滓口から排出される。汚泥の溶融点は約1300-1500°Cであるため、炉内はこれ以上の高温充填層を形成する

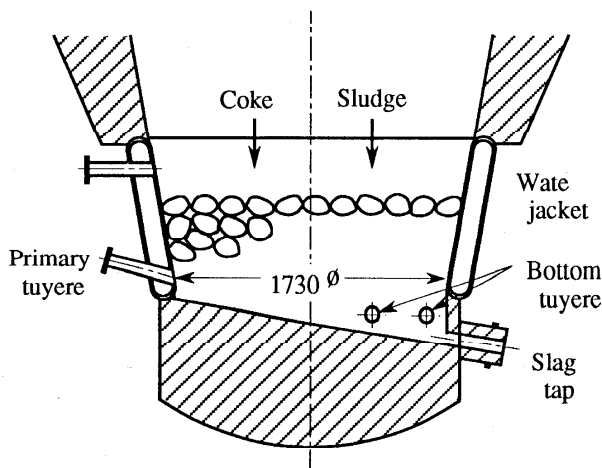


図1 スケールアップ炉の概略構造図

必要がある。

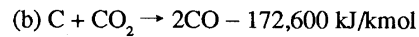
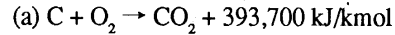
大型商業プラントの設計では原料である汚泥の組成が1号商業プラントと異なるために汚泥の溶融点が約1300°Cから約1500°Cに上昇する。このため設計操作温度を既設設備より上昇させる必要が生じた。しかし前述の炭素（コークス）とCO₂の還元反応は吸熱反応であり、溶融温度を確保するにはこの吸熱反応の影響度合を把握することが重要な設計因子となる。一方、大型溶融炉のディメンジョンは1号炉と相似形のスケールアップとはならず、炉径とベッド高さの比(D/H)が大きくなり相対的なベッド高さは低下するような設計となった。非相似形であることは、図1で示すように燃焼用空気を送入する羽口が炉側壁にあるためにガス流れのパターンが1号炉と異なることが考えられ、炉中心部へのガス流れが減少して中心部の温度維持が困難になることが予想される。

このようなスケールアップ上の問題点を実験により観察、計測で予測することは充填層の不可視性や炉が高温状態であることを考えると困難であり、実験炉も実規模のものが必要となり現実的でないため、コンピュータによるシミュレーションによる解析を試みた。

3. コークス燃焼モデルの構築

シミュレーションモデルはスケールアップ炉が設計段階にあったことから、第1段階としてコークス燃焼を考慮した気固2相モデルを構築した^{6,7)}。コークス燃焼モデ

ルでは1次羽口や下部羽口の適正配置も検討できるように3次元モデルとし、化学反応として次の2式を考慮した。



気相流はErgunの充填層抵抗式を3次元拡張し⁸⁾、固相移動は水平方向移動を考慮するためkinematic model⁹⁾を採用した。気固相間伝熱は国井ら¹⁰⁾のRanz-Mashall修正式を採用し、充填層熱伝導は有効熱伝導度式¹¹⁾を採用した。状態方程式は3次元円筒座標系でコントロール・ボリューム方により離散化を行い、線形化式はTDMAによって解を求めた。

まず最初に構築したモデルの妥当性を検証するためキューボラ型の小型実験炉によるコークス燃焼実験との比較を行った。キューボラ実験炉は内径550×xベッド高さ1400mmの平底円筒炉で側壁、炉底とも耐火構造となっている。羽口は底部から450mmの高さに管径65°で側壁周方向に6本を均等に配置し、出滓口は100×100mmの大きさに炉底側壁部に一箇所配置している。図2は解析モデルの境界条件を示している。

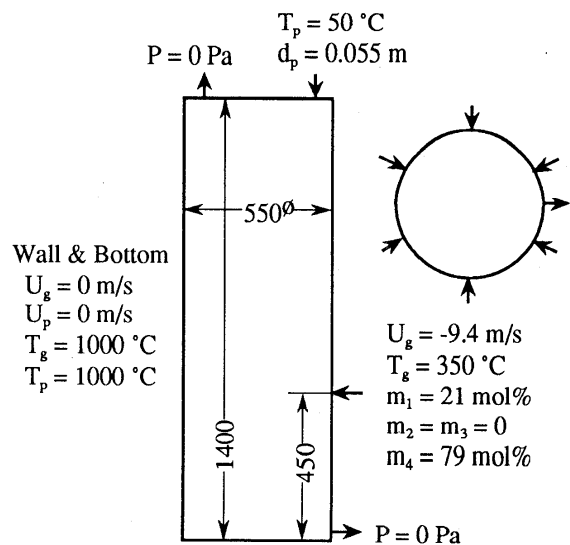


図2 キューボラ実験炉の境界条件

ここで、U_iは速度(i=g,p for gas and coke)、T_iは温度、m_jはガス濃度(j=1~4 for O₂, CO₂, CO and N₂)、Pはガス圧力、d_pはコークス粒子径を示している。境界温度は本実外気温で規定すべきであるが、本モデルでは内壁面で規

定するようにしている。プログラミング上では外気温での規定を行っても複雑なものにならないが、基本設計段階での昇温ならびに熔融可否等の検討を考えると、この段階では断熱仕様が確定していないのが一般的である。この段階ではケーススタディが頻繁に行われることや断熱仕様が確定する必要もないことから設計者の判断によって内壁温度を規定する方が使い勝手が良いと判断した。解析方法としては若干のあいまいさは残るが、本モデル解析では解析結果の熱流束から境界温度の妥当性を判断するようにした。

実験炉との比較は炉内温度とガス濃度について行っているが、このような小型の実験炉においても高温移動床の中心部までプローブを挿入することは困難であり採取できるのは側壁近傍だけである。

図3は側壁から内側へ150mmの位置で高さ方向に測温した値とモデル解析によるガス温度を比較している。実験炉での温度計測は気体温度を示しているのか固体温度であるのか判別するのは困難であるが、計算値と50~100°Cの誤差でよく一致していることが分かる。

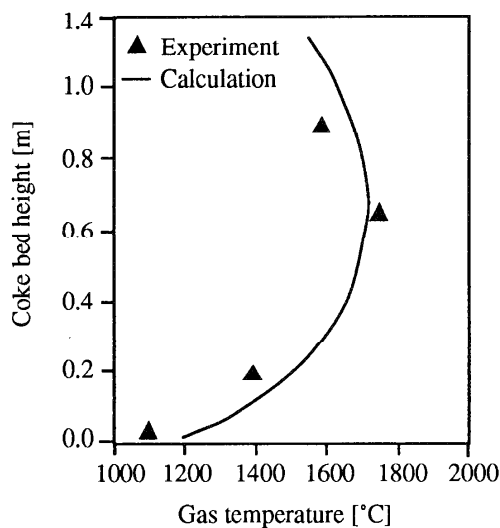


図3 ガス温度と実験値の比較

図4は側壁から内側へ90mmの位置で高さ方向に採取したガスの濃度分布と計算値の比較を示している。ベッド高さ0.6mの位置の採取値を除くとガス濃度も良好な一致が認められる。高さ0.6mの位置の採取値は十数%のO₂濃度を示しており、この近傍が反応領域と推測されるので高濃度の酸素の存在は少し不自然である。こ

れはガスの採取に水冷ジャケット管を用いたため冷却効果によってサンプリング口周辺の反応が阻害されたと考えるのが妥当である。一方、この近傍での計算値は数%のオーダでO₂とCOガスが共存しており、モデル解析ではO₂とCOによる気相反応を考慮する必要があることが分かった。

解析結果から求められたコークス消費量は純炭素量で98.7kg/hとなった。コークスには通常約10%の灰分が含まれるので10%補正を行うと計算値は109.7kg/hとなる。実験炉で計測したコークスの平均投入量は107kg/hで計算値とよく一致していることが分かり、構築したモデルが熔融炉の熱的設計に有用であることが確認できた。

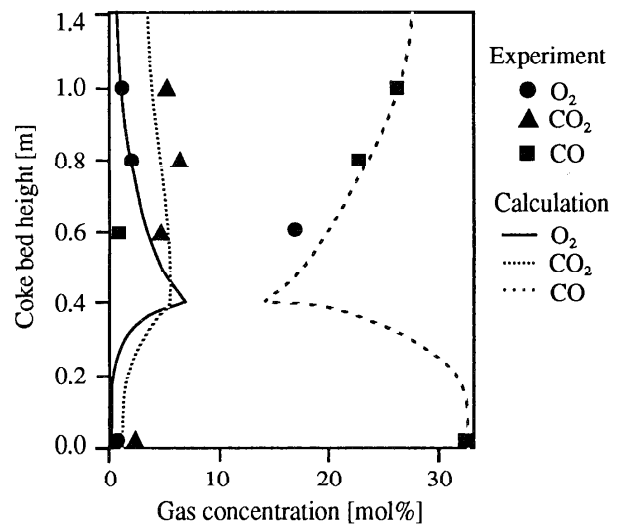
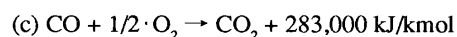


図4 ガス組成と実験値の比較

4. スケールアップ炉の熱的予測

この構築したコークス燃焼モデルを用いて設計段階にあったスケールアップ炉への適用を行い、前述のスケールアップ設計の問題点に対する数値予測を実施した¹²⁾。前項の解析結果からO₂とCOガスの共存が認められたので本解析では次の気相反応を追加した。



スケールアップ炉は図1に示すように炉側壁がテーパー状になっており炉底部も出滓口に向かって傾斜が付いているが、モデル解析では平底円筒炉として取り扱う。羽口は炉側壁に管径80°で、16本の1次羽口が水

平面から下方へ15度の傾斜角で炉底から450mmの高さに周方向均等配置され、4本の炉底羽口が12度の下方傾斜で炉底から190mmの高さに出滓口近傍を中心にして配置されている。出滓口は100×150mmの大きさに炉底部側壁に1箇所設置されている。燃烧空気が予熱温度500°Cで6400Nm³/hを20本の羽口に均等配分している。図5にこのモデルの分割図を示している。

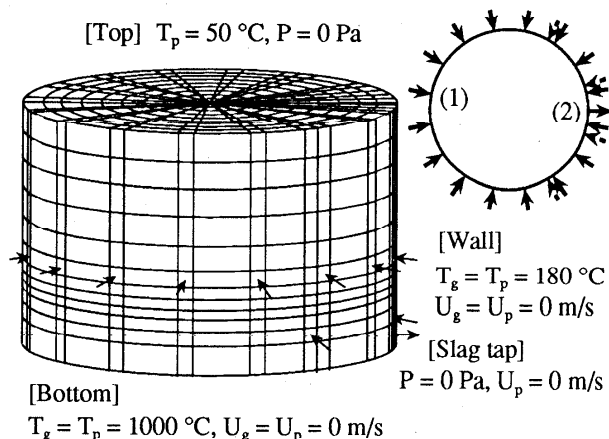


図5 スケールアップ炉のモデル分割

図6は溶融炉の垂直断面におけるガス速度分布を示しており左半分は1次羽口部(1)を右半分は出滓口部(2)の断面を表している。羽口から吹き込まれた空気は吹き込み直後で急速に減速しているが、1次羽口上部では炉中心部を含めて均一な上昇流が得られており、スケールアップ炉においても炉中心部までの通気性があることが分かる。炉側壁部の速度ベクトルは他の領域より大きくなっているが、これは側壁の吹抜けを考慮したことにより生じており、側壁吹抜けの影響も小さいことが解り通気性については問題がないことが明らかになった。炉中心部までの通気性については実規模模型による冷間での空気吹き込み実験からも中心部まで空気が到達することが確認されている。

図7, 8は同様の垂直断面におけるO₂とCOの濃度分布をそれぞれ示している。O₂濃度分布は酸素の消費が羽口近傍の非常に狭い領域で完了していることを示しており、炉中心部へは酸素を供給できないことが分かった。すなわち、酸化反応による中心部の昇温は期待できないことを示している。CO濃度分布からは濃度32%の領域が側壁と炉中心のほぼ中間に有り、この濃度は

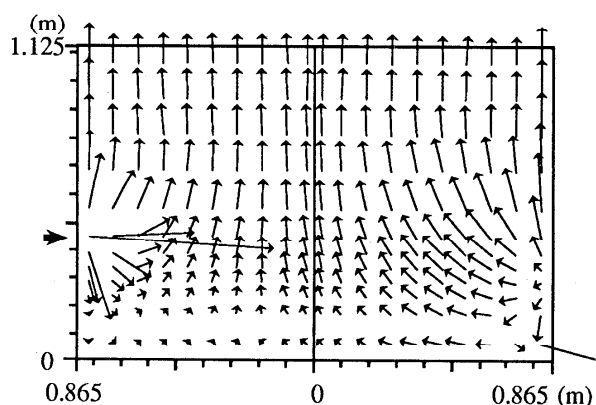


図6 ガス速度分布

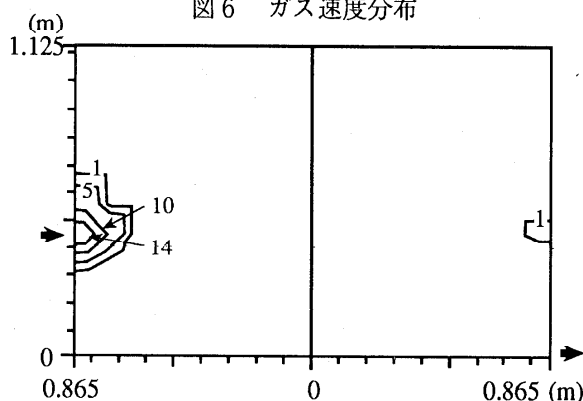


図7 O₂濃度分布 [mol%]

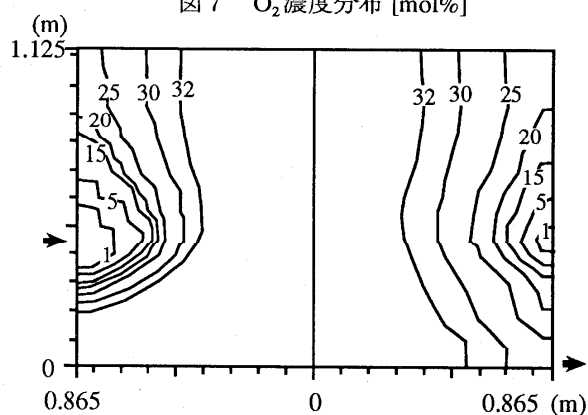


図8 CO濃度分布 [mol%]

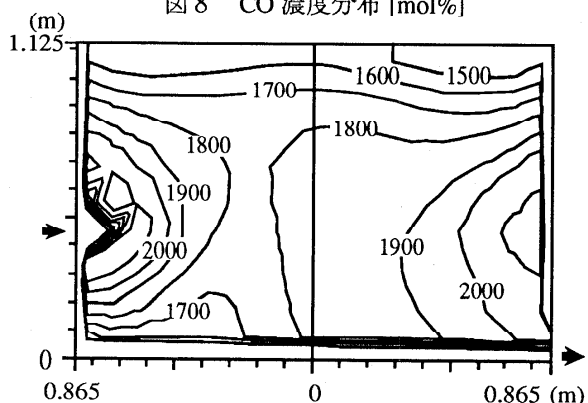


図9 ガス温度分布 [°C]

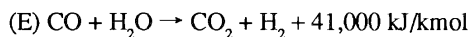
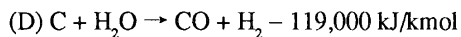
酸化反応によって生成したCO₂ガスが殆どCOガスに変化した濃度である。このことから炭素とCO₂ガスによる吸熱反応も羽口近傍の領域で完了していることが分かり、吸熱反応の影響領域も小さいことを示している。

図9はガスの温度分布を示しており、羽口での吹き込み直後の領域を除くと炉内全域で汚泥の融点である1500°C以上の温度が形成されているのが解る。この高温度場は化学反応領域が小さいことを考えると炉内の大部分が伝熱支配によって形成されていることが分かる。

このモデル解析の結果から設計仕様でのスケールアップで汚泥の融点以上の温度が形成できることを予測した。本モデルは気固2相モデルであるため実炉の操業データとの比較はできないが、昇温過程の汚泥投入直前のコークス消費量を比較するとモデル解析では設計風量の6400Nm³/hに対して灰分10%換算したコークス量は1450kg/hとなり、実炉の昇温完了時の値は空気量5600Nm³/hに対して約1200kg/hとなって良好な一致が認められた。また、実炉の温度計測はできないが設計仕様に基づく操業条件で実炉の溶融処理が順調に行われていることから、設計段階で行われた熱的予測が有効であったことを確認できた。

5. 灰溶融モデルの構築

コークス燃焼モデルでは熱的現象の解析に有効であることを示したが、設計能力の妥当性や操業改善の検討を行うには溶融現象を考慮する必要がある。現実の汚泥は有機物質を含んでいるが、その組成は発生地処理方法や地域特性により異なっており有機物質の反応過程を確定することを困難にしている。しかし汚泥の熱分解あるいは酸化反応は溶融温度に比べると比較的低温度の約700°Cで完了するため、第2段階として汚泥を無機質の灰化粒子として扱う3次元灰溶融モデルを構築した^{13,14)}。実際の溶融処理を行う汚泥は前処理として含水率を40%程度まで予備乾燥が行われるが、実証炉の操業経験から含水率の変化が溶融の安定処理に大きく影響すると言われているため、本モデルでは更に次の2つの化学反応を考慮した。



気固相の状態方程式はコークス燃焼モデルをベースとしたが固相では灰化粒子とコークスの二種の固体が存在しているため諸物性は固相として平均化した。液相については気液固の3相混在した状態で溶融した液流れを的確に表現できる式は見当たらないので気相と同様にErgunの充填層抵抗式を運動方程式に採用した。しかし液相流を完全な連続体として解くと出滓口と反対側の領域では水平流が主流となる領域が生じており、液の体積分率が他と比べると小さいことを考えれば不自然であるため、本モデルでは各分割メッシュ毎にその底面で液の体積分率に比例した静水圧が生じていると仮定した。また現実の液の滴下状態が滴状であるのか膜状であるのかも不明であり各相間の接触伝熱面積の推定を困難にしており、これらの面積はそれぞれの体積分率に比例して配分した。このように灰溶融モデルでは炉内現象を的確に表される式が少ないため、かなりラフな仮定の導入を余儀なくされるが、液相との関連記述を行うために状態方程式はコークス燃焼モデルに比べるとその数は約2倍と複雑になる。

この灰溶融モデルによる解析結果を以下に示す。解析は比較的多種の操業データを有する1号炉と類似径の炉径900mmの商業炉を対象とした。この炉は管径65mmの1次羽口6本と炉底羽口を4本有しており出滓口は70×70mmの大きさで1箇所配置されている。本炉もスケールアップ炉と同様に側壁はテーパ状であり炉底も出滓口に向かって傾斜しているが解析では平底の円筒炉として扱う。羽口と出滓口の解析上の配置と標準操業条件における境界条件を図10に示している。

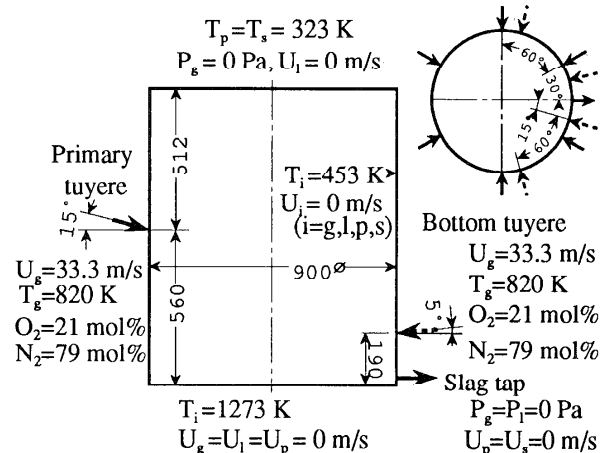


図10 境界条件と羽口・出滓口の配置

図11は垂直断面における気相の速度ベクトル分布と等温度分布を示しており、左側半分が出滓口から最も遠い位置にある1次羽口での断面図であり、右側半分が出滓口位置での断面である。速度分布はコークス燃焼モデルと同様に1次羽口上部では均一な上昇流が生じているが、1次羽口がスケールアップ炉に比べて相対的に高い位置にあるため左側下部での流れはごく僅かである。この結果温度分布に汚泥の溶融点(1300°C)近傍の温度域が出現しているが全体として溶融点以上の高温域が形成されている。しかしこの炉下部の低温域は実炉では炉底が出滓口に向かって傾斜しているため、この低温域を除外することができ炉底の傾斜が温度分布に対しても有効であることを示している。

図12は同じ垂直断面における灰化粒子と溶融後のスラグ液についての速度分布と温度分布を示している。1300°Cの等温線近傍にある破線が溶融開始ゾーンを示している。汚泥の水分蒸発速度と溶融速度が不明であるため灰溶融モデルでは蒸発および溶融が一定温度で生じると仮定して入熱量から計算した。このため含水灰化粒子の水分蒸発は炉上部の極めて早い段階で乾燥が完了しており、解析結果からは含水率の影響を見ることはできない。そして標準操業条件では溶融完了位置が1次羽口上部の化学反応域外にあることを示している。溶融したスラグ液の流れはメッシュ分割毎に独立の静水圧を仮定したことにより垂直降下流が主流となっており妥当な流れと考えられる。また気液接触抵抗を考慮したことにより左側の1次羽口からの吹き込み直後では1番目のメッシュにドライゾーンが形成されており、実炉でも1次羽口直近で溶融スラグが観察されるので妥当な結果と考えられる。村上ら¹⁹⁾は実炉でトレーサーを用いた汚泥の滞留時間計測を実施し、本炉径の溶融炉では灰溶融モデルの解析結果と良く一致していると報告しており、実用的には本モデルの仮定が有効であることを示している。

図13はコークスの速度分布と温度分布を示している。コークスは化学反応域に向かって降下して行くがkinematic modelの採用により炉上部では中心部を含めて均一な速度分布が得られている。汚泥がコークスと同じ速度で降下することを考えると移動源であるコークスの均一降下は汚泥の均一溶融の観点から重要であ

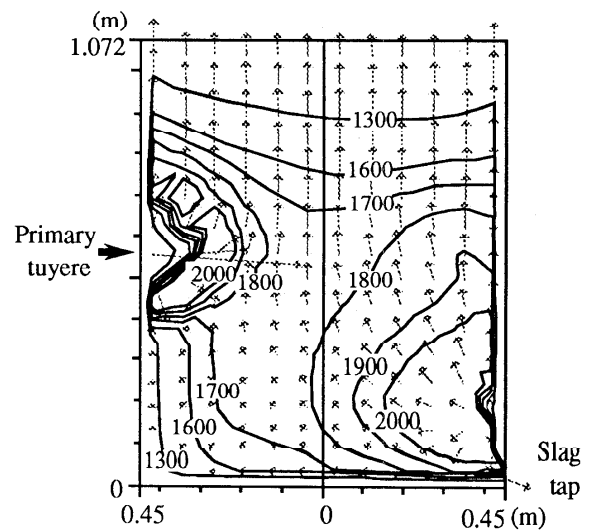


図 1 1 気相の速度と温度分布[°C]

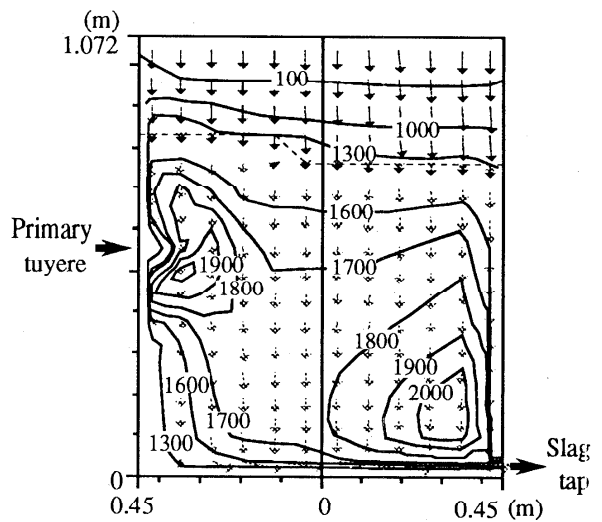


図 1 2 灰化粒子と溶融スラグの速度と温度分布[°C]

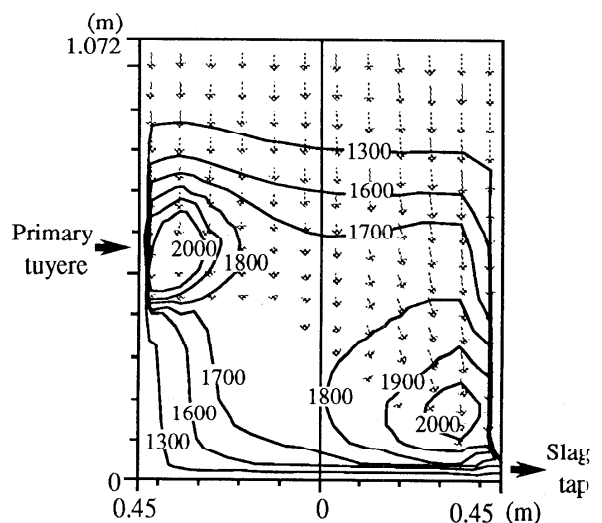


図 1 3 コークスの速度と温度分布[°C]

り、本炉径程度の溶融炉では炉平面全域で均一なフィードが可能であることを示している。

実炉と解析結果の比較を行うために実炉の汚泥負荷変更実験でのコークス消費量と解析結果との比較を表1に示した。

表1 コークス消費量の比較

	標準	RUN1	RUN2	RUN3
灰化粒子量[kg/h]	172.5	269.1	321.0	393.4
空気量[Nm ³ /h]	1325	1440	1480	1480
予熱空気温度[K]	820	713	933	933
実績コークス量[kg/h]	211	220	220	220
計算コークス量[kg/h]*	214	225	231	234

*: 純炭素量

本モデルによる計算コークス量は純炭素量であるが実験値と良く一致しており、コークス中の灰分(約10%)を考慮すると計算値は高めの値になる傾向にあるが20%以内の誤差で予測できているのが分かる。

6. 溶融効率の検討

最後に設計および操業改善のための知見を得るため構築した灰溶融モデルを用いて空気量、予熱空気温度、ベッド高さをパラメータとして溶融炉の限界溶融能力の検討を行い、Ash/Cokeのフィード比で定義した溶融効率の変化を調べた¹⁶⁾。この限界能力は試行錯誤で求めることになるので灰化粒子の未溶融残量が1%以下であることを溶融可の判定条件とし、解析は前項と同様の炉径900^φの炉を対象とした。

図14は標準操業条件での処理量(破線)と処理能力が限界に達した場合(実線)の溶融完了位置を示している。前述のように標準処理量での溶融完了位置は1次羽口より上部にあるが、溶融限界に達すると羽口位置より下部に存在しており化学反応領域内を通過して溶融が完了している。このように溶融処理量の増加は反応領域の高温度を利用することによって達成されており、溶融限界が図11~13の温度分布で示すような炉下部の反応が完了する領域付近に灰化粒子が達した時点で限界になっていると推測できる。

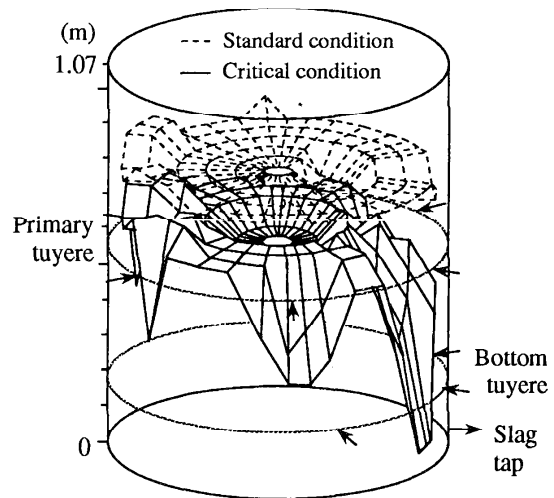


図14 灰化粒子の溶融完了位置

図15は前述の各パラメータを変化させた場合の灰化粒子の限界溶融量を示している。ベッド高さ(H)は1次羽口レベルを基準にした高さである。予熱空気温度別に限界溶融量を見ると空気量の常用対数値と線形比例している。ベッド高さを高くすると限界溶融量を増加できるが空気量に対する増加勾配が小さくなっており、予熱空気温度が低いとその効果は小さいのが分かる。また空気量別に見ると予熱空気温度の増加と共に溶融量も増加しており、予熱空気温度も能力増加の重要な因子であることを示している。従って、溶融能力を上げるには空気量と予熱温度を共に増加させるのが良いことが分かる。

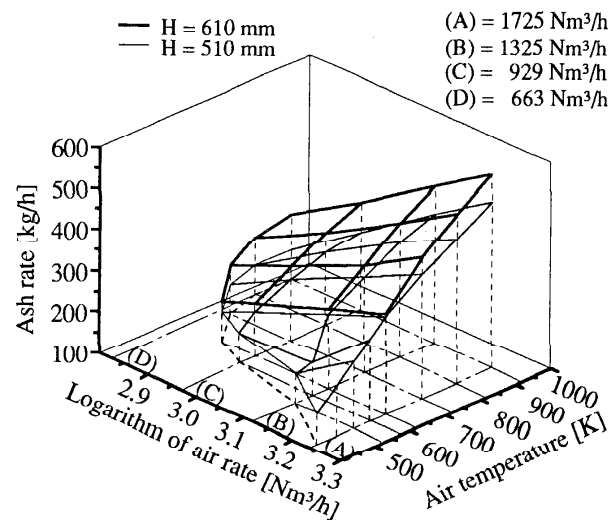


図15 灰化粒子の限界溶融量

図16は限界溶融時の溶融効率(Ash/Cokeのフィード比)を示している。図15で示したように溶融可能な灰化粒子量は空気量、予熱空気温度の上昇と共に増加するが、溶融効率は最大効率点を持つような分布となる。これは溶融領域が化学反応領域にあるため反応に影響を与えており、この結果コークス消費量が減少したために生じている。このコークス消費量の減少は解析結果の未反応酸素量が標準条件より増加していることから反応に影響していることが分かっている。本図から溶融炉の能力を最大限に活用するには(B)の空気量で予熱空気温度を増加させるのが効率的であり、原料フィード量が増加できない場合は低空気量でベッド高さと予熱空気温度を上昇するのが良いことが分かる。

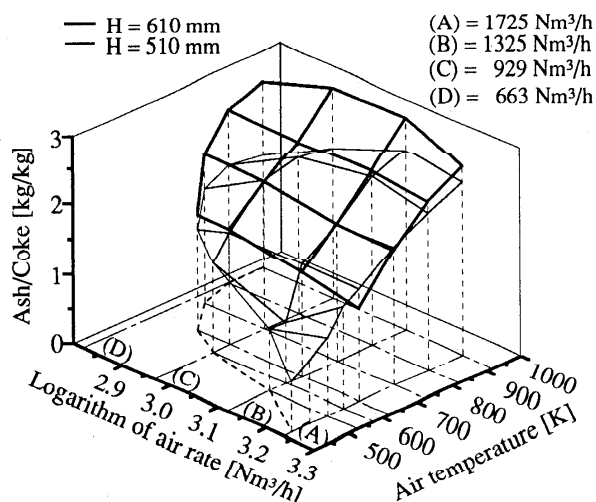


図16 限界溶融時の溶融効率

7. まとめ

コークスベッドを用いた汚泥溶融炉のスケールアップ設計に対する問題点を究明するため移動現象モデルを構築して炉内挙動の予測を行い、問題点に対する解析結果とその妥当性について紹介した。現時点では炉内現象を的確に表現できる理論式、実験式等が少ないためにモデル構築に当たっては種々の仮定を導入する必要があるが、2~3の操作および実験データとの比較から実用的には有用なモデルであることを示した。また、このような実験による観察や計測の困難な溶融炉をモデル解析の実施によって実験では得ることのできない有用な情報が得られることを示した。最後に溶融炉の設計および操作改善のためのツールとして活用するため、構築したモデルを用いて操作条件が限界溶融能力に与える影響についての数値実験例を紹介した。

図17はモデル解析を始める切っ掛けとなったスケールアップ炉の全景写真を示しており、現在は順調な操業運転が行われている。

[参考文献]

- 1) 越後: 日本機械学会論文集, 48-435, B(1982-11) 2315
- 2) 斎木, 越後, 花村: 第27回日本伝熱シンポジウム講演論文集, 370 (1990)
- 3) 斎木, 越後, 花村: 第28回日本伝熱シンポジウム講演論文集, 583 (1990)
- 4) クリーン・ジャパン・センター: "再資源化技術の開発状況調査報告書(溶融技術)", (1993)

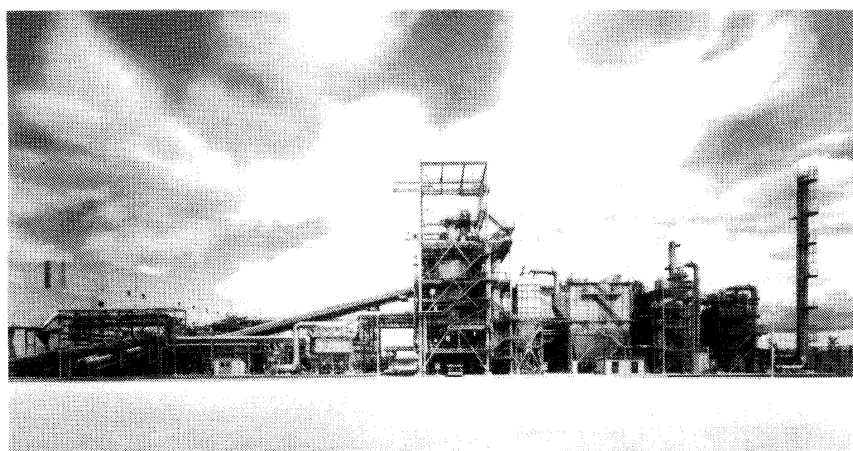


図17 スケールアップ炉の完成全景図

- 5) 柿原, 長安, 佐々木: 第16回下水道研究発表会, 697-699 (1979)
- 6) Hashimoto, M., M. Yamada, H. Yokoyama, T. Tomioka and K. Kataoka: "Advanced Computational Methods in Heat Transfer" (Proc. of the first International Conference, Portsmouth, UK), vol. 3, 197-208 (1990)
- 7) 橋本, 山田, 横山, 片岡: 第27回日本伝熱シンポジウム講演論文集, 925-927 (1990)
- 8) Radestock, J. and R. Jeschar: Stahl u. Eisen, 90, 1249-1255 (1970)
- 9) Nedderman, R. M. and U. Tuzun: Powder Technology, 22, 243-253 (1979)
- 10) 国井: "熱的単位操作", 丸善, vol. 1, 123-161 (1976)
- 11) Kunii, D. and J. M. Smith: AIChE J., 6, 71-78 (1960)
- 12) Hashimoto, M., M. Yamada and K. Kataoka: J. Chem. Eng. Japan, 25, 361-366 (1992)
- 13) 橋本, 山田, 片岡: 第29回日本伝熱シンポジウム講演論文集, 252-253 (1992)
- 14) Hashimoto, M., M. Yamada and K. Kataoka: J. Chem. Eng. Japan, 26, 422-428 (1993)
- 15) 村上, 福井, 木村: 環境工学研究論文集, 30, 121-132, (1993)
- 16) 橋本, 片岡: 化学工学論文集, 20, 26-33, (1994)

.....
橋本昌也: 大阪ガス技術部 (〒541 大阪市中央区平野町
4-1-2, Tel(06)205-4602, Fax(06)231-1062)

大岡五三実: 大阪ガスエンジニアリング (〒537 大阪市
東成区中道1-4-2, Tel(06)973-5151, Fax(06)973-5100)

融液成長における対流の不安定性

柿本浩一, 李京雨 (日本電気(株)基礎研)

1. はじめに

最近の高速かつ大容量の情報および通信の必要性から、高速大容量の電子デバイス、すなわち高速CPUや大容量メモリーの実現が必須となってきている。また、計算機分野においてもベクトル機と同様に超並列機の需要も高くなる中で、高速のCPUの実現が叫ばれている。このような環境の中で電子デバイスの構造は精密化微細化の一途をたどり、これに伴い基板となるシリコン結晶の特性を精密に制御することが急がれている。ここでは、半導体材料の代表であるシリコン単結晶の製造プロセスの一つであるチョクラルスキー法(CZ法、図1参照)で生じている伝熱現象について実験と数値計算の両方の立場から検討を加えた結果を紹介する。

高品質の単結晶に対する要求から、従来はブラックボックスとして取り扱われてきた原料となる融液の対流を、最近では理解し制御する方向で研究がすすめられている。

一般に、シリコン融液から単結晶を育成する場合、結晶の原料となる融液はヒーターにより溶融加熱されるために温度場の中に置かれる。

結晶を固化するために融液中に温度分布を設定すると、これに起因する対流不安定性と呼ばれる現象の存在が容易に推測されるが、詳細にこれらの現象を検討した例は少ない^{1, 2)}。また、結晶中の不純物濃度や温度分布を均一にする目的で、通常、結晶と坩堝回転操作が行われる。これは、一般に結晶や坩堝を回転させると融液の攪拌が行われ、融液中の温

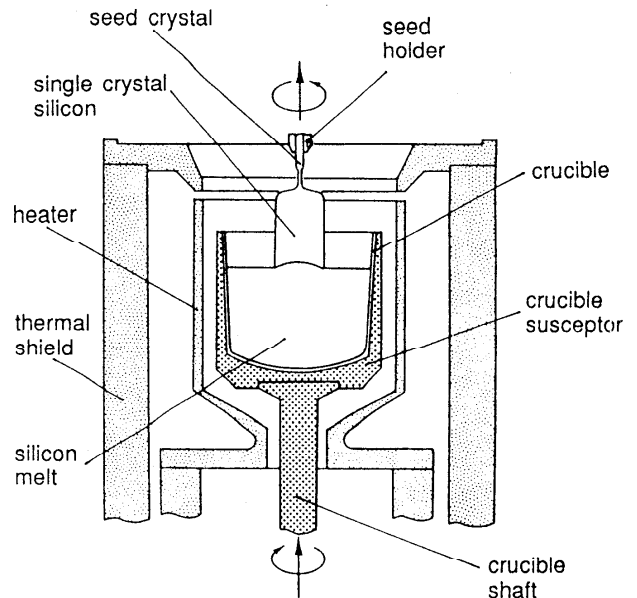


Fig. 1 Schematic diagram of CZ system for growth of silicon single crystals.

度や不純物の濃度分布が均一になるという概念に基づいているためである。このために融液は回転場の中に置かれる。一方、流体力学の分野では従来より回転流体において種々の対流不安定が発生することが知られている³⁾。従って、上記のような概念が妥当か否かを議論しておく必要がある。すなわち、”坩堝や結晶回転は常に融液対流を安定化するのであるか?”、という疑問に遭遇する。

ここでは、結晶育成に関わる融液対流の不安定性、

すなわち融液成長、特に引き上げ法の特徴である温度場と回転場に置かれた融液の対流の不安定性に関して紹介する。対象とする材料は主に半導体、特にシリコンについて議論する。ただし、ここで紹介する不安定現象は、熱物性値がほとんど変化しない他の半導体材料についても同様に生じていると考えられる。

2. 温度分布による不安定性

2.1 レイリー・ベナール不安定

結晶育成中に存在する対流の不安定現象を述べる前に、まず流体力学上の不安定現象について述べる。レイリー・ベナール不安定⁴⁾は、日常生活においてもよく経験されることであり身近な現象である。例えば、塩水湖の水が蒸発することにより土の表面に六角形の模様が生じる⁵⁾。この現象はベナールセルが生じていることにより理解されている。すなわち、この塩湖においては、湖水表面からの水分の蒸発により液体表面の塩分濃度が増加し、結果として液体表面の密度が大きくなる。従って、比重の大きな液体が小さな液体の上部に存在することにより圧力の

観点から不安定となり、結果として対流が生じ、しかも安定化する。

この現象と同じ起源を持つ対流現象がバルク結晶成長育成中、特にチョクラルスキー法において生じていることがX線透視法を用いた対流可視化実験(図2参照)と3次元の対流の数値計算より明らかになった。

一般に、チョクラルスキー法においては、図3に示すように、融液表面の温度が内部の温度よりも低い⁶⁾。これは、融液表面からの放射冷却によるもので、融液の温度が高いために生じる。このメカニズムは図4の実線で示すように、融液表面の温度の低下により融液密度が融液内部よりも増加し、上部融液は下方に、内部融液は上方に移動する。仮に融液表面に温度分布の擾乱が生じ、A点では高温となりB点では低温となるとする。この結果、重力の関係から融液はA点で上方に移動しB点で下方に沈降する。B点では放射冷却により冷却された融液がA点から集まってくるために、B点の温度はますます低下し、融液の移動は促進され、定常的に移動する。これがレイリー・ベナール不安定による対流の

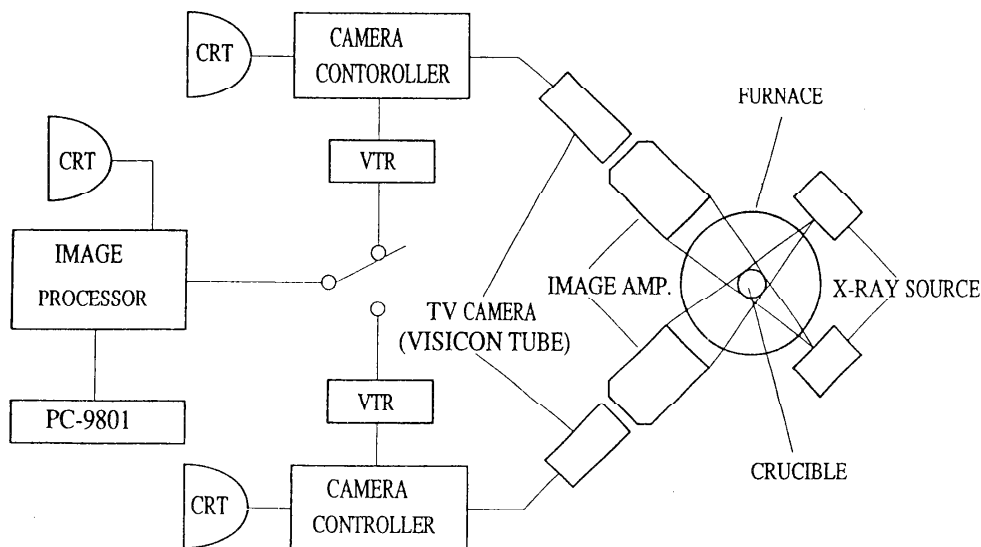


Fig. 2 System diagram of flow visualization by using X-ray radiography and solid tracers.

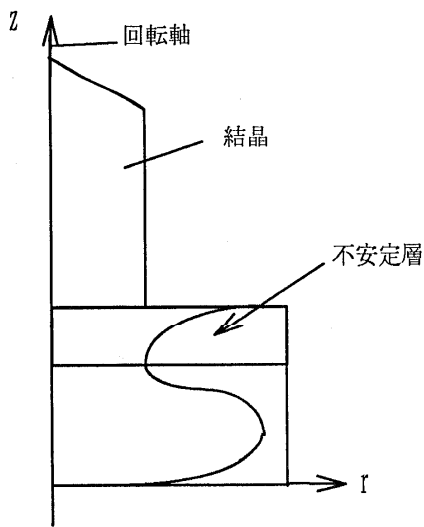


Fig. 3 Schematic diagram of temperature distribution in CZ system in cylindrical coordinate system.

発生メカニズムである。

この現象は、融液密度の温度に対する変化、すなわち熱膨張率が負の値を持つために生じる。

もし融液密度の温度勾配が正の値を持つならば、すなわち高温ほど大きな密度の融液が存在するならば、破線で示したように融液は移動しようとする。この場合、最初の温度不均一を緩和する方向、すなわちA点の温度が低下するように系は変化しようとする。この結果、系は温度の観点から平均化され、結果として対流は生じないことになる。このように、融液成長においてレイリー・ベナール不安定に基づく対流が発生する原因は、融液表面の温度が放射冷却により温度低下が生じることと、融液の体膨張係数が負の値を持つことである。

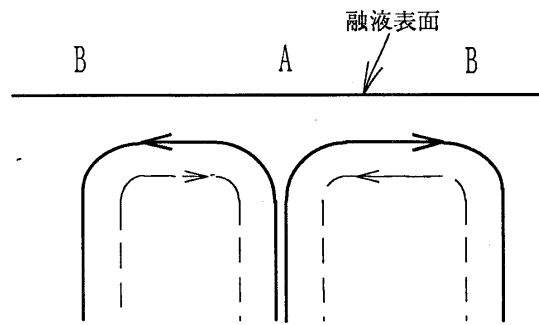


Fig. 4 Mechanism of Rayleigh-Benard Instability.

2.2 マランゴニ対流による不安定

ベナール対流と類似した現象は、密度の温度変化だけでなく表面張力によっても生じる。図5にそのメカニズムを示す。ベナール対流の場合と同じように融液表面にわずかな温度の擾乱が生じた場合、温度の低いD点における表面張力は融液の表面張力の温度依存性からC点よりも大きくなる。

一般にメルトの温度が上昇すると表面張力は低下する。これは、液体の原子間結合力が小さくなるからである。ただし、一部の液体については温度の増加と共に表面張力は増加する場合がある。

一方、温度の高いC点では表面張力の値が他の領域に対して小さいために、C点からD点への融液の移動が生じる。この移動に伴い質量保存の制限からC点では下方より表面に、D点では上方から下方に融液が移動する。C点では融液内部から高温の融液が上昇し、D点では放射冷却により冷却された融液が集まってくる。このために、D点の温度はますます低下し、融液の移動は促進される。これが表面張力対流の不安定性の発生メカニズムである。この現

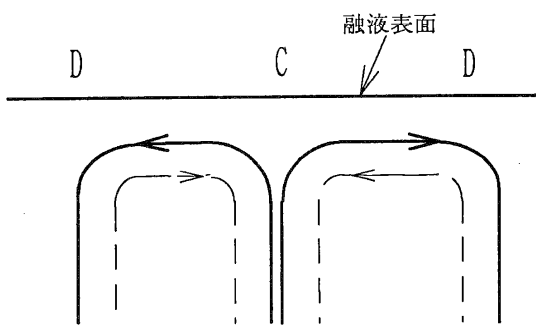


Fig. 5 Mechanism of thermocapillary-Benard instability.

象は、融液の温度に対する表面張力が負の勾配を持つために生じる。もし融液の表面張力の温度勾配の値が正の値を持つならば、すなわち高温ほど大きな表面張力を持ち、しかも融液表面よりも内部の方が高温であるならば、破線で示したように融液は移動しようとする。すなわち、温度が高いD点へと物質は輸送されようとする。このために、破線方向の融液の移動は抑止され、最初の温度不均一を緩和する方向に系は変化する。従って、対流は生じずこの系は安定となる。

このように、融液成長において表面張力対流が発生する理由は、融液表面の温度が放射冷却により温度低下が生じることと、融液の表面張力の温度係数が負の値を持つことである。

2.3 スポークパターン^{7, 8)}

従来より、著者らはシリコン融液対流には2つのモード、すなわち軸対称流と非軸対称流が存在することを示してきた。ここでは、軸対称流として分類されている対流を詳細に検討すると、スポークパターンが生じていることを述べる。すなわち、2.2で述べたような不安定性がシリコン融液中にも存在することを、X線透視法による対流可視化と3次元数値計算により確認したことについて示す。

まず、トレーサ粒子を用いたX線透視法による可視化結果について紹介する。融液対流のモードを完全な軸対称流と仮定すれば、流線は融液の半分の高

さにおいてトーラスパターンまたはドーナツ状の形状の外周のみ、すなわち、融液の半分の深さでは2本の線上のみにトレーサは観察されるはずである。しかし、可視化実験から得られた結果は、図6に示すように局部的にトーラスパターンの内部にトレーサが存在することが確認され、破線で分割される8個の領域が確認された⁸⁾。この場合、るつぼと結晶の回転数は両方とも0.6 rpmとした。

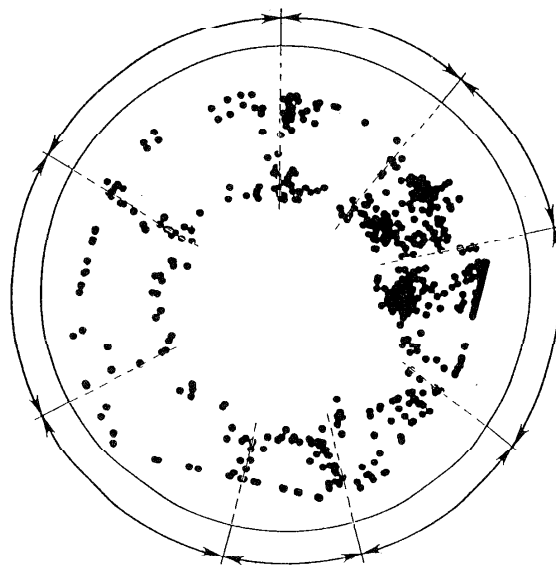


Fig. 6 Particle trace at half depth of silicon melt observed by X-ray radiography system.

この結果をより明確に示すために、周方向の一箇所に局在したトレーサの流速分布の高さ依存性を調べると、図7(a), (b), (c)⁸⁾のようになる。すなわち、この図に示したように、融液上部(a)と下部(c)では周方向にそれぞれ正と負の速度ベクトルを持ち、しかも融液の半分の深さ(b)では回転軸に近い部分が正の速度ベクトル、遠い部分が負の速度ベクトルをもっていることが解った。

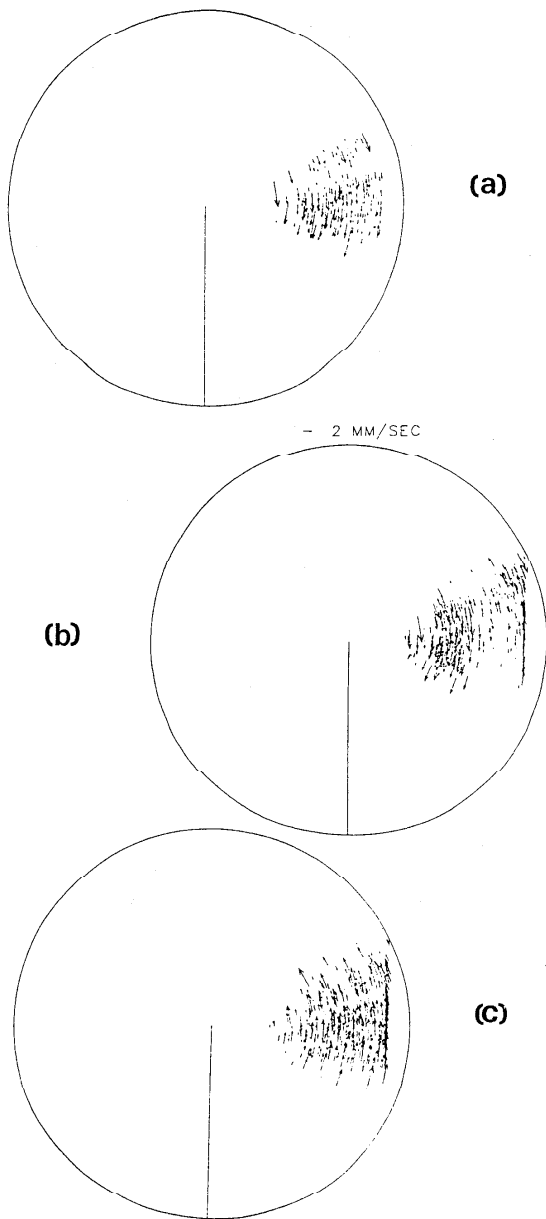


Fig. 7 Azimuthal velocity vector profiles for the tracer on the planes of the top (a), middle (b) and bottom (c). The arrow outside the circles represents standard of velocity.

すなわち、半径方向に平行なベクトルを持つ渦が形成されていることが明らかとなった。

これらの結果からわかるように、シリコンの融液対流は完全な軸対称流ではなく、周方向に周期的構造を持ついわゆるスポークパターンが存在することが言える。しかも、このパターンは、従来、酸化物

で推測されていたように表面近傍のみで終端しているのではなく^{9, 10}、坩堝の低部まで達する構造となっていることが可視化実験から明らかとなった。また、その波数は約4であることもわかった。

一方、スポークパターンが生じているときの周方向の温度分布を時間の関数として測定してみると、図8⁸⁾に示すように異なる坩堝回転数においても周方向に規則的な温度変動があることがわかる。図中に示した温度変動のなかで長周期の変動はつぼの幾何学的な位置の中心と回転中心からのずれによる温度分布の非対称から生じたものであり、本質的な現象ではないのでここでは議論しない。

一方、短周期の温度変動をフーリエ変換すると波数3から5のピークが生じ、可視化実験で得られた波数とほぼ一致する。

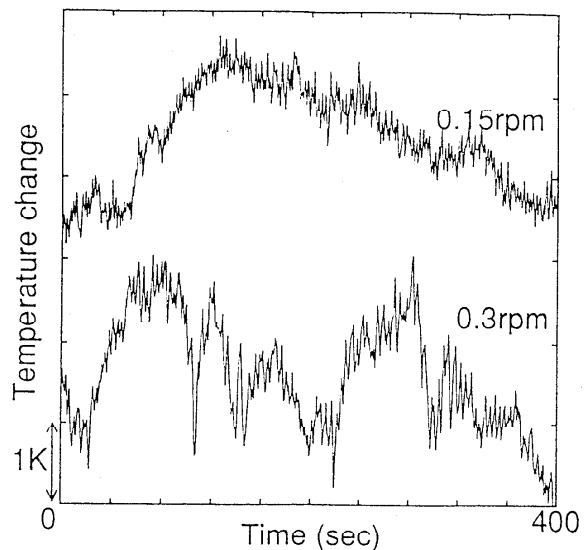


Fig. 8 Temperature distribution along azimuthal direction 10 mm below the surface of silicon melt.

次に、3次元の対流の数値計算を行ってこの現象を解析した。本研究で解いた方程式は、式(1)に示す一般化された輸送方程式の変数 Ψ に速度ベクトル(u)および温度(T)をそれぞれ代入した式、およ

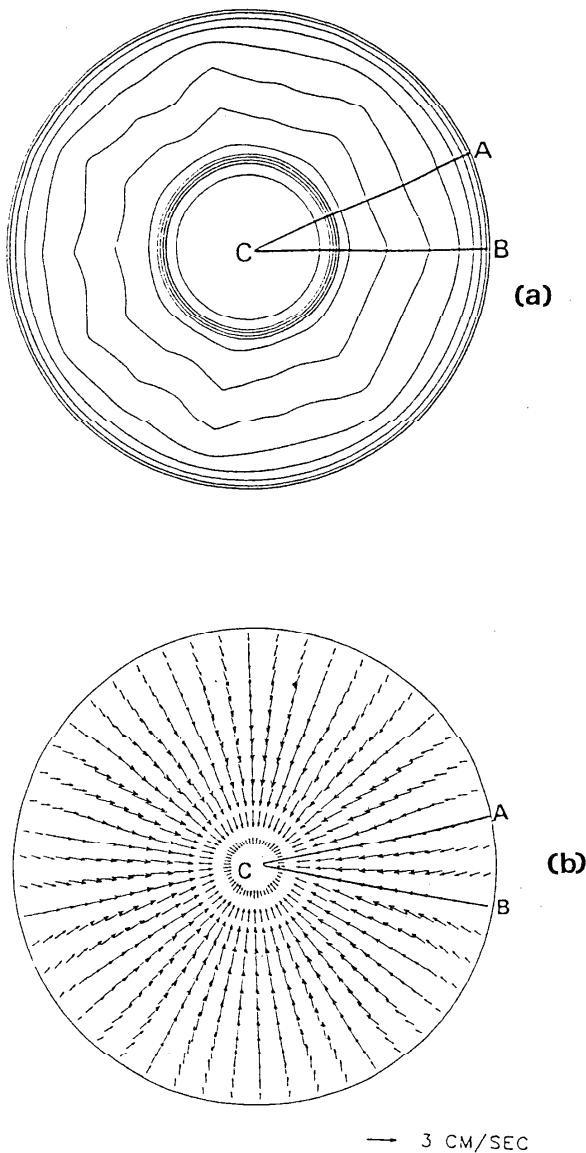


Fig. 9 Plane views of iso-thermal (a) and velocity vectors (b) at top of the melt.

び連続の式である。

これらの式は有限差分法により離散化され、SIMPLE アルゴリズムにより解いた。圧力場は連続の式を解くことにより得た。

$$\rho \frac{\partial \Psi}{\partial t} + u \cdot (\rho \nabla \Psi) = \nabla \cdot (\Gamma_{\Psi} \nabla \Psi) + S_{\Psi}, (\Psi = u, T) \quad (1)$$

ここで、 Γ_{Ψ} と S_{Ψ} とは、それぞれ拡散定数と各項

のソース項、すなわち圧力勾配、重力の効果を含む項である。

この式を解くことにより、図 9⁷⁾ に示すような周方向に速度場と温度場に変調された構造が観測される。この図はそれぞれ融液の表面近傍の等温度図 (図 9 (a))、ベクトル図 (図 9 (b))⁷⁾ である。図中の A と B はそれぞれ同じ場所を示す。これらの結果から、温度の低い部分では融液が周方向に凝集し、かつ融液内部への下降流が存在し、温度が高いところでは発散し融液内部からの上昇流が存在していることが解る。

この現象は、実験で観測されたスポークパターンと同じであり、しかも数値計算の上からもこのパターンが融液低部まで貫通していることが確認された。

以上の結果から、酸化物等で観測されているスポークパターンがシリコンにおいても確認され、しかもそのパターンは融液低部まで達していることが明らかとなった。

3. 回転による不安定性

3.1 傾圧不安定

坩堝回転数の増加に従って、融液は軸対称流から渦構造を伴う傾圧不安定流に変化することを従来報告してきた^{11, 12, 13)}。ここではこれらの報告をまとめて紹介する。まず可視化実験の結果から示す。

るつぼの回転数の増加につれて、図 10 に示すようにトレーサの軌跡はあたかも秩序が無いように観測される。ここでのるつぼ回転数は 4 rpm である。ただし、この軌跡は回転しているるつぼに対して静止系から観測したものである。この軌跡をるつぼと同じ回転速度を持つ回転座標系から観測すると図 11 に示すように渦構造が見えてくる。すなわち、静止系から見た場合あたかも無秩序に見える対流が回転系から見ると秩序構造が見えてくる。

ここでは、その詳細な 3 次元構造とこの渦の周方向速度を定量的に解明したので報告する。

まず、数値計算によりこの対流現象の再現を試み

た. 図 1 2 (a) と (b) には, 固定座標系とるつぼの回転角速度を同じ角速度の回転座標系から見た融液表面の速度ベクトル図である. このように固定座標系から見たベクトル図にはあまり非軸対称性は明確には見えないが, 回転座標系から観測すると波数 2 の渦構造が確認できる. また, 図 1 3 に示す融液表面の温度分布からもこの構造が確認できる.

この結果からわかるように, 軸対称の温度境界条

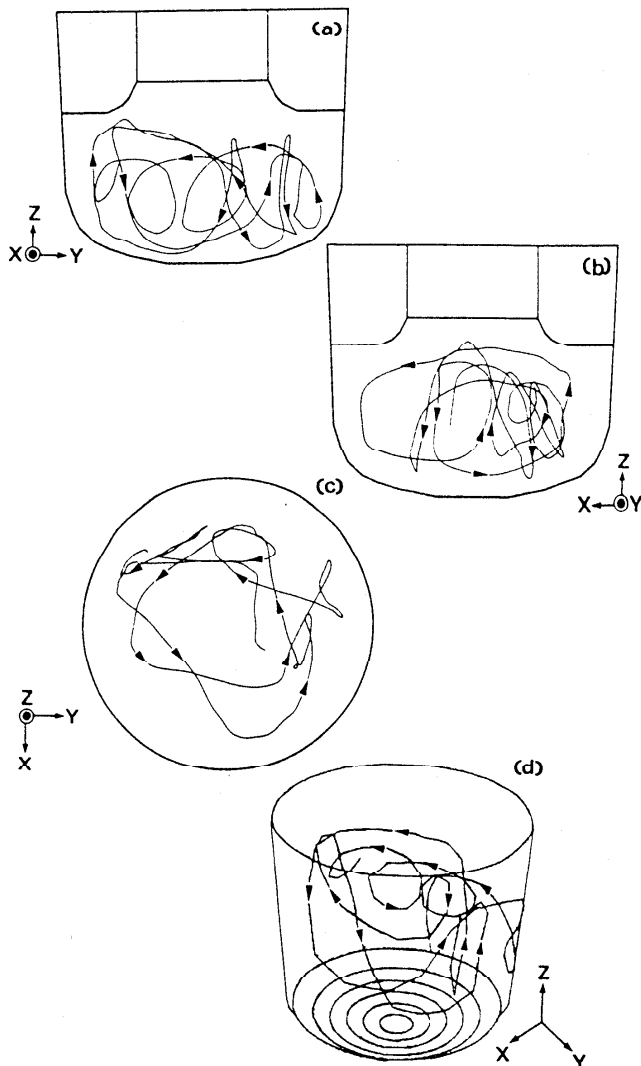


Fig. 10 Particle paths for the case of non-axisymmetric flow from stationary view point, (a) side view from x-axis, (b) from y-axis, (c) plane view, and (d) bird's eye view.

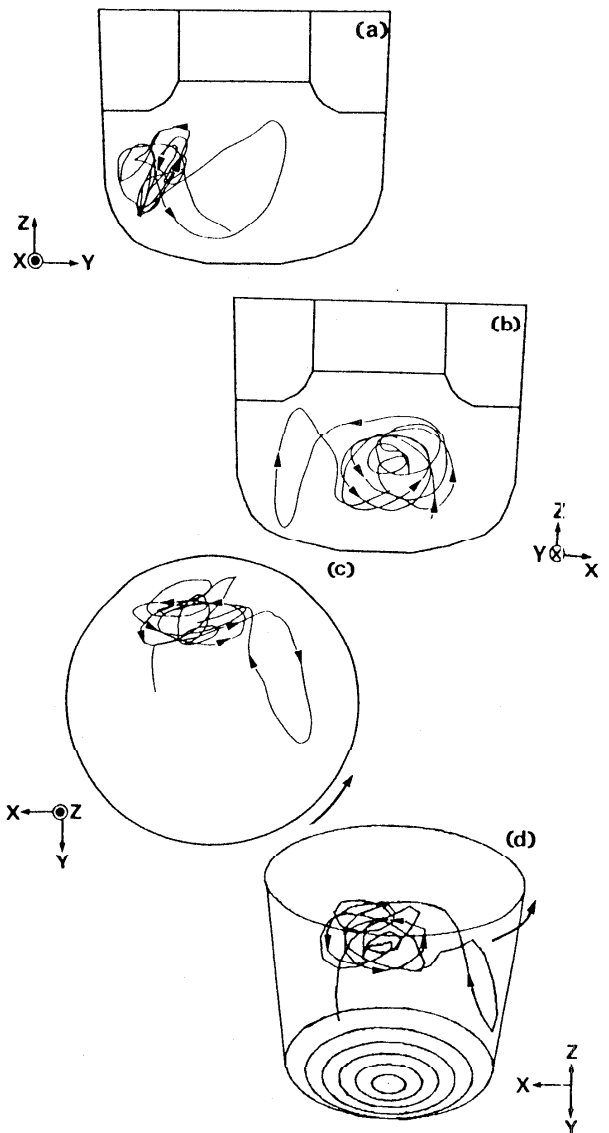


Fig. 11 Particle paths for the case of non-axisymmetric flow from rotating view point, (a) side view from x-axis, (b) from y-axis, (c) plane view, and (d) bird's eye view.

件を用いているにもかかわらず実際には非軸対称の渦構造が発生する. これは加熱源の温度の非対称分布等による外的な原因によるものではなく, 内的な不安定によるものである.

次にこの渦構造の 3 次元構造を温度測定から明らかにするために, 2 本の熱電対を同一の半径上に異なる深さと周方向の異なる角度に設置した. これにより, 同時刻 2 点温度測定をすることにより, 渦の周方向の傾斜現象を定量的に求めた. 図 1 4 に示し

た同時刻で測定した2点の温度データをフーリエ変換し、2点相関係数および位相を求めることにより渦の周方向の傾斜角度を定量的に測定した。

この同時測定により得られた温度データから得られたパワースペクトル¹⁴⁾から、次のことがわかつ

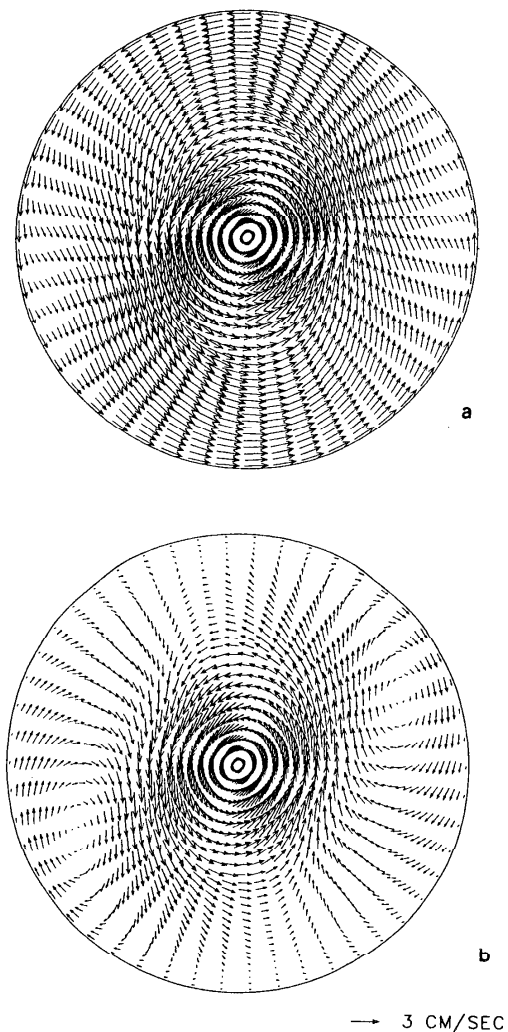


Fig. 12 Velocity vectors on top of the melt from stationary (a) and rotational (b) point of views for non-axisymmetric flow case.

た。温度の周方向の伝達速度が坩堝の回転数よりも大きいこと、すなわち、坩堝の回転角速度よりも約1割程度速く回転していることがわかった。また、位相から得られた渦の周方向の傾斜角は約10度から15度の範囲で、周方向に渦の上部が下部よりも

進んでいることもわかった¹⁴⁾。

ここで、大気の循環現象とシリコン結晶育成時の対流現象との比較を行ってみよう。図15には、北極から見た高層における等圧線を示している。大気の運動においては、コリオリ力のためにはほぼ等圧線に平衡に物質の輸送が行われる。したがって、この等圧線にはほぼ平衡な速度ベクトルの流体の移動が存

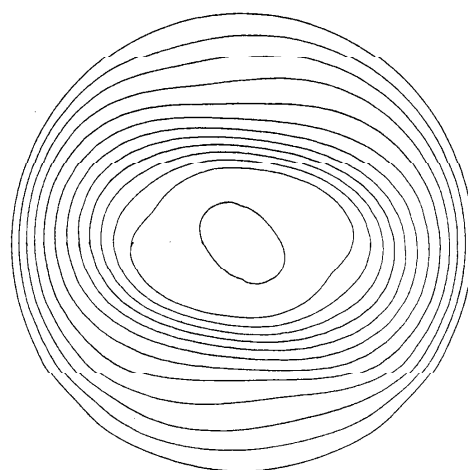


Fig. 13 Temperature contours on top of the melt for non-axisymmetric flow case.

在すると考えても良い。このシステムは結晶育成のシステムにおける温度の環境と極めて似た特徴がある。すなわち、1) 北極にはシリコン結晶に例えられる氷魁がある。換言すれば温度が低い。2) 赤道上ではヒーター加熱と同じように太陽からの大きな熱流束が存在し、温度が高い。3) 両方のシステムは回転系に置かれている。

このように温度場と回転場が共存する系における不安定現象は図16に示すテラー数と熱ロスビー数により記述される。図中にはX線を用いた対流可視化実験により得られた結果を示す。波線の上が軸対称流であり下が渦構造を伴う非軸対称対流であることが、線形安定理論や数値解析およびモデル流体を用いた実験から判っている。この渦構造の発生原

因はコリオリ力と自然対流に基ずく慣性力との競争関係により記述でき、不安定現象を傾圧不安定流と呼ぶ。

ここで実験結果から得られた軸対称-非軸対称境界と波線とは異なっているが、これは熱ロスビー数の中の代表長の取り方を改善すればある程度再現できることが判ってきている。また、熱電対により確

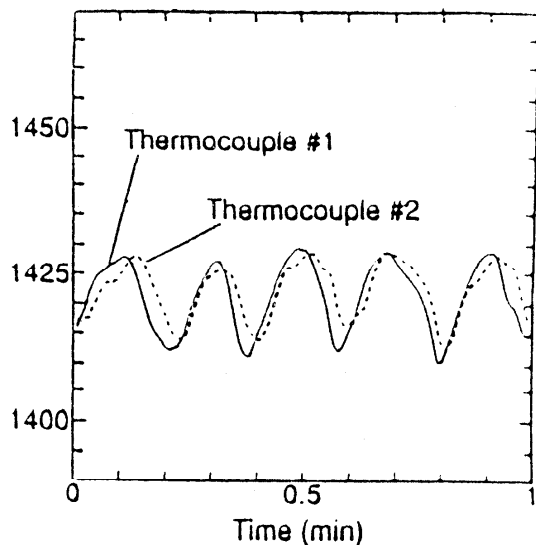


Fig. 14 Temperature oscillation at two different points in silicon melt measured by two thermocouples.

認された渦の傾斜現象は数値計算においても確認されており、シリコン融液中に存在する渦は、コリオリ力に起因する傾圧不安定性によるものであることがわかってきている。

4. まとめ

X線透視法、フーリエ変換を用いた多点温度測定と3次元数値計算により結晶育成時の対流の不安定現象について検討を行った。この結果、従来は酸化物のみに観測されていたスポークパターンが、シリコン融液中にも存在し、しかもその影響が坩堝の底部にまで到達していることが明らかとなった。また、傾圧不安定性による渦構造の存在をX線可視化観察

から報告してきたが、多点同時温度測定実験により、渦が周方向に傾斜しており、かつ、その上端は下端よりも先に進行していることが明らかとなった。また、渦の周方向速度は、坩堝の回転数よりも約1割程度速く回転していることが明らかとなった。

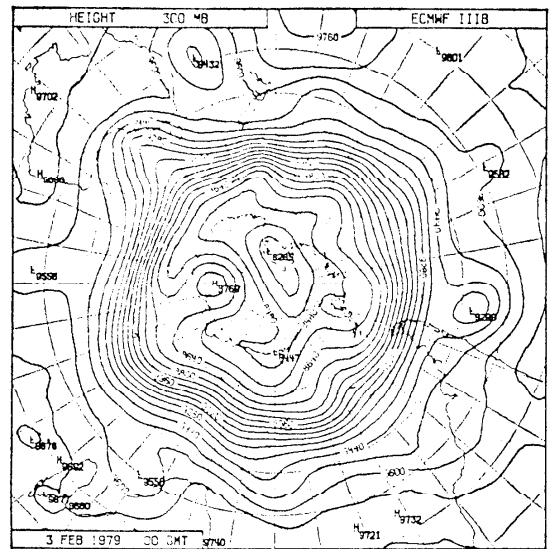


Fig. 15 Pressure contours in atmosphere from the North Pole.

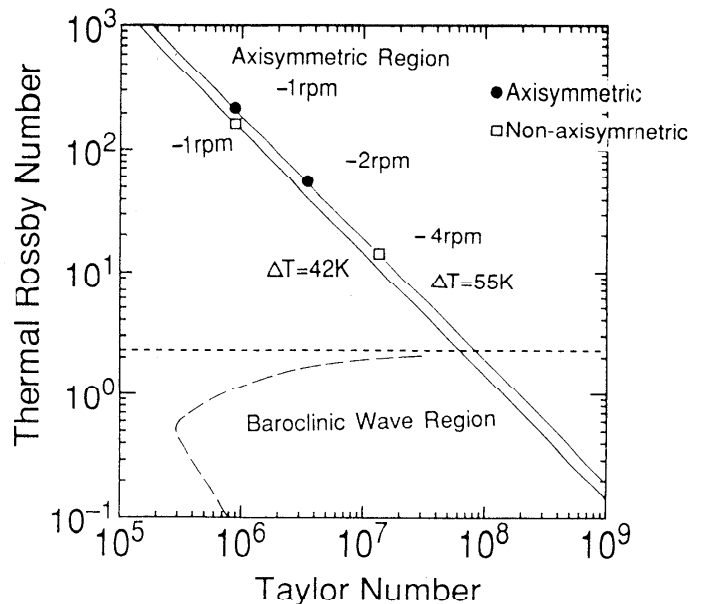


Fig. 16 Instability map in rotating system with temperature distribution.

《参考文献》

- 1) M.J.Crochet, F.T.Geyling and J.J.Van Schaftingen, *J. Crystal Growth*, 65 (1983) 166.
- 2) M.Michelcic, K.Wingerath and Chr. Pirron, *J. Crystal Growth*, 69 (1984) 473.
- 3) 地球流体力学入門, 木村竜治, 東京堂出版 (1982).
- 4) *Hydrodynamic stability*, P.G.Drazin and W.H.Reid, Cambridge University, (1987).
- 5) Hans J. Lugt. *Vortex Flow in Nature and Technology*. John Wiley & Sons, (1983) p-161.
- 6) K.Kakimoto, P.Nicodeme, M.Lecomete, F.Dupret and M.J.Crochet, *J. Crystal Growth*, 114 (1991) 715.
- 7) K.-W. Yi, M. Eguchi, T.Syoh, K. Kakimoto and T. Hibiya, submitted to *J. Crystal Growth*.
- 8) K. Kakimoto, K.-W. Yi, M. Eguchi, T.Syoh, and T. Hibiya, submitted to *J. Crystal Growth*.
- 9) C.D.Brande, *J. Crystal Growth*, 42 (1977) 400.
- 10) D.C.Miller and T.L.Pernell, *J. Crystal Growth*, 57 (1982) 253.
- 11) K.Kakimoto, M.Watanabe, M.Eguchi, and T. Hibiya, *J. Crystal Growth*, 126 (1993) 435.
- 12) M.Watanabe, M.Eguchi, K.Kakimoto, Y. Baros, and T. Hibiya. *J. Crystal Growth*, 128 (1993) 288.
- 13) Y.Kishida, M.Tanaka and H. Esaka, *J. Crystal Growth*, 130 (1993) 75.
- 14) V.B.Booker, K.-W. Yi, T. Syo, M. Eguchi and K.Kakimoto, 第41回応用物理学関連連合講演会予稿集(1994).

柿本浩一, 李京雨: 日本電気(株)基礎研究所物性応用研究部 (〒305 つくば市御幸が丘34番地, Tel(0298)50-1148, Fax(0298)56-6137)

イブニングセミナー

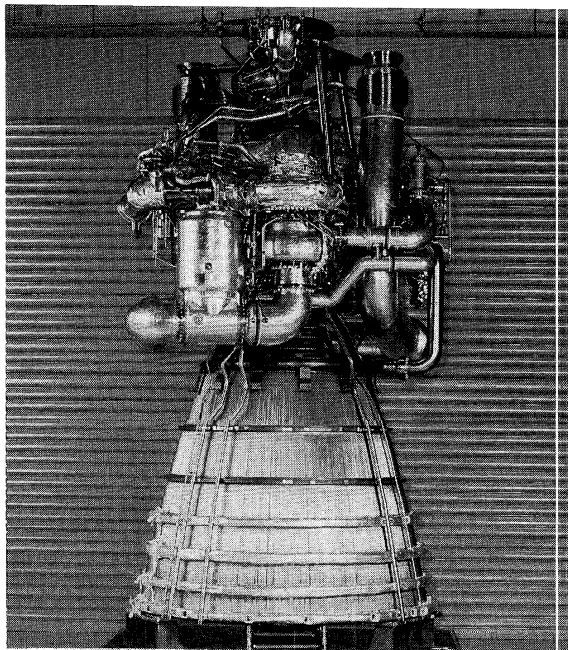
「国産ロケットH2用LE-7エンジンの開発」

三菱重工（株）名古屋誘導推進システム製作所
エンジン機器部 岸本健治

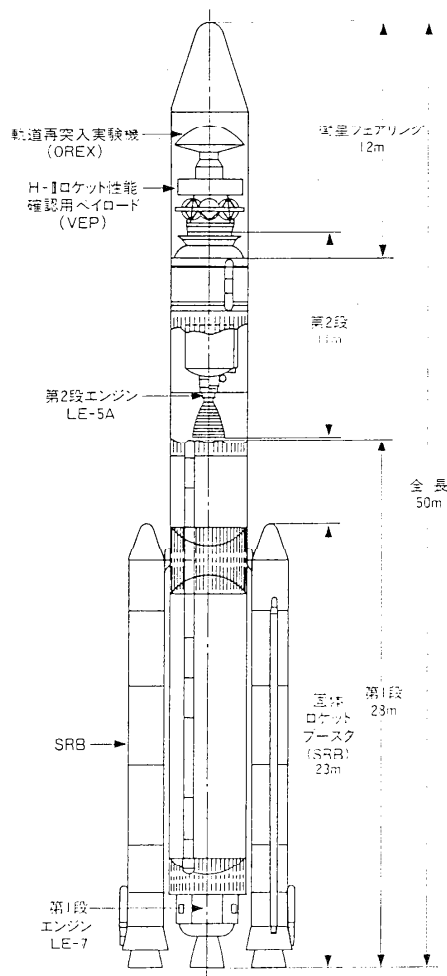
はじめに

本年2月4日朝7時20分、10年にわたる様々な開発の苦勞が思い出に変わった。

H2ロケット初号機が、それも多くの関係者の心配をよそにほぼ完璧な飛翔をした。これまで、Nロケット、H1ロケットと、同じような初号機の発射を経験してきた筆者ではあるが、発射の瞬間までのカウントダウン中に高まる緊張はいつも二度と味わいたくないと思うほどであり、慣れるということとはなかった。



しかし、今回はこれまでとは少し違うと感じた。筆者はLE-5エンジン、LE-7エンジンの開発を通じて技術とりまとめをつとめ、H1ロケットの時には、初号機発射三日前から眠れない緊張の高まりであったが、今回はまたなにか起こっても解決できるという奇妙な自信めいたものがあったからである。それはおそらく、開発を通じて、何度も大きくて新たな問題にぶつかり、そのたびになんとか解決してきたからだと思う。写真は、記念すべきその打ち上げの瞬間と、これに使用したLE-7エンジンである。従来は、発射時には射点から数百メートルしか離れていないブロックハウスにいて、ロケットから送られてくる状態データを監視する任務のため、宇宙に携わってすでに23年になるのに打ち上げを肉眼で見たことがなかった。しかし今回は、射点から3kmの指令管制棟に控えることとなり、発射離陸直後から肉眼で空の彼方に飛びゆく様を確認することができた。



H2ロケット概要

H2ロケットの特徴は一二段ともに液体水素・液体酸素を推進薬にしていることであり、打ち上げ能力あたりの全備重量は世界一小さく、性能がよい。打ち上げ能力は、静止軌道に約2.2トン、低高度（シャトル軌道）には約10トンである。打ち上げる衛星の大きさはスペースシャトルと同じ大きさが可能で、H2ロケットの全備重量は約260トンである。

全長は約50m、中心（コア）の直径は4m。両脇にあるのは固体補助ロケットで、発射後約94秒で燃え尽き、分離される。そのときの高度は約40kmである。先端のフェアリングは、空力加熱から衛星を保護するもので、高度130kmに達したところで分離される。空力加熱の心配がなくなったところで、余計な重量（約1.4トン）は早めに取り除かれるのである。一段エンジンLE-7は、搭載している一段用タンクの液体水素又は液体酸素が使い果たされた時点で燃焼停止する

（ディブリーションカットオフ）。発射後約350秒である。その10秒後に一段は分離される。高度は約180kmである。さらに6秒後に二段エンジンLE-5Aは点火され、約400秒間燃焼した後一旦停止する。このときの高度は約250km。約720秒間慣性飛行した後、ほぼ赤道上空に達したところで二回目の点火、今度はほとんど高度を変えずに加速を行い速度10200m/sに達するまで約200秒間燃焼する。ここで衛星を分離、衛星は静止トランスファー軌道（近地点250km、遠地点36226kmの長楕円軌道）に入る。この後二段エンジンはもう一度超低推力のアイドルモード燃焼を50秒間行って軌道離脱を行う。

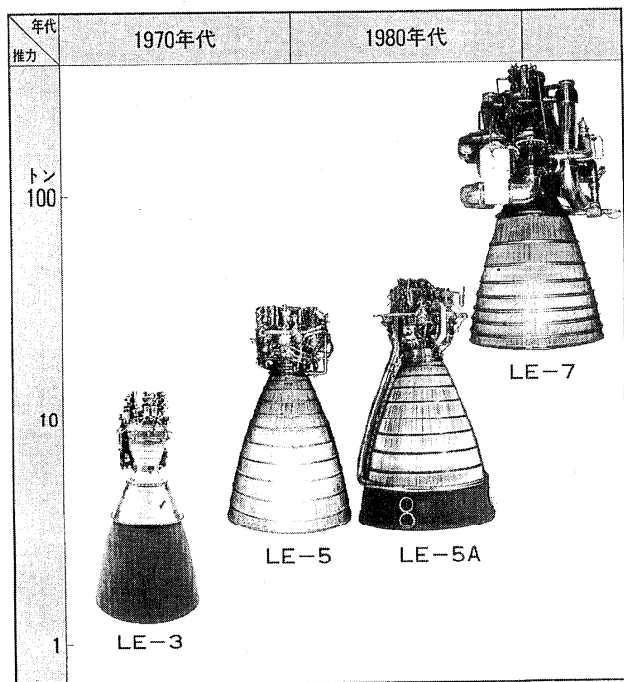
発射地点がすでに赤道近くにある米国や、欧州とは事情が違うことが推察できると思う。

項目	諸元	備考	
全長	49.9 m	(ペイロード重量を含む)	
直径	4.0 m		
全備重量	263.9 t		
ペイロード重量	3.8 t		
第1段	推進薬	液体酸素/液体水素	海面上*1 真空中*1
	推進薬重量	86.3 t	
	推力	86 t	
	燃焼時間	348 s	
	比推力	445 s	
SRB	推進薬	固体推進薬	2本分 2本分、海面上 真空中 2本分
	推進薬重量	118.2 t	
	推力	318 t	
	燃焼時間	94 s	
	比推力	273 s	
第2段	推進薬	液体酸素/液体水素	真空中 再着火機能 真空中
	推進薬重量	16.7 t	
	推力	12.4 t	
	燃焼時間	609 s	
	比推力	452 s	
フェアリング	直径	4.1 m	衛星収納域 3.7mφ×10mL
	全長	12.0 m	
	重量	1.4 t	
誘導方式	ストラップダウンIMUによる慣性誘導方式		

*1：補助エンジン分は含まない。

我が国実用液体ロケットエンジン開発の歴史

我が国における実用衛星打ち上げロケット用液体ロケットエンジン開発の歴史は1970年以来わずか24年にしかならないが、技術的には長足の進歩であった。ただ、一般によく言われるように、欧米に追いついたまではよいとして、追い越したとはとても言えない。一種の応用問題をこなしているのみと言うのが正しい



だろう。

1970年に始まった**LE-3**エンジン開発は米国との技術提携であった。基本仕様も、アポロ計画の月着陸船用エンジンがモデルになっており、これに技術的な改良を加えたものであった。このエンジンの推進薬はヒドラジン系のA-50と四三酸化窒素NTOで、今も宇宙保存性推進薬として広く用いられている。この開発で、燃焼振動、冷却の多くを学んだ。これと平行して、1973年には液体酸素・液体水素を推進薬につかうロケットエンジンの開発検討がスタートした。後述するように弊社の長崎研究所に液体水素製造設備を建設し、工業的な液体水素製造とその取り扱いの研究が開始された。

LE-3エンジンを二段目に使用した**N**ロケットは1975年に初号機を打ち上げた。

1977年には液体酸素・液体水素を推進薬につかうロケットエンジン**LE-5**の開発がスタートした。**LE-5**エンジンを二段目に使用した**H1**ロケットは、1986年に初号機を打ち上げた。**N**ロケットから**H1**ロケットまでは、一段目は米国**DELTA**ロケットの国産化であった。

1984年には、全段国内開発の**H2**ロケット開発が開始され、一段目には**LE-7**エンジンを新規開発、二段目には**LE-5**エンジンを性能向上 (**LE-5A**) する事が

決定した。

エンジンの仕様としては、その燃焼圧力を比較してもわかるように、**LE-7**エンジンは大きなステップアップであった。

各エンジンの主要諸元をまとめて示すが、**LE-7**、**LE-5A**ともに世界のトップの性能を誇るものである。

エンジン名	LE-3	LE-5	LE-5A	LE-7
推力 〔真空中〕	5.4トン	10.5トン	12.4トン	110トン
燃焼圧	12気圧	37気圧	39気圧	130気圧
比推力 〔性能〕	290秒	450秒	452秒	445秒
直径×長さ	1.0m×1.8m	1.6m×2.6m	1.6m×2.6m	1.9m×3.5m
重量	85kg	255kg	243kg	1710kg
用途	Nロケット 2段	H1ロケット 2段	HIIロケット 2段	HIIロケット 1段
主要技術	・N ₂ O ₄ /A-50	・液酸/液水 ・再着火	・液酸/液水 ・多数回着火	・液酸/液水 ・大推力 ・高燃焼圧

LE-7エンジン開発計画の変遷と主要出来事

エンジン開発は主にコンポーネント開発、原型エンジン開発、実機型エンジン開発、認定試験と四つのフェーズに分かれる。

下図のスケジュールは、オリジナル開発計画、第一次見直し計画、実績を示したものである。

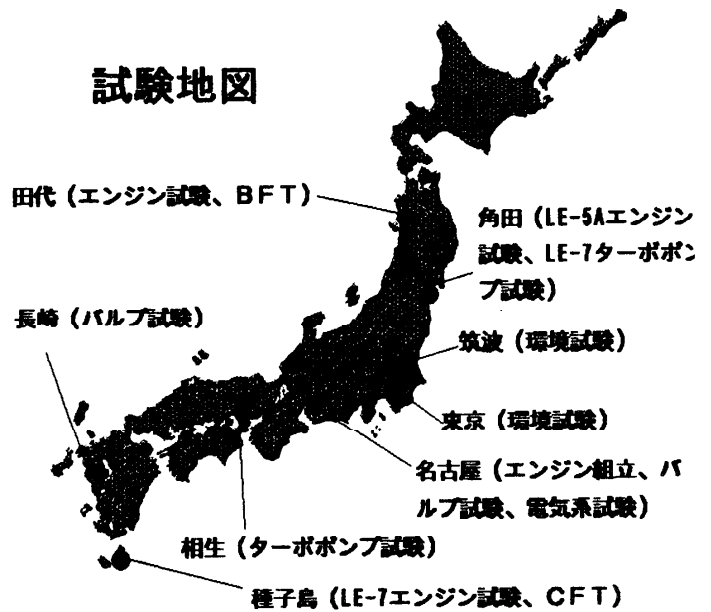
最初のコンポーネント開発において、液体水素ターボポンプが軸振動問題等のため遅れ、一年遅れの計画見直し（一次見直し計画）がなされた。

その後、エンジン始動問題、耐高振動対策等、ある程度予想された問題が発生したが、計画見直しには至らなかった。実機型エンジンのうち三台で飛行時相当の350秒燃焼に各一回成功した。しかし、打ち上げ信頼性を保証するために各エンジンは三回以上の飛行時相当燃焼を要求されているため、続く試験のための点検に入っていた。当時、この要求を達成するために、主噴射器の熱応力が注目されており、一部の溶接

部の応力測定を加圧状態で測定していたところ、主噴射器が破裂した。この事故で弊社の技術者が犠牲になった。全く予期せぬ事故のため、原因調査は難航した。結論は、応力集中と、熱による残留応力のため予定よりは高い応力状態ではあったが、前提とした材料データより実際はばらつきが大きいことが判明し、これが最大要因であった。本来は開発初期に材料の確認フェーズをとるべきであったと大いに反省するところである。この事故の影響は大きく、強度見直しなどで約半年の遅延を生じたが、立ち直った開発チームは遅れを取り戻すべく頑張った。

認定試験に入って一台のエンジンで二回の飛行時相当燃焼を達成し、更に続けようとしたところ世に言う”エンジン落下事故”が起こった。不具合は、液体水素ターボポンプのタービン部と主噴射器の結合部の破損であり、それまでの解析結果では低負荷のはずであった。事実、実機型の試験状況からも筆者は低負荷を納得していた部位であった。ところが、その後の液体水素ターボポンプのタービン部と主噴射器のそれぞれの開発進展を組み合わせる見落としがここに起こったのである。再び見直し（総点検）が行われ、幸い、これが最後の落とし穴であって、以後順調に開発を終了した。

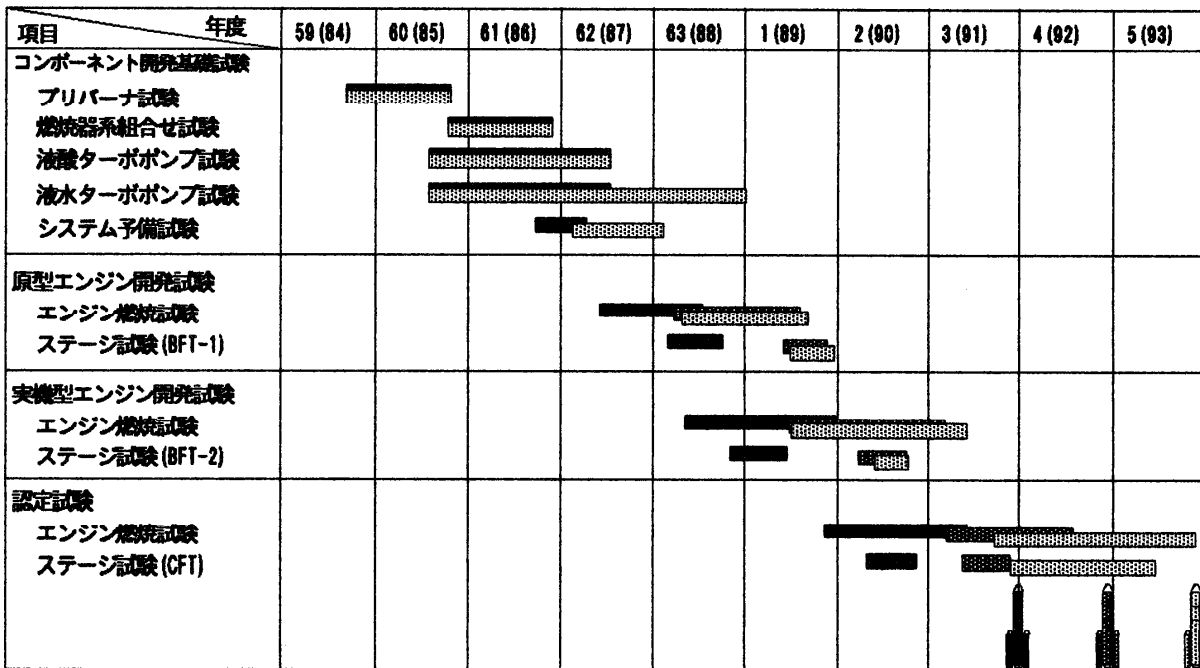
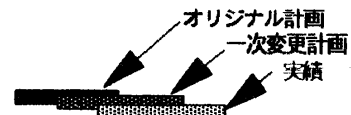
試験地図



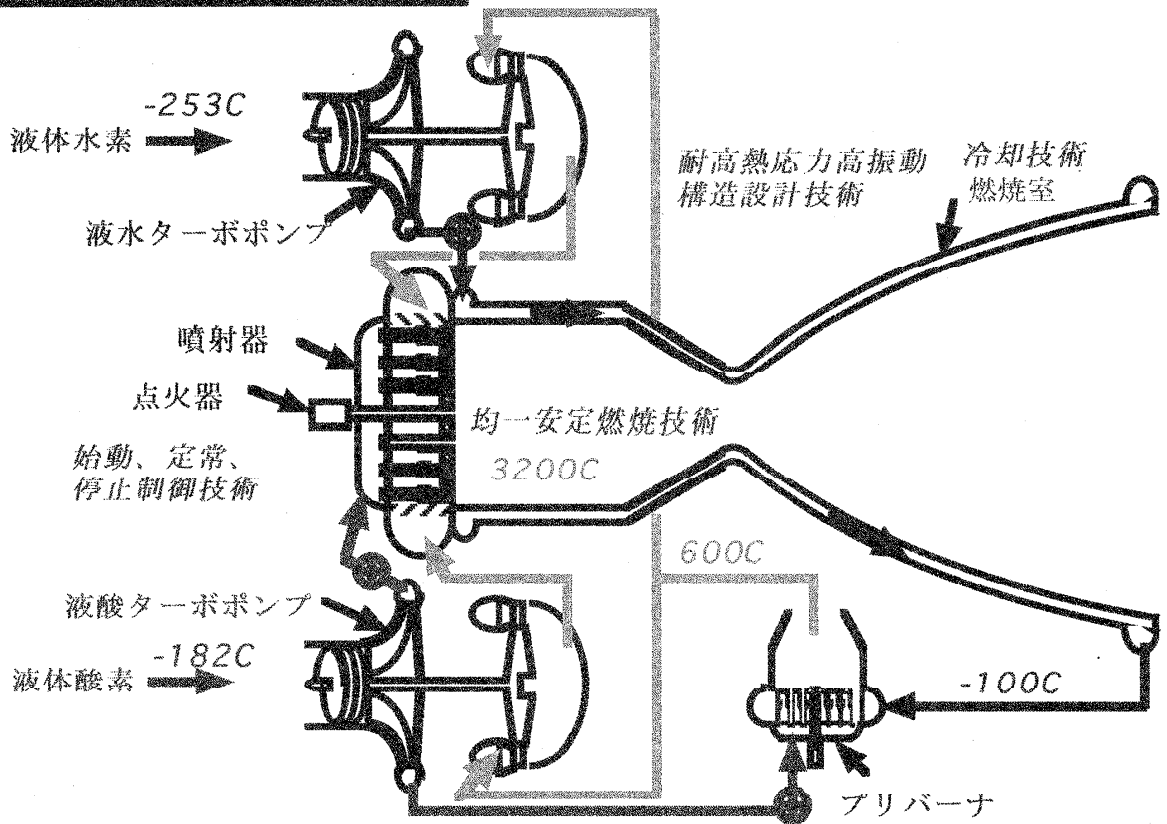
我が国における液体ロケットエンジン開発施設

地図に示したのが主要な施設である。約20年前、液体水素エンジンの開発を始めるには、我が国ではまず工業的に液体水素をつくることから始めなければならなかった。弊社の長崎研究所にその施設を設置したことから基礎がスタートしている。

LE-7エンジン開発計画の変遷



代表的な液体ロケットエンジン技術



●印はバルブ 無潤滑極低温バルブ技術

LE-5エンジンの開発は、人里離れた山中の田代試験場を主として行われ、LE-7エンジンでも多くの試験がここで行われた。LE-7エンジンの飛行時相当燃焼試験は種子島でのみ可能である。

代表的なLE-7エンジン技術

図にLE-7エンジンの概略系統を示す。

液体水素 (-253°C) はポンプで約300気圧に昇圧され、まず燃焼ノズル壁の冷却に使われる、その後そのほぼ全量の水素と液体酸素の 割程度を燃焼させて (プリバーナ) 600°C 程度の温度のガス (大半が未燃水素、つまり燃料) をつくる。このガスは液体水素ポンプ・液体酸素ポンプを駆動するタービンに使われたのち燃料として燃焼ノズルに噴射される。

液体酸素 (-182°C) はポンプから残り全量が燃焼ノズルに噴射される。

燃料が、一段階 (プリバーナ) 燃焼された後燃焼

ノズルで燃焼されることから、二段燃焼サイクルと呼ばれている。

基本的に同じとされる米国のスペースシャトル主エンジンとの違いは、プリバーナを一個ですませていること、主噴射器の高温部を無冷却で達成していることである。

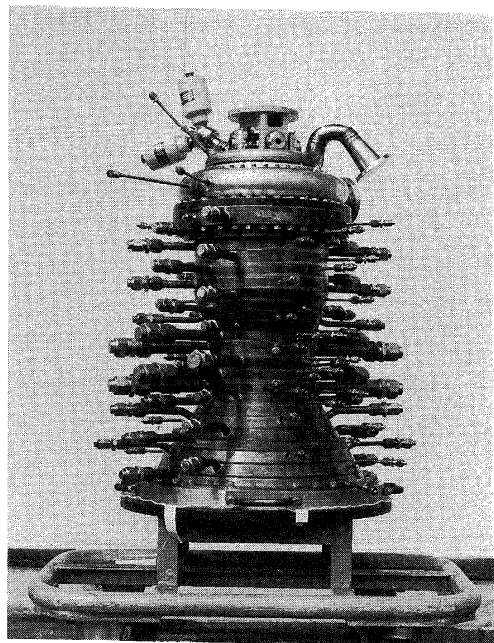
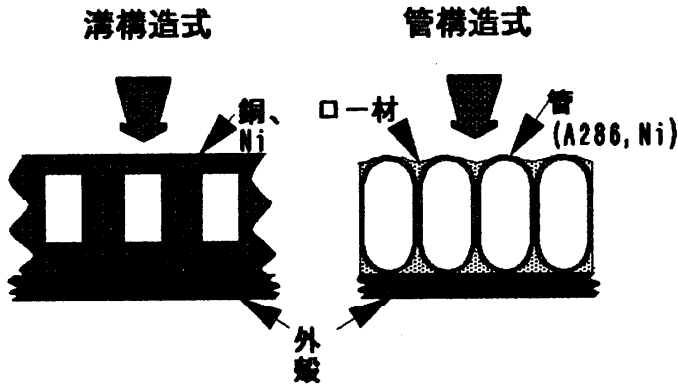
プリバーナを一個で済ませることの意味は、非定常時の混合比制御を不要にしたことを意味し、システムが簡単であるということになる。

また、主噴射器の高温部を無冷却で達成したのは、LE-7エンジンにとって最大のチャレンジであったと思うが、温度差約700度を克服している。しかし、これに伴う問題が最大の難関で、大きなトラブルはすべてこれに起因した。

燃焼ノズル冷却

液体ロケットエンジンの燃焼ノズル冷却には、図に示すように現在のところ二種類の構造がある。

燃焼器壁構造



溝構造式は熱伝達（伝導）構造の利点から高い冷却能力を持つ、反面、重いという欠点もある。使用される材料はほとんどが銅合金で、強度を補うために銀を添加したもの（Narroy Z）などが用いられる。LE-7では三菱マテリアル（株）の桶川モールドカッパーを使った。

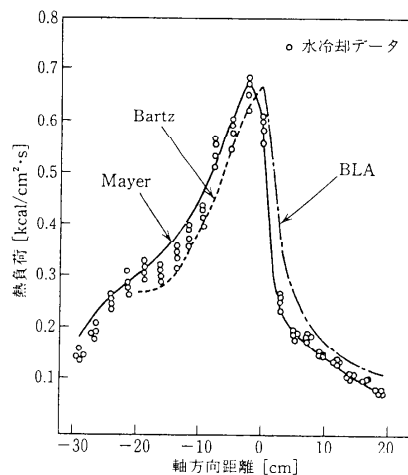
一方、チューブ式は比較的低い熱負荷にしか対応できないが、軽量という利点がある。チューブ材料はステンレス、A286、純ニッケルなど熱負荷に応じて選ばれている。LE-5エンジンの燃焼室部分は純ニッケル、ノズル部はA286が使われ、LE-7エンジンのノズル部もA286である。

LE-5エンジンは燃焼ノズル全部がチューブ式であるが、LE-7エンジンは膨張比4までの高熱負荷部は溝構造式、それ以外はチューブ式である。

冷却設計に重要なのは燃焼ガスの熱負荷データと液体水素の熱伝達特性である。

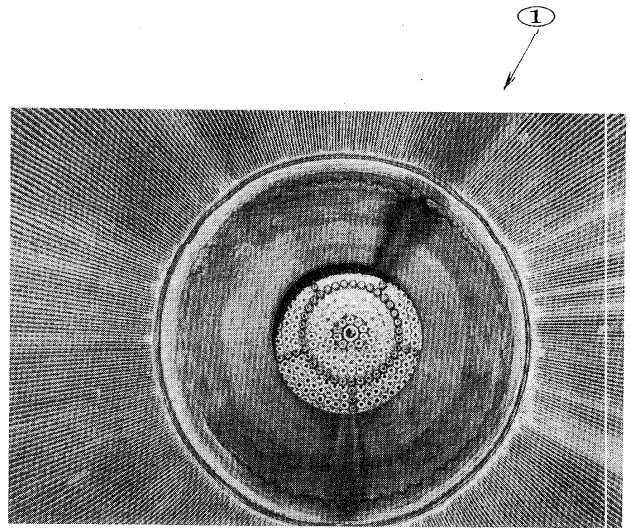
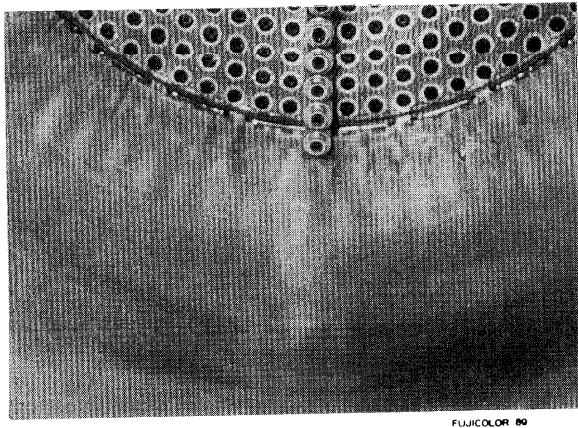
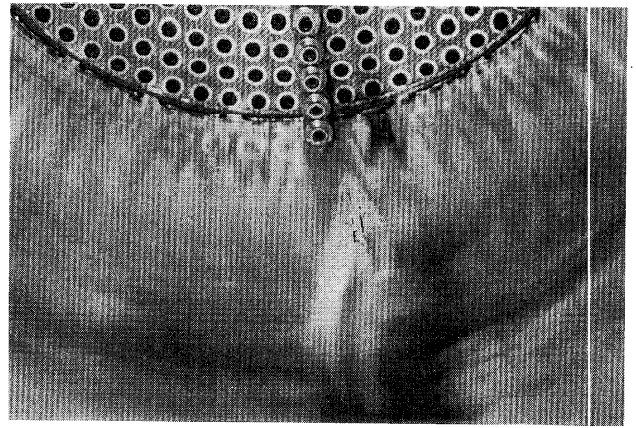
燃焼ガスの熱負荷は、境界層の式、MAYERの式、BALTZの式など、いろいろな推定式が提唱されてきたが、絶対的なものはない。LE-5エンジン開発初期に写真のような輪切り水冷却燃焼器を使って熱負荷データを取得した。

この試験によって得られたデータから実用式を設定している。実際にできるだけ忠実にという研究者とは違い、我々開発設計者には安全率を持った推定方法が望ましい。しかし、安全を取りすぎると設計不可能になることから設計上のノウハウが出てくるのである。ガス側熱負荷には修正BALTZ、液体水素側熱伝達にはTAYLORの式という選択が一つの解である。

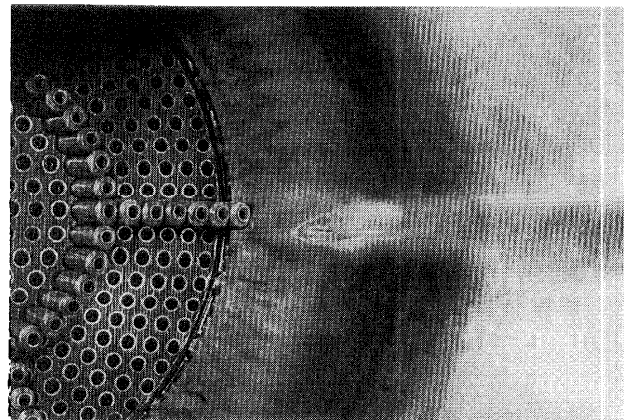


LE-7エンジンの開発にあたっては、本来ならば同様の熱負荷データ取得をおこなうべきであったが、開発期間と費用から上記の経験にのみ頼った解析を基本として燃焼ノズルが設計された。一般的な予想としては、燃焼圧力の0.8乗に熱負荷は比例することから、LE-5とLE-7では約2.7倍の差があることになり、外国の実例などがなければとうていこのような選択はできなかった。

しかし、幸いにも大筋では問題なく、ただ、今回初めての燃焼振動防止用バッフル部に局部的に不具合が生じ、冷却設計を見直した程度ですんだ。



③



最後の落とし穴

LE-7エンジンの開発で遭遇した問題は、システム段階に入ってから大きくは次のようなものに分類できる。

始動問題

振動問題

低サイクル疲労問題

熱応力問題

始動問題は、言うまでもなくエンジン始動のシーケンス設定に絡むもので、新聞その他でも報道されているのでここでは割愛する。これは5秒をクリアする壁であった。

振動問題は、何せエンジン自身の発生する音が160dbと大きいこともあって、音響振動という問題も加わり、エンジンの燃焼秒時を延ばすごとに出くわした。最初は50秒、次は100秒、更に200秒と言った具合で、初めて350秒をクリアした時の全員の喜びようといったらなかった。

次は、何度も燃焼させる要求に答える問題である。目標信頼度を達成するために、200回を超える試験をこなす必要があるが、エンジン台数が限られているため、一台のエンジンには約25回の試験をこなし、一台あたりの累積秒時は約2000秒と言うことになるからである。

熱応力問題はつねに起きた。先に述べたように主噴射器を無冷却で済ませるために、緻密な解析、試験実績を詳細に検証するための高度な検査、応力低減の工夫と加工技術、これらの向上が鍵であった。事実、この三年ほどで大きな進歩が肌で感じられる。

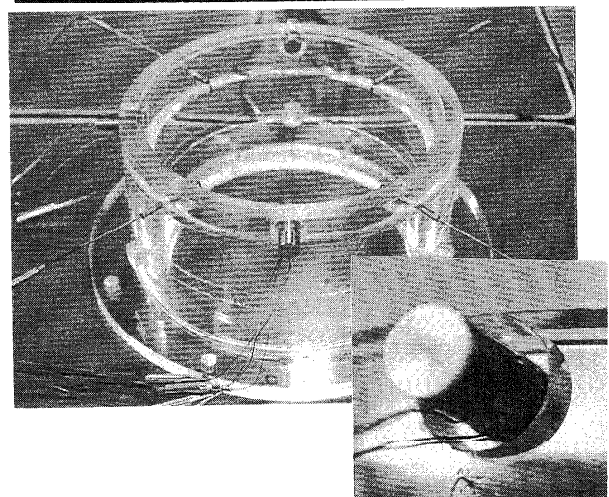
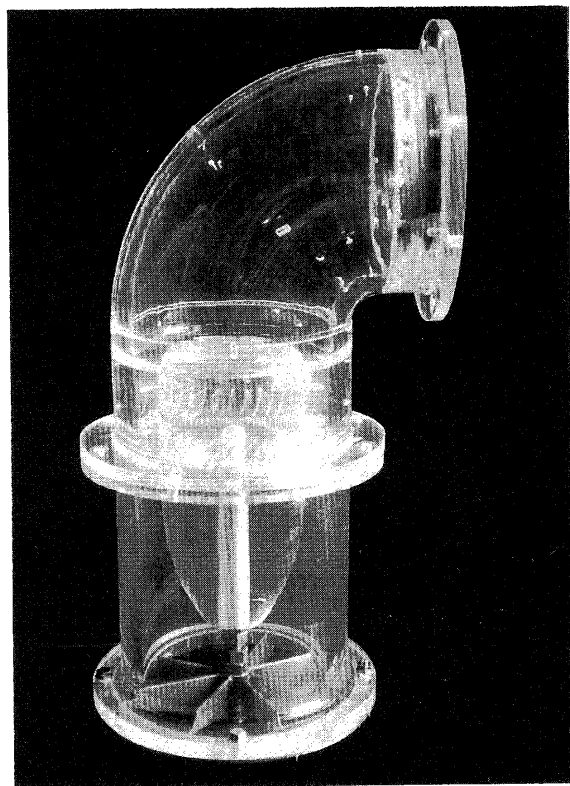
LE-7エンジンの開発が進に連れて応力状態が詳細に明らかになり、一時は冷却構造に大転換してはという意見も出た。しかし、結局は高い応力状態を可能にするのは損傷許容設計であり、確実に検査することである。構造的に検査のできない冷却式を採用せずに良かったと今は思っている。

熱応力が最大になるほぼ20秒が一つの山である。熱応力はまた残留応力と言う厄介なものを残す。これに関連して、人身事故を引き起こしてしまった我々は、大きなショックと闘いながら詳細な強度見直しを大々的に行った。1020箇所の溶接部すべてにわたって再解析し、溶接構造の見直しを実施した。このとき、材料（INCO718）の靱性値を向上する熱処理変更も

話題になったが、時間的に対応不可であった。このように万全の体制で認定試験に臨んだ。

認定試験に入って一台のエンジンで二回の飛行時相当燃焼を達成しこれでいけるとだれしもが思った。更に続けようとしたところ世に言う”エンジン落下事故”が起こった。不具合は、液体水素ターボポンプのタービン部と主噴射器の結合部の破損で、それまでの解析結果では低負荷のはずであった。

結局は、製造上の欠陥などなく、熱負荷の予測間違いと、それに起因する設計の対応不足であった。実態として熱負荷が高かったことは実験で確認された。その様子を掲載しておく。



結局のところ、解析上も、検査も、万一の見落としが生じても助かるように熱処理を変更した。熱処理の変更は、靱性は向上するが強度は落ちるため、設計はまたまた大々的な見直し（総点検）が必要だった。

これが最後の落とし穴であった。

まとめ

H2ロケット、LE-7エンジンの開発について、伝熱にできるだけ関係しそうなところを主に述べた。北海道大学での講演からは少し割愛した部分もあるが、文書に残す意味でご容赦願いたい。皆さんの何か参考になればと思います。

岸本健治：三菱重工業（株） 名古屋誘導推進システム製作所、エンジン機器部 次長（〒485 小牧市東田中1200、Tel (0568) 79-2116、Fax (0568) 78-2116)

第 3 1 回 日 本 伝 熱 シ ン ポ ジ ウ ム を 終 え て

準備委員長 福迫尚一郎（北海道大学）

八重桜が満開となり、リラの花が咲き始めた風薫る札幌の地で、5月18日～20日の3日間第31回日本伝熱シンポジウムを開かせていただきました。発表論文400件、参加者762名で、発表件数は過去最大でした。御支援を賜った棚澤会長、坂口、仲田、土方副会長を初め理事・評議員、さらに本部事務局の方々に深く感謝いたします。また遠路来道下さり、本シンポジウムを盛り上げて下さった皆様方に厚く御礼申し上げます。

準備委員会は、北海道内の官・学会の方を中心に構成されました。第31回という新出発の時に、このシンポジウムを創設された先生方の初志を思い起こし、準備・運営を進めようという事になりました。顧問、企画、総務、会場、渉外、監査などの係を設け、実働班としてワーキンググループを作り、企画・プログラム・工藤先生、会場・早坂先生、懇親会・熊田先生、渉外・杉山先生、総務・会計・山田先生、監査・斉藤先生がそれぞれリーダーとして、鋭意活動していただきました。全体の委員会は計4回行い、ここで各グループの活動の整合性が取られました。

論文集の表紙については、多くのアイデアを持ち寄り議論しましたが、最終的に杉山先生の案に固まりました。その意図については、懇親会の時にお話する予定がはたせませんでしたので、ここで少し書かせていただきます。表紙の言葉は、私共の大学の初代総長クラーク博士によるものとしてあまりにも有名です。問題はこの字体です。これは、新渡戸稲造の毛筆によるものです。5千円札のあの方です。実物は、北海道大学総長室にかかっております。彼は本学の出身で、第一高等学校校長などを歴任し、太平洋のかけ橋ならんと日米親善に身を捧げました。昨年の準備委員長前田先生の方は、一万円札であります。いずれもアンビシラスであることの大切さを私達に残してくれた偉人です。

生産性、能率性、そして効率性を寄りどころとして頂点をきわめたとされる日本の生産業の未来は、新たな独創的な基礎技術の展開にしかないと言われております。伝熱現象にアンビシラスであることにより、私達はその事的一端に貢献できる道があるように思われます。

会場は、論文件数の増加および総会の特殊事情などにより7室となりました。内3室は定員が40名程度の部屋で、出席者の方々にご不便がありました事をおわびいたします。しかし、私共の場合大学内にこのような設備があり、市中のホテル等に比べ格安で借用できましたが、幸運な例外としか言えないと思います。また、論文集の印刷費も、通常の大都市におけるそれより、安い単価の設定ができました。しかし、遠方のため昨年より230名以上の参加者の減となり、それが論文集の販売数と連動する結果となりました。

論文集の事前送付につきましては、理事会の承認をいただき、伊藤先生（元副会長・第27回準備委員長）のご意見を一部実行させていただき、事前無料送付を止め、参加者は会場でピックアップしていただきました。それ以外の処置は従来と変わっておりません。今後は、論文集の有料化（ただし、参加者は特価）も含め、このような大きなシンポジウムが、比較的容易に開催できるための境界条件について、早急に議論を重ねる必要があると考えます。

現在、伝熱学会の正会員は1200名弱です。この会員数で、400件の論文発表があり、常に700～1000名程度のシンポジウム参加者があるという学会は、大変めずらしいと思います。ここに、日本伝熱学会の足腰の強さがあり、またこの会を創設して下さった先生方の初志が生きているのではないのでしょうか。

終わりに、紙面をお借りして、長期間大切な時間をさき、準備のために奔走下さった準備委員の皆様お一人お一人に、心より感謝申し上げる次第です。

「第31回日本伝熱シンポジウム・プログラム係を担当して」

工藤 一彦 (北海道大学)

今年の5月中旬の3日間について、学内の講演会に使用できるスペースをすべて押さえることから第31回伝熱シンポジウムは始まりました。1992年の10月末でした。その後の作業は講演件数の見積もりで、過去18回の開催における講演件数のトレンドから今回は400±30件と予測されましたが、北海道でやる場合トレンドの平均より下回ることはないとふんで、400-430件で講演室と講演時間の割り振りをやってみました。結局7室で運営するとすると最大434件をはめ込めることがわかり、なんとかなるだろうとの見通しが得られました。でもこの場合、いつも2日目の総会の後に行われている特別講演の時間はとれず、1日目の夕方6時から7時までイブニングセミナーというかたちでなにかやったらどうか、という話になりました。しかし1日目の夜は皆様にとって貴重な「すすき野探訪の宵」と予想されますので、どんな企画をやれば皆様に会場に7時まで引きとめておけるかははなはだ難題でした。これは結局、昨年末にH2ロケットが無事打ち上がったというニュースを聞いてこれだ！ということになり、本号に解説を書いていただいております三菱重工業(株)の岸本氏にご講演をお願い致したさいです。おかげさまで多数の皆様がすすき野の誘惑に打ち勝ってご聴講くださり、ほつとするとともに感謝いたしております。

会場を手配し、概略日程・時間割等が決まり、講演募集の会告原稿を出してしまうと、あとは申し込みを待つばかりとなりますが、講演申し込み締め切りからプログラムを会告原稿として各学会に送付するまでの10日間ばかりが戦場となります。昨年度の経験を総務の慶応大学の菱田先生から横浜の会場でうかがったところによりますと、講演申し込みデータをすべてデータベースに打ち込み、それを使ってプログラム、前刷集の目次および著者別索引に使用したとのことでしたので、総務の山田先生のところのデータベースソフト「PARADOX」に入力することになりました。前回の横浜大会ではこのデータベースで必要事項を必要な順番でテキストファイルとして出力した後、プログラムや目次の形式に整形するのはMAC上で学生の手作業でやったとのことでしたが、バイト代節約の意味もあってこれをなんとかコンピュータにやらせられ

ないかと思立ちました。そんな折り、たまたま雑誌の付録についてきたフリーソフトの文書整形ソフトj g a w kの解説を読んで、これは使える！ということのでんばってみることにしました。このソフトは、カンマ区切りのデータを定型的な文書に仕上げるには好適なソフトで、マニュアルと首っ引きで半日かかってなんとかプログラムを書き上げました。これにテストデータを入れると、一瞬のうちに3頁飛びの頁番号まで入った目次が出力されたのには感激しました。座長名とセッション名はあとで入れる必要がありますが、会告に載せるプログラム、前刷の和文、英文目次がこのj g a w kで作成されました。j g a w kばんざい！！。あとは講演申し込み内容をフロピで送ってもらおうと、手間いらずの万々歳ということになります。今後の検討事項でしょう。

こんな準備で今年の1月末の申し込み締め切りを迎えました。申込件数は予定の400件ドンピシャリでしたが、各セッションへの分類は計算機でというわけにもいかず、講演申し込みデータを1件毎にプリントアウトした短冊を、大きなテーブルの上にはばらまいて、K-J法よろしくカルタ取りをやって、分類しました。一番大変だったのが座長の決定で、4-5件のセッション毎に2人の座長を決めねばならず、講演者の3分の1位の人に座長が当たる計算となり、またお願いした人からたくさん辞退が来たりして大騒ぎでした。講演室内のバイト学生の削減のために座長2人制をとったとも聞いていますが、1室1座長でも良いのではないかと考えます。次回からは是非ご検討された方が良くと思います。

私はプログラムと企画を担当いたしました。各方面からの賛助金の導入担当役員、懇親会の準備担当役員、また最初から最後まで忙しく活躍されました総務担当の役員、各種の雑用をこなしてもらったバイトの学生の方々のご苦勞もここに特記しておきたいと思ひます。

会期中は大した雨にもならず、皆様には北海道のさわやかな初夏の気候を楽しんでいただけて本当に良かったと思っております。まずは神様と皆様に感謝・・・というところです。

Research Networking for Better Productivity*

(ネットワークの効果的利用による研究の推進)

James C. LIU and Kunio HIJIKATA†

Abstract

This article is a summary of basic system administration for configuring client-server computers connected to the Internet. This article assumes that the reader has some basic knowledge of the UNIX operating system. The goal of this summary is to provide researchers in the academic and corporate research environments a short handbook, which will allow them to maintain a basic network of workstations, minimize disk utilization, optimize network cpu performance, and to better disseminate information to other researchers. This also describes the procedures to install most free software, including X-windows, FTP and HTTP information servers and Mosaic clients. The document focuses specifically on the Sparc/SunOS based platforms, but should be useful in administering other types of workstations. This handbook is not designed to replace the many volume sets of documentation provided by vendors, but rather, it lists helpful tips that may be scattered throughout the documentation. The main goal of providing these system administration procedures is to encourage better networking in the research environment. By following the steps in this handbook, a research group should be able to install many of the network servers to provide freer access to information at their site. This information can be beneficial to the other researchers at the local site or to the rest of the computing public. This handbook describes how to install and use the Mosaic Internet browser. As a tutorial, users will be shown how to read this document on-line with Mosaic. Lastly, this article announces the beginning of on-line articles for *Thermal Science and Engineering* which is a Journal of the Heat Transfer Society of Japan.

効率的な情報の取得、保存、表現が研究の推進に果たす役割は無視できないが、米国における情報ハイウエー構想を見るまでもなく、ネットワークがこのような情報革命の一翼をになうことは疑いない。すでに多くの研究組織においてネットワークが構築され、その効率的運用が図られていると思われるが、日本伝熱学会においてもこのような新しい波に乗り遅れることなく、学会の成果を世界的な規模で利用していただけるようネットワークによる情報サービスを確立すべきと思われる。その第1段階として伝熱研究の一部と *Thermal Science & Engineering* の内容の一部を直接閲覧できるようなシステムを構築した。これはイリノイ大学で開発された mosaic と呼ばれるソフトウェアを利用したもので、Internet に接続された X-Window の環境の machine であれば、図形を含め、フォーマットされた文章がマウス操作で簡単に閲覧できる。このシステムは伝熱研究の閲覧のみ

ならず各研究機関の情報公開に有用と考えられる。

ここでは Internet によるネットワークを構築するための最小限必要な知識と、 mosaic をインストールする方法、 mosaic による伝熱研究の閲覧について以下の順序でのべる。

- 2 節 ネットワークに必要な基礎知識
- 3 節 ネットワークに必要なハードウェア
- 4 節 現有機器のネットワーク化
- 5 節 Domain Name Server (DNS) について
- 6 節 Network Information Service (NIS) について
- 7 節 Free Software の入手法
- 8 節 FTP と HTTP について
- 9 節 Mosaic のインストールと伝熱研究の閲覧
- A システム管理のための Q & A
- B Sun OS のインストール
- C ハードディスクを持たない EWS の接続

KEYWORDS: UNIX system administration, Client-server computing, FTP, HTTP, Mosaic

1. Introduction: Networked Computers

Computers connected to the Internet are ubiquitous in academic or research institutions in every advanced nation. UNIX workstations are perhaps the most common form of hardware attached to the end of an Internet ethernet connection. Many researchers already run small networks of these workstations for their internal computations. However, only a fraction of researchers may know of the free software productivity tools for the workstation, and fewer still may know of how to connect to or provide information on-line to the Internet community.

Recently, the concept of an information superhighway has been suggested as the future of network information systems.

However, although the network speeds in many areas of the world are still relatively slow, the information highway already exists. It is the Internet - or simply, the Net - with hundreds of thousands of nodes world wide. There are already many ways to take advantage of the Net. One very important area is in the distributing of science information to research communities. With every research group around the world providing data to the Net, it becomes possible to obtain on-line information on the very latest scientific research that is occurring around the world. Some examples of the possible benefits include reduction of repetitive research, up-to-the-minute knowledge in the latest discoveries, low-cost, on-line, archived technical journals in full color, and easy collaborative efforts.

However, many scientific research groups not specializing

* Received: June 20, 1994

† Department of Mechano-Aerospace Engineering, Tokyo Institute of Technology [2-12-1 Ohokayama, Meguro-ku, Tokyo 152, Japan]
Phone 03-5734-2804, Fax 03-3729-0628]

in computer or information science have little expertise in setting up a small research computing network that can maximize research productivity. The main drawbacks are that the construction, installation and maintenance of a small network of workstation can be very complex. Someone in the research group must learn UNIX system administration and learn how to install the software and solve problems when something goes wrong.

As a way to entice researchers into joining the information age, this article will try to explain the essentials of system administration of a UNIX network and how setup a small research computer network. Because there are many different types of systems available from many vendors such as Sun Microsystems, Hewlett-Packard, Digital Equipment Corporation, IBM, NEC, etc, this article, for the sake of brevity, will only focus on one architecture. Because of its world wide popularity, the architecture we have chosen here is the Sparc architecture. This document will attempt to cover free software installation for X-windows, GNU software, FTP and HTTP information servers, and the Mosaic client. An appendix is also provided which will outline SunOS installation and general network administration. The readers who have machines from another manufacturer should still benefit from the information in this article because of the similarities between UNIX operating systems. The last section of this document is a tutorial for researchers in setting up Mosaic software which will allow them to read this article on-line and also other journal articles from the Heat Transfer Society of Japan.

2. Networking Terminology

In networking, there are some basic terms which users and administrators need to be familiar with. This section will try to define some of these terms which will be used throughout the rest of the article.

2.1 Hardware Clients and Servers

The first and most important concept of a network is that of clients and servers. These mean different things depending on whether one is referring to hardware or software. Most users are familiar with clients and servers in a hardware sense, but not a software sense. In the hardware sense, a client is a machine which accesses over the network a remote machine for disk storage, software, and/or information. The other machine which provides the disk storage, software or information is called the server. Clients, too can have their own disks and own software, but as long as they rely on a server for some information which must be passed over the network, then the machines are clients. A server can also be a client and vice versa, because a server may also depend on another server for information.

2.2 Software Clients and Servers

In the software sense, a client usually refers to the part of a software package used by the end user which interfaces with a software server. The client software provides the user interface

while the server is the program running in the background which handles the requests by the clients and controls the hardware. For example, terminal emulation software such as an X-terminal (xterm), or Kanji terminal (kterm) are clients to an X-server. The X-server is a program that runs in the background on a specific machine that handles graphics protocols on a specific machine. It receives keyboard, mouse or graphics instructions from the clients (sometimes over the network) and passes the instructions to the assigned hardware display on the local machine. In another example, when a user starts an rlogin, telnet or ftp session, the programs he uses are software clients. The software programs running on the remote hosts that the user is trying to reach are the software servers. More examples of software clients and servers will be provided below.

2.3 Network File System (NFS) Mounts

In a networked computing environment, there are local disks inside the workstation and there are remote disks located somewhere else on the network connected to another workstation. The remote disk is also called a Network File System. When the local workstation requests and then is granted permission to connect to a remote disk, the client is said to perform an "NFS mount" of the remote disk.

2.4 Exports and Partitions

Whenever a hardware client NFS mounts a disk, the remote NFS server must first export the disk. Exporting is therefore the opposite of mounting. Usually, only a part of the disk is exported. On all workstations, the disk can be divided into physical segments called "partitions." Each partition usually has a specific purpose, such as for storing only OS software, or windowing/UNIX software, or home directories for all the users.

2.5 Diskless Clients, Dataless Clients, Standalone Workstations

With NFS available, it is possible to have workstation clients that have no local disk at all. These are truly diskless workstations. All the software, including the OS and home directories are located on a remote host which is the file server. This is fundamentally different from a dumb terminal which connects to a remote mainframe computer. A diskless client has its own processor and memory and executes the software on its own cpu, while the dumb terminal is only displaying the computations occurring on a remote machine. It is important to note however, that a diskless client cannot boot up or perform any input or output to disk after bootup without being connected to its server.

The dataless client differs from the diskless client in that there is a local disk on which the basic bootup OS and configuration files exist. However, the rest of the UNIX OS, Windowing environment, application software, etc. are obtained via NFS. This allows the dataless client to be self configured and to continue to perform I/O to the local disk as long as no

data is needed from the server. This is an important advantage of the dataless client over the diskless client, especially in numerical research where jobs may take several days to run. In a scenario where the file server fails, any computation on the diskless client which outputs to disk will also fail, while on the other hand, the dataless client can continue to output to the local disk. However, because it lacks the major portion of the UNIX OS like the diskless workstation, the dataless workstation can neither bootup completely nor execute new commands without the server.

A standalone workstation can completely boot up without a server. It has a full compliment of UNIX OS files and usually a windowing environment as well. This does not preclude a standalone workstation from becoming a client by mounting a server disk for either home directories or additional software.

2.6 Network Information Service (NIS) Passwords or Sun Yellow Pages (YP)

On most workstations, user account information and passwords are kept in the file `/etc/passwd`. This file exists in the directory tree on every client and server. Maintenance of each individual client's and server's `/etc/passwd` file can become a lot of work if there are many users distributed over many machines. Many workstation groups thus run Network Information Service (NIS), formerly known as Yellow Pages (YP). NIS is another example of client-server software. On a network which runs NIS, the NIS server provides user login information to NIS clients. That is, the NIS server maintains the complete `/etc/passwd` file. When a user tries to login on one of the hosts on the network, the host will first check its own `/etc/passwd` file for the user. If the user is defined in the local file, the login authentication occurs with the local entry. However, if the user name does not exist locally, the host will query the NIS server for login information. NIS thus allows one server to control the authentication for all the users on a network.

2.8 Domain Name Server (DNS)

Another client-server software program is the Domain Name Server (DNS). On the Internet, data packets can be routed from one host to another host because each data packet contains some header information which contains the packet's desired destination. The protocol for this type of communications is called TCP/IP. The header information usually includes a unique numeric address known as the Internet Protocol Number (IP#) which in decimal representation has 4 numbers, each between 0 and 255 separated by a decimal point (e.g. 131.112.64.32). An IP# represents a unique host address on the Internet. However, because numbers are hard to relate to in terms of geographic location, the convention is to use host names and geographic domain names, which are then mapped to a list of IP numbers.

Every host on the network usually has a file `/etc/hosts` which is a database of network hostnames mapped to their corresponding IP numbers. But, with the number of machines on the Internet becoming large and growing everyday, it becomes impractical to maintain and update a copy of the

complete `/etc/hosts` file on every machine on the Net. The complete `/etc/hosts` file will contain thousands or even millions of host names. The solution has been to set up at any large institution only one or two Domain Name Servers which contain the complete host database. Every other host at the institution can then query the DNS for host IP# information without having to maintain and update the huge database. However, the hosts must be configured with the DNS client software. In UNIX this is often called the "resolver" software, because the software client connects with the nameserver to "resolve" the IP#. Electronic mail, telnet, rlogin, and ftp are all example of network client programs can benefit from the resolver software.

2.9 X-Windows Environment

For UNIX workstations, the current standard Graphical User Interface (GUI) is based on X-windows. The X-window standard is set by the XConsortium, a collection of companies and academic institutions, whose origins began at the Massachusetts Institute of Technology (MIT). The X standard is a set of protocols for networked displays. The X protocol provides rules on how software clients and servers should pass keyboard, mouse, graphics, and other information over the network to each other. The X-windows software, which is a product of the XConsortium is free to encourage users to adopt the standard.

2.10 Homogeneous versus Heterogeneous Networks

A network of computers of all the same architecture is said to be homogeneous. A network with machines of different architecture is said to be heterogeneous. The advantages of a homogeneous network should be obvious. It is likely to simplify networking and administration. Also, the hosts in a homogeneous network of workstations can all share one set of binary executable files as opposed to the heterogeneous network which needs to keep a separate set of binary executables for each different architecture and software OS version. Thus, the homogeneous network can offer a tremendous savings in disk space. However improvements in both software and hardware technology make maintaining a homogeneous network difficult; it is nearly inevitable that the OS and architecture, even within the same vendor, will advance. To take advantage of these improvements, the system administrator must either upgrade all the machines at once, or purchase a few new machines and then struggle to network a mish-mash of different workstations with different operating systems. In the sense of hardware, the Sparc architecture has been an exception to this rule. Although Sparc processors have undergone tremendous improvements in speed and cost performance, the binary executables for the Sparc architecture are still compatible across all Sparc processors for the same major OS version. Simply stated, a program compiled and running on one Sparc based machine will run on any other Sparc machine with the same OS. This is one reason why the Sparc architecture is popular.

3. System Hardware Requirements

The hardware needs of each research group will vary from site to site. For the small research group within a larger institution such as a university or national laboratory, there are usually support services that can loan necessary peripherals such as a tape drive for backups, a CDROM drive for OS and software installation and bound volumes of documentation. If these peripherals are not available on loan, then these must be considered necessities to purchase.

3.1 Workstation Selection

In the small research group with less than about 2 dozen persons, the important factors should be whether there is a need for maximum speed in a single machine or if there is a need for many, lower cost workstations (i.e. "seats"). If the research involves large computational fluid dynamics (CFD) codes that need more than a day of supercomputer time to compute, then having a very fast machine is the better solution. However, if the researchers are only interested in codes that they can leave running for several minutes to several hours while doing something else, such as data manipulation, graphing, and personal productivity, then today's low-cost workstations are sufficient. The advantage of low cost workstations is that they provide nearly the same networking performance as a high speed machine but cost fractions of the price per seat allowing the research group to purchase many workstations for the price of just one fast machine, thus providing more users access to the productivity and networking of a workstation.

3.2 Disk Requirements

Disk requirements are also important in any research group. There needs to be enough disk on the server to provide for all the software, all the swap space and all the users. The standard SunOS software with Openwindows will require about 200 MBs. In addition, installation of compilers, productivity software, and free software like X-windows and the GNU utilities will require at least another 200 MBs. The swap space for the server needs to be at least double the installed memory which is at least another 64 MBs for most workstations which now come with 32 MBs. Therefore, just the swap and the software require about 500 MBs.

Given more disk, the tendency of the users is to waste disk space by forgetting to delete or compress their unneeded files. However, there is a realistic minimum for users which lies around 5 MBs for each casual user, and about 50MB for each user doing CFD. Usually all the user /home directories are expected to be on one filesystem which is NSF mounted by all the clients. This way, the users always access the same /home directory regardless of which workstation they login from. In a research group of about 2 dozen people of which 25% do a considerable amount of numerical work, the minimum disk requirement for the /home directories is another 400 MBs. There should also be an additional 100 MBs of temporary disk always available for a large calculation or to compile a large software package.

Altogether, the minimum disk for a file server for our

hypothetical research group is roughly 1 GB. If the network is heterogeneous, expect to add another 400 MBs minimum for the applications for each architecture or OS platform. It should become quickly obvious, in disk requirements alone, why standalone workstations and heterogeneous networks are not efficient in terms of disk.

3.3 Networking hardware

The assumption at the outset of the paper is that the small research group has Internet access provided by the host institution. However, the local responsibility of networking the workstations may be the responsibility of the local group. If so, then the group will usually need to purchase some type of ethernet concentrator box and the needed cables. The concentrator box is the box that all the workstations are plugged into. It should provide enough sockets for all the workstations and one more to connect the box to the main institution's network backbone. The cables must be able to connect the workstations to the host institution's network. Many workstation now come with the standard twisted pair (usually 10baseT) ethernet. However, most network backbones are likely to use IEEE-thick ethernet which has 8 wires and DB-15 connectors. The concentrator box vendor or the workstation vendor can usually provide the needed adapters. This document will not cover connectivity with PCs or Macintoshes. Individual networking needs for PCs and Macs can be usually referred to the workstation, PC or Macintosh vendor.

4. Upgrading After Vendor Workstation Delivery

4.1 Workstation delivery

Each workstation vendor will usually deliver a workstation that boots up out of the box if it comes with a disk. All brands of OS these days include a GUI or graphical user interface which is X windows compatible. The workstations are usually pre-tested to insure that they boot up and the windowing, graphics, audio and other peripheral devices work.

Some vendors, especially in Japan, provide service on site to install and test the OS the first time. If so, it is important to provide the system engineer with the specifications for the type of workstation, whether it will be a server, a standalone, a dataless or diskless client. The amount of disk space for each partition, the ethernet port serial number, and Internet Protocol number (IP#), hostname and possible client information are important facts to have ready which will save time. The systems engineer can often be very helpful in answering questions from a new workstation owner. However, this may be of little help if the new owner does not know enough about the OS to ask.

Therefore, every administrator should know basically how the OS works and how to install the OS as insurance against a corrupted disk or disk crash, or an OS configuration that is unsatisfactory after the vendor has delivered the workstation. For this purpose, the instructions on how to install SunOS4.1.3C for servers, standalones, dataless and diskless clients are given in Appendix B. This is similar in complexity

and involves many of the same issues confronted when installing other UNIX operating systems. Users should note that some new versions of OS, such as Sun's Solaris 2.x provide windows driven menus in their installation programs which greatly simplify OS installation. For this reason, administrators may seriously consider upgrading to an OS such as Solaris 2.x.

4.2 After Delivery

After delivery, there are many additional tests that the administrator or superuser should try. These include things such as connecting the machine to the network and attempting to telnet to another host. Then while logged into the other host, telnet back to the new workstation. The administrator should also start up the X windowing environment and see if it is capable of sending X displays to another workstation as well as displaying remote X displays on the local console (See A.20). Other possible things to try are listed in Appendix A, items 1 through 24.

After the new workstation has been put through the proper tests, the next step is to begin the process of making the workstation a more friendly environment to work with.

1) Perhaps the first problem that every new workstation has is finding other hosts - the telnet, ftp, and rlogin commands do not work with machine names. The commands should however work if used with IP numbers. The problem is that the /etc/hosts table is empty and the machine has not been told how to look for a nameserver. How to configure the workstation to query a nameserver is the solution to this problem. This is described in Section 5.

2) The next task is usually to attempt to mount any needed directories or export any directories to other clients. Much of how the final directory structure of the workstation will look like depends on if the workstation will become a server, a standalone, a dataless client or a diskless client. This involves basic configuration of the operating system and is described thoroughly in Appendices B and C. Sections B.4 and B.5 specifically provide instructions on exporting and mounting disk partitions.

3) User accounts are the next task. If the new workstation is going to be a new client in a netgroup running NIS then the superuser needs to configure the machine to run NIS. This is provided in section 6. If the machine is going to be the NIS server or a standalone, then the superuser must first decide how to make system administration of everyone's files simple, then how to create the user accounts, how to make users login scripts more friendly, how to set and change user passwords, how to install other types of UNIX shells, and how to choose a start up windowing environment. These are described in the Appendix sections A.8, 9, 10, 14, 18, 22 and 24.

4) Software needs to be installed. If the new workstation can be turned into a dataless client, then this can save a lot of time and work. How to create a dataless client is described in Appendix B.6. If the workstation is diskless and needs to be booted by the boot server, then Appendix C gives all the details. However, the new workstation may need to compile software completely on its own. There exists a large amount of free software on the Internet, like X-windows, GNU utilities, X applications and news reader client programs. How to find it, install it, and what to install are described in Section 7.

5) Perhaps the new workstation can contribute information to the World Wide Web (WWW) by becoming a server for FTP or HTTP. Where to get the software and how to set up these servers are described in section 8.

6) Finally, if the superuser has performed steps 1 through 5, the workstation should become capable of participating on the network. However, there is one last piece of software that all users must learn to obtain, install, and use. It is Mosaic. One can use it to view this document on-line and other types of information at locations all over the world. How to get Mosaic up and running is described in Section 9.

5. Connecting to a Domain Name Server (DNS)

One of the first problems encountered after receiving a workstation is the problem of connecting to other machines. Simply, the new workstation does not understand any Internet host names. The quickest solution to getting a hostname database is to copy it from another workstation. The ftp command will work even without knowing any hostnames if IP numbers are used instead. The superuser should ftp a copy of the /etc/hosts file from another machine and append it (not over-write) to the /etc/hosts file on the new workstation. This, however, is only a temporary solution.

A better solution is to connect to a Domain Name Server (DNS). There is a good chance that the institution already possesses a DNS. In the past, the DNS was also known as a BIND server which is an acronym for Berkeley InterNet Domain server, after the school where it originated from. Without a DNS, network client programs such as telnet, ftp and rlogin may not work unless the IP# is used instead of the name. For example, the ftp command to an outside host such as:

```
ftp neutrino.nuc.berkeley.edu
```

fails with a message indicating that the host is unknown. However, when the command:

```
ftp 128.32.142.191
```

is used, the computer is able to connect to the remote host. Both commands are equivalent. They both attempt to connect to the same remote host, except, the network client programs can understand what to do when they know the IP#, but not when they only have the host name. The solution is to provide a host name database which maps IP numbers to host names. Part of this database is kept in a file /etc/hosts on most machines. The file may look like:

```
# Host Database
#
127.0.0.1    localhost
131.183.69.72 youjimbo1 loghost
131.183.69.71 youjimbo0
131.183.69.73 youjimbo2
131.183.69.74 youjimbo3
131.183.69.1  bouncer-gw
...
```

However, this is only part of the solution. The complete

solution is provide the hostname database of all the machines in the world. One way of doing this is to keep an up-to-date copy of the entire world's IP# database on each workstation. This is however, impractical. There are possibly several million Internet sites around the world so the file would be quite large. Also, because new sites become active every day, and old sites die or are moved to other IP numbers, updating the database on each machine would be a troublesome task. Fortunately, almost every institution has created a DNS which has this updated hostname database and whose specific purpose is to provide hostname IP# information to clients which request it.

5.1 How the Domain Name Server Works

The creation of a DNS will not be discussed here because this is something which is a responsibility of the larger institution and not the small research group. However, a proper DNS works very simply. The administrator of the DNS compiles and keeps an up-to-date list of local host names in its host database. He announces his nameserver to other name server sites in the world. In addition, if the administrator has set the DNS up correctly, it will periodically, perhaps several times a day, connect with several other known name servers in the world. The DNS compares the time-stamp on its database with those of the other servers and if theirs are more current, then it will update its database. Likewise, other name servers around the world will make contact with the DNS and update their own files. The entire database of the world's hostnames is then provided to local DNS clients at the institution. Thus, each institution's DNS contributes update information to the world's Internet site database, and simultaneously provides the DNS client hosts at the institution the most current list of Internet sites.

The software program on the local workstation which redirects hostname requests to a networked DNS is called a "resolver." However, although some UNIX OS vendors provide a built-in resolver in the OS, some vendors do not. In addition, usually the resolver is neither turned on nor configured. For example, the base Sunos4.1.3 comes with an archive of resolver routines which programs can be compiled with so they can use the resolver, but the resolver routines are not compiled into the OS. Also, the stock telnet, ftp and rlogin programs are not compiled with these routines. These network client programs rely on a shared object library - the `libc.so` file - which does not have the resolver routines. Here we will digress shortly into the concept of shared object libraries.

5.2 Shared Object Libraries

In any complex operating system with many networking and hardware functions, it is much more economical in terms of disk space to rely on shared object libraries. Instead of writing and compiling into each executable the same networking and hardware interface routines, a single set of executable objects is stored in an object library or several libraries. When the operating system receives a command to execute, it will search and load the objects that are not compiled directly into the program from shared libraries. The binary executable programs in most operating systems rely

heavily on shared object libraries. Therefore, these executables are often small programs only several tens of kB in size.

5.3 Statically versus Dynamically Compiled Programs

Here, we will also introduce the concept of statically compiled and dynamically compiled programs. A statically compiled program contains within itself all the necessary object routines to run by itself. Such programs are much more portable because the binary executable can be transferred from one machine to another machine of the same architecture and will run, even if the shared object library software installation is not the same on both machines. However, the executable is obviously larger in terms of disk space because the object routines are compiled statically into the program. The Sun Fortran compiler is an example of a compiler which by default produces a statically compiled binary.

A dynamically compiled program does not come precompiled with objects. Instead, it relies on a shared object library which is selectively loaded at execution time when routines are needed. The telnet, ftp and rlogin programs are examples of programs which are usually dynamically compiled. They are smaller, and cannot run unless the correct shared library is available.

5.4 Installing a new libc shared object file (Easy Way)

To take advantage of the DNS, all the internet client programs such as `telnet`, `ftp`, `rlogin`, `rsh`, etc. can be statically recompiled to incorporate resolver routines found in the `libresolv.a` object archive library, which is what the archive library is called on many UNIX systems. However, an easier thing to do is to either copy or recompile the executable, shared C object library file (`/usr/lib/libc.so` in SunOS) used by nearly all the executable binaries. There is a risk here in attempting to install a new shared object library. Since all the applications use it, if there is an error in the file, the operating system may become irreparably damaged and not even be able to reboot. Thus the system must be rebooted with CDROM or tape to do repairs. In the worst case, the OS may need to be completely re-installed.

The safest way to proceed is for the superuser to contact the institution system administrator who maintains the DNS and ask for assistance. Installing the `libc.so` file with a resolver requires two other configuration files as well. The `/etc/host.conf` and the `/etc/resolv.conf` files which require the IP# of the name server(s) available at the institution. Most likely, the administrators have already compiled and installed a working version of the `libc.so` file which is compatible with the superuser's system. The only requirements are that the `libc.so` file must be for the identical version of OS for the same localization. For example, the `libc.so.1.8.1` compiled under SunOS4.1.3C for the Japanese version of SunOS is not compatible with the English version. The OS versions are not identical. The version number of the shared object file should always be higher than the one currently in the directory. For example, on most

SunOS4.1.3 systems, the stock file is version `libc.so.1.8`. The newly compiled version should be `libc.so.1.8.1` or higher.

If the `libc.so.1.8.1` or higher file is available, then the superuser should obtain a copy, install it in a temporary directory, and then install the `/etc/host.conf` and `/etc/resolv.conf` files.

The `/etc/host.conf` file configures the resolver routines in terms of the order with which to check the host tables. On most systems, the resolver should attempt a host lookup in the `/etc/hosts` file on the local machine first, and then if the name is not found, the machine should then consult the DNS. Because many name servers provide the full internet domain address, when internally, only the machine name is necessary, the institution domain name should be trimmed from any name. The following example is the `/etc/host.conf` file for a machine at the Tokyo Institute of Technology. The local host database is first consulted before going to the DNS or BIND server. Then, any local hostnames ending with `mes.titech.ac.jp` are trimmed.

```
order hosts,bind
trim mes.titech.ac.jp
```

The `/etc/resolv.conf` file lists the nameservers on the network. If more than one is available, each will be consulted in the order which they appear in the file. An example of the file is:

```
;
; Nameserver Resource File for MES Dept
;
domain mes.titech.ac.jp
nameserver 131.112.64.2
```

5.5 Installing a new libc shared object file (Hard Way)

If there is no one at the institution who has already compiled a new `libc.so.1.8.1` shared object file which includes the nameserver resolver, then there is no choice but to compile the library. The first task is to obtain a copy of the free source files. These are available on servers around the world via anonymous FTP. There is a considerable amount of software available on the network in source file form that comes ready to compile and install. There is a special command called "archie" which helps locate such free software on the Internet. This article will elaborate more about the archie command, free software, tar files and compression utilities below in Section 7.

The `resolv+ 2.1` software is a free software package on the network. This is available in Japan from `akiu.gw.tohoku.ac.jp` in directory `/pub/old/net`. It is also available at a number of other sites around the world. The software source files are usually in tape archive (tar) form and compressed with either the standard UNIX compression utility or the `gzip` utility which is also free software available on the Internet.

The files should be ftped over, uncompressed and extracted from their tar form. The files should be ready to compile for an English operating system. However, specifically for the Japanese version of SunOS, the superuser should change directories to the `./shlib` directory in the `resolv+ 2.1` software

distribution. He should then edit the Makefile changing any directory references to files in the `/usr/lib/` directory to `/usr/compat/lib/`. This is because the localized version of SunOS4.1.3 still uses the same shared object libraries but keeps them in the `/usr/compat/lib`. To compile a new `libresolv.a` archive, the superuser should type "make" in the parent directory for the `resolv+` routine. This produces a new `libresolv.a` archive. If the user types "make install" the new archive will be copied over to the `/usr/lib` directory and the old existing file will be moved to a backup copy.

To compile a new `libc.so` file, the superuser should change to the subdirectory `./shlib` and type "make." This will produce the `libc.so.1.8.1` or higher version of the shared object library. Before copying the file to `/usr/lib` or `/usr/compat/lib` the file should be tested. The best way is to set the environment variable `LD_LIBRARY_PATH` to the `./shlib` directory. The full path name should be specified.

```
setenv LD_LIBRARY_PATH /full/path/shlib
```

After executing the command, the superuser to be able to test the ftp command by typing something like:

```
ftp thyme.lcs.mit.edu
```

This site actually exists. If something goes wrong, the first thing to check is if the `/etc/host.conf` and `/etc/resolv.conf` files are correctly installed. If the connection is successful, and no errors occur with other commands such as `ls`, `more`, `cat`, and `ps`, then the compilation was successful. The file can be copied to the `/usr/lib` directory on English systems of SunOS, or to `/usr/compat/lib` on non-English localizations of SunOS. A link should be made in the `/usr/lib` to the new shared object file in `/usr/compat/lib` in non-English systems. That is, in the `/usr/lib` directory, the superuser should type:

```
ln -s /usr/compat/lib/libc.so.1.8.1
```

The computer should now automatically load the new shared objects into memory at every bootup. To get the computer to re-read the shared object libraries into memory immediately, the superuser should type "ldconfig." To verify that it is using the new libraries, the superuser should issue a "trace date" command and look for evidence that the new version of `libc.so.1.8.1` is being used. This command may not reveal anything on non-English systems. However, the network clients such as `ftp`, `rlogin` and `telnet` should now work with the name server.

6. Network Information Service Passwords (NIS)

In any network of workstations the distribution of user accounts among the various workstation is often an issue. There may be some users which one may want to restrict to only one or several of the machines, and there may be individuals who should be given access to all the machines. There are advantages to providing users access to all the workstations. The first reason is that it better utilizes the

computing resources. If users are restricted to only some of the workstations, it increases the likelihood that there will be times when a user wants to use an unoccupied workstation but cannot find one which he is authorized to use. Restricting users to certain machines also increases the likelihood of only overloading one or several of the workstations when others are less loaded. In general, open user access to all the machines is most likely to optimize the performance of any network of workstations. However, there are times when restricting access is a good idea. For example, due to security, there may be workstations with proprietary data that should not have open access to all the users. In addition, there may be dedicated workstations set aside to do specific tasks.

In general, most networks function with most of the workstations completely open to all the users. In such a network, managing the user account information and passwords is best handled by NIS. NIS is a network protocol used mainly for user authentication. The NIS server keeps a record of the account and login information for all the users and provides that information to the NIS clients which request information. The NIS clients form what is known as a netgroup or internal NIS domain. The advantage of NIS is that all the user account information is kept in one file on one server and issuing an account for a user to the netgroup of workstations is simply performed once on the server. Of course, in the case that certain users need to be restricted to one or more particular machines, NIS still offers the flexibility to specify users on individual clients.

6.1 Configuring the NIS Server

One of the machines should be chosen as the NIS server. In SunOS, the file `/etc/defaultdomain` should be created with the name of the local network name. Other operating systems should have a similar file. The name of the new NIS domain needs to be unique at the institution in order to prevent networking problems from occurring due to duplicated NIS domain names. The superuser should consult with the institution's system administration about valid domain names already in use and inform the system administration of plans to create an NIS domain. The `/etc/defaultdomain` file should contain the single word name of the domain.

Optionally, the superuser should also create the file `/etc/netgroup` which aliases a group of clients. The form of the file should be:

```
NISdomainname-clients \
(client1.mes.titech.ac.jp,,) \
(client2.mes.titech.ac.jp,,) \
(client3.mes.titech.ac.jp,,) \
(client4.mes.titech.ac.jp,,) \
(client5.mes.titech.ac.jp,,)
```

Specifically for SunOS, if the server version of the OS was installed (Appendix B) on the NIS server, then there should already be a `/var/yp` directory. Many other operating systems also use the `/var/yp` directory to run NIS. If the `/var/yp` directory does not exist, the superuser should create one. There should be a file called `Makefile` in the directory. If not, then there is a backup copy in `/usr/lib/NIS.Makefile`.

This should be copied over and renamed to `Makefile` in the `/var/yp` directory. Then after changing to the `/var/yp` directory, the `make` command should be issued which will create the necessary files to configure the NIS server. Some errors may occur the first time through which will terminate the compilation. However, the `make` command should be reissued again which should result in fewer error messages or no error messages at all.

In order for the users on the client machine to be able to change their passwords on the NIS server, the server must be running the `rpc.yppasswd` daemon. To start the NIS program `rpc.yppasswd` daemon, the superuser should type the single-line command:

```
/usr/etc/rpc.yppasswd /etc/passwd -m passwd
DIR-/etc
```

Also, to have the `rpc.yppasswd` daemon start automatically every time the machine is reboot, the same line must be added to the `/etc/rc.local` file. A good place to put the line is after the other `rpc` daemons are started. The server now needs to be rebooted to initialize the daemon. The individual commands in the `/etc/rc.local` file can be issued manually by the superuser if the NIS daemon needs to be started without rebooting.

6.2 Configuring the NIS Clients

Client configuration is similar to the server configuration. However, the clients only require the `/etc/defaultdomain` file with the same name as found in the server. Also, the directory `/var/yp` needs to exist. Nothing needs to be in the `/var/yp` directory, however, the start up script in `/etc/rc.local` checks for the existence of the directory. If it does exist, then it is assumed as a request to run NIS on the system.

Unlike the NIS server, the NIS clients need to inform the security daemons in the OS to check the NIS server for netgroup passwords and groups if the login name of a user is not found in the `/etc/passwd` and `/etc/group` files. The default SunOS installation adds a line at the end of the `/etc/passwd` as well as `/etc/group` files which looks like: `+:` (a plus and a colon) possibly followed by an asterisk and several more colons. The initial `+` tells the security daemons to query the NIS server for information. This must be present for the NIS client to use NIS. This flag is also conveniently removed when a specific client needs to have access restricted, such as prior to a shutdown for hardware maintenance, backups, or some other security reason. Like the NIS server, the clients require either a reboot or manual script execution of part of the `/etc/rc.local` file to start NIS.

For diskless clients, the directory: `/export/root/client/var/yp` should exist and the `/export/root/client/etc/passwd`, `defaultdomain`, and `group` files should be modified.

7. How to Get Free Software From the Net

Section 5 mentioned the use of "archie" and "anonymous

ftp." For many users and administrators in the Internet community, these two commands are the main methods for finding the location of software and obtaining it. Free software abounds on the Internet. There are Internet newsgroups devoted solely to the dissemination of free software. Much of the software is very useful and some have become so widespread that many users expect to have them on any UNIX system. Some examples of the most popular free software are X-windows which is the product of the XConsortium, a group of private computer and software companies and academic institutions headed by the Massachusetts Institute of Technology. X-windows is a standard windowing protocol for networked windowing computer systems and should be one of the first things to install on a computer system. The GNU (pronounced ga-new) or Free Software Foundation is also a major force in free software for UNIX computer systems. Within GNU's distribution are such standard applications such as the gcc and g++ compilers, gnuplot graphing software, ghostscript and ghostview free PostScript interpreter and viewers, and the gzip utilities. The key to finding the software and getting a copy are through thearchie databases.

7.1 Installing Software from Sources on the Net

The compilation and installation process for most software on the network follows 3 basic steps. The source files usually come in the form of a single archive file. The first step is to use anonymous ftp to fetch a copy of the file from an ftp server. The next step is to unpack the software using the `uncompress` and `tar` commands. Finally, the software needs to be compiled and installed using the UNIX `make` utility.

The first step - using anonymous ftp to fetch files from the server - is the basic method for obtaining any software on the Internet. Most users are familiar with the ftp client program and already use it to transfer files from one host to another host in secured accounts that require passwords to access. However, the ftp server can also be configured on most systems to allow guest or anonymous access to a restricted directory. To use anonymous ftp, the user can issue the command: `ftp hostname`. When the ftp server on the remote host queries for the login name, the user should enter "anonymous" or "ftp" as the userid. If anonymous ftp is permitted on the server, then the user will be usually be asked to enter his email address as the password. The email address is often kept for logging purposes to keep track of the network traffic on the ftp server. After login, the process of getting files via ftp are the same as for normal ftp. Because the files on the net are usually compressed into a compact binary file, it is usually wise to set ftp to binary transfer mode (i.e. type "bin" inside ftp).

The second step is unpacking the software. Often the software is archived using the `tar` command to combine a whole directory of files and subdirectories into a single file. Then the file is compressed to reduce disk space and network transmission time when someone fetches the file. The resulting software package usually looks like `filename.tar.Z` or `filename.tar.gz`. To unpack the file, the user should first `uncompress` the file. UNIX has a built-in compression and decompression utility simply known as `compress` and `uncompress`. Files ending in a `.Z` suffix are usually compressed with the standard UNIX compression algorithm.

These files can be uncompressed by issuing the `uncompress filename` command. If the file ends in a `.Z` or `.gz` suffix, then the file was compressed using the GNU compression utility known as `gzip`. To `uncompress` the file, the user needs to use the `gunzip filename` command. Once the archive file has been uncompressed, the individual files in it need to be extracted. This is done with the: `tar xvf filename.tar` command.

Much of the software on the network comes in the form of C source code. The software is designed around the UNIX `make` utility. Many software packages which come as source code are broken in many smaller programs. Each small program needs to be compiled, then linked together with the needed object library archives. The combined object files and libraries are then loaded into one or more executables. If the code package is large, then the compile time can be long and the specific compilation instructions tedious. The UNIX `make` utility simplifies and organizes the compilation by using a compilation instruction list known as a `Makefile`. The `Makefile` defines the special compilation flags for the compiler, the specific libraries to link to, the object files which need to be compiled, the directories to look in for specific files, the target executable and finally any installation instructions. The `make` utility also checks the time-stamp on the object files it compiles relative to the time stamp on the code source files and determines if re-compiling is necessary. This can save a tremendous amount of compiling and development time when, for example, a small modification to one source file is made in a large software package. The `make` utility will only re-compile the single source file and load the new executable, thus bypassing the re-compilation of all of the other untouched source files.

The final step in compiling and installing the software is to usually follow the instructions in the file "README" or "INSTALL." However, most of the instructions are similar. The software authors usually suggest editing the `Makefile` to specify special compiler flags for the type of operating system and hardware that the user is compiling for. Usually, the details about each option to set in the `Makefile` are well documented. The user can also specify certain directories to install the software and documentation in. Lastly, the user types `make` to compile the software, `make install` to install the software in the desired locations, `make install.man` to install manual page documentation, and lastly `make clean` to clean the source directory of unneeded object files and executables.

7.2 The First Software to Install - Archie

Archie is a software package that helps locate other software on the Internet. Thearchie project was a joint project between McGill University in Canada, Rochester University in New York and the University of Southern California's Information Sciences Institute. The software is a client-server package which uses a protocol known as Prospero. The objective ofarchie and prospero is to serve information to the public on the location of software servers around the world. Thearchie client on a system queries anarchie server's database regarding the location of a specific software package. The server then searches its database and sends a list of anonymous ftp sites around the world and directories in which

the software is located at each site. Databases are designed to be self-updating with other servers around the world so that all servers are up-to-date much like the DNS.

The easiest way of finding archie is to type "archie archie" on a system at the institution that has the archie client installed. Barring that capability, the list below shows a number of sites in Japan and the directories where they are available via anonymous ftp.

```
ftp.cs.keio.ac.jp: /pub/inet/archie
ftp.mei.co.jp: /free/NetBSD/NetBSD-0.9/archie
ftp.tohoku.ac.jp: /pub/old/net/archie
ftp.wg.omron.co.jp: /pub/net/archie
wnoc-fuk.wide.ad.jp: /pub/misc/archie
```

The client installation instructions are straightforward and as mentioned in section 7.1, use the standard UNIX `make` utility. However, the clients still require access to an archie database server. If the institution already has an on-site server, then that is the best server to use. If other systems at the institution have already installed archie, one can sometimes list which server other clients are using by using the "archie -L" command. This only works on the more modern versions of the archie client program. In any event, a list of major servers around the world is given below:

```
archie.ans.net (USA [NY])
archie.rutgers.edu (USA [NJ])
archie.sura.net (USA [MD])
archie.unl.edu (USA [NE])
archie.mcgill.ca (Canada)
archie.funet.fi (Finland/Mainland Europe)
archie.au (Australia)
archie.doc.ic.ac.uk (Great Britain/Ireland)
archie.wide.ad.jp (Japan)
archie.ncu.edu.tw (Taiwan)
```

7.3 Learning About New Software - InterNet News

Once archie is up and running on the system, it is just a matter of learning about new software, and then using archie to locate the nearest ftp server which has the software. The best place to find this type of information is on the Internet news groups (also known as USENET, netnews, News, etc.). There is a network news transfer protocol (NNTP) which provides this news service to news clients. Most likely, an administrator at the institution has already installed a news server. To read the news, the user must have permission to access the server and also have the news client software. The news clients usually provide the capability to read news, post news, and send email directly to other people who post articles to the network.

There are tens of thousands of news groups in the world today. News groups range in subject from UNIX software to the restaurant reviews. The average full Internet news server holds perhaps 1 gigabyte of news from as many as 3,000 groups. Needless to say, the average small research group would be advised not to start their own news server, but find a server on site which will grant them permission to read news. The system administrator of the news server should be able to provide the hostname and IP# of the news server and some

specifics on the type and version of the news server.

The complete news client needs two basic software packages. One is the news client software that interfaces with the NNTP server and other is the software which provides the user interface. One common NNTP client is the `inews` client distributed as part of the `nntp.1.5.11` release found at many ftp sites. The user interface program is known as `rn` which is short for "read news." There is a more full featured threaded news reader known as `trn` which has the additional feature of being able to track down and list all the articles which follow the same subject. Both the NNTP `inews` software and either the `rn` or `trn` news reader must be installed to conveniently read news. The `trn` news reader requires a newer version of NNTP server software which may not be installed at the institution. The news administrator should be able to provide more information on the news server version.

Installation is straightforward, utilizing the UNIX `make` utility on most operating systems. After installation, the system administrator should subscribe to and read the following news groups:

```
comp.sys.sun.admin
comp.unix.admin
comp.sources.unix
```

7.4 The Stock MIT X-Window Distribution

Almost every workstation today comes with an X-windows compatible windows interface. The X standard is very important because it is a networked, client-server window interface software. This means that X clients can be requested over networks, and displayed on different hosts just like any other client-server software. (See A.20) This provides users the capability to display any type of graphical data on any open network host anywhere in the world provided that the network bandwidth is sufficient to support the high volume of graphics data. For example, it now becomes possible to do all the numerical calculations on a supercomputer located hundreds or thousands of kilometers away, and then display the graphical results on the local workstation console by instructing the supercomputer to send an X display over the network.

Different companies have different implementations of X-windows. For example, DEC supports the X/Motif windowing environment. SunOS comes with their implementation, which is called Openwindows. The Japanese version of SunOS4.1.3 does not support the latest version 3 of Openwindows, only version 2, but the interfaces are very similar. One must upgrade to Japanese Solaris 2.x to run Openwindows 3. Sun's Openwindows 2 does not however support all the windowing calls used in X/Motif and vice-versa. This can cause problems with compatibility when using Openwindows on a workstation console and then trying run an application which requires the X/Motif standard. However, in general, both support X-windows standards. In addition, Sun Microsystems has agreed to become X/Motif compliant, but users must upgrade to the latest version of Solaris 2.x to obtain the compatibility.

Having an X-windows compatible GUI however, does not guarantee that a full X development library exists that will allow users to compile new X applications. The solution is to install the stock MIT-X distribution which is freely available on many ftp sites around the world. The full distribution requires

roughly 100 MBs of disk space to store and 60 MBs more to compile, and it is fully compatible with most workstations.

Why should a small research group install X-windows when Openwindows or some other X environment is already available? The answer as mentioned before is that much of the free software which exists on the network requires the stock MIT-X libraries to compile and run. In addition, The MIT-X distribution provides an alternative choice to what type of X-windows GUI users can use. For example, while some users like the Openwindows interface more than the standard X-windows, there are also those who are the opposite. (See A.22 and A.24 for user specific installation). For about an extra 100 MBs on the server, the entire network can have the full MIT-X development environment to compile all the additional free software, and also provide users the option of selecting which windowing environment they like.

7.5 Installing X-windows

The current XConsortium release of X-windows is known as X11R6. This has only recently become available. This is the newest release and as yet, untested by the authors. Many sites around the world still run the X11R4 release which is several years old now and two generations behind. At most academic and research sites around the world, the most common release is X11R5. The R5 release includes approximately 80 MBs of source files and approximately 26 patches, which are fixes for bugs in the R5 release. The full installation of X-windows may take several days of compilation and re-compilation because of the massive size of the software. However, once compiled and installed, the other free X compliant software packages can be compiled easily and quickly.

The first step is to locate an ftp site which has the X distribution. This can be easily achieved usingarchie. The R5 distribution usually comes in 4 directories, mit-1 through mit-4. In each directory, there is a CHECKSUMS file, a FILES.Z file and a number of compressed archive files mit-n.??, each being half a MB in size except for the last file. The n represents an integer between 1 and 4 and the ?? represents two digits. To compile the X release, the superuser should make sure there is at least 160 MBs of free disk space on the /usr partition.

The superuser should create a directory and call it "/usr/local/xr5." or something similar. This is now the top of the mit directory tree. In some temporary directory, the superuser should make an ftp -iv (the -iv sets non-interactive mode so the ftp client will not tediously ask to verify every file during an mget) connection to the ftp server with the X-distribution and then ftp using binary mode, all the files beginning with the mit-1 directory. The commands should be similar to:

```
ftp> cd /pub/X11R5/mit-1
ftp> bin
200> Type set to I
ftp> mget *
```

After one set of files has been ftp'ed over, the next step is to uncompress and extract the files. In the current directory, the user should type (in a single-line command):

```
cat mit-1.?? | uncompress | (cd
/usr/local/xr5; tar xfp -)
```

This will take several minutes after which the superuser should then remove all the files in the temporary directory, use ftp to transfer another set of files over, and uncompress and extract the next set and so on. When all four directories are finished then the superuser should decide if he wants to install all the contributed software. This will require at least another 150 MBs of disk space and considerably more time to compile. The contributed software can be optionally compiled one at a time at a later date, so this not critical.

The next step should be to edit the site.def file in /usr/local/xr5/mit/config/ directory. By default, the X installation will occur in /usr/bin/X11, /usr/lib/X11, etc. To change the installation directory, which is recommended, uncomment out the lines and change the ProjectRoot variable to /usr/local/X11R5 or something similar. (Note: Many administrators like to put non-vendor software in the /usr/local directory.) Also, the superuser should edit the vendor.cf file and set the correct OS Major and Minor version numbers (for example for SunOS4.1.3, the major version is 4 and the minor version is 1.3).

The machine should now be ready to compile. To compile, the superuser should exit any windowing environment to free up memory because the compilation will require a lot of memory. Then the superuser should type:

```
make World >& world.log
```

which will compile X-windows. Special compiling flags may be needed for some other architectures and OS versions. The distribution will take as long as 6 hours to compile on a Sparcstation 2. Occasionally, the superuser may want to peek at the progress of the compiling by using the UNIX command:

```
tail world.log
```

If the compilation fails the first time, it should be attempted again with the same make World command. When the compilation completes, to install X-windows, the user should type:

```
make install >& install.log
```

The above command will install the libraries, include files and binary executables in /usr/local/X11R5 or to whatever ProjectRoot was set to in the site.def file.

There are bugs in the stock MIT-X distribution. About 26 patches are available which fix many of the source files and even some of the X libraries. In the source tree, /usr/local/xr5/mit/utilities directory, there will be some applications such as xmkmf and patch. These are not by default installed and the superuser should install these manually by typing make install in the directory. The patch utility is needed to install the patches to the X source tree. The superuser should ftp the fixes for the R5 sources directly into the top level of the source tree so that the fixes are in /usr/local/xr5 and at the same level as the ./mit directory. The patch can be applied by issuing the command:

```
patch -p -s < patchfile
```

where `patchfile` is the specific fix being applied. The first patch will also require a second small patch called `sunGX.uu` which takes advantage of Suns with graphics accelerators. The instructions are inside the patch file which should be read by the superuser. It is sometimes possible to install several patches at once before recompiling. However, this does not always work and the entire X distribution must be recompiled before applying the next patch which may take many more hours.

Once the X-distribution and all 26 or so patches have been successfully compiled and installed, then the source tree can be cleaned of all the object files and compiled client programs. The source tree itself takes a considerable amount of disk space which may not be of real value at present. Instead, the wise thing to do is to make a backup tape archive of the source tree with all the patches installed and then to delete it from the disk.

7.6 Installing X Application Software

The X distribution comes with its own configuration utility, `xmkmf`, which assists in creating Makefiles. The `xmkmf` is an abbreviation for "X-Make Makefile." Given a very basic configuration file called "Imakefile" the `xmkmf` utility will build a Makefile which should provide all the correct links to the X directories, where to install the compiled binary, and where to put the documentation. This way, the user who wants to compile a contributed X application needs only minor edits to the Imakefile or none at all, and needs to just type `xmkmf` and `make` to build most applications.

As expected, all contributed X applications come with `README` and or `INSTALL` files which provide specific instructions on how to install the application. The steps however are usually similar with all other X applications. First, the user makes minor edits to the Imakefile to choose perhaps a compiler and any special hardware options. Then the user types `xmkmf` to generate the first Makefile. If there are subdirectories with various source files, then often the `README` instructions will also specify that the user first type `make depend`, and then finally `make`. When the software has compiled successfully, and the user has tested the software to see that it works, the next step is to become the superuser and install the software by typing `make install` and then `make install.man` to install the man page documentation. After exiting superuser mode and going back to user mode, the user should type `rehash` to tell the computer to re-read the directory structure for any new commands and then test the application one more time. Finally, the user should type `make clean` to remove the unnecessary object files and binaries, then `tar` and `compress` all the files and put them in an archive directory on the system for posterity.

7.7 Some Popular X Applications

The following is a list of popular X applications that every system should have:

<code>xdbx</code>	X windows based debugger
<code>xgraph</code>	A simple graphing utility that is easy to use
<code>xv</code>	X viewer and editor for GIF, JPEG, TIFF, and Bitmap images
<code>mpeg_play</code>	X animation player that plays movies
<code>xfig</code>	An X based drawing utility
<code>kterm</code>	Kanji terminal for X windows (similar to Xterm)
<code>ghostview</code>	GNU based Ghostscript and X windows postscript viewer

The complete list of contributed X software is extremely long. It is archived at the site <ftp.X.org>.

7.8 GNU - Free Software Foundation

The Free Software Foundation - also known as GNU (pronounced ga-new) - provides a vast number of free software for UNIX systems. Many developers actually prefer the `gcc` and GNU `c++` compilers to the Sun `cc` compiler because `gcc` follows the ANSI standard while Sun's compiler in SunOS4.1.3 does not. GNU also supports a full C and C++ library of function calls. In addition, GNU supports the `Ghostscript` interpretation language which is free and compares in performance to Adobe Postscript. The GNU foundation also provides enhanced versions of many UNIX commands such as `make`, `install`, `more` (`less`), `chmod`, `chgrp`, `sort`, `grep`, `ls`, etc. The `EMACS` editor is also a GNU product. The compiled binaries for all the GNU releases varies on systems from 60MBs to about 90MBs. This means that the source files and libraries needed to compile all the GNU applications is perhaps 150 to 200 MBs. Most likely, someone else at the institution maintains an up-to-date GNU software library on their system already compiled for the same OS and architecture. The easiest way to get the GNU software is therefore to copy the files over and install them in the same directory tree structure. Failing that proposition, the superuser can usually find GNU sources at almost any ftp site and begin to compile the GNU applications.

Perhaps the most urgently needed applications are the GNU compression utilities known as `gzip`, `gunzip` and `zcat`. Because the compression algorithm in `gzip` usually outperforms the standard UNIX compression utility by an additional 10% to 20%, many archive sites that store several GBs of files are finding the extra several hundred MBs of free disk very useful. The next important utility to compile is the GNU `make` utility and the `gcc` C compiler. Many new software releases are now conforming to the ANSI standard, which insures more portability across various vendor platforms. Therefore, many newer versions of C source codes will no longer compile with the Sun compiler. The `gzip` GNU compression utilities however, usually come compressed with standard UNIX compression. The utilities also compile with the stock SunOS `cc` and `make`, which provides a starting point into compiling and installing the rest of the GNU software.

As usual, the GNU software is installed like other software. Users trying to compile the software should always read the `README` file and then follow the instructions. One interesting feature becoming popular with the GNU releases and other

software releases are the `Configure` shell scripts. These are executable scripts that are intelligently programmed and actually figure out many of the configuration parameters on their own which go into the `Makefile`. The user occasionally must answer a question, but the `Configure` software will often provide the correct answer as the option.

8. Installing Information Servers: FTP and HTTP

If a host internal to an institution can be accessed via telnet, ftp or rlogin from Internet hosts outside the institution, then it is possible to set up the internal host as a world wide information server. Yet, even if the institution does not allow networks to reach outside (effectively placing a firewall between the outside world and the internal network), it is still possible to configure the host as an internal information server and thus provide information to others internal to the organization.

There are many types of information servers on the internet. Here, the article will describe two popular servers. The first is the anonymous ftp server. The other is the hyper text transfer protocol or HTTP server (also popularly known as a Web server).

8.1 The anonymous ftp server

The standard SunOS4.1.x `in.ftpd` daemon supports anonymous ftp. It is a straightforward process to create an anonymous ftp site. The first step is to choose the host server. A dataless client with its own hard disk is a good choice. Placing the files on the client relieves some of the load from the main network file server. Also, this permits some level of security in that the main network file server is not unnecessarily exposed to malicious hackers on the net. However, this is not to say that creating an anonymous ftp site is a significant security risk. The anonymous ftp site described here, if properly set up, does not present any known security holes in SunOS4.1.x. However, as it will be described below, it may become desirable to provide anonymous users with write access to the disk which does present some security risk.

After choosing the host which will become the ftp server, the superuser of the machine should add an entry into the local `/etc/passwd` file (not on the NIS server) which looks like the following line (all on a single line):

```
ftp:*:399:10:Anonymous FTP Account:/home/misc/ftp:/bin/csh
```

It is important that the asterisk exist after the "ftp:" where the encrypted password would otherwise be. The asterisk guarantees that no one can login interactively into the ftp account. The superuser should then make directories and copy the files like in the example below.

```
mkdir /home/misc/ftp
mkdir /home/misc/ftp/bin
mkdir /home/misc/ftp/etc
mkdir /home/misc/ftp/pub
cp /etc/passwd /home/misc/ftp/etc/passwd
```

```
cp /etc/group /home/misc/ftp/etc/group
```

In the `~ftp/bin` directory, the superuser needs to copy a statically compiled version of the `ls` command. The `ls` command in the `/usr/bin` directory will not work by itself. As a security measure, when the ftp server receives a request to connect to the anonymous ftp account, it performs a `chroot` to the `~ftp/` directory. This means that the ftp account's home directory now becomes the root directory and no links or file access are permitted beyond the top of the ftp directory. Because the `ls` command in the `/usr/bin` directory is dynamically linked to the shared object library in `/usr/lib`, unless one also copies the `libc.so` shared object to `~ftp/lib/libc.so`, the dynamically linked `ls` command will fail. Therefore one solution is to make a `~ftp/lib/` directory and copy the `libc.so` file there. However, a more economical (in terms of disk) solution is to obtain a statically linked copy of the GNU `ls` command. A copy of the static `ls` command is available via anonymous ftp from `netsul.mes.titech.ac.jp` in directory `/pub/sys_admin`.

Next, the superuser needs to edit the password and group files to remove any extraneous entries as well as any encrypted passwords. The `~ftp/etc/passwd` file should be similar or identical to:

```
root:*:0:1:Operator:/:/bin/csh
daemon:*:1:1:/:/
ftp:*:399:10:Anonymous FTP Account::
```

and the `~ftp/etc/group` file should be similar to:

```
wheel:*:0:
daemon:*:1:
staff:*:10:
```

There should only be these entries and no others. Finally, to protect the security of the ftp account, the superuser must change permissions on the various files and directories, after which, the ftp site will become functional.

```
chmod 555 ~ftp/bin ~ftp/etc
chmod 755 ~ftp/pub
chmod 444 ~ftp/etc/passwd ~ftp/etc/group
chmod 111 ~ftp/bin/ls
```

There may come a time when the ftp site will be opened up to allow anonymous connections to upload files to the ftp server. Most sites allow this because it permits users to contribute software to the site. If the ftp site will support uploads, then the usual place to provide this capability is in directory `~ftp/pub/incoming`. Below are the standard procedures:

```
cd ~ftp/pub
mkdir incoming
chmod 777 ~ftp/pub ~ftp/pub/incoming
```

8.2 Security Risks

There are some security risks in enabling public users to

upload to the server. A malicious user can now ftp a number of large, useless files to the site which will occupy the disk and disable other users from having enough disk to perform other functions. This is one reason why the ftp server should never be on the netgroup's main file server. The malicious attack by overwhelming an ftp server with too many incoming files is called "FTP bombing."

All electronic mail spooler partitions are also at risk from a similar attack called "mail bombing," in which a malicious user programs his computer to send so many email messages that the mail spool directory fills up the entire partition. For this reason, electronic mail should always be kept on a separate disk partition from the root directory, in order to protect against mail bombings from over taking the root directory and disabling logins. Other ftp server daemons are available on the network which are customizable in terms of report logging and security. One is the experimental server from jupiter.ee.pitt.edu in directory /pub/ftpd.mod.shar. Another is the wu-ftp daemon which is available from miki.cs.titech.ac.jp in /pub/net/wu-ftp.d.2.1c.tar.gz.

8.3 The HTTP (Web) Server

Within the last three years, there has emerged the World Wide Web (WWW) initiative from the high energy physics research center at CERN in Switzerland. Their hope has been to develop a fast and convenient method of serving information and therefore connect the entire world in one large information network or "web." The network computer scientists at CERN have developed a fast data transfer protocol for transferring hypertext documents; hence the acronym expansion of HyperText Transfer Protocol. However, most users refer to the server as a "Web" server. The hypertext documents are formatted documents that allow multimedia to be referenced and accessed over the network. A multimedia document need not be on a local server. In fact, parts of the document can be located in different places all over the world. The document and its associated pieces are fetched and formatted at the time of the presentation.

Hypertext, a term more often used in the Macintosh world is basically special text associated with some other function. In essence, hypertext acts as a button to execute something else. In a document, the hypertext can be clicked on with the mouse causing another action, for example, fetching a remote document. CERN has released specifications for an HTTP server and also their own free version of server software. CERN is also responsible for the format specifications of the hypertext documents. They have developed the specifications for HyperText Mark-up Language or HTML which is how to write documents for a Web server. They have also developed a new version called HTML+ which supports mathematical equation lay-outs in documents. However, HTML+ has not yet been incorporated into any available Web display software as of June 1994. In the United States, the National Center for Supercomputing Applications (NCSA) at the University of Illinois at Urbana-Champaign have also released a version of their Web server.

Installation is straightforward on both versions. The CERN server is full featured with many security and password access capabilities including the capability to be run as a proxy server,

which means that it can be run from behind firewalls and gateways to provide users the ability to use the server as if the firewall did not exist. The NCSA server is for serving HTTP documents only and is simpler with less features, although a patch now exists to provide proxy functions as well. The NCSA version installation and configuration is somewhat simpler and is what will be described here. However, the CERN server does have more features and is available via anonymous ftp from info.cern.ch in directory /pub/www/bin.

The NCSA version is available from the host ftp.ncsa.uiuc.edu in directory /Mosaic/ncsa_httpd. The server software comes precompiled for the Sparcstation and a number of other platforms. It can also be obtained in source code form.

The administrator who is doing the installation should obtain the compressed and tarred file and then create a directory perhaps called /usr/local/www. The server software should be moved to this directory and unpacked. The result will be a small 90kB binary program called httpd, a README file and several other support directories.

To configure the server, the superuser should change directories to the ./conf directory. The software will come with 3 files that end in with the .conf suffix and 3 template configuration files that end with .conf-dist. The superuser should only edit the .conf files and not the distributed templates.

The first file to edit is the httpd.conf file. This configures the server and how it will run on the system. Most of the flags are relatively straightforward to set. Most likely, if the superuser does not change the directory structure after unpacking the server software, then he only needs to configure the following:

```
User = the userid name to server documents as (we use ftp)
Group = the group id to executed commands with (we use
      staff)
ServerAdmin = email address of the server admin ( we use the
      author's address)
ServerRoot = the path to the aux. directories (we use
      /usr/local/www/httpd)
```

The next file to configure is the srm.conf file (short for Server Resource Map). The file tells the server where the hypertext documents are located. Similarly to the ftp server, the HTTP server, for security, will not serve documents from any directories outside of those specified in srm.conf file. The main variables to set are the following:

```
DocumentRoot = document location (we use
      /home/netsul/mosaic/htdocs)
UserDir = public directory (for security we specify
      DISABLED)
Alias /icons/ = path to icons (we use
      /usr/local/www/httpd/icons/)
ScriptAlias /cgi-bin/ = cgi-bin path
      (/usr/local/www/httpd/cgi-bin/)
```

The last file to configure is the access.conf file. This file determines the access that the public has to the file. For security, at our site, we only allow connects to the directory specified in DocumentRoot and for scripts only in ServerRoot

and no other directories. The main variables to set are:

```
directory to cgi-bin (we use /usr/local/www/httpd/cgi-  
bin/)  
directory to docs (we use /home/netsul/mosaic/htdocs/)  
AllowOverride None
```

Finally, the httpd server can be started as a standalone daemon much like the sendmail daemon. The standalone program installation is very simple. The superuser should add the following lines to the /etc/rc.local shell script on the designated server host:

```
if [ -f /usr/local/www/httpd/httpd ]; then  
  /usr/local/www/httpd/httpd -d \  
  /usr/local/www/httpd  
  echo "Starting Web Server"  
fi
```

Now the server will automatically start at each boot up. To start the server right away, the superuser can execute the small shell script above. The next logical step is to install some type of hypertext documents into the DocumentRoot directory. However, the documents are of little use unless one has a program that can format and display the documents. Therefore, the next section will describe the installation of Mosaic, the HTTP client program that is also known as an "Internet Browser."

9. Mosaic for X - The Ultimate InterNet Browser

The section above detailed the description of how to set up two types of information servers, an FTP server and an HTTP server. However, with information in almost any form - text, audio, or pictures, it has been a major task of developing a client program which will provide the user with an easy-to-understand interface to all the information on the Net. The result of that development has been NCSA Mosaic. The development continues and relies on input from users and server providers. There are three news groups dedicated to issues concerning WWW and Mosaic. They are:

```
comp.infosystems.www.users  
comp.infosystems.www.providers  
comp.infosystems.www.misc
```

In the last year, free "Web browsers" or software that display HTTP documents have emerged. As mentioned above, the most popular of the browsers is the one called "Mosaic" which is free software from the NCSA at the University of Illinois at Urbana-Champaign in the United States. The need for multi-language support was also quickly evident, and developers at NCSA now also support an internationalized version of Mosaic known as Mosaic-L10N. The L10N version supports Japanese, Chinese, Greek, Hebrew and Cyrillic. Many ftp sites around the world now distribute the free source code for Mosaic and Mosaic-L10N. In Japan, the definitive source for the Mosaic-L10N software is via anonymous ftp to the Nippon Telephone and Telegraph (NTT) server at www.ntt.jp. The NTT ftp server is also the definitive HTTP/Web server for documents

pertaining to Japan. It contains on-line documentation in both English and Japanese concerning NTT and its laboratories as well as a small Japanese Almanac. How to access the NTT server will be mentioned in the sample home page HTML document in Section 9.3.

With the Mosaic client program and X-windows running on the workstation, a user can access on-line information such as weather forecasts, satellite photographs, research databases, US tax forms, local area street maps, and more. However, as yet, not many scientific researchers are utilizing this form of information distribution which has many advantages over printed text. Low cost, color graphics, accessibility and timeliness are all examples of advantages of articles distributed over networks rather than by publishing in a journal article. For example, the article you are reading now is available on the internet via the Mosaic client.

9.1 Installing the Mosaic Client

Installing the Mosaic client is simple. It comes precompiled for a number of popular workstation architecture including the Sparc. The Mosaic-L10N software from www.ntt.jp should by default run on most platforms with no modifications. The Mosaic source files and L10N patch file are also available for those who would like to compile it for themselves. However, this requires at least X11R4 and the Motif 1.1 libraries. Note for Sun users: Solaris 2.x users have the Motif libraries installed and can compile Mosaic, however, users of SunOS4.1.x and Solaris 1.1 do not have the needed Motif libraries unless they have purchased a license.

The Mosaic binaries for the L10N version are located via anonymous ftp in directory /networking/WWW/Mosaic-L10N at www.ntt.jp. The binary can be unpacked and executed right away.

9.2 Linking to a different Home Page

By default, when the Mosaic program starts up, it will try to access a home page. With no page specified, it will, by default, reach out over the Internet to the HTTP server at www.ncsa.uiuc.edu. This is the NCSA mosaic home page. However, for people located half way around the world, this can be a costly and time consuming experience. One of the first tasks is to specify a new home page. The home page can be set several ways. The system administrator can set the home page for everyone on the system by adding the line:

```
setenv WWW_HOME home_page_URL
```

into the system Cshrc (/usr/local/Cshpaths) file (See A.9 and A.10). Another way is to specify the home page on the command line with the -home command line flag, e.g.

```
Mosaic -home home_page_URL.
```

URL is short for Uniform Resource Locator. This is a CERN defined standard method of specifying a specific file somewhere on the Internet. The format of the URL is the following:

server_type://server_hostname/path_to_filename

where the server_type can be ftp, gopher, http, wais, or nntp. The server_type is followed by a colon punctuation. If two slashes are present, then the next item in the URL is the server_hostname (i.e. the Internet hostname, e.g. netsul.mes.titech.ac.jp) The hostname is always followed by a slash and the directory path to the document beginning from the DocumentRoot directory as discussed in installing the HTTP server in section 8.3.

The above paragraph defines an absolute URL link. If the URL omits the double slashes and the hostname, then the client understands that the URL specifies a relative link. That is, the URL specifies a file relative to the current server and document location.

9.3 HTML Documents

The first task of the administrator after setting up the Web server and installing Mosaic and understanding how to set a new home page is to actually write a small Hyper Text Markup Language (HTML) document which will serve as the research group's home page or as a welcome page to others on the net who pass by and connect to the server. The basic documentation for Mosaic and HTML documents are all on-line via Mosaic at the following URLs (single-line, no spaces):

```
http://www.ncsa.uiuc.edu/SDG/Software/Mosaic/Docs/mosaic-docs.html
http://www.ncsa.uiuc.edu/SDG/Software/Mosaic/Docs/d2-htmlinfo.html
```

The former is for the Mosaic documentation index and the latter is the index for documentation on how to create HTML documents. To access these documents, the user should use the mouse and pull down the file menu and click on the "Open URL" item. Then in the new URL window, the user should type one of the URL's specified above.

Despite the availability of documentation, this article will also provide a simple home page template which the administrator can copy and modify as a temporary home page. It includes some important hypertext links to information servers elsewhere in the world. HTML and Mosaic also support the specification and display of image data in the form of GIF, JPEG, and Xbitmaps within a document, which makes Mosaic and HTML ideally suited for presenting professional-looking, laid-out reports with color figures. Audio files and motion picture MPEG format movies are also valid in Mosaic.

```
<TITLE>Generic Mosaic Home Page </TITLE>
<H1>Generic Engineering Laboratory </H1>
<hr>
<H2> Welcome to the Generic WWW Server </H2>
<hr>
This site became active in June 15, 1994. Its
purpose is to provide information and services
to Everyone. This site is under constant
construction. For more information on how to
use NCSA Mosaic to reach the World Wide Web,
```

please click on the hypertext (highlighted and underlined) below.

```
<P>
<ul>
<li> <A HREF="http://www.ntt.jp/"> The NTT Home
Page </A>
<li> <A
HREF="http://www.ncsa.uiuc.edu/SDG/Software/Mosaic/
NCSAMosaicHome.html"> NCSA Mosaic (Univ. of
Illinois) Home Page. </A>
<li> <A
HREF="http://www.ncsa.uiuc.edu/SDG/Software/Mosaic/
Docs/mosaic-docs.html"> NCSA Mosaic
Documentation </A>
</ul>
<hr>
<P> Our Address is located at
<P>
<blockquote>
Dept. of Sometype of Engineering <br>
2-12-1 O-okayama, Meguro-Ku <br>
Tokyo 152 JAPAN <br>
Phone: 03-5734-2804 <br>
Fax: 03-3729-0628 <br>
</blockquote>
<hr>
<P>Any questions or bug reports regarding the
future installation of WWW at this site should
be directed to
<P><UL><address> Administrator:
name@machine.ac.jp</address></UL>
<hr>
```

9.4 Installation problem 1: Missing Fonts

Because the Mosaic client is compiled for X/Motif there may be several error messages that can occur at start up and some problems during operation. The first and most common problem are that fonts are missing. There are two solutions. One solution to the missing font problem is to create font aliases. How to do this is described in detail in the Appendix A.23.

Most windowing GUIs such as Sun Openwindows and the MIT-X distribution come with many fonts which should be easily displayed. However, Mosaic and other X-client programs often have default resource specifications compiled into the application. Mosaic's fonts are specified as Xresources. Thus, another solution is to over-ride the compiled in defaults by specifying an Xresources file in which the superuser has changed the default fonts to names which do exist on the system. For most standard X windows installations (See 7.4) there is a directory where default Xresource files can be created to over-ride any X application's compiled in default. This is in the /usr/local/X11R5/lib/X11/app-defaults directory. A template of the app-defaults file is provided with the Mosaic distribution at most ftp sites. The app-defaults file should be edited and renamed "Mosaic" and be located in directory /usr/local/X11R5/lib/X11/app-defaults/ or wherever the X-lib directory is located on the system. These defaults may not work if the X server on the workstation does

not access the app-defaults directory. The way to insure that X applications know which directory to check is to set the XAPPLRESDIR environment variable (See A.23).

The system app-defaults can be again over-ridden by the individual user. In the X standard, the user specified Xresources found in the .Xdefaults file in the users home directory takes precedence over other resources. Hence, the user can specify his own individual Xresources for the Mosaic fonts by copying the app-defaults to his own .Xdefaults file. After the user has edited his .Xdefaults file, he should always type:

```
xrdb ~/.Xdefaults
```

to clear and reset his default Xresources.

9.5 Installation Problem 2: Missing KeySyms

If starting up Mosaic generates a number of missing XKeysym definitions, then the superuser needs to modify the system's XKeysymDB file. This file maps key symbol names to hexadecimal representation. The Mosaic software distribution also comes with a short XKeysymDB file which should be appended to the existing file for most workstations with give Keysym errors at the startup of Mosaic. This file is usually located in the /usr/local/X11R5/lib/X11/ directory or wherever the Xlibs are kept on the system.

9.6 Installation Problem 3: Color Map Problems in Openwindows

The Mosaic client may often suffer from irritating colormap changes that can make figures or text unreadable. The reason involves Openwindows and the way it allocates memory for colors. In Openwindows, the colors are allocated dynamically as applications need them and stored in a fixed buffer in memory. For 8 bit color systems which come on all Suns with stock GX graphics, Openwindows stores only 256 colors. Most users will have only several applications running at any given time, and those applications usually do not require many colors and therefore the total number of colors that all the applications will ever use at any given moment will not usually exceed 256. However, added together with all the colors used by other applications, the 256 color limit can be exceeded when software like XV or Mosaic attempt to load a graphics image. When the buffer runs out of space and is over-written, this causes the irritating color changes on Mosaic in Openwindows. There is one hardware solution to this problem, which is to purchase and install a 24-bit frame buffer that can provide for millions of colors. Most workstation makers are already migrating to this new hardware standard so colormap problems in the future should be moot. For example, the stock Sparcstation 20 comes with the new SX 24 bit graphics accelerator.

The other way to avoid the colormap problem is to run Mosaic under MIT X-windows which does not use the same color allocation scheme as Openwindows. Section 7.4 described how to download, unpack and compile X-windows. Appendices A.22 and A.24 describe how to get X-windows up

and running on a Sun.

9.7 Openwindows X/NeWS server problem under Mosaic

Also, some Mosaic users have experienced incompatibility problems with Openwindows 2 when the version of Mosaic is compiled with Motif 1.2 libraries. The author's experience seems to suggest that the Motif 1.2 compiled version of Mosaic is incompatible with Openwindows 2 but okay with Openwindows 3. Because the Japanese Language Environment (JLE) version of SunOS4.1.3C (i.e. Solaris 1.1) can only support Openwindows 2, JLE users must upgrade to Solaris 2.x to use Openwindows 3. Starting Mosaic compiled under Motif 1.2 will kill the X/NeWS server to Openwindows 2. Using MIT-X rather than Openwindows also eliminates the problem.

9.8 Connection problems with Mosaic

If the Mosaic client is unable to connect to any hosts outside of the institution, and other clients like rlogin, telnet and ftp cannot work outside the institution either, but the Mosaic client works internally, then most likely the institution has created a firewall which restricts information flow in and out of the institution. There is little that can be done without consulting the institution system administration and convincing them to open up access by perhaps installing a proxy server (See 8.3 cf CERN http server).

If however, the Mosaic client responds with an error that host lookup has failed, then most likely, the user's system needs to connect with a valid DNS. The way to do this was provided in Section 5.

9.9 How to use Mosaic L10N

The Mosaic browser is fairly easy to use. This section will describe the most basic of operation. To learn more about how to use Mosaic, users are encouraged to examine the on-line document at the URL given at the beginning of section 9.3.

Within a document, hypertext usually appears as highlighted blue, underlined text. Moving the mouse cursor over the hypertext causes the URL link to appear at the bottom of the screen. Clicking on the hypertext causes Mosaic to attempt a connection with the server.

To open a new URL, the user can select "Open URL" under the file menu. To open a local file, the user can choose "Open Local." To view the source HTML document that Mosaic has laid out, the user can select the "view source" option in the file menu. This is an easy way of learning how others lay out their HTML documents. To save a document, choose the Save option either at the bottom of the Mosaic window or in the File menu. There are 4 formats under which a document can be saved. To save the source file for an HTML document, the user should choose the HTML option.

The L10N version supports many fonts. If those fonts have been installed or correctly aliased (see Appendix A.23 for fonts), then choosing the Options menu and selecting the font submenu will change the displayed font. Version 2.4 of

Mosaic-L10N is only capable of automatically recognizing JIS Kanji. Documents saved in JIS format will automatically cause Mosaic to load the Kanji fonts and display Kanji in the window. EUC and Shift-JIS Kanji are not recognized automatically and require the user to manually change the font over by clicking on the options menu.

9.10 How to connect to this document and other future Journal of the Heat Transfer Society of Japan articles.

If a user has made the effort of completing most of the installation tasks of getting the workstation up and running and networked, and also gotten Mosaic installed and running, then he can access the index to this article and other future articles for the Journal of the Heat Transfer Society of Japan by simply specifying the follow URL in Mosaic:

<http://netsul.mes.titech.ac.jp/>

10. Conclusions

This article has attempted to provide a basic guide to system administration with specific details for Sparc/SunOS4.1.3 workstations. The emphasis has been on installing client-server and windowing software which will enable any small research group to take advantage of the network resources in the vast world of the Internet. It is the hope of the authors that researchers who are reading this article will also participate in the World Wide Web initiative by setting up their servers to provide information to the scientific community. Lastly, this document is also available on-line via Mosaic at the following URL: <http://netsul.mes.titech.ac.jp/>. It will be the first in a series of articles from the Heat Transfer Society of Japan's Journal - *Thermal Science and Engineering*, which will be available on line at the netsul site. Any questions regarding this document should be referred to the authors via phone or fax (given in the title page footer) or via electronic mail to:

jcliu@mes.titech.ac.jp

Acknowledgments

The research by the first author was carried out in part under the auspices of the Japan Society for the Promotion of Science under the JSPS Post-doctoral Fellowship program. The authors also wish to thank Hiroyuki Ohno and Kazuyoshi Fushinobu in the Departments of Information Sciences and Mechano-Aerospace Engineering at the Tokyo Institute of Technology, as well as Steve Slater, Todd Postma, and Bijal Modi at the Dept. of Nuclear Engineering at the University of California for much of their technical support and computer network assistance.

Sun, Openwindows, SunOS, and Solaris are all trademarks of Sun Microsystems Computer Corporation. Sparc is a trademark of Sparc International. X and X-windows are trademarks of the XConsortium. GNU is a trademark of the Free Software Foundation. AIX is a trademark of IBM. Motif is a trademark of the Open Software Foundation. Macintosh is a trademark of Apple Computer, Inc. Mosaic is a product of

the National Center for Supercomputing Applications (NCSA) at the University of Illinois at Urbana-Champaign. UNIX and System V are trademarks of AT&T Bell Laboratories. Berkeley UNIX and BSD are trademarks of Berkeley Software Distribution. The authors accredit all the UNIX knowledge held in this article to the contributions by all the authors of UNIX workstation applications, vendor specific OS documentation, on-line man pages, comp.unix and comp.sources news groups, and system administration manuals. The number of individuals who have made a difference are too many to mention.

Appendix. Miscellaneous System Administration Q&A

This section will include answers to miscellaneous but often asked questions about system administration.

A.1 How should I shutdown/halt/reboot a workstation?

The workstation is meant to be left on 24 hours a day. When a problem arises with the console or someone's display, the instinct should be to never reboot the machine. Instead, the user should log in from another terminal and use the UNIX kill command to kill the hung processes. However, there may be instances where the power will go down in the building or the system has become corrupted beyond salvage. In this case, the superuser must shutdown the system and reboot.

If the need is not urgent, the superuser can use the `shutdown` command. If for example, the shutdown is scheduled for 3:00 pm in the afternoon, the superuser can issue the command: `shutdown 15:00`. Afterwards, the power switch can be flipped off. If the computer needs to be shutdown immediately, then the superuser should use the `halt` command and then flip the power switch to off. In some instances where the computer console and keyboard are hung, the superuser should attempt to login from another console and `kill` the offending commands. Failing, the superuser can `sync` the filesystems and issue the `reboot` command. On some newer model workstations, the power switch can be sent a software command through the EEPROM. After halting the system, the superuser should enter new command mode and enter `power off`.

A.2 How do I check what processes are running in the background?

The command to check for all the jobs the computer is running at any given moment is to issue the `ps aux` command. This command is useful before the superuser reboots the system to check if someone is running a background job which should not be killed. This is also useful for listing hung processes and their process ID numbers which should be killed by the superuser.

A.3 How do I check the disk usage?

To check the total disk usage on the mounted filesystems, the user can type `df`. To find the disk usage of a particular directory, the user can type `du -s` in the current directory. To find the actual disk usage of individual files in a directory, the user can type `du -s *`.

A.4 Where are the system logs?

SunOS 4.1.x keeps the system logs in several places. The bootup messages and root logins are appended to the file `/var/adm/messages`. The system errors and warnings are written to `/var/log/syslog` and the system logins are kept in `/var/adm/wtmp`. The messages and syslog files are ASCII files while the user should use the `last` command to see the logins recorded in the `wtmp` file.

A.5 How do I put a job in the background so I can logout and it still runs?

The simple answer is to add the `&` (ampersand) symbol after any command to place it into the background. For example, the command

```
a.out > tempout &
```

will place the program `a.out` into the background and simultaneously redirect any screen output to the file `tempout` in the current directory.

A.6 How do I find the NIS domain name?

The domain name is usually stored in a file `/etc/defaultdomain` on many systems. Only the superuser can change the name. The user can type the command: `domainname` to see the domain name.

A.7 How do I find the hostname of the machine I am on?

The hostname is stored usually in the file `/etc/hostname`, or on the Sun, `/etc/hostname.le0`. The user can type the command: `hostname` to see the hostname.

A.8 How do I change the login message?

The login message is located in the file `/etc/motd` (which is short for Message Of The Day). This file should be edited to announce to new users scheduled shutdowns, news and events, or new software on the system.

A.9 How can the superuser easily create new commands for all the users?

One of the first things that system administrator should do before issuing user accounts is to edit the archived `/usr/lib/Cshrc` and `/usr/lib/Login` files which the

`add_user` script in SunOS copies over to create new user accounts. The system administrator should add a line to the archived files near the beginning of the file but after setting the path environment variable, which looks something like:

```
source /usr/local/Cshpaths
```

The administrator should then create a `/usr/local/Cshpaths` file that contains a start up shell script that everyone will run at login time. The `Cshpaths` file make system administration very convenient. For example, when installation of software in a new directory is complete and the administrator wishes to put the new directory in everyone's path, he only needs to update the `Cshpaths` file. The same simplicity applies when the superuser wants to specify everyone's `MANPATH` environment variable which is the directories the computer searches for the manual pages. If the administrator then creates everyone's accounts and installs the modified script, then all users will run the system `Cshpaths` file at login.

A.10 How do I add a new user?

Users are best added on the NIS server. In directory `/usr/etc/install` is the `add_user` program. This program does not work if the NIS server NFS mounts home directories from a non-Sun server. But if the NIS server is also the file server, then the superuser can issue the following command:

```
add_user username id# group# "Full Name"
/home/path/username /bin/csh
```

The `id#` must be unique and the `group#` should exist in the `/etc/group` file. The last variable is the shell which the user will start up with at login. If the superuser has installed other shells, then the superuser specify a different shell. Valid shells are listed in `/etc/shells`. Afterwards, if the system is running NIS, to push the updated password file to the clients, the superuser should change to the `/var/yp` directory and take `make`.

If the home directories are located on a remote server which is not the NIS server, then the superuser can still issue an account using the following steps: On the NIS server, the superuser edits the `/etc/passwd` file and adds the line (single-line command):

```
username:id#:group#:Full
Name:/home/path/username:/bin/csh
```

Then the superuser should change directories to `/var/yp` and type `make`. Afterwards, the superuser should do the following on the NFS server with `/home` directories. (Note: The path to the home directory of the user is arbitrary and should be determined by the administrator):

```
mkdir /home/path/username
cp /usr/lib/Cshrc ~username/.cshrc
cp /usr/lib/Login ~username/.login
chown -R username /home/path/username
chgrp -R group /home/path/username
```

```
chmod 711 /home/path/username
chmod 600 ~username/.cshrc ~username/.login
```

A.11 How do I save data to a floppy?

To save information to a floppy disk, the user should place a floppy in the floppy drive and type "fdformat" if the floppy has not already been formatted. The user should change to the directory with the files he wants to copy to floppy and type

```
tar cvf /dev/fd0 files
```

where files is the name of the directory or files to copy to the floppy.

A.12 How do I eject a floppy disk on the workstation?

The user should type `eject /dev/fd0`

A.13 How do I eject a CD from the CDROM drive?

The user should type `eject /dev/sr0`

A.14 I forgot my passwd. How do I get a new one?

The superuser should login as root on the NIS server and then type:

```
passwd username
```

and set a new password for the user. The superuser should then change to the `/var/yp` directory and type `make password`.

A.15 My computer doesn't recognize a terminal type. What do I do?

One difference between System V UNIX from AT&T and BSD UNIX from Berkeley is in the location of the terminal configuration files or termcap file. In AT&T System V, the terminal type files are kept in compiled binaries in the `/usr/lib/terminfo/` directory. On BSD systems, all the terminal type information are kept in the file `/etc/termcap`. SunOS4.1.3 is a "System Five-ish" operating system that still has many BSD like features. To install a new terminal type on the Sun, there are 3 steps.

The first is to obtain the ASCII termcap source segment for the new terminal and to append it to the termcap file, or to insert it in a place which logically groups it with other related terminals. The termcap source is usually supplied with the terminal specifications or terminal software, or one can obtain the termcap files from other machine on the net. Often times, the termcap source file is given in the format `terminal.tc` to denote that the file is a termcap file.

After installing the termcap segment, the segment itself

should be converted to a terminfo file using the `/usr/5bin/captainfo` command, i.e.:

```
/usr/5bin/captainfo terminal.tc > terminal.ti
```

Finally, the terminfo file should be compiled into a binary by using the terminfo compiler known as `tic`.

```
/usr/5bin/tic terminal.ti
```

This automatically compiles the terminfo file and puts it into the correct sub directory in `/usr/lib/terminfo/`.

A.16 How do I do backups with a SCSI 1/4 inch 150 MB tape drive?

On a server with an attached local tape drive, the super user must reboot in single user mode and then perform a filesystems check with the `fsck` command. Then the superuser should enter:

```
dump 0cdtsf 1250 18 570 /dev/rst0 /dev/sd0a
```

to dump the `sd0a` partition, which is the root partition. The `/dev/rst0` is the 1/4 SCSI tape drive. On the Sun workstation, the tape drive does not necessarily have to be local. Instead, if the drive is connected to another host on the net, the superuser can type:

```
rdump 0cdtsf 1250 18 570 remotehost:/dev/rst0 /dev/sd0a
```

to dump the root partition to the tape drive on the remote host. The `remotehost` name should be listed in the local `/etc/hosts` file and the remote host should also give root permission to the local root in its `.rhost` file. The command to restore dump files is `restore`.

A.17 In what order should the workstations be rebooted?

Assuming that the power has gone down over the weekend or some similar situation, the first machine which must be restarted (provided that the ethernet gateway computers at the institution are already restarted) is the NFS server machine with the executable binaries and any standalone workstations. The next machines to start are the NIS servers followed by the dataless clients and lastly the diskless clients.

A.18 Is there better version of C-shell?

There are a number of shell environments such as the Bourne shell (`/bin/sh`) and the Korn shell (`/bin/ksh`) which are comparable in complexity to the UNIX C-shell. However, there is an enhanced version of the C-shell known as `tcsh`. To install the `tcsh`, the superuser should use `archie` to find a local site, then follow the directions to compile, and then install the new `tcsh` somewhere in the user path. To allow users to change their shell using the `chsh` command, the superuser

should edit or create the file `/etc/shells` which lists the valid login shells. Failure to modify this file correctly sometimes results in the inability for a user to ftp.

A.19 Does the Sun have a screen saver utility?

The Sun workstation comes with a screen saver called `screenblank`. The superuser should change the permissions on this program so that only root can execute it, and then append the following lines to the end of the `/etc/rc.local` file:

```
#
# Start screenblank utility
#
echo -n 'setting screenblank to 300 seconds'
if [ -f /usr/bin/screenblank ]; then
    /usr/bin/screenblank -d 300 &
fi
echo '.'
```

This will set the screen to blank out in 5 minutes. However, the monitor will still consume considerable power and generate heat which may contribute to wasted energy consumption and additional heat load on air conditioning systems. Many users choose to turn off the monitor at the end of the day.

A.20 How do I send and receive X displays over the network?

The environment variable `DISPLAY` is used by X client applications to determine the host to send the display to. By default, X applications send their displays to the local host. However, if the environment variable `DISPLAY` is defined, applications will send the display over the network to the host defined in the `DISPLAY` variable. For example, if a user is logged into the host `A_host` but wants to send the X display over to the host named `B_host`, he can type:

```
setenv DISPLAY B_host:0.0
```

This will cause X applications on `A_host` to be sent to the display on the main console (display 0.0) on the host named `B_host`. If `B_host` has multiple displays, it becomes possible to send it to an alternate display, such as `B_host:1.0`. However, the X server must be alive on `B_host` and permission must be granted on `B_host` to allow displays coming from `A_host`. Permission, by default is denied to X displays not belonging to the local host or the current user. To grant permission, the user sitting at the `B_host` console must type:

```
xhost + A_host
```

to grant permission only `A_host`, or

```
xhost +
```

to grant permission to any host.

A.21 The X/Openwindows environment has hung my screen. What do I do?

The user should go to another workstation, login, and telnet to the machine with the hung window and type `ps aux` and then type `kill -9 ###` where `###` represents the process ID numbers separated by spaces of all of the user's previous processes. If there are any X window processes that cannot be killed with the `-9` option, then the command should be repeated with the `kill -15` option. The last command is a useful command for the superuser who is installing X server software for the first time and causes the console to hang. Rather than reboot, the X server will reset the screen and exit if killed with a `-15` signal.

A.22 Is there a way for users to choose Openwindows or X-windows at startup?

If the system administrator has set up the various windowing environment systems correctly, users can choose to start up with Openwindows, Sunviews or X-windows. The solution is best implemented by setting an environment variable (e.g. `CONSOLE_TYPE`) in the user's `.cshrc` startup file. For example, these lines should be added near the top of the `.cshrc` file:

```
setenv CONSOLE_TYPE X_console
#setenv CONSOLE_TYPE SV_console
#setenv CONSOLE_TYPE OW_console
```

The user now has the option to comment out one line and choose another. In the user's `.login` file, the user should execute a small shell script based on the `CONSOLE_TYPE` environment variable.

```
switch( $CONSOLE_TYPE )
#
case X_console:
    echo -n "Starting X-windows (type Control-C to
interrupt)"
    sleep 3
    startx
    clear
    echo -n "Auto-logout (type Control-C to interrupt)"
    sleep 3
    logout          # logout after leaving windows system
    breaksw
    #
case OW_console:
    echo -n "Starting OpenWindows (type Control-C to
interrupt)"
    sleep 5
    $OPENWINHOME/bin/openwin
    clear_colormap # get rid of annoying colourmap bug
    clear          # get rid of annoying cursor rectangle
    echo -n "Auto-logout (type Control-C to interrupt)"
    sleep 5
    logout          # logout after leaving windows system
    breaksw
    #
case SV_console:
    echo -n "Starting SunView (type Control-C to
interrupt)"
    sleep 5
    # default sunview background looks best with pastel
    sunview
```

```

clear      # get rid of annoying cursor rectangle
echo -n "Auto-logout (type Control-C to interrupt)"
sleep 5
logout     # logout after leaving windows system
breaksw
#
endsw

```

```

xrb load $HOME/.Xdefaults
xsetroot -grey &
xclock -g 160x150-0+0 -bw 0 &
xload -g 160x150-160+0 -bw 0 &
xbiff -g 90x80-0+174 &
xconsole -fg YellowGreen -geometry 825x150+0+0 -rv -vb &
kterm -km euc -fg YellowGreen -geometry 80x24+0+175 -j -rw
-sb -sk -sl 1000 -rv -b 6 -cr gold -ms cyan -vb &
exec twm

```

The system administrator should create a friendly startx script and system xinitrc files which allow the user to switch between environments with the minimum amount of trouble. Because both Openwindows and X look for the .xinitrc file in the user's home directory, the system administrator should change the startx file to search for a different file such as .xinitrc.X so users can maintain different initializes files for both the Openwindows and the X windows systems. Below is a sample file of the startx file (found in /usr/local/X11R5/bin).

```

#!/bin/sh
# $XConsortium: startx.cpp,v 1.4 91/08/22 11:41:29 rws Exp
$

userclientrc=$HOME/.xinitrc.X
userserverrc=$HOME/.xserverrc
sysclientrc=/usr/local/X11R5/lib/X11/xinit/xinitrc
sysserverrc=/usr/local/X11R5/lib/X11/xinit/xserverrc
clientargs=""
serverargs=""

if [ -f $userclientrc ]; then
    clientargs=$userclientrc
else if [ -f $sysclientrc ]; then
    clientargs=$sysclientrc
fi
fi

if [ -f $userserverrc ]; then
    serverargs=$userserverrc
else if [ -f $sysserverrc ]; then
    serverargs=$sysserverrc
fi
fi

whoseargs="client"
while [ "x$1" != "x" ]; do
    case "$1" in
        /*\.* ) if [ "$whoseargs" = "client" ]; then
            clientargs="$1"
        else
            serverargs="$1"
        fi ;;
        --) whoseargs="server" ;;
        *) if [ "$whoseargs" = "client" ]; then
            clientargs="$clientargs $1"
        else
            serverargs="$serverargs $1"
        fi ;;
    esac
    shift
done

xinit $clientargs -- $serverargs
kbd_mode -a

```

The user may not have a .xinitrc.X file, in which case the system default which resides in the file /usr/local/X11R5/lib/X11/xinit/xinitrc. The default X startup file should create a relatively friendly environment. One possible example is the following:

A.23 I always get missing font errors in X/Openwindows. What's Wrong?

Both Openwindows and X-windows rely on a font library. These fonts are stored in /usr/local/X11R5/lib/X11/fonts for the X-windows fonts and in /usr/openwin/lib/fonts for the Openwindows fonts. The stock MIT-X distribution as does the Openwindows distribution has many fonts of all types. However a certain X applications may specify fonts which do not exist. There are three possible solutions to the font problem. The first solution is to contact a font vendor and purchase a license to the fonts and install them on the system with the enclosed documentation. This however is costly and usually unnecessary.

A better solution is to check the application defaults file for the specific application and to change the font specification to a font that does exist. In both MIT-X and Openwindows, the environment variable XAPPLRESDIR can be set. This will cause the X server to refer clients to the directory path defined by the variable to look for application defaults. For most X-windows applications, this variable should be set in the system Cshrc file (e.g. /usr/local/Cshpaths) as:

```

setenv XAPPLRESDIR /usr/local/X11R5/lib/X11/app-
defaults

```

The system administrator should check the application defaults file and find where the non-existing fonts are being called. Sometimes, the font calls are compiled into the application and there is no defaults file. In this case, the system administrator may still change the font if the fonts are something which can be set through an X resource. This possibility is usually explained in the manual pages for the application. If able, the superuser can over ride the compiled in defaults by creating an application default file which will redefine the X font resources.

Another simple solution to the missing font problem is to define a font alias. Both MIT-X and Openwindows provide this capability. In MIT-X, there are usually 4 fonts directories in /usr/local/X11R5/lib/X11/fonts. In each font directory is are two files called fonts.dir and fonts.alias. The fonts.dir directory is created by the mkfontdir command provided in the standard MIT-X distribution. However, the fonts.alias file is designed to allow administrators to alias simplified or missing font names to existing fonts. The format of an alias entry is the alias for the font followed by the actual font separated by a white space. The actual font can be listed using the xlsfonts command. The font name contains a list of numbers. The first number is usually the point size for the font. An example of an alias is:

```

-jis-fixed-medium-x-normal--16-150-75-75-c-160-

```



```
jisx0208.1983-0 -misc-fixed-medium-r-normal--16-
150-75-75-c-80-jisx0208.1983-0
```

This aliases the jis-fixed 16 point Kanji font to the already existing -misc-fixed-16 point Kanji font. Openwindows also provides a similar capability. Aliases can be defined in the file /usr/openwin/lib/fonts/Compat.list. The format is similar. The missing font name that is to be aliased is added with a starting slash (/) to the list followed by a tab and then the font family to which it should be aliased to. For example:

```
/-jis-gothic-bold-r-normal--16-150-75-75-c-160-
jisx0208.1983-0 /gotb _FontDirectorySYN
```

After the Openwindows Compat.list has been changed, the superuser needs to run the bldfamily command rebuild the Families.list file which stores the complete list of files including the aliases. In both MIT-X and Openwindows, the user must type:

```
xset fp rehash
```

to take advantage of the aliases that have just been installed.

A.24 How can I setup a workstation to run only X-windows?

X-windows provides a program called xdm which is short for X display manager. This application can be set up to keep the X-server connected to the display. The xdm program then presents a simple login window, and handles all the login validation. Many research groups like this type of setup because the X server is always on line and this reduces the time required to initialize the display. The xdm window manager must be configured prior to implementation. The usual location for the configuration resources in the directory /usr/local/X11R5/lib/X11/xdm. If all the dataless and diskless clients share the same /usr filesystem, xdm will place a lock on the configuration files in /usr so no other clients which share the file can start xdm under the same directory. A single xdm daemon is designed to be able to manage multiple displays over the network, however, to avoid the complications of trying to use a single xdm daemon to manage more than one workstation, a simple solution is to move the configuration files to the /etc/X11 directory (the superuser creates this directory) for each client and to place a symbolic link in /usr/local/X11R5/lib/X11 to refer xdm to /etc/X11/xdm. This is much like the solution to the /kvm files problem.

The superuser needs to supply the xdm window manager with 6 files. These are: xdm-config, Xresources, Xservers, Xsession, Xsetup, and Xstartup. All reside in the same directory. After creating and editing the files, the superuser should rlogin from another workstation to the workstation that he just configured, and type xdm, then exit. The xdm should start up and stay running. Any errors will appear in /etc/X11/xdm/xdm-errors. To stop the xdm daemon, the superuser should send its process ID a kill -15 signal.

The xdm-config file should look like:

```
DisplayManager.servers: /etc/X11/xdm/Xservers
DisplayManager.errorLogFile: /etc/X11/xdm/xdm-errors
```

```
DisplayManager*resources: /etc/X11/xdm/Xresources
DisplayManager*startup: /etc/X11/xdm/Xstartup
DisplayManager*session: /etc/X11/xdm/Xsession
DisplayManager.pidFile: /etc/X11/xdm/xdm-pid
DisplayManager*reset: /etc/X11/xdm/Xreset
DisplayManager*setup: /etc/X11/xdm/xsetup
DisplayManager._0.authorize: true
DisplayManager*authorize: false
```

The Xresources file should look something like:

```
xlogin*login.translations: #override\
<Key>F1: set-session-argument(failsafe) finish-field()\n\
<Key>Return: set-session-argument() finish-field()
xlogin*borderWidth: 3
#ifdef COLOR
xlogin*greetColor: CadetBlue
xlogin*failColor: red
#endif
xlogin.Login.greeting: "Welcome to Netsui"
DisplayManager.DISPLAY.setup: /etc/X11/xdm/Xsetup
DisplayManager.DISPLAY.reset: /etc/X11/xdm/Xreset
```

The Xservers file should look something like:

```
:0 Local local /usr/local/X11R5/bin/X :0
```

The Xsession file should look something like:

```
#!/bin/sh
#
# Xsession
#
# This is the program that is run as the client
# for the display manager. This example is
# quite friendly as it attempts to run a per-user
# .xsession file instead of forcing a particular
# session layout
#
case $# in
1)
  case $1 in
failsafe)
  exec xterm -geometry 80x24-0-0 -ls
  ;;
esac
esac

startup=$HOME/.xsession
resources=$HOME/.Xresources

if [ -f $startup ]; then
# exec $startup
exec /bin/sh $startup
else
if [ ! -f $resources ]; then
resources=$HOME/.Xdefaults.X
fi
if [ -f $resources ]; then
xrdp -load $resources
fi
xsetroot -gray &
exec xclock -g 160x150-0+0 -bw 0 &
exec xload -g 160x150-160+0 -bw 0 &
xbiff -g 90x80-0+174 &
exec kterm -km euc -fg YellowGreen -geometry 80x24+0+175
-j -rw -sb -sk -sl 1000 -rv -b 6 -cr gold -ms cyan -vb &
exec twm
fi
```

The Xsetup file should look something like:

```
xconsole -file /etc/motd -geometry 525x210+315+550 &
```

```
xsetroot gray
```

The Xstartup file should look something like:

```
#!/bin/sh
#
# Xstartup
#
# This program is run as root after the user is verified
#
xconsole -geometry 825x150+0+0 -rv &
if [ -f /etc/nologin ]; then
    echo 'Logins are currently disabled'
    exit 1
fi
exit 0
```

Appendix B. SunOS Installation - Servers, Standalones and Dataless Clients

B.1 Booting Up from CDROM

SunOS for sparc based workstations usually comes in the form of a CDROM. This is the current standard. Clone vendors may still issue OS on tape cartridges. In those cases, it is important to follow individual vendors' instructions to reboot from the tape. However, assuming that the machine is a Sun sparcstation with a local CDROM drive attached, the first step in booting up should be to halt the computer. This can be done by either typing "shutdown [time]" or "halt." The halt command immediately stops the workstation while the shutdown command halts the machine at a specified [time] (e.g. 15:00).

When the system has come to a halt, it will present a boot prompt. At the boot prompt, the superuser should choose new command mode. If the workstation EEPROM security has been set, then the superuser should enter the PROM password. Afterwards, the superuser should type "boot cdrom." On some older Sparcstation 1 workstations, the boot PROM does not recognize the boot cdrom command. Instead, the superuser should type "boot st(0,6,2)". Booting up with the CDROM reads into memory the miniroot, which is a small UNIX OS kernel with OS installation software and some minimal UNIX commands. When the CDROM has successfully booted up, the console will present two options. One is to exit to the shell, and the other is to install the miniroot on the swap partition. Here, the superuser should exit to the shell. The menu can always be recalled from the shell by typing ctrl-d.

B.2 Disk Configuration

Once the system is in the CDROM's shell, the command under SunOS4.1.x to partition the disk is "format". Under the new Solaris 2.x operating system, partitioning the disk is a very simple task using the windows driven sysadmintool. (See the Solaris 2 manual.) Partitioning the disk under Solaris 2 will not be discussed here, because the windows driven tool makes it self explanatory. However, many research groups are still running SunOS4.1.x or Solaris 1.1 which does not provide a window interface for system administration.

New disks usually come pre formatted and partitioned from the vendor. The basic partitions are the root (/) partition, the swap, the usr (/usr) partition, and the home (/home) partitions. However, in the research field, many users create files that are several megabytes or larger which they will want to edit. Most UNIX based editors use temporary disk storage on the root partition which stores directories /var/tmp or /tmp. This means that these partitions need to be large enough for any foreseeable need. For most standalone systems, we recommend at least 30 MBs of space for the root partition, and for dataless clients, about 20 MBs. NFS servers need not be partitioned initially any differently from a standalone system. A completely separate disk should be mounted as /var/tmp or /tmp for servers.

The swap partition is used by the OS as virtual memory. When a user opens another process which takes more dynamic RAM than the machine has, the OS will usually move running processes which have been sleeping or using little cpu time to the swap partition. The OS expects the swap space to have at least twice the amount of space as the memory capacity of the system. That is, if the machine has 16 MBs of RAM, the swap should be at least 32 MBs. However, in order to provide upgrading capability, the swap should be at least 3 times the size of the memory of the system after any short term planned expansions.

The /usr partition should be at least 300 MBs to hold the main UNIX OS an windowing environment which will require at least 150 MBs, plus still provide about the same amount to compile large software libraries like X-windows and GNU, which is from the Free Software Foundation. As for Diskless clients, they have no disk and therefore should not be of concern.

At the system prompt, the superuser should type:

```
format
```

and then select the proper disk. There will usually be only one disk in the machine, unless a second one was installed. The same procedures to formatting and partitioning the disk are the same for both disks. Under the format> prompt, the superuser should type:

```
partition
```

The program should enter the disk partitioning mode. To print out the disk partitioning list, type:

```
print
```

The output may look something like this:

```
partition a-start cyl    0 # blocks 64400 (115/0/0)
partition b-start cyl   115 # blocks 103600 (185/0/0)
partition c-start cyl    0 # blocks 1044960 (1866/0/0)
partition d-start cyl    0 # blocks 0 (0/0/0)
partition e-start cyl    0 # blocks 0 (0/0/0)
partition f-start cyl    0 # blocks 0 (0/0/0)
partition g-start cyl   300 # blocks 876960 (1566/0/0)
partition h-start cyl    0 # blocks 0 (0/0/0)
```

The disk will usually list partitions a through h. The root (/) partition is usually designated (a) and will begin at cylinder 0. Partition (g) is usually where the /usr files go and partition

(h) is for the /home directories. Partition (c) represents total disk. It is the partition to mount if the whole disk is going to be used as a single partition. For example, the home directories can reside on a single disk whose (c) partition is mounted by the machine.

If it is necessary to change the root partition size, the superuser must enter: a and enter the starting cylinder. Usually this is zero [0]. Then the superuser enters the number of blocks for the partition. To compute the number of blocks (1 block = 512 bytes) multiply the number of MBs for the partition by 2048. After the superuser has entered the number of blocks and hit return, the process is not quite finished. The disk can be physically partitioned only into integer numbers of cylinders. This means that in the last column of the partition map printout, the last two digits (sectors and bits) must both be zero. Therefore, after the initial attempt at partitioning, the end of partition (a) may look like (114/4/0). The next step is to increase the partition size to the next largest integer and set the sectors and bits digits to zero. The disk partitioning program understands whether the partition is given in block size or in cylinder coordinates. Therefore, the superuser must repartition (a) again, except this time, he should enter: 115/0/0 which should finish partitioning of (a).

This should be repeated for the other partitions (b), (g) and (h). The starting cylinder for each next partition should be the sum of the preceding cylinders of all the previous partitions. In the above example, partition (b) begins at cylinder 115. Partition (g) begins at 300 (185+115). The (h) partition (/home) should, if possible be located on a separate disk. If not, then the home partition should be whatever disk space is left on the disk after the root, swap and /usr partitions have been determined. There is a special term for the partition which uses whatever disk remains. It is called the "free hog" partition.

After the disk partition map has been determined, the superuser must assign the partition to the disk by using the "label" command. After labeling the disk, the superuser should exit from format and type "sync" before doing anything else.

B.3 Installing the SunOS 4.1.3

With the disk partitioned, the previous menu needs to be recalled by typing `ctrl-d` (i.e. holding the control key down and typing a "d"). The superuser user should now install the mini-root on the swap partition. This requires several minutes, and loads a small UNIX shell and the suninstall program onto the swap partition. After the mini-root has been installed, the computer should ask whether to reboot using the just installed mini-root. The superuser should answer "y" and reboot.

After a successful reboot with the newly installed mini-root, the next step is to run the suninstall program. The suninstall program is interactive and asks a number of questions. It is important for the superuser to understand each question and answer it correctly before proceeding. The first step is to assign the host information. Information such as the machine name and the IP# should be obtained from the network system administrator for the institution. When the suninstall program prompts for the type of installation choose either server or standalone. Although Sun provides the dataless client option, even dataless clients should be installed first as standalone.

This allows the system to boot up and appear on the network first. If any problems arise, the machine can still boot and diagnostics can be performed on the network connection. It is possible to turn the machine later into a dataless client by modifying and then deleting certain files.

The ethernet interface on most Sparcstations is `le0`. It is okay to reboot after installation. The suninstall program should then prompt for the disk configuration data. If the disk was already partitioned correctly, then the superuser should now choose to edit the existing disk configuration. The free hog partition should be set to /home (h) if there is a /home. Otherwise, it should be set to /usr (g). The disk assignments should be similar to the following table:

PARTITION	START_CYL	BLOCKS	SIZE	MOUNT_PT	PRESERVE(Y/N)
a	0	64400	31	/	n
b	115	103600	51		
c	0	1044960	510		
d	0	0	0		
e	0	0	0		
f	0	0	0		
g	300	876960	428	/usr	n
h	0	0	0		

In the example above, the free hog partition was set to the /usr partition (g), for a 24 MB memory standalone system. Thus the swap was set to about 51 MBs. Since the installation is completely from the beginning, there is no need to preserve anything existing on the partition. The suninstall program should only require the superuser to enter only the mount point and the preserve flag for the partitions.

The next form to complete is for software installation information. For either a full standalone or a server installation, the full software [all] should be installed. For a dataless client install only the minimum [required] should be installed. Here, we assume that the installation occurs from a local CDROM drive. If so, then device is `[sr0]`. Tape drives are device `[st0]`. Remote drive installations are possible but beyond the scope of this article to include. Users should refer to the full installation documentation with examples in the Sun Documentation.

Server installations will also require the inclusion of client information. The IP# and network information should be provided by the institutions system administration. The ethernet port serial number for the particular client machine is usually provided by the packing slip for the client, on the bootup screen, or in the `/var/adm/messages*` files if the client has those files. The default values for the exported directories are usually sufficient. The swap size should initially be set to a small value, for example 8kB. Once the installation forms are complete, the installation should proceed and the machine should automatically reboot after the installation.

B.4 Configuring the Server to Export a directory

Assuming that the OS on the server has been installed and boots up properly, then it is straightforward to tell the server to export a directory for clients on the network to mount. The command to tell the server to export a directory is "exportfs." The command can export a specific directory, but is usually used to export the directories listed in the file

`/etc/exports`. A sample of the `/etc/exports` file might look like:

```
/usr -access=client1:client2:client3;root=client1:client3
/home -access=client1,client2:client3;root=client1:client3
```

In the above example, the `/etc/exports` file specifies that the client machines named `client1`, `client2`, and `client3` have access to the both the `/usr` and the `/home` filesystems on the server. However, only `client1` and `client3` have root access. This means that the superusers on `client1` and `client3` have permission to read and write on the mounted NFS directories equivalent to the superuser on the server, but `client2` does not have superuser permission. The `/usr` filesystem is where the bulk of the shared UNIX binaries are located. This is the primary partition that dataless clients must mount in order to have a functional UNIX OS and Windowing environment. The `/home` directory is the standard location of users' home directories. After the `/etc/exports` file has been configured, all the filesystems can be exported by typing the command:

```
export -av
```

This command must be run every time the `/etc/exports` file is changed or else new filesystems will not be exported until the machine is restarted. The `exportfs` command is usually executed automatically at start up by the startup script `/etc/rc.local`.

B.5 Testing the Network Filesystem

The instructions here presume that the OS installation for the standalone machine was successful. If so, then the standalone workstation, should be connected to the network and telnet and ftp should work. There may be some initial problems with hostname recognition by telnet and ftp. This is normal. A newly installed computer, without any knowledge of the hostnames of other machines on the network, can only recognize IP# addresses. The telnet and ftp commands should work if instead of telnetting to a hostname, the user types an IP#.

To initially provide a small database of local hostnames, it is advisable to edit the file `/etc/hosts`. The file is necessary when booting up on a dataless client. The file should look something like:

```
# Host Name Database
#
127.0.0.1 localhost # always here
#
131.112.64.31 netsu0 netsu0.mes.titech.ac.jp loghost
131.112.64.32 netsu1 netsu1.mes.titech.ac.jp
131.112.64.33 netsu2 netsu2.mes.titech.ac.jp
131.112.64.34 netsu3 netsu3.mes.titech.ac.jp
```

The form of the `/etc/hosts` database file is the IP# of a machine followed by the hostnames for that machine. Several names can be placed for each IP#. It is common to put the single hostname without any domain and also full internet domain hostname as in the example. On some systems where upper and lowercase characters are checked, the domain suffix (e.g. `mes.titech.ac.jp`) is also selectively capitalized (e.g.

`MES.Titech.AC.JP`).

Once the host database is constructed, the NFS can be tested by trying to mount it. This is achieved by editing the filesystems table which is located in the file `/etc/fstab`. The default `fstab` file should look like the following:

```
/dev/sd0a / 4.2 rw 1 1
/dev/sd0h /home 4.2 rw 1 3
/dev/sd0g /usr 4.2 rw 1 2
/dev/fd0 /pcfs pcfs rw noauto 0 0
```

The first three lines define the actual hardware disk devices and the points where to mount them. The format for each line is, first, the device name, then the mount point on the local filesystem, the type of filesystem (4.2 is Sun's specification for local SCSI disk), mount options, and then the days between dumps, and the pass on which the `fsck` program checks the filesystem during bootup. The fourth line is for the floppy drive which may be optional equipment and can be ignored for the time being. The superuser should copy the `fstab` file to some other file for a backup, for example:

```
cp /etc/fstab /etc/fstab.bak
```

At the same time, the superuser should create a unique temporary test directory as a mount point for the test. For example:

```
mkdir /usr/test999
```

Then the superuser should edit the `fstab` file and append the following line:

```
servername:/usr /usr/test999 nfs ro 0 0
```

where the `servername` is the name of the server machine which should be also in the `/etc/hosts` database, and `/usr` is the filesystem on the server which should be already exported. To test if the standalone workstation can mount the exported server directory, simply type:

```
mount /usr/test999
```

The mounted filesystem should be visible by using the `df` command to view the mounted partition. The superuser should also be able to change directories to the `/usr/test999` directory and do a directory listing and see the files on the server's `/usr` filesystem. The command to unmount the partition is:

```
umount /usr/test999
```

B.6 Converting From Standalone to Dataless Client

There is an advantage to the dataless client over the diskless client described in section 5. Researchers in scientific fields who use workstations to run codes are often confronted by the problem of system reliability. In a network of hardware clients and servers, if the server fails at some point, then the processes which require access to the server will also be interrupted. For

engineers running large fluid dynamics codes that take several days, this can be a major problem - e.g.: to come back and find a background job terminated because the server crashed. The dataless client mitigates this problem.

Because the dataless client has its own local disk, a background job on the dataless client can continue to run and output data to the local disk even if the server goes down. This level of reliability is not available for diskless clients because they rely completely on NFS mounts. With the dataless clients however, the superuser can create a directory called `/home/temp` or some other name on the local disk which all users can use to run programs which are separate from the server. After the computation has completed, the users can simply copy the data files over to their home directories on the server.

Converting a standalone workstation to a dataless client is relatively straight forward. There are subtle differences in the basic system bootfiles between different Sparc platforms. These consider different built-in hardware not necessarily identical on every model workstation. These system boot files are in root directory as well as directory `/usr/kvm` and comprise a minimum of 2 MBs, which is small compared to the total SunOS which is several hundred MBs. If the network is comprised completely of identical architecture workstations (i.e. the clients and the servers have all the same processor) then there is no need to do anything to the `/usr/kvm` files. However, in the Sun Microsystems family of workstations, there are currently two generations of Sparc processors most commonly in use. Both generations are completely binary compatible for all UNIX and application binaries, except for some of the bootup programs in (`/usr/kvm`). The two generations of processors are the Sun4c, found in the Sparc1, ELC, IPC, and 2. and the Sun4m or microsparc and supersparc series of processors found on the SparcClassic, LX, Voyager, 5, 10, and 20 and some servers.

If there are workstations on the network with different generations of processors, then the trick is to tell the operating system during boot up to look for the correct `/usr/kvm` files. One simple way to do this is to move the `/usr/kvm` files to `/kvm` in the root directory on each server and dataless client and then create a symbolic link for `/usr/kvm` in the server's `/usr` directory to tell the computer to look in `/kvm` on the root partition. The steps for moving the kernel files and creating the links are outlined below. The `"sync"` command and `"reboot"` command are then issued to test the new configuration. The workstation should reboot with no apparent difference.

```
cd /
mv kvm kvm.old
cd /usr <CR>
tar cvf - kvm | (cd /; tar xfp -)
mv kvm kvm.old
ln -s /kvm
sync
reboot
```

The preceding commands should be repeated for the server and for each standalone workstation that will be converted to a dataless client workstation. In the above example, one can ignore any errors concerning "file not found" in the first `mv` command. It is important to note that the `/usr/kvm` files are often copied from one filesystem to another by using the `tar`

command. In UNIX system administration, it is always better to be safe if disk space is available by first copying files over to another filesystem and then deleting the old files only after testing the system. This is especially important with operating system files. Directly moving the files is risky; it may cause some interruption in service that may cripple the system irreparably.

Finally, to convert the standalone workstation to a dataless client, the `/etc/fstab` file needs to be edited to tell the workstation to NFS mount the `/usr` partition. The superuser should first copy the existing `/etc/fstab` to a back up version such as `/etc/fstab.bak` before proceeding. The `fstab` entry to mount the `/usr` partition should be changed to:

```
servername:/usr /usr nfs rw 0 0
```

and the old `/usr` filesystem should be mounted somewhere else such as `/usr2`.

```
/dev/sd0g /usr2 4.2 rw 1 3
```

Of course, the superuser needs to create the `/usr2` mount point by using the `mkdir /usr2` command. The superuser should then type `'sync'` and `'reboot'` to test the system. After the dataless client boots up successfully, the duplicate files such as those in `/usr2` can be completely deleted and the newly freed `/dev/sd0g` disk partition can be mounted as extra disk space in a different directory.

Appendix C. Diskless Clients

Diskless clients have no filesystems of their own. They must obtain all their files, including the bootup files from a server. The diskless client boots up over the network using a protocol called Trivial File Transfer Protocol (TFTP). On startup, a diskless client, having no other information, broadcasts its ethernet port number, which is a hardware imbedded string of numbers. Within the local network, the designated server which listens for its diskless clients, responds to the client, replying with the client's IP# address. When the client receives its IP#, it then broadcasts a request for the boot program from the TFTP server. The TFTP server provides the client with the boot program plus the IP# of a file server on the network (can be the same or different from the TFTP server) and the exported root directory on the file server. The client then knows the location of its root directory from which it can proceed to load its UNIX kernel. Within the exported root directory is an analogous filesystem to the root filesystem on any normal client. There is also a `/etc/fstab` file that determines the location for the diskless client's `/usr` filesystem as well.

C.1 Server preparation: TFTP Daemon

On the network there may be already a TFTP bootserver especially designated to provide the bootfiles for diskless clients. This server can be the same or different from the actual file server that the diskless client will eventually mount.

Usually, however, the bootserver and the fileserv are the same machine. In preparing the bootserver, we highly recommend purchasing a separate disk and allocating dedicated export partitions. Having diskless clients on the network will require partitions which hold the following directories: /tftpboot, /export/root, /export/swap, /export/exec, and /export/exec/kvm. The partitions contain the boot programs, root directories, swap space, /usr, and /usr/kvm files respectively for the various clients. We recommend at least one separate partition for /export/swap.

On the boot server, three daemons work in conjunction to help diskless clients bootup. The first is the inetd daemon which watches over the ethernet port. When the inetd daemon receives a request from a diskless client, it starts up and then passes the request to the in.tftpd daemon. To help the in.tftpd daemon distinguish between calls of other unauthorized clients on the network, it consults the /etc/ethers file, which lists the valid client etherport addresses and the associated network hostnames. If the server OS installation was carried out properly, then the file should already exist. If not, the superuser should create it. The file should look like the following:

```
8:0:20:5:32:cd tachyon
8:0:20:5:39:f0 lepton
8:0:20:5:54:f4 nucleon
```

The alphanumeric addresses on the left hand side are the hardware imbedded serial numbers of the ethernet ports. The ethernet port numbers should be included in the packing slip that came with the workstation, or in should be printed on the monitor when the machine attempts to boot. To see the number the superuser can attempt to boot the client and then type Stop (L1)-A during the first several seconds after the reboot starts. To make sure the host machine has enabled the bootserver option, the superuser should also check the file /etc/inetd.conf to verify that the in.tftpd daemon is uncommented. For security reasons, the standalone OS installation disables the in.tftpd daemon.

Once the in.tftpd daemon has verified that the diskless client has an authorized ethernet port number, it checks its host table or the DNS for the IP# of the client's hostname associated with the ethernet port number and then returns the IP# to the client. The client will then respond to the bootserver by requesting the tftpboot file from the bootserver, which will then provide the correct bootfile for the IP#. To help the bootserver determine which boot file to send to the client, the /tftpboot directory should look something like this:

```
lrwxlrwx 1 root      22 Jul  1 17:00 80208EBB ->
boot.sun4c.sunos.4.1.3
lrwxlrwx 1 root      22 Jul  1 17:00 80208EBC ->
boot.sun4c.sunos.4.1.3
lrwxlrwx 1 root      22 Jul  1 17:00 80208EBB.SUN4C ->
boot.sun4c.sunos.4.1.3
lrwxlrwx 1 root      22 Jul  1 17:00 80208EBC ->
boot.sun4c.sunos.4.1.3
lrwxlrwx 1 root      22 Jul  1 17:00 80208EBC.SUN4C ->
boot.sun4c.sunos.4.1.3
lrwxlrwx 1 root      22 Jul  1 17:00 80208EBD ->
boot.sun4c.sunos.4.1.3
lrwxlrwx 1 root      22 Jul  1 17:00 80208EBD.SUN4C ->
boot.sun4c.sunos.4.1.3
-rwxr-xr-x 1 root    110352 Jul  1 17:00 boot.sun4c.sunos.4.1.3
```

```
-rwxr-xr-x 1 root    103512 Jun 30 18:43 boot.sun4m.sunos.4.1.3
lrwxlrwx 1 root      1 Jun 30 18:07 tftpboot -> ./
```

The 80208EBB is hexadecimal representation of client's IP# in hex. It is a link to either of two files - the boot.sun4c.sunos4.1.3 file or the boot.sun4m.sunos4.1.3 files. Each client machine is given two links to the same boot file. The second link has the suffix of its cpu architecture. The actual boot files can be copied from the server's root directory or in the /usr/kvm/stand directory provided that a full Sunos installation was performed on the server and not a minimum installation. The permissions should be set to be readable and executable by all.

We should recall that the IP# is a set of 4 numbers separated by periods (e.g. 128.32.142.187). Converting each number in the IP# to hexadecimal and removing the period and using all uppercase characters should yield the correct file name. In the above table, for example, 128=(0x)80, 32=(0x)20, 142=(0x)8E, and 187=(0x)BB where the (0x) designates hexadecimal notation. Therefore the IP# of 128.32.142.187 is equivalent to (0x)80208EBB. The boot server is thus able to provide the diskless client with its correct boot file. New links need to be made for each new client.

C.2 Server preparation: Bootparam Daemon

In addition to the inetd and in.tftpd daemons, another daemon assists the diskless client in booting up. After the boot file has been passed to the client, the rpc.bootparam daemon on the bootserver provides the client with the server name, IP# and directories where it needs to mount its root and swap directories. The rpc.bootparam daemon consults a file called /etc/bootparams which should look like the following:

```
tachyon.Berkeley.EDU \
  root=fission.Nuc.Berkeley.EDU:/export/root/tachyon\
  swap=fission.Nuc.Berkeley.EDU:/export/swap/tachyon
lepton.Berkeley.EDU \
  root=fission.Nuc.Berkeley.EDU:/export/root/lepton\
  swap=fission.Nuc.Berkeley.EDU:/export/swap/lepton
nucleon.Berkeley.EDU \
  root=fission.Nuc.Berkeley.EDU:/export/root/nucleon\
  swap=fission.Nuc.Berkeley.EDU:/export/swap/nucleon
```

The boot server must be informed of the additions to the file by performing a restart of the daemon. Usually this is done by doing using the "ps aux" command to list the process ID numbers and then to send a "kill -1 ID#" (i.e. an HUP signal) to the ID# of the rpc.bootparam daemon. In the above file, the bootserver informs the diskless clients that their root and swap directories are to be found in /export directory on the server fission.Nuc.Berkeley.EDU. On the fileserv, /etc/exports file must also be modified to include the new exported directories and access permissions from the clients. For example, the following lines might be added to the /etc/exports file for clienta.edu.:

```
/export/root/client -access=client.a.edu,root=client.a.edu
/export/swap/client -access=client.a.edu,root=client.a.edu
```

Finally, the **exportfs -av** command should be issued to export the directories.

C.3 Server Preparation: Client Root and Swap

The fileserv which will provide the files to the diskless client should have a root filesystem similar to that found on the dataless client of the same architecture. Each diskless client will require its own root directory. If the server OS installation was successful, there should be a prototype root filesystem on the server in directory `/export/root` which the superuser can copy and rename to the name of the machine. If the root filesystem prototype does not exist, the files can be copied over from another workstation. For example, on our example server, `fission.Nuc.Berkeley.EDU`, the listing for directory `/export/root/tachyon` will look something like:

```
lrwxrwxrwx 1 root 7 Jul 1 16:32 bin -> usr/bin
-r--r--r-- 1 root 103512 Jun 30 18:43 boot
drwxr-sr-x 2 root 11264 Jul 3 18:33 dev/
drwxr-sr-x 9 root 2048 Jul 3 22:45 etc/
drwxr-sr-x 3 root 512 Jun 28 14:25 home/
-rwxr-xr-x 1 root 249079 Jun 30 18:43 kadb*
drwxr-sr-x 3 root 512 Jul 3 17:52 kvm/
lrwxrwxrwx 1 root 7 Jul 1 16:32 lib -> usr/lib
drwxr-sr-x 3 root 512 Jul 3 17:52 print/
drwxr-sr-x 2 bin 512 Jun 30 18:43/sbin/
lrwxrwxrwx 1 root 13 Jul 1 16:32 sys ->
./usr/kvm/sys
drwxrwsrwx 4 root 512 Jul 5 04:15 tmp/
drwxr-sr-x 2 root 512 Jun 28 14:25 usr/
drwxr-sr-x 10 bin 512 Jul 3 15:34 var/
-rw-r--r-- 1 root 1731894 Jul 1 17:13 vmunix
```

The superuser should be warned that the boot file and `vmunix` must correspond to the correct architecture and OS version or else the client will not boot successfully. Inside each directory should be the same files as those found for the dataless client. For example, there should be a `/etc/fstab`, `/etc/hosts`, `/etc/passwd`, `/etc/group`, `/etc/hostname.le0`, `sendmail.cw`, and others.

The `/etc/fstab` (absolutely on the server as `/export/root/tachyon/etc/fstab`) should have the mounts to all the necessary filesystems such as the mail spool, home directories, and the `/usr` partition. For example:

```
fission.Nuc:/export/root/tachyon / nfs rw 0 0
fission.Nuc:/usr /usr nfs rw 0 0
fission.Nuc:/home /home nfs rw 0 0
```

The `/etc/hosts` file should list all the network server hosts IP numbers and names. However, the fileserv should be the `loghost` and it should be placed first on the list. The client IP# and hostname should be second. The `/etc/passwd` and the `/etc/group` files should be similar to those found in the dataless client, and the `/etc/hostname.le0` file should be changed to the name of the diskless client. The `/etc/sendmail.cw` file should have the name of the client in the form of:

```
tachyon
tachyon.berkeley.edu
tachyon.Berkeley.EDU
```

To prepare the swap space on the server, the partition which will be mounted for the swap should be at least twice the size of

the memory in the computer. On the server, the superuser should then issue the command:

```
mkfile <size> /export/swap/machine_name
```

C.4 Server Preparation: Assigning the Correct /usr partition

If the `/export/root/client_name/etc/fstab` file already mounts the correct `/usr` filesystem from the server, then nothing needs to be done here. However, on many networks, the exported `/usr` files are completely separate from the `/usr` for the actual server. The exported `/usr` files can contain a complete copy of the UNIX OS as well as any software. For a small research network of homogeneous workstations, it may be sufficient to mount the same `/usr` filesystem as the dataless clients. In this case, the correct set of `/usr/kvm` files should be again copied to `/export/root/client_name/kvm`. Another option is to keep a separate directory of `kvm` files on the server for the different architectures and specify the correct filesystem for the client to mount as `/kvm` in the `/export/root/client_name/etc/fstab` file.

C.5 Making Devices

The prototype root directory included in the server OS installation will most likely not include any devices in the `/dev` directory. These devices need to be present in order for the workstation to function. Prior to actually booting up, the superuser should check to see if the devices are present and if not, then the superuser should execute the following shell script (type `sh scriptname`).

```
cp /dev/MAKEDEV /export/root/client_name/dev/
cd /export/root/client_name/dev
foreach type (std pty pty1 pty2 win win1 win2)
? echo -n "making $type ..."
? ./MAKEDEV $type
? echo -n "done"
? end
```

C.6 Automatically Booting over the Network

The diskless client can be set to automatically boot up over the network every time. Usually, the superuser should enter new command mode by simultaneously typing `L1-A` or `Stop-A` depending on the keyboard, and then choosing new command mode. The built in EEPROM in the hardware can store a number of options. To set the workstation to automatically boot up over the net, one types:

```
setenv boot-device net
```

The client can be booted now by typing "boot." The diskless client should now boot automatically over the net every time.

北陸信越研究グループ活動報告

平成6年度春季講演会

標記講演会が長岡技術科学大学の服部賢、青木和夫両先生のお世話で開催され、乱流伝熱に関する特別講演と、現在進行中のトピックスについての講演が行なわれた。今回の参加者は今までになく多く、企業から1名、大学・高専30名、学生13名の計44名と盛況であった。

日時 平成6年4月22日(金)

会場 長岡技術科学大学

特別講演

演題 「<解説>乱流伝熱の数理モデル」

講師 新潟大学工学部 前川 博 教授

グループ講演

- (1) 再突入物体への熱伝達問題
坂村芳孝*, 鈴木立之(富山県立大)
- (2) 2平板間に設置された円柱への二次元衝突噴流に関する研究(流れ場および熱伝達への円柱径の影響)
羽田喜昭*(長野高専), 土屋良明(信大工), 倉澤英夫(長野高専), 鈴木健二郎(京大工)
- (3) 光ファイバセンサによる液体の屈折率測定技術
日向 滋, 姫野修廣, 桜井正幸(信大織), 飯田秀徳, 横田徳之*(信大織院)
- (4) 過冷を伴う合金融液の凝固
林勇二郎(金沢大工), 義岡秀晃*(富山商船), 國峰寛司(明石高専)
- (5) 垂直冷却円筒面を流下する水膜の凍結挙動
平田哲夫, 石川正昭(信大工), 仲田亮*(信大工院), 井上良一(前川製作所)
- (6) 分割フィン付き管まわりの凝固・融解に関する研究
平澤良男*, 竹越栄俊, 紺矢浩史, 小坂睦夫(富山大工)
- (7) 二酸化炭素霜と水蒸気霜の複合成長理論
青木和夫*(長岡技大), 守屋博司, 澤田壮之(長岡技大院), 服部 賢(長岡技大)

特別講演:

はじめに近年DNSの研究が盛んに行なわれていること、しかしそれが実用計算に共されるまでにはまだ長い時間がかかるであろうことが紹介された。次に、時間平均量の計算方法に関して、レイノルズ分解や乱流の完結問題、渦粘性の導入によるk-εモデル

についての基本的な考え方が解説された。さらに渦拡散係数が2階以上のテンソルであることが示され、応力・熱流束輸送方程式が紹介された。また、スパン方向熱拡散を伴う平板境界層流れが例として取り上げられたが、その中でエネルギーの獲得や再分配を示す各項の働きは、資産、生活費、税金や税率などに例えられ、大変わかりやすい解説を聞くことができた。最後は、要求される計算結果の程度により適切な計算モデルを選択する必要がある、という示唆で締めくくられた。

グループ講演:

講演(1)では、高度80kmにおける大気圏再突入経路の飛行条件に対し、VSL法を用いた化学的非平衡流の数値計算を行ない再突入飛翔体への空力加熱について報告され、温度平衡の仮定や境界条件について質疑応答があった。講演(2)では、平板傾斜角を一定にし円柱径を2種類に変化させた際の流れ場および熱伝達への円柱径の影響について報告され、可視化法や代表長さのとり方について質疑応答があった。講演(3)では、2本の光ファイバ素線端部を球状に融着し、他端を投光側、受光側として液体の屈折率を測定するための、センサの製作方法について報告され、光ファイバ端部の加熱時間と球面度の関係について質疑応答があった。講演(4)では、より実際的なマクロ・ミクロ連成問題としてPb-Sn系合金の凝固実験を行ない、過冷場が崩壊して伝熱支配へと移行する凝固の過程、各過程における結晶のmorphology、結晶の成長速度などについて報告され、デンドライト先端部の曲率モデルについて質疑応答があった。講演(5)では、水膜の凍結現象について実験と解析を行ない、凍結領域、非凍結領域、シャーベット生成領域および凹凸領域に分けられることが報告され、凍結層の成長・減衰挙動について質疑応答があった。講演(6)では、銅製の分割型フィン銅管表面に規則的に設置したフィン付き伝熱管周りの水の凝固・融解実験を行ないフィン体積率と凝固・融解速度の関係、自然対流の影響などについて報告され、フィンの設置の仕方、体積率などについて質疑応答があった。講演(7)では、二酸化炭素と水蒸気2つの凝縮性ガスを含む系の霜層成長について、混合霜層成長過程と水蒸気霜層成長過程のモデルを導入して解析し実験とほぼ一致することが報告され、物質伝達率の測定法などについて質疑応答があった。

(北陸信越研究グループ担当理事 平田哲夫)

中四国伝熱セミナー・鳥取

中四国研究グループでは標記のセミナー（一泊二日）を下記のように計画致しました。奮ってご参加下さいますようお願い申し上げます。

1. 日時 平成6年8月26日（金）～27日（土）
2. 場所 鳥取県立県民文化会館
〒680 鳥取市尚徳町101-5 (TEL)0857-26-8151, 21-8700
交通 JR鳥取駅よりタクシーで5分、バスで10分。鳥取空港よりタクシー15分。
3. 参加費 会員および一般：10,000円 学生：5,000円
(宿泊、食事、懇親会費を含みます。)
4. 定員 70名
5. 申し込み 綴じ込みの申し込み用紙に必要事項をご記入の上、下記宛先まで郵送してください。複数で申し込まれる場合、申し込み用紙は一人一枚ずつ使用してください（申し込み用紙をコピーしてお使いください）。なお参加費は当日、会場で集めさせていただきます。
 - ・締め切り：平成6年8月10日（水）
 - ・郵送先：〒680 鳥取市湖山町南4-101
鳥取大学工学部機械工学科内
中四国伝熱セミナー・鳥取 準備委員会 鈴木豊彦
(TEL)0857-31-5202 (FAX)0857-31-5210

----- 切取り線 -----

鳥取大学工学部機械工学科
鈴木 豊彦 行

中四国伝熱セミナー・鳥取 参加申し込み用紙

フリガナ
氏 名 : _____

所属（大学研究室） : _____

役職（学年） : _____

所属住所 : 〒 _____

TEL

FAX

宿泊希望日時 8月25日（木） 8月26日（金） 8月27日（土）
希望日を○で囲んでください、但し 25、27日の宿泊は別料金です。

6. 日程・題目・講師

8月26日(金)

時間	内 容
12:30- 13:00-	受 付 開 会
13:05- 16:30	セミナー(1) 1, 円筒壁面に再付着するオフセット噴流のフローパターン 若 良二(鳥取大学工学部機械工学科) 2, 食品の冷凍と解凍(1) 阿曾 好修(帝国電機製作所) 3, 食品の冷凍と解凍(2) 馬場 正二(帝国電機製作所) 4, 乾燥地の大気-植物-土壌系における水と塩類の動態解析 山本 太平(鳥取大学乾燥地研究センター) 5, 熱伝導による鋼の凝固解析 中間 敦司(日立金属(株)冶金研究所)
16:40- 17:30	特別講演 日本の宇宙開発(現状と技術課題) 宮沢 政文(宇宙開発事業団)
18:30- 21:00	夕食および懇親会

8月27日(土)

時間	内 容
7:30-	朝 食
9:00- 12:00	セミナー(2) 6, 電磁誘導加熱の食品加工への応用 榎並 吉範(中国電力(株)技術研究センター) 7, 環流式焼却機の開発について 浅井 経正(鳥取三洋電機(株)ライフテック事業本部) 8, 噴霧乾燥における液滴乾燥機構と香気物質の散失防止 古田 武(鳥取大学工学部生物応用工学科) 9, 曲がり管路内の流れについて 角田 勝(米子工業高等専門学校機械工学科)
12:00- 13:00	閉会、記念撮影、その後解散

賛助会員（特別） ご加入のお礼とご報告

各位におかれましては、ますますご盛栄のこととお慶び申し上げます。

さて、日本伝熱学会では平成5年6月より本学会財政基盤強化事業の一環としての、関係企業各位に賛助会員（特別）にご加入戴くという事業を実施してまいりましたが、各位より過分のご協力を賜り、心よりお礼申し上げます。

6月24日現在までにご加入いただいた企業は、次ページ以降に記しますように 99社で105件にのぼり、会費総額も当初予定を上回る結果を得ることが出来ました。ご加入下さいました企業各位に厚くお礼申し上げますと共に、ここに謹んでご報告致す次第であります。

先の趣意書にも記しましたように、本学会は諸工業の基盤的学理技術であります伝熱学を通して、これまでの我が国工業界に応分の貢献を果たしてきたと考えております。しかし、今後に予想される一層高度の技術の進展や地球環境問題等の新しい問題の解決に対応して、より密度の高い研究活動へと活性化させると共に、産学間の緊密な協力、研究領域及び国際交流の拡大等を図りつつ社会的貢献を果たしてゆくために、学会の社団法人化を志しました。このための基金整備と学会運営資金確保のために今回の事業を開始したわけですが、各位のご協力および個人会員各位の募金は共に当初予定を大きく越える結果を得まして、幸いにも法人化の実現が間近となったばかりでなく、今後さらに発展する本学会の運営にも財政的な裏付けができたものと考えております。

本事業は本学会組織検討委員会の検討結果及び理事会の決定に基づき急速平成5年初頭から開始されたものでありますが、その間の極めて厳しい景況にも拘わりませず多くの企業各位に多数口にて賛助会員（特別）にご加入いただいたことに対し、関係者一同深く感謝申し上げますと共に皆さまのご期待に添うよう努力致す思いを新たにしております。

今後本学会は、上記の志のもとに一層高度で工学的な研究活動を推進しつつ、技術者・研究者にとって必要な情報の発信、データベースの整備など会員企業各位に直接ご賛同いただける企画等も行っていきたいと存じておりますので、今後ともよろしくご支援、ご協力をお願い申しあげる次第であります。

以上、お礼及びご報告まで

平成6年6月 吉日

募金事業発起人代表 藤江 邦男
募金事業実行委員会委員長 棚沢 一郎

**賛助会員（特別） ご加入企業名
およびご加入口数**
(平成6年6月24日現在)

加入申込期間	平成5年6月1日～平成6年5月31日
ご加入企業総数	99 社 (事業所含めて105件)
ご加入総口数	529 口 (1口 30,000円)

東京電力(株) 殿
(株) 東芝 殿
(内訳: 原子力技術研究所 殿 25口、
住空間システム技術研究所 殿 5口)
(株) 日立製作所 研究開発推進本部 殿
(以上 30口)

中部電力(株) 殿
三菱重工業(株) 殿
(内訳: 長崎造船所 殿 10口、技術本
部長崎研究所 殿 5口、技術本部高砂
研究所 殿 5口)
(以上 20口)

松下電器産業(株) グループ 殿
(以上 17口)

九州電力(株) 殿
三洋電機(株) 制御システム研究所 殿
新日本製鐵(株) 殿
(内訳: 技術開発本部技術開発企画部 殿
10口、君津製鐵所 殿 5口)

東北電力(株) 殿
(以上 15口)

石川島播磨重工業(株) 殿
関西電力(株) 研究開発室 殿
(株) 神戸製鋼所 技術開発本部 殿
新明和工業(株) 殿
ダイキン工業(株) 殿
東京ガス(株) 殿
中国電力(株) 殿
トヨタ自動車(株) 殿
日揮(株) 殿
日本原子力発電(株) 殿
富士重工業(株) 航空宇宙事業本部 殿
三菱電機(株) 中央研究所 殿
(以上 10口)

(株) 小松製作所 殿
(内訳: コマツ研究本部 殿 5口、産機
事業本部 殿 3口)
四国電力(株) 殿
(以上 8口)

高砂熱学工業(株) 殿
日本電装(株) 殿

北海道電力(株) 殿
北陸電力(株) 殿
(以上 7口)

大阪ガス(株) 殿
(内訳: 技術部 殿 3口、供給部供給
技術センター 殿 3口)
(以上 6口)

アイシン精機(株) 殿
出光興産(株) 石油ガス部燃焼研究室 殿
千代田化工建設(株) 殿
(株) 豊田中央研究所 殿
東洋エンジニアリング(株) 殿
日本ガイシ(株) 殿
三菱自動車工業(株) 東京自動車製作所 殿
(以上 5口)

三井造船(株) 殿
(以上 4口)

川崎製鉄(株) 殿
関西化学機械製作(株) 殿
原子燃料工業(株) 殿
(株) コロナ 殿
三協アルミニウム工業(株) 殿
神鋼パンテック(株) 殿
新菱冷熱工業(株) 中央研究所 殿
GAC(株) 殿
住友精密工業(株) 殿
(株) タクマ 殿
立山アルミニウム工業(株) 殿
帝人(株) 殿
(財) 電力中央研究所 殿
東邦ガス(株) 都市エネルギー技術開発部 殿
(株) ノーリツ 殿

日本製鋼所(株) 室蘭研究所 殿
日立造船(株) 殿
日立電線(株) 殿
北海道ガス(株) 技術開発研究所 殿
松下精工(株) 空調技術研究所 殿
松下電工(株) 新建築研究所 殿
吉田工業(株) 研究開発本部 殿

(以上 3口)

大阪ガスエンジニアリング(株)殿
木村化工機(株)殿
(株)ササクラ殿
(株)四国総合研究所殿
サントリー(株)技術部殿
東芝ホームテクノ(株)殿
北陸電気工事(株)殿

(以上 2口)

愛三工業(株)殿
(有)アダプテクノ殿
イリハヤ電子(株)殿
石川島芝浦機械(株)殿
(株)荏原総合研究所殿
花王(株)殿
(株)九電工殿
(株)クボタ 技術開発研究所殿
(株)鴻池組殿
三機工業(株)殿
(株)システック井上殿
新日本空調(株)殿
真空理工(株)殿

スズキ(株)技術研究所横浜研究部殿
住友軽金属工業(株)伸銅所殿
住友重機械工業(株)平塚研究所殿
(株)大気社 技術研究所殿
(株)中部プラントサービス殿
三菱エンジニアリング(株)殿
三菱制御システム(株)殿
東京エレクトロン九州(株)殿
東陶機器(株)殿
(株)ナック殿
日本ピーマック(株)開発部殿
バブコック日立(株)呉研究所殿
日高精機(株)殿
(株)ヒラカワガイダム殿
福岡酸素(株)殿
三菱化成(株)殿
三菱長崎機工(株)殿
(株)養賢堂殿
(株)菱研テック殿
(株)ワールドクリエーション殿

(以上 1口)

「財政基盤強化のための募金事業」

個人会員募金追加のご報告

前号(No.129)のご報告後、以下の方々から募金をお寄せいただきました。お礼申し上げますと共に、追加としてご報告します。

この結果、個人会員募金は総勢524名(他に2グループ)の方々から総口数3015.7口、金額にして15,078,500円となりました。

平田 賢殿(芝浦工大)	10口	高村淑彦殿(東京電機大)	5口
安達 勤殿(筑波大)	6口	青木秀敏殿(八戸工大)	4口
忽那泰章殿(龍谷大)	6口	丸山茂夫殿(東大)	4口
花岡 裕殿(室蘭工大)	6口		

(お知らせ) 「募金事業会計報告の件」

本事業のうち募金事業実行委員会に関わる内容については、「伝熱研究」誌の前号(個人会員募金)と本号(賛助会員(特別)加入依頼事業)でご報告いたしました。また、日本伝熱学会第32期総会では中間報告を行いました。しかし、実際の所賛助会員(特別)加入依頼事業は一部未だ動いており、学会への資金移行などを含めた最終会計報告は今の所出来る段階ではございません。次号(No.131)でご報告する予定ですので、ご了解いただきたくお願いいたします。

募金事業実行委員会

第18回 人間－生活環境系シンポジウム (人間－熱環境系を改称)

「健康と生活環境」の主題で、建築環境と健康、衣服と健康、汗と健康、労働と健康、室内空気質と健康、寒地の生活環境、韓国の生活環境などの講演を予定。

期 日：平成6年12月1日(木)～2日(金)

場 所：芝浦工業大学 芝浦校舎本館4階(JR田町駅から徒歩3分)

申込方法：往復ハガキにて、氏名、勤務先、連絡先、懇親会参加の有無を記入してお申込みのうえ、参加費等をお振り込み下さい。

参加費：平成6年10月31日までは13,000円以降は15,000円、懇親会費;7,000円

振込先：横浜常磐台郵便局、口座番号;横浜8-50401、名称;人間－生活環境系会議

申込先：〒108 東京都港区芝浦 3-9-14、芝浦工業大学 工学部建築工学科

環境工学研究室内、第18回人間－生活環境系シンポジウム実行委員会

大会長 南野脩、TEL03(5476)3089、FAX03(5476)2947

主 催：人間－生活環境系会議、共催;日本伝熱学会 他、後援;日本学術会議

第32回燃焼シンポジウム

主 催：日本燃焼学会

共 催：日本学術会議熱工学研究連絡委員会、日本伝熱学会、日本化学会、日本機械学会、日本航空宇宙学会、化学工学会、日本エネルギー学会、火薬学会、触媒学会、日本ガスタービン学会、自動車技術会、エネルギー・資源学会、日本火災学会、日本熱物性学会

開 催 日：平成6年11月21日(月)～23日(水)

会 場：仙台国際センター(仙台) TEL 022-265-2211

参加申込：事前申込をご希望の方は、下記シンポジウム事務局へ10月20日(木)までに文書にて氏名・連絡先をご記入の上、ご連絡下さい。折り返し参加申込書をご送付いたします。事前申込締切は、10月31日(月)です。参加費等(予定)は以下のとおりです。なお、講演申込は、7月15日(金)に締め切られております。

参加費 一般 5,000円(当日申込 6,000円)、学生 2,000円

講演論文集 当日受取 4,000円 事前送付 5,000円

懇親会費 事前申込 6,000円(当日申込 7,000円)

懇 親 会：11月22日(火)18:30～ 仙台国際センター2階「桜」

問合せ先：〒980-77 宮城県仙台市青葉区片平2丁目1-1

東北大学流体科学研究所内 第32回燃焼シンポジウム事務局

TEL (022) 227-6200、内2831、2433 FAX (022) 268-4033

" Modeling of Casting, Welding and Advanced Solidification Processes VII " のご案内

上記国際会議が下記の通り開催されますので、奮ってご参加下さい。

1. 内容; 凝固シミュレーションの適用例(単に宣伝的なものは拒絶される)、固液共存域のモデル化、先進的手法、計算技術、マイクロ組織形成シミュレーション、ハードウェア/ソフトウェア/プリ・ポスト、逆問題、構成方程式、境界条件、物性値、湯流れシミュレーション、溶融池の流動、凝固応力解析、鋳造・溶接における電磁流体力学、その他 実験データ等、計算結果の妥当性を示すデータがあるものを歓迎する。ビデオ紹介可。
2. 開催場所、期間; ロンドン、インターナショナルホテル、1995年9月10-15日
3. アブストラクト締め切り、送付先; 1994年9月1日
Prof. Mark Cross、Centre for Numerical Modelling and Process Analysis
University of Greenwich、Wellington Street, London SE18 6PF, UK
Fax. 44-81 316 8665、E-mail m.cross@greenwich.ac.uk
4. 論文締め切り(審査有り); 1995年3月1日
5. 湯流れシミュレーションのRound Robin競争も行う(一種のベンチマークテスト)。
希望者は下記に連絡されたい。
Prof. John Campbell、IRC in Materials, University of Birmingham
Edgbaston, Birmingham B15 2TT、
Tel. 44-21- 414 5246, Fax. 44-21 414 3441
6. ご質問は下記でも可能です。
〒565 吹田市山田丘2-1
大阪大学工学部 材料開発工学科、大中逸雄、Tel.Fax. 06-879-7473

Call for Paper

□ International Symposium on Radiative Heat Transfer (International Centre for Heat and Mass Transfer)

August 14-18, 1995 Kusadasi (Birds Island), Turkey

Objective and Scope: The main objective of this Symposium is to bring together the scientists and engineers involved in radiative transfer research and to provide a relaxed atmosphere for in-depth discussion and exchange of the state-of-the-art ideas related to theory, experiments, and applications.

Topics: • Modeling Radiative Transfer in Multi-dimensional and Complex Geometries, • Advanced Radiative Transfer Models for Combustion Systems, such as Furnaces, IC Engines, Gas Turbines. • Nonintrusive Methods for Measuring the Radiative Properties of Surfaces. • Nonintrusive Diagnostics for the Determination of Radiative Properties of Combustion Generated Particles and Aerosols. • Modeling of Radiative Properties of Agglomerates and Nonuniform Particles. • Inverse Radiative Transfer Technologies. • State-of-the-art Methods for Modeling the Interaction of Radiation with Conduction, Convection, Turbulence, Chemical Kinetics, and Soot Formation. • Interactive Use of Radiative Transfer for Improved Manufacturing Process. • Radiative Transfer in Atmosphere and Oceans.

Deadlines: • October 1, 1994, Abstract (500 words Max.) Due.; • November 15, 1994, Notification of Abstract Acceptance (Abstract冊子が郵送されます); • February 15, 1995, Paper Due (4 copies); • April 15, 1995, Notification on Paper Acceptance. • August 14, 1995; Final Copy of the Paper Due (at the Symposium.)
(Symposium 終了後にProceedingが発行されます。)

Correspondence: Professor M.Pinar Menguc, Department of Mechanical Engineering, University of Kentucky, Lexington, KY 40506-0046, U.S.A. Tel.:1-606-257-2673. Fax:1-606-257-3304. E-mail: menguc@ukcc.eddy
(問い合わせ先、組織委員、黒崎 晏夫) Tel. 03-5734-2540. Fax. 03-3729-0587

Call for papers/ Second International Thermal Energy Congress (ITEC95), Agadir, Morocco, June 5-9, 1995

Topics/ Heat and mass transfer, Energy conversion, Environmental protection, Energy systems, Renewable energies, Hydrogen economy, Optimization and control, Experimental techniques

Fees/ US\$400(includes proceedings, refreshments and reception)

Submission of papers/ Three copies of the papers, maximum 6 single-spaced pages should be submitted to the Congress secretary prior to December 1, 1994. Notification of acceptance will be mailed by January 15, 1995. Manuscript on mat should be submitted by February 28, 1995.

For all correspondence/ Brigitte Hayeur, Congress secretary, Ecole Polytechnique, Dept.Mech. Eng., Box 6079, "City Center", Montreal, Qc, Canada, H3C 3A7, Tel: (514)340-4399, Fax: (514)340-4052, e-mail: brhaye@meca.polymtl.ca

上記以外のお問い合わせ/ 伊藤猛宏, 九州大学工学部機械工学科, Fax: (092)641-9744

社団法人日本工学会主催

第25回 国際会議のための準備セミナー

—— 英語によるプレゼンテーションの実際 ——

国際会議で発表する予定のある方, 英語によるプレゼンテーション能力の向上を図りたい方に最適なセミナー

1. 日時: 1994年9月3日(土)・4日(日)

2. 会場: O V T A - 幕張
海外職業訓練センター
千葉市美浜区ひび野1-1

3. 参加費: 80,000円

4. 宿泊費: 18,000円

5. 定員: 18名

6. 参加申込みおよび詳細問い合わせ先

〒107 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル

社団法人 日本工学会

電話: 03-3475-4621 FAX: 03-3403-1738

九州大学教官公募

1. 公募人員：講師 1名
2. 所 属：九州大学大学院総合理工学研究科
熱エネルギーシステム工学専攻 地域熱環境工学講座
3. 職務内容及び
応募資格 本研究科に在籍する外国人留学生に対して、修学・生活上の諸問題について指導、助言を行い、かつ、所属講座において都市の熱環境計画及びエネルギー供給計画分野の教育・研究を行う。
よって、十分な外国語能力を有するとともに、上記分野の研究を行っている者であること。
4. 任用予定時期 決定次第できるだけ早い時期
5. 提出書類 ①履歴書 ②業績リスト ③主な論文・総説の別刷
④次の事項についてそれぞれを 1,000字程度にまとめたもの
(1)業績の概要と今後の研究に対する抱負 (2)留学生教育に関する意見、抱負等
⑤推薦書
6. 公募締切 平成 6 年 8 月 31 日 (水) 必着
7. 送付・問合せ先 〒816 福岡県春日市春日公園6-1
九州大学大学院総合理工学研究科 熱エネルギーシステム工学専攻
選考委員長 片山 忠久 TEL 092-573-9611(内409)
※応募の際には封筒に「応募書類在中」と朱書きすること。

会誌「伝熱研究」の価格について

会員外への頒布価格は、各号とも
送料を含み 1,680円 です

事務局へお申し込みください

日本伝熱学会第32期(平成5年度)総会議事録

1. 日 時 平成6年5月19日(木) 13時10分～14時10分
2. 場 所 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学学術交流会館
3. 正会員数 1, 234名
4. 出席者 926名(うち委任状出席751名)。これは定足数(正会員数の十分の一)を上回り、総会は成立した。
5. 議事経過
議長に棚澤一郎氏を選出し、次の議案について逐次審議した。
 - [1] 第32期事業報告
土方副会長より、日本伝熱学会第32期(平成5年度)総会議案(以下、総会議案と呼ぶ)の第1号議案第32期事業報告に基づいて報告され、承認された。
 - [2] 第32期会務報告
土方副会長より、総会議案の第2号議案第32期会務報告に基づいて報告され、承認された。
 - [3] 募金事業実行委員会報告
藤江邦夫募金委員会委員長より、挨拶がなされた。また、飯田嘉宏募金実行委員会幹事より総会議案の第3号議案募金事業実行委員会報告に基づいて報告され、承認された。
 - [4] 平成5年度収支決算
土方副会長より、総会議案の第4号議案平成5年度収支決算に基づいて報告され、また岡田孝夫監事から日本伝熱学会第32期(平成5年度)の決算書(収支計算書、正味財産増減計算書、貸借対照表、財産目録)につき監査の結果、適切であることを確認した旨報告され、承認された。
 - [5] 平成6年度事業計画および収支予算案
土方副会長より、総会議案の第5号議案平成6年度事業計画および収支予算案に基づいて報告され、承認された。
 - [6] 日本伝熱学会学術賞・技術賞授賞
坂口副会長より、総会議案の第6号議案日本伝熱学会学術賞・技術賞授賞について選考経過についての報告がなされた。日本伝熱学会学術賞は、代表研究者長坂雄次氏(慶応義塾大学)と共同研究者の松尾康之氏(ソニー(株))、および代表研究者宮武修氏(九州大学)と共同研究者の橋本俊行氏(近畿大学九州短期大学)・Noam Lior氏(ペンシルバニア大学)が受賞された。また、日本伝熱学会技術賞は該当者がなかったことが報告された。
 - [7] 第33期役員選出
坂口副会長より、総会議案の第7号議案第33期役員選出に基づいて次期役員提案がなされ、原案どおりに承認された。今年度の推薦会員は、中島利誠氏(お茶の水大)、水野彰氏(豊橋技科大)、田辺新一氏(お茶の水大)、中谷元氏(三菱電機)の4名とすることを承認した。
 - [8] 日本伝熱学会の解散並びに社団法人日本伝熱学会設立の件について
河村法人化委員会幹事より、社団法人化の経緯の説明があり、日本伝熱学会を社団法人日本伝熱学会設立の趣旨に基づいて発展的に解散し、社団法人日本伝熱学会を設立したい旨諮られ、異議なく承認された。
 - [9] 議事録署名人の選任について
本総会議事録署名人を、第32期副会長の坂口忠司氏(神戸大学)および土方邦夫氏(東京工業大学)とすることを承認した。
 - [10] 旧・新会長の挨拶
棚澤一郎旧会長および中山恒新会長より、それぞれ挨拶がなされた。

学会の社団法人化の経過について

法人化委員会

本学会の社団法人化につきましては、会員各位のご支援を得て、所管官庁との折衝を進めております。社団法人認可の手続きは、大略つぎのように行われます。

- ① 担当係官との準備打合せ
- ② 第一次審査（社団法人としての要件等の大枠についての審査）
- ③ 設立総会の開催
（本学会としての社団法人化の確認と定款の承認や設立代表者等の選出）
- ④ 設立申請書の提出
- ⑤ 第二次審査（本審査）
- ⑥ 文部大臣による許可

以上の内、②の第一次審査については、去る5月17日に審査に合格したとの通知をいただきました。その後、5月19日に、通常総会に引き続き設立総会を開催し、別記議事録のとおり、満場一致で社団法人化の方針が承認されました。これに基づき現在設立申請書の提出準備を行っております。今後これを提出し、第二次審査に合格して文部大臣より社団法人化が許可されますと、その日をもって現在の「日本伝熱学会」を解散し、「社団法人日本伝熱学会」を設立することとなります。むろん現在の学会の会員、役員、財産、権利義務等は一切そのまま新学会に引き継がれます。今後とも、会員各位のご支援をお願い申し上げます。（なお、今後順調に推移して文部大臣の許可が得られました場合には、10月11日（火）に社団法人化の記念講演会を開催する予定となっております。今後の経緯については、適宜、ご報告を致します。）

社団法人日本伝熱学会設立総会議事録

1. 日 時 平成6年5月19日（木） 14時10分～14時40分
2. 場 所 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学学術交流会館
3. 正会員数 1, 234名
4. 出席者 926名（うち委任状出席751名）。これは定足数（正会員数の十分の一）を上回り、総会は成立した。

5. 議事経過

議長に棚澤一郎氏を選出し、次の議案について逐次審議した。

第1号議案 社団法人日本伝熱学会設立の件

議長より、配布した設立趣意書のもとに日本伝熱学会を発展的に解散し、社団法人日本伝熱学会を設立したい旨を諮り、満場一致でこれを可決した。

第2号議案 定款の件

議長より、配布した定款（案）について諮り、原案通り満場一致でこれを可決した。

第3号議案 資産に関する件

議長より、法人設立のため、従来より日本伝熱学会に属した権利義務の一切は、社団法人日本伝熱学会が設立されると同時に継承し、文部大臣の設立許可があった時点で作成される財産目録どおり構成することについて諮り、満場一致をもってこれを可決した。

- 第4号議案 設立後3年間の事業計画、収支予算の件
議長より、配布した平成6年度から平成8年度までの事業計画ならびにこれに伴う収支予算について諮り、満場一致でこれを可決した。
- 第5号議案 役員選任の件
議長より、法人設立当初の役員について諮り、配布した役員名簿のとおり理事20名、監事2名を満場一致で可決した。
- 第6号議案 評議員の件
議長より、法人設立当初の評議員について諮り、配布した名簿のとおり評議員予定者48名を満場一致で可決した。
- 第7号議案 解散時の日本伝熱学会会員及び事務局職員を、設立時の社団法人日本伝熱学会の会員及び事務局職員とする件
議長より、文部大臣より設立許可のあった日において、日本伝熱学会の会員が社団法人日本伝熱学会の会員となる件、及び事務局職員をそのまま引き継ぐ件について諮り、満場一致でこれを可決した。
- 第8号議案 設立代表者選任の件
議長より、文部大臣に対する設立許可申請等この社団法人の設立に関する事項を執行するため、設立代表者に中山恒氏を選任したい旨を諮り、満場一致でこれを可決した。
なお、議長より、設立許可申請手続きを円滑に進めるため、定款その他の書類について主務官庁の指示による修正に関する権限を設立代表者に一任することについて諮り、満場一致でこれを可決した。
- 第9号議案 議事録署名人選任の件
議長より、本日の議事の経過を議事録にまとめるに当たり、議事録署名人2名を選任いただきたい旨を諮り、協議の結果、坂口忠司氏、土方邦夫氏の2名を選任した。

以上により、本日の議事を終了した。

平成6年5月19日

社団法人日本伝熱学会設立総会

議長 棚澤 一郎
議事録署名人 坂口 忠司
議事録署名人 土方 邦夫

<p>(1頁目は最初の2行空白、2頁目は最初の行から2段組みで本文を書く)</p> <p>「伝熱研究」原稿の書き方 (表題は3行目の中央に横倍角文字で)</p> <p>(氏名、所属を5行目に右に詰めて) 伝熱 太郎 (伝熱大学)</p>		<p>(35mm程度)</p>
<p>(1頁目は7行目から本文がスタート)</p> <p>・印刷は原稿からそのままオフセット印刷で行いますので、この点を考慮の上、写真、図表等には特に注意して鮮明なものをご使用ください。</p> <p>・原稿枚数は原則として最大10枚(図表込み)を越えないでください。</p> <p>・原稿は下記の出力フォーマットに従って作成の上、編集委員会までご送付ください。</p> <p>「伝熱研究」用原稿の標準形式</p> <p>用紙サイズ：A4縦長、横書き、2段組</p> <p>活字サイズ：全角文字を標準とする。(英文字、数字は半角文字が好ましい)</p> <p>1行の字数：1段あたり24文字程度(22~24文字の間ならかまわない)</p> <p>図表：原稿内に直接張り込んでください。</p> <p>頁数：原稿の頁数は各頁の上すみに青鉛筆で薄く1/8、2/8のように記入。</p>	<p>・本手引きの各種寸法及び文字数等は、お手持ちのワープロの機能によっては、必ずしもこれらを満足できないかもしれません。このような場合には適宜これにできるだけ近くなるように、原稿をおつくりくださいますようお願い申し上げます。</p> <p>・本文の体裁、項目の分け方等は自由にお書きください。</p>	<p>{ 上余白 25mm }</p> <p>{ 下余白 30mm }</p> <p>(242mm)</p> <p>(右余白 14mm程度)</p>
<p>← (1コラム長 84mm) →</p> <p>(段間すきま 8mm) →</p> <p>(左余白 20mm以上)</p>	<p>← (1コラム長 84mm) →</p> <p>(1行 24字)</p> <p>(1頁 40行)</p>	<p>↑</p> <p>↓</p>

編集委員会だより

第33期編集委員会メンバーが下記の通りになりました。今期も宜しくお願い致します。

編集出版担当副会長	福迫尚一郎 (北大)	Tel:011-706-6424, Fax:011-706-7889
編集委員会委員長	芹澤 昭示 (京大)	Tel:075-753-5829, Fax:075-753-5829
編集委員		
	加藤 征三 (三重大)	Tel:0592-31-9383, Fax:0592-31-9471
	増岡 隆士 (九工大)	Tel:093-871-1931, Fax:093-883-2524
Vol.33, No.131 (1994年10月号) 担当		
	稲葉 英男 (岡山大)	Tel:086-251-8046, Fax:086-255-9669
	北村 健三 (豊橋技科大)	Tel:0532-47-0111, Fax:0532-46-3213
Vol.34, No.132 (1995年1月号) 担当		
	山田 悦郎 (秋田大)	Tel:0188-33-5261, Fax:0188-37-0405
	伊藤 正昭 (日立機械研)	Tel:0298-32-4111, Fax:0298-32-2807
Vol.34, No.133 (1995年4月号) 担当		
	小沢 守 (関西大)	Tel:06-388-1121, Fax:06-388-8785
	石塚 勝 (東芝)	Tel:044-549-2330, Fax:044-288-8210
Vol.34, No.134 (1995年7月号) 担当		
	谷下 一夫 (慶応大)	Tel:045-563-1141, Fax:045-563-5943
	赤井 誠 (工技院機械研)	Tel:0298-58-7244, Fax:0298-58-7240
Thermal Science & Engineering チーフエディター		
	小竹 進 (東大)	Tel:03-5800-6986, Fax:03-5800-6986

会告その他、「伝熱研究」についてのお問い合わせは各号担当委員または編集委員長までお寄せ下さい。
なお、「伝熱研究」に掲載希望の会告等の原稿は以下のようにお願いします。

○一般の会告原稿:

原則として、縦117mm、横176mm以内に収まるようにお願い致します。また、印刷は原稿からそのままオフセット印刷を行いますので、鮮明な原稿をお送り下さい。(可能であれば、下記同様フロッピーディスクも添付下さい。)

○地方研究グループ(支部)活動報告

できれば、MS-DOSテキストファイル形式の3.5インチのフロッピーディスクおよびプリントアウトしたものを送り下さい。

(芹澤 記)

事務局からの連絡

1. 学会案内と入会手続きについて

【目的】

本会は、伝熱に関する学理技術の進展と知識の普及、会員相互及び国際的な交流を図ることを目的としています。

【会計年度】

会計年度は、毎年4月1日に始まり翌年3月31日までです。(但し、「伝熱研究」の巻と表紙の色は1月号から10月号までの一年間同じです)

【会員の種別と会費】

会員種別	資格	会費(年額)
正会員	伝熱に関する学識経験を有する者で、本会の目的に賛同して入会した個人	8,000円
賛助会員	本会の目的に賛同し、本会の事業を援助する法人またはその事業所、あるいは個人	1口 3,000円
学生会員	高専、短大、大学の学部および大学院に在学中の学生で、本会の目的に賛同して入会した個人	4,000円
名誉会員	本会に特に功勞のあった者で、総会において推薦された者	0円
推薦会員	本会の発展に寄与することが期待できる者で、当該年度の総会において推薦された者	0円

【会員の特典】

会員は本会の活動に参加でき、次の特典があります。

1. 「伝熱研究, THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING」を郵送します。

(本年度発行予定: 4月号, 7月号, 10月号, 1月号)

- ・正会員、学生会員、名誉会員、推薦会員に1冊送付
- ・賛助会員に口数分の冊数送付

2. 「日本伝熱シンポジウム講演論文集」を無料でさしあげます。

- ・正・学生・名誉・推薦の各会員に1部、賛助会員に口数分の部数(但し、伝熱シンポジウム開催の前年度の3月25日までに前年度分までの会費を納入した会員に限る)

【入会手続き】

正会員または学生会員への入会の際は、入会申込用紙にご記入の上、事務局(本郷)宛にファックスまたは郵送で送り、郵便振替にて当該年度会費をお支払い下さい。賛助会員への入会の際は、入会申込用紙にご記入の上、事務局(本郷)宛にファックスまたは郵送でお送り下さい。必要があれば本会の内容、会則、入会手続き等についてご説明します。賛助会員への申込みは何口でも可能です。

(注 意)

- ・申込用紙には氏名を明瞭に記入し、難読文字にはJISコードの指し示をお願いします。
- ・会費納入時の郵便振替用紙には、会員名(必要に応じてフリガナを付す)を必ず記入して下さい。会社名のみ記載の場合、入金の取扱いができず、会費未納のままとなります。
- ・学生会員への入会申込においては、指導教官による在学証明(署名・捺印)が必要です。

2. 会員の方々へ

【会員増加と賛助会員口数増加のお願い】

個人会員と賛助会員の増加が検討されています。会員の皆様におかれましても、できる限り周囲の関連の方々や団体に入会をお誘い下さるようお願いいたします。また、賛助会員への入会申込み受付におきまして、A(3口)、B(2口)、C(1口)と分けております。現賛助会員におかれましても、できる限り口数の増加をお願いいたします。

【会費納入について】

会費納入状況は「伝熱研究」郵送ラベルの累積請求額でご確認下さい。会費納入には折込みの郵便振替用紙をご利用下さい。その他の送金方法で手数料が必要な場合には、送金額から減額します。フリガナ名の検索によって入金の手務処理を行っておりますので会社名のみで会員名の記載がない場合には未納扱いになります。

【変更届について】

(勤務先、住所、通信先等の変更)

勤務先、住所、通信先等に変更が生じた場合には、巻末の「変更届用紙」にて速やかに事務局へお知らせ下さい。通信先の変更届がない場合には、郵送物が会員に確実に届かず、あるいは宛名不明により以降の郵送が継続できなくなります。また、再発送が可能な場合にもその費用をご負担頂くことになります。

(賛助会員の代表者変更)

賛助会員の場合には、必要に応じて代表者を変更できます。

(学生会員から正会員への変更)

学生会員が社会人になられた場合には、会費が変わりますので正会員(正会員)への変更届を速やかにご提出下さい。このことにつきましては、指導教官の方々からもご指導をお願いします。

(変更届提出上の注意)

会員データを変更する際の誤りを防ぐため、変更届は必ず書面にて会員自身もしくは代理と認められる方がご提出下さるようお願いいたします。

【退会届について】

退会を希望される方は、退会日付けを記した書面にて退会届(郵便振替用紙に記載可)を提出し、未納会費を納入して下さい。会員登録を抹消し、「退会処理通知」を送付します。

【会費を長期滞納されている方へ】

長期間、会費を滞納されている会員の方々は、本号宛名ラベルの会費請求額をご確認の上、至急納入をお願いします。特に、平成5年度以降の会費未納の方には「伝熱研究・THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING」の送付を停止しており、近く退会処置が理事会で協議されます。

3. 事務局について

次の業務を下記の事務局で行っております。

事務局
(業務内容)
i) 入会届、変更届、退会届の受付
ii) 会費納入の受付、会費徴収等
iii) 会員、非会員からの問い合わせに対する対応、連絡等
iv) 伝熱シンポジウム終了後の「講演論文集」の注文受付、新入会員への「伝熱研究・THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING」発送、その他刊行物の発送
v) その他必要な業務
(所在地)
〒113 東京都文京区本郷5-25-18
日本伝熱学会
TEL,FAX : 03-5689-3401
(土日、祝祭日を除く、午前9時~午後5時)

(注 意)

1. 事務局への連絡、お問い合わせには、電話によらずできるだけ郵便振替用紙の通信覧やファックス等の書面にてお願いします。
2. 学会事務の統括と上記以外の事務は、下記にて行なっております。

〒152 東京都目黒区大岡山2-12-1 東京工業大学 工学部 機械宇宙学科 土方 邦夫
TEL:03-5734-3172, 3336 FAX:03-3729-0628

日本伝熱学会正会員・学生会員入会申込み・変更届用紙

(右の該当に○を記入) 1. 正会員・学生会員入会申込書
 2. 変更届 (書面による届出のみ受付)
 (注意) ・楷書体で明瞭に記入
 ・氏名にふりがなを付す
 ・通信文は余白に記入
 ・申込み時に郵便振替にて会費納入

0	申込年月日	H	年	月	日		
1	会員資格	正・学					
2	氏名						
3	ふりがな						
4	生年月日	M	T	S	年	月	日
5	名称						
6	〒						
7	勤務先						
8	所在地						
9	TEL						
10	FAX						
11	〒						
12	住所						
13	TEL						
14	FAX						
15	〒						
16	通信先	勤務先・自宅					
17	学位						
18	最終出身校						
19	卒業年次	T・S・H					
20	専門分野	← (下記の専門分野の番号)					
21	学生会員の場合: 指導教官名	***	印				

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: 物質移動 8: 反応・燃焼 9: 放射 10: 熱物性 11: 熱交換器 12: 流動層
 13: 蓄熱 14: 冷凍・空調 15: 内燃機関 16: 炉・炉心 17: 蒸気機関 18: 原子力
 19: 太陽熱 20: 環境 21: その他 ()
 例: 電子機器の冷却、生体伝熱、分子動力学等
 *) 学生会員入会申込者は学校名、学部、学科、研究室名、学年 (M2, D3など) を記す。
 **) 郵便物発送先として通信先を必ず記入する。
 (***) 学生会員入会申込者は、指導教官の署名・捺印を受ける。

日本伝熱学会 賛助会員新規入会申込み届用紙

※ご記入に際しての注意
 日本伝熱学会からの郵送物は代表者にお送りしておりますので、代表者の所属に変更がありましたら、書面にて事務局宛ご連絡下さるようお願いいたします。

0	申込年月日	H	年	月	日	
1	会員資格	賛助会員				
2	代表者氏名					
3	ふりがな					
4	名称 (所属)					
5	〒					
6	勤務先					
7	所在地					
8	TEL					
9	FAX					
10	〒					
11	口数	口				
			共通・専用			

日本伝熱学会入会のご案内
 1. 本学会の会計年度は毎年4月1日から翌年3月末日までです。
 2. 賛助会員の会費は1口30,000円/年で、申し込みは何口でも結構です。申し込み口数により、次のように分けておられます。
 3. 会員になりますと「伝熱研究」をお申し込み口数1口につき1部お送りします。「日本伝熱シンポジウム講演論文集」等をお申し込み口数1口につき1部無料で差しあげます。
 この伝熱研究は通常、年4回(4、7、10、1月号)発行しております。
 但し、日本伝熱シンポジウム講演論文集につきましては、前年度の会費を年度末までに納入された会員に限り当該年度のもを無料で差しあげます。
 尚、年度途中でご入会の方には残部の都合でお送りできない場合もありますので、あらかじめご承知おき下さい。
 4. 本学会では、事務作業簡素化のために会費の領収書の発行は郵便振替や銀行振込の性をあてております。簡単な書式の領収書をご用意できますが、それ以外の場合には貴社ご指定の書式をご送付下さいますようお願いいたします。
 申込書送付先: 〒113 東京都文京区本郷3-25-18
 日本伝熱学会事務局 TEL, FAX: 03-5689-3401
 会費の払込先:
 (1) 郵便振替の場合-郵便振替口座 東京 14749 日本伝熱学会
 (2) 銀行振込の場合-第一勧業銀行 大岡山支店 普通預金口座 145-1517941
 日本伝熱学会 代表 土方邦夫
 (3) 現金精留の場合-上記の事務局宛に御送金下さい。

複写をされる方に

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、著作権者から複写権の委託を受けている次の団体から許諾を受けて下さい。

学協会著作権協議会内日本複写権センター支部

〒107 東京都港区赤坂 9-6-42-704

Phone 03-3475-4621/5618

Fax 03-3403-1738

Notice about photocopying

In the U.S.A., authorization to photocopy items for internal or personal use, or the internal or personal use of specific clients, is granted by [copyright owner's name], provided that designated fees are paid directly to Copyright Clearance Center. For those organizations that have been granted a photocopy license by CCC a separate system of payment has been arranged.

Copyright Clearance Center 27 Congress St.

Salem, MA 01970

Phone (508)744-3350

Fax (508)741-2318

伝 熱 研 究

ISSN 0910-7851

(Journal of The Heat Transfer Society of Japan)

Vol.33, No.130

1994年 7 月 発行

THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING

ISSN 0918-9963

Vol.2, No.3

July, 1994

発行所 日 本 伝 熱 学 会

〒113 東京都文京区本郷5-25-18

電話 03(5689)3401

Fax. 03(5689)3401

郵便振替 東京 4-14749

Published by

The Heat Transfer Society of Japan

25-18, Hongo 5-chome, Bunkyo-ku,

Tokyo-113, Japan

Phone. Fax: +81-3-5689-3401

伝熱研究 Vol.33, No.130

会長就任にあたって	第33期会長 中山 恒 (東工大)	1
会長退任にあたって	第32期会長 棚澤一郎 (東大)	3
〈第6回日本伝熱学会賞〉		
第6回日本伝熱学会学術賞・技術賞を選考して	第32期日本伝熱学会表彰選考委員会主査 坂口忠司 (神戸大)	5
第6回日本伝熱学会学術賞を受賞して	長坂雄次 (慶大)	6
第6回日本伝熱学会学術賞を受賞して	宮武 修 (九州大)	8
〈小特集：生産・加工プロセスにおける伝熱研究〉		
小特集にあたって	第32期編集委員会	10
タンディッシュプラズマ溶鋼加熱における伝熱	井上 衛 (新日本製鉄)	11
連続铸造プロセスにおける流動・伝熱挙動	高谷幸司 (住友金属工業)	19
コークスベッドを用いた熔融プロセスのシミュレーション	橋本昌也 (大阪ガス)・大岡五三夫 (大阪ガスエンジニアリング)	27
融液成長における対流の不安定性	柿本浩一 (日本電気)	36
〈第31回日本伝熱シンポジウム・イブニングセミナー〉		
国産ロケットH2用LE-7エンジンの開発	岸本健治 (三菱重工業)	46
〈第31回日本伝熱シンポジウム〉		
第31回日本伝熱シンポジウムを終えて	準備委員長 福迫尚一郎 (北大)	55
第31回日本伝熱シンポジウム・プログラム係を担当して	準備委員 工藤一彦 (北大)	56
〈寄稿論文〉		
Research Networking for Better Productivity (ネットワークの効果的利用による研究の推進)	James C.Liu and Kunio Hijikata (東工大)	57

THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING Vol.2, No.3

1. Heat Transfer Enhancement due to Turbulence Induced by Particle Motion in Gas-Solid Fluidized Beds (in Japanese) 1
Kurosaki Y., Satoh I., Nara E. and Tokuda S.
2. Laminar Mixed Convection with Flow Reversal in a Horizontal Isothermal Square Channel (in Japanese) 9
Kunugi T., Sakamoto Y. and Ichimiya K.
3. Visualization and Calculation of Temperature and Flow Fields in Forced Convection Cooling of a Wall-Mounted Block (in Japanese) 19
Honma K., Kawamura H., Saita K. and Inagaki E.