

伝 熱

Journal of the Heat Transfer Society of Japan

ISSN 1344-8692 Vol. 54, No. 227
2015. 4

HTSJ

◆特集：空調冷熱研究の最新動向



写真1 エアコン性能評価装置

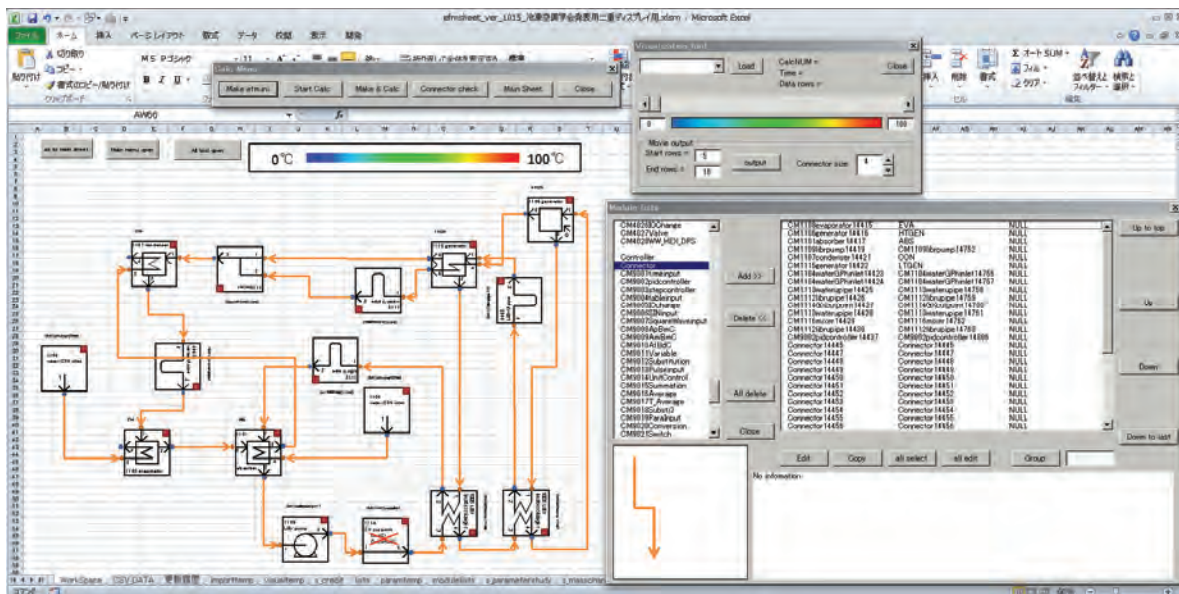


写真2 Energy flow+M の GUI 画面

冷凍サイクル制御の最新技術

Latest technology for control method of refrigeration cycle

写真1はエアコン性能評価装置の外観写真であり、エアコンの制御性能まで含めた実運転性能を評価できる新たな装置である。仮想の空調空間の空調状態をコンピューターで計算し、室内機を複数台有するマルチエアコンの非定常性能まで評価可能である。

写真2は空調システム挙動解析ソフト Energy flow+M の GUI 画面である。エネルギーシステムの非定常な挙動を解析するには、複雑な非線形連立偏微分方程式を解析する必要がある。この解析ソフトは、数学を意識すること無く GUI 上で熱交換器や圧縮機といった要素アイコンを接続するだけでシステムの非定常な挙動を解析することが可能である。解析結果は、MS Excel のシート上に出力される。

齋藤 潔 (早稲田大学)

Kiyoshi SAITO (Waseda University)

e-mail: saito@waseda.jp

伝 熱

目 次

〈巻頭グラビア〉

冷凍サイクル制御の最新技術	齋藤 潔 (早稲田大学)	表紙裏
---------------	--------------	-----

〈特集：空調冷熱研究の最新動向〉

冷凍サイクル制御の課題と最新技術	齋藤 潔 (早稲田大学)	1
室内環境はどうあるべきか	山中 俊夫 (大阪大学)	8
熱交換器の高性能化および伝熱促進の最新動向	宮良 明男 (佐賀大学)	12
カーエアコン用エジェクタシステム ECS および ECS 用エバポレータの紹介	尾形 豪太, 西野 達彦 (株式会社 デンソー)	19
空調用ファンの空力騒音の予測と低減に関する研究	岩瀬 拓 (株式会社 日立製作所)	25
環境規制と家庭用冷媒圧縮機の技術動向	横山 哲英 (三菱電機株式会社)	31

〈会議報告〉

The 25th International Symposium on Transport Phenomena (ISTP-25) 報告	矢吹 智英 (九州工業大学)	37
1985 年 (PC システム導入) 以後の日本伝熱学会事務局の歴史 — 倉水裕子さんへの感謝 —	現・元理事会	39

〈行事カレンダー〉 41

〈お知らせ〉

第 52 回日本伝熱シンポジウムのご案内	42
第 52 回日本伝熱シンポジウムプログラム (暫定版)	47
優秀プレゼンテーション賞 (第 52 回日本伝熱シンポジウム) について	62
事務局からの連絡	
・ 編集出版部会からのお知らせ	63
・ 新入会員一覧	64

〈編集出版部会ノート〉 67

CONTENTS

<Opening-page Gravure:heat-page>

Latest Technology for Control Method of Refrigeration Cycle

Kiyoshi SAITO (Waseda University) Opening Page

<Special Issue : Latest Trend of Study on Air conditioning and Refrigeration>

Latest Technologies for Control Methods of Refrigeration Cycle

Kiyoshi SAITO (Waseda University) 1

How should be Indoor Environment?

Toshio YAMANAKA (Osaka University) 8

Recent Directions in Heat Exchanger and Heat Transfer Enhancement

Akio MIYARA (Saga University) 12

Ejector Cycle System for Auto Vehicle Air-Conditioner and Heat Exchanger for ECS

Gota OGATA, Tatsuhiko NISHINO (DENSO Corporation) 19

Study on Prediction and Reduction of Aerodynamic Noise for Fan System of Air-Conditioner

Taku IWASE (Hitachi, Ltd.) 25

Environment Refrigeration and Technical Trend of Consumer Refrigerant Compressor

Tetsuhide YOKOYAMA (Mitsubishi Electric Corporation) 31

<Report>

Report on the 25th International Symposium on Transport Phenomena

Tomohide YABUKI (Kyushu Institute of Technology) 37

History of the HTSJ office after 1985 when a PC-based management system was first installed:

Gratitude to Ms. Hiroko Kuramizu

Present & Past Board of Directors 39

<Calendar> 41

<Announcements> 42

<Note from the JHTSJ Editorial Board> 67

冷凍サイクル制御の課題と最新技術

Latest Technologies for Control Methods of Refrigeration Cycle

齋藤 潔 (早稲田大学)

Kiyoshi SAITO (Waseda University)

e-mail: saito@waseda.jp

1. はじめに

ヒートポンプ、エアコン、冷蔵庫をはじめとした冷凍空調機器においては、伝熱技術が最重要技術の一つであることは、誰もが疑いがないであろう。しかし、最近の伝熱技術の進展はさまざまのものがあ、これ以上伝熱性能を向上させてもこれらの機器の性能は、もはやあまり向上させることは困難な状況となってきた。

例えば、エアコンの年間性能を表す APF は、現在すでに 7.0 を超え、その限界は 8 程度とも言われており、性能向上は、限界に来ているともいわれている。

このため、例えば、NEDO において「次世代ヒートポンプ研究委員会」が 2009 年に開催され、その中では、今後は未利用エネルギーの利用や他のシステムとの組み合わせ等により、ヒートポンプだけでなくそれを含む周辺技術まで含めたトータルシステムとして性能を向上させることが不可欠であるとの認識にいたっている。

このようなことを書くとヒートポンプ単体として性能を向上させるためにもうやることはないのか？との質問を当然受けることになる。まだまだいくらでもやることはありますよ・・・、というのが著者の答えである。

例えば、自動車では、カタログに書かれている燃費と実運転燃費には大きな乖離があることは誰もが知っているところである。これは、車の場合には、燃費の把握が容易だからであろう。

一方で、冷凍空調機器の場合には、機器単体の電力使用量は一般家庭では知ることはできないし、一体どの程度の効率で機器が駆動しているかなど当然知る由もない。コンプレッサカーブ法等により、機器の実運転性能を把握するための努力はなされているが[1]、まだ、ほとんど実情はわかっていないのが現状である。

このような状況であるため、エアコンの実運転

性能を把握する取り組みもなされている[2]。このような取り組みにより、エアコンも実運転性能とカタログ性能にはやはり乖離があるということが徐々に明らかにされてきている。

日本においては、冷凍空調機器には、圧縮機の回転数を機器の運転状態によって可変にできるようにインバーターが導入され、多様な運転条件でも機器を安定して駆動することが可能となった(それまではオンオフ運転であり、性能が低かった)。もちろん、熱交換器や圧縮機の性能が非常に高いため、安定して機器が駆動できれば大変高い性能を発揮することが可能なのである。しかし、現実的には、インバーターを生かし切れず、断続運転がしばしば発生してしまっている。

この要因の一つとして、規格そのものが抱えている課題もある。APF は年間性能を表す指標であるが、実は圧縮機の周波数を固定させて、自動制御系を取り除いて、数点の定常運転データから年間性能を推定したものにすぎないのである。

このため、機器自身が搭載している自動制御系を使って運転させた機器の実運転性能は、例えそれを向上させたとしても APF には、ほとんど反映されないのである。これでは、メーカーが機器の制御性能向上に投資するインセンティブが働かないため、機器の性能を多少犠牲にしても、機器が壊れないように、圧縮機の保護制御等に制御設計の重点が置かれている状況のように思われる。

私も規格の策定委員のメンバーであり、規格が何かごまかしでもしようと考えられたものでは決して無いことは付記しておきたい。エアコンの実運転性能を計測すること自体が非常に難しいのである。

実運転性能を向上させるためには、きちんとした制御系の実装が必要不可欠であるが、空調制御は、非線形性の強い多変数制御系となるばかりでなく、制御対象の室内の状態が多様に変わるため、

制御設計が厄介である。さらに厄介なことは、操作部である空調機器自体も外気温度状態の変化等による外乱によって特性が大きく変わってしまうのである（以降の図1の説明をご一読頂きたい）。このため、低負荷になったような時には、機器が連続運転ができず、断続運転に簡単に入ってしまう、機器の性能が大きく低下しているのである。

この背景には、冷凍サイクルを行う機器設計の立場の技術者と機器の制御を行う電気系の技術者との分業が進んでしまったことがあるのではないかと考えている。

このように、機器の制御設計をきちんとして実運用性能を向上させる立場に立てば、まだまだ機器の性能向上の余地は十分にあるということである。

今回、伝熱の研究者、技術者があまりすることがない発想で原稿の執筆いただきたいとお言葉をいただいたので、思い切って制御系の立場を前面に出して解説をしてみたい。

2. 冷凍空調システムの制御上の課題

冷凍サイクルを採用した代表格はエアコンであるので、ここでは、エアコンについて制御上の課題を説明していきたい。エアコンでは、膨張弁の操作による過熱度制御、圧縮機の操作による室内機吸い込み空気温度制御の2変数制御が基本となる。この基本制御のブロック線図を書くと図1のようになる。

過熱度制御では、圧縮機の吸い込みの冷媒の過熱度が一定となるように電子膨張弁の弁開度が操作される。例えば、電子膨張弁では、パルスと弁開度は基本的にはリニアな特性となっているが、システムの特長となる電子膨張弁の弁開度と過熱度の関係は、非線形となる。

このようにプロセスや操作部のゲインが非線形性により、運転状態によって変わってしまえば、調節器のゲインもこれに呼応するように変化させる必要がある。図2に例えば、外気温度が変化した場合の、エアコンのゲインの変化の様子を示しておく。このように本来一定であってほしいゲインが外気温度のような運転条件の変化によって、変わってしまうだけでなく、両操作量が相互影響していることもわかる。

現状では、プロセスのゲイン特性についての十

分な認識がないままに、ノウハウに基づいて調節器のゲインマップ等を作成し、ゲイン調整を行っているようである。このため、複雑な制御コードになってしまうため、製品が変わるとだれも手が付けられないような状況となっていると聞いている。

この背景には、機器設計と制御系設計の分業が進んでしまったことも一つの大きな要因と考えている。また、大学においても機械系にプロセス制御の分野がほとんどなくなってしまったことによって、プロセス制御のわかる技術者、研究者が大幅に減っていることも大きいかもしれない。

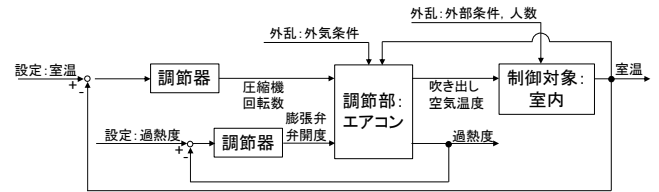
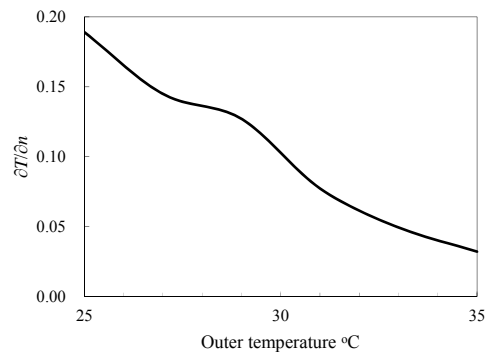
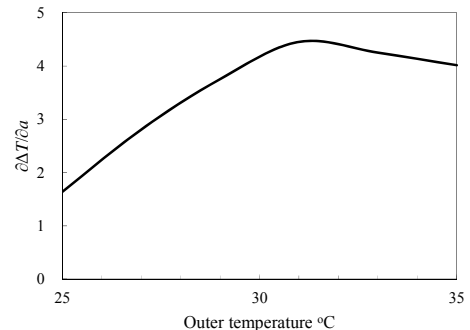


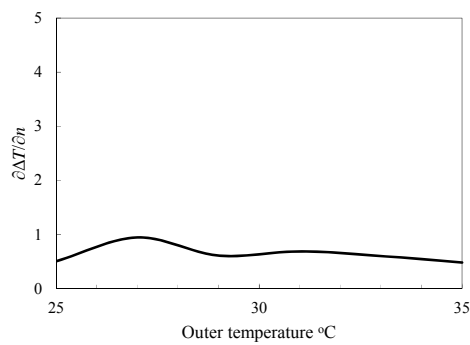
図1 ブロック線図



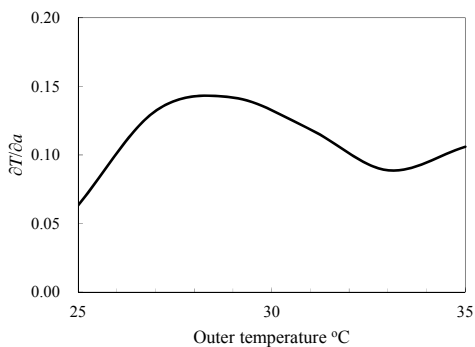
(a) 回転数に対する吹き出し温度ゲイン



(b) 弁開度に対する過熱度ゲイン



(c) 回転数に対する過熱度ゲイン



(d) 弁開度に対する吹き出し温度ゲイン

図2 外乱に対するゲインの非線形性

また、冷凍サイクルで特に問題となっているのが、部分負荷運転時の運転性能である。本来であれば20%程度まではインバーターによって機器を連続的に運転できるのであるが、負荷量が40%程度となると連続運転ができなくなり、断続運転に入ってしまう機器が多い。

これは、負荷が低下してくれば、圧縮機の回転数も小さくなるため、無駄時間等の影響で少しでも行き過ぎれば、圧縮機を止めざるを得なくなってしまうためである。

このほかにも機器の安定運転を難しくしているのがオイル戻し制御である。特にマルチ型のエアコンでは、圧縮機の潤滑油が配管や熱交換器にまで流出してしまうとそれを圧縮機に戻すことが困難となる。

このため、圧縮機の回転数を一気に上げ、冷媒の高低圧差をつけて油戻し運転をする必要がある。特に負荷が軽いときにこの運転となると性能が過ぎてしまい、機器が停止し、断続運転になり、機器性能が大きく低下する。断続運転の発生は、このオイル戻し制御によるところも大きい。

以上のように一般的には冷凍サイクルの制御技

術は確立されている感が強いが、実運転性能をじっくり分析してみると、制御上には課題が多いことがわかる。

3. 実運転性能の新たな評価方法の検討

以上のように制御系による自動運転がなされたときの機器の実運転特性は、把握が非常に困難である。

そこで、筆者の研究室では、図3に示すような機器の実運転を評価できる新たな評価装置の開発を進めているので簡単にご紹介したい。



図3 評価装置写真

この装置では、図4に示すように3セットの通風経路があり、この途中に室内機、室外機を想定した熱交換器が設置できるようになっている。通風経路が3セットあることから、3つの熱交換器を設置することが可能となっている。これは、1基の室外機と2基の室内機を設置可能なビル用マルチエアコンの特性評価を可能とするためである。

このシステムでは、それぞれの通風経路入口に空気の温湿度、送風量を自由に決められる条件発生器が設置されている。

これにより、条件が適切に設定された空気を熱交換器に供給することができる。熱交換器を通過して加熱や冷却された空気は、排気される。この排気の温湿度が計測できるようになっている。

実機では、室内機を想定した熱交換器を通過した排気空気は、室内へ供給される空気となる。この評価装置の大きな特徴は、この排気の状態から、室内の温湿度がどのようになるかをバーチャルにコンピュータで計算する。これの計算を瞬時に実行し、エアコンでの吸い込み空気の状態を予測する。そして、この予測された空気条件となるように条件発生器を操作して、その状態の空気を生成

する。それを各熱交換器に連続的に供給していく。

この装置があれば、大きな室内空間を設置することもなく、エアコンの非定常の実運転性能を予測することができる。また、室内の条件はコンピュータで計算しているだけであるから、バーチャルに様々な室内状況を想定した機器の運転特性も容易に知ることができる。

この装置を用いて機器の運転特性を明確化しているところである。これについては、追って報告していきたい。

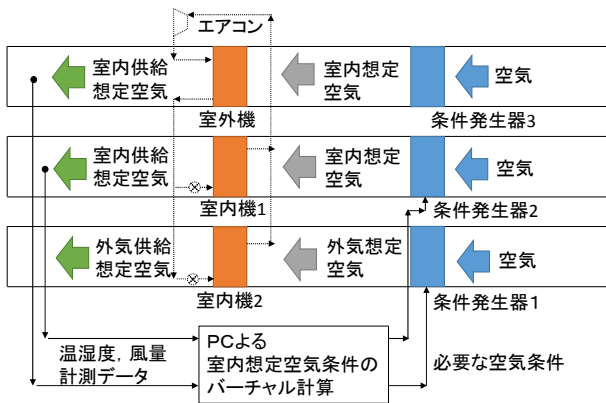


図4 装置の仕組み

4. 最新の制御技術

ここでは、提案されている最新の制御技術を紹介したい。本来であれば、ここで紹介される制御技術が本質的にどのように実現されているのかを紹介したい。しかし、制御ロジックの詳細は、企業秘密であり、ほとんど公表されることもない。

このため、筆者が説明したいこととは若干ギャップがあること認識しつつも、上手な制御を行えば、大変な省エネルギー効果があるので、ここで紹介させていただくこととした。

4.1 ビル用マルチエアコンの最新制御

年間を通じて出現時間が多い低負荷領域では、室内機と室外機の制御が独立しているため、条件によっては、制御のミスマッチが発生し、図5に示されるように圧縮機の発停が繰り返され、COPが大幅に低下していた。そのため、従来の制御では、原理的に低負荷領域でのCOP向上に限界があった。

そこで、センサで測定された冷媒圧力・温度、室温や室内機の吹出温度等を室内機能力の算出モデルと室温変化の予測モデルに代入し、計算され

た現在能力と次ステップの室温、室内機の吹出温度の予測値から、空調負荷の変化をリアルタイムに推定する。

そして推定された負荷に対し、室温または室内機の吹出温度を設定値に速やかにかつ安定的に収束させるために必要な室内機能力を算出し、室内機のファン風量と冷媒の蒸発温度または凝縮温度の目標値を最適値に設定する。

圧縮機回転数は、この最適値に蒸発温度または凝縮温度を保つように制御される。また室内機の膨張弁開度は、室内熱交換器の効率が最大となるよう熱交換器出口の冷媒温度を制御する。

このような制御によって、冷媒高低差圧が減少して圧縮機動力が低減できる。また、圧縮機回転数が滑らかに変化することにより、低負荷時の圧縮機の断続運転抑止による発停ロスが低減できるため、大幅な省エネを図ることができる。図6に新制御と従来制御の比較を示す。従来の制御では25%程度の負荷までCOPが向上している。

なお、外調機のビル用マルチエアコンは、室内風量一定で吹出温度を制御するため、蒸発温度または凝縮温度の設定値を空調負荷に応じて最適化して大幅な省エネルギーを図っている。

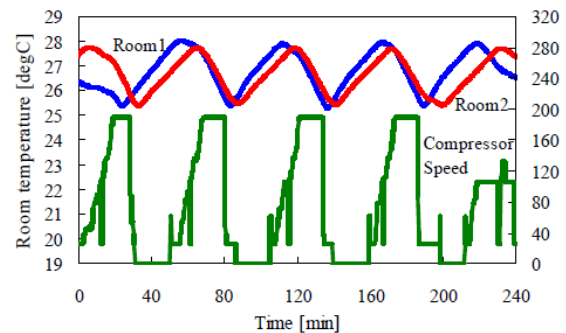


図5 ビルマルの断続運転

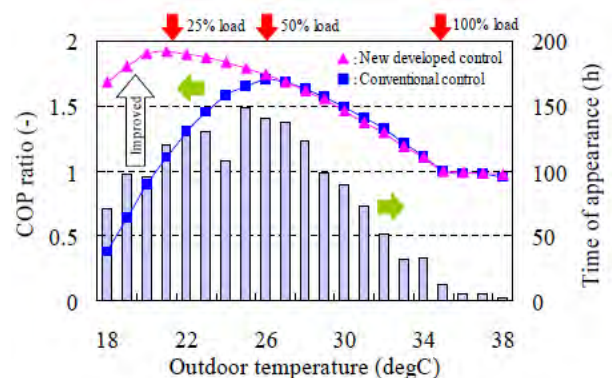


図6 最新制御を導入した効果

4.2 ターボ冷凍機の最新制御

図8に示されるようなインバータターボ冷凍機の性能を十分に発揮させる熱源システムの制御コントローラとして、熱源システムを簡単に一括制御可能な熱源総合制御システム“エネコンダクタ”が2010年に製品化され、市場投入された。

熱源システムの制御プログラムは、現地設備の接続構成から設計者が都度プログラミングすることが多いが、エネコンダクタは一つの標準制御プログラムを持つのみである。実装対象とした制御機能は、冷凍機台数制御、冷水変流量制御、冷却水変流量制御、冷却塔制御に加え、システムの安定運用に必要な機能である冷却水バイパス弁制御、主管バイパス弁制御などで、汎用プログラムとして組み込まれた。顧客のシステム構成に応じて、制御機能要否や機種選定、冷凍機の台数等が、設定パラメータと冷凍機との通信にもとづき自動で構成される。

想定される熱源システム構成は何パターンもあり、実機での検証には限界があった。そのため、発電プラント等の動特性解析に実績のあるシミュレーションコードPRANETを用いて、検証システムを構築し、複数パターンの熱源システムをコンピュータ上に構成することにより、物理モデルとして再現できる環境とした。この検証システムにて制御ロジックとの結合検証を実施した。

検証データを評価した結果、図9に示すように2012年度には年平均システムCOP7.7という高性能な結果が得られた。リニューアル前も年平均システムCOP5.9と性能は良かったが、更に23%の省エネとなっている。特に、外気温度が下がり熱負荷も低くなる冬期に性能差が明らかになっており、エネコンダクタによる低負荷時の制御が効果的であることがわかった。

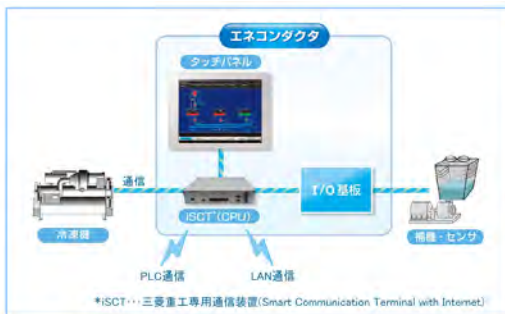


図8 エネコンダクタのハードウェア構成

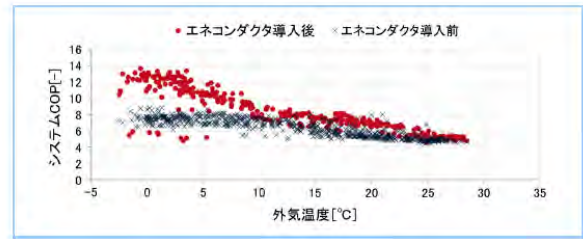


図9 エネコンダクタ導入前後の熱源システム COP

4.3 ショーケースの最新制御

ショーケース・冷凍機連携制御機能とは、システムコントローラにてマイコン制御のインバータ冷凍機を総合的にコントロールする機能である。年間の負荷変動の大きいショーケースは、夏場の最大負荷に基づき冷凍機が選定されるため、冬場には時として冷凍能力が過分の状況になっている。システムコントローラはショーケースコントローラから個々のショーケースの運転状況を確認し、総合的に必要な冷凍能力を判断し、冷凍機の容量を制御することで、適正な冷凍能力を維持する（需給連携制御）。

ショーケース・冷凍機連携制御アルゴリズムの概略ブロックを図10に示す。個々のショーケースの負荷は、ショーケースの温度制御を行なっている電磁弁のON/OFF情報から判断する。電磁弁ON（冷却ON）時間が長い場合は、「ショーケース負荷>冷凍能力」、電磁弁OFF（冷却OFF）時間が長い場合は、「ショーケース負荷<冷凍能力」、それ以外は「ショーケース負荷≒冷凍能力」と判断する。

インバータ冷凍機は、冷媒の圧縮機吸入圧力値を圧力設定値になるように周波数制御しており、圧力設定値を上げると冷凍能力と消費電力が減少し、下げると冷凍能力と消費電力が増加する特性を持っている。そこで、複数のショーケースの負荷のうち、1台でも冷凍能力不足と判断すると圧力設定値を下げて冷凍能力を増加させ、逆に全てのショーケースが冷凍能力過剰と判断すると圧力設定値を上げて冷凍能力を減少させ、冷凍能力に過不足がないと判断すると圧力設定値を維持する。

このアルゴリズムにより、複数のショーケースの負荷に対する冷凍能力を常に最適に保ち、省エネを実現している。

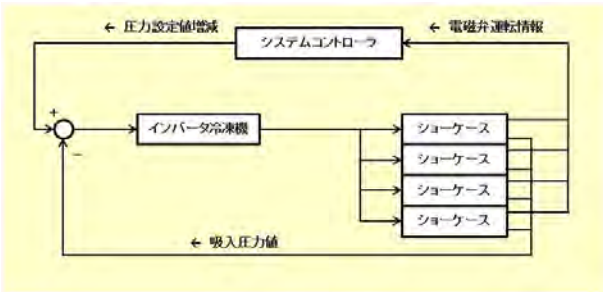


図10 ショーケース・冷凍機
連携制御アルゴリズムの概略ブロック

図11は、2005年に省エネルギー効果を計測した実測結果である。店舗内の4つの系統で検証を行なった。冬期、中間期、夏期のそれぞれ約1週間程度、固定運転を行ない、データを計測した。ショーケース・冷凍機連携制御運転のデータは、固定運転を行なった日と同じような気象状況の日を抽出し、データ比較を行なった。この店舗では、年間平均省エネルギー率30.7%であった。

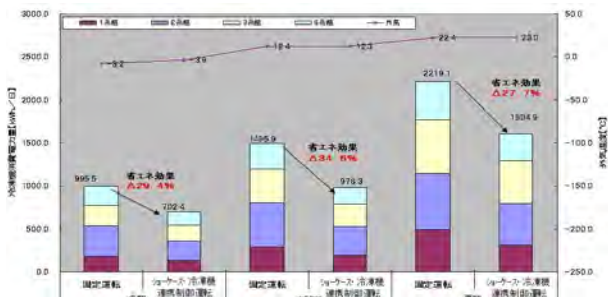


図11 スーパーマーケットでの
ショーケース・冷凍機連携制御実証結果

4.4 最新の制御解析技術

制御を検討する上で、対象となる空調システム全体の特性を把握することは重要である。システムの制御検討には、熱源・空調機・部屋などのすべての特性を統合して把握する必要がある。トータルシステムはこれらのサブシステムの組合せにより多種多様であり、その特性を実験で網羅的に把握することは困難であるため、シミュレーションにより把握することが有効である。

例えば室内温度制御を考えると、空間の必要な位置だけを空調し、処理負荷を最小限に抑える制御などが求められる。このようなシステムの制御検証には、設備と空間の両方で精度の高い数値モデルとシミュレーション技術の融合が求められ

る。

このような背景のもと、熱源内部の挙動から空間の温度・気流分布までを含めた、空調システム全体の特性把握が可能であり、かつ制御検討が可能なシミュレータ（マルチフィジクス連成シミュレータ）が構築された。

ここでは、図12に示すように熱源の解析には物理モデルベースのシミュレータを用い、部屋には分布定数のCFDを用いるなど、サブシステムごとに適切なシミュレータを採用し連成された。

この連成解析により、図13に示されるように空調制御の挙動から、部屋の温度分布に至るまでそれぞれが相互干渉するシステム全体の特性を把握することが可能となった。

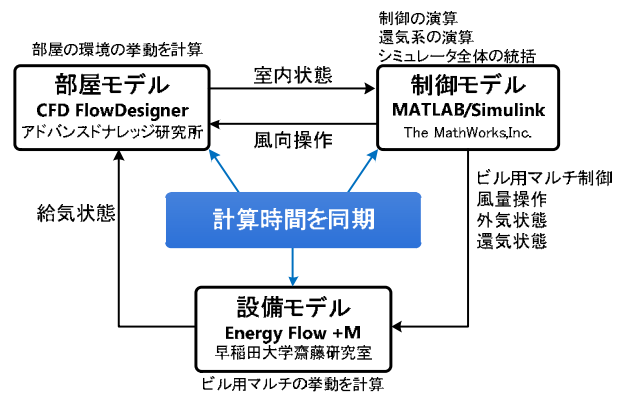


図12 マルチフィジクス解析

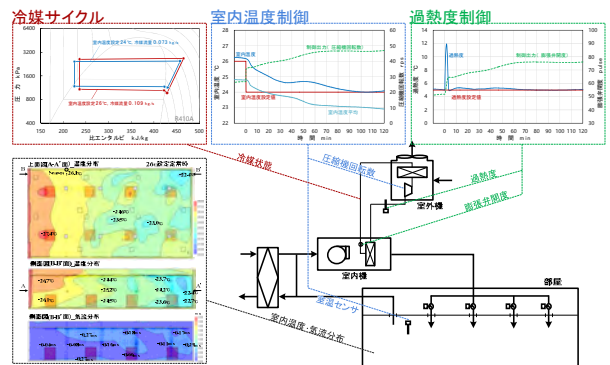


図13 解析の様子

5. 新たな制御技術確立へ向けた展望

これまで冷凍空調機器では、冷凍サイクルの性能を向上させることを主眼に要素開発がなされてきた。当然であるが、熱交換器であれば、伝熱性能を向上させ、圧力損失を低減させること、圧縮機であれば、断熱効率、体積効率を向上させることが最重要な開発課題となってきた。これらはあくまで定常的な性能向上に関するものである。

すでに述べたが、定常的な性能を向上させることはすでに限界に近い。しかし、実際には、機器は常に非定常に動いており、断続運転が行われていることも多い。

このため、従来のような冷凍サイクルの性能を向上させるための要素開発だけではなく、機器の制御を容易とする要素開発のような発想の転換が必要ではないかと考えている。

例えば、システムの定常ループゲインが運転状態によらず一定となり制御性がよくなる膨張弁、圧縮機の開発（パルスに対する開度は非線形となる）、さらに例えば機器が停止しているときに熱交換器に冷媒液が均等に分布して、断続運転の起動時に COP を向上させる熱交換のように・・・

もちろんこのような熱交換器を作るのは容易ではないことは重々承知しているが、言いたいことは、非定常に運転されている実運転性能を向上させる方策を考えることが必要ということである。

そうでなければ、もう機器の性能をこれ以上改善することは困難であろう。日本の技術者の方々はどんな困難も乗り越えてきた。

ぜひ、ここで、改めて次の大きな課題を乗り越え、引き続き、日本のヒートポンプが世界最高レベルを維持し続けることを期待する。

6. おわりに

以上、冷凍サイクルの制御上の課題、最新の制御技術、今後の展望について述べさせていただいた。冷凍サイクルの研究開発をなされてきた方々が読まれたら、不快な思いをされることも書いたように思っている。この点については是非ともお許し頂きたい。

ただ、従来の延長線上の発想では、ヒートポンプやエアコン、冷蔵庫等の機器のこれ以上の性能向上は困難であることは、この分野の専門家はだれもが理解していると思っている。

やはり、著者がここで述べたように制御がしやすい機器の開発のような大きな発想の転換が必要であろう。これにより、単に規格上だけではなく真に効率の良い機器が開発されていくことをただただ期待するばかりである。

参考文献

- [1] 鹿園, 齋藤他, 高効率冷凍・空調・給湯機器の最新技術, CRC 出版, (2011)247-257.
- [2] 岡本 洋明, 田中 千歳, 飛原 英治, 家庭用ルームエアコンの使用実態調査, 日本冷凍空調学会論文集, Vol. 30, No. 21 (2013) 169-179.
- [3] 二階堂智, 上田憲治他, ターボ冷凍機からなる熱源システムを最適制御するコントローラ” エネコンダクタ“, 三菱重工技報, Vol.51, No. 2 (2014)4.
- [4] 次世代型ヒートポンプシステム研究委員会最終報告書, NEDO (2010.3).
- [5] 笠原, 木保, 岡, 藪, 岩田, 櫻庭, 永松, ビル用マルチエアコンの革新的省エネ制御の研究開発, 2012 日本冷凍空調学会年次大会(2012).
- [6] 伊藤 卓, 斎数 由香子, 三枝 隆晴, 大野 慶祐, 齋藤 潔, 空間-熱源-制御のマルチフィジックス連成シミュレーションに関する研究 (2014).

室内環境はどうあるべきか *How should be Indoor Environment?*

山中 俊夫 (大阪大学)

Toshio YAMANAKA (Osaka University)

e-mail: yamanaka@arch.eng.osaka-u.ac.jp

1. はじめに

特集「空調冷熱研究の最新動向」にあたって、室内快適性に関する最新研究について、執筆のご依頼をいただいた。筆者は、建築環境工学の範疇で、建物室内の空気環境の制御技術や、環境と人間との関係について研究を行っているので、同分野における研究動向についてご紹介させていただくことで、読者の方々に建築に関わる分野での考え方を理解いただき、空調・冷凍機器などの建築設備の技術開発のご参考になればと思う。

「室内環境はどうあるべきか」、昔よりこの命題について、様々な議論と研究が行われてきた。建物の用途によって、理想とする室内環境条件は異なるとはいえ、多くの場合、そこには人間が在室しており、何らかの活動を行っている。この人間、つまり在室者が空間の評価者であり、人間にとって望ましい環境が実現維持されなければならない。

ところで、人間を対象として望ましい環境を考える場合には、在室者の感覚器官による分類から、視覚、嗅覚、温冷感、聴覚など、特定の器官或いは、体全体として感じる感覚について、「刺激-反応関係」を基に評価される特異の評価が多く用いられる。これらは、例えば、温冷感における寒暑感や熱的快適性、嗅覚におけるにおいの強さやにおい不快感などの様に特定の刺激に対する強度、快適性、受容性によって評価できる。これらは、温湿度、気流速度、周壁平均放射温度、臭気濃度、騒音レベル、輝度などの環境要素の条件から求める手法が種々開発されており（例えば SET*や PMV）、設備設計や建築設計に多く利用されていることは周知のことである。

しかし近年では、建物の省エネルギーに対する要求に呼応して、様々な試みや議論が行われている。例えば、日本独自の「クールビズ+28℃」や「ウォームビズ+20℃」は、服装を変えることで設定温度を上げ（夏期）、快適性を維持しよう、と

いう合理的な発想であるが、環境を温度だけで評価している点で、望ましい室内環境と言えるのか、疑問の声がある。新鮮外気の供給量である換気量についても、現在は建築物衛生法により室内の二酸化炭素濃度は 1000ppm と規定されているが、守れない建物も多く、室内環境は悪化しつつあるのではないかと、という疑念、一方で、快適性だけに注目するのではなく、在室者の仕事効率、即ち知的生産性 (Workplace Productivity) について配慮することが必要であるという考え方が欧米で普及しつつある。

本稿では、これら、近年話題になっている室内環境、特に空調設備に関連の強い熱環境と空気環境を対象として、目標とする環境評価の考え方や評価方法の最新動向について紹介することとしたい。

2. 温熱環境の視点から

2.1 知的生産性からみたクールビズ

知的生産性とは、「Workplace Productivity」のことであり、事務室での作業効率を意味している。知的生産性については、REHVA のガイドブック[1]に詳しいが、空気調和・衛生学会では、日本の夏の 28℃設定に対して、様々な観点から調査・検討を行い、実際の建物内の温度は 28℃設定では快適な環境とはならず、知的生産性の低下を引き起こしていることを指摘し、クールビズ化したオフィスにおいても 27℃設定とすることを提案している。同学会報告書[2]で紹介されている図 1[3]は、13,169 人を対象としたコールセンターでの実測調査により得られた日平均室内気温と平均応答件数との関係を示したものである。図から、両者に明らかな負の相関関係が見られ、例えば日平均室内気温が 25℃から 26℃に一度上昇すると、平均応答件数が 2%低下する傾向が見られる。暑い環境では快適性が低下し、知的生産性が低下するのは明白である。

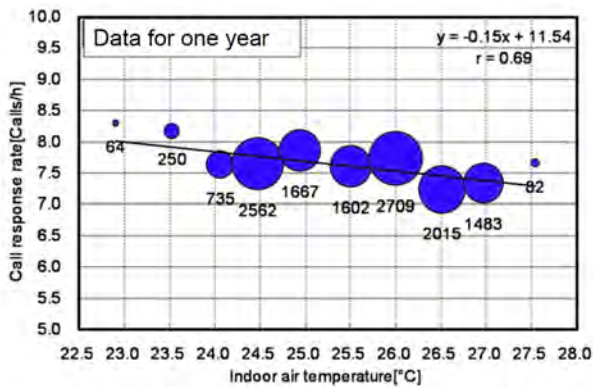


図 1 コールセンターにおける日平均室内温度と平均応答件数との関係[3]

ここで、いくつか疑問もあるかもしれない。コールセンターではクールビズではなかったのか？じつはこの調査は 2004 年の夏であり、小泉内閣がクールビズを提案した 2005 年の 1 年前で、まだクールビズという概念は浸透していなかった。では、クールビズにより、着衣量を減らせば、温度が高くても快適性は維持でき、その結果、知的生産性も維持できるのではないか？夏期の室内で、着衣量調節によってどの程度温冷感の維持ができるかについては、中村[4]により、着衣の低減と等価な温度上昇の値についての式が提案されている。

いま、着衣の熱抵抗である clo 値が 0.1 低下した場合に、それと等価である温度上昇 R は次式で求められるとされる[4]。

$$R = 0.57 \text{ [K/0.1clo]}$$

クールビズ室内での着衣量の平均は、男性で 0.55clo、女性では 0.44clo との報告もある[5]が、例えば、着衣を通常の 0.7clo から 0.5clo にしたとして、その場合の温度上昇は 1.1℃、通常オフィスの 26℃から言えば、せいぜい 27℃である。つまり、着衣の調整には限界があり、さらに温度を上げようと思えば、湿度低下や、シーリングファンの利用による風速上昇などを考えなければならないのである。

2.2 知的生産性の評価方法

図 1 では、知的生産性を応答件数で評価した。しかし、この様に生産性が数値で評価できるとは限らない。そこで、主観的に自身の知的生産性を

評価する方法がいくつか開発されている。日本では、(財) 建築環境・省エネルギー機構 (IBEC) で開発された測定法として、SAP (Subjective Assessment of workplace Productivity) [6]が用いられることが多い。簡易な方法で知的生産性の評価ができる点で優れているが、あくまで主観的方法であり、限界もある。図 2 は、SAP におけるオフィスの知的活動モデルの構成図である。執務者の知的活動は多層で多岐にわたることから、これらをすべて評価することは容易ではない。

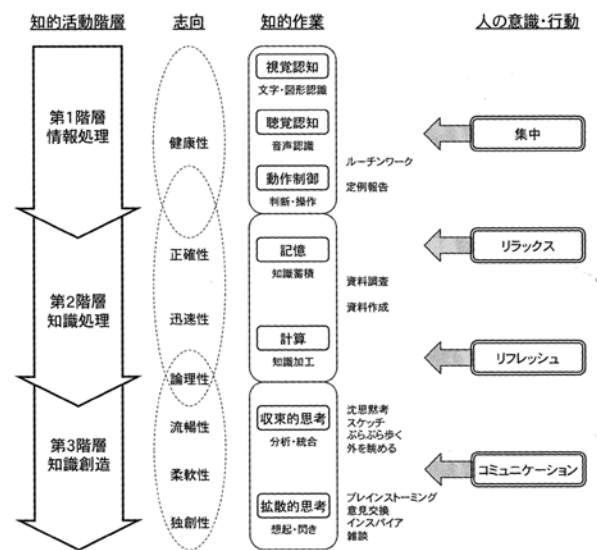


図 2 オフィスの知的活動モデル[6]

他に、羽田ら[7]は、被験者を使った知的生産性の評価として、乗算作業、校正作業、アイデア創出作業を課して、測定を行っている。だが、被験者を使う場合には、被験者達の意欲の程度が結果を大きく左右することもまた知られている。このことは、知的生産性評価は、実地かつ長期の測定を必要とする理由とも言える。

3. 空気環境の視点から

3.1 換気量と知的生産性

1980 年代、省エネルギーを目的として、換気量を削減したことがシックビルディングシンドロームをもたらしたことは、その後の換気に関する考え方の変化を生み、Fanger [8]はこれを空気質に関するパラダイムシフトと呼んだ。図 3 は換気に関する考え方の変遷を、アメリカでの換気量基準の変化と共に記したものであるが、1980 年代のシッ

クビルディングシンドローム以降、換気のお考え方が変化し、室内の人間だけが発生源ではなく、様々な建材や空調設備など、建物自身が発生源と考えられる様になったことを示している。

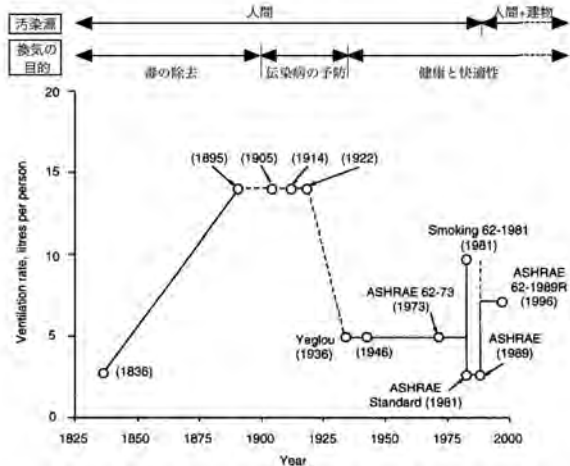


図3 換気哲学と必要換気量の変遷 [8][9]

図4は、後藤ら[10]によって求められた、換気量と学習効率との関係である。換気量は一人当たりの換気量で示されているが、換気量が少なくなると、どの様な年齢であっても、学習効率が低下する傾向が認められる。建築物衛生法ではCO₂濃度が1000ppmと規定されているため、ある程度規模以上(3000m²以上)の特定建築物では、一人当たり30~33m³/hの換気量が供給されている筈であり、建築基準法でも最低値として20m³/hが規定されているので、ここに示される様な換気不足の状況は多くは起こらないと思うが、いたずらに換気量を削減することの危険性を示していると言えよう。この知的生産性の低下は、換気量の削減に伴う、二酸化炭素をはじめとする様々な汚染物質(体臭、建物からの発生源汚染物)などが原因となっていることは明らかである。

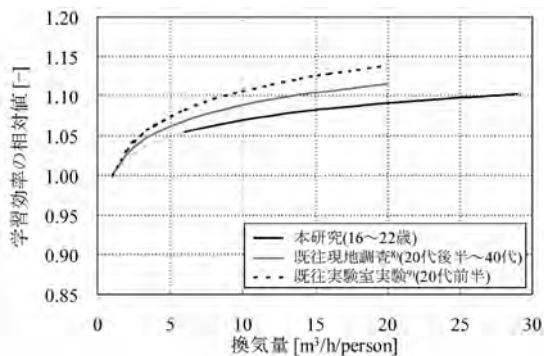


図4 換気量と学習効率との関係[10]

3.2 換気量とCO₂濃度

ところで、居室の換気量は様々な空気汚染物質のなかで、CO₂濃度で決まることが多い。これは、室内で発生する様々な汚染物質のなかで、CO₂が最も良い空気汚染の代表指標であるからであり、決してCO₂が1000ppm程度の濃度で明確な人体影響を与えるからではない。図3に示す通り、19世紀から室内における最も重大な汚染源は他ならぬ人間であった。故に人の呼気に含まれるCO₂が指標物質として長年用いられてきたわけであるが、CO₂濃度を1000ppmに維持しておけば、外来者が入室時に感じる体臭の強度を許容限界以下に抑えることができることから、長くCO₂は不動の地位を築いてきたとも言える。だが、産業の発展とともに外気のCO₂濃度が上昇を続けており、それに伴って換気量は増加の一途を辿るため、CO₂の濃度基準は外気濃度基準であるべきとの声が高くなっており、現在空気調和・衛生工学会や日本建築学会の委員会でも、検討が進められている。

CO₂の有害性の観点からは、1000ppmにこだわる必要はないとも言えるが、最近話題になっているのが、Satishら[11]が提唱している decision making と呼ばれる「意志決定能力」である。

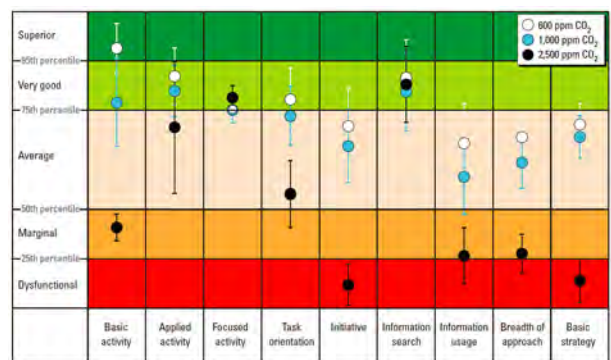


図5 様々な意志決定能力に対するCO₂の影響

ここでは、人体発生のCO₂だけの600ppmの室内空気と、その空気にボンベから発生させたCO₂を付加して作成した1000ppmと2500ppmの3種類のCO₂濃度の基で、被験者を用いて意志決定能力を測定した結果が示されている。意志決定能力は、パソコンを使った戦略マネジメントシミュレーション(Strategic Management Simulation; SMS)試験が使われ、9種類の意志決定能力が測定された。図5から、意志決定能力への影響をまとめる

と以下の通りである。

- ▶ CO₂の影響が大きいもの
 - Basic Activity (基本的な行動)
 - Initiative (統率力)
 - Information Utilization (情報の利用方法)
 - Breadth of Approach (取り組み方法の幅)
 - Basic Strategy (基本的戦略)
- ▶ CO₂の影響が認められるもの
 - Applied Activity (応用的な行動)
 - Task Orientation (仕事の方向付け)
- ▶ CO₂の影響がみられないもの
 - Focused Activity (目的のはっきりした行動)
 - Information Search (情報検索)

図5からは、1000ppm程度の濃度でも600ppmと明らかな差異が見られるものもあり、CO₂濃度の知的生産性への影響について、慎重な検討の必要性があることを示唆していると言えよう。

ちなみに、ASHAREの換気基準ASHRAE Standard 62.1-2013では、CO₂濃度に基づいて換気量を決める場合には、外気濃度+700ppmとするべきであるが、CO₂は信頼できる空気質指標ではないと明記されている。日本の換気基準はCO₂濃度1000ppm一辺倒であるが、ヨーロッパの空気質基準であるCR 1752では空気質にグレードを設けるなど、多様性を持つ環境設計を可能にしている。今後、日本の換気基準も進化する必要があることは間違いのないところである。

4. おわりに

本稿では、主として熱環境と空気環境に関して、知的生産性を中心に最近の話題を紹介した。ここで紹介できなかった観点としては、長期曝露による人体影響がある。それは熱環境に関して言えば、馴化やアダプティブモデルに代表される適用性の観点であり、空気環境については、PM2.5や低濃度化学物質の人体影響である。より安全で快適な室内環境の創造は、これからも建築技術者の責務であり、我々研究者は常に答えを探さなければならないだろう。

末筆になってしまったが、この寄稿の機会を頂いた関係各位に深謝申し上げたい。

参考文献

- [1] Wargocki P, Seppanen O, Anderson J, Boerstra A, Clements-Croome DJ, et al. Indoor climate and productivity in offices : guide book 6, REHVA, (2006).
- [2] 空気調和・衛生工学会, 我慢をしない省エネへー夏季オフィスの冷房に関する提言ー温熱環境委員会報告書, (2014).
- [3] Tanabe S, Kobayashi K, Kiyota O, Nishihara N, Haneda M, The effect of indoor thermal environment on productivity by a year-long survey of a call centre, *Intelligent Buildings International*, **1-3** (2009) 184.
- [4] 中村泰人, 夏の空調に我慢は必要か?, 第44回空気調和衛生工学会近畿支部研究発表会論文集, (2015) 113.
- [5] 榎本ヒカル, 池田耕一, 東賢一, 栃原裕, 「クールビズ」オフィスにおける勤務者温熱環境評価, *労働安全衛生研究*, **2-1** (2009) 5.
- [6] (財)建築環境・省エネルギー機構, 誰でもできるオフィスの知的生産性測定 SAP 入門, テツアドー出版, (2010).
- [7] 羽田正沖, 西原直枝, 川口玄, 田辺新一, 夏季に室温を高めに設定したオフィスにおける知的生産性ー採涼手法の導入による温熱満足度の向上と作業効率および疲労への影響-, *日本建築学会環境系論文集*, **646** (2009) 1329.
- [8] P. O. Fanger, "THE PHILOSOPHY BEHIND VENTILATION : PAST, PRESENT AND FUTURE", *Proceedings of INDOOR AIR '96*, **Vol.4** (1996) 3.
- [9] Hazim B. Awbi, Chapter 7 Ventilation, *ARCHITECTURE : COMFORT AND ENERGY*, (1998) 157
- [10] 後藤伴延, 伊藤一秀, 若年層(16~22歳)を対象とした温熱・空気環境の質が学習効率に及ぼす影響の検討, *日本建築学会環境系論文集*, **655** (2010) 767.
- [11] Usha Satish, Mark J. Mendell, Krishnamurthy Shekhar, Toshifumi Hotchi, Douglas Sullivan, Siegfried Streufert and William J. Fisk, Is CO₂ an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO₂ Concentrations on Human Decision-Making Performance, *Environmental Health Perspectives*, 120-12, (2012)

熱交換器の高性能化および伝熱促進の最新動向

Recent Directions in Heat Exchanger and Heat Transfer Enhancement

宮良 明男 (佐賀大学)

Akio MIYARA (Saga University)

e-mail: miyara@me.saga-u.ac.jp

1. はじめに

冷凍空調分野で使用される熱交換器は、多くの場合、冷媒と空気との熱交換を行う役割を担っており、閉流路内を凝縮または沸騰・蒸発を伴いながら冷媒が流れ、流路外面に取り付けられたフィンに沿って空気が流れる。フィンアンドチューブ型またはクロスフィンチューブ型と呼ばれる熱交換器がその代表例である。そのため、古くから管内冷媒側の沸騰・蒸発伝熱や凝縮伝熱の促進[1,2]、空気側の伝熱促進[3]に関する研究が盛んに行われてきた。また、冷媒単位流量当たりの伝熱面積の拡大や空気側の伝熱と圧損の改善、熱交換器の小型化などを目的として、伝熱管の細径化が進められ、2007年頃にはそれまで主流で使用されていたφ9.52mmの管に代わりφ7mmの管が室内機に多く使用されるようになった[4]。一方、ターボ冷凍機などの熱源機から熱媒体を介して熱輸送が行われる場合は、シェルアンドチューブ型熱交換器が多く使われるが、熱媒体が管内を流れ冷媒がシェル側に溜められるため、システム内に多量の冷媒を保有することになる。

フロンによるオゾン層破壊や、その後が開発された代替フロンによる地球温暖化への影響により、環境負荷の小さい冷媒の開発が現在盛んに行われているが、冷媒の選定は熱交換器の性能や設計にも大きく影響するため、次世代冷媒を視野に入れた熱交換器、伝熱促進技術の開発が必要となる。

ここでは、空調分野で使用される熱交換器の開発に関して、過去の歴史を概観しながら、最近の動向に重点をおいた調査結果を報告する。

2. 技術課題

図1は宮良・小山[5]が行った冷凍空調機用熱交換器に係わる技術課題の調査結果をまとめたものである。調査は2010年から2011年にかけて行い、冷凍空調分野で活躍している技術者および研究者

に課題名とその重要度および開発完了時期についてのアンケート調査を実施し、結果を集約した。詳細については文献[5]を参照されたい。低GWP冷媒は次世代冷媒として開発されているR1234yfやR1234ze(E)などのHFO系冷媒であり、その物性研究の重要度と緊急度が最も高い。低GWP冷媒はその後もいくつか開発され、現在も開発途上にあるが、当時主要とされていた冷媒の熱物性の測定はほぼ完了しており、この調査結果と一致している。

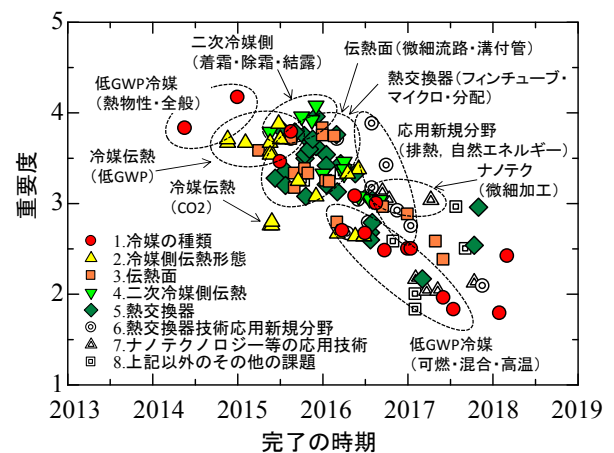


図1 技術課題の重要性と研究開発完了時期

冷媒側の伝熱課題を見ると、微細流路化やマイクロチャンネル熱交換器の開発の重要度が高いが、従来から使用されている溝付管の更なる改善やフィンアンドチューブ型熱交換器の新たな技術開発が重要であることもわかる。また、低GWP冷媒には可燃性を有するものや、混合物として使用することが提案されているものもあり、それらに対応した熱交換器・伝熱促進技術の開発も長期的な課題として考えられている。エコキュート用冷媒として広く使用されているCO₂の伝熱は、その開発が盛んであった2005年頃の調査[6]では最も重

要度が高かったが、その後多くの研究成果が報告されたこともあり、この調査では重要度が少し低くなった。しかし、CO₂の低環境負荷性や安全性、熱物性の特徴により、自販機やショーケース、カスケードサイクルの冷媒としての使用も進められており、今後も重要な研究課題である。

空気側では、結露や着霜・除霜の課題が上げられており、その重要度は冷媒側伝熱より少し高い。空気中には必ず水分が存在し、伝熱面温度の低下による結露や着霜は避けられない現象であるため、これらの問題は古くから存在している。しかし、技術的な解決方法は未だ十分ではない。

3. 熱交換器の開発動向

近年の熱交換器の開発では、省エネルギー性の向上や冷媒充填量の削減を目的としたものが最も大きな動きであると考えられる。

熱交換器の性能向上による省エネは古くからの課題であるが、トップランナー方式の導入なども影響してさらなる向上が求められ、伝熱管やフィンの伝熱促進だけでなく、サイズや構造の見直しも行われている。

冷媒充填量削減の目的は、地球環境負荷の低減、従来冷媒と比べて高価な低 GWP 冷媒の使用量の削減、毒性や微燃性・可燃性のある冷媒を少しでも安全に使うための対策などである。このような動向は冷凍空調機器の展示会でも窺えた。

図2は筆者が参加した2015 AHR EXPOの様子である。この展示会はアメリカの2015年1月26日～28日にシカゴで開催されたこの展示会は2015年1月26日～28日にシカゴで開催され、2100社以上の企業展示と140以上の国から約62000人の参加者があった[7]。この展示会では、暖房・冷



図2 2015 AHR EXPO の様子[7]

凍・空調に関わる様々な業種の大小様々な規模の企業が出展しており、熱交換器関連企業も多い。もちろん日本企業も出展しているが、アジア地区からは中国や韓国からの出展が目立つ。

熱交換器に関しては、銅管を細径化したフィンアンドチューブ熱交換器やアルミ製の扁平多孔管を使用したマイクロチャンネル熱交換器の展示がここ数年で増えてきたようである。

図3は外径5mmの銅製円管とアルミフィンで構成されたフィンアンドチューブ熱交換器である。前述したように、日本では2007年頃には管径7mmの管が多く使用されるようになり、その後5mmや4mmの細径伝熱管が開発され既に広く使用されているが、中国の研究者と国際銅協会との研究プロジェクト[8]で精力的に5mmの細径伝熱管を用いた熱交換器開発が行われたことにより、世界的な普及が進められていると考えられる。なお、5mmの伝熱管の開発の目的には可燃性を有する冷媒を使用する際の危険性低減も含まれている。細径化による伝熱促進は周知のことであり、更なる細径化も検討されているが、フィンを取り付ける際の拡管やその他の熱交換器製造プロセスにおける課題を解決する必要がある。



図3 管径5mmの伝熱管を用いたフィンアンドチューブ熱交換器

アルミ製の扁平多孔管は1980年代にカーエアコン用の伝熱管として開発され、広く使用されており、伝熱性能も高いが、結露や着霜、冷媒分配、運転条件、使用期間などの違いなどのため、家庭用や業務用のエアコンではあまり使用されていなかった。しかし、近年、熱交換器のオールアルミ化による軽量化やリサイクル性の向上、冷媒充填

量の低減などの理由からその開発が進み、室外機での使用が増えている。今後、室内機への応用も進められると考えられる。

プレート式熱交換器は液体の熱交換器として広く使用されており、単位体積当たりの伝熱面積が大きいのが特徴である。蒸発器や凝縮器としても一部では以前から使用されていたが、耐圧性能や圧力損失の問題から広くは普及していない。しかし、冷媒充填量削減の要求や耐圧性能の向上などにより、その使用が広がっている。図4は、空気との熱交換にはマイクロチャンネル熱交換器を熱媒体（液体）との熱交換にはプレート式熱交換器を使用した熱源機の写真である。フィンアンドチューブ型熱交換器とシェルアンドチューブ型熱交換器を使用するシステムに比べると冷媒充填量の大幅な削減がなされていると考えられる。



図4 マイクロチャンネル熱交換器とプレート式熱交換器で構成された熱源機

4. 伝熱促進

4.1 銅製伝熱管の伝熱促進

一般的な銅製伝熱管の伝熱促進は、内面に微細な溝加工を施した内面溝付管（マイクロフィン管）が主流である。1970年代にらせん溝付管が開発されて以降、クロス溝付管、ヘリンボーン溝付管などが開発されたが、製造コストや生産プロセスなどの問題から、現在もらせん溝付管が主流である。図4に2000年頃までの溝付管の形状とその性能の変遷を示す。管径が4~16mmの内面溝付管の管内蒸発・凝縮の促進については、本田の研究レビュー[9]に詳しく記載されている。内面溝付管では、

表面張力効果により溝内およびフィン周りの液膜が薄くなることや、溝に沿って液が管頂部まで供給されることが伝熱促進効果の大きな要因であるが、主流の液流れは主に蒸気せん断力と重力の影響を受ける。らせん溝付管の支配因子には、管径、溝ピッチ（溝数）、溝深さ、溝のリード角、フィン頂角などがあるが、加工精度や実験条件にも依存するため、従来の研究の結果は必ずしも明確には一致していない。一方、ヘリンボーン溝付管では溝形状の影響が明確に現れる。筆者らは、蒸発・凝縮の実験を行い、溝深さやリード角、質量速度条件による伝熱促進効果の違いなどを示した[10,11]。また、管の出口端で管内を流れる液分布を測定し、溝による液膜形成と液滴発生機構を明らかにした[12]。

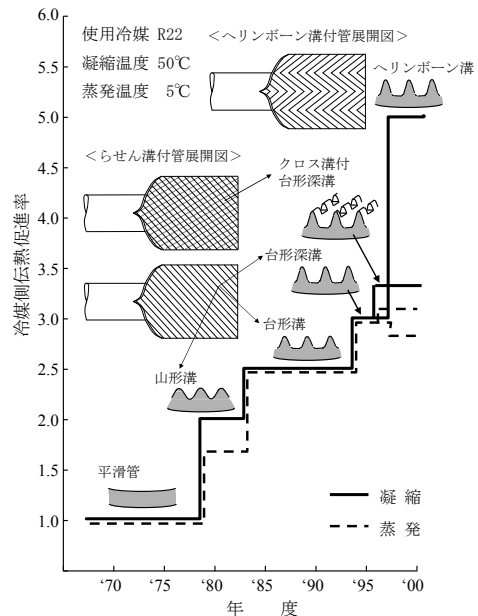


図4 溝付管の溝形状と性能変遷

管径4~16mm程度の銅製伝熱管の伝熱促進技術は発達した段階にあると考えられ、新たな展開は見られないが、低GWP冷媒化を目的とした混合冷媒の実験も報告されており、混合冷媒に適した伝熱促進技術の開発が必要である。また、管径4mm以下の細径管の利用も検討されており、細径管の伝熱促進技術の開発が期待される。最近、Kajira[13]は、混入した油による超臨界CO₂の伝熱劣化の抑制にヘリンボーン溝が有効であることを報告している。このような従来技術の新たな応用方

法の開発も期待したい。

なお、管径 1mm 以下の銅管または銅製流路を用いた研究も行われているが、マイクロチャンネル熱交換器の開発を目的としたものが多いので、次節で説明する。

4.2 微細流路の伝熱促進

気液二相流において、管径が小さくなると表面張力の効果が支配的となることが知られており、微細流路、ミニチャンネル、マイクロチャンネルなどの名称で呼ばれているが、その分類・定義は明確ではなく、研究者によって異なる[14-16]。ここでは、冷凍空調分野の熱交換器で応用されている、または今後応用されると考えられる、水力直径 0.5~1mm 程度の微細流路を考える。なお、内径が数百 μm 以下の流路をマイクロチャンネルと定義することも多いが、前述したマイクロチャンネル熱交換器の冷媒流路は水力直径が 1mm 程度の扁平多孔管を使用したものであり、流路は微細流路（ミニチャンネル）に分類される。

微細流路に関する研究は多いが、水力直径が 1mm 程度の種々の断面形状の単管を用いた森らの沸騰や流動様相に関する研究[17-19]によれば、表面張力効果で辺部の液膜が薄くなる矩形管や三角形管の熱伝達が円管より良好な結果を示す。

凝縮に関しては、Wang-Rose[20,21]が液膜厚さを解析的に解いて伝熱促進メカニズムを明らかにしている。図5は円管と矩形流との解析結果であり、微細流路内の液膜厚さ分布のクオリティに対する変化を示している。矩形管では表面張力効果で液膜が四隅に集められることにより辺部での伝熱促進が行われていることが分かる。

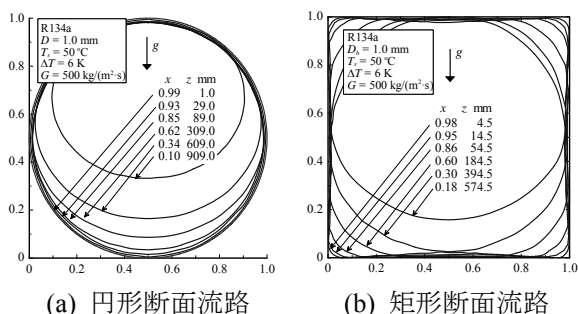


図5 微細流路内の液膜厚さ分布のクオリティに対する変化[20,21]

最近、微細流路内の気液二相流に関して、吉永ら[22]は流動様相を観察するとともにスラグ流域の液膜厚さを測定し、表面張力の影響などの特性を示している。

これらの研究成果は微細流路の伝熱特性をより明確にするものであり、更に伝熱性能の高い微細流路の開発に結びつくものと期待できる。

4.3 扁平多孔管

扁平多孔管は図6の様に、前述の微細流路を連続的に 10~20 程度配置した形状を有するものである。前述したマイクロチャンネル熱交換器の冷媒流路にはこの扁平多孔管が使用される。



図6 扁平多孔管の断面写真の例

流路内の伝熱促進メカニズムは前述の微細流路と同様であり、水田-柿山[23]は、円形、矩形および三角形の断面流路の扁平多孔管を用いた3種類のマイクロチャンネル熱交換器を製作して熱交換性能を測定し、三角形流路の扁平多孔管を用いた熱交換器の性能が高いことを示している。扁平多孔管の伝熱に関する代表的な研究としては、Tanaka et al. [24]や地下-小山[25]の研究がある。Tanaka et al.は片面をガラス面にして図7に示すような沸騰二相流の観察を行い、核沸騰発生や液膜流動の特性から熱伝達に関する考察を行っている。

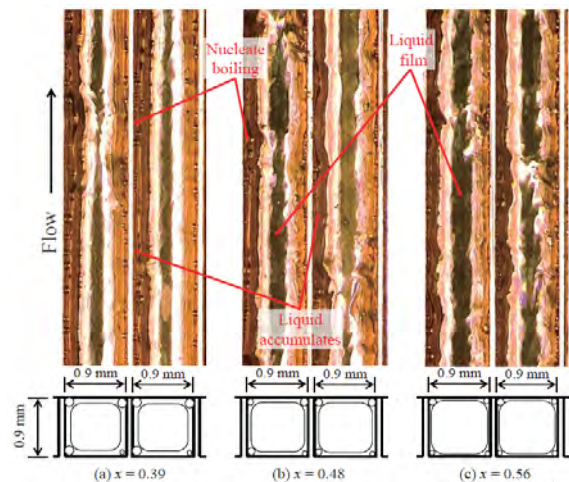


図7 矩形流路内沸騰二相流の観察結果[24]

図8は地下-小山が提案したプラグ流の伝熱モデルであり、蒸気プラグ部の薄液膜による伝熱促進メカニズムを考察するとともに熱伝達率の相関式を提案している。

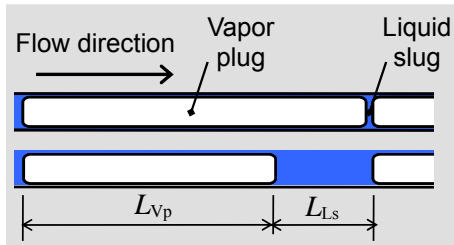


図8 プラグ流の伝熱モデル[25]

扁平多孔管を熱交換器に組み込んだ際の課題は冷媒の分配である。熱交換器では複数の扁平多孔管はヘッダー管に垂直に取り付けられて冷媒が分配されるため、気液二相流で流入する蒸発器では特に大きな不均等分配が発生する。この問題を解決する目的で研究も行われているが、十分な解決策はまだ見いだされていない。今後、冷媒分配の研究が重要課題となる。

4.4 プレート式熱交換器

プレート式熱交換器の伝熱特性に関する研究では、熱交換器全体の伝熱性能から冷媒の蒸発や凝縮の熱伝達率を算出してその特性が議論されることが多い[26,27]。しかし、伝熱促進技術を開発するためには流動や熱伝達の局所的な特性を把握する必要がある。筆者ら[28,29]はプレート式熱交換器における気液二相流の流動観察、ボイド率測定、局所熱伝達率測定を行っている。研究は緒に就いたばかりであるが、プレート式熱交換器の性能向上に繋がる結果が出ることを期待している。

また、プレート式熱交換器では、ヘッダーからプレート流路内への冷媒の均等分配が課題である。浅野-竹中[30]は中性子ラジオグラフィ法を用いて空気-水二相流のプレート流路への偏流の状態を観察するとともに、偏流の改善方法を提案している。また、最近、片島-田中[31]は新しい冷媒分配構造を有するプレート式熱交換器を提案している。

今後、プレート流路内およびヘッダー内における冷媒分配の改善、プレート面形状の改良などに

より、プレート式熱交換器の高性能化が図られると考えられる。

4.5 空気側の伝熱促進

図9に示すように、フィンアンドチューブ熱交換器の空気側フィンには、1980年頃から2000年にかけて、平板フィンから波形フィン、ルーバーフィン、スリットフィンなどが開発され、伝熱性能が改善された[3]。また、近年の数値計算ソフトやコンピュータ性能の向上により、更に詳細な形状の検討がなされているが、現行の方法での伝熱促進は発達した段階にあると考えられる。

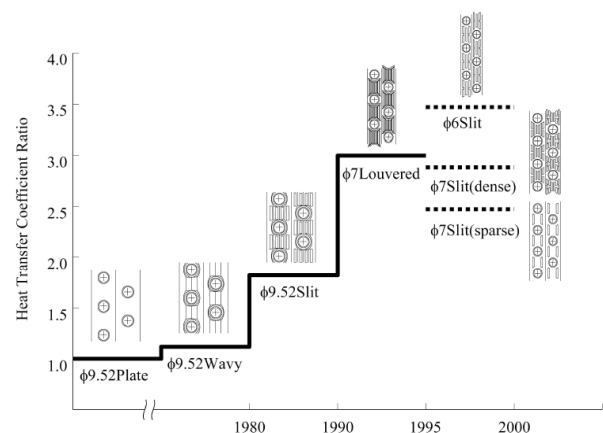


図9 空気側フィン性能の推移[3]

冷凍空調機用熱交換器の空気側熱伝達における大きな課題は、結露および着霜であり、対策に必要な知見は未だ十分には得られていない。結露については表面処理により親水性を高めて結露水の排水性を良くする方法がとられており、親水処理の方法が検討されている[32]。着霜は熱交換器の性能を大きく低下させるため、効果的に除霜する方法や除霜のタイミングなどが考えられている。霜が付きにくい伝熱面の検討も行われているが、未だ十分ではない。大久保ら[33]は、微細加工面により着霜が低減できることを報告している。

マイクロチャンネル熱交換器では、伝熱性能の高さとコンパクト性も起因して、空気側フィンの結露と着霜の問題は更に深刻である。鎌田ら[34]は、水はけ性の良いフィン形状を有し、フィンの前縁を扁平多孔管より風上側に突き出すことにより着霜分布を制御することを目的として、図10に示すフィンを開発している。

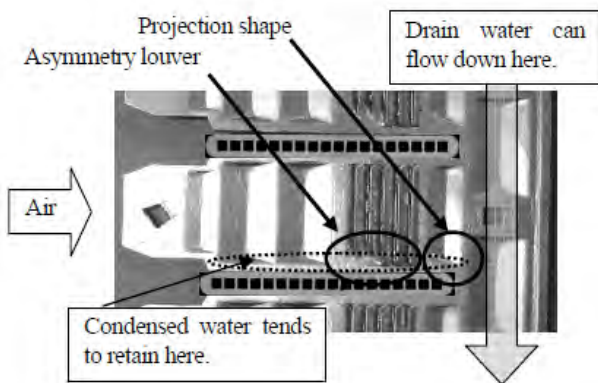


図 10 差込式ワッフルルーバーフィン[34]

5. おわりに

冷凍空調分野の熱交換器に関する研究の歴史は長く、ある面においては十分に発達した段階にある。しかし、残された課題は多く、現在でも盛んに研究開発が行われている。また現在、冷媒問題という危機に直面し、解決に向けた様々な努力が成される中で、新しいアイデアが出てきている。「危機をチャンスに変えろ」はよく使われる言葉であるが、緊急な課題となった冷媒問題に後押しされながら、伝熱促進および熱交換器技術が改善される方向に向かっている。熱交換器性能を飛躍的に高める技術が開発されることを期待している。

2014年11月末に執筆の打診があり、日頃から関わっている分野でもあるので、なんとかならせようと安易に引き受けた。全体的な構成はすぐに頭の中にイメージできたが、いざ筆を進めてみると、先達の研究成果の多さやレビュー記事、また現在活躍されている研究者・技術者の様々な試みと成果があり、調査時間の短さと、まとめの困難さに気がついた。本稿の調査不足やまとめの不十分さは否めないが、今後の発展につながる情報が少しでも発信できたのであれば幸いである。

参考文献

- [1] 吉田駿, 森英夫, 伝熱促進技術の研究・開発動向—沸騰・蒸発熱伝達—, 冷凍, **76-874** (2000) 649.
- [2] 小山繁, 宮良明男, 伝熱促進技術の研究・開発動向—凝縮熱伝達—, 冷凍, **76-874** (2000) 654.
- [3] 笠井一成, 空調用熱交換器の変遷, 冷凍, **76-878** (2000) 1052.
- [4] 柴田豊, 空調機用熱交換器の高性能化における研究開発, 日本機械学会熱工学コンファレンス 2007 講演論文集, (2007) 25.
- [5] 宮良明男, 小山繁, 冷凍空調用熱交換器に係わる技術課題の調査—熱交換器技術委員会活動報告—, 冷凍, **88-1025** (2012) 215.
- [6] 小山繁, 森英夫, 澤田範雄, 冷凍空調用熱交換器に係わる技術課題の調査—熱交換器技術委員会活動報告—, 冷凍, **82-952** (2007) 154.
- [7] <http://www.ahrexpo.com/>, <http://www.ahrexpomedia.com/2015-SHOWFLOOR/>
- [8] Gao, Y. et al., Fin design for fin-and-tube heat exchanger with microgroove small diameter tubes for air conditioner, Proc. 4th Conf. on TPTPR, Delft, The Netherlands, Paper No. TP-071 (2013).
- [9] 本田博司, 管内蒸発・凝縮熱伝達の促進, 日本冷凍空調学会論文集, **23-4** (2006) 341.
- [10] Miyara, A, et al, Effects of fin shape on condensation in herringbone microfin tubes, Int. J. Refrig., **26** (2003) 417.
- [11] Miyara, A., et al., Evaporation heat transfer of R410A in herringbone micro fin tubes, Proc. IIR Conf. Thermophysical Properties and Transfer Processes, Paderborn, Germany, (2001) B2.9.
- [12] Islam, M.A., Miyara, A, Liquid film and droplet flow behaviour and heat transfer characteristics of herringbone microfin tubes, Int. J. Refrig., **30-8** (2007) 1408.
- [13] Kaji, R., et al., The effect of inner grooved tubes on the heat transfer performance of air-cooled heat exchangers for CO₂ heat pump system, Proc. 14th Int. Refrigeration and Air-Conditioning Conf. at Purdue, (20012), 2347.
- [14] Kandalikar, S.G. and Grande, W.J., Evolution of microchannel glow passages –thermohydraulic performance and fabrication technology, Heat Transfer Engineering, **24-1**, (2003) 3.
- [15] Kawaji, M. and Chung, P.M.-Y., Unique characteristics of adiabatic gas-liquid flows in microchannels: diameter and shape effects on flow patterns, void fraction and pressure drop, First Int. Conf. on Microchannels and Minichannels, New York., (2003) 115.
- [16] Kew, P.A. and Cornwell, K., Correlations for the

- prediction of boiling heat transfer in small-diameter channels, *Applied Thermal Engineering*, **17-8-10** (1997) 705.
- [17] 榎木光治, 森英夫, 宮田一司, 濱本芳徳, 微細流路内気液二相流の流動様相, 日本冷凍空調学会論文集, **20-2** (2013) 155.
- [18] Enoki, K., et al., Boiling heat transfer and pressure drop of a refrigerant flowing in small horizontal tubes, *Proc. 3rd Int. Forum on Heat Transfer*, (2012) Paper No.193.
- [19] 中津留拓也, 松瀬裕大, 平田健人, 森英夫, 水平微細倒立三角形流路における沸騰熱伝達, 2014年度日本冷凍空調学会講演論文集, (2014) C144.
- [20] Wang, H.S. and Rose, J.W., A theory of film condensation in horizontal noncircular section microchannels, *J. Heat Transfer*, **127-10** (2005) 1096.
- [21] Wang, H.S. and Rose, J.W., Film condensation in horizontal circular-section microchannels, 5th International Symposium on Multiphase Flow, Heat Mass Transfer and Energy Conversion, Xi'an, China. (2005).
- [22] 吉永祐貴, 党超鋌, 飛原英治, 水平微細流路における気液二相流の流動様式とスラグ流における液膜厚さ, 日本冷凍空調学会論文集, **31-4** (2014) 383.
- [23] 水田貴彦, 柿山史郎, パラレルフロータイプオールアルミ熱交換器の開発, 2012年度日本冷凍空調学会講演論文集, (2012) A145.
- [24] Tanaka, C., et al., Characteristics of flow boiling heat transfer in rectangular minichannels, *Proc. 15th Int. Heat Transfer Conf.* (2014) No.9589.
- [25] 地下大輔, 小山繁, 純冷媒の水平微細流路内凝縮 - 矩形流路内熱伝達の予測モデル -, 日本冷凍空調学会論文集, **29-4** (2015) 421.
- [26] Yan, Y-Y., et al., Condensation heat transfer and pressure drop of refrigerant R-134a in a plate heat exchanger, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, **42** (1999) 993.
- [27] Longo, G.A., et al., A new computational procedure for refrigerant condensation inside herringbone-type brazed plate heat exchangers, *Int. J. Heat and Mass Transfer.*, **82** (2015) 530.
- [28] 江島大和, M.A. Mustaghfirin, 宮良明男, プレート式熱交換器内の気液二相流に関する実験的研究, 2013年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集 (2013) 331.
- [29] 河添章寿, 江島大和, 宮良明男, 仮屋圭史, プレート式熱交換器内における R1234ze(E) の蒸発および凝縮熱伝達率分布の測定, 2014年度日本冷凍空調学会年次大会論文集 (2014). C111.
- [30] 浅野等, 竹中信幸, 実用プレート熱交換器内空気-水気液二相流の流動特性に関する研究 - 単流路内流動特性と多流路分岐 -, 日本冷凍空調学会論文集, **24-4** (2007) 389.
- [31] 片島左帆里, 田中信雄, 新しい冷媒分配構造を採用したプレート熱交換器, 2014年度日本冷凍空調学会年次大会論文集 (2014) C113.
- [32] 世古佳也, 佐藤隆宏, 上田薫, 熱交換器用フィン材における親水性に及ぼす表面処理の影響, 2014年度日本冷凍空調学会年次大会論文集 (2014) C341.
- [33] 大久保英敏, 松下将, 池本駿, 微細加工面を利用した着霜の低減化, 日本冷凍空調学会論文集, **31-1** (2014) 19.
- [34] 鎌田俊光, 金鉦永, 藤野宏和, 空調用オールアルミマイクロチャンネル熱交換器の開発,, 2012年度日本冷凍空調学会年次大会論文集 (2012) 37.

カーエアコン用エジェクタシステム ECS および ECS 用エバポレータの紹介 Ejector Cycle System for Auto Vehicle Air-Conditioner and Heat Exchanger for ECS

尾形 豪太, 西野 達彦 (株式会社 デンソー)
Gota OGATA, Tatsuhiko NISHINO (DENSO Corporation)

1. はじめに

近年、地球環境保護の観点から CO₂ 排出量の削減、省エネルギー化のニーズは益々高まっており、自動車に関しても国内外を問わず燃費規制が強化されている。一例として欧州の乗用車における CO₂ 排出規制を図 1 に示す。欧州では、2020 年には 2012 年比 30% 以上の CO₂ 排出量削減が求められている。

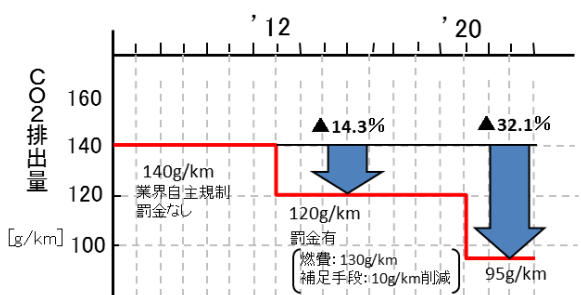


図 1 欧州 CO₂ 排出規制

さらに、2020 年に向けては、カーエアコンなどを加味した実用燃費低減の取り組みが全世界で検討されている。このような状況に対し当社では、独自の冷凍サイクル省動力技術であるエジェクタをカーエアコンに適用し実用燃費の向上に貢献できる、ECS (Ejector Cycle System) を製品化してきた [1, 2]。

本稿では ECS、およびエジェクタを一体化した蒸発器 (ECS エバポレータ) を中心に、その機能や構造について紹介する。

2. カーエアコンの概要

まず、今回の対象であるカーエアコンの概要を述べる。

カーエアコンはルームエアコンなどと同様に蒸気圧縮冷凍サイクルにて車室内の冷房を可能にしている。ルームエアコンの室外機にあたる各機能品 (コンプレッサなど) はエンジンルームに設置され

ており、冷風を送り出す室内機に相当する部分は HVAC (Heating Ventilation & Air-Conditioning) と呼ばれ、エバポレータや膨張弁、送風機などが一つのユニットになっている。この HVAC がダッシュボードのすぐ背後に設置され、車室内に冷風を送り出している (図 2)。

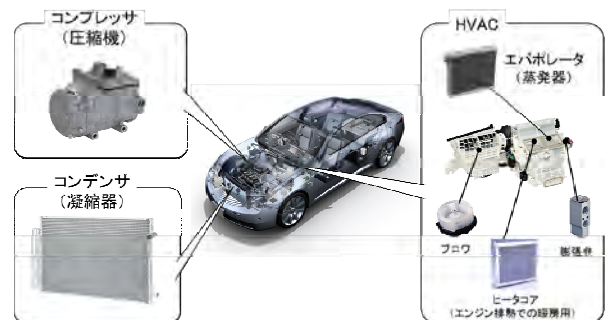


図 2 カーエアコン概要

なお、暖房についてはエンジン排熱を利用して循環水により温風をつくりだすのが一般的だが、近年の PHV、EV など排熱が少ない低熱源車ではルームエアコン同様ヒートポンプによる暖房を行う車両も出始めている。

3. ECS

ECS は従来のカーエアコンに当社独自の省動力技術であるエジェクタを追加したものである。エジェクタはエバポレータに一体化されており、ECS エバポレータと称する。さらに、ECS エバポレータは、省動力効果を最大化するために ARC (Active Flow Ratio Control) と称する機構を搭載している。以下に、システム全体・エジェクタ単体・ARC・ECS エバポレータについて説明する。

3.1 ECS の作動と効果

当社の従来型エバポレータは、風上側と風下側に 2 枚のエバポレータが重なった構造をしており、

これにエジェクタを一体化したものが ECS エバポレータである (図 3)。



図 3 ECS エバポレータ

システム構成は、通常のエバポレータをこの ECS エバポレータに置き換えた形となり図 4 に示すようになる。また、冷凍サイクルの挙動を p-h 線図上であらわすと図 5 のようになる。図 5 中の“駆動ノズル”と“混合部・ディフューザ”はエジェクタの構成部品である。

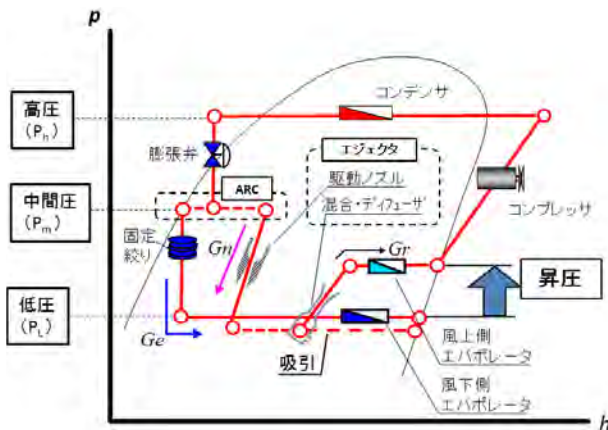
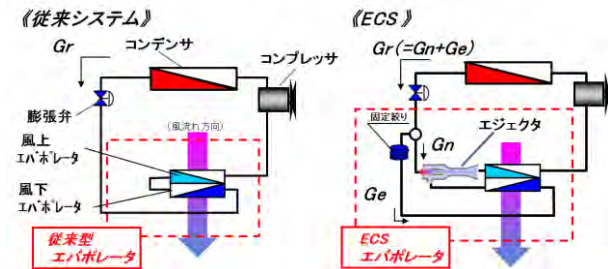


図 5 ECS の p-h 線図上の挙動

ECS の作動を図 5 にて説明する。膨張弁で高圧と低圧の中間の圧力 (以降 中間圧) まで減圧された冷媒は気液分離され、風下側エバポレータにつながる固定絞り側には液冷媒が優先的に流れ、固定絞り側に流れずに残った液冷媒とガス冷媒は、二相の状態でエジェクタの駆動ノズル側へと流れる。この機構を ARC と称する。ここで、固定絞り側に流れた冷媒 (風下側エバポレータに流れる冷媒) を吸引流 G_e 、エジェクタの駆動ノズル側に流れる二相冷媒を駆動流 G_n と呼ぶ。風下エバポレータにて空気と熱交換した吸引流 G_e は、エジェクタに吸引され駆動流 G_n と合流する。合流した冷媒 $G_r (=G_n+G_e)$ は、エジェクタの昇圧作用により混合・ディフューザ部で圧力上昇し、風上側エバポレータに流れる。この冷媒は空気と熱交換しコンプレッサへと流れる (エジェクタ、ARC の詳細は後述するのでここでの説明は割愛する)。

ECS の省動力効果について説明する (各文字の説明は図 6 も参照)。冷凍サイクルの効率を表す指標として、成績係数 COP (Coefficient of Performance) がある。これは冷房時においては、冷房能力 Q と冷凍サイクルを作動させるために必要な動力 L の比であり、従来サイクルではそれぞれ

$$Q_{\text{従来}} = G_r \cdot \Delta i_e \quad (1)$$

$$L_{\text{従来}} = G_r \cdot \Delta L \quad (2)$$

となるため

$$COP_{\text{従来}} = \frac{\Delta i_e}{\Delta L} \quad (3)$$

と表せる。

一方、ECS における冷房能力、動力はエジェクタの昇圧によって増える冷凍効果 Δi_r 、動力低減効果 Δi_c などを用いて以下のように表せる。(導出過程はここでは割愛する)

$$Q_{\text{ECS}} = (G_n + G_e) \cdot (\Delta i_e + \Delta i_r) \quad (4)$$

$$L_{\text{ECS}} = (G_n + G_e) \cdot (\Delta L - \Delta i_r - \Delta i_c) \quad (5)$$

従って、ECS における COP は

$$COP_{\text{ECS}} = \frac{\Delta i_e + \Delta i_r}{\Delta L - \Delta i_r - \Delta i_c} \quad (6)$$

と表すことができる。(3), (6)式から従来サイクルに対する ECS の COP の向上効果は,

$$\frac{COP_{ECS}}{COP_{従来}} = \left(1 + \frac{\Delta ir}{\Delta ie}\right) \cdot \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta ir + \Delta ic}{\Delta L}}\right) \quad (7)$$

となる。エジェクタの昇圧量は、後述するエジェクタ効率 η_{eje} が向上するほど大きくなる。そして、エジェクタでの昇圧量が増えるほど Δir , Δic が増加する。式 (7) からわかる通り、 Δir , Δic が増加するほど COP が向上する。すなわちエジェクタ効率 η_{eje} が大きいほど COP が向上する。

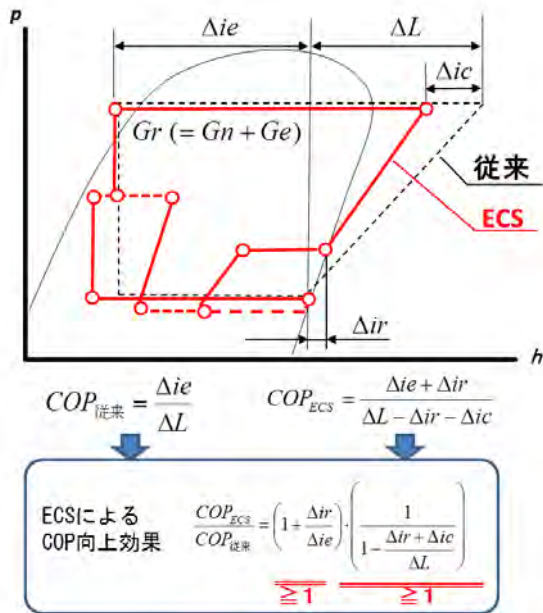


図6 ECS の COP 向上効果

さらに実使用上においては、エジェクタの昇圧によりコンプレッサでの圧縮比が低減されコンプレッサ自体の効率向上が見込める。また、エバポレータも風下側の冷媒流量が少なくなることにより低圧損化されエバポレータ自体の効率向上効果が見込め、これらからも COP が向上する (図7)。

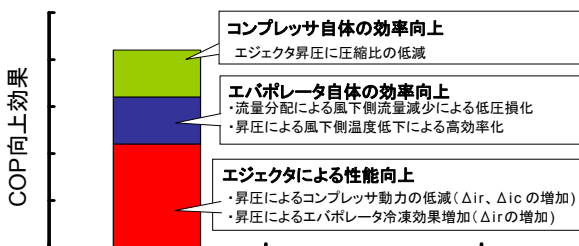


図7 ECS の COP 向上効果内訳

3.2 エジェクタ^[3, 4]

エジェクタは、図8に示すように駆動ノズル・混合部・ディフューザ・吸引ノズルより構成される。膨張弁後流の気液二相冷媒（駆動流 G_n ）は、駆動ノズル内で風下側エバポレータ出口圧力 P_L 以下まで減圧・加速する (図8中①)。これにより吸引流 G_e が発生する。駆動ノズルで超音速まで加速した駆動流が、混合部・ディフューザにおいて亜音速の吸引流と混合し、徐々に減速し圧力が上昇する。

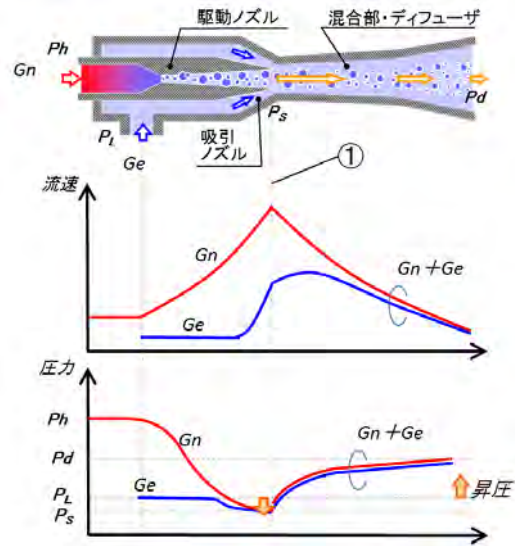


図8 エジェクタ内の流体挙動

このエジェクタ単体のエネルギー変換効率を示す指標として、エジェクタ効率 η_{eje} がある (図9)。これはノズルに流入する駆動流 G_n が持つ圧力エネルギーを、どれだけ昇圧の圧力エネルギーに変換できたかを示すものである。また、エジェクタ効率 η_{eje} は、ノズル効率を η_{noz} 、混合部・ディフューザ効率を η_{dif} とすると

$$\eta_{eje} = \eta_{noz} \cdot \eta_{dif} \quad (8)$$

と表せる。ノズル効率 η_{noz} は、圧力エネルギーをどれだけ運動エネルギーに変換することができたかを表し、

$$\eta_{noz} = \frac{\int_1^2 d\left(\frac{v^2}{2}\right)}{\int_1^2 \frac{dP}{\rho} (= \Delta h_{max})} \quad \left(= \frac{\text{速度}}{\text{圧力}} \right) \quad (9)$$

となる。(添え字1はノズル入口, 添え字2はノズ

ル出口)

一方、混合部・ディフューザ効率 η_{dif} は、

$$\eta_{dif} = \frac{\int_3^4 \frac{dP}{\rho_s} (= \Delta h_{min})}{\int_3^4 d \left(\frac{v^2}{2} \right)} \quad \left(= \frac{\text{圧力}}{\text{速度}} \right) \quad (10)$$

と表せる。(添え字 3 は混合・ディフューザ部入口、添え字 4 は混合・ディフューザ部出口)。よって、エジェクタ効率 η_{eje} は、ノズル・混合部・ディフューザでのエネルギー変換効率を上げることで向上する。

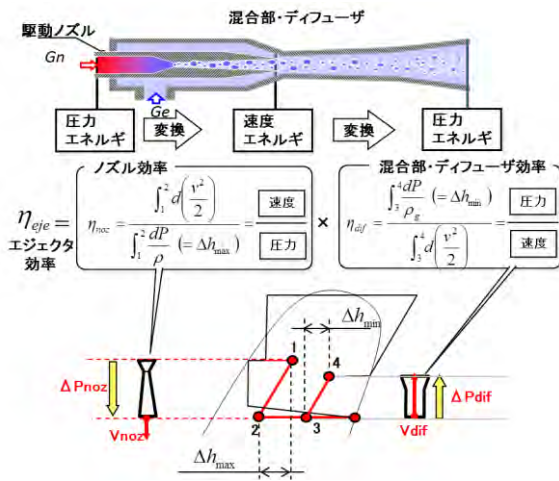


図9 エジェクタ効率 η_{eje} の定義

3.3 ARC (Active Flow Ratio Control)

ECS では図5などに示したとおり、冷媒をサイクルの途中で2つに分岐するという特徴があり、その分配割合には最適値が存在する。例えばエジェクタの昇圧作用により、風下側エバポレータの圧力は低く、温度は低い。そのため、もしエジェクタでの昇圧が一定であれば、温度の低い風下側エバポレータに流れる流量 G_e を増やしたほうが冷房能力は増大する。しかし、エジェクタは流体ポンプであるため、吸引する冷媒 G_e が増えると駆動流 G_n が減少し、昇圧の原資となるエネルギーが減少する。よって、昇圧が低下してしまい COP 向上効果が低下してしまう。こういった、相反する特性があるため分配割合には最適値が存在することになる。

従って、風下エバポレータの冷房能力を、より

少ない流量で最大化することができれば、エジェクタも昇圧量が高いところで使うことができ、システム性能 (COP, 冷房能力) を最大化できる。図10は以上のイメージであり、図中の流量比 G_e/Gr は、冷凍サイクルの全体冷媒流量 Gr に対する風下エバポレータに流れる冷媒流量 G_e の比である。

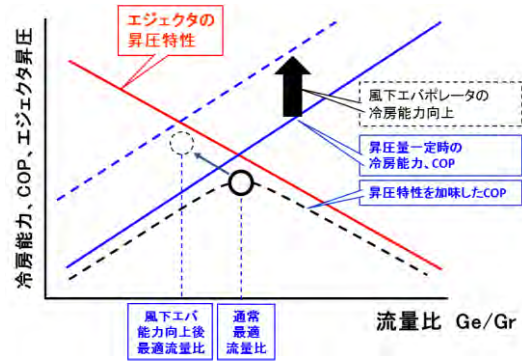


図10 流量比と冷房能力・COPの関係

この“風下エバポレータの冷房能力を、より少ない流量で最大化する”を実現するために ECS に採用されているのが、ARC (Active Flow Ratio Control) である。ARCの有無によるサイクル状態を p-h 線図上で示す(図11)。図11に示すように、ARCとは分岐部の二相冷媒を気液分離し、液リッチな冷媒を G_e 側へ、残りの気液二相冷媒をノズル側に流すものである。

風下側エバポレータの冷房能力は、

$$Q_{風下} = G_e \cdot \Delta h_{風下} \quad (11)$$

と表せる。ARCにより、風下側エバポレータの入口のエンタルピが減少するため、 $\Delta h_{風下}$ が増加できる。その分 G_e を低減でき、より少ない流量比で作動させることが可能となり、エジェクタをより効率を出しやすい条件で作動させることができる。

また、ARCによりエジェクタの駆動ノズルでの減圧過程が ARC なしの状態よりもガス割合が大きく、膨張エネルギーの大きいところで使えるようになる。膨張エネルギーとは、等エンタルピに減圧した時のエンタルピと等エントロピに減圧した時の減圧後のエンタルピの差である。このエネルギーは、エジェクタの昇圧の原資となるエネルギーであり、この膨張エネルギーが大きくなるほど昇圧も大きくなり、より COP が向上する。

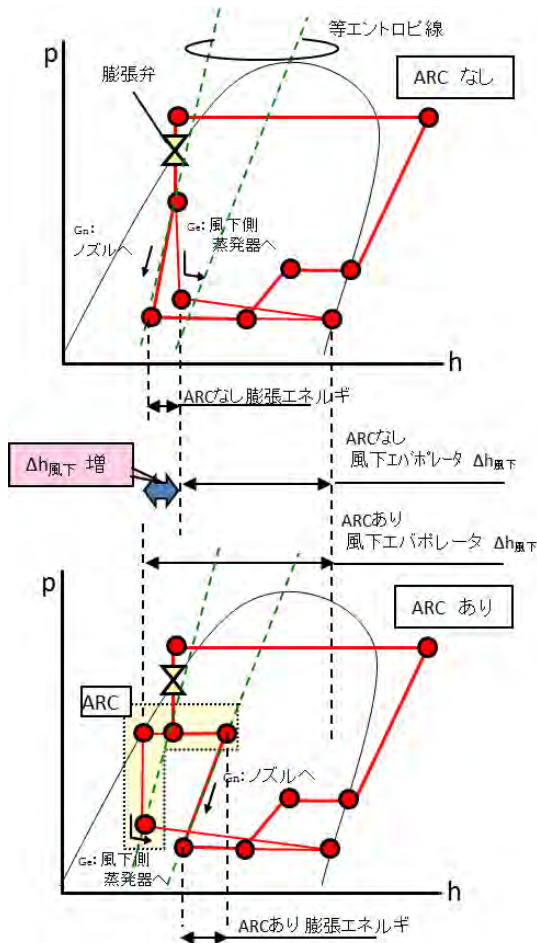


図 11 ARC の p-h 線図上の挙動

この ARC における気液分離には、流体の旋回力を利用した。ECS エバポレータでは、膨張弁から出た気液二相冷媒をエジェクタ入口部に導くために、冷媒流路を形成している。図 12 に示すように、エジェクタ入口部直前の冷媒流路を偏心させることで冷媒に旋回力を発生させ、エジェクタ流入部で気液二相冷媒を旋回分離する構造とした。これによりエジェクタ内に設けた風下側エバポレータへとつながるオリフィス（絞り）には、液リッチな冷媒が流すことができ、風下側エバポレータの $\Delta h_{\text{風下}}$ 増加および G_e 低減ができ、前述のようにエジェクタをより高効率で作動させることが可能となる。

3.4 ECS エバポレータの構造

エバポレータは乗員の快適性向上、冷房性能確保の観点より、温度分布の成立がとても重要である。前述のように ECS エバポレータでは、冷媒を

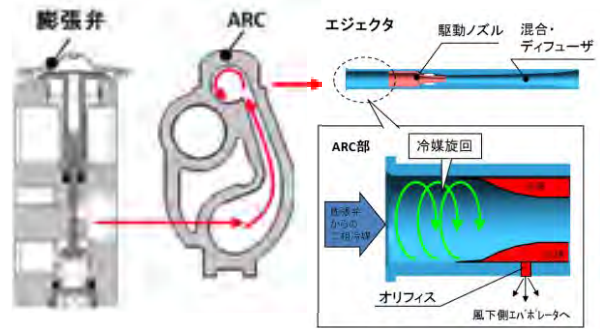


図 12 ARC の具体的構造

2 分岐するため、風下側エバポレータへ供給する冷媒流量は通常エバポレータの半分以下となる。その少ない冷媒流量で風下側エバポレータの冷房性能と温度分布を確保する必要がある。そのために、冷媒流速 UP による冷媒側熱伝達率の確保および冷媒分配性向上を狙い、風下側エバポレータには W ターン（通常は U ターン）を採用し、冷房性能および温度分布を成立させた（図 13）。

また、カー A/C 用の冷凍サイクルでは、膨張弁でエバポレータ出口のスーパーヒート（過熱度）を感知し、その値がほぼ一定になるように冷媒流量を制御している。エバポレータの気液二相域では冷媒温度が一定であるが、エバポレータ出口部ではスーパーヒートを取るため、冷媒温度が高くなり温度分布が発生する。このスーパーヒート部の温度分布を吹出し空気に影響を与えないようにするために、温度分布が発生しない風下側エバポレータと重ね合わせることで、吹出し温度分布発生を抑制している。

通常のエバポレータの冷媒は直列流れであるため、風上側エバポレータの冷媒出口部のみでスーパーヒートを取るのに対し、ECS エバポレータでは、前述のように風下側エバポレータとエジェクタへ冷媒を 2 分岐するため、通常エバポレータ同様の風上側エバポレータの冷媒出口部に加えて、風下側エバポレータの冷媒出口部においてもスーパーヒートを取る可能性がある。このスーパーヒート部の温度分布を抑制するには、風上側エバポレータと風下側エバポレータのスーパーヒート部を重ね合わせさせないことが必要があり、風上側エバポレータと風下側エバポレータの冷媒ターンを対向流とするタンク構造とすることで、吹出し温度分布を成立させた。

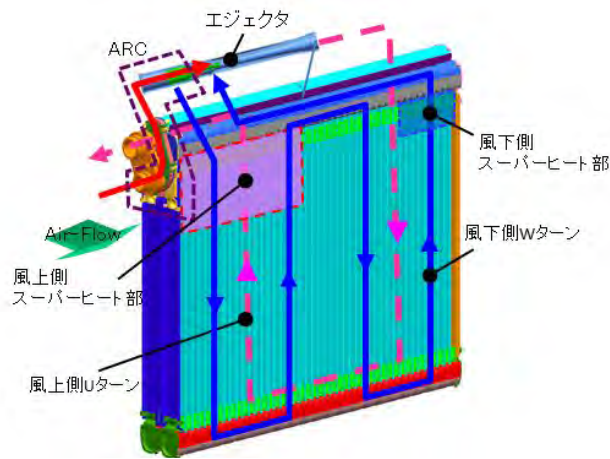


図13 ECS エバポレータの構造

4. ECS の効果

ECS の省動力効果を図14に示す。省動力を比較する条件としては、自動車工業会がTEWI (Total Equivalent Warming Impact : 生涯温暖化影響) 検討した際の車両走行/環境パターンをベースに、当社が独自に規定している年間省動力条件である(複数条件に時間重みづけ)。

この条件においては、従来のエジェクタを使用しないカーエアコンに対し、約20%の省動力を達成している。

5. おわりに

当社独自の技術であるエジェクタによりカーエアコンの消費動力低減を実現した。これにより、実用燃費の向上、ひいては地球温暖化抑制に貢献している。

※条件 自動車工業会TEWI検討時の出現頻度データをベースに設定した当社規定年間動力算定条件 (4条件×稼働時間重み付け)

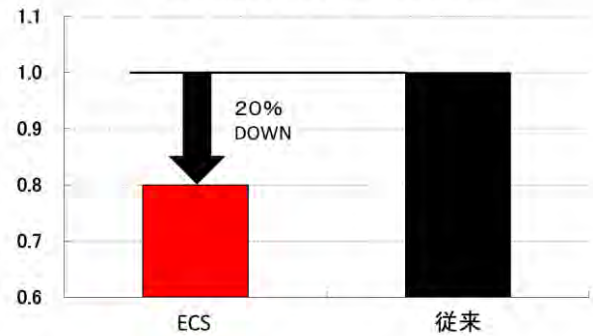


図14 ECSの年間省動力効果

今後も新技術の開発をすすめ、低炭素化社会の実現に貢献していきたい。

※ 本製品はプリウス・クラウン HV 等にて流動中

参考文献

- [1] 尾形豪太 他, ECS STEP2 システムの開発, DENSO TECHNICAL REVIEW Vol. 19 2014, p.110-p.116(2014)
- [2] 五丁美歌 他, エジェクタを適用した高効率カーエアコンシステム, 自動車技術会学術講演会前刷集 No. 80-10, (2010)
- [3] 武内裕嗣 他, 二相流エゼクタを適用した冷凍サイクル, 空気調和・衛生工学会論文集 No. 70, p.31-p.37, (1998)
- [4] 中川勝文 他, 冷凍サイクルに適用される二相流エジェクタの流動特性, 日本機械学会論文集 B編 64巻 第625号, p.304-p.311, (1998)

空調用ファンの空力騒音の予測と低減に関する研究

Study on Prediction and Reduction of Aerodynamic Noise for Fan System of Air-conditioner

岩瀬 拓 (日立製作所)

Taku IWASE (Hitachi, Ltd.)

e-mail: taku.iwase.mf@hitachi.com

1. はじめに

住環境や職場環境における快適性への要求の高まりから、空調機の静音化は重要である。空調機の騒音におけるファンの占める割合は大きく、ファンの低騒音化は製品の静音化に直接寄与する。空調機に搭載されているファンは吸込側や吐出し側が広い空間に開放されて動作する場合が多いため、その流れ場は複雑な三次元性を有している。

これまでのファンの低騒音化開発は実験と経験則に基づいた方法^{[1][2]}が主体であり、事前の空力騒音の予測は定常のファン特性や流れ場から推定する手法を用いてきた。しかし、抜本的なファンの低騒音化は従来の方法だけでは困難であり、新しい騒音予測手法とそれを用いた低騒音化手法の開発が課題である。この課題の解決策としては数値流体解析 CFD (Computational Fluid Dynamics) を活用することが有効であり、その中でも LES (Large Eddy Simulation) が最も有望な手法として近年盛んに研究されている^[3]。

一般に、ファンの空力騒音は回転騒音と乱流騒音に大別することができる。回転騒音は吸込流れの非軸対称性と回転する翼によって生じる流れや、翼と静止流路の干渉に起因する。このような現象では流れ場の空間スケールが大きいため、比較的小規模の非定常計算により予測が可能である^{[4][5]}。しかしながら本研究の対象である空調機用ファンは主に開放空間で使用される場合が多く、吸込流れの非軸対称性や翼と静止流路の干渉は少ないため、流れ場から発生する乱流騒音が支配的である。

そこで本報では、当社において取り組んでいる CFD による空調用ファンの空力騒音の予測の研究^[6]と空力騒音低減に関する研究^[7]の事例について紹介する。

2. 空力騒音予測の研究

ここでは乱流騒音を CFD により直接予測する研究の事例について紹介する。

2.1 乱流騒音の予測

乱流騒音は翼からの剥離や渦による揚力変動、翼面に形成される乱流境界層の変動に起因している。これらの騒音を予測するためには、翼面上の乱流境界層を正確に捉える必要がある。数値計算で乱流境界層を捉えるということは、翼面上の乱流境界層内に発生する縦渦を捉えるということである。ここで縦渦とは翼面上において主流方向と同一方向に渦心を有する渦のことである。

縦渦の寸法はレイノルズ数に依存し、本研究で対象とする空調用ファンの場合は、直径が 1mm オーダーである。そのため縦渦を解像するためには数億～数十億規模のメッシュによる大規模な流体計算が必要である。そこで本研究ではスパコン「京」の計算機リソースを活用することで、従来実現できなかった流体計算の実行を試みた。

2.2 空調用室内機の遠心ファン

図 1 に対象とする空調用室内機を示す。遠心ファンの外側に熱交換器を有する形態であり、空気はグリル・フィルターを通して、遠心ファンで昇圧され、熱交換器・吐出し流路を通る。図 2 に対象とする遠心ファンの外観を示す。図 1 に示すようにベルマウスは、遠心ファンのシュラウドにオーバーラップした状態で配置される。そのためベルマウスとシュラウドの間に流れが生じ、複雑な流れが形成される。

2.3 計算方法

流体計算のためのソフトウェアは FrontFlow/blue(FFB)[®]を用いた。FFB は乱流中の主要なダイナミクスをメッシュにより解像し直接計算することにより乱流現象を高精度に予測することができる LES をベースとする有限要素法コードである。

図3に遠心ファンの流体計算に用いたメッシュを示す。計算領域は入口領域，羽根車領域，出口領域の三つから構成した。羽根車領域は回転場，入口領域と出口領域は静止場とした。図3に示すメッシュの要素数は 6000 万メッシュ (60Mgrid) であり，60Mgrid をリファインすることでメッシュの解像度を上げた。ここでリファインとは FFB の特長であるメッシュを細分化する機能である。具体的には，メッシュの分割数を縦横高さ方向に半分に，すなわち，メッシュ数を8倍にする機能である。本研究では 60Mgrid と，60Mgrid を1回リファインした5億メッシュ (500Mgrid) を用い空力騒音をどこまで定量的に予測できるかを確認した。

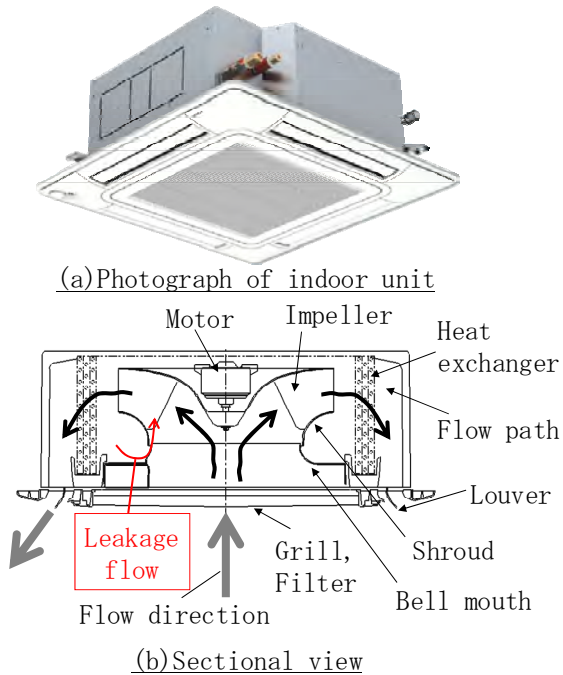
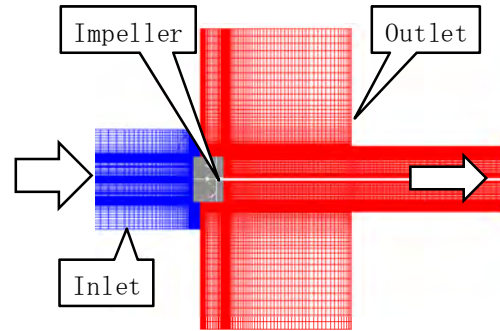


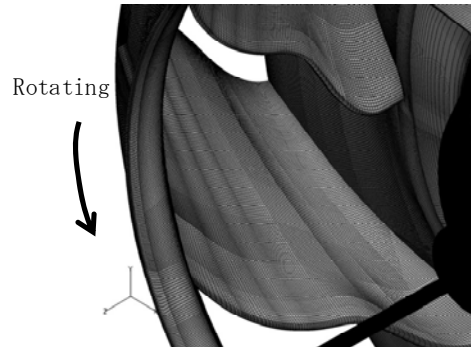
図1 対象とする空調用室内機



図2 対象とする遠心ファンの外観



(a)Construction of computational grids



(b)Grids of blade

図3 遠心ファンの流体計算に用いたメッシュ

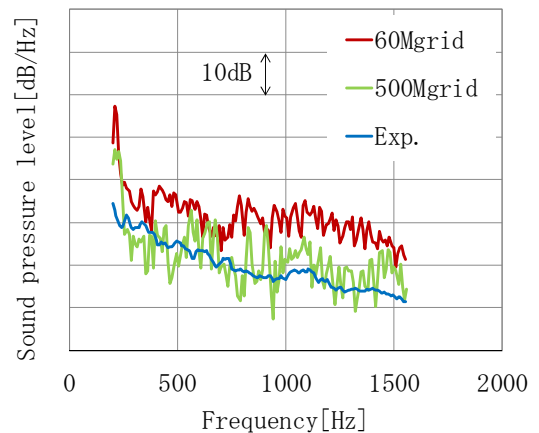


図4 遠心ファンの騒音スペクトラムの計算結果と実験結果の比較

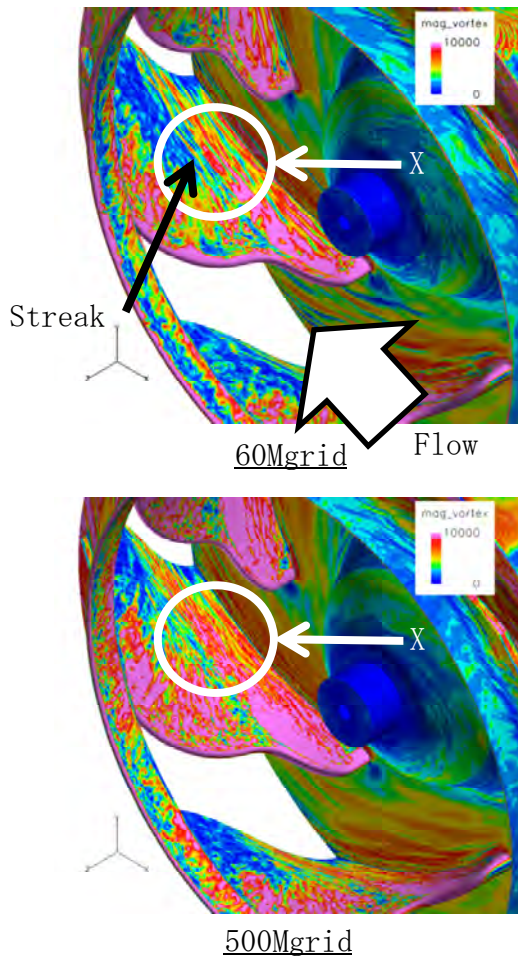


図5 翼面上の瞬時渦度の
60Mgrid と 500Mgrid の計算結果の比較

2.4 結果及び考察

図4に遠心ファンの騒音スペクトラムの計算結果と実験結果の比較を示す。騒音は羽根車の吸込側1mの距離の位置での計算結果と実験結果である。騒音はCurleの式^[10]を用いて計算した。

図4において、60M-gridの音圧レベルは比較した周波数の全域で過大評価した。一方で、500Mgridの音圧レベルは60Mgridに比べて低減し、1000Hz以下では実験結果とほぼ同等のレベルとなった。

図5に翼面上の瞬時渦度の60Mgridと500Mgridの計算結果の比較を示す。図中の矢印で示した渦度が高くなっているのが縦渦（Streak）であり、縦渦は翼のスパン方向に複数本確認できる。500Mgridは60Mgridに比べて、メッシュの解像度が2倍である。そのため例えば○で囲んだX部を比較すると、500Mgridの縦渦は60Mgridに比べて細かく捉えられている。その結果、縦渦のスパン

方向の本数が増加している。このような縦渦を捉えられたことが、計算精度の向上に寄与した。

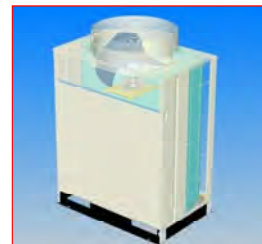
以上により、スパコン「京」を用いて初めて実現できる5億メッシュ規模の流体計算を実行することにより、空力騒音の計算精度の向上を確認できた。

3. 空力騒音低減の研究

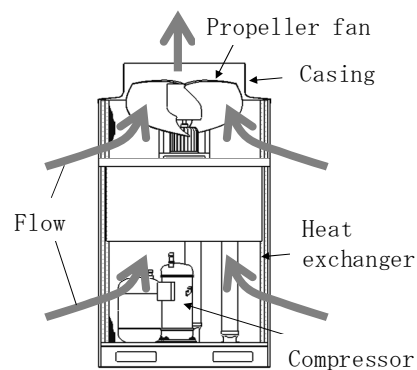
ここではファンの低騒音化手段のひとつである翼枚数低減を空調機用室外機のプロペラファンに適用した場合の空力騒音低減効果の要因分析に関する研究の事例について紹介する。

3.1 空調用室外機のプロペラファン

図6に対象とする空調用室外機を示す。供試ファンは空調機の室外機に使用される翼枚数の異なる2種類のプロペラファンとした。図7に対象とするプロペラファンの外観を示す。2枚翼プロペラファンは動作する流量で4枚翼プロペラファンに比べて5.9dB低騒音である。



(a) Outdoor unit of
Package air-conditioner



(b) Cross section
of outdoor unit

図6 対象とする空調用室外機

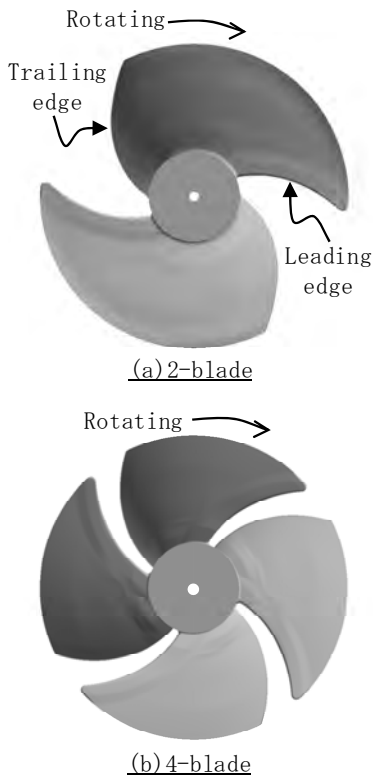


図7 対象とするプロペラファンの外観

3.2 計算方法

翼枚数低減による翼間流れ場と空力騒音の関係を調べるために、LESによる非定常計算を実施した。ソフトウェアは遠心ファンと同様にFFBを用いた。

図8にプロペラファンの流体計算に用いたメッシュを示す。計算領域は入口領域、プロペラ領域、出口領域の三つから構成した。プロペラ部は回転場、入口部と出口部は静止場とした。メッシュの要素数は1000万メッシュである。

本研究では詳細な流れ場を分析するために、古川が提案している特異点理論に基づく知的可視化手法を用いた^[4]。具体的には流れの特徴を捉えるために渦中心を可視化した。可視化した渦中心に無次元ヘリシティ Hn を表示した。騒音の大小関係を評価する目的で、Curleの式を用いて騒音を計算した。Curleの式では騒音源は物体壁面における静圧変動である。そこで本研究では翼面の静圧変動を可視化することにより騒音源の位置を評価した。

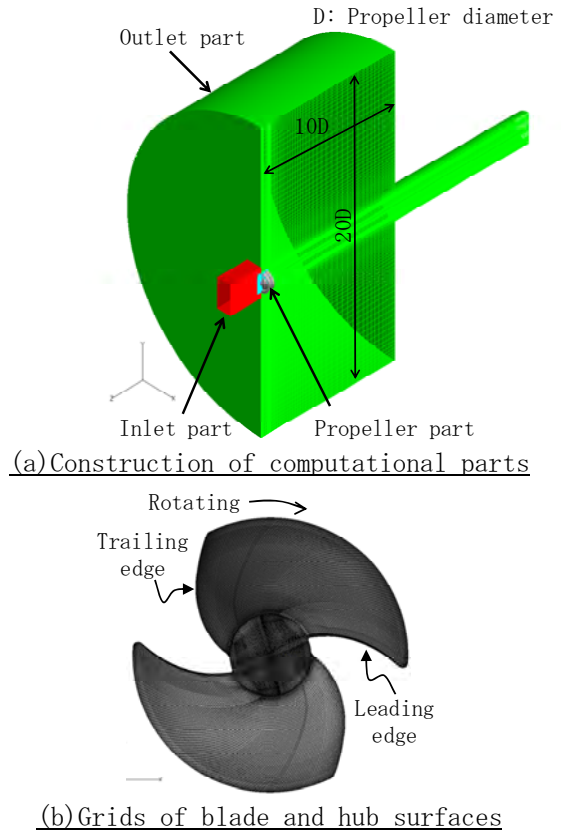


図8 プロペラファンの流体計算に用いたメッシュ

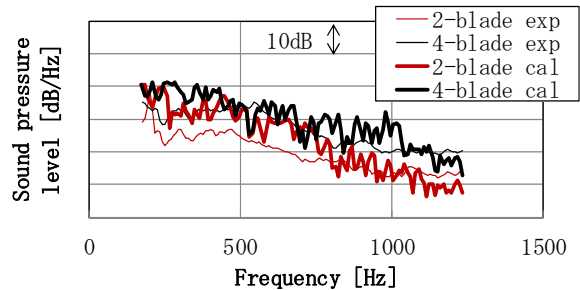


図9 プロペラファンの騒音スペクトラムの計算結果と実験結果の比較

3.3 結果及び考察

図9にプロペラファンの騒音スペクトラムの計算結果と実験結果の比較を示す。本計算は、遠心ファンの事例で述べたほどの大規模計算ではないため、縦渦が十分に解像出来ていない。そのため計算結果は実験結果に対して過大評価したが、周波数に対する音圧レベルの定性的な傾向と、翼枚数の違いによる音圧レベルの差は概ね捉えた。

図10に渦中心の可視化結果を示す。翼端前縁から巻き上がる翼端渦(TV)が確認できた。ひとつ

の翼端渦のまわりに流線を表示した。翼端渦は無次元ヘリシティ H_n の変化はなく1(ピンク)を保ったまま翼間を通過した。このような流れ場は半開放形プロペラファンにおける静圧効率が高い状態の典型的な翼間流れ構造である。以上により、2枚翼プロペラファンと4枚翼プロペラファンの両方で翼間流れ場を支配するのは翼端渦であることがわかった。以降では翼端渦に着目して流れ場と乱流騒音の関係について考察する。

図11に翼端渦周辺の流線と隣の翼との関係を示す。流線には渦度を表示した。2枚翼プロペラファンは4枚翼プロペラファンに比べて翼弦長が長いので翼端渦が翼間を通過する軌跡が長い。そのため2枚翼プロペラファンの翼端渦周辺の渦度は4枚翼プロペラファンに比べて減衰が大きい。更に2枚翼プロペラファンは4枚翼プロペラファンに比べて翼間のピッチが広い。そのため2枚翼プロペラファンの翼端渦と隣の翼の最も近い距離 L は4枚翼プロペラファンの約4倍である。

図12に翼圧力面側の静圧変動の可視化結果を示す。4枚翼プロペラファンは2枚翼プロペラファンに比べて、翼端渦周辺の渦度が大きくかつ隣の翼と距離 L が近いので、隣の翼の圧力面との干渉が強い。図12での4枚翼プロペラファンの翼端後縁付近の静圧変動が大きいことは、翼端渦と隣の翼の圧力面との干渉の強さを示している。

以上により、翼端渦は隣の翼の静圧変動に強い影響を及ぼしているといえる。Curleの式から騒音は壁面の静圧変動に起因するため、翼端渦は空力騒音に強い影響がある。2枚翼プロペラファンは4枚翼プロペラファンに比べて、翼端渦が翼間を通過する軌跡が長く、翼間のピッチが広いので、翼端渦は隣の翼との干渉が抑制される。そのため2枚翼プロペラファンは4枚翼プロペラファンに比べて翼面の静圧変動が抑制される。以上の要因により2枚翼プロペラファンは4枚翼プロペラファンに比べて低騒音であるといえる。

4. おわりに

空調用ファンの空力騒音の予測と低減を目的として、室内機の遠心ファンと室外機のプロペラファンを対象とした研究の事例について紹介した。

遠心ファンについては、翼面に発生する縦渦を解像するためにスパコン「京」の計算機リソース

を活用することで、従来実現できなかった大規模な流体計算を実行し、乱流騒音の定量的な予測ができることを確認した。

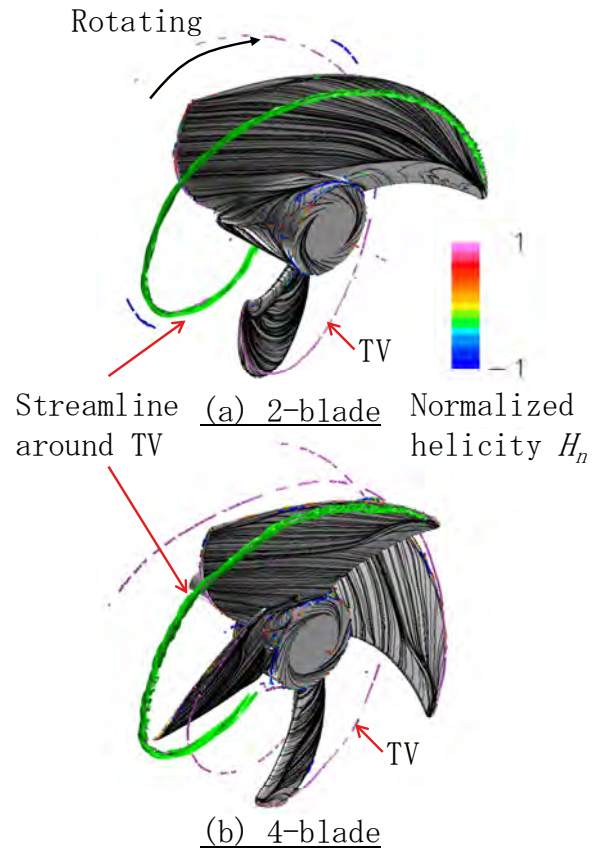


図10 渦中心の可視化結果

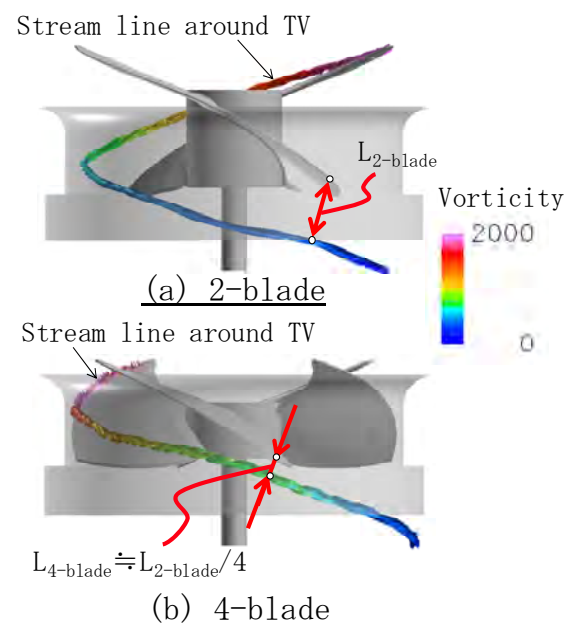


図11 翼端渦周辺の流線と隣の翼との関係

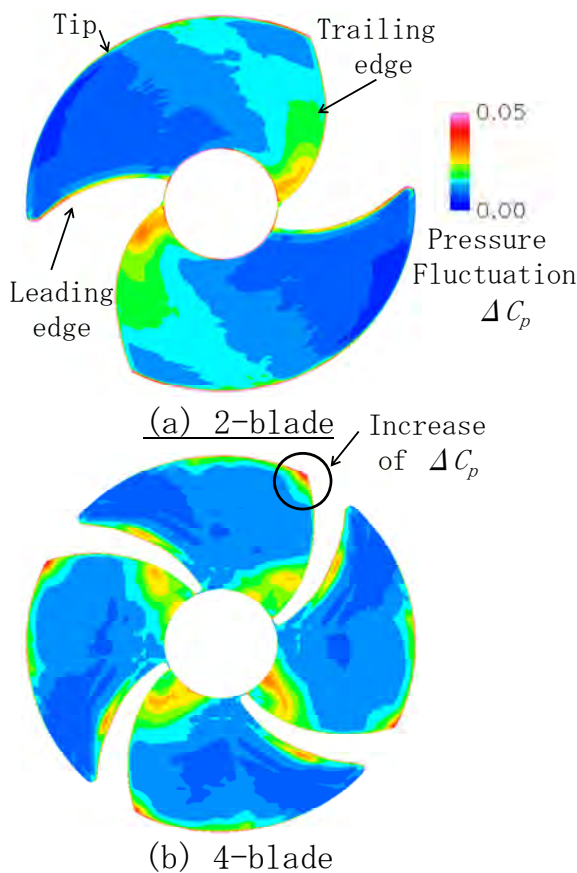


図 12 翼圧力面側の静圧変動の可視化結果

プロペラファンについては、翼端渦が翼間流れ場において支配的であることを確認した。さらに翼端渦と隣の翼との干渉が抑制できる2枚翼プロペラファンにより大幅な低騒音化が実現できることを確認した。

以上の研究成果により、従来困難であった騒音の定量的な予測と、騒音低減のための分析ができる見通しがたった。これにより製品設計時の試作コスト低減と製品の設計サイクルの短縮への貢献が期待できる。さらに将来的には、騒音の定量予測と数値最適化アルゴリズムを組み合わせた最適設計が可能となると期待される。

一方で、このような技術を製品設計で広く活用するためには、さらに多くのケース（他形状，他形式）のベンチマークの実施と、性能や騒音以外の流れ場の詳細なデータの設計への反映方法の検討，などが課題として挙げられる。今後はこれら

の課題を解決するために開発を継続する必要があると考える。

参考文献

- [1] 渡邊，高田，佐藤，大田黒，送風機流体騒音の予測，日本機械学会論文集 B 編，Vol.66, No.642(2000).
- [2] 袴家，船橋，高田，空調用プロペラファンの騒音発生モデルの検討，日本機械学会論文集 B 編，Vol.65, No.640(1999年12月).
- [3] 加藤，数値解析による空力音の予測～その現状と今後の課題～，計算工学，Vol.10, No.2(2005).
- [4] 岩瀬，日沖，加藤，且野，関口，古川，小型軸流ファンにおける前進翼と箱形ケーシングの干渉が翼通過周波数騒音に与える影響，日本機械学会論文集 B 編，Vol.77, No.780(2011).
- [5] Gerhard Algermissen, Raimund Siegert, Thomas Spindler(DaimlerChrysler, Germany), NUMERICAL SIMULATION OF AEROACOUSTIC SOUND GENERATED BY FANS UNDER INSTALLATION CONDITIONS, AIAA-2001-2174(2001).
- [6] 米山，空調機用ファンの大規模数値流体計算，平成24年度・平成25年度 HPCI 利用研究課題 利用報告書，課題番号 hp130043.
- [7] 岩瀬，岸谷，古川，半開放形プロペラファンの翼枚数が空力騒音に与える影響，日本機械学会2012年度年次大会，(2012).
- [8] 東京大学生産技術研究所 革新的シミュレーション研究センター，イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発，平成24年度年報(2013.3).
- [9] 加藤，直接シミュレーションによる乱流解析，ターボ機械，42-5(2014)，290.
- [10] Curle, N., The Influence of Solid Boundaries upon Aerodynamic Sound; Proc. Roy. Soc. , London, Series A, 231, 505-514(1955).
- [11] 古川雅人，“ターボ機械における流動現象の知的可視化”，可視化情報，Vol.23, No.91(2003)，pp.206-213.

環境規制と家庭用冷媒圧縮機の技術動向

Environmental Regulation and Technical Trend of Consumer Refrigerant Compressor

横山 哲英 (三菱電機株式会社)

Tetsuhide Yokoyama (Mitsubishi Electric Corporation)

e-mail: Yokoyama.Tetsuhide@ak.MitsubishiElectric.co.jp

1. はじめに

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第 5 次評価報告書[1]によると、大気や海洋の世界平均温度の上昇と、雪氷の広範囲にわたる融解が観測され、気候システムの温暖化は今や明白であり、人類の活動と生存を脅かす脅威との見解が示されている。地球温暖化が世界的な関心事となり、各国で温室効果ガス排出量を抑制する環境規制が強化されている。

空調冷熱分野の研究開発においても、近年、地球温暖化対策として温室効果ガスの削減が緊急の課題となった。一般的に、冷媒圧縮機で駆動する蒸気圧縮式ヒートポンプが広く用いられており、大気中に直接放出されるフロン冷媒と、エネルギー消費により間接に放出される二酸化炭素の排出量を削減することが求められている[2]。そのため、以下の研究開発が進められている[3]。

- ①ヒートポンプの高効率化：従来のヒートポンプ機器の効率改善による省エネルギー化、
- ②低 GWP 冷媒化：ヒートポンプ機器に使用されるフロン冷媒を、地球温暖化係数 (GWP) の低い物質に転換、
- ③ヒートポンプの利用温度域拡大：従来困難であった給湯・寒冷地暖房機器への応用拡大。

本稿では、国内家庭用・業務用で主要なエネルギー消費対象である空調・給湯分野[4]に用いられる冷媒圧縮機について、環境規制と技術動向を紹介する。

2. 環境規制の動向

2.1 冷媒規制

表 2.1 に冷媒圧縮機を取り巻く環境規制の動向を示す (文献[5]改筆)。1987 年に採択されたモントリオール議定書に基づき、オゾン層破壊係数の大きい特定フロン (CFC) は 1995 年に全廃された。また、指定フロン (HCFC) も 1996 年から規制が

始まり、2020 年に全廃のスケジュールとなっている。この規制を受けて、国内は代替冷媒 HFC に置き換えられた。さらに、1997 年に採択された京都議定書[6]では、1990 年を基準年として、二酸化炭素、HFC 他 6 種類の温室効果ガスの削減が先進国に義務付けられ、日本は第一約束期間 (2008~2012 年) の排出量を平均で 6%削減が義務付けられた。この規制を受けて、低 GWP 冷媒化の技術開発と施策が進められ、既に一部用途では以下の自然冷媒が採用されている[7]。冷蔵庫でイソブタン (R600a)、ヒートポンプ給湯機で CO₂、自動販売機で CO₂ や HC 冷媒 (R600a, R290)、冷凍機でアンモニアが使用されている。また、カーエアコンでは、欧州 F-Gas 規制に対応した新冷媒が開発され、HFO-1234yf が有力候補になっている。さらに、エアコン一般用途では、省エネ性と安全性を改善する低 GWP 冷媒の研究開発が進められている。

表 2.1 冷媒圧縮機を取り巻く環境規制の動向

年度	1990	2000	2010	2020
冷媒規制		☆CFC全廃('95) ☆HCFC規制開始('96)	☆HFC規制 ☆京都議定書('97)第一約束期間('08-'12)	☆HCFC全廃('20)
省エネ規制		☆国内COP規制('04)	☆国内APF規制('10)	☆ErP指令開始('13)

注) GWP: Global Warming Potential, CFC: Chlorofluorocarbon, HCFC: Hydrochlorofluorocarbons, HC: Hydrocarbon, HFC: Hydrofluorocarbon, HFO: Hydrofluoroolefin, COP: Coefficient of Performance, APF: Annual Performance Factor

2.2 省エネ規制

これと並行して省エネ規制も強化されている。国内では、1999 年に省エネ法が改正され、トップランナー方式によるエネルギー消費効率 (COP) の改善が求められた。エアコンでは冷房能力 4kW 以下 (ただし、冷暖房兼用、直吹き型、壁掛け型)

の機種は2004 冷凍年度、その他の機種は2007 冷凍年度が目標年度に制定され、既に目標 COP が達成されている。さらに、2010 年度に向けて APF（通年エネルギー消費効率）が導入され、より実使用に近い条件で省エネルギー化が図られることになった。一方、冷房能力4kW 以上の業務用エアコンについても、2010 年の省エネ法改正に伴い、2015 年度達成目標値（トップランナー基準値）が設定され、各メーカーはより省エネ性能の高い製品の開発により、2015 年4 月以降の出荷分より加重平均で目標 APF の達成が義務付けられている。

また、欧州ではErP（エネルギー関連製品のエコデザイン）指令[8]により、13年度から家庭用エアコンに実負荷を考慮した期間エネルギー消費効率の表記が開始された。さらに、空調機省エネ規制強化の動きは北米、中国等各国に広がっている。

3. 冷媒圧縮機の種類と形式

3.1 冷媒圧縮機の種類

表 3.1 に蒸気圧縮式ヒートポンプに用いる冷媒圧縮機形式と用途を示す（文献[5,9]から著者改筆）。大別すると容積式とターボ式とに分かれる。ターボ式は速度エネルギーを与えた流体の動圧を静圧に変換する方式である。容積式は冷媒を一定の空間に閉じ込めてから、その空間の容積を縮めて圧縮を行う方式である。容積式は、さらに、ピストンの運動形態で往復（レシプロ）式と回転式に分類され、回転式には、ロータリ式、スクロール式、スクリー式などの形態がある。さらに、ロータリ式には、ローリングピストン式、ロータリベーン式、ローリングピストンとベーンを一体構造にしたスイング式などの形態がある。圧縮機は、蒸気圧縮式ヒートポンプの心臓部として消費電力の大部分を占め、省エネルギー化には圧縮機入力の低減が不可欠である。このため、黎明期のピストン往復式から始まり、より高効率化を目指して、1960

～1970 年代に家庭用エアコン向けにロータリ式が、1970～1980 年代にチラー・冷凍機向けにスクリー式とターボ式が、1980 年代に店舗・オフィス用エアコン向けにスクロール式が採用されてきた。冷媒圧縮機は、用途や容量により使い分けられているが、近年、インバータによる高速運転が可能となり、振動騒音低減に有利な回転式が、一部用途を除いて主流になっている。特に、家庭用や中小規模店舗用のエアコン用途においては、ロータリ式とスクロール式がほぼ独占している。

スクロール式は、低振動化と高速化においてロータリ式より優位であるが、圧縮開始時と終了時の内部容積比（圧縮比）が設計で決まる形式のため、使用目的（温度）に合せた設計が必要となる。一方、ロータリ式は、シリンダ内の圧力が高压側圧力に達する吐出弁が自動的に開くため、使用目

表 3.1 冷媒圧縮機形式と用途

区分	基本構成図	密閉構造	駆動容量範囲(KW)	主な用途	特徴など	圧縮比組込み	
往復式	クランク式 ピストン		開放 0.4~120 半密閉 0.75~45 全密閉 0.1~15	冷凍、ヒートポンプ カーエアコン 冷凍、エアコン ヒートポンプ 冷蔵庫 エアコン	・機種豊富、汎用性高い ・振動大きく、大容量化に不適	なし	
	斜板式 ピストン		開放 0.75~2.2	カーエアコン	・カーエアコン専用		
容積式	ロータリ式	ピストンリング式	開放 0.75~2.2	カーエアコン	・汎用性高い ・小(～中)容量 ・低振動化と高速化が可能	なし	
		スイング式	全密閉 0.1~5.5 (10kW級まで拡大)	ショーケース(冷蔵庫) エアコン ヒートポンプ(給湯)			
		ロータリベーン式	開放 0.75~2.2 全密閉 0.6~5.5	カーエアコン 電気冷蔵庫 エアコン			・小(～中)容量 ・低振動化と高速化可能
	回転式	スクロール式	開放 0.75~2.2 全密閉 0.75~7.5	カーエアコン エアコン ヒートポンプ(給湯)	・中(～小)容量 ・低振動で高速化に適す	あり	
		スクリー式	開放	～6 30~1600	バスエアコン 冷凍・空調(チラー) ヒートポンプ	・遠心式に比べて高圧力比に適す ・ヒートポンプ、冷凍用に多用される	あり
		ロータリベーン式	密閉 23~300	冷凍・空調(チラー) ヒートポンプ			
ターボ式	遠心式		開放 密閉 90~10000	冷凍・空調(チラー)	・大容量に適す ・高圧力比に不向き	なし	

的に関係なく使える利点があり汎用性が高い。現在、家庭用エアコン用途では、ローリングピストン式およびスイング式が最も大きな割合を占めている。また、ロータリベーン式もカーエアコンや冷凍冷蔵庫などの用途に用いられている。

密閉構造としては、カーエアコン用がエンジンで駆動される開放形であり、冷蔵庫やエアコン用などはモーター一体となった全密閉形である。冷凍機やチラー用などは機種によってはメンテナンスを行うため、半密閉形も用いられている。

以下、ロータリ圧縮機とスクロール圧縮機について説明する。

3.2 圧縮機の基本構成と動作原理

(1) ロータリ圧縮機

ロータリ圧縮機を代表するローリングピストン式について、圧縮機の基本構成と動作原理について説明する。図 3.1 にロータリ圧縮機の全体構成（縦断面）を示す[11]。図 3.2 にローリングピストン式圧縮機構の構成と圧縮動作（横断面）を示す。低圧状態の冷媒ガスは吸入マフラを通して、圧縮機構のシリンダ内に吸入され、圧縮された高压冷媒はシリンダ内から密閉容器の内部空間に吐出される。モータの隙間や流路を通して上昇し、圧縮機の吐出管から排出し熱交換器まで搬送される。

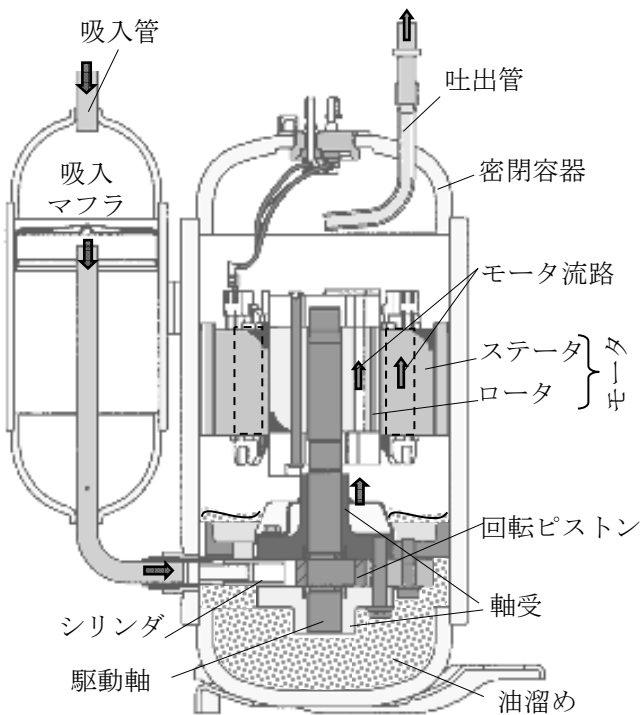


図 3.1 ロータリ圧縮機の全体構成（縦断面）

モータで発生した駆動力は、両端を軸受で支持された駆動軸を介して連結した圧縮機構の回転ピストンに伝達される。圧縮機構のシリンダ内では、往復動自在に設置されたベーンの先端が回転ピストンに接することで、シリンダ内は吸入室と圧縮室の二つの部屋が形成され、駆動軸の回転とともに回転ピストンが偏心回転することで、圧縮室の容積を減少させて圧縮する。シリンダ内は1回転ごとに圧縮過程（吸入・圧縮・吐出）を終了して吸入圧に戻るため、トルク変動が比較的大きい。通常、1個のシリンダで圧縮するものをシングルロータリ式といい、2個のシリンダを並列につないで、逆位相で圧縮することでトルク変動を打ち消す特長を有するものをツインロータリ式という。

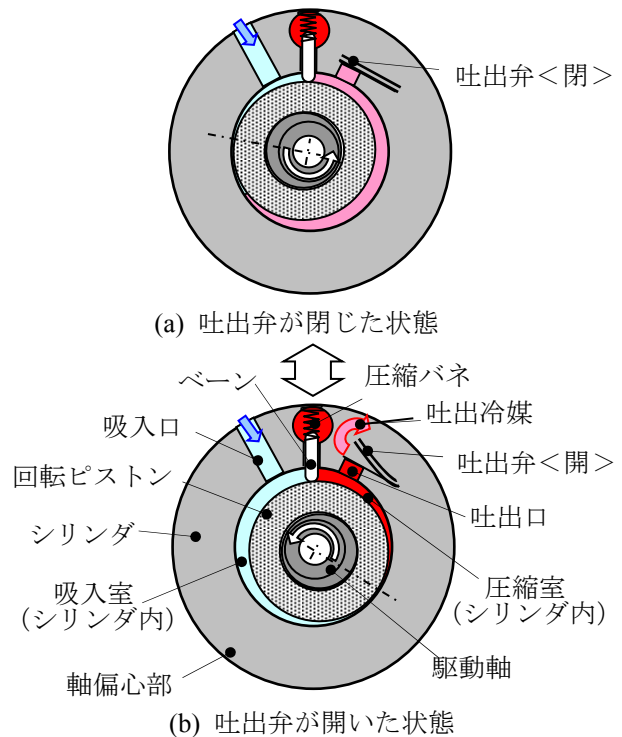


図 3.2 ローリングピストン式圧縮機構の構成と圧縮動作（横断面）

(2) スクロール圧縮機

スクロール圧縮機の基本構成と動作原理について説明する。図 3.3 にスクロール圧縮機の全体構成（縦断面）を示す。図 3.4 にスクロール式圧縮機構の構成と圧縮動作（横断面）を示す。一对の同一形状の渦巻状歯先（スクロールラップ）を異なる位相で噛み合わせて三日月形状の圧縮室を形成する。一般的に、固定スクロールは密閉容器側

で固定し、もう一方の揺動スクロールはその中心を軸偏心部と嵌合した状態で、駆動軸の回転により自転しないで偏心移動させる。図 3.4 右上の位相 0deg の状態（圧縮開始）で圧縮室に閉じ込めた冷媒ガスを、駆動軸を反時計周りに回転し圧縮し

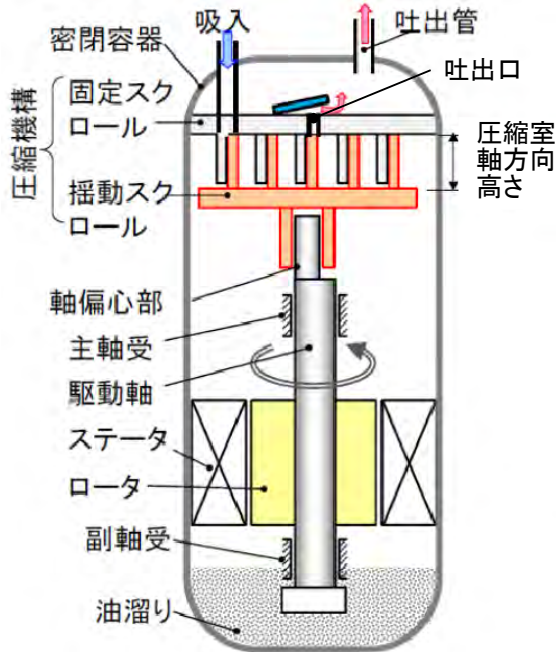


図 3.3 スクロール圧縮機の基本構成（縦断面）

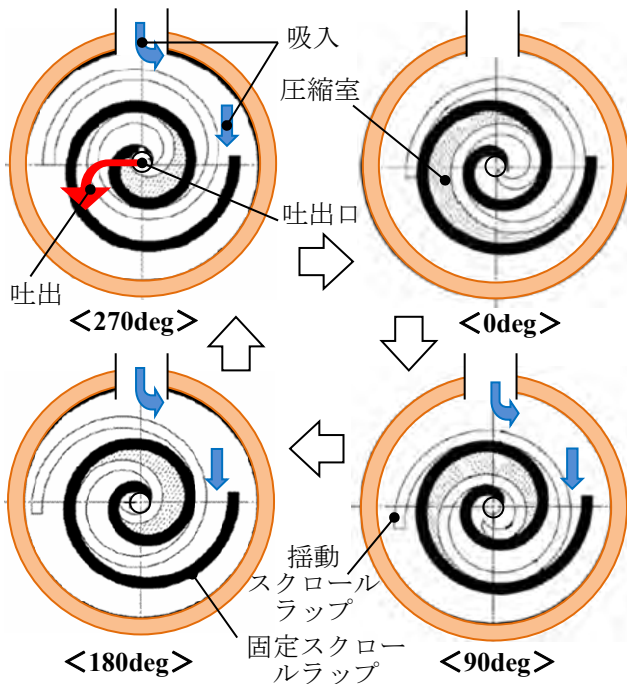


図 3.4 スクロール式圧縮機構の圧縮動作

ながら、図 3.4 左上の位相 270deg では圧縮室を中心の吐出口まで移動させて（圧縮終了）、吐出口から圧縮した冷媒ガスを吐出する。このとき、スクロール式では、圧縮開始時と終了時での圧縮室内容積比（圧縮比）が一定で設計されており、運転条件がこの圧縮比からずれると、無駄な圧縮動力を生じる原因となる。一方で、1 回転中で複数の圧縮室を形成し、順番に圧縮開始・終了する設計が可能であり、トルク変動を小さくできる。

4. 技術開発動向

冷媒や省エネの規制強化に対応して、冷媒圧縮機には新しい冷媒に対する適合性と、同時に高い性能が要求され、高効率化が急速に進められている。以下、ロータリ圧縮機とスクロール圧縮機で最近の技術開発事例について紹介する。

4.1 ヒートポンプ給湯機用 CO₂ 冷媒圧縮機

国内外で、自然冷媒 CO₂ 冷媒の遷臨界サイクルの特性を活かしたヒートポンプの研究開発がなされてきた。国内では、高効率な電気式ヒートポンプ給湯機が開発され[12]、省エネルギー化の比較的遅れていた給湯分野に普及させる施策が進められてきた。

CO₂ 冷媒圧縮機は、高压側が 10MPa 以上で、従来冷媒（R410A）の約 3 倍の動作圧となり、高性能と高信頼性を確保するため、各種圧縮機が開発された。ロータリ式とスクロール式の共通課題は、軸受や摺動部の信頼性および耐圧の確保と、圧縮室の漏れ量低減と密閉容器外部へ流出する油量低減[11]であった。図 4.1 に CO₂ 冷媒ロータリ圧縮機のカットモデルを示す。ローリングピストン式の課題であったベーン先端の摺動耐力を DLC-Si（Diamond Like Carbon - Silicon）コーティングにより向上した点に特徴がある[13]。

4.2 インジェクション対応二段圧縮機

上記の CO₂ 冷媒圧縮機において、圧縮機構に加わる荷重の低減と、圧縮室の漏れ量低減を図るため、圧縮部を低段側と高段側の二つに分けて、これを直列に二段階で圧縮する二段ロータリ圧縮機が開発されている。さらに、低段圧縮後の中間連結部に中間圧冷媒をインジェクションすることで、低外気温環境での圧縮機温度上昇の抑制と、加熱能力の向上を図ることができる。図 4.2 にインジェクション対応 CO₂ 冷媒二段ロータリ圧縮機の構

成を示す[14]。これは密閉容器内圧が高圧の例であるが、密閉容器内圧を中間圧にすることで容器の薄肉厚化を可能にした製品開発例[15]もある。さらに、低段側圧縮部をロータリ式圧縮機構で、差圧の大きい高段側圧縮部をスクロール式圧縮機構で構成して組み合わせることで、低外気温環境の高差圧動作時での効率改善を図ったスクロータリ圧縮機が開発されている[16]。

また、上記の CO₂ 冷媒圧縮機と同様な目的に加えて、中間圧の冷媒をガスインジェクションする効果により、蒸気圧縮式冷凍サイクルの COP を改善する目的で、家庭用エアコンに搭載する二段ロータリ圧縮機が開発された[17]。

4.3 機械式容量制御技術

空調機は外気温の変化や使用条件の変化によって、年間を通して負荷の変動が大きい。現在の空調機はインバータ制御により回転数を可変して能力を制御するが、発生頻度の高い低能力域では圧縮機効率が低下する。さらに、最低能力域では発停を繰り返すために電力が浪費され効率がさらに低下する課題が残っている。今後、実負荷での省エネルギー化を図るため、負荷に合わせて圧縮室の圧縮排除容積を可変する機械式容量制御技術の開発が行われている。

スクロール圧縮機では、圧縮室に吸入したガスを圧縮せず吸入管に戻すバイパス回路を搭載し、負荷率 10% 以下の低能力で連続運転を実現している [18]。

一方、ロータリ圧縮機では上記のような吸入バイパス回路を設けると定格時の損失が増大するため、異なる改善策が必要であった。そこで、二気筒ロータリ圧縮機を用いて、低負荷時に一方のシリンダ内でベーン(圧縮室を閉じ込める仕切り板)を停止し、二気筒のうちの片側を圧縮運転することにより、連続運転可能な下限領域を拡大する気筒可変技術が開発されている[19]。

4.4 その他の圧縮機構の開発例

図 4.3 にフレームコンプライアンス機構を備えたスクロール圧縮機のカットモデルを示す。スクロール圧縮機では、一对のスクロールラップの歯先を噛み合わせて圧縮室を形成するが、歯先の先端部と側面部がそれぞれ接触することで大きな摩擦損失を生じることが課題であった。歯先を軸方向に押付ける荷重を適正化することで、この摩擦

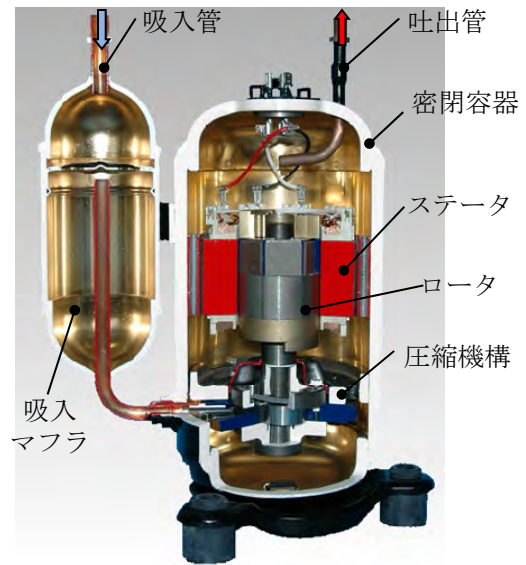


図 4.1 CO₂冷媒ロータリ圧縮機カットモデル[13]

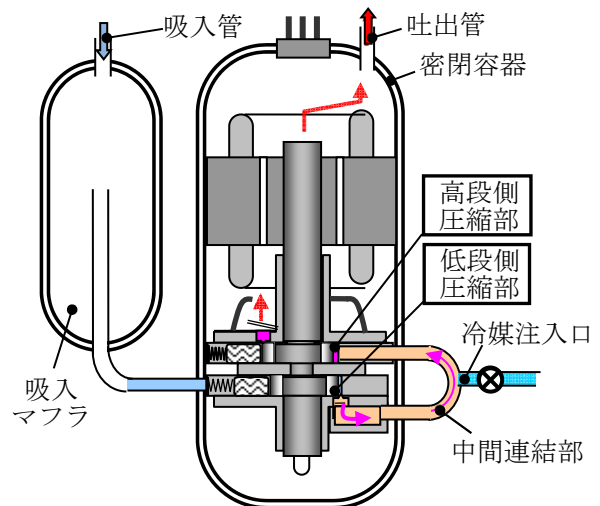


図 4.2 インジェクション対応 CO₂冷媒二段圧縮機の構成(縦断面)

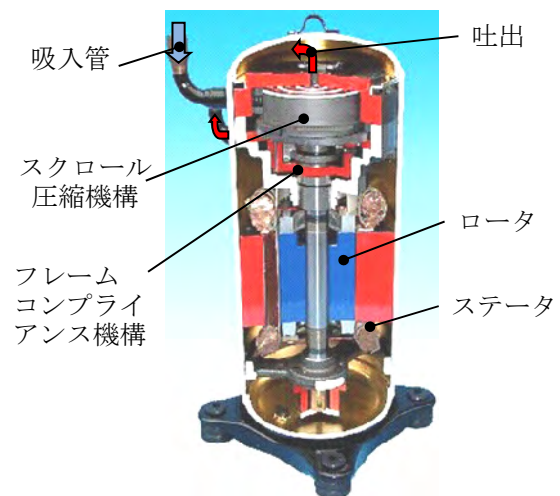


図 4.3 フレームコンプライアンス機構を備えたスクロール圧縮機カットモデル[20]

損失を低減するフレームコンプライアンス機構が開発されている[20].

また、一般的なスクロール圧縮機では、圧縮室を形成する三日月形状の面積を減少させて圧縮するが、さらに、軸方向高さも減少させながら3次的に圧縮することで圧縮機効率を改善するスクロール圧縮機が開発されている[21].

4.5 モータ・インバータ制御技術

モータおよびインバータの技術動向を簡単に説明する。1980年代になってインバータ圧縮機が導入され、1990年代以降急速にインバータ化が進み、大幅な省エネルギー化が図られている。また、インバータ化と並行して、モータを高効率化する開発も進められてきた。初期は交流誘導モータが用いられていたが、1990年代に入ってより、ロータに永久磁石を内蔵した高効率なブラシレス DC モータが普及し、省エネルギー化が進められた[22]。近年、モータに集中巻線方式の採用や希土類材料の永久磁石の採用が行われ、さらに、インバータ駆動制御技術[23]の進歩によって、ブラシレス DC モータの高効率化と運転能力範囲の拡大とが図られている。

5. まとめ

本稿では、家庭用・業務用の空調・給湯分野で用いられるロータリ圧縮機とスクロール圧縮機について、低 GWP 冷媒化と高効率・省エネルギー化、さらにはヒートポンプ用途の拡大に関連した技術開発事例について紹介した。

冷媒圧縮機は、熱・流体力学等の機械技術をはじめ多くの科学技術分野に支えられている。歴史は長い、解明すべき物理現象も多く残っており、今後、関連技術分野の進歩と社会的ニーズに歩調を合わせながら、さらなる技術進歩が図られ、地球温暖化対策に貢献することが望まれる。

参考文献

- [1] 環境省：「IPCC 第 5 次評価報告書の概要」(2014 年 12 月)。
- [2] 西村伸也：“冷凍空調分野における地球温暖化・都市温暖化対策の展望”，日本機械学会関西支部第 87 期定時総会，基調講演 (2012)。
- [3] ヒートポンプ・蓄熱センター編：「ノンフロン技術－自然冷媒の新潮流－」，オーム社 (2004)
- [4] 経産省資源エネルギー庁：「2013 年度エネルギーに関する年次報告書」(2013)，pp.100-110。
- [5] 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生工学便覧，第 14 版 (2010)，第 2 編，第 1 章。
- [6] United Nations: “Kyoto Protocol to the UN Framework Convention on Climate Change, 20” (1998)。
- [7] 経産省製造産業局：「冷媒フロン現状と今後の課題について」(平成 24 年 2 月)。
- [8] Commission REGULATION (EU) No206/2012。
- [9] 日本冷凍空調学会編：「上級標準テキスト 冷凍空調技術 冷凍編」(2006)。
- [10] 日本冷凍空調学会編：「冷媒圧縮機」(2013)。
- [11] Yokoyama, T. et al.: 21th Int. Compressor Engineering Conference at Purdue (2012), 1230。
- [12] 齋川路之，橋本克己：“給湯用 CO₂ ヒートポンプサイクルの効率評価理論効率の評価と特徴把握”，日本冷凍空調学会論文集，Vol.18, No.3 (2001)。
- [13] Maeyama, H. et al.: 18th Int. Compressor Engineering Conference at Purdue, (2006), C056。
- [14] Yokoyama, T. et al.: 19th Int. Compressor Engineering Conference at Purdue, (2008), 1193。
- [15] 山口賢太郎，富宇加明文，築島俊人：“CO₂ ヒートポンプ式給湯機用圧縮機の開発”，日本冷凍空調学会年次大会講演 (2005)，pp.117-120。
- [16] Hotta, Y. et al.: 21th International Compressor Engineering Conference at Purdue, (2012), 1162。
- [17] 久保田淳，野中正之，飯塚義典，大郷賢一：“ルームエアコン用二段圧縮ガスインジェクションサイクルの性能特性”，日本機械学会論文集 B編，Vol.75, No.753 (2009)。
- [18] Iijima, R. et al.: 22th Int. Compressor Engineering Conference at Purdue (2014), 1142。
- [19] Hirano, K., et al.: 21th International Compressor Engineering Conference at Purdue (2012), 1349。
- [20] Fushiki, T. et al.: 16th International Compressor Engineering Conference at Purdue (2002), C18-9。
- [21] Sato, H. et al.: 20th International Compressor Engineering Conference at Purdue, (2010), 1105。
- [22] Oikawa, T. et al.: 16th International Compressor Engineering Conference at Purdue, (2002), C12-4。
- [23] 篠本洋介：“ブラシレス DC モータ駆動の高性能化”，冷凍，Vol.86, No.1003 (2011)，pp. 24-26。

The 25th International Symposium on Transport Phenomena (ISTP-25) 報告
 Report on the 25th International Symposium on Transport Phenomena

矢吹 智英 (九州工業大学)

Tomohide YABUKI (Kyushu Institute of Technology)

e-mail: yabuki@mech.kyutech.ac.jp

1. はじめに

2014年11月4日から7日までの4日間にわたってタイのクラブにある Aonang Villa Resort で The 25th International Symposium on Transport Phenomena (ISTP-25) が開催されました。議長はタイの KMITL の Charoenphonphanich 先生が、副議長は東工大の花村先生が務められました。ISTP はシンポジウム名の和訳から想像されるとおり、輸送現象に関わる幅広い研究発表を対象としています。また、PCTFE (Pacific Center of Thermal-Fluids Engineering) が主催する五つの国際会議の一つで、世界中の国々を開催国とし、一昨年の第24回会議は山口県の山口東京理科大学で開催されました。クラブはタイの南部に位置するビーチリゾート地であり、バンコクから空路で約1時間半の場所にあります。出発直前の天気予報では開催期間中、雨天が予報されておりましたが、時折通り雨に見舞われたものの幸運にも好天に恵まれ、海に近いリゾートホテルで開催された学会で有意義な時間を過ごすことができました。

2. 会議の概要

会期四日間のうち初日はレジストレーションに充てられ、残りの三日間で学会発表が行われました。一般セッションに先駆けてプレナリー講演セッションが開かれ、日本、タイ、米国からそれぞれ一件ずつ、相変化伝熱、燃焼、電子機器の熱マネジメントに関する内容の講演がなされました(表1)。図1はプレナリー講演セッション時の会場の様子です。

表2に二日目の午後から始まった一般セッションのセッション名と講演件数、表3に所属の所在国ごとの論文筆頭著者の数をまとめました。図2は会場のホテルの玄関で撮影された学会参加者の集合写真です。講演件数は合計131件で、セッション名を眺めますと、伝熱シンポジウムと同様に

表1 プレナリー講演一覧

講演者名 (Prof. 省略)	講演タイトル
Y. Utaka	Behaviors of micro-liquid-film and their contributions concerning phase change heat transfer
S. Jugjai	Combustion in Porous Media: Research through innovation
Y. Joshi	Air Flow Management in Raised Floor Data Centers



図1 プレナリー講演時の会場の様子[1]

表2 セッション名と各セッションの講演件数

セッション名	件数
Experimental and Computational Fluid Dynamics I-VI	27
Heat and Mass Transfer I-V	23
Micro- and Nano-Scale Transport I-III	20
Electronics Packaging and Thermal Management I & II	10
Boiling and Multi-phase flow I & II	10
Sustainable and Renewable Energy I & II	9
Visualization / Imaging Techniques I & II	9
Bioengineering and Bio-Thermal Fluid Dynamics	5
Combustion and Reacting Flows	5
Fuel Cells and Battery Technology	5
Heat Exchangers	4
Transport in Porous Media	4
合計	131

表3 国別の論文数

国名	人数	国名	人数
Japan	87	USA	2
Thailand	9	Czech Republic	1
Korea	8	Germany	1
Taiwan	5	Indonesia	1
Russia	5	Iran	1
China	3	Malaysia	1
France	3	Saudi Arabia	1
Australia	2	Ukraine	1

幅広いスケールの多岐にわたる分野の研究発表があったことが分かります。日本のグループからの研究発表が87件と一番多く、地元タイのグループから二番面に多い9件の発表がありました。日本から参加した講演者数が圧倒的に多いものの、リゾート地での開催ということも手伝ってか、欧米や中東など世界各地からも講演者が参加していることが分かります。ISTPは日本からの参加者が多く、発表・議論が日本人にとっては比較的聞き取りやすい英語で行われ、心配であった初めての座長も無事に務め上げることができました。

休憩時間にはコーヒーやフルーツジュースなどのドリンクに加え、ドラゴンフルーツやパイナップルなどの果物が用意され、昼食では会場のホテルにてビュッフェスタイルでタイ料理中心のメニューがふるまわれました。

本会議では、サイズが東西、南北それぞれ1kmに満たないホン島 (Hong Island) に2, 3時間滞在するツアーが企画され、参加者はビーチで泳いだり、日光浴をするなどして大自然を満喫しました。



図2 ISTP-25参加者の集合写真。タイ、クラブのAonang Villa Resort 玄関にて[1]

著者は明石高専の田中先生と東北大学の岡島先生と三人で島の周囲を一周するシーカヤックに挑戦しました。不覚にも島のサイズを推し量らずに挑んだ島一周の旅は肉体的にも精神的にも過酷なものでした。今になっては良い思い出です。後から出発した私の研究室の学生のチームは転覆して途中で引き返す羽目になり、島一周を果たせませんでした。

会議最終日の次の日には東京で熱工学コンファレンスが開催されるため、参加者の多くが深夜便などを利用してすぐに東京へ帰国しなければなりませんでした。クラブで得られた充足感をバネに過密スケジュールをなんとか乗り越えられました。

3. おわりに

本稿ではISTP-25のFacebookアカウント(<https://www.facebook.com/istp25>)より写真を転載させていただきました。学会参加者の様子を撮影した写真が多数アップされているので、ご興味ある方はご覧になってください。次回の第26回会議はオーストリアのレオーベンにて9月27日から10月1日の会期で開催されます。

最後に、ISTP-26の成功を願うとともに、ISTP-25の運営に携わってくださった方々に感謝の意を表します。

参考文献

- [1] ISTP-25, Facebookアカウントより転載, URL: <https://www.facebook.com/istp25>.

1985年(PCシステム導入)以後の日本伝熱学会事務局の歴史 — 倉水裕子さんへの感謝 —

*History of the HTSJ Office After 1985 when a PC-based Management System was First Installed:
Gratitude to Ms. Hiroko Kuramizu*

現・元理事会

Present & Past Board of Directors

22年間の長きにわたって日本伝熱学会事務局にご貢献いただいた倉水裕子(ひろこ)さんが2015年3月ご退職されるにあたり、今からちょうど30年前のPC導入期(当時はNEC PC9801独占状態)以降の事務局の歴史を年表として記録させていただきました。伝熱シンポジウムの受付や総会で倉水さん

のお姿はほぼ全会員がご存じと思いますが、学会誌に掲載された唯一の写真は2008年10月号巻末にあります(その写真を拡大して以下の表中にペストしました)。倉水さん、法人化当時から今日までの日本伝熱学会の発展を支えていただきまして、誠にありがとうございました。

表 歴代総務担当副会長と事務局関係の出来事(敬称略)

西暦	年号	期	総務担当副会長(年度)	事務局関係の出来事(年)
1985	S60	24	小竹 進(東京大学)	小竹副会長がdBASE IIIで事務局ソフト自作
1986	S61	25		以後このソフトを用いて小竹・越後・黒崎研究室スタッフが会計管理や名簿管理を行った(8→5→3.5インチフロッピーディスク; インターネット普及以前で、昨今のような「個人情報」への気遣いもほとんどなかった)
1987	S62	26	越後亮三(東京工業大学)	1991年9月30日(株)NTS(文京区本郷5-25-18)に業務委託
1988	S63	27	黒崎晏夫(東京工業大学)	
1989	H01	28	黒崎晏夫(東京工業大学)	
1990	H02	29	井上 晃(東京工業大学)	5月11日 倉水裕子事務局に
1991	H03	30	土方邦夫(東京工業大学)	9月28日 社団法人に認定
1992	H04	31		斎藤彬夫(東京工業大学)
1993	H05	32	斎藤彬夫(東京工業大学)	1995年3月 文京区湯島
1994	H06	33	飯田嘉宏(横浜国立大学)	2-16-16に移転(株)NTS内)
1995	H07	34		
1996	H08	35		
1997	H09	36		
1998	H10	37		
1999	H11	38		
2000	H12	39		
2001	H13	40		
2002	H14	41		
2003	H15	42		
2004	H16	43		
2005	H17	44		
2006	H18	45		
2007	H19	46	森 康彦(慶應義塾大学)	2007年6月9日 文京区本郷2-27-16に移転。2008年3月 石塚健(たけし)事務局長就任、4月 千代田区内神田1-18-11-513に移転
2008	H20	47	宇高義郎(横浜国立大学)	10月 大澤毅士事務局に
2009	H21	48	飛原英治(東京大学)	学会50周年記念、3月 石塚健退職、4月 大澤毅士事務局長就任
2010	H22	49		4月1日 公益社団法人に認定
2011	H23	50	佐藤 勲(東京工業大学)	
2012	H24	51		
2013	H25	52		
2014	H26	53		12月 村松佳子事務局に
2015	H27	54		3月 倉水裕子退職



行事カレンダー

本会主催行事

開催日	行事名	申込締切	原稿締切	問合せ先	掲載号
2015年					
6月	3(水)～5(金) 第52回日本伝熱シンポジウム (開催場所:福岡国際会議場)	2015.1.16	2015.3.13	実行委員会委員長 高松 洋 九州大学 大学院工学研究院機械工学部門内 Email: symp2015@htsj-conf.org Fax: 092-802-3127	

本会共催, 協賛, 後援行事

開催日	行事名	申込締切	原稿締切	問合せ先	掲載号
2015年					
4月	15(水)～17(金) 第49回空気調和・冷凍連合講演会 (開催場所:東京海洋大学海洋工学部 85周年記念会館)	2015.1.9	2015.2.27	日本冷凍空調学会/第49回空気調和・冷凍連 合講演会係 Tel: 03-5623-3223 Fax: 03-5623-3229 E-mail: GSP01434@nifty.com	
5月	17(日)～21(木) 23rd International Conference on Nuclear Engineering(ICONE-23/2015) 第23回原子力工学国際会議 (開催場所: 幕張メッセ国際会議場)	2014.9.20	2014.11.29	ICONE23 事務局 E-mail: info@icone23.org URL: http://www.icone23.org/	
5月	20(水)～22(金) TECHNO-FRONTIER 2015 (開催場所: 幕張メッセ国際会議場)			TECHNO-FRONTIER 2015 事務局 一般社団法人日本能率協会 産業振興センタ ー内 Tel: 03-3434-0587 Fax: 03-3434-8076 E-mail: tf@convention.jma.or.jp URL: http://www.jma.or.jp/tf	
6月	16(火)～18(木) 5th International Conference on Jets, Wakes and Separated Flows (ICJWSF-2015) (開催場所: Royal Institute of Technology, KTH, Stockholm, Sweden)	2014.12.15		ICJWSF-2015 組織委員会副議長 内山知実 (名古屋大学エコトピア科学研究所) Tel&Fax: 052-789-5187 E-mail: uchiyama@is.nagoya-u.ac.jp (URL: http://www.icjwsf2015.com)	
6月	18(木)～19(金) No.15-12 第20回動力・エネルギー技 術シンポジウム (開催場所: 東北大学工学研究科 青 葉記念館および中央棟)	2015.1.30	2015.4.30	実行委員長 橋爪秀利(東北大学) 幹事 江原真司(東北大学) Tel: 022-795-7905 Fax: 022-795-7906 E-mail: shinji.ebara@qse.tohoku.ac.jp	
6月	18(木)～19(金) No.15-43 講習会 流体力学基礎講座一 基礎学理から数値流体力学・流体計測 の基礎と実例まで (開催場所: 東京大学生産技術研究所)			日本機械学会流体工学部門事務担当 田中克 Tel: 03-5360-3500 Fax: 03-5360-3509 E-mail: tanaka@jsme.or.jp	
8月	4(火)～6(木) 日本混相流学会混相流シンポジウム 2015 (開催場所: 高知工科大学)	2015.3.16	2015.6.8	日本混相流学会混相流シンポジウム 2015 実行 委員会事務局 辻智宏(高知工科大学) Tel: 0887-57-2319 Fax: 0887-57-2320 E-mail: konsosymp@jsmf.gr.jp	
8月	28(金)～29(土) 日本実験力学学会 2015 年度年次講演会 (開催場所: 新潟大学工学部)	2015.4.30	2015.6.30	田邊裕治(新潟大学工学部機械システム工学 科) Tel: 025-262-6806 Fax: 025-262-6806 E-mail: y.tanabe@eng.niigata-u.ac.jp	
9月	26(土)～28(月) 日本流体力学会年會 2015 (開催場所: 東京工業大学大岡山キャン パス)	2015.6.14	2015.7.25	日本流体力学会年會 2015 実行委員会 実行委員長 灘岡和夫 E-mail: nenkai15@navier.mes.titech.ac.jp	
9月	27(日)～10月1(木) The 26th International Symposium on Transport Phenomena (ISTP-26) (開催場所: オーストリア・レオーベ ン)	事前登録 2015.7.10	Abstract 2015.5.1 Manuscript 2015.8.1	幹事 伏見一慶(東京工業大学) (Email:fushinok@mech.titech.ac.jp) URL: http://www.istp26.at/ Email: istp26@unileoben.ac.at	
10月	10(土)～11(日) 可視化情報学会全国講演会(京都 2015) (開催場所: 京都工芸繊維大学松ヶ崎 キャンパス)	2015.6.5	2015.7.31	可視化情報学会全国講演会(京都 2015) 実行 委員長 村田滋(京都工芸繊維大学) Tel: 075-724-7363 Fax: 075-724-7300 E-mail: murata@vsj.or.jp	
11月	15(日)～20(金) International Gas Turbine Congress 2015 Tokyo (IGTC2015 Tokyo) 2015 年国際ガスタービン会議東京大 会 (開催場所: 虎ノ門ヒルズ)			公益社団法人日本ガスタービン学会事務局 Tel: 03-3365-0095 E-mail: igtc2015@gtsj.org	
11月	29(日)～12月2(水) World Engineering Conference and Congress 2015 (WECC 2015) 第5回世界工学会議 (開催場所: 京都国際会館)	2015.3.10	2015.6.1	WECC2015 運営事務局(株式会社コングレ内) Tel: 03-5216-5303 E-mail: wecc2015-reg@congre.co.jp (URL: http://www.aimehq.org/events/event/wecc-2 015)	
11月	30(月)～12月4(金) The 12th International Conference on Power Engineering 2015 (ICOPE2015) 第12回動力エネルギー国際会議 (開催場所: パシフィコ横浜)	2014.11.30	2015.3.31	ICOPE-15 実行委員会委員長 刑部真弘(東京 海洋大学) E-mail: icope15@jsme.or.jp (URL: http://www.jsme.or.jp/pes/ICOPE-15/)	

第 52 回日本伝熱シンポジウムのご案内

第 52 回日本伝熱シンポジウム実行委員会
委員長 高松 洋
幹事 藏田耕作

開催日：平成 27 年 6 月 3 日（水）～6 月 5 日（金）

会場：福岡国際会議場（<http://www.marinemesse.or.jp/congress/>）

所在地 〒812-0032 福岡市博多区石城町 2-1 電話 092-262-4111（代表）

アクセス 福岡空港より呉服町駅まで福岡市営地下鉄で約 10 分，呉服町駅より徒歩約 12 分。
JR 博多駅より西鉄バスで約 12 分，サンパレス前下車すぐ。

ホテル日航福岡（<http://www.hotelnikko-fukuoka.com/>）

所在地 〒812-0011 福岡市博多区博多駅前 2-18-25 電話 092-482-1111（代表）

アクセス 福岡空港より JR 博多駅まで福岡市営地下鉄で約 5 分，JR 博多駅より徒歩約 3 分。

特別講演：平成 27 年 6 月 4 日（木） 15 時 20 分～16 時 10 分（福岡国際会議場メインホール）

講演者：九州旅客鉄道株式会社 代表取締役社長 青柳 俊彦 氏

題目：「ななつ星が九州を変える（仮題）」

総会：平成 27 年 6 月 4 日（木） 16 時 20 分～17 時 50 分（福岡国際会議場メインホール）

事前参加申込締切：平成 27 年 4 月 10 日（金）

ホームページ URL：<http://htsj-conf.org/symp2015/>

【シンポジウムの形式】

・講演発表形式として

a) 通常的一般セッション（口頭発表）

b) オーガナイズドセッション（口頭発表）

c) 学生および若手研究者を対象とする優秀プレゼンテーション賞セッションを実施します。

・1 講演あたりの割当時間は，一般セッションでは 15 分（発表 10 分，個別討論 5 分）で，各セッションの最後に総合討論の時間（5 分×セッション内の講演件数）を設ける予定です。オーガナイズドセッションについては，オーガナイザーの指示に従って下さい。

・優秀プレゼンテーション賞セッションについては，本号掲載のお知らせ「優秀プレゼンテーション賞（第 52 回日本伝熱シンポジウム）について」をご参照下さい。

【参加費等】

・シンポジウム参加費

会員一般（事前申込：12,000 円，会場申込：15,000 円）

非会員一般（事前申込：15,000 円，会場申込：18,000 円）

会員学生（事前申込：6,000 円，会場申込：7,000 円）

非会員学生（事前申込：7,000 円，会場申込：8,000 円）

※特別賛助会員は 1 口につき 3 名，賛助会員は 1 口につき 1 名，参加費が無料になります。

・講演論文集（CD-ROM 版）

日本伝熱学会会員：無料（講演論文はウェブ上で事前に公開します。参加者には当日，講演論文集（CD-ROM 版）を配布します。参加されない会員のうち希望者には講演論文集（CD-ROM 版）を事後にお送りします。）

非会員：9,600 円：会場受付にて日本伝熱学会に入会を申し込まれる場合は無料となります。

（年会費：正会員 9,600 円 シニア正会員 4,800 円 学生会員 4,000 円

特別賛助会員 100,000 円 賛助会員 30,000 円）

【懇親会】

- ・ 開催日：平成 27 年 6 月 4 日（木） 18 時 30 分～20 時 30 分
- ・ 会 場：ホテル日航福岡
 総会后、福岡国際会議場からホテル日航福岡まで無料貸切バスをご利用になれます。
- ・ 参加費：一般（事前申込：8,000 円、会場申込：10,000 円 同伴配偶者無料）
 学生（事前申込：4,000 円、会場申込：5,000 円）

【参加費等の支払い方法】

- ・ シンポジウムのホームページから事前参加登録を行った後に、学会誌 2015 年 1 月号に挟み込まれた「払込取扱票」を用い、以下の記入例を参考にしてお支払い下さい。なお、郵便局にある一般の「払込取扱票」、またはネットバンキングでもお支払い頂けます。その際は、記入例に準じた内容（参加登録 ID、参加者氏名、支払い内容、金額、代表者名、連絡先など）を記入して下さい。
- ・ 参加費等の払い込みをもって「事前申込完了」とします。ホームページからの登録だけでは「完了」ではありません。払い込みが平成 27 年 4 月 11 日以降になった場合は会場当日申し込み扱いとし、会場受付にて差額をお支払い頂きます。
- ・ 4 月 11 日以降も 5 月 22 日までは、当日申し込み扱いでウェブからの参加登録および払い込みを受け付けます。当日に受付でお渡しすべきものを予め準備しておく等の作業を行いますので、できるかぎりウェブからの登録および事前の払い込みを行って下さいますようご協力をお願いいたします。なお、例年のように、シンポジウム当日の参加申し込みもできます。
- ・ 銀行より振り込まれる場合は、下記のゆうちょ銀行口座にお振り込み下さい。その際、必ず 1 件ずつとし、氏名の前に参加登録 ID 番号を付けて下さい。

店名（店番）：一七九（イチナナキユウ）店（179）
 預金種目：当座
 口座番号：0128056
 口座名称（漢字）：第 52 回日本伝熱シンポジウム実行委員会
 口座名称（カナ）：ダイゴジュウニカイニホンデンネツシンポジウムジッコウイインカイ

— 記入例 —

登録 ID は参加申込時に発行される「4桁の数字（予定）」です。

お支払い頂く項目を○で囲んで下さい。

払込手数料はご負担下さい。

「通信欄」の合計金額をこちらにご記入下さい。

1枚の要旨で複数の参加者の登録が可能です。本登録の代表者の方のご所属の連絡先・お名前・電話番号を「ご依頼人」の欄にご記入下さい。

この受領証は、大切に保管してください。

【講演論文集（電子版）】

**講演論文集として電子版（CD-ROM 版）のみを発行し、印刷版は発行しません。
講演論文はウェブ上で一定期間公開します。**

- ・ 講演論文集（電子版）は、日本伝熱学会会員（2015 年度会員）の皆様に対し、シンポジウムのホームページにリンクされたウェブサイトを通じて公開します。公開日は 2015 年 5 月 27 日（水）を予定しています。
- ・ 電子版は、シンポジウムのホームページより「講演論文集」のページに入り、以下の閲覧 ID とパスワードを用いてログインの後、閲覧・ダウンロードすることができます。なお、このサイト上での講演論文公開は、従来から行ってきました日本伝熱学会会員への郵送による講演論文集 CD-ROM 事前配布に代わるものです。
- ・ 講演論文集（電子版）閲覧 ID : nhts52fukuoka, パスワード : 2015fukuoka
- ・ シンポジウムで座長ご担当の皆様におかれましては、この電子版を当日のセッションの参考資料として下さい。

【講演論文の公開日】

- ・ 講演論文集（電子版）の公開日は、2015 年 5 月 27 日（水）を予定しています。特許に関わる公知日もこの日になります。シンポジウム開催日よりも早くなりますので、ご注意下さい。

【交通と宿泊】

- ・ 交通と宿泊につきましては、本シンポジウムのホームページをご参照下さい。

【ご注意】

- ・ 口頭発表用として実行委員会事務局が準備する機器は、原則としてプロジェクタのみとさせていただきます。パーソナルコンピュータは各自ご持参下さい。
- ・ 参加費、懇親会費等は参加取り消しの場合でも返金いたしません。
- ・ 本シンポジウムに関する最新情報については、随時更新するホームページでご確認下さい。
- ・ その他、ご不明な点がありましたら、実行委員会事務局まで e-mail または FAX でお問い合わせ下さい。

【お問い合わせ先】

第 52 回日本伝熱シンポジウム実行委員会事務局
九州大学 大学院工学研究院 機械工学部門内
E-mail : symp2015@htsj-conf.org
FAX : 092-802-3127

第52回日本伝熱シンポジウム[福岡]

タイムテーブル[第1日: 6月3日(水)]

A室	B室	C室	D室	E室	F室	G室	H室	I室	J室
A11 OS 水素・燃料電池・二次電池1 9:00-10:40	B11 OS 燃焼研究の最前線1 9:00-10:40	C11 OS 熱エネルギー材料・システムのための熱・物質輸送促進1 9:20-10:40	D11 沸騰・凝縮1 9:00-10:40	E11 ヒートパイプ1 9:00-10:40	F11 バイオ伝熱1 9:00-10:40	G11 ふく射1 9:40-10:40	H11 OS ナノスケール伝熱機能発現とその応用への展望1 9:20-10:40	I11 多孔質体の伝熱1 9:00-10:40	J11 OS 非線形熱流体現象と伝熱1 9:00-10:40
A12 OS 水素・燃料電池・二次電池2 10:50-12:10	B12 OS 燃焼研究の最前線2 10:50-12:10	C12 OS 熱エネルギー材料・システムのための熱・物質輸送促進2 10:50-12:10	D12 沸騰・凝縮2 10:50-12:10	E12 ヒートパイプ2 10:50-12:10	F12 バイオ伝熱2 10:50-12:10	G12 ふく射2 10:50-12:10	H12 OS ナノスケール伝熱機能発現とその応用への展望2 10:50-12:10	I12 多孔質体の伝熱2 10:50-12:10	J12 OS 非線形熱流体現象と伝熱2 10:50-12:10
A13 OS 水素・燃料電池・二次電池3 13:40-15:20	B13 OS 燃焼研究の最前線3 14:00-15:20	C13 OS 熱エネルギー材料・システムのための熱・物質輸送促進3 14:00-15:20	D13 沸騰・凝縮3 13:40-15:20	E13 ヒートパイプ3 13:40-15:20	F13 熱物性 13:40-15:20		H13 OS ナノスケール伝熱機能発現とその応用への展望3 14:00-15:20	I13 物質移動 13:40-15:20	J13 OS 非線形熱流体現象と伝熱3 14:00-15:20
A14 日本伝熱学会特定推進研究特別セッション 15:30-18:00	16:30-17:50				優秀プレゼンテーション賞 ポスターセッション (H室)				
	17:50-19:10				産学連携イベント (H室)				

第52回日本伝熱シンポジウム[福岡]

タイムテーブル[第2日: 6月4日(木)]

A室	B室	C室	D室	E室	F室	G室	H室	I室	J室
A21 OS 水素・燃料電池・二次電池4 9:00-10:40	B21 OS 燃焼研究の最前線4 9:00-10:40	C21 OS 熱エネルギー材料・システムのための熱・物質輸送促進4 9:20-10:40	D21 沸騰・凝縮4 9:00-10:40	E21 電子機器の冷却1 9:00-10:40	F21 融解・凝固1 9:00-10:40	G21 計測技術1 9:00-10:40	H21 OS ナノスケール伝熱機能発現とその応用への展望4 9:00-10:40	I21 マイクロ伝熱1 9:20-10:40	J21 自然対流・複合対流1 9:00-10:40
A22 OS 水素・燃料電池・二次電池5 10:50-12:30	B22 OS 燃焼研究の最前線5 10:50-12:10	C22 空調・熱機器1 10:50-12:30	D22 沸騰・凝縮5 10:50-12:10	E22 電子機器の冷却2 10:50-12:30	F22 融解・凝固2 10:50-12:30	G22 計測技術2 10:50-12:10	H22 OS ナノスケール伝熱機能発現とその応用への展望5 10:50-12:10	I22 マイクロ伝熱2 10:50-12:30	J22 自然対流・複合対流2 10:50-12:30
A23 OS 水素・燃料電池・二次電池6 13:30-15:10	B23 OS 燃焼研究の最前線6 13:30-15:10	C23 空調・熱機器2 13:50-15:10	D23 沸騰・凝縮6 13:30-15:10	E23 電子機器の冷却3 13:30-15:10	F23 融解・凝固3 13:30-15:10	G23 強制対流・噴流1 13:30-15:10	H23 分子動力学1 13:30-15:10	I23 マイクロ伝熱3 13:30-15:10	J23 自然対流・複合対流3 13:50-15:10
	15:20-16:10		特別講演 (メインホール)						
	16:20-17:50		総会 (メインホール)						
	18:30-20:30		懇親会 (ホテル日航福岡)						

第52回日本伝熱シンポジウム[福岡]

タイムテーブル[第3日: 6月5日(金)]

A室	B室	C室	D室	E室	F室	G室	H室	I室	J室
A31 OS 水素・燃料電池・二次電池7 9:00-11:00	B31 OS 燃焼研究の最前線7 9:40-10:40	C31 空調・熱機器3 9:00-10:40	D31 自然エネルギー1 9:40-10:40	E31 電子機器の冷却4 9:00-10:40	F31 混相流1 9:20-10:40	G31 強制対流・噴流2 9:00-10:40	H31 分子動力学2 9:00-10:40	I31 マイクロ伝熱4 9:00-10:40	J31 自然対流・複合対流4 9:00-10:40
	B32 反応・燃焼 10:50-12:10		D32 自然エネルギー2 10:50-11:50	E32 電子機器の冷却5 10:50-12:30	F32 混相流2 10:50-12:10	G32 強制対流・噴流3 10:50-12:30		I32 マイクロ伝熱5 10:50-12:10	

第 52 回日本伝熱シンポジウムプログラム（暫定版）

このプログラムは 2 月 26 日現在の暫定版です。修正・変更する場合があります。必ず、最新版を本シンポジウムホームページでご確認ください。著者として登録された方が同一時間帯のセッションで重複しないようにしておりますが、それ以外の個別のご要望には応じられないことをご了承ください。

第 1 日 6 月 3 日（水）

<A 室>

- A11 9:00 - 10:40 OS 水素・燃料電池・二次電池 1
- A111 固体高分子形燃料電池における膜厚方向の水輸送現象
*西崎 柁峻(神戸大院), 澤田 将貴, 村川 英樹, 杉本 勝美, 浅野 等, 竹中 信幸, 齊藤 泰司(京大)
- A112 固体高分子形燃料電池における触媒層作製条件による主要構造変化および電池性能解析
赤堀 涉(北大), 鈴木 研悟, *田部 豊, 近久 武美
- A113 新形式ガス流路構造による固体高分子形燃料電池の発電特性向上
*是澤 亮(横国大), 今井 貴司, 宇高 義郎
- A114 ぬれ性分布を有するガス拡散層と液水排除機構を有するガス流路の組合せによる固体高分子形燃料電池の発電特性向上
是澤 亮(横国大), 今井 貴司, *宇高 義郎
- A115 親水性 MPL を有する固体高分子形燃料電池の発電および生成水分分布特性
*青山 祐介(北大院), 鈴木 研悟(北大), 田部 豊, 近久 武美, 田沼 敏弘(旭硝子)
- A12 10:50 - 12:10 OS 水素・燃料電池・二次電池 2
- A121 高分子電解質膜内におけるクラスター構造がイオン伝導性に与える影響の分子論的解析
*馬淵 拓哉(東北大), 徳増 崇
- A122 分子動力学法による PEFC 電解質膜内酸素分子輸送特性の評価
*加藤 万裕(東工大), 大石 誠人, Henry Asegun (Georgia Tech), Samuel Graham, ドアン ホン ドク, 伏信 一慶(東工大)
- A123 アイオノマ表面の液水輸送抵抗が PEFC の性能に与える影響に関する非定常数値解析
*宮川 聖史(横国大), 峰岸 泰之, 荒木 拓人
- A124 触媒活性が高電流密度時のセル性能に与える影響
*池田 修久(日産自動車), 田淵 雄一郎, 小高 敏和
- A13 13:40 - 15:20 OS 水素・燃料電池・二次電池 3
- A131 カーボンスラリーを用いたダイレクトカーボン燃料電池の発電特性
*渡部 弘達(東工大院), 木村 明宏(東工大), 岡崎 健(東工大院)
- A132 PEFC 微細多孔質層のカーボン担持量が水分輸送及び発電性能に与える影響
*田中 健太郎(京工織大), 奥畑 剛, 西田 耕介

- A133 三相界面におけるナノ・マイクロ構造とマイクロ燃料電池の発電性能
*松永 健汰(九工大院), 金田 雅史, 長山 暁子(九工大), 鶴田 隆治
- A134 マイクロ電極と重量法による触媒層乾燥形成過程のセンシング
*鈴木 崇弘(東京理科大), 小林 雅迪, 田中 宏輝, 早瀬 仁則
- A135 SOFC に向けたランタンドーパセリア水素分離膜に関する研究
*蟹江 優(東工大), Warit Ua-amnueychai, Merika Chanthanumataporn, 花村 克悟
- A14 15:30 - 18:00 日本伝熱学会特定推進研究特別セッション「エネルギー・環境戦略と特定推進研究による伝熱研究の展開」
総司会：宗像 鉄雄(産業技術総合研究所)

<B 室>

- B11 9:00 - 10:40 OS 燃焼研究の最前線 1
- B111 脂肪酸メチルエステル液滴燃焼時の二次微粒化（マイクロ爆発発生に対する添加成分の影響）
*池谷 洋平(Nihon), 鈴木 圭(JX 日鉱日石), 今村 宰(Nihon), 山崎 博司
- B112 1-ブタノール液滴の燃焼速度に及ぼす周囲微速流の影響に関する研究
*片岡 秀文(大阪府立大), SHAN Yao, 瀬川 大資, 中谷 辰爾(東大), 津江 光洋, 角田 敏一(大阪府立大)
- B113 点火限界近傍の二液滴の自発点火における液滴間干渉
*森上 修(九大), 米康 太, 岩本 武尊, 杉原 正興, 橋本 英樹, 村瀬 英一, 野村 浩司(日大)
- B114 負の伸長を受けた予混合火炎の局所燃焼特性
*大上 泰寛(秋田県立大), 恩田 貴浩
- B115 壁面の化学的消炎効果における吸着ラジカル種の影響
*齋木 悠(名工大), 鈴木 雄二(東大)
- B12 10:50 - 12:10 OS 燃焼研究の最前線 2
- B121 Triple flame の非定常挙動とヒステリシス性に関する数値解析（CH₄ および H₂ の場合）
*堰 勇人(名大), 山下 博史, 林 直樹
- B122 Experimental and analytical study of thermo-diffusive effects in spherically propagating H₂/CH₄/air premixed flames
*Ekenechukwu Okafor (九大), 長野 幸秀, 北川 敏明

- B123 層流対向流場に形成される拡散火炎のすす生成特性に及ぼす水蒸気・二酸化炭素の影響
*中塚記章(阪大), 川瀬誠実, 則武卓志, 林潤, 赤松史光
- B124 Wall chemical effect on weak flame in a micro channel with a streamwise temperature gradient
*万遂(東大), 範勇, 丸田薫(東北大), 鈴木雄二(東大)
- B13 14:00 - 15:20 OS 燃焼研究の最前線 3
- B131 等方性乱流場中における固体燃焼の直接数値計算
*丹野賢二(電中研), 渡邊裕章(九大)
- B132 定容容器内における水素・空気乱流予混合火炎の熱伝達特性
*ヤナルダウ バスミル(東工大院), 中吉嗣, 志村祐康, 店橋護
- B133 DNS による超希薄・高 EGR 率メタン・空気予混合気の着火特性の解明
*齋藤尚幸(東工大), ヤナルダウ バスミル (東工大院), 中吉嗣, 志村祐康, 店橋護
- B134 水素・空気乱流平面噴流予混合火炎の Large Eddy Simulation
*平岡克大(東工大院), 志村祐康, 中吉嗣, 店橋護, 宮内敏雄(明治大)
- C124 蒸気生成吸着式ヒートポンプにおける吸着材再生速度向上の検討
*中曾浩一(九大), 江島匠太郎, 小林俊介, 深井潤
- C13 14:00 - 15:20 OS 熱エネルギー材料・システムのための熱・物質輸送促進 3
- C131 糖アルコール系相変化物質のガラス転移現象を応用した潜熱蓄熱法
*能村貴宏(北大), 田淵一希, 朱春宇, 沖中憲之, 秋山友宏
- C132 Effect of thermal conductivity enhancement in a packed bed reactor for chemical heat storage by utilization of an expanded graphite-magnesium hydroxide composite.
*ザメンゴ マッシミリアーノ(東工大), 劉醇一, 森川淳子, 加藤之貴
- C133 酸化カルシウム/水系の化学蓄熱材料の開発
*荻谷潤(東工大), 加藤之貴, 劉醇一
- C134 デシカント調湿システムにおける直交流熱交換器型吸着器の熱・水蒸気移動特性
*窪田光宏(名大), 花岡範子, 松田仁樹, 児玉昭雄(金沢大)
- <D 室>
- D11 9:00 - 10:40 沸騰・凝縮 1
- D111 高圧域における垂直面上の飽和プール沸騰限界熱流束
*坂下弘人(北大)
- D112 ハニカム多孔質体とナノ流体が飽和プール沸騰限界熱流束に与える影響
*柳沢隆太(横国大), 森昌司, スアズラン ビン エムティ アズナム, 奥山邦人
- D113 高発熱素子のプール沸騰冷却に関する研究 (ピラミッド形伝熱面の形状適正化)
*森雄斗(日大院), 松島均(日大)
- D114 リボン発熱体における過渡プール沸騰限界熱流束及び沸騰熱伝達特性について
*Htet Min Han(神戸大), 福田勝哉, 劉秋生
- D115 狭隘流路内サブクール沸騰流の DNB でのボイド率変動と伝熱面構造の影響
*中村友彦(神戸大院), 吉留隼平, 浅野等
- D12 10:50 - 12:10 沸騰・凝縮 2
- D121 擬二次元沸騰現象の解析と熱力学的考察
*小川慶太(京大), 安本悠一, 松本充弘
- D122 非共溶性混合液体のプール沸騰熱伝達
*岩田圭介(九大), 喜多祥太, 新本康久, 大田治彦
- D123 非共溶性混合液体の強制流動沸騰熱伝達
*山本大輔(九大), 山崎優佑, 新本康久, 大田治彦
- D124 特殊コーティングアルミ伝熱面におけるアンモニアのプール沸騰熱伝達
*有馬博史(佐賀大), 緒方大智, 小山幸平, 井上利明(久留米工大)
- <C 室>
- C11 9:20 - 10:40 OS 熱エネルギー材料・システムのための熱・物質輸送促進 1
- C111 吸着冷凍システム (材料冷媒違いによるサイクル検証)
*前多信之介(カルソニックカンセイ), 丸山智弘, 川俣達, 恩田忠義
- C112 吸着剤を用いた折り返し流路型熱交換器の熱・物質移動特性の予測
*宮崎隆彦(九大), 小山繁
- C113 A study on phenol resin based adsorbent/ethanol pairs for cooling application
*Ibrahim El-Sharkawy(Kyushu University), 宮崎隆彦, Bidyut Saha, 小山繁
- C114 カーボンファイバー含有シリカゲル層による吸着速度の促進効果に関する研究
*大坂侑吾(金沢大), 成宮一哉, 辻口拓也, 児玉昭雄
- C12 10:50 - 12:10 OS 熱エネルギー材料・システムのための熱・物質輸送促進 2
- C121 塩化カルシウム/シリカコンポジットの吸収特性
*鈴木洋(神戸大院), 澤尚希, 藤岡恵子(ファンクショナルフルィッド), 日出間るり(神戸大), 菰田悦之(神戸大院)
- C122 疎水性膜を通じた臭化リチウム水溶液の水蒸気吸収特性に関する研究
*Hong Sung Joo(東大), 党超鋌, 飛原英治
- C123 PTFE 添加高密度活性炭の調製とメタノール蒸気吸着特性
*諏訪祐司(金沢大), 河上昇平, 汲田幹夫, 大谷吉生, 辻口拓也

D13 13:40 - 15:20 沸騰・凝縮 3

- D131 サブクール状態における撥水斑点上の単一気泡の挙動におよぼす溶存空気の影響
*山田将之(九大院), 古里健登, SHEN Biao(九大), 日高澄具, 河野正道, 高橋厚史, 高田保之
- D132 高温面上への液滴列衝突時の非定常遷移沸騰過程の計測
*光武雄一(佐賀大), 副島久義, 吉村純平, 椿耕太郎, 門出政則(九大)
- D133 サブクールプール中に射出した蒸気泡の凝縮・崩壊過程
*上野一郎(東京理科大), 小岩裕介(東京理科大院), 安藤洵, 金子敏宏(東京理科大)
- D134 放射温度計による瞬時伝熱面温度分布測定によるプール沸騰熱伝達機構解明に関する研究
*小泉安郎(日本原子力研究開発機構), 高橋和希(信州大院), 上澤伸一郎(日本原子力研究開発機構), 吉田啓之, 高瀬和之
- D135 非経験的沸騰・凝縮モデルに対するサブクール核沸騰中の伝熱面温度評価方法の改良
*小瀬裕男(大和システムエンジニア), 功刀資彰(京大)

<E 室>

E11 9:00 - 10:40 ヒートパイプ 1

- E111 直管型自励振動ヒートパイプの振動モデルによる解析
*廣兼悠磨(横国大院), 池尻諭史, 奥山邦人(横国大)
- E112 GAPS 用大型自励振動ヒートパイプのリザーバが動作性能に及ぼす影響と機能の定量的理解
*岡崎峻(JAXA), 福家英之, 清水憲政(東海大), 増山陽介, 河内明子, 宮崎芳郎(福井工大), 小川博之(JAXA)
- E113 加振機構を用いた自励振動ヒートパイプの熱輸送特性に関する基礎的研究 (蒸気圧力変動の測定)
*三浦正義(東工大), 長崎孝夫(東工大), 伊藤優
- E114 GAPS 用大型ヒートパイプ加熱部の温度均一化に関する研究
井上剛良(東工大), *安部拓洋, 鈴木祐二, 福家英之(JAXA), 岡崎峻
- E115 平板状自励振動型ヒートパイプの熱輸送特性に関する研究
*大西元(金沢大), 濱谷和樹(金沢大院), 多田幸生(金沢大)

E12 10:50 - 12:10 ヒートパイプ 2

- E121 プラスチック平板に形成したベーパーチャンバーに関する研究 (熱輸送特性に関する基礎実験)
*秀山文彦(熊本大), 野々下衆人, 小糸康志, 富村寿夫
- E122 Advantages of Using Vapor Chamber Heat Spreader in Cooling Solution for High Power Processors
*Phan Thanh-Long(Fujikura), Saito Yuji, Mashiko Koichi, Mochizuki Masataka
- E123 熱サイフォン型ヒートパイプの伝熱特性 (傾斜及び形状の影響)

*佐藤京介(日大院), 松島均(日大)

- E124 電気自動車用電池向けの相変化材料を用いた冷却システムの開発
*工藤和宏(芝浦工大), 尾城拓哉, 野中厚佑, 山田達也(芝浦工大), 山田崇芝(芝浦工大), 小野直樹

E13 13:40 - 15:20 ヒートパイプ 3

- E131 ウィック式ヒートパイプの内部における熱流動のPIV観察
*中村仁(芝浦工大), 小野直樹, 山田崇, 星洋輔
- E132 JEST型ループヒートパイプの熱輸送特性(第3報)
*鈴木彩加(熊本大), 佐藤郁(パナソニック エコシステムズ), 小糸康志(熊本大), 富村寿夫
- E133 高速回転ヒートパイプの熱輸送性能に及ぼす回転数の影響
井上剛良(東工大), *松宮宏明, 鈴木祐二, 肥塚洋輔(日産自動車), 中山達臣
- E134 ポアネットワークモデルを用いたループヒートパイプ蒸発器の気液熱流動挙動の解析 (多孔体内気液分布と熱伝達特性)
*西川原理仁(名大), 長野方星
- E135 トップヒート BACH によるボイラー排熱利用融雪システムの検討
渡辺翔太(福井大), 坪田和士, *永井二郎, 池田倫史(共和製作所), 福島研一(JR 東日本)

<F 室>

F11 9:00 - 10:40 バイオ伝熱 1

- F111 高温ストレスに曝された付着培養細胞の挙動と特徴的な形態変化 (デジタルホログラフィー顕微鏡による時系列計測)
*石黒博(九工大), 植村真, 長崎高平, 長尾大輔
- F112 高温ストレスに曝された付着培養細胞の特徴的な形態変化の定量的特性 (デジタルホログラフィー顕微鏡による時系列計測)
石黒博(九工大), *植村真, 長崎高平, 長尾大輔
- F113 不凍タンパク質水溶液の適切な加熱による氷成長抑制の向上
*宮本拓弥(京工繊大), 西真人, 萩原良道
- F114 ギャップ結合を介した細胞内凍結の伝播に関する研究
*福永鷹信(九大), 南島茂枝, 平原豪人, 藏田耕作, 高松洋
- F115 メダカ卵の液体メニスカスを用いた冷凍保存法の検証
*佐野広樹(九工大), 鶴田隆治

F12 10:50 - 12:10 バイオ伝熱 2

- F121 近赤外温度イメージング法を応用した高周波磁場下における微小磁性球の発熱量算定と理論的考察
*山田健太(首都大院), 角田直人(首都大), 藤岡良太(首都大院), 近藤克哉(鳥取大), 有本英伸(産総研), 山田幸生(電通大)
- F122 医療画像に基づくボクセルモデルを用いた鼻腔内熱流体シミュレーション

- *磯部光基(千葉大院), 木村祐介, 木村真也, 世良俊博(九大), 横田秀夫(理研), 小野謙二, 田中学(千葉大)
- F123 着衣人体熱負荷量の予測
*後藤昭治郎(岡山県立大院), 島崎康弘(岡山県立大), 野津滋
- F124 ユッケ用牛肉の加熱滅菌処理法に関する研究
*江崎秀司(鹿児島高専), 山下大三(ケイフーズ), 江口要一(カミチク), 上村昌志
- F13 13:40 - 15:20 熱物性
- F131 温度制御型臼式粉碎装置による木質系セルロースの非晶化条件
*志村良一郎(山形大院), 高橋潤(山形大), 鹿野一郎(山形大院), 香田智則, 西尾太一(山形大), 西岡昭博(山形大院)
- F132 水の三態の比熱 III
*田中修(三木再生エネ研)
- F133 走査型熱顕微鏡の開発(自動シーケンスによる高精度化と熱コンダクタンス計測)
*溝部雅恭(明治大院), 中里拓也, 新倉祥弘, 中別府修(明治大)
- F134 近赤外レーザー誘起表面波法を用いた非ニュートン流体の流動特性評価への応用
*滝口広樹(慶応大院), 長坂雄次(慶応大)
- F135 熱駆動型 MEMS ミラーを用いた低電圧マイクロ拡散センサーの開発(FEM 解析に基づくミラーデザインの検討)
*木内祐樹(慶応大), 田口良広, 長坂雄次
- SP1 15:30 - 16:20 優秀プレゼンテーション賞ショートプレゼンテーション - バイオ・熱機器 -
- SP101 経皮的椎体形成術における骨セメント重合時の熱伝導解析
*古野篤史(九大), 松下純平, 藏田耕作, 藤野淳市(福岡大), 福永鷹信(九大), 高松洋
- SP102 海藻の成長に及ぼす流れ速度の影響
*川篤達也(琉球大), 瀬名波出
- SP103 パルスレーザー粘度計を用いた血液凝固過程センシングに関する研究(血液抗凝固剤が血液粘性率に及ぼす影響)
*大屋温輝(慶応大院), 宮本駿(慶応大), 長坂雄次(慶応大)
- SP104 高精度温度プローブによる皮膚がんの早期発見手法の検討
*岡部孝裕(東北大), 岡島淳之介, 小宮敦樹, 円山重直
- SP105 ヒトの皮膚の光学特性を有する擬似皮膚
*サラスック ガンタワン(芝浦工大), 河野貴裕, 中村嘉恵, 山田純
- SP106 分割スタックによる熱音響システムの高効率化に向けた検討
*加藤文乃(同志社大), 坂本眞一(滋賀県立大), 渡辺好章(同志社大)
- SP107 湿度操作空気清浄法における加湿と SPM 除去性能に関する研究
*芳賀俊行(明治大院), 長坂圭輔, 中別府修(明治大)
- SP108 液中プラズマ水蒸気改質法による水素製造
- 野村信福(愛媛大), *川向浩司, 向笠忍, 豊田洋通
- SP109 ホットプレス法による高熱伝導性相変化複合材の開発
*田淵一希(北大), 能村貴宏, 朱春宇, 秋山友宏
- SP110 太陽光で駆動する熱音響原動機の開発(第2報: ふく射と流体抵抗を考慮したスタックの選定)
*松本航平(明治大院), 小林健一(明治大)
- SP111 多成分溶媒の乾燥プロセスにおけるマイクロ粒子の堆積パターン
*山口裕吾(東大), 長谷川洋介
- SP112 Self-rewetting 溶液を用いた自励振動型ヒートパイプの熱輸送特性(伝熱面近傍の流動沸騰挙動)
*山上廣城(弘前大), 麓耕二, 川南剛(神戸大), 稲村隆夫(弘前大)
- SP113 超高出力 LED 型投光器用ヒートスプレッダーに関する実験的研究
*橋本哲太(北九州市立大), 山神成正, 井上浩一
- <G 室>
- G11 9:40 - 10:40 ふく射 1
- G111 植物工場において照明の熱および光エネルギーが収穫量に及ぼす影響
*森内浩史(精研), 上田 保司, 吉田篤正(大阪府立大), 木下進一
- G112 ピラーアレイ構造による回折限界波長近赤外光の透過増強
*藤田一慧(東工大院), 平島大輔(東工大), 花村克悟
- G113 近接場遷移領域における金属面間ふく射輸送の実験的検証
*釣巻瑤一郎(東北大院), 小針達也, 岡島淳之介(東北大), 小宮敦樹, 円山重直
- G12 10:50 - 12:10 ふく射 2
- G121 放射体近傍における熱ふく射近接場成分分布の計測金コーティング自己組織化微粒子配列構造体による波長選択的熱ふく射特性制御
*柏木誠(九工大), 鄭卓亜, 矢吹智英, 宮崎康次
- G122 表面微細構造による放射波長制御に及ぼす形状の効果
*戸谷剛(北大), 色川俊雄, 脇田督司, 永田晴紀
- G123 二酸化バナジウム薄膜を用いた熱放射の整流
*伊藤晃太(豊田中研), 西川和孝, 飯塚英男, 年吉洋(東大)
- G124 メタサーフェスによる熱ふく射制御
山田真(新潟大院), 富樫駿輔, *櫻井篤(新潟大)
- SP2 15:30 - 16:20 優秀プレゼンテーション賞ショートプレゼンテーション - マイクロ・計測 -
- SP201 時間領域サーモリフレクタンス法を用いた固液界面の熱輸送評価
*小宅教文(東大院), 坂田昌則, 谷田進, 塩見淳一郎
- SP202 レーザーアブレーションによる MgSnO 薄膜の合成とフォトクロミズムの発現
*松井聡記(広島大), 井上修平, 松村幸彦

- SP203 温度勾配によるマイクロ液滴操作の3次元数値シミュレーション
*数野信夫(東京理科大), 塚原隆裕, 元祐昌廣
- SP204 ポリマー発泡溶液を用いた中空マイクロカプセルの製造
*櫻井大地(東大), モリノ ジェイ, 大宮司啓文, 竹村文男(産総研)
- SP205 多孔質内部におけるディーゼル微粒子捕集のコマ落としSEM像可視化
*讀井涼子(東工大), 花村克悟
- SP206 蛍光偏光法を用いたマイクロ流路内の流体温度計測
*鈴木淳史(京大院), HSU CHI HSUAN, 巽和也(京大), 中部主敬
- SP207 超音波シフト法を用いた気体流量計におけるシフト量測定方法に関する比較検討
*蔵本圭(東工大), 川口達也, 佐藤勲, 齊藤卓志
- SP208 蛍光異方性を用いた流体温度場イメージング法の開発
*相田拓也(東京理科大), 亀谷雄樹(東京理科大), 元祐昌廣
- SP209 各種燐光体の温度および酸素濃度変化に対する発光特性
*長井晴子(慶応大院), 荻真太郎(慶應大), 横森剛
- SP210 バックグラウンドノイズ除去を考慮したCARSによる電解質溶液中イオン濃度非侵襲計測
*皆見貴幸(慶応大院), 野口健之, 栗山怜子, 山本憲(慶応大), 佐藤洋平
- SP211 液液流動界面におけるイオン拡散に伴う電位形成の解明に向けたナノ・カラーイメージング
*渡邊菖平(慶応大院), 佐藤悠, 佐藤洋平(慶応大), 菱田公一
- SP212 マイクロ波照射下における液体サンプルの加熱挙動に関する研究
*鷺見卓也(上智大), 堀越智
- SP213 水-アルコール混合系の固液間速度すべりに関する分子動力学解析
*中岡聡(阪大), 山口康隆, 香川勝(大日本印刷), 中島但, 藤村秀夫
- SP214 近赤外域の多波長を利用した酸・アルカリ中和反応の可視化
*川嶋大介(首都大), 角田直人, 有本英伸(産総研), 近藤克哉(鳥取大), 山田幸生(電通大)
- SP215 新たな干渉励起方法を用いた高感度光MEMS拡散センサーの開発
*深田一路(慶応大院), 田口良広(慶応大), 長坂雄次
- H113 熱伝導制御に向けたフォノンのコヒーレンス長の評価
*志賀拓磨(東大院), 塩見淳一郎(東大)
- H114 分子動力学によるナノ焼結体の熱伝導率評価
*高岸洋一(コベルコ科研), 古賀健治, 金築俊介, 松原智行
- H12 10:50 - 12:10 OS ナノスケール伝熱機能発現とその応用への展望 2
- H121 極薄液膜破裂のエネルギ散逸過程
*高野晋(東京理科大), 金子敏宏, 上野一郎
- H122 ミクロおよびマクロスケールの界面モデル (第2報: ミクロスコピックな応力について)
*山口康隆(阪大), 新垣英亮
- H123 ナノスケール気泡の崩壊過程の分子動力学解析
*津田伸一(九大), 兵頭弘真, 片山千春(九大), 渡邊聡(九大)
- H124 自己拡散係数の計算系形状効果に関する流体力学的考察
*菊川豪太(東北大), 鈴木城, 成毛陽一(東北大), 中野雄大(東京エレクトロン), 小原拓(東北大)
- H13 14:00 - 15:20 OS ナノスケール伝熱機能発現とその応用への展望 3
- H131 シリンダー型細孔をもつメソポーラスシリカの水の吸脱着動特性
*黄峻浩(東大), 坂本数貴, 山下恭平, 片岡祥(産総研), 遠藤明, 大宮司啓文(東大)
- H132 シリンダー型細孔をもつメソポーラスシリカの内部および周囲におけるエリスリトールの結晶化と融解の挙動
*中野晃太(東大), 大宮司啓文
- H133 親水性ナノ細孔薄膜に吸着した水の毛管蒸発過程の分子シミュレーション
*山下恭平(東大), 大宮司啓文
- H134 燃料電池内部の物質輸送現象の分子論的解析
*徳増崇(東北大)
- <I室>
- I11 9:00 - 10:40 多孔質体の伝熱 1
- I111 高熱伝導ポーラス体を用いたガス衝突噴流冷却
*川本誠(山口東京理科大), 結城和久, 鈴木康一
- I112 銅粒子ポーラス体を用いた高熱流束除去デバイスの検討
*高井貴生(山口東京理科大), 結城和久, 鈴木康一
- I113 粒状保水性材料の水分蒸発挙動に及ぼす空隙構造の影響
*木下進一(大阪府立大), 吉田篤正, 安井頼一
- I114 吸着式酸素濃縮器用ゼオライト充填層内の酸素・窒素濃度および温度分布の解析
*小川邦康(慶応大)
- I115 膨潤性粒子層の凍結による凍上圧の発生機構
*青木和夫(長岡技科大), 奥井信行(長岡技科大), *増田健太, 大関拓郎
- <H室>
- H11 9:20 - 10:40 OS ナノスケール伝熱機能発現とその応用への展望 1
- H111 実用環境を念頭においたTIMの研究
*塩見淳一郎(東大), 大堀真直, 谷田進, 二田智史, 坂田正則, 三浦飛鳥, 小宅教文
- H112 Si マルチスケール構造による熱伝導制御
*野村政宏(東大), Jeremie Maire, 中川純貴, 堀琢磨, 塩見淳一郎, Dominik Moser(フライブルク大), Oliver Paul

- 112 10:50 - 12:10 多孔質体の伝熱 2
- I121 点集光ソーラーレーザ評価システムの開発
*松原幸治(新潟大), 中倉満帆, 吉田一雄(エネルギー総合工学研究所), Hyun Seok Cho(新潟大), 児玉竜也, 郷右近展之
- I122 平行平板型ナノ細孔に閉じ込められた分子の融点変化メカニズムの研究
*金子敏宏(東京理科大)
- I123 ナノ流体に満たされた発泡金属内の対流伝熱促進
*張文浩(静岡大), 中山顕
- I124 エンタルピー流計測による振動流場の熱交換の観測
*琵琶哲志(東北大), 兵頭弘晃, 河村憲一
- 113 13:40 - 15:20 物質移動
- I131 微細流路を用いたソーレ効果ガス分離器の性能改善
*日暮智博(芝浦工大), 吉川雄也(芝浦工大), 渡邊辰矢(茨城大), 松本壮平(産総研), 小野直樹(芝浦工大)
- I132 気液界面におけるメタンハイドレートの生成および解離の濃度場計測
*神田雄貴(東北大), 江目宏樹, 岡島淳之介, 小宮敦樹, 塚田隆夫, 円山重直(東北大/CREST)
- I133 大規模ネットワーク構造による流体成分分離デバイスの性能向上の検討
*松本壮平(産総研), 渡邊辰矢(茨城大), 日暮智博(芝浦工大), 吉川雄也, 小野直樹
- I134 電気透析による脱塩のイオンの輸送モデル
*酒井文香(IDT), 佐野吉彦(岡山大), 田渡賢史(静岡大), 中山顕
- I135 揮発性液滴の温度分布および蒸発速度に及ぼす周囲水蒸気の影響
*喜多由拓(九大), 深谷侑輝, Daniel Orejon(九大), 河野正道, 高田保之, Khellil SEFIANE(エディンバラ大), Jungho KIM(メリーランド大)
- SP3 15:30 - 16:20 優秀プレゼンテーション賞
ショートプレゼンテーション ー相変化ー
- SP301 静電圧力効果と接触角変化による沸騰熱伝達の促進
*岡本直樹(山形大), 佐藤貴仁, 鹿野一郎
- SP302 気泡微細化沸騰に及ぼす伝熱面濡れ性の影響
*刀塚淳(京大院), 加藤真裕, 伊藤大介(京大), 齊藤泰司
- SP303 底面形状の異なる銀垂直円柱周りのサブクール膜沸騰冷却における固液接触様相の観察
*九村真生(長崎大), 桃木悟, 戸高大地, 江川晃一, 森高秀四郎, 近藤智恵子
- SP304 ハニカム多孔体を用いた飽和プール沸騰限界熱流束向上に与える毛管力による液供給効果
*丸岡成(横国大), 森昌司, 奥山邦人
- SP305 気泡微細化沸騰の冷却技術への応用
*古性恭(山口東京理科大), 結城和久, 鈴木康一
- SP306 ハイスピードマイクロスコープによる水中の沸騰面の温度測定
上村光宏(東大), 岩下義之(アイデック企画), *上村龍永(北里大)
- SP307 MEMS 技術を用いた沸騰熱伝達の機構とその促進
*小田奎(工学院大院), 井上将志(工学院大), 大竹浩靖, 長谷川浩司
- SP308 シリコン表面におけるサブミクロンスケールの水滴成長の解析
*本多拓哉(東大), 藤本研也, 茂木克雄(東工大), 杵淵郁也(東大), 杉井康彦, 高木周
- SP309 静磁場重畳電磁浮遊技術による溶融 CuCo 合金の相分離構造に及ぼす融体内対流の影響の検討
*多奈田紘希(東北大), 北原翼, 杉岡健一(富山県立大), 久保正樹(東北大), 塚田隆夫, 打越雅仁, 福山博之
- SP310 水中に静置された非水溶性物質の融解現象と伝熱特性
*曾田剛(神戸大), 平井良太, 川南剛, 麓耕二(弘前大), 白井克明(神戸大), 平澤茂樹
- SP311 ナノ粒子を添加した作動媒体の諸特性
*橋本竜瑠(日大), 桃井康成, 長谷川幸司, 齋藤亮輔(シヨーワ), 井上行雄, 田中三郎(日大), 佐々木直栄
- SP312 微細管内気液二相流の液膜厚さと圧力損失及び表面状態に関する研究
*吉永祐貴(東大院), 党亜固(東大), 党超鋳, 飛原英治
- <J室>
- J11 9:00 - 10:40 OS 非線形熱流体现象と伝熱 1
- J111 発熱反応中に生じるレーリーテラー不安定性およびフィンガー型対流に関する研究
*田之上健一郎(山口大), 岩元祐健, 松本康平, 西村龍夫
- J112 回転球殻内における非圧縮性流体の熱対流解析
*大塚慶彦(首都大), 柴田佑樹, 田川俊夫
- J113 環状液層の曲率が 3 次元表面張力対流発生条件に及ぼす影響
*今石宣之(九大), Mikhail Ermakov(Inst. Prob. Mechanics, RAS), 石万元(重慶大)
- J114 振動する立方体内熱対流の固有直交分解
*延原正起(同志社大), 立元恵祐, 谷川博哉(舞鶴高専), 平田勝哉(同志社大)
- J115 感温性ハイドロゲルを用いた熱対流実験
*熊谷一郎(明星大), 栗田敬(東大)
- J12 10:50 - 12:10 OS 非線形熱流体现象と伝熱 2
- J121 ガスタービン燃焼不安定の非線形ダイナミクスに及ぼす酸素濃度の影響
*木下聡(立命館大院), 上中佑馬, 林健太, 後藤田浩(立命館大)
- J122 ガスタービンモデル燃焼器で発生する燃焼振動と吹き消えの非線形ダイナミクス
*下野良太(立命館大院), 道免昌平, 後藤田浩(立命館大)
- J123 固体表面の構造および電荷による動的濡れ制御
*二田智史(東大), 汪家瑜, Minh DO-QUANG (KTH), 陳昱中(東大), 鈴木雄二, Gustav AMBERG (KTH), 塩見淳一郎(東大)

- J124 水平面内の循環流による流れ場の反転と長周期変動
*柳澤孝寿(海洋機構), 浜野洋三, 櫻庭中(東大), 田坂裕司(北大)
- J13 14:00 - 15:20 OS 非線形熱流体現象と伝熱 3
- J131 液柱マランゴニ対流における表面での熱授受が流動に与える影響の数値解析
*森康太(筑波大院), 松本聡(JAXA), 上野一郎(東京理科大), 金川哲也(筑波大), 金子暁子, 阿部豊
- J132 フルゾーン液柱内温度差マランゴニ対流における周囲気体の影響
*工藤正樹(産業技術高専), 秋山祐樹, 武井将吾, 茂木孝介(東京理科大), 上野一郎
- J133 高温度差における液柱内粒子集合現象の発現条件と形成過程
*外山亜郎(東京理科大), 後藤田将和, 金子敏弘(東京理科大), 上野一郎
- J134 水平磁場内に置かれた液体金属層の振動対流開始条件について
*藤田広大(北大), 田坂裕司, エッカート スベン(ヘルムホルツセンター), 山口勝大(北大), 柳澤孝寿(海洋機構)
- SP4 15:30 - 16:20 優秀プレゼンテーション賞 ショートプレゼンテーション - 反応・熱流動・電池 -
- SP401 揮発分放出過程が微粉炭粒子表面への酸化剤の物質移動に及ぼす影響の数値解析的検討 - 雰囲気温度の影響 -
*赤尾津翔大(東北大), 谷本惇一, 相馬達哉, 齋藤泰洋, 松下洋介, 青木秀之, 村尾明紀(JFE スチール)
- SP402 複雑ネットワーク理論を用いたガスタービン燃焼不安定の事前検知と回避
*衣川輝(立命館大), 奥野佑太(立命館大院), 道免昌平, 後藤田浩(立命館大)
- SP403 化学平衡論に基づく液中プラズマ還元プロセスの解析
向笠忍(愛媛大), *土井信行, 豊田洋通, 野村信福
- SP404 超高温ガス炉の炉心燃料要素体における伝熱と流動の数値シミュレーション
*王麗(神戸大), 劉秋生, 福田勝哉
- SP405 ヘテロ特性を持つ多孔体界面乱流の PIV 計測による乱流統計量の議論
*中村清太郎(大阪府立大), 許雄大, 金田昌之, 須賀一彦
- SP406 正方形管内ナノ流体強制対流熱伝達の実験的研究
*杉野陽亮(静岡大), 内藤翔太, 中山頭
- SP407 円管オリフィス下流における熱伝達構造の挙動
*椎原尚輝(防衛大), 中村元, 山田俊輔
- SP408 磁性流体乱流における強制対流熱伝達の磁場による抑制とその回復
*武田孝介(静岡大院), 本澤政明(静岡大), 川口靖夫(東京理科大), 澤田達男(慶応大), 福田充宏, (静岡大)
- SP409 じゃばら管群の強制対流熱伝達特性

- *西木智哉(関西大院), 松本亮介(関西大), 若林努(大阪ガス), 白神洋輔
- SP410 大気安定度を考慮した都市気象場の数値シミュレーション
*岩井仁志(静岡大院), 桑原不二朗(静岡大)
- SP411 二台カメラを有する DHPTV 法による水中におけるペブル充填された円管内流れの三次元可視化
*國安政孝(東京理科大), 青柳湧介, 海野徳幸, 佐竹信一, 関洋治(日本原子力研究開発機構), 榎枝幹男
- SP412 断面可視化セルを用いた PEFC 蛇行流路内の液水挙動と電池性能の相関性評価
*河野佑大(京工織大), 儀俄亮, 西田耕介, 佐藤正洋(KRI), 北島さつき
- SP413 3D 全固体電池の反応物質輸送解析と最適構造設計に関する検討
*伊藤郁哉(京大), 安東恵, 井上元(京大/JST さきがけ), 河瀬元明(京大)
- SP414 PEFC の氷点下起動特性に及ぼす触媒層内カーボンブリッジ構造影響
*西川浩至(北大), 鈴木研悟, 田部豊, 近久武美

第2日 6月4日(木)

<A室>

- A21 9:00 - 10:40 OS 水素・燃料電池・二次電池 4
- A211 圧力や水流量の適正化による高温 PEM 水電解の濃度過電圧の抑制
*李權(九大), 稲田顕子, 藤ヶ谷剛彦, 伊藤衡平
- A212 高温発電条件における PEFC 単セル内熱・物質移動現象の解明
*西村頭(三重大院), 馬場雅, 長田康太郎, Mahadi Hakimi(三重大), 廣田真史(三重大院)
- A213 高圧水電解セルからのガスリークに影響を及ぼす物理因子の評価
*樋谷勇太(九大), 坂口拓也, 伊藤衡平
- A214 PEFC 触媒層内における酸素濃度依存の分極現象解析
*伊藤俊(東工大), 加藤万裕, 伏信一慶
- A215 PEFC 触媒層内における酸素濃度依存の分極現象解析
*伊藤陽(早稲田大院), 松岡建人(早稲田大), 中垣隆雄, 勝田正文
- A22 10:50 - 12:30 OS 水素・燃料電池・二次電池 5
- A221 水系電解質物質移動現象の MRI 計測
千葉弘樹(東工大), 入口紀男, *平井秀一郎
- A222 PEFC 実触媒層内水分分布の軟 X 線可視化解析
*笹部崇(東工大), 盛山浩司(本田技術研究所), 吉田弘道, 饒庭竹(東工大), 植村豪, 平井秀一郎
- A223 SO₂ 混入 PEFC における発電・液水分分布の軟 X 線イメージング
*饒庭竹(東工大), 山口貴大, 笹部崇, 植村豪, 平井秀一郎

- A224 液水分布の X 線 CT 可視化および薄膜熱電対を用いた触媒層表面温度の in situ 同時測定
*辻川順(横国大院), 渡邊健太郎, 荒木拓人(横国大院/JST さきがけ)
- A225 PEFC アイオノマーの構造が酸素溶解性に与える影響についての分子動力学解析
*栗原祐也(東北大院), 馬淵拓哉, 徳増崇(東北大)
- A23 13:30 - 15:10 OS 水素・燃料電池・二次電池 6
- A231 バイオ電池酵素固定化電極における多孔質カーボン層が発電特性に及ぼす効果
*中村拓也(京工織大), 藤田健介, 宮原宏美, 坂本一希, 西田耕介
- A232 バナジウムレドックスフロー電池の電極特性とセル性能評価
*津島将司(阪大), 近藤史也(東工大), 平井秀一郎
- A233 レドックスフロー電池の活物質輸送が電流密度分布に及ぼす影響解析
*内山真理(北大院), 嶋田遼, 鈴木研悟(北大), 田部豊, 近久武美
- A234 高出力リチウムイオン電池の動的構造変形と電池特性の相関評価
*井上元(京大)
- A235 軟 X 線顕微鏡技術によるリチウムイオン電池の in-situ 可視化
*植村豪(東工大), 笹部崇, 田淵雄一郎(日産自動車), 宮窪博史(オートモーティブエナジーサプライ), 栗原淳子, 饒庭竹(東工大), 平井秀一郎
- <B 室>
- B21 9:00 - 10:40 OS 燃焼研究の最前線 4
- B211 ポリイミド基板を用いた可撓性を有するワイヤレス温度センサの開発
*李敏赫(東大), 森本賢一, 鈴木雄二
- B212 X 線ラジオグラフィによる木材内部の非定常熱分解挙動計測
*大徳忠史(秋田県立大), 大上泰寛, 押部聖也, 鶴田俊
- B213 自動車用三元触媒の白金族元素上での NO_x、CO 触媒反応の解析 (第二報)
*石本尚基(広島大), 下栗大右, 王艶雷, 村上浩(マツダ), 松本有平, 竹林広行
- B214 ガソリンエンジン気筒内の残留ガス割合推定法を用いた燃焼変動の改善
*一柳満久(上智大), 鈴木隆
- B215 マイクロ波外部印加が対向流拡散火炎の燃焼特性に及ぼす影響
*今村幸(日大), 小泉賢人, 福見侑也, 秋濱一弘, 山崎博司
- B22 10:50 - 12:10 OS 燃焼研究の最前線 5
- B221 重力の減少に伴う電線試料の消炎限界変化に対する被覆材料影響: 通常重力下と微小重力下の間で生じる消炎限界酸素濃度の差に対する考察
*水谷拳(北大), 宮本恭輔, 藤田修
- B222 狭い空間内における可燃性固体の燃え広がり挙動と対流場
*高橋智浩(秋田県立大), 大徳忠史, 鶴田俊
- B223 温度分布制御型マイクロフローリアクタを用いた簡略化反応機構の構築
*大西正悟(東北大), 手塚卓也, 中村寿, 丸田薫
- B224 Sooting tendencies of propane and n-butane in a micro flow reactor with a controlled temperature profile
*Ajit DUBEY(東北大), 手塚卓也, 長谷川進, 中村寿, 丸田薫
- B23 13:30 - 15:10 OS 燃焼研究の最前線 6
- B231 円筒形状の燃焼室を有する旋回流燃焼器におけるアンモニア/空気予混合火炎の燃焼特性に関する研究
*荒川善行(東北大), 三本連太郎, 早川晃弘, 工藤琢, 小林秀昭
- B232 内部急速混合型油水噴霧ノズルの噴霧特性がバイオマスバーナー燃焼の排気に及ぼす影響
*芳村伸一郎(徳島大), 小野田勝希, 浅雄大輔, Aizam Shahroni Mohd Arshad, 名田讓, 木戸口善行
- B233 フレームレットモデルによる石炭ガス化ガス火炎内 NO_x 生成予測
*渡邊裕章(九大), 河井辰彦(東芝), Ahn Seongyool (電中研)
- B234 渦流燃焼器による小型発電システムの開発
*下栗大右(広島大), 松本亮介(関西大), 石塚悟(広島大)
- B235 ディーゼル機関排出ガス加熱用再生加熱蒸発方式小型軽油バーナーの開発
*齋藤郁(日大), 野村浩司, 津曲一郎(日野自動車)
- <C 室>
- C21 9:20 - 10:40 OS 熱エネルギー材料・システムのための熱・物質輸送促進 4
- C211 SrCl₂ アンミン錯体形成時の熱・物質移動速度
*桑田和輝(名大), 小林敬幸, 布施卓哉(デンソー)
- C212 傾斜した加熱円管内に生じる自然対流熱伝達の数値解析
*鳥山孝司(山梨大), 鈴木亘
- C213 多孔質金属フィンの圧力損失特性
*近藤義広(日立), 越田博之(日立化成)
- C214 循環流型自励振動ヒートパイプの研究
*宮崎芳郎(福井工大), 小川博之(JAXA), 岩田直子
- C22 10:50 - 12:30 空調・熱機器 1
- C221 湿式空気清浄機による大気中の放射性物質濃度低減に関する研究
*矢嵩健史(東京電力), 土井雄太(オルガノ), 藤田雅司, 山中弘次, 中別府修(明治大)
- C222 微小粒子状物質の粒径分布がミスト発生現象に及ぼす影響
*杉山純也(山形大), 安原薫
- C223 流下液膜式蒸発器の伝熱性能に及ぼす冷媒散布方法の影響

- 渡邊真司(日大), 渡邊拓夢, 佐藤弘樹, *田中三郎, 佐々木直栄
- C224 超薄型扁平多孔管の蒸発熱伝達率に関する実験的研究
新山周史(東大院), *李霽陽, 党超鋌(東大), 飛原英治
- C225 多分岐管における冷媒気液二相分配に関する研究
*野田尚希(三重大), 野本秀隆(デンソー), 中尾祐樹(三重大), 廣田真史
- C23 13:50 - 15:10 空調・熱機器 2
- C231 エアコンの冷房 COP に及ぼす室外条件の影響(第1報: 室外温度および湿度の影響)
*藤澤悠(日大院), 井上行雄(ショーワ), 田中三郎(日大), 佐々木直栄
- C232 階層構造型磁気再器を有する磁気ヒートポンプの特性予測
*川南剛(神戸大), 麻生将弘, 平野繁樹(道総研), 戸羽篤也, 白井克明(神戸大), 平澤茂樹
- C233 四流体からなる熱交換器の特性に及ぼす伝熱面数の影響
青木和夫(長岡技科大), *大平翼(長岡技科大), 石川信幸(仙台大)
- C234 スプリッタープレートを有する極低温冷却円管の着霜環境下における伝熱特性
*吉村祐亮(静岡大), 吹場活佳(静岡大院)

<D室>

- D21 9:00 - 10:40 沸騰・凝縮 4
- D211 冷媒 R32 の水平溝付細管内蒸発に関する実験的研究
*地下大輔(東京海洋大), 佐川賢太郎, 井上順広, 羽場恒夫(コベルコマテリアル銅管)
- D212 R1234ze(Z)のチタン製伝熱管上におけるプール沸騰熱伝達特性
*手嶋健一郎(九大), 永田龍一, 仁位矩子, 近藤智恵子(長崎大), 小山繁(九大)
- D213 プレート式熱交換器における局所蒸発・凝縮熱伝達特性
*仮屋圭史(佐賀大), 河添章寿(佐賀大院), Mohammad MAHMUD, 宮良明男(佐賀大)
- D214 プレート式熱交換器における蒸発/凝縮過程の可視化に関する研究
*池上康之(佐賀大), 川畑佑介, 森崎敬史, Sami Mutair, 中村真嘉
- D215 並流型および向流型プレート式熱交換器の流動沸騰特性の比較
小山幸平(佐賀大), *中村友哉, 有馬博史
- D22 10:50 - 12:10 沸騰・凝縮 5
- D221 バイナリー発電システムの作動条件に対応した HFC245fa の沸騰熱伝達実験
*大久保正基(兵庫県立大), 上村涼太, 河南治, 佐々木斉人(日阪製作所), 楠健司
- D222 宇宙輸送用推進システムの要素試験のための高温高圧燃料供給装置の開発

- *副島光洋(東北大院), 野島清志, 久保徳嗣, 石崎慎, 富岡定毅(JAXA), 櫻中登
- D223 レシプロ型膨張機内の気液断熱二相膨張における断熱効率に関する研究
*菅野普(鉄道総研), 鹿園直毅(東大)
- D224 微小矩形断面多穴蒸発管内における R1234yf潤滑油の流動沸騰に対する油の影響
*斎藤静雄(東大), 党超鋌, 飛原英治
- D23 13:30 - 15:10 沸騰・凝縮 6
- D231 気泡の合体過程における気泡間液膜の破断時厚さ特性
*諸隈崇幸(横国大), 宇高義郎
- D232 マイクロ管内非定常スラグ流の液膜厚さに関する数値解析
*村松憲志郎(デンソー/東大), 尹永直(東大), 韓榮培(弘益大), 長谷川洋介(東大), 鹿園直毅
- D233 減速する細管内スラグ流の液膜厚さに関する研究
*尹永直(東大), 村松憲志郎, 韓榮培(弘益大), 鹿園直毅(東大)
- D234 濡れ性勾配を有するマイクロ複合伝熱面における凝縮熱伝達率の測定
徳永敦士(宇部高専), *平野貴憲(九工大), 長山暁子, 鶴田隆治
- D235 凝縮熱伝達に及ぼす MEMS 加工面(微細加工面)の影響
*矢部朋裕(工学院大院), 御子柴友貴(工学院大), 大竹浩靖, 長谷川浩司

<E室>

- E21 9:00 - 10:40 電子機器の冷却 1
- E211 非軸対称エンクロージャ内の積層回転ディスクによる複雑せん断流れの解明
*白井克明(神戸大), 多田遼, 石村尚平, 川南剛, 平澤茂樹
- E212 簡易解析モデルによる放熱シートの性能評価
山口義幸(兵庫県立大院), *俵充史
- E213 傾斜ループ管式ヒートパイプ利用大容量ヒートシンクの開発
*山蔭久明(山蔭技術士事務所), 大串哲朗(広島国際大), 竹市剛志(悠高)
- E214 酸化膜制御による濡れ性促進と熱輸送機器への応用
*結城和久(山口東京理科大), 福島克樹, 鈴木康一, 竹村明洋(津山高専)
- E215 細管内固液混相流を利用した電子機器冷却の基礎研究
*入山卓(富山県立大), 中川慎二, 畠山友行
- E22 10:50 - 12:30 電子機器の冷却 2
- E221 ハイパワー系車載用素子用ヒートパイプの開発: 車載用大径ヒートパイプの開発
*土手郁裕(古河電工), 平澤壮史, 池田匡視
- E222 モバイル機器向けマイクロループヒートパイプの熱輸送特性
*塩賀健司(富士通研究所), 水野義博, 阿部知行

- E223 二相式自然循環型 CPU 冷却システムの性能評価-伝熱面形状および作動流体の影響-
*林田瑞樹(九大), 呂智原, 小山繁
- E224 相変化を利用した溝型熱輸送デバイスの内部流動と熱輸送性能
*安孫子和沙(東京農工大), 村田章, 齋藤博史, 岩本薫
- E225 ポンプ駆動による二相流サーモサイホン
*松田将宗(フジクラ), 望月正孝, 齋藤祐士, 益子耕一, Thang Nguyen
- E23 13:30 - 15:10 電子機器の冷却 3
- E231 非対称縮小拡大ノズルを有するマイクロチャンネル内超音速流を用いた高熱流束ヒートシンクの冷却性能の検討
*高橋佑弥(東北大), 岡島淳之介, 伊賀由佳, 小宮敦樹, 円山重直
- E232 微小発熱体に対する高圧噴流空冷の研究
*田中誉大(日大院), 松島均(日大)
- E233 矩形狭流路内部におけるふく射を考慮した伝熱特性
*小澤樹太郎(明治大院), 小林健一(明治大)
- E234 波長選択性熱放射による樹脂パッケージされた電子デバイス冷却技術
*津田慎一郎(東北大), 清水信, 井口史匡, 湯上浩雄
- E235 感温磁性流体を用いた中低温熱輸送用小型デバイスに関する研究
*小川将平(弘前大), 麓耕二, 川南 剛(神戸大), 片岡秀文(大阪府立大), 稲村隆夫(弘前大)
- <F 室>
- F21 9:00 - 10:40 融解・凝固 1
- F211 IPF の変動がアイススラリーの流動挙動に及ぼす影響
*田島淳(信州大), 浅岡龍徳, 熊野寛之(青山学院大)
- F212 水平円管内を流れるアイススラリーの凝固挙動
*水井温子(青山学院大院), 東直矢, 熊野寛之(青山学院大)
- F213 アイススラリーの流動特性におよぼす初期水溶液濃度の影響
*牧野裕樹(青山学院大院), 山名田勇志, 富樫憲一(青山学院大), 熊野寛之
- F214 水酸基の数が冷却固体面への氷の付着力に及ぼす影響の検討
*椿大輔(中央大院), 松本浩二(中央大), 南谷和行(中央大院), 古館優太
- F215 金属箔ベルト製氷システムによる凍結濃縮と生成される板状氷の結晶状態
*田村亮(金沢大院), 寺岡善和(金沢大), 土田稜(金沢大院)
- F22 10:50 - 12:30 融解・凝固 2
- F221 潜熱蓄熱技術を用いた色素増感太陽電池の温度制御
*春木直人(岡山大), 堀部明彦, 佐野吉彦, 田口友章
- F222 Effect of perforated lattice for direct contact heat storage with mixed sensible-heat heat-storage material
*Akihiko HORIBE(岡山大), Naoto HARUKI, Yoshihiko SANO, Than Tun NAING, Yoshitaka TAKASE
- F223 ステンレス鋼と炭化ホウ素との共晶熔融自然対流の観察と三次元ラマン分光分析
*古谷正裕(電中研), 師岡慎一(早稲田大)
- F224 可視化手法を用いた酢酸ナトリウム三水和物の結晶成長仮定に関する研究
大内康記(産総研), 宗像鉄雄, *染矢聡
- F225 セミクラスレートハイドレートの熱伝導率に関する研究: パリレン絶縁プローブを用いた非定常細線法による TBAB, TBAC, TBPB ハイドレートの絶対測定
*中本雄(慶応大院), 藤浦京介(慶応大), 田口良広(慶応大), 大村亮, 長坂雄次
- F23 13:30 - 15:10 融解・凝固 3
- F231 電場付与による TBAB 水溶液の過冷却解消効果に関する研究
*後藤陽紀(青山学院大院), 外山泰弘(デンソー), 川北美香, 熊野寛之(青山学院大), 岩瀬勝則(デンソー)
- F232 固液界面のみを有する系での界面活性剤混合液の過冷度の支配因子の検討
*古館優太(中央大院), 松本浩二(中央大), 椿大輔(中央大院), 村瀬允嗣
- F233 食品凍結時の組織破壊を抑制する過冷却を利用した冷却条件の検討
*森義樹(東工大), 小山内泰亮, 大河誠司, 宝積勉
- F234 随伴解析を用いた凝固プロセスの最適熱制御に関する研究
*森本賢一(東大), 杉浦冬木, 阿部佑太郎, 鈴木雄二
- F235 不凍タンパク質を基にしたポリペプチドと塩を含む混合水溶液の一方向凍結における界面温度と界面形状に関する研究
*貝島正(京工繊大), 西真人, 萩原良道
- <G 室>
- G21 9:00 - 10:40 計測技術 1
- G211 Light field PIV における受光光学系が空間分解能に与える影響
*川口達也(東工大), 小川翔, 佐藤勲, 齊藤卓志
- G212 高解像度 3-D 3-C PIV による三次元乱流計測
*河野大輝(宇都宮大院), 二宮尚
- G213 燐光減衰を用いた加熱円柱周りの気体の温度速度同時計測
*藤森千晴(産総研), 染矢聡, 宗像鉄雄
- G214 位相シフトエリプソメータによる液滴先行薄膜のナノ計測
*小宮敦樹(東北大), 中村慎悟, 岡島淳之介, 円山重直

- G215 相変化エマルションの分散安定性評価にむけたゼータ電位計測システムの構築
*辰巳裕亮(神戸大), 白井克明, 川南剛, 平澤茂樹
- G22 10:50 - 12:10 計測技術 2
- G221 燃料電池内部の温度計測向けインライン型熱電対の製作方法の検討
*松本篤磨(九大), 水谷千晶, 伊藤衡平
- G222 界面熱流動計測用組込デバイス”Evanescent wave for a chip”の開発
*漆谷真帆(慶応大院), 牧野秀介(ニイガタ), 渡辺学, 佐藤洋平(慶応大), 菱田公一
- G223 ナノカロリメトリ用多点温度校正試料の高温相転移に関する研究
*大聖多郎(明治大院), 中別府修(明治大)
- G224 乾湿計原理に基づくマイクロ湿度センサの開発: 測定環境がセンサへ与える影響について
*加藤泰生(山口大), 和田博憲, 葛山浩
- G23 13:30 - 15:10 強制対流・噴流 1
- G231 バックステップを通過する粘弾性流体乱流の緩和過程における伝熱特性に関する実験的研究
*伊井隆介(東京理科大院), 原峻平, 塚原隆裕(東京理科大), 川口靖夫
- G232 バックステップ流れを利用した伝熱促進技術(第3報) —インバータ冷却器による伝熱促進表面の放熱性評価
*肥塚洋輔(日産自動車), 中山達臣, 大井靖之(カルソニックカンセイ)
- G233 三次元熱伝導を考慮した過渡応答法によるティアドロップディンプル付きカットバック面のフィルム冷却性能評価—ディンプル面回転角度の影響
*村田章(東京農工大), 矢野幸汰, 関島峰秀, 齋藤博史, 岩本薫
- G234 随伴解析を用いたセンサー情報に基づくスカラー源強度推定 —チャンネル乱流中の物質濃度拡散における検証
関口航(東京理科大), ダビデ チェリッツァ(東大), 塚原隆裕(東京理科大), *長谷川洋介(東大)
- G235 角柱群内乱流熱輸送における二重平均相関量の挙動
*桑田祐丞(大阪府立大), 桜井洋太, 須賀一彦
- *井上修平(広島大), 川本貴弘, 松村幸彦, 高田啓二(関西大), 富田健太郎(九大), 内野喜一郎, 梶山博司(徳島文理大)
- H214 ナノカーボン薄膜および原子膜材料の熱電変換シミュレーション: 基礎物性研究から実用デバイスへの橋渡し
*小鍋哲(東京理科大), 加藤哲平, 白井信志(QuantumWise Japan), 山本貴博(東京理科大)
- H22 10:50 - 12:10 OS ナノスケール伝熱機能発現とその応用への展望 5
- H221 垂直配向単層カーボンナノチューブ膜における水分子吸脱着現象のラマン分光計測
諸泉博之(九大), 千足昇平(東大), 丸山茂夫, 本間芳和(東京理科大), 高田保之(九大), *河野正道
- H222 近接場偏光を用いたナノスケール温度測定手法の開発
*岸本祥(慶応大院), 前田琢真(慶応大), 田口良広, 斎木敏治, 長坂雄次
- H223 時間相関単一光子計数法を用いた近接場蛍光寿命測定によるナノスケール温度分布イメージング
瀬戸大地(慶応大), *西尾昌悟, 田口良広, 斎木敏治, 長坂雄次
- H224 マイクロビームMEMSセンサによる液体の熱伝導率測定
*王海東(九大), 乾健人, 福永鷹信, 藏田耕作, 高松洋
- H23 13:30 - 15:10 分子動力学 1
- H231 計算科学によるアルコール水溶液の伝熱機能の制御性評価
*カノン ジェームズ(東大), 川口暢(デンソー), 金子卓, 布施卓哉, 塩見淳一郎(東大)
- H232 NIPAM 水溶液の気液界面構造に関する分子動力学解析
*出口将嗣(九工大院), 長山暁子(九工大), 鶴田隆治
- H233 周期的凹凸のある壁面上におけるナノスケールの液滴の分子動力学解析
*古田悠真(阪大), スルプリス ドナタス, 山口康隆, 香川勝(大日本印刷), 中島但, 藤村秀夫
- H234 ナノ液滴の三相接触界面と接触角に関する分子動力学的研究
*竹内光裕(九工大院), 西原啓介, 長山暁子, 鶴田隆治
- H235 スリット状微細構造が固液界面エネルギー輸送に及ぼす影響に関する分子動力学的研究
*芝原正彦(阪大), 戸田亮平, 植木祥高, 小原拓(東北大)
- <H室>
- H21 9:00 - 10:40 OS ナノスケール伝熱機能発現とその応用への展望 4
9:00 - 9:40 【招待講演】
- H211 室温以上で動作する固体熱整流材料の開発
*竹内恒博(豊田工大)
- H212 フォノン輸送計算による熱整流デバイスの設計
萩野春俊(九工大), *宮崎康次
- H213 亜鉛シリコン酸化物の粒径及び組成とフォトクロミズム発現の関係
- <I室>
- I21 9:20 - 10:40 マイクロ伝熱 1
- I211 金属単層カーボンナノチューブ選択的燃焼の長尺化

- *大塚慶吾(東大), 下村勇貴, 井ノ上泰輝, 千足昇平, 丸山茂夫
- 1212 ナノ粒子/高分子コンポジット薄膜の thermal dewetting 挙動に及ぼすナノ粒子空間構造の影響
*加藤巧(東北大), 劉洋, 久保正樹, 杉岡健一(富山県立大), 塚田隆夫(東北大), 高見誠一, 阿尻雅文
- 1213 三重項-三重項消滅を用いた光アップコンバージョンのイオン液体依存性解明
*村上陽一(東工大院), 伊藤寿之, 河合明雄
- 1214 イオン液体ゲル光アップコンバーターの発明とその分子輸送特性
*氷室佑樹(東工大), 福井一輝, 伊藤寿之(東工大院), 森田陵太郎(日本化薬), 新見一樹, 清柳典子, 村上陽一(東工大院)
- 122 10:50 - 12:30 マイクロ伝熱 2
- 1221 FIB を用いた撥水・親水複合面での液滴核生成
*山田寛(九大院), 生田竜也(九大), 高橋厚史, 高田保之
- 1222 超純水および水溶液中におけるナノバブルの実験観察
*有田圭佑(九工大院), 中尾政也, 長山暁子(九工大), 鶴田隆治
- 1223 Influence of surface wettability on gas-liquid two-phase flow in micro-channel
*彭浩(東大), 吉永祐貴(東大院), 党超鋌(東大), 飛原英治
- 1224 マイクロチャンネルの対流熱伝達特性と固液界面抵抗
*松本武徳(九工大院), 樋口純, 長山暁子(九工大), 鶴田隆治
- 1225 ファンデルワールス相互作用に由来する界面熱抵抗の計測
桑田祐輔(九大), *西山貴史, 生田竜也, 高橋厚史
- 123 13:30 - 15:10 マイクロ伝熱 3
- 1231 異なる加熱体制におけるフォノン群速度とのグラフェンの熱伝導率に及ぼす影響
*前田貴将(富山大), ゴロツキヒナ タチアナ
- 1232 TIM/固体界面の熱輸送測定
*谷田進(東大), 小宅教文, 坂田昌則, 塩見淳一郎
- 1233 固体中のエネルギー輸送のマイクロスケールモデリング
*向井峻介(京大), 妹尾悟史, 松本充弘
- 1234 第一原理計算にもとづいた SrTiO₃ のフォノン輸送解析
*馮磊(東大), 志賀拓磨, 塩見淳一郎
- 1235 ナノ多結晶シリコンにおけるフォノンの平均自由行程
*堀琢磨(東大), 塩見淳一郎, クリス デームス(カリフォルニア大 バークレー校)
- *櫻井堯規(神奈川工大), 鳴海明, 小西忠司(大分高専)
- J212 POD 解析を援用した PIV データが捉えた水平加熱円板上自然対流境界層の時空間構造
*服部康男(電中研), 須藤仁, 中尾圭祐, 江口譲
- J213 垂直方向に等間隔配置された水平加熱円柱列まわりの自然対流の流動と伝熱
*北村健三(豊橋技科大), 光石暁彦, 木村文義(兵庫県立大)
- J214 粘度が異なる液体中の微小発熱球周りの自然対流
*藤岡良太(首都大), 角田直人, 山田健太, 近藤克哉(鳥取大), 有本英伸(産総研), 山田幸生(電通大)
- J215 円筒発熱体を設置した水平発熱面の自然対流熱伝達: 水平発熱面の寸法効果
*下山力生(岡山工技), 堀部明彦(岡山大), 春木直人, 佐野吉彦, 白澤昇太
- J22 10:50 - 12:30 自然対流・複合対流 2
- J221 アモノサーマル法による GaN バルク単結晶時の流動伝熱解析
*増田善雄(産総研), 金久保光央, 富田大輔(東北大), 横山千昭
- J222 マルチグリッド法を用いた KH 不安定波の高速数値計算
*玉山祐輔(首都大), 安西洋平, 柴田祐樹, 田川俊夫
- J223 冷却材喪失時における板状燃料体の自然対流熱伝達特性
*伊藤大介(京大), 齊藤泰司
- J224 ふく射要素法 (REM2) を用いたキャビティ内の三次元自然対流-ふく射連成伝熱解析
*古川琢磨(東北大), 岡島淳之介, 小宮敦樹, Armfield Steven(University of Sydney), 円山重直(東北大)
- J225 高圧水素急速充電中の容器内温度予測に関する研究
*田中誠一(明石高専), 村田 将宏, 藤原誠之, 國峰寛司, 門出政則(九大)
- J23 13:50 - 15:10 自然対流・複合対流 3
- J231 温度速度同時計測法を用いた T 字サブミリチャンネルにおける 温度差対向流の混合に関する研究
*石井慶子(産総研), 染矢聡, 宗像鉄雄
- J232 DNS による逆圧力勾配温度成層乱流境界層の乱流構造解析
*服部博文(名工大), 河野周(名工大院), 保浦知也(名工大), 田川正人
- J233 鉛直加熱平板に発達する自然対流境界層における乱流拡散に関するラージエディシミュレーション
*中尾圭祐(電中研), 服部康男, 須藤仁
- J234 鉛直二平板間密度成層内自然対流層列の熱・物質伝達に関する研究
*姫野修廣(信州大), 中嶋峻大, 東川真也
- <J室>
- J21 9:00 - 10:40 自然対流・複合対流 1
- J211 垂直平板上端部に平板を設置した場合の角部の熱伝達特性

第3日 6月5日(金)

<A室>

A31 9:00 - 11:00 OS 水素・燃料電池・二次電池7

- A311 燃料極支持ハニカム固体酸化物形燃料電池の物質輸送および性能評価
*池田聡(九大), 高武翔太, 中島裕典, 北原辰巳
- A312 吸着化学種領域モデルによる SOFC 燃料極反応の理論解析
*長澤剛(東工大), 花村克悟
- A313 オフガス再循環による定置型 SOFC システムの高効率化
*鳥居凌平(九大), 立川雄也, 伊藤衡平
- A314 負荷変動時における小型円筒 SOEC の温度応答
*水澤竜也(横国大), 荒木拓人, 森昌史(電中研)
- A315 固体酸化物形燃料電池の電極微構造最適化に向けて(含浸法の応用)
*岸本将史(Imperial College London), Marina LOMBERG, Enrique Ruiz-Trejo, Nigel Brandon
- A316 SOFC 用 LSM 空気極の多孔質微構造にもとづく交換電流密度の定式化
*三好航太(京大), 宮前卓磨, 岩井裕, 齋藤元浩, 吉田英生

<B室>

B31 9:40 - 10:40 OS 燃焼研究の最前線7

- B311 水素-酸素-希釈ガス理論混合気の微小球状伝ば層流火炎の燃焼速度特性に関する実験的研究
*中原真也(愛媛大), 丸山勇太(愛媛大院), 池上航, 阿部文明(愛媛大)
- B312 旋回流中に形成される超希薄水素火炎
*上道茜(東大), 香崎謙人(筑波大), 蕨一実, 嶋村耕平, 西岡牧人
- B313 PIV を用いた希薄水素予混合火炎における速度場の測定
*勝身俊之(長岡技科大), 中谷勇貴, 門脇敏
- B32 10:50 - 12:10 反応・燃焼
- B321 マイクログローコロナと微量ガスの反応に関する分光学的調査
*遠藤真太郎(首都大), 角田直人
- B322 光触媒充填層を用いた誘電体バリア放電によるオゾン生成に及ぼす電源周波数の影響
*石丸和博(岐阜高専), 野原彬生
- B323 酸化被膜 SiC ナノ粒子表面におけるディーゼル微粒子の酸化過程
木下雄太郎(東工大), *中村真季, 中村圭介, 日高宣浩(住友大阪セメント), 花村克悟
- B324 エタノール熱分解によるカーボンブラックの表面処理
*林拓宏, 亀谷雄樹, 元祐昌廣(東京理科大)

<C室>

C31 9:00 - 10:40 空調・熱機器3

- C311 相変化を利用した熱音響エンジンにおける音波発生機構
*多田幸生(金沢大), 吉田拓馬(金沢大院), 大西元(金沢大), 経田僚昭(富山高専)
- C312 ループ型熱音響冷凍機に関する性能解析
*藤原誠之(明石高専), 加納隆貴, 田中誠一, 國峰寛司
- C313 加熱面上に平板を乗せた時に生じる温度変動の検討
*平澤茂樹(神戸大), 川南剛, 白井克明
- C314 省エネ型照明が空調負荷に与える影響に関する研究-第2報 空調負荷への影響評価
*中山浩(中部電力), 宮岡洋一, 大西学, 吉澤望(東京理科大), 田所拓也(日本郵政), 廣田真史(三重大)
- C315 The Study on Thermal Effect of Sunagoke Used in Roof Greening
*ビン カリド ムハマド アミル アイサル(山口大), 加藤泰生, 葛山浩

<D室>

D31 9:40 - 10:40 自然エネルギー1

- D311 ソーラー・ヒートポンプ支援による自立型融雪
横山孝男(山形大), *武田和樹, 鹿野一郎, 高橋隆一(アイジー工業), 大塚光(山形大)
- D312 太陽熱と雪の融解潜熱を用いた木材乾燥施設の実証実験
*青池祐樹(山形大院), 安原薫(山形大), ムハマド ファイズル, 沼澤貞義(沼澤工務店)
- D313 相変化物質を含有する作動流体の加熱・冷却特性に関する研究
*森田慎一(米子高専), 谷村幸太, 早水庸隆, 山田貴延(北見工大), 堀部明彦(岡山大), 春木直人
- D32 10:50 - 11:50 自然エネルギー2
- D321 ペア浅井戸化による採熱促進とエントロピー考察
*横山孝男(山形大), 鈴木浩(尾花沢市役所), 鎌田義則, 大山彰, 菅野他人男(山形大院), 王欣
- D322 隣接して構築された構造の異なるポアホールの熱抽出・放熱特性
*山口正敏(日本地下水開発), 沼澤喜一, 堀野義人
- D323 直接膨張方式地中熱ヒートポンプの熱交換性能
*武田哲明(山梨大), 田中大輔(山梨大院), 石黒修平(山梨大), 船谷俊平, 一宮浩市

<E室>

E31 9:00 - 10:40 電子機器の冷却4

- E311 赤外線サーモグラフとメッシュスクリーンによる気流温度場の簡易可視化法
*鳥越圭(熊本大), 富村寿夫, 小糸康志
- E312 熱サイクルに伴うグリースポンプアウトの可視化試験方法
*小西祐一郎(日立製作所), 堀内敬介, 西原淳夫
- E313 水冷ヒートシンク熱伝達率測定手法に関する考察
*堀内敬介(日立製作所), 小西祐一郎, 西原淳夫

- E314 電子機器内部の扁平曲がり部における空気の流動特性のモデル化手法の検討
*日下部文亮(岩手大), 畑陽介(ブラザー工業), 福江高志(岩手大), 廣瀬宏一, 石川博幸(ブラザー工業)
- E315 半導体パッケージ2抵抗熱解析モデルの解析誤差の検討
*北城栄(NEC エンジニアリング)
- E32 10:50 - 12:30 電子機器の冷却 5
- E321 熱伝導率が小さく厚い試験片の厚さ方向定常熱伝導率測定法:直線フィン温度分布の適用
*大串哲朗(広島国際大), 岩本直樹(三菱電機), 村上泰城, 村上政明(アドバンスドナレッジ研究所), 池島薫, 高野公敬
- E322 導体と絶縁材からなる材料の熱伝導率測定法の研究:測定精度の実験的検証
*岩本直樹(三菱電機), 大串哲朗(広島国際大), 村上政明(アドバンスドナレッジ研究所), 村上泰城(三菱電機), 池島薫(アドバンスドナレッジ研究所), 高野公敬
- E323 炭素繊維のオンサイト複合化による熱界面材料の開発
*大堀真直(東大), 二田智史, 三浦飛鳥, 塩見淳一郎
- E324 モンテカルロシミュレーションと熱・電気連成解析を併用したパワーSi MOSFETの熱特性予測
*木伏理沙子(富山県立大), 畠山友行, 中川慎二, 石塚勝
- E325 高熱伝導性材料の熱物性測定と加速器検出部電子回路冷却への適用の検討
*石田賢治(佐賀大), 原口貴昭, 鈴木元輝, 宮良明男, 椿耕太郎

<F室>

- F31 9:20 - 10:40 混相流 1
- F311 加圧流動層内単一水平円管周りの伝熱特性に関する研究
*中川浩介(山口大), 加藤泰生, 葛山浩
- F312 超音波照射下の液中の気泡と液の速度同時測定-MBとキャビテーション気泡
*垣内裕貴(福井大), 阿部一帆, 酒井直紀, 太田淳一
- F313 マイクロバブル/粒子添加による垂直チャネル内乱流抵抗の変化
*三戸陽一(北見工大)
- F314 模擬メタンハイドレート貯留層内の相変化流動現象可視化計測に関する研究
*江目宏樹(東北大), 佐々木淳, 岡島淳之介, 小宮敦樹, 円山重直(東北大/CREST)
- F32 10:50 - 12:10 混相流 2
- F321 超音速ノズルの末広部角度がイソブタン冷媒の加速性能に及ぼす影響について
*生谷健(豊橋技科大), 中川勝文(豊橋技科大)

- F322 超音速ノズルの出口での炭酸ガス二相流の膨張現象に関する研究
*Krishna MORRTHY(豊橋技科大), 川村洋介, 中川勝文(豊橋技科大)
- F323 異なる音速をもつ流れが共存する場に発生する膨張波に関する解析的研究
*川村洋介(豊橋技科大), 中川勝文(豊橋技科大)
- F324 スマートフォン冷却モジュール向け超薄型ヒートパイプの開発
*横山雄一(フジクラ), Thanh-Long Phan, Mohammad Shahed Ahamed, 川原洋司, 齋藤裕士, 益子耕一, 望月正孝

<G室>

- G31 9:00 - 10:40 強制対流・噴流 2
- G311 界面活性剤水溶液流れにおける温度境界層の内層に溶液濃度が及ぼす影響
*渡邊可奈(東京理科大), 原峻平, 塚原隆裕(東京理科大), 川口靖夫
- G312 界面活性剤水溶液流れにおける準秩序構造のパターン認識法による分析
*原峻平(東京理科大), 伊井隆介, 塚原隆裕(東京理科大), 川口靖夫
- G313 低レイノルズ数領域における管内脈動流の熱伝達特性
*崎道哲(デンソー), 小原公和, 西島義明, 岩本薫(東京農工大)
- G314 蛇行管路内における低レイノルズ数粘弾性流体流れの乱れと伝熱特性-第5報 発達遷移領域における局所伝熱特性
木村隆一(京大), 篠塚尚明, *巽和也, 中部主敬
- G315 高速赤外線カメラとステレオ PIV を用いた壁付近の熱伝達と速度変動の同時測定
*山田俊輔(防衛大), 中村元
- G32 10:50 - 12:30 強制対流・噴流 3
- G321 凸型湾曲口から半円筒面に衝突する噴流の可視化(噴出口近傍に設置した2枚の拘束半円板の影響)
*羽田喜昭(長野高専), 相馬顕子, 飯尾昭一郎(信州大)
- G322 軸対称噴流と旋回噴流の共存場に関する実験研究
*粟田浩平(名大), 伊藤靖仁, 李銘溟, 酒井康彦, 長田孝二, 岩野耕治, 丹野賢二
- G323 微細ミスト冷却の Eulerian-Lagrangian 法による噴霧流解析
*三浦祐揮(九大), 吉野翔, 山本剛
- G324 細線温度センサによる壁乱流変動温度場の高精度測定
保浦知也(名工大), *田川正人
- G325 非一様加熱壁面上を発達する乱流温度境界層の条件付き構造解析
*保浦知也(名工大), 田口翔太, 田川正人, 長野靖尚(名産研/名工大)

<H室>

- H31 9:00 - 10:40 分子動力学 2
- H311 レナード・ジョーンズ流体のナノジェット流れの粘度. 2Dと3Dの平行平板モデルの過渡グリーン - 久保定義の比較.
*山本洗敬(富山大), プロトキヒナタチアナ
- H312 メニーコアプロセッサを用いた並列 MD 計算による擬 2 次元流体の相変化シミュレーション
*粟生貴志(京大), 松本充弘
- H313 関節の潤滑機構を調べるための粗視化分子動力学モデルの開発
*佐野晃二郎(京大), 井手満帆, 松本充弘
- H314 冬ガレイ由来不凍タンパク質とイオンが氷水界面に与える影響の分子動力学解析
*安井達也(京工繊大), 寺井航, 萩原良道
- H315 冷媒/潤滑油混合物の相溶性および相溶構造の分子動力学解析:冷媒分子構造の影響
*杉井泰介(日立), 石井英二, Florian Müller-Plathe(ダルムシュタット工科大)

<I室>

- I31 9:00 - 10:40 マイクロ伝熱 4
- I311 分子動力学シミュレーションによる高品質な単層カーボンナノチューブ成長
*吉川亮(東大), 高木勇海, 千足昇平, 丸山茂夫
- I312 高温超伝導 YBCO 薄膜の周期加熱サーモリフレクタンス法による熱伝導率測定 - 厚み方向の膜厚・温度依存性の考察および面内方向測定へ向けた検討
*村上友介(慶応大院), 後藤春菜(慶応大), 田口良広, 長坂雄次
- I313 超低熱伝導率ナノ構造化バルクシリコン熱電材料の開発
*三浦飛鳥(東大院), 周述(東工大院), 野崎智洋, 塩見淳一郎(東大院)
- I314 再構造化グラフェンの熱伝導および整流性
*アローラ アヌージ(東大院), 三橋史樹, 堀琢磨, 志賀拓磨, 塩見淳一郎
- I315 カーボンナノチューブ薄膜のガスセンサーへの応用
*古株拓弥(広島大), 井上修平, 松村幸彦
- I32 10:50 - 12:10 マイクロ伝熱 5
- I321 単層カーボンナノチューブが正孔輸送層と電極を兼ねるペロブスカイト型太陽電池の作製
*坂口貴寛(東大), 千葉孝昭, Albert Nasibulin (Aalto Univ.), Esko Kauppinen, Rong Xiang(東大), 千足昇平, 丸山茂夫
- I322 ns パルスレーザを用いた薄膜シリコン太陽電池溝加工におけるレーザ空間強度分布の影響
*飯田亮一(東工大), キムビョンギ, ドアンホンドク, 伏信一慶
- I323 熱電場を考慮したフェーズフィールド法による絶縁破壊シミュレーション

- *曾我宏輔(東工大院), 齊藤卓志(東工大), 佐藤勲, 川口達也
- I324 レーザ誘起熱き裂進展のフェーズフィールドモデル
*ドアンホンドク(東工大), Quoc Tinh Bui, 佐藤勲, 伏信一慶

<J室>

- J31 9:00 - 10:40 自然対流・複合対流 4
- J311 カーボンナノチューブ分散流体の熱物性と水平密閉矩形容器内の自然対流熱伝達
*稲垣照美(茨城大), 李艶栄, 鈴木慎太郎, 山内紀子(福島高専)
- J312 矩形容器内における O/W エマルションの自然対流
*権田泰久(青山学院大院), 富樫憲一(青山学院大), 熊野寛之
- J313 鉛直磁場下における磁性流体の熱物性と水平密閉矩形容器内における自然対流熱伝達
*李艶栄(茨城大), 阿部将史(茨城大院), 斎藤光, 稲垣照美(茨城大)
- J314 円管内流れの温度境界層発達域におよぼす熱磁気効果
*金田昌之(大阪府立大), 辻章良, 須賀一彦
- J315 空気中における水平加熱正方形角柱まわりの強制 - 自然対向流共存対流の流動と伝熱
*木村文義(兵庫県立大), 藤本慎也, 北村健三(豊橋技科大)

優秀プレゼンテーション賞（第52回日本伝熱シンポジウム）について

日本伝熱学会 学生会委員会
委員長 桑原 不二朗

第52回日本伝熱シンポジウムでは、下記の要領で学生・若手研究者を対象とした優秀プレゼンテーション賞セッションを設けます。企業・大学・研究機関等の多数の皆様にご参加いただきたく、お願いいたします。

開催日：平成27年6月3日（水） シンポジウム第1日
発表形式：発表者1名あたり3分のショートプレゼンテーションとポスタープレゼンテーションを行っていただく予定です。各プレゼンテーションは、以下の内容を予定しています。

○ショートプレゼンテーション（SP）15:30～16:20

- ・1人あたりの発表時間は3分です。スケジュールがタイトなため、発表時間厳守ですので注意してください。なお、SPでは質疑応答の時間は設けません。
- ・発表資料はPDFファイル（動画不可、上限3MB/人）を事前提出していただきます。学生会委員会側でノートパソコンを用意し、その中にファイルをコピーして発表時に使用する予定です。なお、PDFファイルのページ送りは学生会委員が担当する予定です。

○ポスタープレゼンテーション（PP）16:30～17:50

- ・講演番号により、前半および後半の発表時間帯を設定します。詳細な時間スケジュールは後日連絡します。
- ・ポスターを貼るパネルのサイズは、縦1700mm×横900mmで、縦長に設置されます。A0サイズのポスターが最適サイズです。また、貼り付けには画鋏を用います。

○アピールスライド（AS）

- ・第52回伝熱シンポジウムでは、初日の休憩時間にアピールスライドを各会場で使用します。A4横サイズ1ページのアピールスライドをPDF形式で事前提出していただきます。

対象：企業・大学・研究機関等の技術者・研究者で、平成27年3月31日現在で28歳以下の者、または、申込当日に学生である者（ただし、社会人大学院生を除く）。

応募資格：発表時（＝審査時）に、日本伝熱学会の会員（正員・学生会員）、または入会申込中であること（事前の入会を強く推奨）。注：本セッションで発表する方は、応募資格を必ず満たす必要があります。また、過去に本賞を受賞された方は応募できません。

審査・選考方法：複数名の審査員による評価に基づいて選考し、受賞者を決定します。

表彰：受賞者はシンポジウム第2日の学会総会で表彰します。

<最新情報はシンポジウムのホームページに公開します>



編集出版部会からのお知らせ —各種行事・広告などの掲載について—



インターネットの普及により情報発信・交換能力の比類ない進展がもたらされました。一方、ハードコピーとしての学会誌には、アーカイブ的な価値のある内容を手にとって熟読できる点や、一連のページを眺めて全貌が容易に理解できる点など、いくら電子媒体が発達してもかなわない長所があるのではないかと思います。ただし、学会誌の印刷・発送には多額の経費も伴いますので、当部会ではこのほど、密度のより高い誌面、すなわちハードコピーとしてぜひとも残すべき内容を厳選し、インターネット（HP：ホームページ、ML：メーリングリスト）で扱う情報との棲み分けをした編集方針を検討いたしました。

この結果、これまで会告ページで取り扱ってきた各種行事・広告などの掲載につき、以下のような方針で対応させていただきたく、ご理解とご協力をお願いする次第です。

対 象	対 応	具体的な手続き (電子メールでの連絡を前提としています。)
本会（支部）主催による行事	無条件で詳細を、会誌とHPに掲載, MLでも配信	申込者は、総務部会長・編集出版部会長・広報委員会委員長・総務担当副会長補佐協議員に記事を同時送信してください。
関係学会や本会会員が関係する組織による 国内外の会議・シンポジウム・セミナー	条件付き掲載 会誌：1件当たり4分の1ページ程度で掲載（無料） HP：行事カレンダーに掲載しリンク形成（無料） ML：条件付き配信（無料）	申込者は、まず内容を説明する資料を総務担当副会長補佐協議員に送信してください。審議の結果、掲載可となった場合には総務担当副会長補佐協議員より申込者にその旨通知しますので、申込者は記事を編集出版部会長（会誌担当）と広報委員会委員長（HP担当）に送信してください。
大学や公的研究機関の人事公募（伝熱に関する分野に限る）	会誌：掲載せず HP：条件付き掲載（無料） ML：条件付き配信（無料）	申込者は、公募内容を説明する資料を総務担当副会長補佐協議員に送信してください。審議の結果掲載可となった場合には総務担当副会長補佐協議員より申込者にその旨通知しますので、申込者は記事を編集出版部会長と（会誌担当）広報委員会委員長（HP担当）に送信してください。
一般広告 求人広告	会誌：条件付き掲載（有料） HP：条件付き掲載 （バナー広告のみ、有料）	申込者は、編集出版部会長（会誌担当）または広報委員会委員長（HPバナー広告担当）に広告内容を送信してください。掲載可となった場合には編集出版部会長又は広報委員会委員長より申込者にその旨通知しますので、申込者は原稿を編集出版部会長または広報委員会委員長に送信してください。掲載料支払い手続きについては事務局からご連絡いたします。バナー広告の取り扱いについては http://www.htsj.or.jp/banner.pdf をご参照下さい。

【連絡先】

- ・総務部会長：小野直樹（芝浦工業大学）：naokiono@sic.shibaura-it.ac.jp
- ・編集出版部会長：中部主敬（京都大学）：nakabe@me.kyoto-u.ac.jp
- ・広報委員会委員長：田口良広（慶應義塾大学）：tag@sd.keio.ac.jp
- ・総務担当副会長補佐協議員：齊藤卓志（東京工業大学）：tsaito@mep.titech.ac.jp
- ・事務局：大澤毅士・倉水裕子：office@htsj.or.jp

【注意】

- ・原稿はWordファイルまたはTextファイルをお願いします。
- ・HPはメンテナンスの都合上、掲載は申込月の翌月、また削除も希望掲載期限の翌月程度の時間遅れがあることをご了承ください。
- ・MLでは、原則としてテキスト文の送信となります。pdf等の添付ファイルで送信を希望される場合はご相談ください。

事務局からの連絡

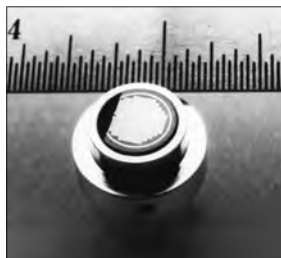
53 期入会（2014.12.19～2015.3.4）正 3 名、学生 8 名

資	氏 名	所 属	資	氏 名	所 属
正	中道 徳馬	(株)安川電機	学	佐藤 愛光	北九州市立大学
正	渋谷 仁志	富士高分子工業 (株)	学	橋本 哲太	北九州市立大学大学院
学	神田 雄貴	東北大学工学部	学	橋本 竜瑠	日本大学工学部
学	川向 浩司	愛媛大学工学部	学	後藤 昭治郎	岡山県立大学大学院
学	宮本 駿	慶應義塾大学理工学部	正	山田 寛	九州大学
学	土井 信行	愛媛大学大学院			

熱流束センサー

熱流束センサーは、熱エネルギーの移動密度 (W/cm^2) に比例した直流電圧を出力します。
弊社の製品は、大変手軽に高速・高精度で熱流量の測定をすることができます。
特に応答速度の早いこと、センサーからの出力レベルが高いことが特徴で、
熱流束マイクロセンサー (HFM) では、応答速度最高6マイクロ秒を達成しています。

熱流束 マイクロセンサー



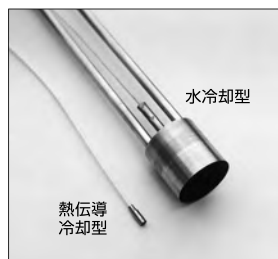
特徴

- 最高速の応答 (約 6μ 秒)
- $850^{\circ}C$ まで外部冷却不要
- 低雑音 / 高感度
- 熱流束と温度を測定
- 伝導、対流、輻射に等感度

使用例

- エンジン内壁の熱伝達状態観察
- ロケットエンジンのトラブル実験
- タービンレード熱風洞試験
- 自動車用エアバッグ安全性試験
- ジェットエンジンバックファイヤー試験

サーモゲージ



センサー本体の構造は、薄膜フォイル・ディスクの中心と周囲の温度差を測定する、差動型熱電対をとっています。フォイル・ディスクはコンスタントで作られており、銅製の円柱形ヒートシンクに取り付けられています。水冷式は取付け場所の自由度が高く長時間の測定が可能です。

使用例

- 焼却炉・溶鉱炉の熱量測定
- 火災実験の際の輻射熱ゲージ
- バーナーなど熱源の校正用基準器
- 着火性・燃焼性試験 (ISO5657, 5658, 5660)
- 米国連邦航空局のファイヤー・スモークテスト

gSKIN® 熱流束センサー



「gSKIN®」熱流束センサーはセンサー自身の表面を通過する熱流束を29対の超高感度な熱電対を用いて測定します。センサーは、 $72m^2$ の広さを持ち、厚さは $0.4mm$ です。レベル-0パッケージの最適化ポリマーと1-レベルパッケージの金属の構造になっています。

使用例

- 電気・電子機器内の発熱・放熱状態測定
- 熱交換器の効率測定
- パイプの放熱状況測定
- 暖房および換気自動システムの測定
- 熱移動/熱放出の即時応答測定

熱流束センサー 校正サービス

熱流束センサーの校正作業をお引き受けいたします。校正証明書は米国基準局NISTにトレーサブルです。校正設備の物理的な制約で、お引き受けできない場合もあります。ご相談ください。



センサテクノ株式会社

URL

www.senstech.jp

〒106-0031 東京都港区西麻布3-24-17 霞ビル4F
TEL: 03-5785-2424 FAX: 03-5785-2323

E-mail

info@senstech.jp



■ CAPTEC 社日本総代理店 ■ MEDTHERM 社輸入販売店 ■ ITI 社輸入販売店

当社は、独自の高度技術を持つ、海外メーカーの熱計測機器をご提供致しております。

CAPTEC 社(フランス)

CAPTEC(キャプテック)社は、独自の高度技術により、低熱抵抗で高感度な熱流束センサーを開発・製造致しております。環境温度が変化しても感度は常に一定で、熱流束値に比例した電圧を高精度に出力します。
輻射センサーは、輻射熱のみを計測する画期的なセンサーです。特注形状も承っております。

熱流束センサー



サイズ: 5×5mm～300×300mm
厚み: 0.4mm (平面用・曲面用)
温度範囲: -200～200°C
応答速度: 約 200ms
オプション: 温度計測用熱電対内蔵
形状: 正方形・長方形・円形
特注品: 高温用・高圧用・防水加工

輻射センサー



サイズ: 5×5mm～50×50mm
厚み: 0.25mm
温度範囲: -200～250°C
応答速度: 約 50ms
オプション: 温度計測用熱電対内蔵
形状: 正方形・長方形・円形
波長領域: 赤外/可視+赤外

MEDTHERM 社(アメリカ)

MEDTHERM(メドサーム)社は、これまで30年以上にわたり、高品質の熱流計及び超高速応答の熱電対を提供してまいりました。航空宇宙・火災・燃焼分野における豊富な実績を有しています。用途に応じ、様々な形状・仕様の製品を製造可能です。

熱流計/輻射計



熱流束範囲: 0.2-4000Btu/ft²sec(フルスケール)
サイズ: 1/16インチ(約1.6mm)～1インチ(約25.4mm)
最高温度: 200°C(水冷なし)/1500°C(水冷)
出力信号: 0-10mV(DC・線形出力)
直線性: ±2%(フルスケールに対して)

応答速度: 50ms以下*
再現性: ±0.5%
較正精度: ±2%
オプション: 輻射窓・視野角指定等

*応答速度は、熱流束レンジによって異なります。

超高速応答同軸熱電対

本同軸型熱電対は、第1熱電対のチューブの中に第2熱電対ワイヤーが挿入された同軸構造になっています。第2熱電対ワイヤーは、厚み0.0005インチ(約0.013mm)の特殊なセラミックで絶縁コーティングされています。プローブ先端の熱電対接点は、厚み1～2ミクロンの金属皮膜で真空蒸着されており、最高1マイクロ秒の応答速度を実現しています。



【主な用途】
表面温度及び表面熱流束計測
風洞試験・エンジンシリンダー・エアコンプレッサー等

【最小プローブ径】
0.015インチ(約0.39mm)

【熱電対タイプ】
T型(銅/コンスタンタン) -270°C～+400°C
J型(鉄/コンスタンタン) -210°C～+1200°C
E型(クロメル/コンスタンタン) -270°C～+1000°C
K型(クロメル/アルメル) -270°C～+1372°C
S型(白金10%ロジウム/白金) +200°C～+1700°C

ITI 社(アメリカ)

ITI(International Thermal Instrument Company)社は、1969年の設立以来、高温用熱流板や火災強度熱流計など、特殊な用途に対応した製品を提供しています。特注品の設計・製造も承っております。

高温用熱流板



最高温度: 980°C
応答速度: 0.1s
直径: 8mm～25.5mm 厚み: 2.5mm

水冷式 火災強度熱流計



最高温度: 1900°C
応答速度: 0.1s
最大熱流束レンジ: 0～3000W/cm²

当社取扱製品の適用分野

- 伝熱一般
- 温熱環境
- 炉・ボイラー
- 航空宇宙
- 火災
- 燃焼
- 各種エンジン

有限会社 テクノオフィス

〒225-0011 神奈川県横浜市青葉区あざみ野 3-20-8-B
TEL. 045-901-9861 FAX. 045-901-9522
URL: <http://www.techno-office.com>

編集出版部会ノート

Note from the JHTSJ Editorial Board

今月号の特集は、空調機に関する最新の研究動向です。基本デバイスである圧縮機、熱交換器、送風機の開発状況、それらのデバイスが搭載される空調機のハードウェアシステムの制御技術、空調される建物内の温熱環境などに関して、第一線で活躍されている大学、企業の研究者の方々に概説いただきました。空調システムは人々の健康で快適な暮らしに欠かせない一方で、電力量消費に占める割合が大きいため、要素デバイスの高性能化と快適性を損なわない効率的なシステム制御の取り組みが大変重要です。「空気調和」にかかわる基本的な物理現象は、熱伝導、対流熱伝達、二相流、沸騰・凝縮、物質移動、乱流混合など多岐にわたり、システムの高効率化と高付加価値化を支える技術領域は冷凍サイクル制御、各種伝熱制御、空間の温熱環境制御などであって、それらすべてが本会会員の方々の研究分野です。今回の特集企画を通じて、空調機技術のさらなる向上のために伝熱学の貢献できる余地がまだまだ多く残されていることを会員の皆様に再確認いただければ幸いです。

加賀 邦彦 (三菱電機)

Kaga, Kunihiko (Mitsubishi Electric Corporation)

E-mail: Kaga.Kunihiko@cw.MitsubishiElectric.co.jp

副会長 圓山 重直 (編集出版担当, 東北大学)

部会長 中部 主敬 (京都大学)

委員

(理事) 高橋 厚史 (九州大学), 二本柳 保 (東北電力(株)), 野村 信福 (愛媛大学),
山田 雅彦 (北海道大学)

(協議員) 加賀 邦彦 (三菱電機(株)), 澤井 徹 (近畿大学), 白樫 了 (東京大学),
鈴木 雄二 (東京大学), 中村 元 (防衛大学校), 早坂 洋史 (北海道大学),
松原 幸治 (新潟大学), 吉田 敬介 (九州大学)

TSE チーフエディター 花村克悟 (東京工業大学)

編集幹事 伏信一慶 (東京工業大学)

編集出版部会 連絡先: 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C III
京都大学大学院工学研究科機械理工学専攻
中部主敬

Phone & Fax: 075-383-3605 / E-mail: nakabe@me.kyoto-u.ac.jp