

日本冷凍空調学会
調査研究プロジェクト

冷媒種類など環境変化に対応するための
先進熱交換技術に関する調査研究

2014－2015 年度
(平成 26－27 年度)

活動報告書

2016 年（平成 28 年）3 月

2016 年（平成 28 年）3 月 30 日

日本冷凍空調学会調査研究プロジェクト
冷媒種類など環境変化に対応するための先進熱交換技術に関する調査研究
2014－2015 年度（平成 26－27 年度） 活動報告書

調査研究プロジェクト
主査 浅野 等（神戸大学）

1. 期間：2014 年（平成 26 年）4 月より 2 年間

2. 設立趣旨：

冷媒をめぐる近年の状況は、低 GWP 合成冷媒の登場で大きく変化したが、将来冷媒の方向性は、(1) 低 GWP 冷媒の使用法の開発、(2) 自然冷媒の利用拡大、(3) 冷媒の漏洩管理、(4) 微燃性冷媒への対応、(5) HFC 系冷媒の使用延長の検討など多岐にわたり、それぞれに未解決の問題が多く残されている。今後新たな低 GWP 合成冷媒の開発も期待される。一方、近年、オールアルミニウム製空調用熱交換器の開発が進められており、銅の新しい使い方も求められている。その他、廃熱利用、高温供給、寒冷地対応など、熱源環境は更なる広がりを見せ、熱源形態に対応した熱交換器の選定や設計が求められている。一見、従来 R&D の延長のようではあるが、混合冷媒の熱流動特性、冷媒分流、着霜など、解明されていない現象も多く、熱交換器の形態、サイズ、温度状況に応じてそれらの問題が顕在化する可能性もある。本調査研究では、冷媒動向を調査するとともに、管内外の伝熱促進、高密度伝熱面、冷媒分配、潜熱分離空調、伝熱機構解明のための二相流計測と可視化、冷凍機油の影響などの先進熱交換技術の研究動向について、研究者側委員と特別講師から提供・情報発信し、さらにそれらに関して討議し、熱交換技術の方向性などを検討する。また、関連の最新研究設備を現地調査する。

なお、本調査研究は、2012 年（平成 24 年）4 月～2014 年（平成 26 年）3 月に実施した「将来冷媒の先進熱交換技術に関する調査研究」を発展させたプロジェクトである。

3. 組織

（研究者側委員） 16 名

浅野 等（主査、神戸大学）	
赤坂 亮（幹事、九州産業大学）	秋澤 淳（幹事、東京農工大学）
井上順広（幹事、東京海洋大学）	勝田正文（幹事、早稲田大学）
粥川洋平（幹事、産業技術総合研究所）	高 雷（幹事、福岡大学）
小山 繁（幹事、九州大学）	佐々木直栄（幹事、日本大学）
鹿園直毅（幹事、東京大学）	党 超鋌（幹事、東京大学）
廣田真史（幹事、三重大学）	宮良明男（幹事、佐賀大学）
森 英夫（幹事、九州大学）	渡辺 学（幹事、東京海洋大学）
榎木光治（幹事、電気通信大学 [第 6 回より参加]）	

（企業側委員） 幹事 7 社、 委員 24 社

藤野宏和（幹事、ダイキン工業）	鈴木秀明（幹事、東芝キャリア）
木戸長生（幹事、パナソニック）	坪江宏明（幹事、日立アプライアンス）
奥山 亮（幹事、富士通ゼネラル空調技術研究所 [第 4 回までは早野 誠]）	
西田耕作（幹事、前川製作所）	伊東大輔（幹事、三菱電機）
金 東輝（LG 電子）	土屋昭則（コベルコマテリアル銅管）
早瀬 岳（三星電子）	金 鉉永（サムソン日本研究所）
柴崎嘉隆（三桜工業、[第 7 回までは遠藤琢磨]）	
裴 相哲（サンデンアドバンストテクノロジー）	
高橋 仁（JX 日鉱日石エネルギー）	宮原里支（スウェップジャパン）

法福 守 (UACJ)	柴 芳郎 (ゼネラルヒートポンプ工業)
大山孝政 (高砂熱学工業, [第 5 回まで万尾達徳])	
中山 浩 (中部電力)	佐藤英明 (デンソー)
橋本克巳 (電力中央研究所)	石井葉一 (東京ブレイズ)
鵜川文雄 (東芝キャリア, [第 5 回まで東芝ライフスタイル])	
吉本周平 (東プレ)	
遠藤浩司 (三菱重工冷熱, [第 6 回まで東洋製作所])	
竹田信宏 (ノーリツ)	田中信雄 (日阪製作所)
楠本 寛 (日立製作所)	安嶋賢哲 (富士電機)
土屋敏章 (富士電機)	森 康敏 (古河電気工業)

(事務局)

西口 章 (日本冷凍空調学会)

※ 企業側幹事は、熱交換器技術委員会委員に依頼した。

4. 秘密保持誓約について

委員とは秘密保持契約を締結した。この秘密保持契約は、委員代理もしくはオブザーバーとして出席したものにも適用する。なお、誓約書有効期間は、署名日からプロジェクト終了 5 年後までとし、委員構成も非公開とする。委員交代の場合は、新委員からも提出して頂くこととした。

5. プロジェクトの成果報告について

成果報告は以下のもので構成する。

- 中間報告： 各年度末に活動、成果をまとめる。
- 最終報告： 中間報告に加えて発表資料の電子情報をまとめる。
- 成果報告： 成果の公開についてはプロジェクト終了時に判断する。

6. 活動報告

➤ 第 1 回委員会

日時：2014 年（平成 26 年）6 月 13 日（金）13：00～17：00

会場：東京海洋大学 越中島キャンパス 八十五周年記念会館

内容：

a. 話題提供

「次世代低 GWP 冷媒による各種用途展開」

三井デュポンフロロケミカル(株) ケミカル事業部

石川 淳一 氏

内外における HFC 規制強化において、現行 HFC 系冷媒を代替する低 GWP 冷媒候補物質を使用した場合の各種用途分野における効果の比較について講演された。自動車用代替冷媒として Opteon® YF (HFO-1234yf) が、冷凍用 (R-404A) 代替として XP40 (DR33) が、エアコン用 (R410) 代替として DR-5A, DR-3 が、排熱回収用 (HFC-245fa) 代替として DR-2 が挙げられ熱物性・特徴、サイクル性能の評価結果が比較して示された。

「空調機用熱交換器の高性能化」

三菱電機(株) 住環境研究開発センター

石橋 晃 氏

空調機の省エネ性向上に寄与する熱交換器の高性能化についての開発事例が 2 例紹介された。はじめに、パッケージエアコン室内機用細管 (φ5) 熱交換器についてフィンパターンおよび伝熱管の最適化により、熱交換器性能を向上させた事例が紹介された。続いて、ビル用マルチエアコン室外機に導入される扁平管熱交換器を使用したオールアルミ熱交換器について、扁平管形状および分配器の適正化によって熱交換器性能が向上された事例が紹介された。

「新しい冷媒分配構造を採用したプレート式熱交換器のご紹介」

(株)日阪製作所 熱交換器事業本部 設計開発部

田中 信雄 氏

チラーやブラインクーラーにプレート式熱交換器を蒸発器として使用するが多い。しかしながらプレート間に多数構成される冷媒側流路に冷媒を均等に分配することができず、性能低下の要因となっている。ここでは、冷媒の分配をより均一にし、且つ冷媒流速の増大によって性能向上をはかるプレート式熱交換器が紹介された。熱交換器内部で流路数を変化させることが可能な構造としており、流体温度を考慮した流路設計によって高い性能を発揮できることが報告された。

「蓄冷機能付きエバポレータによる車両の快適性と燃費向上の両立」

(株)デンソー 熱交換器開発部

長沢 聡也 氏

アイドリングストップ中は エアコンが作動しないため、快適性確保の観点からエンジンの再始動が必要であった。この問題を解決するために開発された蓄冷機能付きエバポレータが紹介された。この熱交換器には多穴流路伝熱板の間に空気流路と蓄冷ケース（パラフィン）が交互に挟まれており、エアコン作動時の蓄冷材への蓄冷により、エンジン停止時にも車室内に冷気を供給でき、車室内の快適性を維持できる。さらに、蓄冷によって車内快適性を損なうことなくエンジン停止時間を延長でき燃費向上が達成されたことが示された。

b. 国際会議報告

7th Asian Conference on Refrigeration and Air-Conditioning (ACRA 2014),
Jeju Island, (May 19-21, 2014)

早稲田大学 勝田 正文 氏, 九州大学 小山 繁 氏,
佐賀大学 宮良 明男 氏, 神戸大学 浅野 等 氏

2014 年 5 月 19 日から 21 日に韓国済州島で開催された第 7 回アジア冷凍空調会議 (ACRA2014) の参加報告がなされた。自動車用システム, 新冷媒のドロップイン試験, プレート熱交換器, 着霜, 管内外凝縮および蒸発, 扁平多穴管への水平ヘッダーからの冷媒分流に関する研究発表が紹介された。

c. 幹事会報告

調査研究プロジェクトのこれまでの経緯と今後の予定について報告された。

d. 意見交換会 (17:00~19:00)

越中島キャンパス 八十五周年記念会館において 50 名が参加し、意見交換会がなされた。

➤ 第 2 回委員会

日時: 2014 年 (平成 26 年) 9 月 16 日 (火) 13:00~17:30

会場: 産業技術総合研究所 つくば中央地区 情報棟 1 階 交流会議室 1・2

内容:

a. 話題提供

「冷媒の燃焼性評価と国際標準化について」

産業技術総合研究所 環境化学技術研究部門

滝澤 賢二 氏

温暖化効果が低く、微燃性を有する冷媒の開発と、その燃焼リスクの評価が現在世界で進められている。それに伴い、低い燃焼性を正確に評価する技術が必要とされており、その評価に基づき、微燃性冷媒の使用上の制約を緩和する国際規格の整備が進められている。ここでは、微燃性冷媒の開発と燃焼性評価、国際標準化への産総研の関わりについて紹介された。理想的な火炎伝播を観察するための落下塔施設による微小重力実験、混合物の燃焼速度予測法、混ぜると危険な混合系が紹介された。

「計量の標準と代替冷媒の熱物性評価について」

産業技術総合研究所 計測標準研究部門

粥川 洋平 氏

固体・液体密度の計量標準技術の応用として開発された高温高压でも測定できる磁気浮上密度計が紹介された。これにより、気体から液体に相変化する冷媒の熱力学状態曲面を把握する上で最も重要な PVT 性質（圧力・比体積・温度の相関関係）を評価できる。さらに、エンタルピーの積分定数となる理想気体状態の比熱を評価するための音速測定装置や、混合冷媒の気液平衡性質測定に関する取り組みが報告された。また、アボガドロ定数の測定不確かさを低減させることを目的としたアボガドロ国際プロジェクトが紹介された。

「非共沸混合媒体を用いる産業用ヒートポンプ」

産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門

遠藤 尚樹 氏

産業用ヒートポンプとして非共沸混合媒体を用いるヒートポンプの適用可能性に関する検討結果が報告された。主に、グリセリン-水混合物を作動媒体とする吸収／圧縮ヒートポンプサイクルについてシステム性能の特徴と要素機器である圧縮機、熱交換器に求められる条件が述べられた。また、単純サイクルと内部熱交換器を持つサイクルについて、熱力学的考察に基づく性能特性評価結果が示された。

「高耐圧マイクロチャンネル積層型熱交換器の開発」

筑波大学 システム情報工学研究科 構造エネルギー工学専攻

阿部 豊 氏

数十から数百マイクロンの微細流路を積層した構造のマイクロチャンネル積層型構造熱交換器が紹介された。この熱交換機は、拡散接合を用いることで高耐圧を実現しており、単位体積当たりの熱交換量において既存の熱交換器の約百倍以上の熱交換性能が得られることが示された。また、高压条件下での蒸発器ならびに凝縮器としても、その熱交換性能が発揮されていることが示された。さらに、内径 240 μm のマイクロチャンネル内の凝縮流動の可視化結果が紹介された。

c. 見学会：

- (1) 地質標本館（エネルギー技術研究部門）
地中熱利用空調設備を見学した
- (2) 計測標準研究部門研究施設
密度、PVT 性質、音速の計測装置を見学した。
冷媒漏洩量の計測施設を見学した。
- (3) 環境化学技術研究部門
燃焼速度計測装置を見学した。GWP 評価、燃焼実験装置を見学した。

d. 意見交換会（18：00～20：00）

ホテルオークラフロンティアにおいて 35 名が参加し、意見交換会がなされた。

➤ 第 3 回委員会

日時：2014 年（平成 26 年）11 月 7 日（水） 13：00～18：30

会場：神戸大学 六甲台第 2 キャンパス 神戸大学百年記念館(神大会館) 六甲ホール

内容：

a. 話題提供

「相変化機能性流体の伝熱特性について」

神戸大学大学院 工学研究科 機械工学専攻

川南 剛 氏

ミリスケールからサブミクロンスケールの微細相変化物質を懸濁した相変化蓄熱流体につ

いて、その生成手法、熱物性、基礎的熱移動挙動、および技術展開について講演された。水溶液系静止氷スラリー層の融解現象、管路内氷スラリーの熱流動特性、酪農での氷スラリー利用システム、相変化ナノエマルジョンの製造法とその物性について講演された。

「感温塗料を用いた沸騰伝熱面温度計測」

兵庫県立大学大学院 工学研究科 機械系工学専攻

河南 治 氏

近年、IR カメラを用いた沸騰伝熱面の温度計測が盛んに行われているが、IR カメラを用いた計測では、赤外線感受性層（不透明な薄膜）を必要とし、温度分布に密接に関係する伝熱面上の気液挙動を把握する事はできない。この講演では、十分な透明性を有する感温塗料を用いた沸騰伝熱面の温度分布と気液界面挙動の同時計測について紹介された。幅 10mm×高さ 1mm の水平狭隘流路について、下面加熱の場合の計測結果が紹介され、気液界面挙動と壁温の相関が示された。

「大型プレートフィン型熱交換器 ～最近の動向と限界への挑戦～」

住友精密工業(株) 高温熱交技術室

辻井 潤一 氏

住友精密がプレートフィン型熱交換器を扱うようになった歴史的経緯と現在のプラント用アルミニウム製大型熱交換器が活躍する分野と技術課題さらには高温高压分野（ステンレス製）への取り組みについて紹介された。プラント用では主たる深冷分離プロセスでの技術進歩に伴い、熱交換器に求められる課題が伝熱性能面や圧力容器として高度化していることへの対応があること、発電用ガスタービン・燃料電池・Gas to Liquid (GTL) などの新しい高温プロセスの勃興と共に大規模なステンレス製の需要が出現してことが示された。

「積層型マイクロチャネル熱交換器について」

(株)神戸製鋼所 機械研究所 流熱技術研究室

久保 洋平 氏

近年、石油・ガス掘削向けの洋上設備や水素ステーションなど空間的制限が求められる小型で高性能かつ高耐圧性の熱交換器の需要が高まっている。ここではアルミろう付け熱交換器 ALEX (Brazed Aluminum Plate-fin Heat Exchanger) と積層型マイクロチャネル熱交換器 DCHE(Diffusion-bonded Compact Heat Exchanger)について紹介された。ALEX については、熱交換器 f 値, j 値への内挿フィン形状の影響について、数値解析に予測と形状最適化が説明された。また、DCHE については、製造方法が説明されるとともに、ALEX との特徴比較がなされた。さらに、マイクロチャネルとは異なる新しい流路パターンが示された。

b. 特別講演

「Effect of Oil on Distribution in Headers of Microchannel Heat Exchangers」

University of Illinois at Urbana-Champaign

Prof. Predrag Pega Hrnjak

講演の最初に 2 つの研究開発拠点として、ACRC : Air Conditioning & Refrigeration Center と CTS : Creative Thermal Solutions, Inc. が紹介された。

講演では、熱交換器内冷媒分流に及ぼす冷凍機油の影響として、水平多穴扁平管で構成される凝縮器での垂直ヘッダー内および熱交換流路内への冷凍機油滞留による無効伝熱面の拡大、垂直多穴扁平管で構成される蒸発器の下部水平ヘッダー内における冷凍機油フォーミングによる冷媒分流の改善効果が紹介された。

c. 見学会

神戸大学大学院工学研究科機械工学専攻の下記研究室を見学した。

- (1) 応用流体工学研究室： 山根 隆志 教授
人工心臓、人工腎臓の研究開発施設を見学した。
- (2) エネルギー変換工学研究室： 川南 剛 准教授

相変化機能性流体（エマルション）の伝熱特性，磁気冷凍システムの開発に関する実験施設を見学した。

(3) 混相熱流体工学研究室： 浅野 等 准教授

沸騰熱伝達・伝熱促進，静電容量センサによるボイド率計測に関する実験施設を見学した。また，中性子ラジオグラフィ法による吸着器内冷媒吸着量分布の可視化・計測について紹介があった。

d. 意見交換会（18：30～20：00）

神戸大学六甲台キャンパス内 Lans Box 2 階食堂で 50 名が参加し，意見交換会がなされた。

➤ 第 4 回委員会

日時：2015 年（平成 27 年）3 月 6 日（金） 13：00～18：00

会場：三重大学 津キャンパス

内容：

a. 話題提供

「自動販売機の省エネ技術」

富士電機(株) 食品流通事業本部 冷熱技術センター

土屋 敏章 氏

国内の飲料自動販売機の設置台数は約 250 万台と多いため，総消費電力も大きく，省エネルギー化の要望が強い。自動販売機の省エネルギーを実現するには侵入熱量の低減および高効率冷却ユニットが必要である。ここでは，自動販売機内部の気流制御と数値解析による予測技術，複数に分割された庫内の冷媒制御による同期温度制御技術，デルタ翼フィン熱交換器やアルミ熱交換器などの冷却ユニットの高効率化技術，アルミ熱交換器については着霜時の霜厚さ均一化技術について概説された。

「熱駆動型ヒートポンプの現状と諸課題」

名古屋大学大学院 工学研究科 エネルギー理工学専攻

小林 敬幸 氏

熱を駆動源とするヒートポンプは，広く普及している吸収式冷凍機をはじめ排熱利用分野において重要な役割を担っている。熱マネジメントの重要性が大きくなりつつある現在，より広い分野に本技術を適用するための技術開発が精力的に進められている。ここでは，吸着式冷凍機，化学蓄熱，化学ヒートポンプの開発動向が紹介されたあと，化学蓄熱 $\text{CaBr}_2\text{-H}_2\text{O}$ 系について，蓄熱・放熱特性，繰り返し試験，反応速度，蓄熱材充填層内の物質移動，熱拡散について解説された。さらに，その実用化に向けた諸課題について述べられた。

「二相流エジェクタとその活用技術」

豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター

中川 勝文 氏

圧縮式冷凍サイクルでの膨張仕事を利用する二相流エジェクタサイクルについて，その原理と最近の技術革新について概説された。数値解析に基づく単相流および二相流エジェクタのエネルギー変換効率の計算結果が示され，混合部での壁面摩擦損失，ディフューザ部の損失を考慮する場合，変換効率は単相流で最大 0.6 程度，二相流で 0.4 程度であることが示された。後半では，デンソーのカーエアコン用エジェクタサイクル ECS STEP2 について，新しい導入技術が紹介された。

「熱交換器の着霜問題への取り組みと除霜技術の研究動向」

静岡大学大学院 工学研究科 機械工学専攻

吹場 活佳 氏

近年，機器の性能低下をもたらす熱交換器における着霜問題について，国内外で多くの研究が行われるようになってきている。ここでは最近の，主に海外における着霜対策技術の研究動向が紹介されるとともに，独自の除霜技術としてジェット除霜技術が紹介された。講演者ら

の研究室で実施された霜層成長抑制技術・除霜技術に関する研究成果が紹介された。ジェット気流に粒子を混ぜることで霜の掻き取り効果を向上させる方法で、継続的な運用を可能にするジェットノズルの配置と粒子回収方法が説明された。

b. 見学会

三重大学大学院工学研究科機械工学専攻 熱流体系の下記研究室を見学した

- (1) エネルギーシステム設計研究室： 廣田 真史 教授，丸山 直樹 准教授
多流路分岐水平ヘッダーによる冷媒分流実験，音響冷凍実験，膨張弁を模擬した絞り流路の冷媒流動実験に関する実験施設を見学した。
- (2) エネルギー環境工学研究室： 前田 太佳夫 教授，鎌田 泰成 准教授，村田 淳介 助教
国内最大級の大型風洞実験施設，モデル風車実験装置を見学した。
- (3) 流動現象学研究室： 辻本 公一 教授，安藤 俊剛 准教授
流体数値シミュレーションと噴流制御技術について紹介があった。気泡噴流によるマイクロバブル生成およびT字合流部における損失低減技術に関する実験施設を見学した。

c. 意見交換会（18：00～19：30）

三重大学内 翠陵会館 2 階「パセオ」において 41 名が参加し，意見交換会がなされた。

➤ 特別見学会

日時：2015 年（平成 27 年）6 月 12 日（金） 10：00～12：00

会場：産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所

内容：再生可能エネルギー実証フィールド

薄型結晶シリコン太陽電池，地中熱ヒートポンプ，地熱探査技術

➤ 第 5 回委員会

日時：2015 年（平成 27 年）6 月 12 日（金） 13：00～18：00

会場：日本大学 工学部 50 周年記念館（ハット NE）

内容：

a. 話題提供

「低 GWP 冷媒の開発」

旭硝子(株) 化学品カンパニー 開発部 千葉研究所

福島 正人 氏

地球温暖化係数 (GWP) の高い冷媒を代替する事を目的とした旭硝子における低 GWP 冷媒の開発が紹介された。NEDO プロジェクト「高効率ノンフロン型空調技術の開発」の概要が説明されるとともに，空調用途で使用されている R-410A の代替として HFO-1123 と HFC-32 の混合冷媒が，低圧ターボ冷凍機並びに高温用ヒートポンプの用途で使用されている HFC-245fa 代替として AMOREA®-7d が候補として挙げられた。前者については，熱物性およびドロップイン試験の結果が示された。後者については，熱物性および理論サイクル計算の評価結果が示された。

「空調機器用熱交換器の伝熱促進技術」

(株)UACJ 技術開発研究所 名古屋センター

法福 守 氏

熱交換器の高性能化のためには，伝熱管や空気側フィン等の各要素の伝熱促進が不可欠である。空調機器用熱交換器や給湯用熱交換器を対象として，研究・開発が進められてきた銅製内面溝付伝熱管，アルミ扁平管，機能性表面処理フィン材等の伝熱促進技術の事例が紹介された。銅製内面溝付管については，溝形状と製造技術の変遷が，銅製外面フィン付管については，ヒートポンプ用二重管熱交換器（外側：冷媒，内側：水）への適用事例が，アルミ製多穴管については冷凍機油の影響と伝熱性能が，アルミ製溝付円管については Zn 溶射による防食技術が，親水滑水フィンについては着霜除霜試験結果が示された。

「二流体モデルの支配方程式とドライアウト予測」

電気通信大学情報理工学研究科

大川 富雄 氏

熱交換器の主要流動様式である環状流では、液膜ドライアウトが生じると熱交換性能が大きく劣化する。ドライアウト予測を行う上で最も有効な数値計算ツールとして二流体モデルがとりあげられ、基礎式と構成式、数学的適切性が講義された。さらに、環状流における液滴発生率、液滴付着率の構成式、ドライアウトの予測結果が示された。

「地球を暖めない+儲かる排熱回収熱交換器導入事例」

MD I (株)

岩澤 賢治 氏

あらゆる排気熱（ボイラ燃焼排ガス、湯気+汚れ+塩分、コンプレッサ排気、塗装ブースバーナー排気）や排水（クーリングタワー水、ボイラブロー水、製麺オーバーフロー水、温泉排水、生下水）に対する熱回収事例が紹介された。クーリングタワーとボイラの省エネ事例、ガス/液用ブレイジング熱交換器とヒートポンプを用いた熱回収システム、排ガスからの熱回収事例、うどん工場の湯気からの熱回収事例が紹介された。

b. 話題提供+施設見学

「ロハスの家と浅部地中熱ヒートポンプシステム」

日本大学工学部機械工学科

伊藤 耕祐 氏

日大工学部では「健康で持続可能な生活スタイル」を意味する「ロハス (LOHAS)」を実現する科学技術を「ロハス工学」と名付け、2000年代のはじめから6学科横断の教育・研究活動が展開されている。その具現化の一つとして2008年度より推進している「ロハスの家」研究プロジェクトについて、「浅部地中熱ヒートポンプシステム」の取り組み、特に震災後に福島県復興計画の一部として加速された実用展開の概要が紹介されるとともに、3棟の実験住宅と地中熱センター等の関連研究施設を見学した。

c. 意見交換会

磐梯熱海温泉清稜山倶楽部において38名が参加し、活発な意見交換会がなされた。

➤ 第6回委員会

日時：2015年（平成27年）9月10日（木） 12:40~18:00

会場：九州大学 伊都キャンパス ウェスト4号館9階

内容：

a. 話題提供

「事故シナリオを想定した微燃性冷媒のフィジカルハザード評価」

諏訪東京理科大学工学部機械工学科

今村 友彦 氏

いくつかの事故シナリオを想定し、微燃性冷媒が有するフィジカルハザードを評価した一例が紹介された。想定したシナリオは、① A2L冷媒搭載空調機器を居室内で暖房機器と同時使用した場合、② A2L冷媒滞留下で市販ライターを使用した場合、③ A2L冷媒がピンホールから漏洩した場合、④ A2L冷媒が回収機等の内部に漏洩した場合、である。

「産業用ヒートポンプの動向と実工場への適用事例について」

東京電力(株) 経営技術戦略研究所

梅沢 修一 氏

これまで主にボイラによってなされてきた産業分野の熱供給に対する、近年、環境意識の高まりや、燃料削減のニーズから、省エネルギーが期待できる高温用ヒートポンプの利用が進められている。ここでは、産業用ヒートポンプの動向や課題、そして実工場への適用事例

が紹介された。最高 90℃の温水供給ヒートポンプ (R134a) , 最高 130℃の熱水を供給可能な排熱回収型ヒートポンプ (R134a) , そして 4.5kW 出力小型高温ヒートポンプ (R410A) の導入事例と性能評価結果が示された。

「冷媒の膜状凝縮熱伝達 ―液膜モデルの概要―」

岡山県立大学

野津 滋 氏

近年では、次世代冷媒とその特性を考慮した先進熱交換技術の開発を同時進行される必要性が増大している。ここでは、冷媒の膜状凝縮熱伝達をとりあげ、(1) 現象の概要、(2) 平滑面および伝熱促進面上を流れる凝縮液膜のモデル化、(3) それらを管の内・外面に適用する方法、(4) 理論と実験との比較および予測式の紹介、(5) 冷凍機油の影響等について講義された。

「微細水平流路を流れる冷媒の沸騰熱伝達特性」

九州大学大学院 工学研究院 機械工学部門

宮田 一司 氏

新型の空調機用熱交換器への応用と普及が期待されている内径 1 mm 程度の微細冷媒流路について、円形、矩形および三角形流路を対象にした冷媒の沸騰熱伝達に関する実験結果が示された。ここでは、空調機の冷媒流路として広く用いられている水平流について、実験で得た微細流路の沸騰熱伝達特性が、流路形状の影響を含めて講義された。

b. 見学会

九州大学大学院 機械工学部門 熱工学講座の 3 研究室を見学した。

- (1) 熱エネルギー変換工学研究分野： 森 英夫 教授、濱本 芳徳 准教授、宮田 一司 助教
微細流路内の沸騰熱伝達、超臨界圧流体の伝熱流動、高温高压蒸気のプール液中放出凝縮現象に関する実験施設を見学した。
- (2) 熱流体物理研究分野： 高田 保之 教授、河野 正道 准教授、迫田 直也 助教
高温高压水素の熱物性値の実測に関する研究施設を見学した。
- (3) 熱物質移動研究分野： 高松 洋 教授、藏田 耕作 准教授、王 海東 助教
凍結手術支援を目的としたクライオプローブ、細胞の凍結に関する研究施設を見学した。

c. 意見交換会 (18 : 00~19 : 30)

九州大学 伊都キャンパス 学生食堂 ビッグどら において 30 名が参加し、活発な意見交換会がなされた。

➤ 第 7 回委員会

日時：2015 年（平成 27 年）11 月 27 日（木） 13 : 00~17 : 30

会場：ダイキン工業 東京支社

内容：

a. 話題提供

「偏平管を使用した熱交換器の冷媒分流」

三重大学大学院工学研究科機械工学専攻

廣田 真史 氏

ヘッダーに複数の偏平チューブが並列接続されたパラレルフロー型熱交換器では、気液二相流が流入する場合、チューブへの液分配が不均一となり伝熱性能が低下する懸念がある。ここでは、熱交換器をモデル化した多分岐管において、空気-水二相流と冷媒二相流の類似性、冷媒二相流の場合は枝管加熱の影響、そして枝管の断面積の変化が気液分配に及ぼす影響について実験結果に基づく評価結果が示された。さらに、数値シミュレーションによる計算結果との比較評価結果が示された。

「時空間フィルタ流速計の基礎と応用事例」

神戸大学大学院工学研究科機械工学専攻

細川 茂雄 氏

熱流体分野の研究開発における流速分布測定には PIV (Particle image velocimetry) が用いられることが多くなってきたが、測定精度や信頼性の面では LDV (Laser Doppler velocimetry) の方が優れている場合も少なくない。ここでは、講師らによって開発された LDV と PIV/PTV の有する利点を兼ね備えた時空間フィルタ流速計 (SFV: spatiotemporal filter velocimetry) について、高速度撮影画像のコンピュータ処理に基づく本手法の原理を概説するとともに、その応用事例が紹介された。

「Solstice Low GWP New Generation」

(HFO 3 種およびそのブレンド新次世代冷媒「SolsticeR」シリーズの世界標準化を見据えた展開最新動向について)

Honeywell Integrated Technology
ハネウェルジャパン

Dr. Yongming Niu
薄田 隼人 氏

オゾン層破壊係数ゼロと地球温暖化係数 (GWP) 低減に着目するだけでなく、実運用のために必須となるユーザーニーズである安全性や省エネルギー性能についても総合的に満たすため開発が進められている新次世代冷媒「SolsticeR」シリーズについて、ユーザー実地評価を含めた最新状況が紹介された。

「潜熱回収熱交換器の伝熱特性」

神戸大学大学院工学研究科機械工学専攻

浅野 等 氏

ガス給湯器では、排気燃焼ガスに含まれる水蒸気の潜熱を回収して熱効率を向上させる二次熱交換器の利用が進められつつある。熱交換器上での結露で生成される水には燃焼ガス中の窒素酸化物が溶解するため硝酸水となり、伝熱面はステンレス鋼で製造される。ここでは、管群熱交換器を対象に、結露水の挙動と熱交換性能に及ぼす管の姿勢、管配列、さらには管表面に加工した溝の影響について紹介された。

b. 国際会議報告

The 24th International Congress of Refrigeration (ICR-2015), 横浜, (August 16-22, 2015)

2015 年 8 月 16 日から 22 日に横浜、パシフィコ横浜で開催された第 24 回国際冷凍会議 (ICR2015) の参加報告がなされた。講演内容が調査報告された研究分野と担当者は以下の通りである。

Boiling, Evaporator (党 [東京大学])

Condensation, Condenser, Absorption and Adsorption, Desiccant, Measurement Techniques, CFD (浅野 [神戸大学])

Plate Heat Exchanger and Flow Distribution, Residential and Commercial Heat Pump Systems, A/C Large Space (廣田 [三重大学])

Ejector, A/C for Mobile, Ice Slurry, Nanofluids, Secondary Refrigerant (宮良 [佐賀大学])

Air-side Single-Phase Heat Transfer, Frost (伊東 [三菱電機])

CO₂, Lubricants (高 [福岡大学])

Cycle/System Analysis, System Capacity Control, Cooling Use Energy Efficiency, Industrial Heat Pump, Energy Recovery (佐々木 [日本大学])

Refrigerated Storage (井上 [東京海洋大学])

Refrigerated Transport (D2) (西田 [前川製作所])

Food Science & Engineering (渡辺 [東京海洋大学])

c. 意見交換会 (17:30~19:00)

委員会会場と同じフロアの多目的スペースにおいて 46 名が参加し、活発な意見交換会がなされた。

➤ 第 8 回委員会

日時：2016 年（平成 28 年）3 月 8 日（火） 13：00～17：30

会場：東京海洋大学 品川キャンパス 楽水会館 大会議室

内容：

a. 話題提供

「低 GWP 冷媒に対する熱力学モデルの開発状況」

九州産業大学

赤坂 亮 氏

冷媒状態量を表現するための状態方程式について、その種類とヘルムホルツ型状態方程式の有効性が説明された。Peng-Robinson や van der Waals に代表される 3 次型は様々な物質に適用可能で式が単純なのでサイクル評価などでは利用できるが、液密度や比熱などの誘導状態量の精度が悪いため機器設計には不向きであり、気液両相を良好に表現可能な熱力学モデルであるヘルムホルツ型状態方程式が有効である。ここでは、ヘルムホルツ型状態方程式の開発方法と熱力学の一貫性が説明されるとともに、近年発表された低 GWP 冷媒に対するこれらの状態方程式やモデルの開発状況が紹介された。

なお、講演では純冷媒についてであったが、講演資料には混合冷媒も含まれているので参考いただきたい。

「冷温水式高効率空調システム「みずエクセル」と温熱環境の評価」

木村工機

石田 貴之 氏

みずエクセルでは、「システム省エネ」と「持続的な快適性」の両立を目指した空調システムが提案されている。セントラル方式における大温度差空調や中温熱媒利用を設計のベースとし、自動制御盤を搭載した二次側空調機や、放射整流ユニットによる風を感じない空調などが紹介された。また、放射整流ユニットによる温熱環境評価・心理申告などの研究結果が紹介された。

「熱交換器関連の開発事例紹介」

三星電子

早瀬 岳 氏

エアコン用熱交換器の高性能化に関して、従来のフィンアドチューブ方式から最新のパラレルフロー方式における開発事例が紹介された。

「アイススラリーの流動および伝熱特性」

青山学院大学

熊野 寛之 氏

水もしくは水溶液中に、微細な氷粒子を含んだアイススラリーは、高い流動性、蓄熱密度などの点から、空調用途の 2 次冷媒としてだけでなく、食品などの冷却媒体として期待されている。ここでは、アイススラリーを水平円管内に流動させた際の流動特性と配管外部から加熱した際の熱伝達特性について説明された。アイススラリーは擬塑性流体として扱えること、見かけレイノルズ数を用いることで層流域の管摩擦係数、ヌッセルト数を予測可能であることが示された。また、乱流域では低 IPF と高 IPF で流動が異なることが説明され、整理式が示された。

b. 意見交換会（18：00～19：30）

品川駅近く DELi-Style において 40 名が参加し、活発な意見交換会がなされた。

7. 特別講演，話題提供の分野別分類

➤ 熱交換器設計

「空調機用熱交換器の高性能化」

石橋 晃 氏（三菱電機）

[第 1 回委員会]

「新しい冷媒分配構造を採用したプレート式熱交換器のご紹介」

田中 信雄 氏（日阪製作所）

[第 1 回委員会]

「蓄冷機能付きエバポレータによる車両の快適性と燃費向上の両立」

長沢 聡也 氏（デンソー）

[第 1 回委員会]

「高耐圧マイクロチャンネル積層型熱交換器の開発」

阿部 豊 氏（筑波大学）

[第 2 回委員会]

「大型プレートフィン型熱交換器 ～最近の動向と限界への挑戦～」

辻井 潤一 氏（住友精密工業）

[第 3 回委員会]

「積層型マイクロチャンネル熱交換器について」

久保 洋平 氏（神戸製鋼所）

[第 3 回委員会]

「空調機器用熱交換器の伝熱促進技術」

法福 守 氏（UACJ）

[第 5 回委員会]

「潜熱回収熱交換器の伝熱特性」

浅野 等 氏（神戸大学）

[第 7 回委員会]

「冷温水式高効率空調システム「みずエクセル」と温熱環境の評価」

石田 貴之 氏（木村工機）

[第 8 回委員会]

「熱交換器関連の開発事例紹介」

早瀬 岳 氏（三星電子）

[第 8 回委員会]

➤ 冷媒物性および冷凍機油

「次世代低 GWP 冷媒による各種用途展開」

石川 淳一 氏（三井デュポンフロケミカル）

[第 1 回委員会]

「冷媒の燃焼性評価と国際標準化について」

滝澤 賢二 氏（産業技術総合研究所）

[第 2 回委員会]

「計量の標準と代替冷媒の熱物性評価について」

粥川 洋平 氏（産業技術総合研究所）

[第 2 回委員会]

「低 GWP 冷媒の開発」

福島 正人 氏（旭硝子）

[第 5 回委員会]

「事故シナリオを想定した微燃性冷媒のフィジカルハザード評価」

今村 友彦 氏（諏訪東京理科大学）

[第 6 回委員会]

「Solstice Low GWP New Generation」

（HFO 3 種およびそのブレンド新次世代冷媒「SolsticeR」シリーズの
世界標準化を見据えた展開最新動向について）

Dr. Yongming Niu (Honeywell Integrated Technology)

薄田 隼人 氏（ハネウェルジャパン）

[第 7 回委員会]

「低 GWP 冷媒に対する熱力学モデルの開発状況」

赤坂 亮 氏（九州産業大学）

[第 8 回委員会]

➤ 非共沸混合冷媒

「非共沸混合媒体を用いる産業用ヒートポンプ」

遠藤 尚樹 氏（産業技術総合研究所）

[第 2 回委員会]

➤ 熱交換器素材，加工法

「空調機器用熱交換器の伝熱促進技術」

法福 守 氏（UACJ）

[第 5 回委員会]

- 冷媒沸騰縮熱伝達
「微細水平流路を流れる冷媒の沸騰熱伝達特性」
宮田 一司 氏 (九州大学) [第 6 回委員会]
- 冷媒凝縮熱伝達
「冷媒の膜状凝縮熱伝達 ―液膜モデルの概要―」
野津 滋 氏 (岡山県立大学) [第 6 回委員会]
- 多穴管, 微細管内熱流動
「空調機用熱交換器の高性能化」
石橋 晃 氏 (三菱電機) [第 1 回委員会]
「高耐圧マイクロチャンネル積層型熱交換器の開発」
阿部 豊 氏 (筑波大学) [第 2 回委員会]
「積層型マイクロチャンネル熱交換器について」
久保 洋平 氏 (神戸製鋼所) [第 3 回委員会]
「Effect of Oil on Distribution in Headers of Microchannel Heat Exchangers」
Prof. Predrag Pega Hrnjak
(Univ. of Illinois at Urbana-Champaign) [第 3 回委員会]
「自動販売機の省エネ技術」
土屋 敏章 氏 (富士電機) [第 4 回委員会]
「空調機器用熱交換器の伝熱促進技術」
法福 守 氏 (UACJ) [第 5 回委員会]
「微細水平流路を流れる冷媒の沸騰熱伝達特性」
宮田 一司 氏 [第 6 回委員会]
「熱交換器関連の開発事例紹介」
早瀬 岳 氏 (三星電子) [第 8 回委員会]
- 空気側熱伝達
「空調機用熱交換器の高性能化」
石橋 晃 氏 (三菱電機) [第 1 回委員会]
「自動販売機の省エネ技術」
土屋 敏章 氏 (富士電機) [第 4 回委員会]
- 気液二相流
「二相流エジェクタとその活用技術」
中川 勝文 氏 (豊橋技術科学大学) [第 4 回委員会]
「二流体モデルの支配方程式とドライアウト予測」
大川 富雄 氏 (電気通信大学) [第 5 回委員会]
- 冷媒分流
「空調機用熱交換器の高性能化」
石橋 晃 氏 (三菱電機) [第 1 回委員会]
「新しい冷媒分配構造を採用したプレート式熱交換器のご紹介」
田中 信雄 氏 (日阪製作所) [第 1 回委員会]
「Effect of Oil on Distribution in Headers of Microchannel Heat Exchangers」
Prof. Predrag Pega Hrnjak
(Univ. of Illinois at Urbana-Champaign) [第 3 回委員会]
「偏平管を使用した熱交換器の冷媒分流」

- 冷凍機油の影響
「Effect of Oil on Distribution in Headers of Microchannel Heat Exchangers」
Prof. Predrag Pega Hrnjak
(Univ. of Illinois at Urbana-Champaign)
[第 3 回委員会]
- 熱流動現象の計測手法
「感温塗料を用いた沸騰伝熱面温度計測」
河南 治 氏 (兵庫県立大学) [第 3 回委員会]
「時空間フィルタ流速計の基礎と応用事例」
細川 茂雄 氏 (神戸大学) [第 7 回委員会]
- 地中熱利用, 排熱回収
「ロハスの家と浅部地中熱ヒートポンプシステム」
伊藤 耕祐 氏 (日本大学) [第 5 回委員会]
- 相変化・蓄熱・二次冷媒
「蓄冷機能付きエバポレータによる車両の快適性と燃費向上の両立」
長沢 聡也 氏 (デンソー) [第 1 回委員会]
「相変化機能性流体の伝熱特性について」
川南 剛 氏 (神戸大学) [第 3 回委員会]
「アイススラリーの流動および伝熱特性」
熊野 寛之 氏 (青山学院大学) [第 8 回委員会]
- 霜
「空調機用熱交換器の高性能化」
石橋 晃 氏 (三菱電機) [第 1 回委員会]
「自動販売機の省エネ技術」
土屋 敏章 氏 (富士電機) [第 4 回委員会]
「熱交換器の着霜問題への取り組みと除霜技術の研究動向」
吹場 活佳 氏 (静岡大学) [第 4 回委員会]
- エネルギーシステム
「非共沸混合媒体を用いる産業用ヒートポンプ」
遠藤 尚樹 氏 (産業技術総合研究所) [第 2 回委員会]
「自動販売機の省エネ技術」
土屋 敏章 氏 (富士電機) [第 4 回委員会]
「熱駆動型ヒートポンプの現状と諸課題」
小林 敬幸 氏 (名古屋大学) [第 4 回委員会]
「地球を暖めない+儲かる排熱回収熱交換器導入事例」
岩澤 賢治 氏 (MD I) [第 5 回委員会]
「ロハスの家と浅部地中熱ヒートポンプシステム」
伊藤 耕祐 氏 (日本大学) [第 5 回委員会]
「産業用ヒートポンプの動向と実工場への適用事例について」
梅沢 修一 氏 (東京電力) [第 6 回委員会]
「冷温水式高効率空調システム「みずエクセル」と温熱環境の評価」
石田 貴之 氏 (木村工機) [第 8 回委員会]

8. 出席者数

Table 1 Number of participants of each committee

回	大学側委員	企業側委員	オブザーバ	事務局	講演者※1	参加者総数	意見交換会
1	12	28	27	1	2	70	50
2	11	21	14	1	3	50	35
3	10	23	23	1	5	62	50
4	12	25	17	1	3	58	41
5	12	24	16	1	4	57	38
6	10	21	11	1	4	47	30
7	13	25	22	1	3	64	46
8	13	24	16	1	2	56	40

※1 委員外の講演者数

以上