

# 冷凍空調用熱交換器に係わる技術課題の調査 - 熱交換器技術分科会活動報告 -

Technical Survey on Heat Exchanger Technology for Refrigerating and Air-conditioning  
- Summary Report of Subcommittee of Heat Exchanger Technology -

キーワード：熱交換器技術，研究開発動向，ロードマップ，コンソーシアム  
Heat exchanger technology, Trend of research and development, Roadmap, Consortium

小山 繁\* Shigeru KOYAMA，森 英夫\*\* Hideo MORI，沢田 範雄\*\*\* Norio SAWADA

## 1. はじめに

社団法人日本冷凍空調学会においては，法人会員のニーズを基に「冷凍空調および食品の各技術分野における技術の動向，今後進むべき技術の方向性を議論する仕組み作り」が急務との認識のもとに，平成16年10月，「技術企画委員会」とその傘下の8つの技術分科会の設置が決定された．本稿では，技術分科会のひとつである「熱交換器技術分科会」の活動の一環として，本技術分科会の発足の経緯，約1年かけて実施した「冷凍空調分野における熱交換器に係わる技術ニーズ調査」の結果，およびこれから設立を目指しているコンソーシアム「産学連携による調査研究プロジェクト」の方向性について報告する．なお，本稿の一部は先に開催された2006年度年次大会において既に報告している[1]．

## 2. 熱交換器技術分科会の発足

我が国の冷凍空調産業の学術的および技術的進展に永年貢献してきた(社)日本冷凍協会は，平成9年4月より更なる発展と飛躍を期して，(社)日本冷凍空調学会として新たにスタートした．この学会発足に際して，学会活動の一層の充実を図るためのひとつの事業として，調査研究委員会のもとに，産学協同の新しい「研究開発・調査研究プロジェクト」制度が創設された[2]．表1に，これまで実施されたプロジェクトのリストを示す．本制度により，熱交換技術(表中の1番，4番および6番)，吸収冷凍技術(表中の2番および3番)，冷凍空調システムLCA(表中の5番)，圧縮機モータ技術(表中の7番)など，10件のプロジェクトが主として大学の研究者による研究シーズを核として実施され，数多くの成果が得られた．しかしながら，一方で，本制度のみでは産業界のニーズを積極的に受け入れる場，学会責務として取り組むべき基礎研究の提案や実行の場などが網羅できていないとの危惧が生じた．その為，先に述べたように，法人会員へのサービスとして「冷凍空調および食品の各技術分野における技術の動向や，

今後進むべき方向性を議論することが急務」との認識のもとに従来の調査研究委員会の仕組みと活動を抜本的に改正することとなり，「技術企画委員会」が平成16年10月発足した(詳細は千秋[3]の会務報告を参照のこと)．

以上の背景のもとに発足した技術企画委員会は，低温，冷凍および空気調和，食品冷凍，環境保護等の各分野における科学技術動向や，今後の進むべき方向性(技術ロードマップ)の取りまとめ，傘下の技術分科会の新設・統廃合および調査研究ワーキンググループと調査研究プロジェクトの設立・解散に関する審議，および調査研究ワーキンググル

表1 実施されたプロジェクト一覧 [1]

番号	研究開発・調査研究プロジェクト名	研究代表者	発足	完了
1	新規代替冷媒用管内凝縮器の熱的設計法	小山 繁(九州大)	H9	H11
2	吸収冷凍機の超小型化のための調査研究	野邑奉弘(大阪市立大) 柏木孝夫(東京農工大)	H10	H12
3	新世代吸収ヒートポンプ研究	功刀能文(東京農工大) 柏木孝夫( " )	H10	H12
4	冷媒の新形状溝付管内凝縮に関するデータベースの構築と伝熱計算法の開発	本田博司(九州大)	H11	H13
5	冷凍空調機器システムのLCA方法の研究開発	飛原英治(東京大)	H12	H14
6	代替冷媒対応管内蒸発器の熱的最適設計法の研究	吉田 駿(九州大)	H12	H14
7	高効率冷媒圧縮機モータ用Nd磁石の耐冷媒，耐潤滑油安定性に関する研究	柳沢 正(静岡大)	H12	H14
8	冷凍空調分野でのIT利用に関する国内外の規格化と技術標準化の進捗状況の調査	勝田正文(早稲田大)	H14	H16
9	氷スラリーなどの二次冷媒の調査・研究開発	稲葉英男(岡山大)	H14	H16
10	地域性を考慮した除湿負荷計算データベースの開発および省エネルギー除湿技術の調査	稲葉英男(岡山大)	H15	H16

\*九州大学 総合理工学研究院

Faculty of Engineering Sciences, Kyushu University,

\*\*九州大学 工学研究院

Faculty of Engineering, Kyushu University

\*\*\*三洋電機(株) ヒューマンエコロジー研究所

Human Ecology Research Center, SANYO Electric Co., Ltd.

原稿受理：2006年12月2日

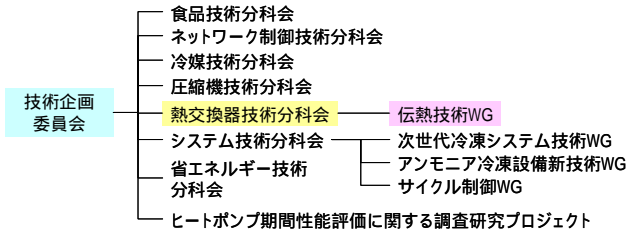


図1 技術企画委員会の組織体制 [1]

ープ(WG)と調査研究プロジェクトの成果の承認などを主たる役割として活動している。図1に技術企画委員会の現在の組織体制を示す。本委員会のもとに、現在、7つの技術分科会、ひとつのプロジェクトおよび4つの技術WGが設置されており、それぞれ、担当分野において活動している。

技術企画委員会傘下の技術分科会のひとつとして平成17年4月に活動を開始した「熱交換器技術分科会」(主査:小山繁(九大))は、冷凍空調技術に係わる熱交換器に関する、学術研究および技術の動向調査(情報収集,調査研究),産学連携プロジェクトの立案・運営・管理,当該分野の学術・技術情報のデータベース化・標準,および最新情報の会員への発信を主たる役割として担っている。また、本技術分科会のもとに設置されている「伝熱技術WG」(主査:森英夫(九大))では、伝熱に関する最新研究情報の収集,伝熱データベースの構築と充実,および伝熱に関する専門別テキストの出版を任務としており、近々、凝縮に関する専門書の出版と伝熱データベースの公開を予定している。

### 3. 技術シーズの調査および分析方法

日本の冷凍空調産業の技術基盤の更なる発展を目指して、産学協体制で、熱交換器に係わる技術シーズ調査,将来に向けての動向調査,産学共同研究推進などに取り組む為に、表2に示すメンバーで熱交換器技術分科会を構成し、熱交換器に係わる技術シーズのアンケート調査を以下のように実施した。

(1) 第一次アンケート調査は、漠然とした自由記載方式は採らず、表3に示す調査項目をガイドラインとして提示して、それらの各調査項目について“取り組むべき”,“取り組んだらよいと思われる”研究開発課題を挙げて下さい(可能であれば、その課題を挙げられた理由,既存技術の問題点などもお教え下さい。.)との内容で実施した。なお、以上の調査は各企業の技術開発戦略に係わる重要事項も含まれるので、技術分科会で安易に意見交換を行うことができないとの判断から、各委員からの調査結果については、主査の責任において「極秘情報」として取り扱

表2 熱交換器技術分科会委員 [1]

役員	氏名	所属(略称)
主査	小山 繁	九州大学大学院総合理工学研究院 エネルギー物質科学部門
幹事	森 英夫	九州大学大学院工学研究院 機械科学部門
幹事	印南 幸夫	日立アプライアンス(株) 清水空調本部 技術開発部
委員	石橋 晃	三菱電機(株) 住環境研究開発センター
	小嶋 隆夫	(株)富士通ゼネラル 空調技術研究所
	勝田 正文	早稲田大学理工学術院 機械工学科
	澤田 範雄	三洋電機(株)研究開発本部 ヒューマンエコロジー研究所
	平良 繁治	ダイキン工業(株)滋賀製作所 空調生産本部商品開発グループ
	長岡 良明	東芝キャリア(株) 機能研究開発センター
	西田 耕作	(株)前川製作所守谷工場 技術研究所
	横山 昭一	松下電器産業(株)松下ホームア プライアンス社 技術本部 空調研究所

表3 第一次アンケート調査項目 [1]

項目	調査事項
1	冷媒の種類(次世代冷媒,将来冷媒,混合冷媒,その他の視点から)
2	冷媒側伝熱形態(凝縮,蒸発,吸収,吸着,その他の視点から)
3	伝熱面(伝熱面の種類や形状,銅管,アルミ管,微細流路,その他の視点から)
4	空気やブラインなどの二次冷媒側伝熱(フィン伝熱,着霜,除霜,ミスト,その他の視点から)
5	熱交換器(熱交換器タイプ,冷媒分配,高性能化,小型化,その他の視点から)
6	熱交換器技術応用新規分野
7	ナノテクノロジー等の応用技術
8	上記の項目以外のその他の課題

表4 アンケート調査結果に対する評価項目 [1]

重要度	次の5段階評価で回答(2あるいは4の回答も可) 1: あれば良い・いずれ重要かも 3: 重要 5: 最優先・不可避・最重要
時期	次の3段階評価で回答 短期: H18年から2年以内 (1年) 中期: H18年の3年先から5年先の間 (4年) 長期: H18年の5年先以上 (7年)
コンソーシアム化	該当する場合 で回答 : コンソーシアムとして取り組むべき課題と考える

い、委員名が特定できないような形にとりまとめて第一次アンケート調査結果とした。

(2) 第一次アンケート調査結果を技術分科会委員に送付して、重要な項目の追加や修正がないかどうかの再調査を実施した。この再調査の結果を

第一次アンケート調査の結果に反映して整理・集約ものを第一次アンケート調査の最終結果とした。

(3) 第一次アンケート調査の最終結果を、技術分科会委員に送付し、表4に示す評価指標に基づき評価した。この結果を第二次調査の結果とした。

#### 4. 技術シーズの調査結果

表5(a)~(h)に二次調査の結果を示す。表(a)~(h)はそれぞれ表3中の調査項目1~8に対する結果である。

表5(a)は冷媒の種類に関する調査結果である。表より、自然冷媒およびその混合冷媒、冷媒の温暖化への総合的な影響評価、個々の使用条件下での最適な冷媒選定などの課題の重要度が極めて高いことが分かる。また、これらの研究開発課題への取り組み

期間は2年から5年程度であることも分かる。

表5(b)は冷媒側伝熱形態に関する調査結果である。表より、CO<sub>2</sub>の伝熱特性、油を含むCO<sub>2</sub>の伝熱特性、気液二相流の流動可視化と数値解析および非円管流路の伝熱特性の課題が重要であることが分かる。特に、CO<sub>2</sub>の伝熱特性に及ぼす油の影響の解明が重要度と緊急度(期間が短期)のいずれも極めて高いことが分かる。

表5(c)は伝熱面に関する調査結果である。この場合も、CO<sub>2</sub>などの自然冷媒の伝熱特性と伝熱管細径化や微細溝付管による自然冷媒の伝熱促進に関する研究課題の重要度が伺える。研究期間的には、3年程度後の成果が望まれており、機器設計に使用できる信頼度の高い学術情報が求められていることが推定される。

表5(d)は空気やブライン等の二次冷媒側伝熱に

表5 技術シーズの調査結果 (一部は文献 [1]より引用)

(a) 調査項目1. 冷媒の種類(次世代冷媒, 将来冷媒, 混合冷媒, その他の視点から)			平均	平均(年)	個数
No.	テーマ	備考	重要度	時期	コンソシアム化
1(1)	単一成分冷媒	CO <sub>2</sub> , 空気, 水, プロパン, ブタン, アンモニアなど	4.1	2.3	2
1(2)	自然系混合冷媒	CO <sub>2</sub> /HC系の混合冷媒やR723(アンモニア/DME混合冷媒)など	3.0	4.4	3
1(3)	次世代冷媒の探索と可能性検討	対環境, 機器性能, 安全性(燃焼性)の点で問題のない次世代冷媒の探索と可能性検討	3.7	5.7	1
1(4)	冷媒の用途(使用目的, 使用環境)	冷媒の用途, 国・地域性(使用目的, 使用環境)	2.1	4.9	0
1(5)	温暖化に対する総合的な冷媒評価	地球温暖化防止に対する貢献度, エネルギー効率などから総合的に評価	4.0	3.6	3
1(6)	学術的視点での冷媒選定	学術的な視点からどの冷媒が良いかを検討すべき(政治的に冷媒選定を決めてはならない)	3.9	3.6	4
1(7)	冷媒の特色への対応技術	冷媒の特色(長所・欠点)への対応: 高圧, 可燃性, 腐食性などへの対応技術	3.6	3.1	0
1(8)	HCサイクル+CO <sub>2</sub> 等二次冷媒のシステム	HCサイクル+CO <sub>2</sub> 等を二次冷媒としたシステム	3.6	3.6	0
1(9)	新フッ素系温暖化対応代替冷媒	低温暖化係数のフッ素系新冷媒動向(特に, 自動車用冷媒)	2.9	4.0	2

(b) 調査項目2. 冷媒側伝熱形態(凝縮, 蒸発, 吸収, 吸着, その他の視点から)			平均	平均(年)	個数
No.	テーマ	備考	重要度	時期	コンソシアム化
2(1)	CO <sub>2</sub> /HC系冷媒の伝熱特性	CO <sub>2</sub> /HC系混合冷媒の凝縮・蒸発伝熱特性	3.1	3.1	2
2(2)	油混入時のCO <sub>2</sub> 伝熱特性	冷凍機油混入によるCO <sub>2</sub> 伝熱特性の低下	4.9	1.0	3
2(3)	CO <sub>2</sub> 固気二相熱伝達	CO <sub>2</sub> 固気二相熱伝達, 三重重点(-56.6℃)以下の冷熱利用, 昇華潜熱の効果的利用, 伝熱促進	2.4	4.0	1
2(4)	超臨界CO <sub>2</sub> 伝熱特性の実験と整理式確立	CO <sub>2</sub> の超臨界圧での伝熱挙動の実験解析と熱伝達率の実験式確立(特に擬臨界点近傍)	4.4	1.0	4
2(5)	管内二相流の可視化と数値解析	実熱交換器管内の可視化および管内二相流の数値解析	3.9	4.0	5
2(6)	非円管内熱伝達率	非円管の冷媒流路内熱伝達率の実験的把握(プレート式, フィン&プレート式, コルゲートフィン&フラットチューブなど)	3.4	3.6	2
2(7)	細径円管の系統的単管性能	円管で, 細管(5mm前後)からサブミリまでの連続する管径の系統的単管性能の把握	3.1	3.1	3
2(8)	低蒸発圧力損失高凝縮熱伝達率伝熱管	蒸発時の圧力損失が小さく, 凝縮熱伝達率が高い伝熱管	2.4	4.0	0
2(9)	液リッチ液相伝熱性能向上	液リッチの場合の液相伝熱性能向上	2.7	4.4	0
2(10)	信頼性, 品質面からのアプローチ	冷媒側伝熱性能だけでなく, 信頼性と品質面からの学術的アプローチ(例: 不純物の影響や腐食問題)	2.0	6.1	1

(c) 調査項目3. 伝熱面(伝熱面の種類や形状, 銅管, アルミ管, 微細流路, その他の視点から)			平均	平均(年)	個数
No.	テーマ	備考	重要度	時期	コンソシアム化
3(1)	Uベンド部の伝熱影響	Uベンドおよび伝熱管曲がり部の影響: Uベンドの加工等で流れと伝熱性能が変化?	2.3	3.6	1
3(2)	楕円管の性能評価	楕円チューブ-蒸発冷却(エアコン)用熱交換器への適用事例(管内凝縮, 管外蒸発)あり, 定量的な優位性評価が必要, メリットあればシェル&チューブ熱交への適用も可	2.0	4.9	1
3(3)	CO <sub>2</sub> 固気二相流用伝熱面の検討・評価	CO <sub>2</sub> 固気二相流に適した伝熱面の種類・形状・材質などの検討・評価	2.6	4.2	1
3(4)	最適伝熱面(溝)形状の探索	最適伝熱面(溝)形状の探索(現実の熱交換器のように工法の制約を受けない場合)	3.0	4.6	0
3(5)	CO <sub>2</sub> 用微細管の限界と溝形状	CO <sub>2</sub> 冷媒では微細管は定量的にどこまでい(のか), 溝形状はどうなっているか	3.4	3.6	4
3(6)	熱交換器の材料(全Al, 全Cu, Al-Cu)	材料(アルミ, 銅など)も含めて議論が必要, オールアルミ熱交換器, オール銅, アルミ銅のクロスフィン熱交換器	2.0	5.5	0
3(7)	雑排水熱回収用管外伝熱面	管外(二次媒体側)伝熱面の清掃性, 非汚染仕様など, 雑排水等からの熱回収等に活用	1.6	5.7	1
3(8)	微細流路の検討: 冷媒量削減	銅管, 微細流路: 熱交換器の必要冷媒量削減(環境負荷軽減)	2.3	3.4	0
3(9)	自然冷媒の管内外伝熱	自然冷媒+管内溝付管, 自然冷媒+管外伝熱(凝縮, 沸騰)	3.7	2.7	3
3(10)	伝熱面積拡大(ナノ粒子利用など)	伝熱面積の拡大(伊勢屋機械&京大のナノ粒子多孔質など)	3.0	4.4	2
3(11)	アルミ管の伝熱促進(高ねじれ溝付き管)	アルミ管の高熱伝促進(高ねじれ内面溝付き管)	2.3	4.4	1
3(12)	空気側伝熱の促進(縦渦, 脈動・振動流, ヒソフィン)	空気側フィン内部: 縦渦利用伝熱促進, 縦渦が発生する機構, 空気の脈動流, 振動流による伝熱促進, ヒソフィン	3.1	2.7	2
3(13)	製氷器の最適化: 脱水促進伝熱面	製氷機の最適化: 表面処理などによる製氷促進伝熱面, 脱水(剥離)促進伝熱面	2.0	4.8	0

表5 技術シーズの調査結果(つづき:一部は文献[1]より引用)

(d) 調査項目4. 空気やブライン等の二次冷媒側伝熱(フィン伝熱, 着霜, 除霜, ミストの視点から)				平均	平均(年)	個数
No.	テーマ	備考	重要度	時期	コンソーシアム化	
4(1)	デルタ翼等の新形フィンによる伝熱促進	デルタ翼等の新しいフィン面加工形態による伝熱促進	3.3	4.0	1	
4(2)	フィンの表面処理:形状と着霜性能	フィンの表面処理の着霜形態に対する影響, フィン形状の着霜/助霜性能への影響	3.0	4.0	2	
4(3)	フィン濡れ面伝熱と排水の最適化	結露時の濡れ面の伝熱性能および凝縮水の排水手法の最適化	2.6	4.4	1	
4(4)	CO <sub>2</sub> ブライン適用:高物性, 潜熱利用	CO <sub>2</sub> の熱物性の優位性や潜熱利用による省エネルギー効果が期待できる.	2.7	3.6	1	
4(5)	対霜特性の高いフィンの開発	低外気温時の伝熱特性に優れたフィン形状の開発(特に, 切り起こしのないフィンや切り起こしがあるフィンの着霜進行メカニズムに関する研究と抑止策の探索)	2.6	4.0	1	
4(6)	表面濡れ性と着霜現象の関係	フィン表面の濡れ性と着霜現象の関係	2.7	4.0	3	
4(7)	ミスト発生メカニズムとその対策	ミスト発生メカニズムとその対策	2.3	4.0	1	
4(8)	二次冷媒(ブライン, CO <sub>2</sub> など)	二次冷媒(ブライン, CO <sub>2</sub> などの二次ループ用熱搬送媒体)	2.4	4.9	2	
4(9)	雑排水(汚濁・高粘度流体等)	雑排水(単に汚染だけでなく, 粘度の高い流体等)	1.3	5.7	0	
4(10)	着霜抑制と除霜の短縮	暖房(加温)運転時の室外機熱交換器の着霜抑制と除霜時間の短縮	2.1	4.0	1	
4(11)	エアコン熱交換器のミスト冷却の最適化	冷房(冷却)運転時の室外機熱交換器の蒸発冷却(エアコン)による顕熱上昇の抑制(ミスト冷却の最適化)	1.7	4.4	0	
4(12)	着霜・除霜の研究総括	着霜・除霜の現象論を最新の視点で総括(空気熱交換器へのデシカント手法の追加などを検討)	3.1	4.0	2	

(e) 調査項目5. 熱交換器(熱交換器タイプ, 冷媒分配, 高性能化, 小型化, その他の視点から)				平均	平均(年)	個数
No.	テーマ	備考	重要度	時期	コンソーシアム化	
5(1)	極細管熱交換器	極細管使用熱交換器:フィンと伝熱管の一体成形(フィン内に冷媒を流すイメージ), 扁平多孔管の可能性は?	3.4	4.4	2	
5(2)	冷媒分配の汎用設計法の確立	汎用性のある冷媒分配装置・手段の設計手法の確立	3.6	4.0	3	
5(3)	空気と冷媒の直接接熱交換	冷媒と空気の直接接触による熱交換	2.1	6.6	1	
5(4)	液体(二次熱媒)と冷媒の直接接熱交換	直接接熱交換器:水中への冷媒吹込み(またはその逆)による氷生成, 低温ブライン中へのCO <sub>2</sub> 吹込みによるドライアイス生成などの熱伝達の最適化	2.1	6.1	0	
5(5)	潜熱併用伝熱促進技術(エアコン等の最適化)	潜熱熱交換器:カスケード(蒸発/凝縮), エアコンなどの熱伝達の最適化	2.3	4.4	1	
5(6)	フィンチューブ熱交換器の高性能化	フィン&チューブ熱交換器の小型・高性能化:全体最適化を可能にする局所特性の掌握-乾き度や流速に対する管性能と圧損	3.6	3.1	3	
5(7)	冷媒分配の実験解析と定式化	分流器, ヘッダ, ディストリビュータ内の冷媒挙動(分流)の実験解析と定式化	3.9	3.6	4	
5(8)	冷媒・冷媒熱交換器	自然冷媒の普及, またそのサイクル効率向上において, 内部熱交もしくは, その活用方法が従来冷媒以上に重要な課題となる可能性あり	3.6	4.0	2	
5(9)	熱交換器の小型・省資源化	小型化, 高性能化による省スペース, 省資源(材料)化	2.6	4.6	1	
5(10)	5-(1)へ統合	細径化	3.3	4.4	3	
5(11)	扁平管式熱交換器	扁平管利用のマルチ・フロー式熱交換器	3.4	4.4	2	
5(12)	ヒートポンプ用オールアルミ熱交換器	パラレル・フロー型オールアルミ熱交換器のヒートポンプへの適用	3.3	4.4	1	
5(13)	5-(8)へ統合	冷媒・冷媒熱交換器	2.3	5.7	0	
5(14)	輻射活用した空調用熱交換器	輻射熱伝達を積極的に活用する輻射専用もしくは, ハイブリッド型空調用熱交換器	2.7	4.9	1	

(f) 調査項目6. 熱交換器技術の応用新規分野				平均	平均(年)	個数
No.	テーマ	備考	重要度	時期	コンソーシアム化	
6(1)	電子機器等への応用拡大	電子機器等への更なる応用	2.4	4.9	0	
6(2)	蒸気再圧縮(VRC)システム用熱交換器	VRC(蒸気再圧縮, MVR)システムに適用する熱交換器(管内:圧縮蒸気の凝縮/管外:水溶液またはスラリーの濃縮・水分蒸発)	2.1	4.9	1	
6(3)	5-(5)へ統合	水分移動を含む蒸発伝熱の促進, 圧力損失低減が課題	2.4	4.4	1	
6(4)	他分野への伝熱促進技術の展開	熱交換器の伝熱促進技術が応用できる新たな分野を探索すること自体がテーマ	2.7	6.6	4	
6(5)	空調・給湯複合熱交換器の最適化	空調用, 給湯用と冷媒とを組み合わせて各製品形態ごとに最適な熱交換器の選定	3.1	4.4	0	
6(6)	熱交換器と冷媒量調整機能の複合化	熱交による冷媒(作動媒体)の充填量のバッファーとしての機能のハイブリッド化 凝縮や蒸発などの相変化を伴う現象による容積の制御(調整)機能としての応用・活用	2.7	3.6	1	
6(7)	能動的な伝熱促進技術	能動的な伝熱性能向上策(水, 冷媒, 空気等)	2.9	5.7	3	

(g) 調査項目7. ナノテクノロジー等の応用技術				平均	平均(年)	個数
No.	テーマ	備考	重要度	時期	コンソーシアム化	
7(1)	伝熱面の微細加工	伝熱面の微細加工による伝熱性能向上	3.1	4.4	2	
7(2)	ナノオーダーの凝縮・蒸発特性	二相流等で, ナノオーダー(分子レベル)での界面追跡, 凝縮, 蒸発特性の解析は可能?	3.7	4.9	3	
7(3)	ナノオーダー管の伝熱特性	ナノオーダーの伝熱管径の伝熱特性の解明	3.6	6.1	4	
7(4)	吸着ヒートポンプの吸着性能改善	吸着ヒートポンプ:低温排熱による再生, 吸着性能(速度・量)の改善, 超寿命・低コスト等を実現できる新素材の開発	2.4	4.9	1	
7(5)	排出CO <sub>2</sub> 回収PSA装置の新素材開発	排出CO <sub>2</sub> 回収PSA装置:選択的にCO <sub>2</sub> を吸着する新素材開発	2.4	4.3	0	
7(6)	高機能性表面処理	高機能性表面処理:防汚性, 抗菌性, 脱臭機能, 親水性やその耐久性の向上技術, 光触媒を用いる場合熱交換器内部まで光が届きにくいのでその解決策が必要	2.3	4.9	1	
7(7)	加工技術の動向整理と応用	最先端での生産加工技術の動向(世界レベルや異分野での技術動向)と, 伝熱促進技術や微細加工技術の発展・応用について(日本メーカ, 日本の差別化キー技術として)	2.9	4.4	2	
7(8)	ナノスケール伝熱学の基礎研究と伝熱促進技術	ナノスケール伝熱学の基礎研究と超効率伝熱促進技術の研究開発:伝熱へ応用するに当たっての基礎的なメカニズムの解明	4.1	4.9	4	
7(9)	着霜抑制・汚れ付着防止コーティング材	着霜抑制, 汚れ付着防止による性能低下抑制, コーティング材(腐食防止)	2.9	4.4	0	
7(10)	ナノ粉体混合冷媒による伝熱促進	冷媒の中にナノ粉体を入れて伝熱促進はできないか?	2.7	6.1	1	

表5 技術シーズの調査結果(つづき:一部は文献[1]より引用)

(h) 調査項目8.上記の項目以外のその他の課題			平均	平均(年)	個数
No.	テーマ	備考	重要度	時期	コンソーシアム化
8(1)	伝熱管とフィンの接触熱抵抗の予測	伝熱管とフィンの密着状態による接触熱抵抗の予測:高精度測定手法の確立	2.7	3.1	1
8(2)	加圧下の凍結現象の解析や装置の開発	加圧下での凍結現象解析, 熱交換器・凍結装置の開発, 氷中への有用成分の封じ込め(オゾン氷の適用事例あり)	1.6	4.9	1
8(3)	システム・サイクルにおける有効度の評価	熱交換器単独の技術だけでなく,システム,サイクルにおける有効度(有効利用度)についてもシミュレーションや簡易検討できればよい	3.0	4.0	2
8(4)	熱交換器の素材自体の開発	熱交換器の素材自体の開発(機能性材料の開発,応用)	2.4	6.6	0
8(5)	湿度等の周囲環境と連動した熱の制御	温度差だけでなく周囲環境(湿度等)と連動した熱の移動方向,熱移動量の制御など	2.4	5.3	3

関する調査結果である。この場合は新形フィンによる伝熱促進, フィンの表面処理および形状と着霜性能の関係, 着霜・除霜の現象論などの研究課題の重要度が比較的高い。研究期間的には, 4~5年後の成果が求められている。

表5(e)は熱交換器に関する調査結果である。表より, 微細管や扁平管などを利用した高性能なコンパクト熱交換器の開発, 冷媒-冷媒熱交換器(内部熱交)の設計・活用法, 冷媒分配設計手法の確立, オールAl, オールCuなどの熱交換器の開発(構成材料の検討)の重要度が高い。これらの開発期間は4年程度である。

表5(f)は熱交換器技術応用新規分野に関する調査結果である。全体的に, 重要度はそれほど高くはないが, 課題としては電子機器への応用, 応用分野の探求, 空調・給湯複合熱交換器, 熱交換器の冷媒量調整機能の付与などが挙げられる。

表5(g)はナノテクノロジー等の応用技術に関する調査結果である。表より, 伝熱面微細加工, ナノオーダーの伝熱特性などが重要な課題として挙げられる。それらの研究開発期間は中長期的である。

表5(h)はその他の課題に関する調査結果を示す。課題としては, 接触熱抵抗, システム性能に及ぼす熱交換器性能などが挙げられている。

今回の技術ニーズ調査の回答者は冷凍空調機器開発に日頃携わっておられる技術者である。その為, 直接関連する当面の課題に対する重要度を高く, 直接関連しない課題に対する重要度を低く評価する傾向にあるものと推察される。従って, 特に, 表5(f)~(h)において, 重要度が低く評価された課題が重要ではないと短絡的に結論付けてはいけない。むしろ, これらの課題は, 異分野の研究者や技術者との意見交換や技術交流などを行うことによって新規の技術展開の可能性のあるものと位置付けておくべきである。

## 5. 技術シーズ調査結果の分析

表5の熱交換器に関する技術シーズの調査結果に基づき, 研究開発が求められている技術要素(課題)の重要度と研究開発完了時期の関係を調べた。図2

にその結果を示す[1]。図中にそれぞれの技術要素の名称と調査項目・細目番号(表5中のNo.)を示す。図より, 重要度の高い技術要素ほど, 全体的に研究完了時期は短く, 緊急度も高いことが分かる。一方, 研究完了時期が長い場合は, 全体的に重要度も低下するが, このことは該当する技術要素が重要ではないということを示す必ずしも意味するものではない。研究開発完了時期が比較的短期で重要度の高い熱交換器に関する技術課題としては以下のようなものが挙げられる。

~1年以内の技術要素(項目・細目番号)~

- (1) 油混入時のCO<sub>2</sub>伝熱特性(2(2))
- (2) 超臨界CO<sub>2</sub>の伝熱特性の実験解析と整理式確立(2(4))

~3年程度の技術要素(項目・細目番号)~

- (1) ナノオーダー伝熱管の伝熱特性(7(3))
- (2) 自然冷媒の管内外伝熱(3(9))
- (3) 単一成分冷媒(主として自然冷媒)(1(1))
- (4) 冷媒分配の実験解析と定式化(5(7))
- (5) 学術的視点での冷媒選定(1(6))
- (6) 新フッ素系温暖化対応代替冷媒(1(9))
- (7) フィンチューブ熱交換器の高性能化(5(6))
- (8) CO<sub>2</sub>用微細管の限界と溝形状(3(5))
- (9) 非円管内伝熱(2(6))

なお, 管内二相流の可視化と数値解析(2(5)), 冷媒分配の汎用設計法の確立(5(2)), ナノスケール伝熱学の基礎研究と伝熱促進技術(7(8)), ナノオーダーの凝縮・蒸発特性(7(2))などは中期的課題として取り組むべきものであり, 次世代冷媒の探索と可能性検討(1(3))は普遍的課題として常に検討しておく必要があることが伺える。

次に, 表5の熱交換器に関する技術シーズの調査結果に基づき, 技術要素の重要度と本学会のコンソーシアム(産学連携の研究開発プロジェクト)としてふさわしいかどうかを検討した。その結果を図3に示す。図中には, 図2と同様に技術要素の名称と調査項目・細目番号(表5中のNo.)を示す。図より, 重要度が高く, 本学会のコンソーシアムとしてふさわしい課題としては, 以下のような課題が挙げられる。

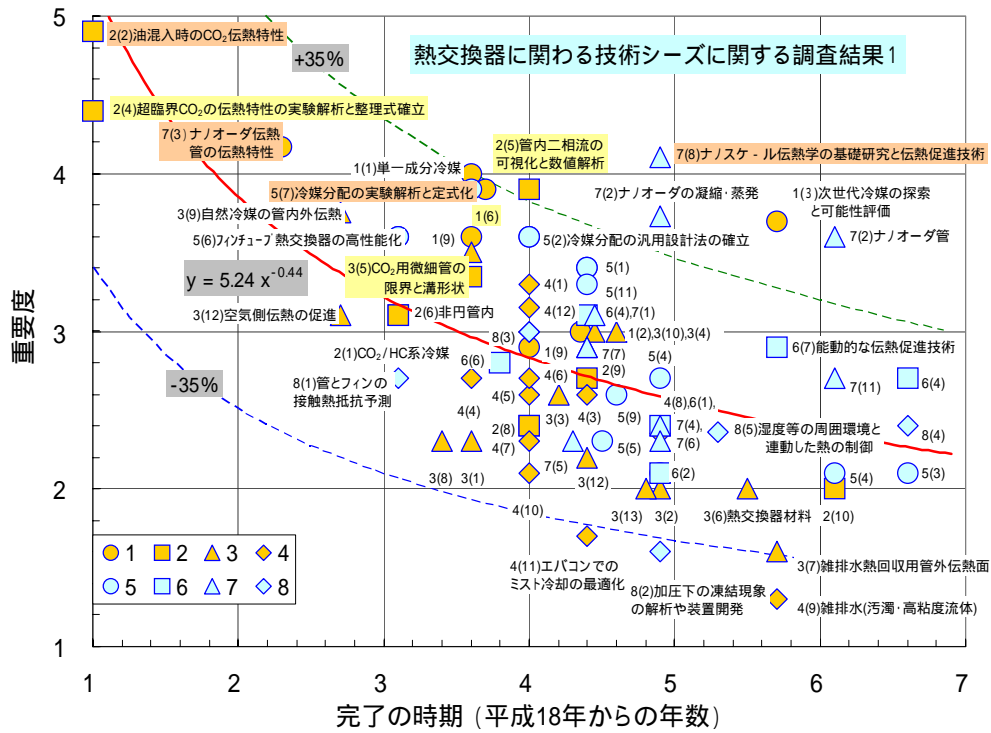


図2 技術要素の重要度と研究開発完了時期の関係 [1]

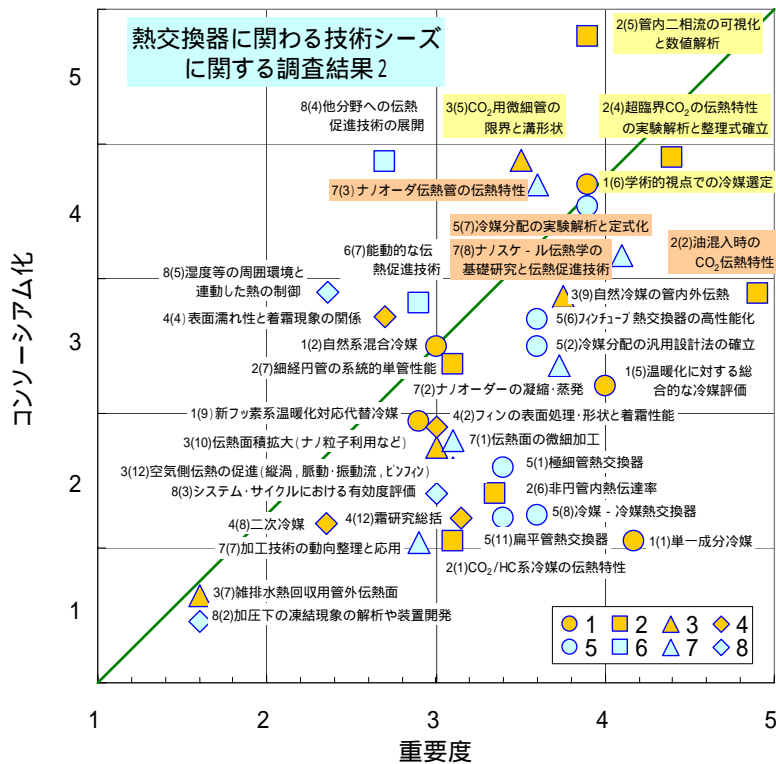


図3 技術要素の重要度とコンソーシアム化期待度の関係

- |                                     |                                      |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| (1) 管内二相流の可視化と数値解析 (2(5))           | (4) 油混入時のCO <sub>2</sub> 伝熱特性 (2(2)) |
| (2) 超臨界CO <sub>2</sub> の伝熱特性 (2(4)) | (5) 自然冷媒の管内外伝熱 (3(9))                |
| (3) 学術的視点での冷媒選定 (1(6))              | (6) フィンチューブ熱交換器の高性能化 (5(6))          |

- (7) 冷媒分配の汎用設計法の確立 (5(2))
- (8) CO<sub>2</sub>用微細管の限界と溝形状 (3(5))
- (9) ナノオーダー伝熱管の伝熱特性 (7(3))
- (10) 冷媒分配の実験解析と定式化 (5(7))
- (11) ナノスケール伝熱学の基礎研究と伝熱促進技術 (7(8))

上記技術課題の中で、ナノオーダー伝熱管の伝熱特性 (7(3)) およびナノスケール伝熱学の基礎研究と伝熱促進技術 (7(8)) は、図 2 より分かるように研究開発時期が長期的 (5 年以上先) であり、また、学術的視点での冷媒選定 (1(6)) については、冷媒技術分科会と本分科会との共同で取り組むべき課題と位置付けられる。以上より、来年度よりスタートさせる産学連携研究開発プロジェクトにおいて取り組むべき技術課題としては、(1)CO<sub>2</sub> を含む自然冷媒の伝熱特性、(2)CO<sub>2</sub> の伝熱特性に及ぼす冷凍機油の影響、(3)伝熱管細径化や微細溝付管などによる伝熱促進技術、(4)冷媒の熱交換器内分配特性、(5)二相流伝熱特性解明のための流れの可視化・計測技術が挙げられる。なお、図 2 中の比較的短期解決が求められている重要度の高い技術要素が、必ずしもコンソーシアムの課題として適切であるとは言えないことを付記しておく。

## 6. 産学連携調査研究プロジェクトの提案

熱交換器技術分科会では、前述の技術シーズの調査結果に基づき、以下のような産業界のニーズを積極的に取り入れた新しい形の産学連携調査研究プロジェクトを提案する予定である。

プロジェクト名称

: CO<sub>2</sub> を含む将来冷媒の先進熱交換技術に関する調査研究

プロジェクト実施期間

: 平成 19 年 4 月より 2 年間

プロジェクト内容

: CO<sub>2</sub> および将来冷媒に関し、管内外の伝熱促進 (微細化、細径化)、高密度伝熱面 (フィン付き面)、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、冷媒分配、伝熱制御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による最新研究の動向を提供・情報発信し、さらにそれらに関する討議を行って、課題を抽出すると共に熱交換技術の方向性などを討議検討する。また、関連の最新研究設備の現地調査を行う。プロジェクト参加企業の募集

: 所定の参加費を学会に納めることにより、参加企業の技術者・研究者はプロジェクト関連の各種研究会合に出席し、プロジェクトに関する情報等を得ることができる。

学術研究機関側研究者の公募

: 本プロジェクトを実施するにあたり、専門家として 10 名程度の学術研究機関側の研究者 (委員)

を公募により決定する。

なお、プロジェクトへの参加案内は学会誌「冷凍」の 2007 年 1 月号および学会ホームページをご参照頂きたい。

## 7. 結論

熱交換器技術分科会では、冷凍空調用熱交換器に関する技術ニーズの調査を実施した。そして、調査結果を分析して、日本冷凍空調学会の産学連携研究開発プロジェクトとしてふさわしい技術課題を抽出した。

本分科会では、来年度より、産業界のニーズを積極的に取り入れた新しい形のプロジェクトをスタートさせる予定であるので、多くの企業の方々の参加をお願いすると共に、学術研究機関側研究者も奮って応募して頂くことをお願いして、本稿を閉じる。

なお、表 2 の委員の方々には日常の超多忙な研究開発業務の中、時間を割いて本技術分科会活動および技術ニーズの調査・分析に全面的な協力を頂いている。ここに、記して謝意を表する。

## 文献

- [1] 小山・森・澤田, 2006 年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集, B205, pp.47-50(2006).
- [2] 研究開発・調査研究プロジェクト募集 (会告): 冷凍, 72(841), (1997).
- [3] 千秋: 冷凍, 80(933), (2005).

## Summary

The subcommittee of heat exchanger technology, JSRAE, has been established for the purpose of technological development and future direction planning of heat exchangers for refrigeration and air conditioning applications. This subcommittee has also been searching suitable research t

opics to develop a consortium in the field of heat exchangers. In the last one year, we have analyzed the trend of research and development on the heat exchangers for refrigeration and air conditioning applications and have developed a roadmap based on the R & D trend survey results. The outline of the consortium on the heat exchanger technology, which will start in 2007, is also explained.