

日本冷凍空調学会賞 技術賞

スカイエア室外機に搭載している マイクロチャンネル熱交換器

Micro-channel Heat Exchanger for Sky Air Outdoor Unit

1. はじめに

近年、地球温暖化防止に関する省エネルギーの観点から、空調機器のエネルギー効率に対する規制が年々強化されている。特に業務用空調機では、2015年の省エネ法改正に伴い、各社とも省エネ性の向上を狙った技術開発を行ってきた。

省エネ性の高い商品を実現するためには、熱交換器を大型化することによる効率改善を図る方法があるが、設置自由度と搬入性の向上というお客様のニーズに応えるために、省エネ性と軽量化・コンパクト化を両立させることが必要になる。

そこで、その一つの解決手段として、オールアルミ製マイクロチャンネル熱交換器を開発した。2012年に世界で初めて空調用ヒートポンプ室外機に適用し、2015年には分流技術の改善により、スカイエア室外機（以下、本商品）への搭載を果たした。本稿では、開発したマイクロチャンネル熱交換器の特徴と導入技術について紹介する。

2. マイクロチャンネル熱交換器の導入技術

2.1 マイクロチャンネル熱交換器の特徴

図1に本商品に搭載したマイクロチャンネル熱交換器の特徴を示す。本商品に搭載したマイクロチャンネルは、1mm以下の細径冷媒流路を多数配置した扁平形状の多

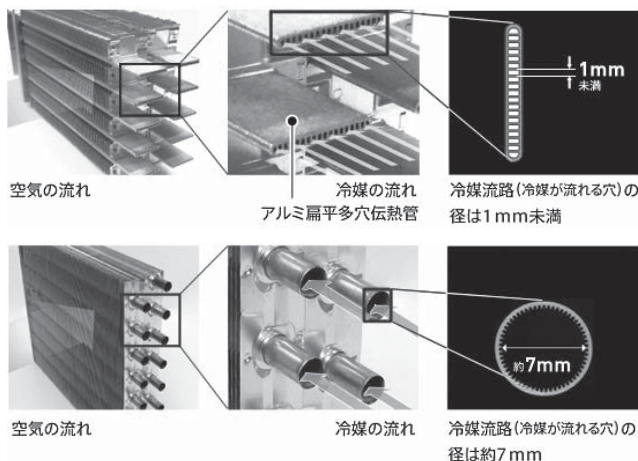


図1 新型熱交換器（上）と従来型熱交換器（下）



織谷好男* Yoshio ORITANI 菊池芳正* Yoshimasa KIKUCHI 神藤正憲* Masanori JINDOU 高橋孝幸* Takayuki TAKAHASHI 筒井正浩* Masahiro TSUTSUI

穴管であり、通風抵抗を増大させることなく伝熱管の高集積化が可能で、従来型の円管の熱交換器よりも冷媒側の表面積を飛躍的に拡大でき、熱交換効率の向上が図れる。

従来は、自動車向けのコンデンサや冷房専用として使われており、ドレン水が発生する蒸発器として用いる際には課題が大きく、冷暖房兼用のヒートポンプ室外用途としての採用は困難であった。

以下、本商品に搭載する上で課題だった点とその解決方法について紹介する。

2.2 マイクロチャンネル熱交換器の課題と解決方法

(1) 暖房運転時の排水性向上

図2の左側に従来のコルゲート型マイクロチャンネル熱交換器を示す。従来のコルゲート型は、多穴管でフィン

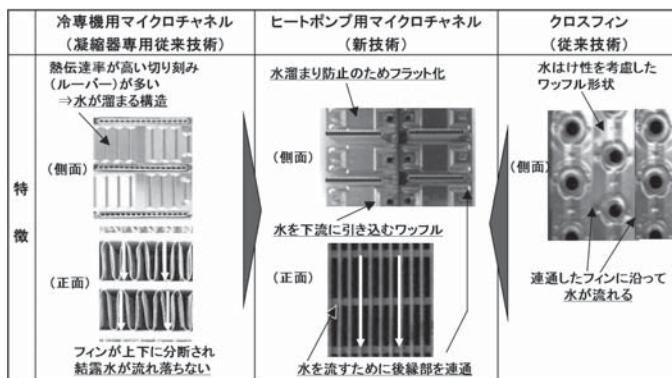


図2 冷専用コルゲート型熱交換器（左）、新型熱交換器（中央）、従来型熱交換器（右）

* ダイキン工業㈱
Daikin Industries, Ltd.
原稿受理 2018年2月23日

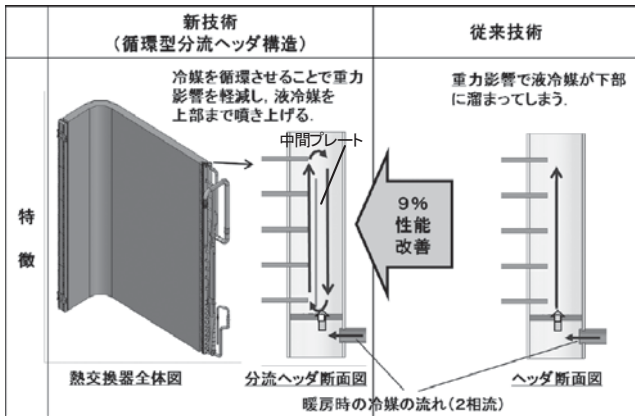


図3 新型ヘッド分流構造(左)と従来構造(右)

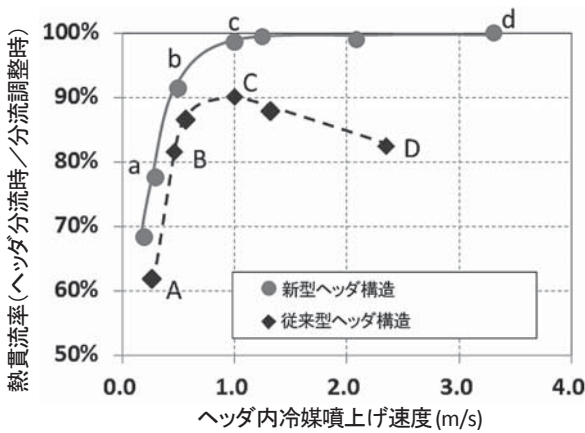


図4 ヘッド分流性能

ているため、ドレン水が流れ落ちない形状となっていた。
 図2の中央に示す開発品のマイクロチャンネル熱交換器は、上下に連通したフィンに扁平管を差し込む構造を採用しており、暖房運転時に発生するドレン水をフィン連通部から流すことで排水性を確保し、暖房運転への適用を可能にした。

(2) 冷媒偏流抑制

マイクロチャンネル熱交換器は細径冷媒流路で構成されているため、冷媒の圧力損失増大による性能低下が課題となる。圧力損失の抑制には、1本あたりに流れる冷媒流量の低減が有効であり、分流器により分岐数を増やす対応が一般的であるが、伝熱管本数の多いマイクロチャンネル熱交換器に対しては、非常に多くの分岐数が必要となるため、分流器は大型になり、省スペース性や生産性の観点からも実現は困難であった。

当社は、多穴管とロウ付け接合したヘッド内部で冷媒を分配するヘッド分流技術の開発に取り組み、暖房運転への適用を可能にするとともに省スペースかつ生産性を確保した。

図3に新型ヘッド分流構造を示す。新型のヘッド分流

	自動車、冷専用(従来技術)	当社開発品	クロスフィン(従来技術)
防食方法	フィン:純アルミ 電位差小 多穴管内部:純アルミ	フィン:アルミ合金 電位差小 多穴管内部:アルミ合金	フィン:純アルミ 電位差大 伝熱管:銅
腐食加速試験結果	試験後には完全にフィンが脱落し、多穴管も貫通している	試験後にも、フィンはほとんど残っており、穴あきなし(十分な肉厚確保)	フィンカラー部分が消失している
断面図	多穴管肉厚部断面 多穴管貫通	多穴管肉厚部断面 肉厚60%以上残存	フィンカラー部から鋼の色が目立つ フィン 伝熱管 フィンカラー消失率:42%

図5 腐食加速試験結果

は、ヘッド内部に中間プレートを配置し、多穴管側を流れる流路空間と、それに対向した流路空間で冷媒を循環させることで重力影響を低減している。

図4にヘッド分流性能について示す。本構造は中間プレートにより多穴管側の流路空間を低減し、ヘッド流速を向上させる効果も担っており、従来型の伝熱管をヘッドに差し込むだけの単純な構造に対し、広範囲な循環量域で分流性能の確保を実現し、約9%以上全体的に分流性能を確保した。

(3) 耐食性確保

伝熱管やヘッドがアルミとなるマイクロチャンネル熱交換器を長期使用する上で、耐食性の確保は非常に重要である。本開発品は亜鉛を用いた犠牲防食層により、扁平管の心材が保護されるようフィンと電位差を設けることで長期信頼性を確保しており、標準仕様でも耐重塩害仕様の熱交換器と同等の優れた耐久性を実現した(図5)。

3. マイクロチャンネル熱交換器搭載の効果

本商品4~6馬力において、性能向上が図れるマイクロチャンネル熱交換器を搭載した。標準モデルであるEcoZeasにおいては、改正省エネ法をクリアしつつ、24%の製品高さ低減に寄与した。高級モデルであるFIVE STAR ZEASにおいては、従来機に対し製品高さ同等でAPF+0.12(5馬力)を熱交換器の寄与として実現し、熱交内容積を40%低減することでシステム冷媒充填量を17%削減し、温暖化影響低減に貢献した。

4. おわりに

店舗、オフィス用に実用化した室外機向けマイクロチャンネル熱交換器の特徴とその導入技術を紹介した。1mm以下の冷媒流路で構成された多穴管の採用により、省エネ性向上と冷媒充填量削減で地球温暖化影響の低減に貢献した。今後、適用製品のさらなる拡大を行い、省エネ性向上および地球環境改善に取り組んでいきたい。