

日本冷凍空調学会賞 技術賞

ECS STEP2 システム

ECS STEP2 System

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。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おり、“カーエアコンの省動力化”は将来のCO₂排出量を削減するうえで重要な課題である。

このような状況に対し、当社では独自の省動力技術であるエジェクタとエバポレータを一体化した、ECS STEP1 (Ejector Cycle System STEP1) を2009年に製品化している。今回開発したECS STEP2は、ECS STEP1からさらなる省動力化を実現したものである。

2. ECSの概要

2.1 システム概要

ECSシステムの概要を図1に示す。

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いたが、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1(a))。機器構成は通常のエバポレータを、このエ

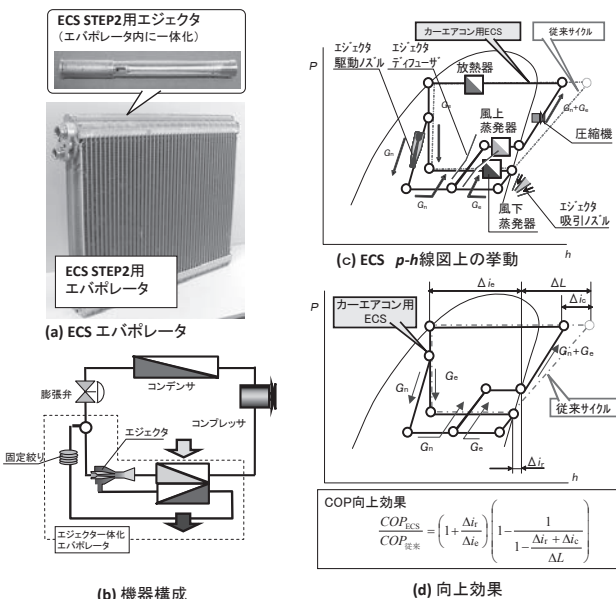


図1 ECSシステムの概要



尾形豪太* 西嶋春幸* 山田悦久* 中川勝文**
Gota OGATA Haruyuki NISHIJIMA Etsuhisa YAMADA Masafumi NAKAGAWA

ジェクタ一体型エバポレータに置き換えた形となる。このシステムでは、中間圧まで減圧した膨張弁後流の冷媒を分岐し、一方をエジェクタ側に流し(駆動流 G_n)、他方を風下側エバポレータに流す(吸引流 G_e)。空気と熱交換した吸引流は、エジェクタに吸引され駆動流と合流する。合流した冷媒は、風上側エバポレータで空気と熱交換しコンプレッサへと流れる(図1(b))。p-h線図上の挙動は図1(c)のようになる。冷凍サイクルの効率を表す指標としてCOPがあるが、このシステムにおける従来サイクルに対するCOPの向上効果は、図1(d)のように表すことができる。さらにシステム全体では、エジェクタの昇圧により圧縮比が低減することによるコンプレッサ自体の効率向上、エバポレータとしても風下側の冷媒流量の減少により低圧損化することによるエバポレータ自体の効率向上効果も含めてCOPが向上する。

2.2 エジェクタの概要

次にエジェクタの概要を示す。ECSではエジェクタは図1で示したように使われる。エジェクタは、駆動ノズル、吸引ノズル、混合部、ディフューザ部より構成され、ノズルを流れる駆動冷媒 G_n は、ノズル内で風下側エバポレータ出口圧力以下まで減

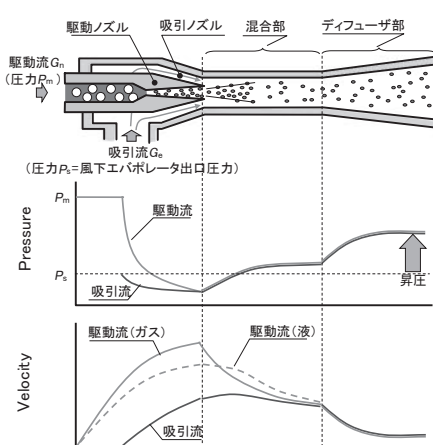


図2 エジェクタの構成と流体挙動

* (株)デンソー Denso Corp.
** 国立大学法人豊橋技術科学大学 Toyohashi University of Technology
原稿受理 2015年1月22日

圧・加速する。これにより吸引流 G_e が発生する。ノズルで超音速まで加速した駆動流と吸引流が混合し、混合部にて減速し圧力が上昇、ディフューザでは面積拡大することでさらに減速し圧力が上昇する(図2)。このエジェクタの昇圧作用により、コンプレッサの圧縮仕事が低減しCOPが向上する。

3. 省動力効果向上に向けた新技術

今回 ECS STEP2 で開発した新技術について説明する。

3.1 新技術 1 A.R.C.

A.R.C. (Active Flow Ratio Control) は、中間圧まで減圧された膨張弁出口の気液二相冷媒をエジェクタ流入時に旋回させ気液分離し、エジェクタ内に設けた風下エバポレータへとつながるオリフィス(絞り)に液冷媒のみ

を流し、ノズルには残った二相冷媒を分配するものである(図3)。

A.R.C. の採用によるサイクル状態の変化を $p-h$ 線図上で示す(図4)。風下側エバポレータの冷房能力は、 $Q_{風下} = G_e \times \Delta h_{風下}$ と表せる。A.R.C. により、風下側エバポレータの入口のエンタルピーが減少するため、 $\Delta h_{風下}$ を増やすことができ、 G_e を低減できる。その結果、流体ポンプであるエジェクタの流量比 (G_e/G_n) を小さくすることができ、効率向上につながる。またノズルは、ガス割合が大きく膨張エネルギーの大きい領域で作動するようになる。エジェクタは、ノズルで回収する膨張エネルギーが昇圧の原資となるため、従来より昇圧が大きくなり、省動力効果向上につながる。

3.2 新技術 2 エジェクタ高効率化

エジェクタの高効率化にむけて、豊橋技術科学大学との共同研究により、気液の相変化、および圧縮性(二相流衝撃波の影響)を考慮できる数値解析を構築した。精度検証の結果を図5に示す。ノズルでは、気液二相流特有の緩慢な衝撃波を捉えており、混合・ディフューザ部も高い精度で計算できている。

この解析技術を活用し、エジェクタの効率向上アイテムとして3つのエジェクタ高効率化を行った。概要を図6に示す。

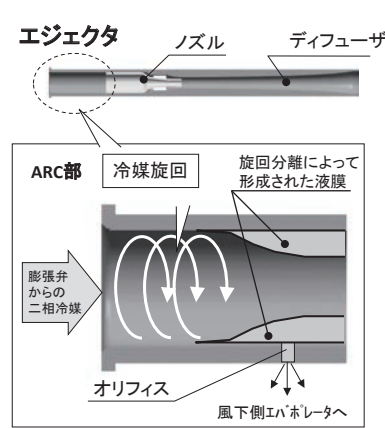


図3 A.R.C.の具体的構造

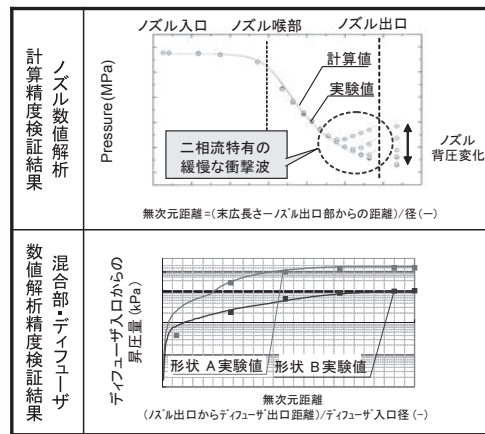


図5 数値解析の精度検証結果

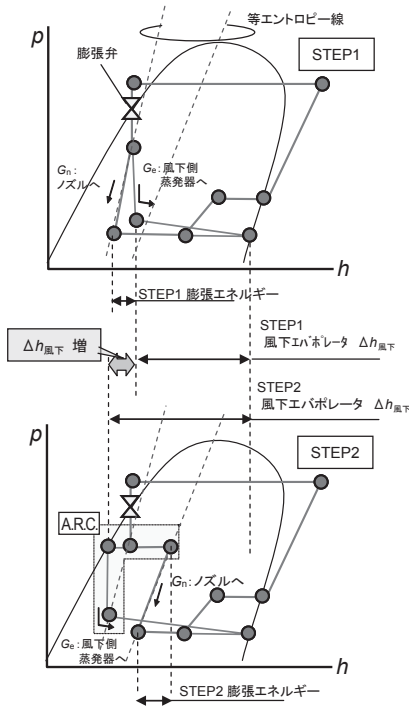


図4 A.R.C.の挙動

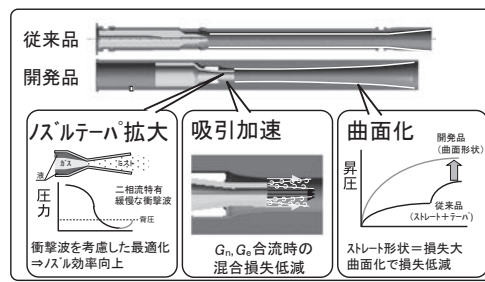


図6 エジェクタ高効率化

4. 効果

以上のアイテムを織り込んだ ECS STEP2 のシステムとしての省動力効果は、年間で従来カーエアコンに対し 20%、ECS STEP1 に対しても 10% の向上を実現している(図7)。

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。

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。

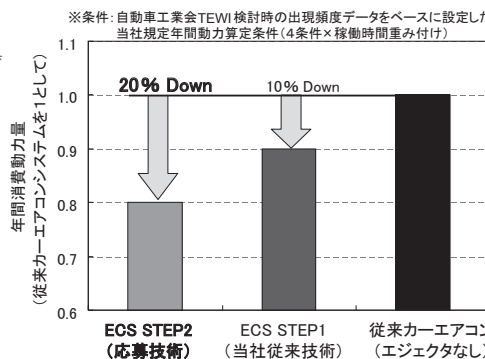


図7 システム省動力効果