

【課題名】自然冷媒セントラル空調向けチラーの技術開発・実証(委託and補助)

【代表者】パナソニック(株) アプライアンス社 松井 大

【実施予定年度】平成29～31年度(令和元年)

## (1)課題概要

### ①【課題の概要・目的】

本提案は、主にセントラル空調向けチラーにおいて、『圧縮と凝縮』、もしくは『圧縮と蒸発』を同時に行う新規高効率圧縮デバイスと、低温度差で熱交換可能な新規高効率熱交換デバイスを開発することで冷媒圧縮過程、伝熱過程における損失を最小化し、従来冷凍サイクル構成では到達しえない飛躍的な効率向上(COP+16%)を実現することを目的とする。また、冷媒としては、**自然冷媒(水冷媒)**を使用する。

本技術を冷凍空調分野の温室効果ガス排出量削減対策として、ビル空調(業務部門)、及びプロセス冷却(産業部門)等の幅広い用途に展開することで、低炭素化社会の構築へ大きく貢献できる。

### ②【技術開発の内容】

#### ○重要な開発要素

冷凍機用冷媒としては、潜熱が従来冷媒と比較して10倍程度大きく、高い理論効率を有する『水冷媒(R718)』を採用する。また、冷凍サイクルにおける圧縮、伝熱過程の損失を最小化するため、以下の要素開発を実施する。

#### A1.【無段冷却ターボ圧縮機】

平成30年度は、圧縮過程に液滴を同伴・蒸発させることによる断熱圧縮以上の省エネ(最終目標COP+7%)実現に対し、リターンチャンネルも含めた三段翼列構成(比速度:  $N_s$  1.4、空力効率:  $\eta$  79%)設計を完了、30冷凍トン限定プロト機試験評価によりCOP+5%を検証する。また圧縮機回転を利用した遠心加圧ノズルの微粒化性能  $5\mu\text{m}$  を検証する。年度末に検証完了予定。(実用化レベルに令和2年到達)

#### A2.【凝縮エジェクタ】

平成30年度は、噴霧粒度分布、速度に適合した混合室、ならびに低圧(250kPa)で動作可能な溝付き衝突板ノズルの設計を完了、30冷凍トン限定プロト機試験評価により圧力比1.3、COP+2%を検証する。年度末に検証完了予定。(実用化レベルに令和2年到達)

#### A3.【噴霧式蒸発器】

平成30年度は、伝熱管を扁平多穴管とし、管の流路アスペクト、管長、管配列など蒸発器小型化実現に向けた高密度化検討を行う。また、均一薄液膜を生成可能な噴霧ノズルを開発、蒸発熱伝達率の従来比1.5倍、COP+4%を確認する。年度末に検証完了予定。(実用化レベルに令和2年到達)

#### B. 開発要素のシステム統合と、C. その実証

無段冷却ターボ圧縮機における液滴によるエロージョン課題に対し、エロージョン評価用翼車(実機材料 KS2000)への噴霧(384m/s: 外周部周速: 相当)時の液滴径とエロージョン量の関係を明確化、最終目標信頼性 2万時間の見通しを検証する。

### ③【システム構成】

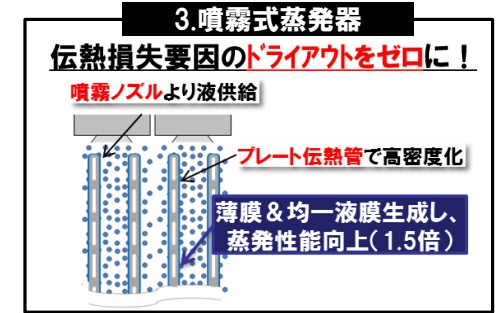
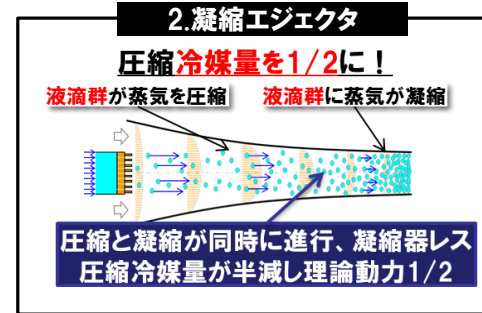
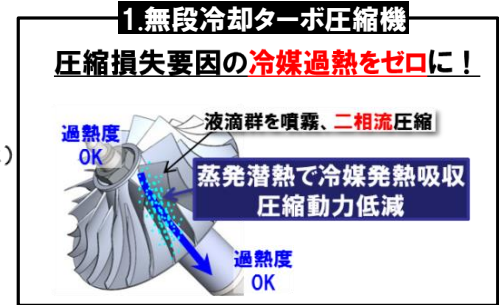
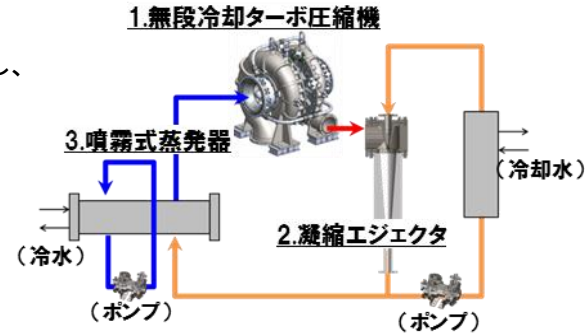


図1. 本提案の冷凍サイクル構成図と各要素概要

### ④【技術開発の目標・リスク】

性能: 無段冷却ターボ圧縮機、凝縮エジェクタ、噴霧式蒸発器を搭載した水冷媒ターボ冷凍機で、既存製品(HFC冷媒)に対して、COP+16%※  
※M社(R134a)ターボ冷凍機 COP6.1、目標 COP7.1(+16%)

能力: 250RT(880kW)

サイズ: 既存システム同等設置面積(サービスエリア含めた専有面積は△10%)

コスト: 実用化段階単純償却年: 5年程度

発売年度: 令和3年度(自治体へのモデル事業と生産開始)

## (2)実施計画等

### ①【実施体制】

技術開発代表者

パナソニック株式会社

アプライアンス社 技術本部  
エアコン・コールドチェーン開発センター

(提案システムの開発、総括)

### ②【実施スケジュール】

**平成31年度補助事業は取下**

→ 工程(実績) -----> 工程(未実施)		平成29年度	平成30年度	平成31年度 (令和元年度)
1.無段冷却ターボ圧縮機開発	事業費	114,200千円	201,732千円	0千円
	委託費	114,200千円	124,845千円	0千円
	補助額	0千円	38,444千円	0千円
1.サブスケール(30RT)構成要素部品設計、製作 (ターボ圧縮機本体、翼車、ノズル)		→	<b>圧縮機要素仕様検討のため延長</b>	
2.サブスケール(30RT)評価による単体性能実証		→		
3.フルスケール(125RT双発)設計、製作		→		
		<b>設計のみ完了</b>		
2.凝縮エジェクタ開発	事業費	41,500千円	42,247千円	0千円
	委託費	41,500千円	0千円	0千円
	補助額	0千円	21,123千円	0千円
1.サブスケール(30RT)構成要素部品設計、製作 (凝縮エジェクタ本体、ノズル)		→		
2.サブスケール(30RT)評価による単体性能実証		→		
3.フルスケール(250RT)設計、製作			→	----->
3.噴霧式蒸発器開発	事業費	25,300千円	39,560千円	0千円
	委託費	25,300千円	0千円	0千円
	補助額	0千円	19,780千円	0千円
1.サブスケール(30RT)構成要素部品設計、製作 (ノズル、伝熱管)		→		
2.サブスケール(30RT)評価による単体性能実証		→		
3.フルスケール(250RT)設計、製作			→	----->
0.実証研究	事業費	10,500千円	32,481千円	0千円
	委託費	10,500千円	0千円	0千円
	補助額	0千円	16,241千円	0千円
1.冷凍機システム設計、製作(回路、制御)		→	→	----->
2.実証試験				--->
事業費合計		191,500千円	316,020千円	0千円
委託費合計…①		191,500千円	124,845千円	0千円
補助額合計…②		0千円	95,588千円	0千円
経費(①+②)		191,500千円	220,432千円	0千円

### ③【事業化・普及の見込み】

○事業化計画(事業者:パナソニック株式会社)

事業化を担う主たる事業者 | パナソニック株式会社 アプライアンス社

○事業展開における普及の見込み

・当初目論見としての普及は見込めないが、30RT実証等で得られた要素技術・知見を他製品に転換し、早期の市場投入をめざす。

○年度別販売見込み

#### 【提案時当初計画】

年度	2020	2022	2025	2030
目標単年度販売台数(台)	0	48	481	4,618
目標累積販売台数(台)	0	48	817	16,356
目標販売価格(円/台)	-	15,130,000	14,500,000	13,880,000

#### 【現時点見込み】

年度	2020	2022	2030	2050
目標単年度販売台数(台)	事業取り下げにより、 水冷媒ターボチラーの普及見込なし			
目標累積販売台数(台)				
目標販売価格(円/台)				

### (3)技術開発成果

#### ①【これまでの成果】

水を冷媒とした無段冷却ターボ圧縮機、凝縮エジェクタ、噴霧式蒸発器の要素評価、及び、30RT限定プロト機(実用機の1/8)を用いた性能評価により、各要素技術を確立した。特に、無段冷却ターボ圧縮機においては、平成30年度委託事業を令和2年度まで延長させて頂き、翼車に搭載したノズルより冷媒液を噴霧することで蒸気過熱度を抑制する無段冷却技術、軸受潤滑水の圧縮機内部への漏洩を抑制しつつ軸受損失を最小化する水潤滑軸受などの新技術を、可視化を含む実験的検証により確立した。さらに、エコマイザサイクルや制御を含む各要素仕様を決定し、最終目標であるCOP7.1(既存製品比+15%)を実現可能な250RT水冷媒ターボチラーの設計を完了した。

水冷媒ターボチラーは、COP7.1の省エネ優位性と既存製品同等の設置面積を実現することにより、ビル空調(業務部門)はもとより、プロセス冷却(産業部門)等の幅広い用途に普及させることを目標としたが、省エネ優位性の達成には、製造上の制約により無段冷却ターボ圧縮機125RT×2台の並列設置(双発)が必要であり、その設置面積は他社比2.2倍となることが判明した。これにより、250RT水冷媒ターボチラーは設置性で既存製品に対し競争力がなく、普及見込がないと判断し事業を取り下げさせて頂いた。

今後は、無段冷却ターボ圧縮機はR134a代替冷媒採用ターボチラーへ、凝縮エジェクタ、噴霧式蒸発器は吸収式冷凍機への適用を検討し、本事業で構築した要素技術の他製品への適用による、CO2排出量削減を実現していく。特に、噴霧式蒸発器に関しては、小型化技術として今年度市場投入を予定している。加えて、無段冷却ターボ圧縮機の翼車設計技術は、業務用空調/冷設機器ファンへの展開を検討する。

#### ②【エネルギー起源CO2削減効果】

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/台・年)	6.0			
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	15年			
年度	2020	2022	2025	2030
単年度CO2削減量(t-CO2/年)	0	288	4,903	98,135
累積CO2削減量(t-CO2)	0	288	8,075	264,071
CO2削減コスト(円/t-CO2)	0	168,111	161,111	154,222

#### 【現時点見込み】

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/台・年)	事業取り下げ			
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	事業取り下げ			
年度	2020	2022	2030	2050
単年度CO2削減量(t-CO2/年)	事業取り下げにより、 水冷媒ターボチラーによるCO2削減見込なし			
累積CO2削減量(t-CO2)				
CO2削減コスト(円/t-CO2)				

#### ③【成果発表状況】

- 一般公益法人 日本冷凍空調学会 2019年度年次大会  
オーガナイズドセッション「次世代冷凍システムの環境への貢献」  
「無段冷却ターボと凝縮エジェクタを用いた革新的水冷媒冷凍サイクル」  
(発表者:丸橋 伊織)

#### ④【技術開発終了後の事業展開】

- 事業取り下げ、及び、水冷媒ターボチラーの製品化は中止。  
今後は、以下に示す要素技術転用シナリオを推進し、CO2削減を図っていく。

#### ○要素技術転用のシナリオ

- 無段冷却ターボ圧縮機、凝縮エジェクタ、噴霧式蒸発器の要素技術を、下記製品に適用し、2035年に合計200,944(t-CO2)のCO2削減を目指す。

(無段冷却ターボ圧縮機)

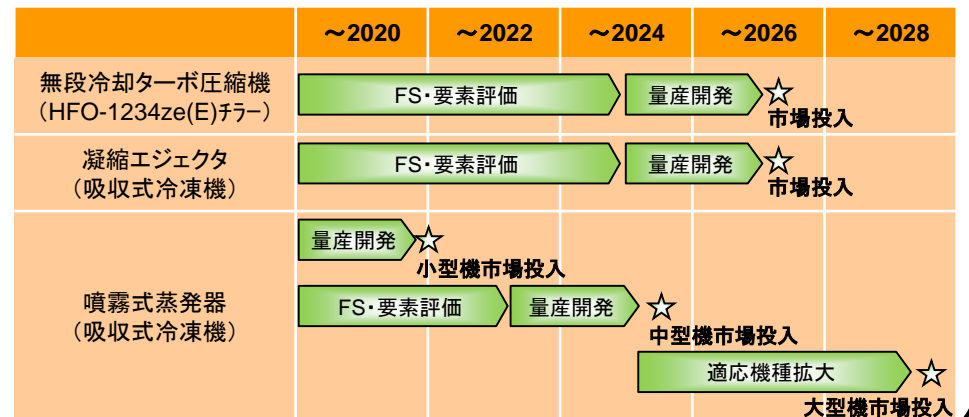
- R134a代替冷媒(ex.HFO-1234ze(E))採用の無段冷却ターボ圧縮機
- 市場投入:2026年
- 単年度CO2削減量:2.5(t-CO2/台・年)
- 累計CO2削減量(t-CO2):2030年/11,029、2035年/97,235

(凝縮エジェクタ)

- 吸収式冷凍機向け凝縮エジェクタ搭載
- 市場投入:2026年
- 平均単年度CO2削減量:0.2(t-CO2/台・年)
- 累計CO2削減量(t-CO2):2030年/384、2035年/2,738

(噴霧式蒸発器)

- 吸収式冷凍機向け噴霧式蒸発器
- 市場投入:2024年
- 平均単年度CO2削減量:3.5(t-CO2/台・年)
- 累計CO2削減量(t-CO2):2030年/18,874、2035年/100,971



# CO<sub>2</sub>排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- ・ 評価点 4.4 点 (10点満点中)
- ・ 評価コメント

## 【評価される点】

- 自然冷媒セントラル空調向けチラーとしては、製品サイズの問題等により、実証取り下げという結果に至ったが、要素技術の開発における無段冷却ターボ圧縮機について技術開発目標であるCOP貢献度+7%達成の見通しをつけた等の一定の成果が得られ、要素技術の展開を進めている点は評価できる。

## 【今後の課題】

- 開発した要素技術を他の製品へ転用するシナリオを確実に遂行し、CO<sub>2</sub>排出削減に向けた検討が望まれる。
- 本事業における開発要素について成果の公表に努めること。

## 【その他特記事項】

- 当初予定した250RTチラーの開発が実現できなかったことは残念である。最終製品性能の見直しや冷媒の変更などを検討し、開発した技術が他の製品で可視化できるように今後とも努めること。
- 成果発表の論文数を増し、この事業の全容を明確にする必要がある。