

● (一財)省エネルギーセンター最優秀賞 ● 新設設備部門

## 自己再熱型外気処理調和機

設備施工者：(株)精研

設備所有者：(株)大塚製薬工場 松茂工場

### 建物の概要

名称 (株)大塚製薬工場 松茂工場 MP-VII 所在地 徳島県板野郡松茂町豊久字豊久開拓139-1

概要 建家：地上5階 塔屋1階 延床面積：9901.46m<sup>2</sup> 構造：S造 用途：医薬品製造施設

### 1. 技術開発の目的と経過

目的：外気処理調和機における冷却除湿及び再熱に伴うエネルギー使用の合理化

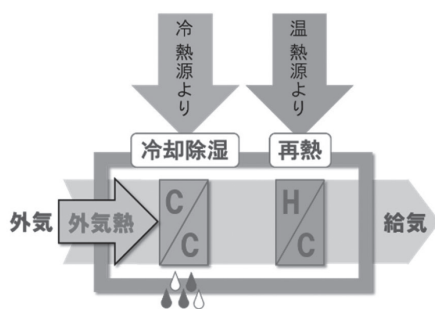
経過：平成30年（設計、検討等）

平成31年（試運転、引渡し等）

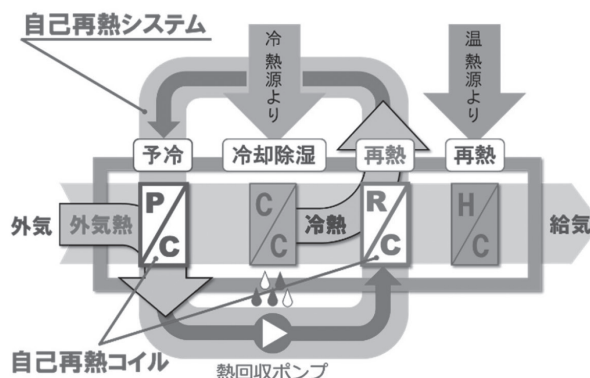
### 2. 設備・システムの概要

当自己再熱型外気処理調和機は、冷却除湿コイルの前後に1対の空気-水熱交換器（以降、自己再熱コイルと表記）を設けて双方の自己再熱コイルに熱媒（水）を循環させることで、外気の予冷と冷却除湿後の再熱を同時に行うシステムである。外気の温熱を熱源として吸収して冷却除湿後の再熱に利用すると同時に、冷却除湿後の冷熱を外気の予冷に利用するため、従来の外気処理調和機に比べて冷却と再熱に要するエネルギーを大幅に抑制することができる。

■従来の外気処理調和機（従来方式）



■自己再熱型外気処理調和機（自己再熱方式）



### 3. 着想

外気処理調和機では、湿度をコントロールするために冷却コイルで冷却（除湿）した後、適切な室内供給温度条件となるよう再熱コイルで再び加熱（再熱）するという相反する熱処理工程を経て所定の温湿度条件に調整した空気を供給している。夏の暑い外気を冷却除湿した後、冷やした空気を再び暖めるといったエネルギーのロスに着目し、冷却除湿コイルの前後に設けた自己再熱コイルを循環する熱媒を介して双方の冷熱・温熱を熱回収・熱供給するシステムとした。

#### 4. 効果（省エネルギー）

図1に自己再熱型外気処理調和機における日積算空調熱量の実測値と日平均気温を示す。外気温度が低い場合は自己再熱の効果が得られないため、外気温度22℃以上で自己再熱運転をするように設定している。外気温度が22℃より高い9/28～10/4は再熱負荷の大部分を自己再熱で供給出来ており、温熱源の運転が軽減されていることがわかる。また冷却側でも同時に外気の予冷が行われるため、冷熱源による冷却除湿が軽減される。このように自己再熱型外気処理調和機は夏期において省エネルギー効果を発揮することができる。

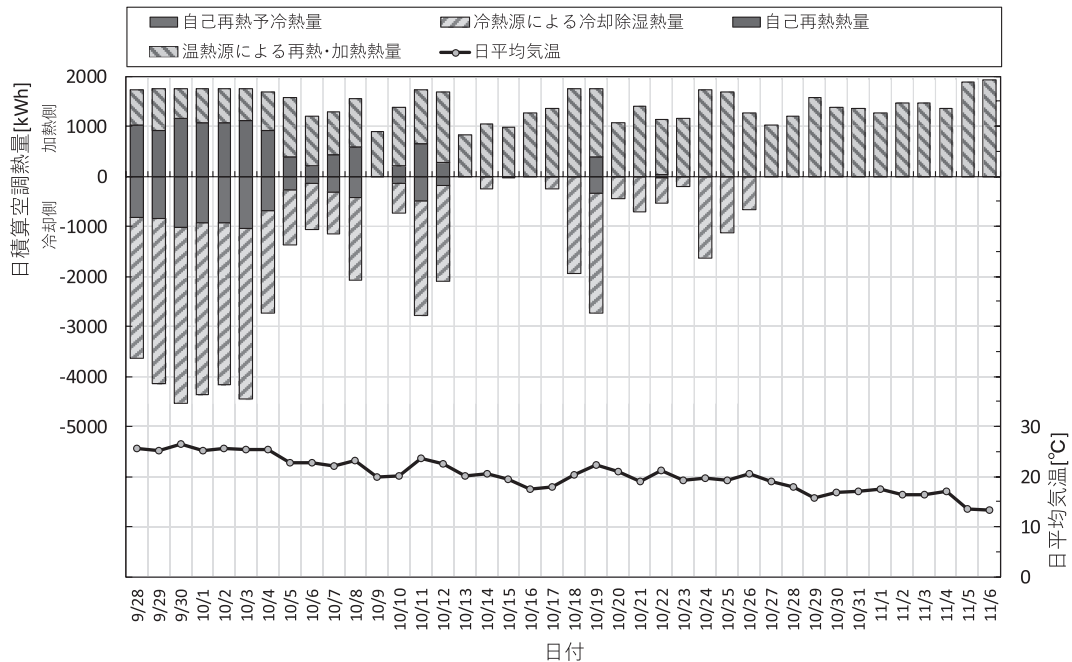


図1 日積算空調熱量の実測値と日平均気温（2019/9/28～2019/11/6）

表1に自己再熱方式と従来方式の外気処理調和機の夏期におけるエネルギー消費量比較を示す。

自己再熱型外気処理調和機の夏期（6月～9月）における削減効果は、従来方式に比べて一次エネルギー換算で33.3%（773.7GJ）の削減、ランニングコストで35.4%（1,582千円）の削減、CO<sub>2</sub>排出量で36.0%（31.3トンCO<sub>2</sub>）の削減となる。

試算条件：外気処理調和機処理風量19,170m<sup>3</sup>/h、室内条件26℃DB、60%RH以下

自己再熱コイル循環ポンプ1.5kW、冷熱源：モジュールチラー（COP3.18）、温熱源：蒸気供給  
エネルギー単価（電気16.0円/kWh、蒸気7,658円/トン）

一次エネルギー換算係数（電気9.76MJ/kWh、蒸気3382.5MJ/トン）

CO<sub>2</sub>排出換算係数（電気0.2976kg-CO<sub>2</sub>/kWh、蒸気155kg-CO<sub>2</sub>/トン）

表1 自己再熱型外気処理調和機の効果試算

	冷却熱量[kWh]		再熱量[kWh]		冷却用電力量[kWh]		再熱用蒸気量[トン]		ランニングコスト[千円]		一次エネルギー量[GJ]		CO2排出量[トンCO2]	
	従来方式	自己再熱方式	従来方式	自己再熱方式	従来方式	自己再熱方式	従来方式	自己再熱方式	従来方式	自己再熱方式	従来方式	自己再熱方式	従来方式	自己再熱方式
6月	65,043	52,183	46,289	33,653	20,454	16,929	70.8	51.5	870	665	439.1	339.4	17.1	13.0
7月	128,630	97,577	54,660	24,151	40,450	31,700	83.6	36.9	1,287	790	677.6	434.2	25.0	15.2
8月	145,206	108,749	55,001	19,182	45,662	35,308	84.1	29.3	1,375	789	730.1	443.7	26.6	15.0
9月	76,727	58,248	46,577	28,421	24,128	18,992	71.3	43.5	932	637	476.7	332.5	18.2	12.4
夏期合計	415,606	316,757	202,527	105,407	130,694	102,929	309.8	161.2	4,464	2,881	2,323.5	1,549.8	86.9	55.6
増減	-	-98,849	-	-97,120	-	-27,765	-	-148.6	-	-1,582	-	-773.7	-	-31.3
削減率[%]	-	23.8	-	48	-	21.2	-	48.0	-	35.4	-	33.3	-	36.0

※ 試算の外気条件は徳島の拡張アメダス気象データ（日本建築学会編）を使用

## 5. 投資回収（省マネー）

表1より、ランニングコスト削減額は1,582 [千円/年]

（電力料金単価：16.0 [円/kWh]、蒸気単価7,658 [円/トン] とする）

従来型から自己再熱型への外気処理調和機差額費用：4,000 [千円]（機器、配管工事、制御工事）

投資効果：4,000 [千円]/1,582 [千円/年]=2.6 [年]

## 6. 他の建物への応用性

恒温恒湿空調や低湿空調など湿度コントロールを要する空調設備に自己再熱型外気処理調和機を導入することで他の建物用途にも容易に応用できる。また、外気処理エアコンの前後に自己再熱コイルを導入することにより、冷却除湿・再熱効果が得られ、快適な環境を造ることが可能。

## 7. 仕様又は開発製品等

機器名称	仕様	台数	電気		
			φ-V	kW	起動方式
自己再熱型外気処理調和機	水平型プラグファン 送風機 19,170m <sup>3</sup> /h×900Pa（機外静圧） 加熱（予熱）能力 47.92kW（蒸気ヒーター）（78.6kg/h） 熱回収コイル能力 36kW（水27.3°C→24.1°C） 冷却能力 176kW（冷水7.0°C→12.0°C） 熱回収コイル能力 36kW（水24.1°C→27.3°C） 加熱能力 63.9kW（蒸気ヒーター）（104.8kg/h） 加湿器 蒸気加湿器（SUS2重管蒸気加湿器） 101.4kg/h（有効）0.1MPa	1	3 - 200	18.5	INV
自己再熱コイル循環ポンプ	ラインポンプ 水量 160L/min 揚程 200kPa	1	3 - 200	1.5	L-S

## 8. 環境保全、便利性等

年間削減電力量27,765 [kWh/年]、年間削減蒸気量148.6 [トン/年] より、外気処理調和機でのCO<sub>2</sub>排出削減量は31.3 [トン-CO<sub>2</sub>/年]、CO<sub>2</sub>排出削減率は36.0 [%] となる。

（CO<sub>2</sub>排出換算係数は電気：0.2976 [kg-CO<sub>2</sub>/kWh]、蒸気：155 [kg-CO<sub>2</sub>/トン] を使用）

## 9. 工夫した点、発想した点等

乾燥した空気を送るために「冷却（除湿）し、再び加熱（再熱）する」という普段当たり前に行われている空調の一連の流れの中にエネルギーの無駄という問題意識をもつことで、今回の自己再熱型外気処理調和機の構想が生まれた。再生可能エネルギーである導入外気の温熱と、未利用エネルギーである冷却除湿後の冷熱を互いに熱回収し、予冷側と再熱側に設けたコイルで双方を熱交換したことで、冷却（除湿）と加熱（再熱）という相反する熱処理におけるエネルギーロスを抑制し、熱源機での冷却・加熱に要するエネルギー消費を共に軽減できる省エネルギーシステムとなった。

外気の温熱を冷却除湿後の再熱に利用するため、冬期には意図しない逆熱交換を生じる恐れがあったが、外気温度の変化を感知して熱回収ポンプの起動・停止を自動化したことで逆熱交換を防止し、通年利用を可能とした。

本報告では予冷側と再熱側の熱交換に空気-水熱交換器（自己再熱コイル）を採用し、熱媒（水）を介して熱交換を行うシステムについて報告したが、他にも予冷と再熱の熱交換に熱媒を介さず、直交型熱交換器を採用して外気〔温熱〕と冷却除湿後空気〔冷熱〕を直接熱交換するタイプの自己再熱型外気処理調和機も開発済みで、冬期の逆熱交換に対しては直交型熱交換器をバイパスすることで通年利用を可能としている。

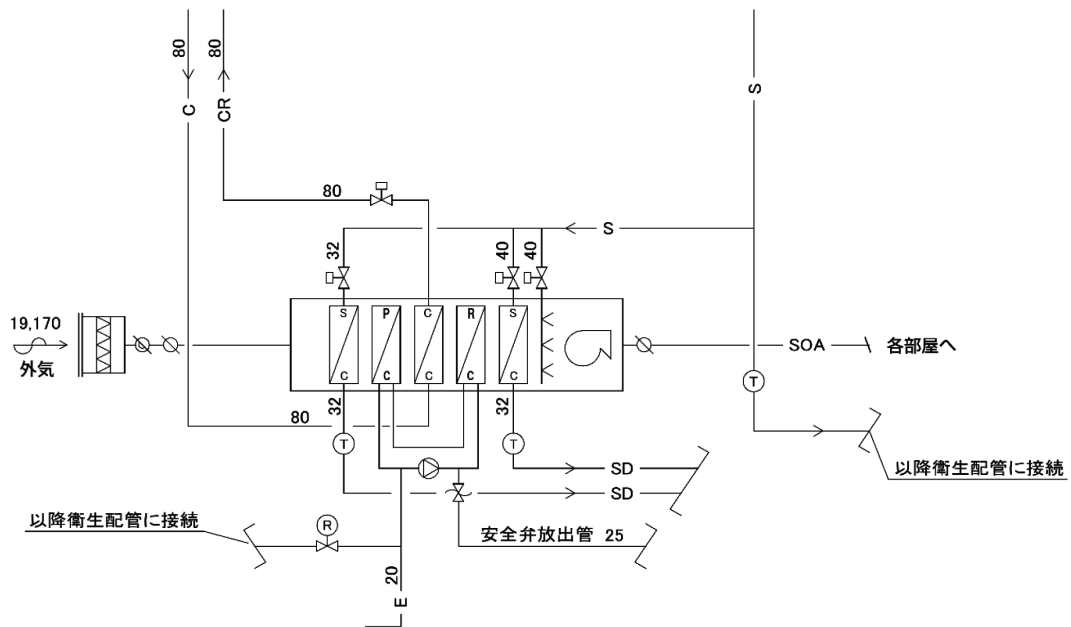
いずれの自己再熱型外気処理調和機も冷却除湿・再熱を伴う空気調和の省エネルギー化に寄与している。

### 10. 市場性等

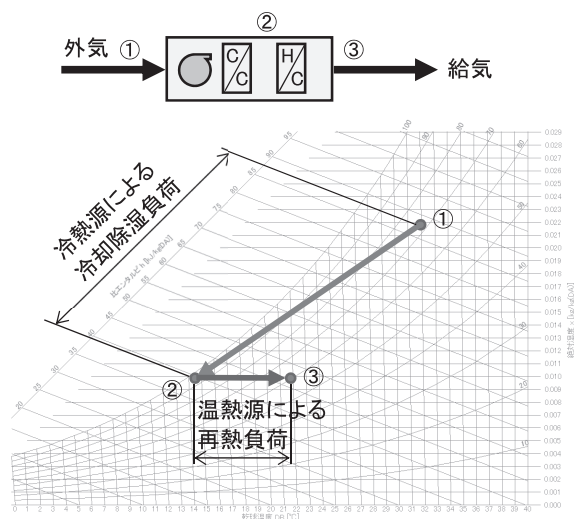
湿度コントロールのために冷却除湿コイルおよび再熱コイルを有する設備では、冷やした空気を再び暖めるエネルギーのロスが生じているため、恒温恒湿空調や低湿空調を必要とする食品工場、薬品工場等の空調設備で利用できる。

### 11. 外観・構造図

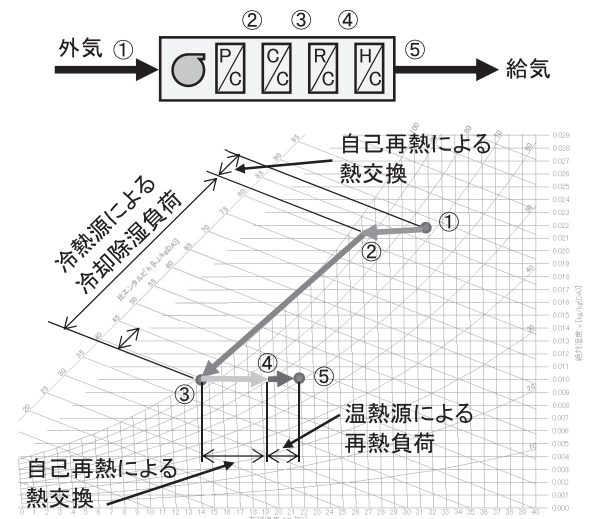
#### ■システムフロー図



#### ■従来の外気処理調和機の空気状態（空気線図）



#### ■自己再熱型外気処理調和機の空気状態（空気線図）





建物外観



自己再熱型外気処理調和機

● (一社)日本冷凍空調設備工業連合会 会長 奨励賞 ● 新設設備部門

## りんご苗木の健苗増産に向けた冬期保管低温高湿設備

設備施工者：旭冷機工業(株)

設備所有者：(株)原田種苗

### 建物の概要

名称 (株)原田種苗出荷センター 所在地 青森県青森市浪岡大字郷山前字村元42-1

概要 建家：地上2階 用途：出荷・保存

### 1. 技術開発の目的と経過

目的：りんご苗木を冬期前に収穫、庫内を最適な温湿度に管理保管し、健苗増産を可能とする。

経過：平成29年（設計、検討等）

平成30年（試運転、引渡し等）

### 2. 設備・システムの概要

りんご苗木を11月頃から翌年の6月までの期間、庫内を低温・高湿に一定に保ち保管するプレハブ構造の冷蔵庫設備を設置した。りんご苗木保管冷蔵設備は国内初の試みである。

- ・保管期間中は、加湿用の水に殺菌剤を添加することにより、根についた菌を駆除する。
- ・北海道地区へ6月から客先要求に応え、苗木を約20万本出荷している。
- ・弘前大学との共同開発により、様々な品種の栽培研究及び普及活動に寄与する施設である。

### 3. 着想

現状、冬場の寒い時期の屋外作業において、雪害対策や、ネズミ・うさぎから苗木を守るために人手がかかり過酷な作業であった。7年前から弘前大学と健苗増産の安定化と作業効率化について共同研究開発を進めてきた。その間にイタリア国内での苗木保管の実証設備を視察し日本国内で初運用を目指した。

### 4. 効果

冬期の屋外作業が解消されたことにより、従業員の作業改善が図られ安定した労働力が得られるようになった。また、弘前大学で育成された6品種の苗を育成しており、高付加価値な赤肉品種や、玉回しや摘葉の不必要な省力可能な黄色品種等、大学オリジナルブランドの普及に大いに貢献している。

また、大学の学生講義の一環として、一部の教員の視察先にも役立ち学習施設としての効果も出ている。

## 5. 投資回収（省マネー）

### 1) 設備投資概算額

プレハブ構造建物	¥25,000万円
冷蔵機器設備	¥3,240万円

### 2) 年間を通じた投資削減効果概算額

①冬場の屋内作業効率化人件費	¥700万円
②雪害対策費	¥300万円
③苗木の品質確保	¥300万円
④害獣(ネズミ、うさぎ等)の無被害	¥300万円

初期投資概算額¥28,240万円に対して、年間を通して削減される概算額は¥1,600万円となり、今後安定的に育成、保管、出荷の体制が維持できれば、約10年で回収可能である。

## 6. 他の建物への応用性・便利性

将来みかん等の果実系の苗木保管にも開発展開可能となる。

弘前大学との産学共同研究の成果が発揮され、年間を通じ今後高付加価値な品種等の保管施設や教育の学習施設として期待できる。

## 7. 仕様又は開発製品、システム、部品等の仕様

保管施設	プレハブ冷蔵庫A	幅 16.7m×奥行 14m×高さ 7m	庫内設定温度+3℃、設定湿度85%
	プレハブ冷蔵庫B	幅 5.2m×奥行 14m×高さ 5m	庫内設定温度+3℃、設定湿度85%

## 8. 環境保全、便利性等

近年の異常気象による影響が世界各国で発生している中、農作物に対する影響も深刻化してくる。

本設備は特に東北地区で冬期から7ヵ月間、温度・湿度を制御保管することにより苗木の品質を保ち、安定してタイムリーに出荷体制が取れる。

## 9. 工夫した点、発想した点等

風雪対策として空冷リモートコンデンサー方式冷凍機ユニットを2セット採用。

加湿方式には、天井からミストを噴霧し制御した。庫内湿度94%前後で保持。

保管庫2室の前に荷捌き室を設けることによりフォークリフトで出入庫を効率よく可能とした。

## 10. 市場性等

日本では、初めて健苗の増産に向けたビジネスが展開可能となる。

今後、中国への輸出ビジネスとして需要に合わせ安定供給が可能になり、日本の品質の良さを売り込む。

## 11. 外観・構造図



建物外観



冷凍機と室内ミスト発生用タンク



苗木保管庫



## 優良省エネルギー設備顕彰事例③

● (一社)日本冷凍空調設備工業連合会 会長 優秀賞 ● 改修設備部門

# さいたま市 コミュニティ施設「プラザイースト」におけるESCO事業導入による省エネルギー化と光熱水費の効果的な削減について

設備施工者：日本ファシリティ・ソリューション(株) 積田冷熱工事(株) (株)積田電業社  
設備所有者：さいたま市

## 建物の概要

名称 公益財団法人さいたま市文化振興事業団プラザイースト

所在地 埼玉県さいたま市緑区大字中尾1440-8

概要 建家：地上3階 地下1階 延床面積：15,946.31m<sup>2</sup>  
構造：RC造・SRC造・一部S造 用途：複合施設（図書館・ホール等）

## 1. システム開発の目的と経過

### 目的

プラザイーストでは、竣工後20年経過したことを契機に、機能回復を目的とした中規模修繕工事において、老朽化の進む空調熱源設備の更新に加え、屋上・外壁・内装・照明・空調劣化部の修繕等を行うこととした。

特に老朽化の進む空調熱源設備の更新では、さいたま市環境基本計画での省エネルギーによる環境負荷軽減等の推進を考慮し、現在運用している空調熱源設備（ガス吸収式冷温水発生機）の大幅な省エネルギーを図ることを検討した。

そこで、さいたま市では、公募型プロポーザル方式による優れた民間ノウハウ・技術的能力が活用でき、設計・施工、事業計画、運転管理に関する一括提案を受けることができるESCO事業を導入することで、省エネルギーの推進による環境負荷の低減、ならびに光熱水費の効果的な削減につなげることとした。

### 経過

#### [中規模改修工事]

中規模改修工事期間：2017年6月～2018年3月

#### [ESCO事業]

ESCOコンペティション期間：2017年8月～9月

ESCO事業者決定：2017年9月

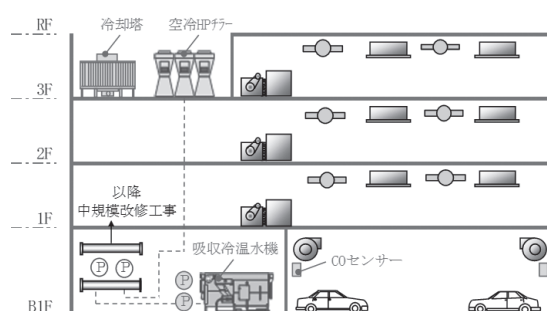
ESCO設計・工事期間：2017年9月～2018年3月

ESCO事業開始：2018年4月1日

#### <概略工程>

	2017年						2018年					
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	
改修工事	中規模改修工事期間											
ESCO事業	コンペティション期間		事業者決定		ESCOT工事期間						ESCO開始	

#### <工事区分>



## 2. 設備・システムの概要

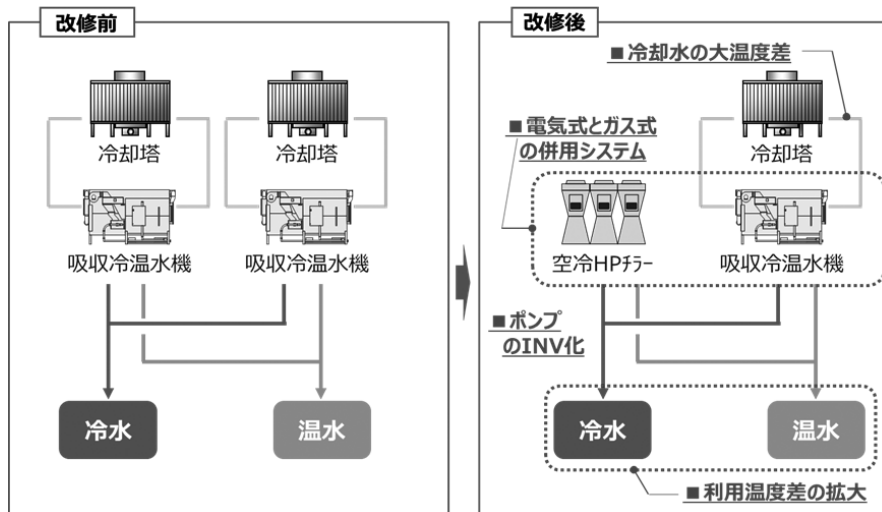
### ■ ESCO事業での導入システム概要

- 電気式とガス式の併用システムとし、省エネルギーと省コストを両立
- 利用温度差を5℃から8℃へ拡大等により搬送動力を低減
- 熱源設備のほか、地下駐車場の換気設備にCO制御とタイマー制御を追加導入

#### <機器仕様>

機器仕様			
改修前		改修後	
<b>【主要機器】</b>		<b>【主要機器】</b>	
吸収冷温水機	150Rt×2台	吸収冷温水機	150Rt×1台
冷温水一次P	7.5kW×2台	空冷HPチラー	154Rt×1台
冷却水P	11.0kW×2台	冷温水一次P	5.5kW×1台
冷却塔	1.5kW×2セル×2台	冷却水P	7.5kW×1台
薬注装置	×2台	冷却塔	3.7kW×1台
		薬注装置	×1台

#### <熱源設備フロー図>



## 3. 着想

- 電気式とガス式の併用システムとし、省エネルギーと省コストを両立

本施設は、セントラル空調方式を採用しており、改修前の空調熱源設備はガス式の吸収冷温水機が2台設置されていた。現地運転管理者へのヒアリングや運転データより、夏季と冬季のピーク発生日以外は1台運転で供給がまかなえていたことがわかった。

改修後の設備は、省エネルギーと省コストを両立させるため、電気式の空冷ヒートポンプチラーとガス式の吸収冷温水機を併用するシステムとした。

- 利用温度差を5℃から8℃へ拡大等により搬送動力を低減

空調用冷温水の利用温度差を5℃から8℃へ拡大、吸収冷温水機の冷却水温度差を5.5℃から7℃へ拡大、冷温水一次ポンプへのインバータ制御の導入により、搬送動力の低減を図っている。

○熱源設備のほか、地下駐車場の換気設備にCO制御とタイマー制御を追加導入

通年稼働していた地下駐車場の換気設備について、CO制御とタイマー制御を追加導入することで、駐車場の利用状況に応じた無駄のない稼働とし、省エネルギー化を図った。

#### 4. 効果（省エネルギー）

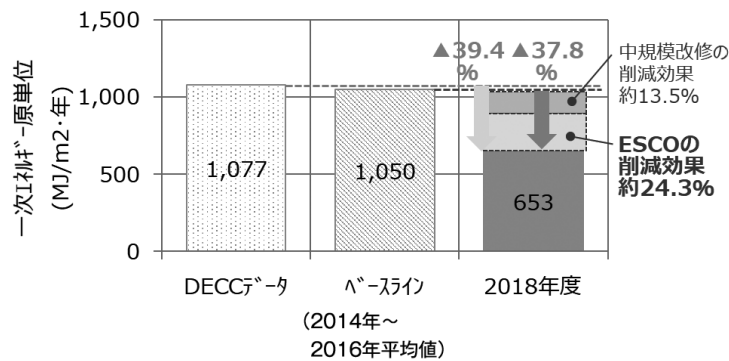
##### ■ 建物全体の一次エネルギー原単位

○改修前1,050MJ/m<sup>2</sup>・年 → 改修後653MJ/m<sup>2</sup>・年（約37.8%減）

○約37.8%減のうち、ESCO事業導入による削減効果は約24.3%

中規模改修による削減効果は約13.5%

○DECCデータ（劇場・ホールの平均値）と比較して約39.4%減

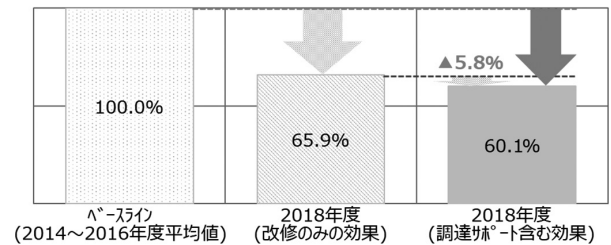


#### 5. 投資回収（省マネー）

##### ■ 光熱水費の削減効果

○ベースラインと比較して、光熱水費は約34.1%削減

○運用開始後、現地運転員と連携した更なる省エネルギー化およびエネルギー契約方式の見直しにより、さらに約5.8%の削減し、合計で年間約39.9%削減



#### 6. 他の建物への応用性

##### ■ ESCO事業導入による省エネルギー化と光熱水費の削減が可能な施設

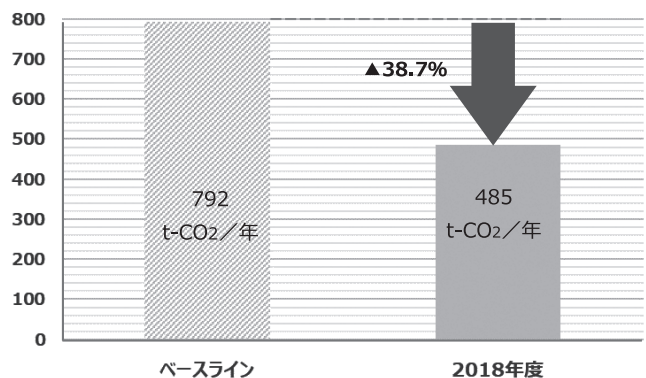
○設備が15年～20年経過した病院、商業施設、ホテル、オフィスビル、工場などのエネルギー多消費施設に広く適用可能である。

#### 7. 環境保全、便利性等

##### ■ 建物全体のCO<sub>2</sub>削減

○ベースラインと比較して、CO<sub>2</sub>は約38.7%削減となり地球温暖化対策へ貢献

[改修前792 t-CO<sub>2</sub>/年 → 改修後485 t-CO<sub>2</sub>/年]



## 8. 工夫した点、発想した点等

○導入したESCO事業では、空調熱源設備に負荷率の低い中規模の文化施設においても、省エネルギー及びライフサイクルコストの観点でも優位となるように、高い部分負荷特性の効果が見込める空冷ヒートポンプチャラー(ベース運転機)を採用している。導入後においても、定期的にデータを収集・分析し、運転改善チューニングも実施している。

また、ESCO事業者は、省エネルギー性能を十分に発揮・維持するよう、現地運転員との連携を密に行っている。また、ESCO導入効果についての報告会を四半期に1回実施し、市職員、運転管理員と情報交換することで、継続的な省エネルギーへの取組みを施設全体に波及するような体制としている。

○通常は、空冷ヒートポンプチャラーをベース機器として効率よく空調を行い、吸収冷温水機の稼働を抑制してガス消費量を大幅に削減し、省エネルギー運用を可能にしている。また、エネルギー価格が変動した場合や電力デマンドを抑制したい場合には、吸収冷温水機をベース機器として運用することが出来るため、コスト面にも配慮した運用が可能なシステムとなっている。

## 9. 市場性等

「6. 他の建物への応用性」に同じ。

## 10. 建物概要

本施設「プラザイースト」は、文化・芸術・レクリエーション等の活動の場として地域の拠点となる複合施設である。ホールや展示室を保有し、定期的にコンサート等のイベントが開催されている。また、図書館やセミナールーム等もあり、地域住民が多数利用している。

所在地	埼玉県さいたま市緑区
敷地面積	10,243.63 m <sup>2</sup>
建築面積	5,202.42 m <sup>2</sup>
延床面積	15,946.31 m <sup>2</sup>
構造	RC造・SRC造・一部S造
階数	地上3階、地下1階
竣工	1997年1月
ESCO事業開始	2018年4月1日



プラザイースト外観



空冷HPチャラー



吸収冷温水機

●(一社)日本冷凍空調設備工業連合会 会長 優秀賞 ● 運転・保守管理部門

# マレーシアにおける IoTフロン漏えい管理システムによるGHG削減

設備施工者：(株)ナンバ

## 建物の概要

所在地 マレーシア Hang Tuah Jaya市内  
A、B、C、D施設

### 1. 技術開発の目的と経過

目的：冷凍冷蔵・空調設備のフロン適正管理  
による省コスト及びGHG削減

経過：平成30年（設計、検討等）


実施時期		実施内容
2018.09月初旬		設置先検討・現場調査
データ 収集期間： 2018.10.23～ 2019.2.14	2018.10月中旬	フロンキーパー取付
	2018.10.23～ 2018.11.12	改善対策実施前のデータを収集
	2018.11月下旬	第1回現地対象施設向け報告の実施 (現状報告・改善提案)
	2019.01月下旬	第2回現地対象施設向け報告の実施 (改善実施状況確認・追加改善提案)
	2019.03月上旬	第3回現地対象施設向け報告の実施 (最終報告書提出・フロンキーパー撤去)

### 2. 設備・システムの概要

冷凍冷蔵設備機器には冷媒としてフロン類が多く使用されている。温室効果の高い代替フロンの漏えい対策として、2015年4月にフロン排出抑制法が施行されたが、定期的な機器の点検を行う以外は具体的な漏えい対策が無い為に、担当者はその対応に頭を悩ませている状況にある。弊社ではフロン排出抑制法施行前より、フロン漏えいを減少させるべく、漏えいをさせない施工技術の研鑽を重ねてきた。そのような背景から、フロン漏えい検知システムのフロンキーパーを独自開発し、特許を取得。フロンキーパーは、冷凍冷蔵設備からフロン漏えいが進むと発生するフラッシュガスを超音波センサーで検知し、その発生率により、漏えいの状況を判断する。また、IoTにより様々な測定データをリアルタイムで一括集中管理ができ、早期漏えい検知と適切な修理対応等を行うことで、過度な電力使用を抑え、GHG排出削減に寄与することが可能。

項目	内容	
価格	約300千円/台（工事費、管理費等含）	
漏えい検知方式	超音波方式	
測定項目	フラッシュガス発生率、電力使用量、圧力、温度（外気温、液冷媒温度、吐出温度、吸入温度）	
通信方法	WiFi利用による	
耐久年数	10年程度（超音波センサー）	
対応冷媒	R22, R134a, R404A, R410A, R407C, R507F, R12, R502, R407F, R507A, R32, R744 ※R410A・R32は冷凍機のみ使用可能/R744は冷凍機仕様条件有り/炭化水素系冷媒は安全面を考慮し対象外とする/※R463A, R448, R449は今後検証予定	

本体基盤



電源アダプター

超音波センサー（フラッシュガス）

電流センサー（電力使用量）

温度センサー（外気温・液冷媒温度・吐出温度・吸入温度）

2018年7月より9ヵ月間、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の民間主導による低炭素技術普及促進事業（戦略的案件組成調査）に採択され、三菱UFJモルガン・スタンレー証券株式会社、イー・アンド・イー ソリューションズ株式会社の3社共同事業として、「超音波検知とIoTを活用した冷凍・冷房分野における冷媒漏えい抑制技術普及に関する省エネ及び大規模GHG排出削減可能性調査」（以下、「NEDO事業」）に取り組んだ。今まで途上国では手付かずだった冷媒漏えいの管理を含む機器運転の最適化によるGHG排出削減効果の調査を対象国であるマレーシアのA、B、C、Dの4施設にて行った。

### 3. 着想

通常、冷凍設備の冷媒漏えいは、冷凍設備の温度異常が起きて初めて発覚するが、この時点では、既に50～80%の冷媒が漏えいした後となっている。異常な温度上昇による在庫品や販売品の品質劣化は事業利益の損失に直結するだけでなく、大幅な緊急修理が必要になる。また、冷媒漏えいの進行で冷却能力が低下し、設定温度到達までの稼働時間が伸びてしまうため、電力使用量の増加を招く。

フロンキーパーは、冷凍設備の漏えいに伴い、液冷媒管に発生するフラッシュガスを検知する超音波センサーを設置する。（フラッシュガス発生時の様子は左図参照）また温度センサー等各種センサーを取付け、通信ネットワークを介してリアルタイムにサーバーへデータ送信を行う。ネットワーク上の管理画面で各種データを基に漏えいを判断、およそ10%程度の漏えいで検知する事が出来るため、冷凍設備が冷えなくなる前に対応が可能、設備を利用するユーザーの被冷却物資を保護すると共に、消費電力増加を防ぎ、修理費用も削減する。前型液面検知タイプはフロートセンサーを使用し、レシーバータンク内部のフロン総量を計測する方式であったが、それと比較して検知精度は格段に飛躍した。



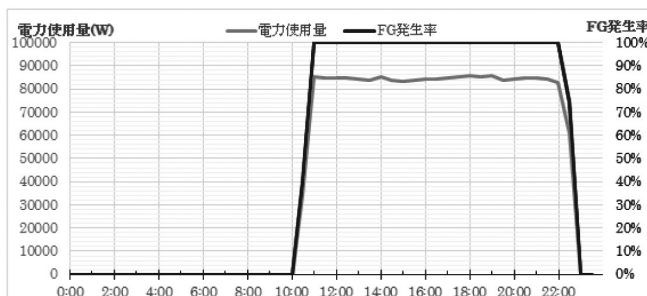
写真：冷媒漏えい時のサイトグラス  
（上：漏えい無し、左下：小規模漏えい、右下：大規模漏えい）  
※左下は漏えいが始まったばかりだが、熟練の技術者でも目視確認では断定が難しい

### 4. 効果（省エネルギー）

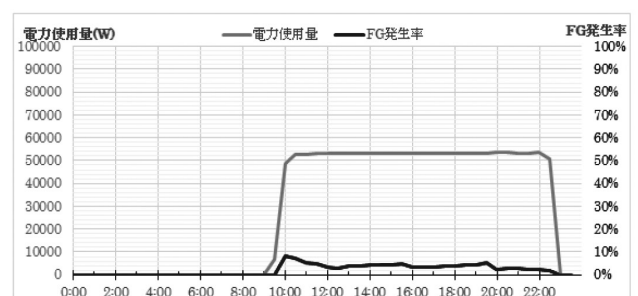
#### 【A施設 空調用チラー】

営業開始とほぼ同時にフラッシュガス発生率が100%となり、営業終了の22時まで続いている。チラーの運転開始と同時にフラッシュガスが発生し始めることから、冷媒不足が明らかであった。そこで、こちらのチラーに関し、対策として①50kgの冷媒充填を行う。②チラーに内蔵した3機のコンプレッサーのうち1機を停止する。（水温調整機能が故障しているため）を行った結果、フラッシュガスの発生を抑え、日平均電力使用量は、2134.3kWh<sup>(注記\*1)</sup>から1319.6kWh<sup>(注記\*2)</sup>と約38.1%減少するなど、大幅な電力使用量のカットに成功した。また、

対策前



対策後

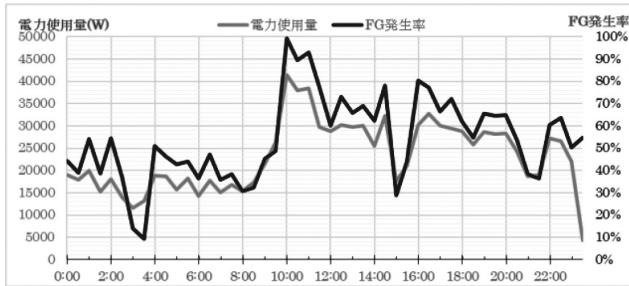


供給冷水温度が15.5℃から12.1℃へ下がり、冷媒吐出温度は80.3℃から58.0℃に、冷媒吸入温度は25.8℃から14.4℃に低下し、チラーの冷却能力の大幅な向上が確認された。

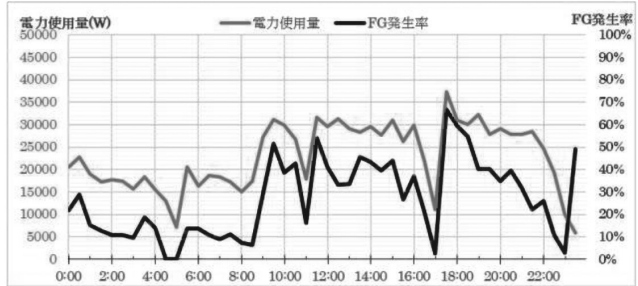
**【B施設 冷凍機】**

冷凍機は、店舗の営業状況に関わらず、常に稼働している。フラッシュガスの発生が頻発しており、電力使用量の増加に連動し、発生頻度も多くなる傾向があることが確認された。こうしたことから、冷媒充填量の不足が明らかであると判断した。メンテナンス事業者とともに漏えいチェックを実施し、実際に漏えい箇所を発見し、その場で修繕作業を行い、メンテナンス事業者により冷媒充填を実施した。作業前に比べ、フラッシュガス発生率が60.6%から27.0%と大きく減少するなど、その効果は顕著に現れているものの、充填量は十分なものではなく、フラッシュガスの発生が無くなるまでには至らなかった。これは現地メンテナンス会社の、適正量を判断する技術力不足といえる。日平均電力使用量は、1151.4kWhから1072.7kWhと約7%減少するなど、大きな省エネ効果が得られた。

対策前



対策後



A施設（消費電力は冷凍機ごとに電流センサーで計測）

（注記\*1） 対策前28日間の合計消費電力59,759,879Wを日数で割った数字・・・2134.3kWh

（注記\*2） 対策後13日間の合計消費電力17,155,325Wを日数で割った数字・・・1319.6kWh

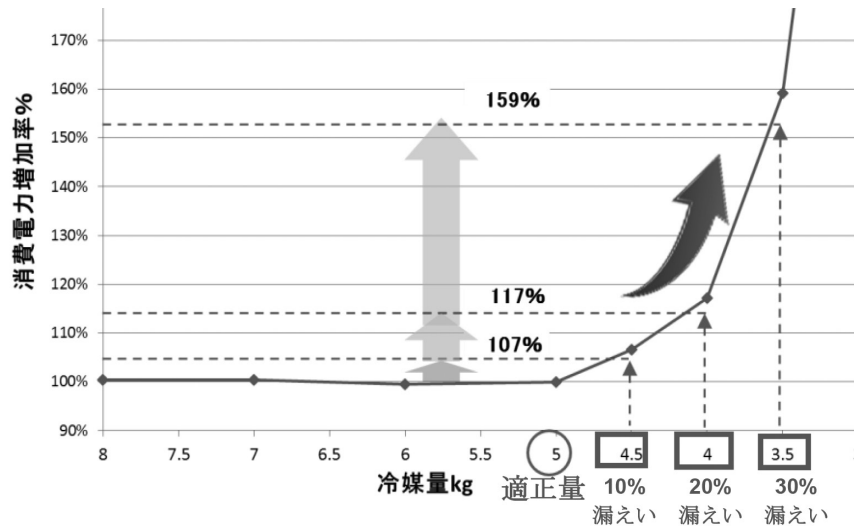
A施設：1日あたり削減消費電力は、約38.1%の削減効果（2134.3－1319.6＝814.7kWh）

B施設：1日あたり削減消費電力は、約6.8%の削減効果（1151.4－1072.7＝78.7kWh）

**5. 投資回収（省マネー）**

フロンの漏えいによる影響が大きいものに、冷凍空調機器の使用電力量の増大が挙げられる。NEDO事業においては、日本冷凍空調工業会・日本空調冷凍研究所が市販の一体型スクロール冷凍機（冷凍能力6.3kW、冷媒としてR-404Aを使用）と模擬負荷装置を用いて「フロン充填量の変化に応じた冷凍機の電力消費量の実測試験」を実施した。その結果、横軸にあるフロンの適正量から10%、20%、30%の漏えいが発生した場合、縦軸の消費電力増加率がそれぞれ107%、117%、159%と増加することが分かった。（下図参照）

冷却能力が低下するまで漏えいを放置した場合、在庫品や販売品の品質劣化や、大幅な修理費が発生するのみならず、設定温度到達までの稼働時間が延びて電力使用量の増加を招くことが実証された。冷凍設備のフロン漏えいは、冷凍設備の温度異常が起きて初めて発覚するが、この時点では、既に5～8割のフロンが漏えいした後となっている。一般的に漏えいは、ゆっくりと進行し、漏えいしていることに気づくまで、過剰な電力（最大59%）を消費し続ける事になる。こうした事実は、専門業者の間でも、ほとんど認識されていない。フロンキーパーでは10%程度の漏えい時点での検知が可能となるので、早期発見により無駄な電力消費を抑えることができる。



※冷凍機の機種、冷凍能力、冷媒等により結果は異なることが想定されている。  
 ※電力増加率は、100%が本来消費されるべき電力消費量と見なし、同基準からの増加を示している。  
 出典：日本冷凍空調工業会・日本空調冷凍研究所（2018）を基に㈱ナンバが作成

NEDO事業により、フロンキーパーを取り付けた4施設の削減効果と、前述の「冷媒充填量の変化に応じた冷凍機の電力消費量の実測試験」から、既に現状として使用電力量が59%増加している状態であったと仮定し、それが適正值に戻った場合に期待できるGHG削減ポテンシャルをまとめた。

### <試算方法>

(1) 実測値を基にした試算結果：

- ・省エネ効果 (kWh/年) = (①-②) ×稼働日数 (日/年)
- ・省エネによる排出削減効果 (tCO<sub>2</sub>/年) = 省エネ効果 (kWh/年) × 系統電源の排出原単位\*
- ・冷媒漏えい回避による削減効果 (t-CO<sub>2</sub>e/年\*\*) = 実測期間中の冷媒充填量 (ton) × GWP係数\*\*\*

(2) 試験値を用いたGHG排出削減ポテンシャル：

- ・試験結果により、冷媒漏えいによる電力増加率の上限を159%とした場合、稼働率100%の機器において、正常運転時は59%削減できることから理想稼働率を62.8%として算出。
- ・正常時消費電力量 (kWh/日) = 1日当たり最大消費電力\*\*\*\* × 理想稼働率/日
- ・省エネ効果 (kWh/年) = (①-正常時消費電量) × 稼働日数 (日/年)
- ・省エネによる排出削減効果 (tCO<sub>2</sub>/年) = 省エネ効果 (kWh/年) × 系統電源の排出原単位\*
- ・冷媒漏えい回避による削減効果 (t-CO<sub>2</sub>e/年\*\*) = 実測期間中の冷媒充填量 (ton) × GWP係数\*\*\*

\* 0.694tCO<sub>2</sub>/MWh

\*\* 実測期間中の再充填は1回のみだったが、再充填頻度が不明のため、年1回とした。

\*\*\* GWP (Global Warming Potential) : 温暖化係数

\*\*\*\* 1日当たりの最大電力消費量 = 平均電力消費量 (kWh/日) / 平均稼働率



対象施設		施設A (商業施設)	施設B (商業施設)	施設C (工場)	施設D (工場)
1 実測値を 基にした試算結果	省エネ効果 (kWh/年)	297,000 (38.1%↓)	29,000 (6.8%↓)	770 (19.6%↓)	
	コスト低減効果 (円/年)	2,833千円	264千円	8千円	
	排出削減効果				
	省エネ効果 (t-CO <sub>2</sub> /年)	210	20	0.5	
	冷媒漏えい回避効果 (t-CO <sub>2</sub> e/年)	90	180	18	
	合計	300	200	18.5	
2 試験値を用いた ポテンシャル	省エネ効果 (kWh/年)	289,000 (37.1%↓)	136,000 (37.2%↓)	1,500 (37.2%↓)	19,000 (37.1%↓)
	コスト低減効果 (円/年)	2,753千円	1,297千円	16千円	249千円
	排出削減効果				
	省エネ効果 (t-CO <sub>2</sub> /年)	200	90	1	13
	冷媒漏えい回避効果 (t-CO <sub>2</sub> e/年)	160	460	27	30
	合計	360	550	28	43

#### 【施設A】

設備価格：300千円

コスト低減効果：236千円/月<sup>(注記\*3)</sup>

投資効果：236千円×2 = 472千円 2ヶ月以内でコスト回収

(注記\*3) 施設電力契約は「タリフC1」として現地電気料金単価を36.50sen/kWhとして算出。

814.7kWh (1日あたり削減消費電力)×30(日)×0.365 (RM/kWh)×12(月)=107,051.6 (RM/kWh)

107,051.6 (RM/kWh)×26.48 (算出当時為替レート)=2,833,360→2,833千円/年

2,833千円/年÷12月=236千円/月

#### 【施設B】

設備価格：300千円

コスト低減効果：22千円/月<sup>(注記\*4)</sup>

投資効果：22千円×14ヶ月=308千円 約1年でコスト回収

(注記\*4) 1151.4kWh (対策前日平均消費電力) - 1072.7kWh (対策後日平均消費電力) = 78.7kWh

78.7kWh (1日あたり削減消費電力)×30(日)×0.365 (RM/kWh)×12(月)=10,341.18 (RM/kWh)

10,000 (RM/kWh)×26.48=264,800→264千円/年…NEDO事業報告値を引用

264千円/年÷12月=22千円/月

#### 【施設C】

設備価格：300千円

コスト低減効果：666円/月

※対象冷凍機が小型、稼働時間が短かすぎたため、コスト回収は困難

#### 【施設D】

※不足していた冷媒充填を実施したが、既存冷凍機の能力不足のため連続運転を行い、省エネ効果は得られなかった。

## 6. 他の建物への応用性・便利性

既存の設備に後付けで設置することが可能。配管工事等は必要なく、センサー類の固定のみで設置が可能、施工自体は比較的容易に行うことができるため取り扱い易さは非常に高い。また、前述の「2. 設備・システムの概要」の対応冷媒で記述している通り、HCFC・HFC他に対応しているため応用性も高い。しかし、対象冷凍機が小型過ぎる場合はフロン漏えいの早期発見には問題ないが、コスト削減の観点では回収が困難な場合がある。

## 7. 仕様又は開発製品等

「2. 設備・システムの概要」を参照。

## 8. 環境保全、便利性等

「5. 投資回収（省マネー）」内の表に記述済み。

## 9. 工夫した点、発想した点等

フロンが不足することにより消費電力はおよそ最大1.6倍にもなる事が実施試験として今回初めて実証された。使用者は漏えいが発生しても、その時点での把握は難しく、50%以上のフロンが漏えいし、冷凍能力に異常が発生してから初めて漏えいを知る。つまり、漏えいが発生してから半分以上のフロンが漏れてしまうまで、漏えいした状態は潜伏したまま機器を使用し続けてしまうことが殆どといえる。漏えいは少量ずつ長い期間を経て進むスローリークが大半なので、冷凍能力に異常が出るまでの間漏えいしたまま、最大1.6倍もの高い電気料金を支払い続けることになる。

フロンキーパーではおよそ10%の漏えいで検知する事が可能なので、冷凍能力に異常が出る前の把握が可能。適正な冷媒管理を行い続ける事によって大幅なコスト削減とGHG排出の削減を可能にする。

## 10. 市場性等

### <国内外の販売実績>

フロンキーパー（超音波検知方式）は、2018年に販売開始した商品であり、現在は積極的に営業活動を展開中である。また、活動の一環として、顧客サイトへの設置による実証試験を行い、実測後に顧客との商談を実施中である。国外販売実績はまだ無いが、NEDO事業等を通じ、マ国を皮切りにアセアン地域での販売を目指す。

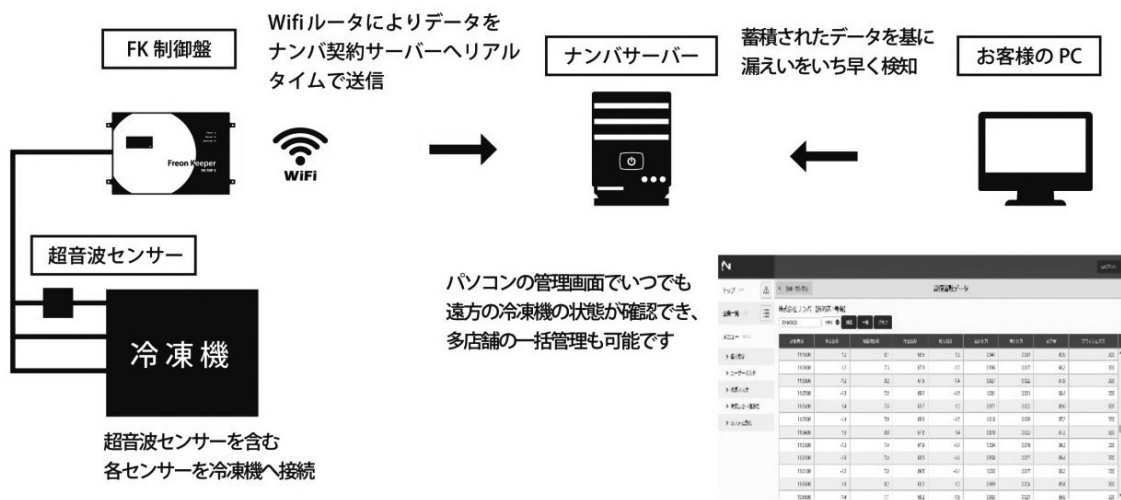
### <競合システムとの比較>

冷凍機のフラッシュガス超音波検知機能においては、競合相手や代替品は存在しない。フロン漏えい検知機能を有する製品は、フロン漏えい対策のニーズの高まりから、各社が製品開発を進めている。例を挙げると、A社冷凍機には冷媒の圧力と温度の検知で冷媒不足を知らせる機能がある。また、B社製の冷凍設備の一元管理システムがあるが、いずれも自社製品に対応するのみで、既存機への取付対応は不可、フラッシュガスの検知機能も無く、実際に冷凍能力に異常が出てからの検知となっている。フロンキーパーはメーカーを問わず既存設備に設置できる上、微量な漏えい段階での検知精度において他社を圧倒的に引き離しているといえる。他社比較を下表にまとめる。

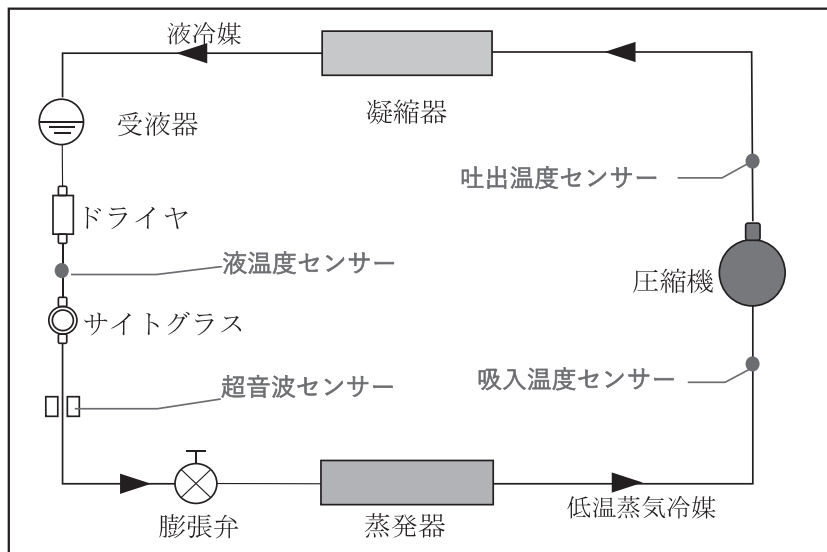
	フロンキーパー	A社製冷凍機	冷凍機の一元管理システム (B社製 他)
漏えい 検知方法	超音波センサーによりフラッシュガス発生を検知し、その他、冷媒圧力、冷媒液・吐出・吸入温度、外気温、電力消費量の数値を測定し、漏えいを判断する	冷凍機の冷媒圧力・温度を計測	温度・電力計測データ等の各種冷凍システムの数値を基に漏えいを総合的に判断する予定だが、現段階では実用化に至っていない
漏えい 検知性能	冷凍能力に異常が発生する前の初期段階での検知が可能	冷凍能力に異常が発生してからの検知	
取付対象	既存・新規・メーカー問わず既存設備に設置が可能	新規	全て同メーカーの冷凍システムのみが対象

## 11. 外観・構造図

【システム概要図】



【各種センサー取付位置】



※この成果は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務の結果得られたものです