

● 一般財団法人 省エネルギーセンター最優秀賞 ● 新設設備部門

# Integrate AC (インテグレート エアコン)

—中央監視装置によるパッケージ空調機の自動制御を実現する統合型空調システム—

設備所有者：日本無線株式会社 設備設計者：株式会社日建設計

設備施工者：高砂熱学工業株式会社、ダイキン工業株式会社、ジョンソンコントロールズ株式会社

## 建物の概要

名称 日本無線川越事業所 所在地 埼玉県ふじみ野市

概要 建家：地上6階 構造：S造 用途：事務所・工場

## 1. 技術開発の目的と経過

目的：

- ・パッケージ空調機を中央監視装置から自動制御することで制御性を高める新しい統合型空調システム (Integrate AC) を開発する。
- ・Integrate AC によりパッケージ空調機で「快適」な床吹き出し空調を「省エネルギー」に実現する。

背景：

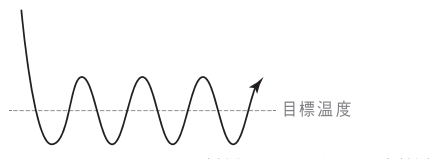
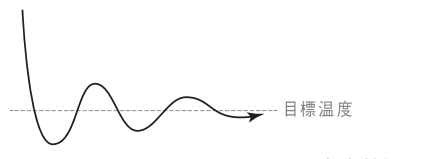
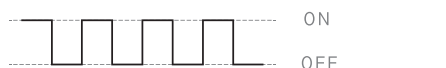

- ・従来までの中央熱源+空調機のシステムから、近年ではパッケージ空調機の採用が増加している。
- ・冷媒を圧縮機と膨張弁とで制御するパッケージ空調機では、制御性と省エネ性に課題がある。
- ・床吹き出し空調のように居住者にダイレクトに給気するシステムでは、パッケージ空調機の給気温度は快適性を損なう。

開発コンセプト：

- ・パッケージ空調の「管理が容易で安価な使い勝手の良さ」と、セントラル空調の「快適性・省エネ性に対する拡張性の高さ」の双方のメリットを併せ持つ統合型のシステムを目指す。
- ・パッケージ空調でも快適な床吹き出し空調を実現するシステムを目指す。
- ・中央監視装置から制御することでパッケージ空調の「全力運転」「ハンチング制御」を抑制し、快適性を向上させる。
- ・パッケージ空調を全体空調システムの一部として組み込むことで、外気冷房などの省エネシステムとの併用を図る。

目標とする制御：

- ・開発する Integrate AC は既存の一般パッケージ空調のデメリットを改善するため、以下の制御を実現することを目指す。

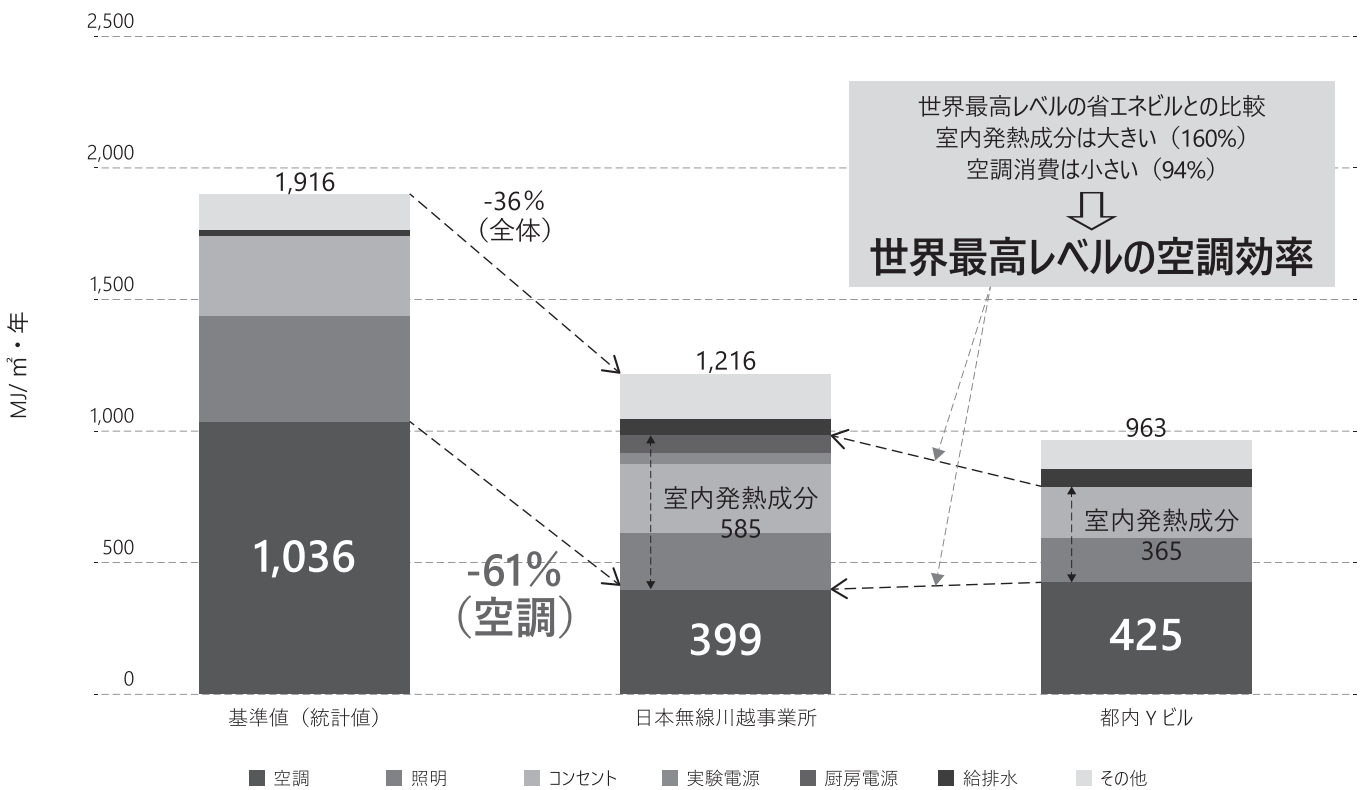
	一般パッケージ空調	Integrate AC
室内温度	 <p>ハンチング制御により目標の環境付近で暑い・寒いを繰り返される</p>	 <p>収束制御により徐々に目標の環境に安定していく</p>
室内機サーモ	 <p>サーモの ON/OFF が繰り返されることで圧縮機の発停によるエネルギーロスが増加する</p>	 <p>極端に負荷が小さくならない限りは安定した継続運転により発停ロスを抑制する</p>

パッケージ 吹出し温度	<p>----- 20℃</p> <p>----- 13℃</p> <p>----- 10℃</p> <p>吸込み温度制御のため吹出し温度は成行となり基本的に最低温度で全力運転となる</p>	<p>----- 20℃</p> <p>----- 13℃</p> <p>----- 10℃</p> <p>室内温度に応じた制御により吹出し温度はリニアに変化する</p>
還気ファン風量	<p>----- MAX</p> <p>----- MIN</p> <p>----- OFF</p> <p>通常還気ファンは設置しない</p>	<p>----- MAX</p> <p>----- MIN</p> <p>----- OFF</p> <p>給気温度計測値に応じて周波数制御を行い負荷が小さい時にはファンを完全停止する</p>
室内給気温度	<p>----- 20℃</p> <p>----- 10℃</p> <p>パッケージの吹出し温度と同一のため室内に低温冷風が給気される</p>	<p>----- 20℃</p> <p>----- 10℃</p> <p>還気ファンとの連動により室内には一定の中温冷風を給気してドラフトを防止する</p>

## 2. 効果（省エネルギー）

### 用途別年間消費エネルギー

- ・ Integrate AC を導入している日本無線川越事業所の年間一次エネルギー消費量は基準値に比べ「**36% 減**」となり空調単体でのエネルギー消費量を見ると「**61% 減**」と大幅な省エネルギーを実現している。
- ・ 世界最高レベルの環境配慮建築として評価を受けている都内 Y ビルと比較すると、実験や検査・電化厨房等での電力消費すなわち内部発熱が大きいにも関わらず空調消費エネルギーは小さい「**世界最高レベルの空調効率**」を実現している。



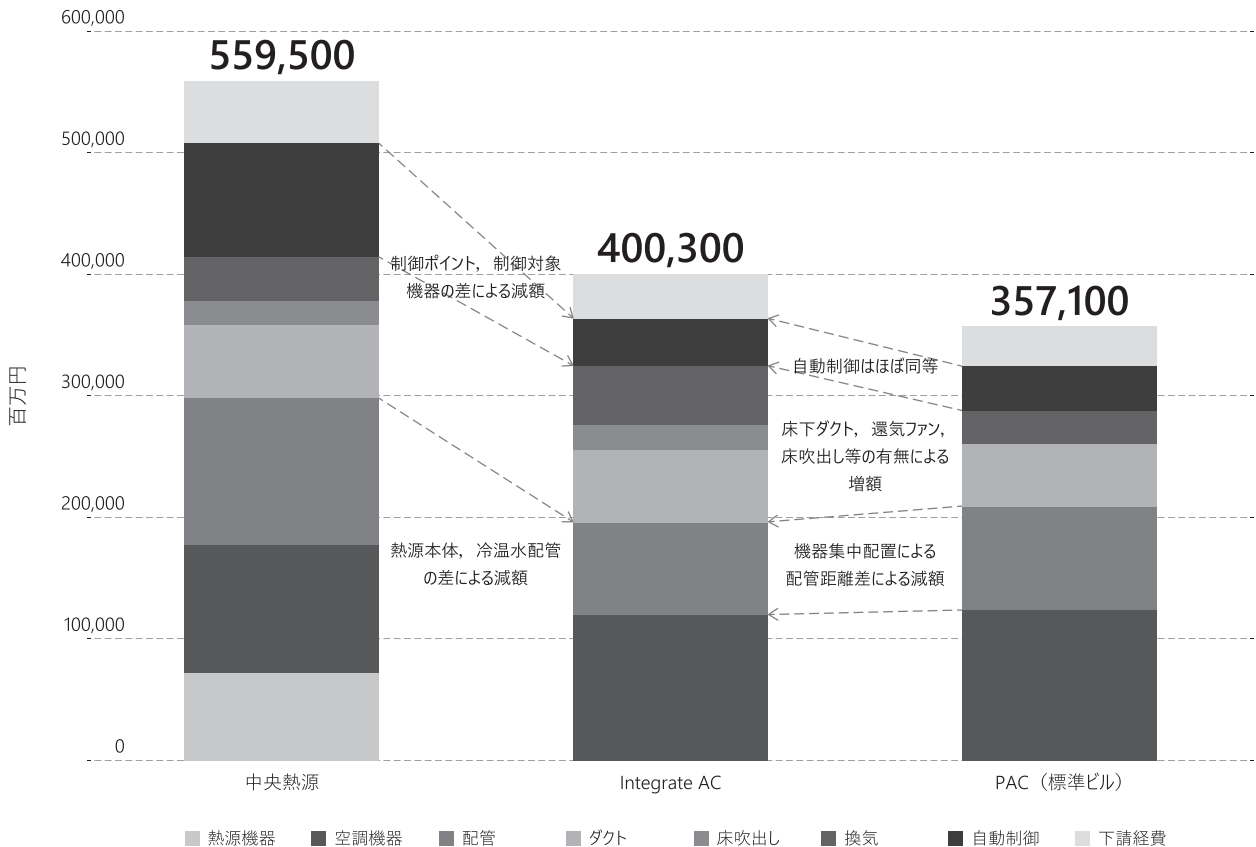
※参考値

- ・ 基準値 (統計値) : (一財) 省エネルギーセンター/オフィスビルの省エネルギーの「オフィスビルの形態別エネルギー消費原単位」より「自社ビル (全熱源)、エネルギー/延床面積-駐車場面積」の値を参照
- ・ 都内 Y ビル : 2017 ASHRAE TECHNOLOGY AWARDS 「First Place Winner」受賞建物  
内訳数値は、放射 (輻射) 冷暖房協議会/発足記念セミナーの講演資料より読み取り

### 3. 投資回収（省マネー）

#### (1) イニシャルコスト

- ・ Integrate AC、中央熱源、PAC（標準ビル）、のイニシャルコストを比較する。
  - ①同等の空調性能を実現する中央熱源システムと比較すると「1億5920万円減」
  - ②一般のシステム天井でのパッケージ空調システムと比較すると「4320万円増」
- ・ 上記より Integrate AC はイニシャルコスト面では一般のパッケージ空調システムの約1割の追加コストで、中央熱源システムと同等の省エネ性能・快適性能を実現するシステムである。



※概算工事費

・設計時におけるシステム採否判断用の比較用概算工事費であり、実際の日本無線川越事業所の契約工事金額とは整合しない

#### (2) ランニングコスト・回収年数

- ・ Integrate AC よりイニシャルコストの低いPAC（標準ビル）とのランニングコストを比較し、回収年数を試算する。
  - ①ランニングコストは年間で「1390万円減」
  - ②回収年数は「3.1年」
- ・ 上記より Integrate AC はランニングコスト面でも大きなメリットを持っており LCC 低減に寄与すると共に、短期間での初期投資が回収可能であることにより、システム導入のハードルを低くしている。

	1次エネルギー消費量 MJ/ m <sup>2</sup> ・年	電気使用量 MWh/ 年	ランニングコスト 千円/ 年	回収年数 年
Integrate AC	399	436	8,720	3.1
PAC (標準ビル)	1,036	1,131	22,620	—

※1次エネルギー換算値：9.76 GJ/ 千 kWh とする

※電力料金：20円 / kWh（基本料金込み）とする

#### 4. 環境保全、便利性等

ランニングコスト・回収年数

・IntegrateAC と PAC（標準ビル）との年間の CO<sub>2</sub> 排出量を比較する。

① CO<sub>2</sub> 排出量は年間で「329.4t-CO<sub>2</sub> 減」

② 樹木換算では「23,530 本分の効果」

	1 次エネルギー消費量 MJ/ m <sup>2</sup> ・年	電気使用量 MWh/ 年	CO <sub>2</sub> 排出量 t-CO <sub>2</sub> / 年	樹木換算（杉） 本
Integrate AC	399	436	206.7	14,760
PAC（標準ビル）	1,036	1,131	536.1	38,290

※ CO<sub>2</sub> 排出係数：0.474kg-CO<sub>2</sub>/kWh（東京電力 2016 年度排出係数）とする

※杉の CO<sub>2</sub> 吸収量：14kg-CO<sub>2</sub>/ 本（環境省・林野庁／地球温暖化防止のための緑の吸収源対策）とする

#### 5. 市場性、販売状況、適応市場の大きさ、競合品又はシステムとの比較、販売実績（国内、外）等

市場性

- ・ビル用パッケージ空調機の国内出荷台数は 80 万台前後の規模であり、その市場は極めて大きい。
- ・一方で 10,000m<sup>2</sup> を超える建物においては半数近くでセントラル空調システムが採用されており、高い制御性・省エネ拡張性が求められる市場も十分に大きい。
- ・上記の背景を鑑みた場合、パッケージ空調機で高い制御性・省エネ拡張性を実現することの市場性の高さは明らかである。

外観・設備写真



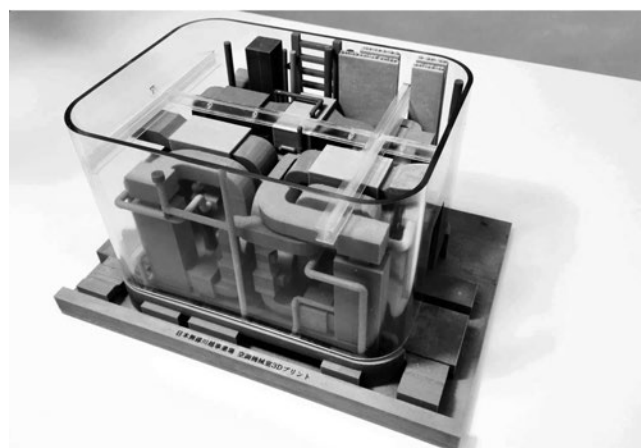
建物外観（南西より）



建物内観



機械室内部（給気ダクト・外調機）



機械室全体姿図（3D模型）

● 一般社団法人 日本冷凍空調設備工業連合会優秀賞 ● 改修設備部門

## 醱酵タンクジャケット温調システム

設備所有者：福岡県醤油醸造協同組合

設備施工者：株式会社 精研

### 建物の概要

名称 福岡県醤油醸造協同組合 所在地 福岡県筑紫野市大字牛島 65 番地

概要 建家：地上 2 階 構造：S 造 用途：食品工場

### 1. 技術開発の目的と経過

目的：醱酵タンクの温調（冷却及び加熱）に伴うエネルギー使用の合理化

経過：平成 24 年（設計、検討等） 平成 27 年（試運転、引渡し等）

### 2. 設備・システムの概要

当醱酵タンクジャケット温調システムは、既存の醱酵タンク外表面にタンクに密着可能なゴム製のジャケット熱交換器を取付けて、循環水を熱媒として醱酵タンク外表面で直接温調（冷却・加熱）を行う。空調機にて醱酵タンク室の庫内温度を一律に制御する空気循環方式に比べて、タンクを局所的に温調できるため放熱ロスが少なく、また、醱酵タンク毎で個別に温度制御ができるため、空気循環方式では成し得なかった醱酵過程の異なるタンクや異品種の同時醸造が可能となる他、醱酵タンクの稼働率が向上することで生産効率の向上に繋がる。

### 3. 着想

もろみの醱酵に伴う温度制御は時間を掛けてゆっくりと行われるため、古来からの製法のまま庫内温度を変化させる方法で行われてきた。しかしながら、もろみの醱酵温度制御のために空気を熱媒として広大な空間の庫内温度を温調する方式は放熱ロスが大きいという、一部のタンクのみ使用する場合でも庫内全体の空気を温調する必要があり無駄が多かった。そこで、タンク外表面に貼り付けたジャケット熱交換器により水を熱媒としてタンクを個別に直接温調する方式に変更し、エネルギー使用の合理化を図った。

### 4. 効果（省エネルギー）

表 1 に醱酵タンクジャケット温調システム導入による消費エネルギー削減効果を示す。

消費エネルギーの削減率は電力量で 44.0%、A 重油量で 22.5%であり、一次エネルギー換算で 35.6%の削減となった。

表1 醱酵タンクジャケット温調システム導入による消費エネルギー削減効果

		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
電力量 [kWh]	導入前(2012年)	13,870	24,038	30,353	30,049	19,792	20,686	21,165	15,605	14,791	190,349
	導入後(2015年)	12,090	11,725	11,770	14,344	10,110	9,727	14,090	10,652	12,129	106,637
	削減量	1,780	12,313	18,583	15,705	9,682	10,959	7,075	4,953	2,662	83,712
	削減率	12.8%	51.2%	61.2%	52.3%	48.9%	53.0%	33.4%	31.7%	18.0%	44.0%
A重油量 [L]	導入前(2012年)	5,100	3,300	2,200	1,400	1,400	1,800	3,100	6,100	5,800	30,200
	導入後(2015年)	3,900	3,600	1,800	1,200	800	1,600	2,700	3,000	4,800	23,400
	削減量	1,200	-300	400	200	600	200	400	3,100	1,000	6,800
	削減率	23.5%	-9.1%	18.2%	14.3%	42.9%	11.1%	12.9%	50.8%	17.2%	22.5%
一次エネルギー量 [GJ]	導入前(2012年)	334.8	363.6	382.3	348.0	247.9	272.3	327.8	390.8	371.1	3,038.6
	導入後(2015年)	270.5	255.2	185.3	186.9	130.0	157.5	243.1	221.3	306.1	1,955.7
	削減量	64.3	108.4	197.0	161.1	118.0	114.8	84.7	169.6	65.1	1,082.9
	削減率	19.2%	29.8%	51.5%	46.3%	47.6%	42.2%	25.8%	43.4%	17.5%	35.6%
CO2排出削減量[t-CO2]		4.19	5.69	10.9	8.83	6.74	6.33	4.82	11.02	4.12	62.63

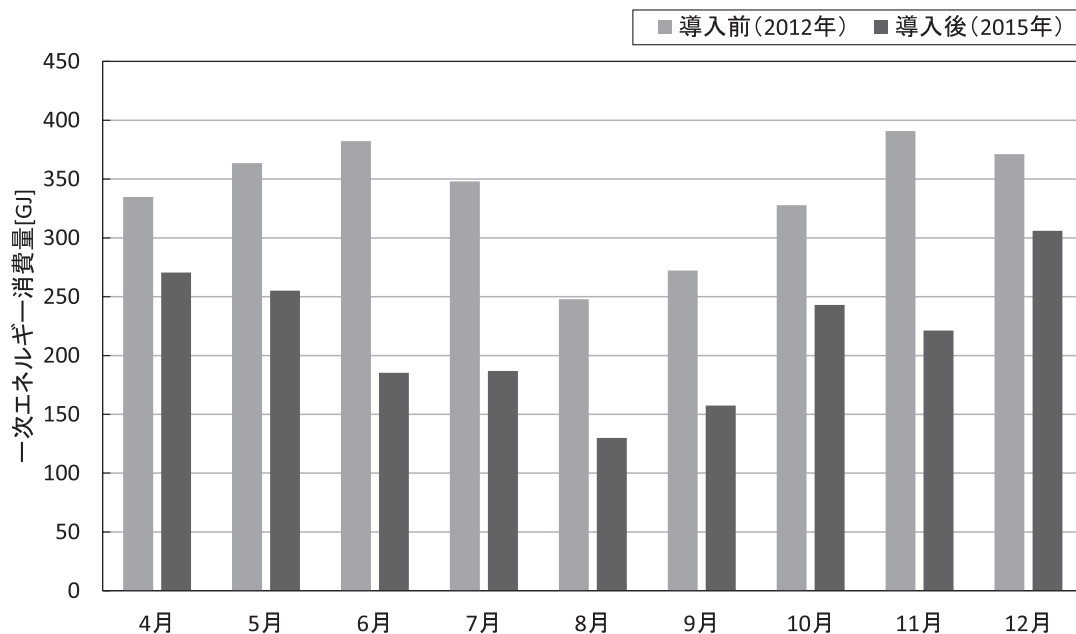


図1 醱酵タンクジャケット温調システム導入前後の一次エネルギー消費量比較

## 5. 投資回収 (省マネー)

計測期間9ヶ月間での電力削減量83,712 [kWh]、A重油削減量6,800 [L] から年間削減量を外挿計算すると、年間削減電力量は111,616 [kWh/年]、年間削減重油量は9,067 [L] となる。

電力料金単価：11.3 [円/kWh]、A重油単価：60.0 [円/L] より、

電力量料金：111,616 [kWh] × 11.3 [円/kWh] = 1,261,261 [円]

A重油料金：9,067 [L] × 60.0 [円/L] = 544,020 [円]

ランニングコスト：1,261,261 [円] + 544,020 [円] = 1,805,281 [円]

醱酵タンクジャケット温調システム導入費用：15,000,000 [円]

投資効果：15,000,000 / 1,805,281 = 8.3 [年]

## 6. 他の建物への応用性

容器の外表面に取り付ける当熱交換器はEPDMゴム製のため密着性に優れ、かつ容易に着脱可能なため、各種の既設容器の個別温調に応用できる。熱交換器が容器内の内容物と直接接しないため、内容物の汚染が無く、今回導入した醗酵タンクその他、食品工場や薬品工場の製品温度管理に応用できる。

## 7. 環境保全、便利性等

年間削減電力量 111,616 [kWh/年]、年間削減重油量 9,067 [L] より、CO<sub>2</sub> 排出削減量は 83.5 [t-CO<sub>2</sub>/年] となる。  
(CO<sub>2</sub> 換算係数は電力：0.000528 [t-CO<sub>2</sub>/kWh]、A 重油：0.00271 [t-CO<sub>2</sub>/L] を使用)

## 8. 工夫した点、発想した点、創作した点、新しい点等、設備の特徴

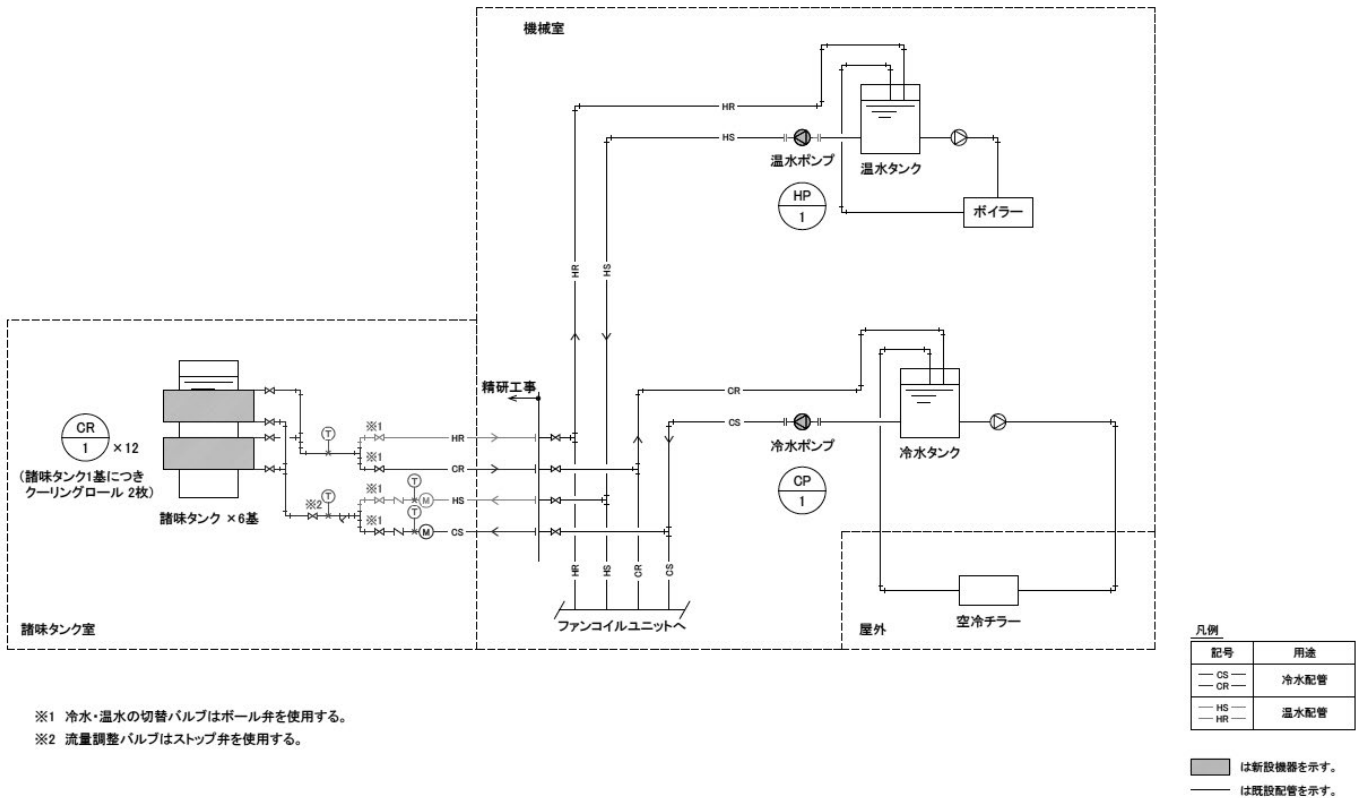
タンク内容物の温調のために広大な空間の庫内温度を調節する方式からタンク外表面を直接温調する方式に発想転換したことでエネルギー使用の合理化を図ることが出来た。タンクを個別に温調する方式としたことで、今まで庫内温度一様であったために制限のあった醗酵過程の異なるタンクや異品種の同時醸造ができ、少量多品種の生産が可能となる他、生産効率の向上にも繋がった。

## 9. 市場性、販売状況、適応市場の大きさ、競合品又はシステムとの比較、販売実績（国内、外）等

貯蔵物を汚染することなく合理的に温調できるため、醤油・味噌・酒などの醗酵食品の製造工場をはじめ、食品工場、薬品工場等の容器冷却に利用できる。

## 10. 外観・構造図

### 構造・システムフロー図



外観写真



ジャケット熱交換器導入前（醗酵タンク）



ジャケット熱交換器導入後（醗酵タンク）



● 一般社団法人 日本冷凍空調設備工業連合会優秀賞 ● 改修設備部門

# 食肉加工処理工場における 個別分散システムによる品質維持と省エネ化

設備所有者：株式会社JA食肉かごしま 南薩工場  
設備施工者：株式会社ダイキンアプライドシステムズ

## 建物の概要

名称 株式会社JA 食肉かごしま 南薩工場  
所在地 鹿児島県南九州市知覧町南別府 22361  
概要 昭和 54 年竣工  
建屋：地上 2 階建て  
延べ面積：13,100m<sup>2</sup>  
構造：鉄骨造・鉄筋コンクリート造  
用途：食肉加工（牛・豚）



株式会社JA食肉かごしま 南薩工場 外観

## 1. システム開発の目的と経過

### 目的

食肉加工処理工場における冷凍冷蔵設備は、食肉の解体、冷却、加工および保管までを担っており、冷凍冷蔵設備における電力使用量は工場全体の約半数を占めている。近年、海外輸出認定工場として食品安全マネジメントシステムに関する国際規格 ISO22000 の取得により庫内温度の低温化、デフロスト時の庫内温度の保持、規定された時間内でのト体品温の冷却など、厳格な温度管理が求められるようになり、電力使用量は増加傾向にある。

本件は、既設冷凍冷蔵設備において、水冷式冷凍機によるセントラル方式から空冷式の DC インバーター冷凍機を利用した個別分散方式へ変更し、省エネ監視設備を新規導入することにより、省エネルギー、省メンテナンス、故障時のリスク低減および製品の品質維持を目的としている。

### 経過

設計期間：平成 27 年 8 月

#### 【一期工事】

工事着手：平成 27 年 9 月 工事完了：平成 28 年 3 月

#### 【二期工事】

工事着手：平成 28 年 4 月 工事完了：平成 29 年 3 月

## 2. 設備・システムの概要

### 既設機器概要

空調方式：セントラル方式  
水冷式コンデンシングユニット  
+ 補機（冷却塔 + 冷却水ポンプ）  
+ ユニットクーラー  
デフロスト方式：散水方式  
使用冷媒：HCFC 冷媒 R22  
馬力：計 656HP

### 更新機器概要

空調方式：個別分散方式  
空冷式低温用エアコン（室外機 + 室内機）  
デフロスト方式：逆サイクルホットガス方式  
使用冷媒：HFC 冷媒 R410A  
室外機：計 83 台 室内機：計 103 台  
馬力：計 846HP

## 3. 着想

### 3.1 リスクの低減

既存水冷式冷凍機利用によるセントラル方式の場合、冷

凍機1台で複数庫を冷却しているため、冷凍機故障時のリスクが大きく、その低減化が課題であった。本設備では、部屋ごとに専用冷凍機を設置し、冷却能力を多く必要とする部屋については複数台の冷凍機を設置する計画とした。

### 3.2 工場を稼働しながらの更新

既設水冷式冷凍機は専用の機械室に設置されており、同じ機械室に新設冷凍機を設置することは困難であることから、別機械室に冷凍機を設置する案、および工場周囲の空きスペースを利用する案があった。今回、水冷式冷凍機から空冷式冷凍機へ変更することで、屋上空きスペース、工場周囲空きスペースを有効利用することとした。この場合は、工場稼働中に冷凍機を設置しておき、客先の長期休暇期間中に配管配線接続と試運転を実施する方法が採用できる利点もある。また、専用の機械室も不要となるため、建設費用の削減化を図ることも可能である。

### 3.3 電気使用量の低減化

既存設備は水冷式冷凍機利用により、冷却水ポンプおよび冷却塔ファンの動力が必要となる。また、冷凍機は一定速圧縮機のため、特に中間期から冬期にかけての負荷低減時における冷凍機の電力削減化ができていなかった。本件では年間負荷を把握し、計画時の試算によりDCインバーター圧縮機を搭載した空冷式冷凍機を利用することで、電力使用量の低減化を図れる結果を得た。

### 3.4 省メンテナンス化

セントラル方式から個別分散方式に変更することで冷凍機は小型化し、専任技術者が不要となる。また、冷凍機の台数が増えることで日常点検が煩雑になることを想定し、省エネ監視設備での冷凍機の運転状態や庫内温度データを一括監視、帳票出力することで省メンテナンス化を図る。

### 3.5 デフロスト方式の変更

デフロスト方式を散水方式からホットガス方式にすることで散水による天井面の再氷結、水の飛散による問題解決を図った。

## 4. 効果（省エネルギー）

冷凍機を水冷式から空冷式へ、デフロスト方式を散水方式から逆サイクルホットガス方式へ変更することにより、補機動力の削減と井水使用量を不要とした。さらに個別分散による運用での省エネおよび部分負荷時の運転効率向上

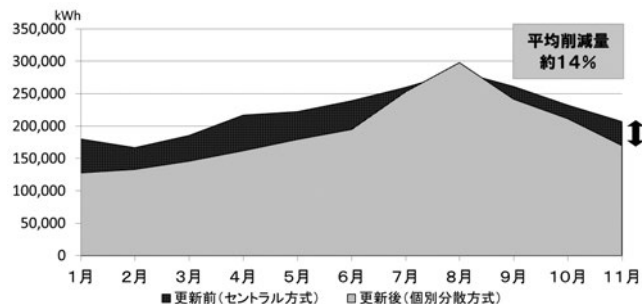


表1 更新前と更新後の電力使用量の比較

により更新前と比較し、約14%の省エネとなった(表1)。

電力使用量 ▲ 356,000kWh/年

水使用量 ▲ 29,200m<sup>3</sup>/年の削減

## 5. 投資回収(省マネー)

A: 本設備の投資金額

本設備は老朽化に伴う更新工事であることから、投資金額は冷凍機増容量分190HP(既設容量846HP-更新容量656HP)と、新たに加えた省エネ監視設備の投資金額の合計とする。

冷凍機増容量分190HP: 93,000千円  
 省エネ監視設備金額: 15,000千円  
 合計: 108,000千円

B: 年間削減金額

電力料金削減額: 6,600千円/年  
 井水使用料削減額: 500千円/年  
 保守費用削減額: 12,000千円/年  
 合計: 19,100千円/年

投資回収年数は、A/Bより5.7年となる。

## 6. 他の建物への応用性

食肉加工処理工場に限ったことではなく、いまだに多くの工場、倉庫において過去にセントラル方式が採用され、更新されずに現存している。今後、それぞれのニーズに応じた品質維持・管理は当然のこと、優れた省エネ性、環境性、簡易メンテナンス性を求められる中、空冷式で高効率なDCインバーター圧縮機を搭載した個別分散方式の採用は有効な手段と考えられる。

## 7. 仕様又は開発製品、システム、部品等の仕様

### 7.1 空冷式低温用エアコンの採用

採用した冷凍機の特徴は以下のとおりである。

#### ①逆サイクルホットガスデフロスト方式

従来の、給水タンクやポンプ等の給水設備を必要とす

る散水方式を逆サイクルホットガスデフロスト方式にすることで、給水設備を不要とした。さらに霽による結露や再氷結、水の飛散が無くなり衛生面も改善された。

### ②エコマイザーサイクル

冷却運転においては、エコマイザーサイクルを搭載し、中間ガスインジェクションによる低温領域での運転効率を大幅にアップさせた冷凍機を採用している（図1）。

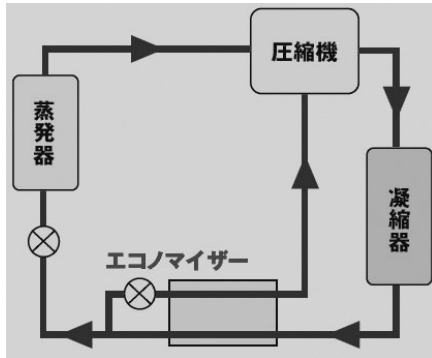


図1 エコマイザーサイクル

### ③リアクタンс DC インバーター搭載

圧縮機には、リアクタンс DC インバーター圧縮機を搭載し（図2）、定格時での効率アップだけでなく、年間を通じて運転時間の長い中間期、冬期の低負荷時で特に高い効率での運転が可能になる。

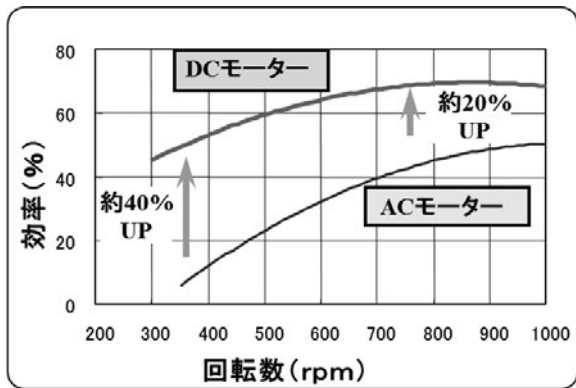


図2 DC圧縮機モーター特性

## 7.2 省エネ監視システム

主な特徴としては通常の中央監視機能（発停や状態監視、トレンドログ）に加えて、専用通信 DIII-NET を直接制御することで冷凍機内の制御情報を利用可能にした。

これにより同時デフロストの防止や設定温度変更の他に蒸発温度変更など用途に合わせた設備での制御を組み合わせることが可能となる。

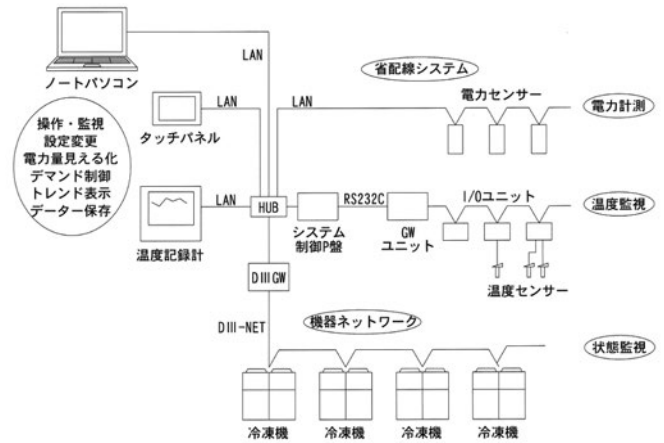


図3 省エネ監視システム図

後述するが、運用する時間帯に合わせた機器の制御連動やデマンドによる能力抑制などに威力を発揮している。これを当社独自の制御システム、ZU：NOS（ズーノス）により実施している（図3）。

## 8. 環境保全、便利性等

低温用エアコンの個別分散設置と一室あたりの複数台設置により、故障時の製品への影響を低減している。さらに、圧縮機を複数台搭載しているため、1台故障しても運転を継続するのでより安心である。また、将来の更新時も工事が容易になる。冷媒は、R22 から高効率でオゾン破壊係数0のR410Aを採用し、エコマイザーサイクルにより冷媒保有量は従来比で約80%の大幅な削減ができた。

## 9. 工夫した点、発想した点、創作した点、新しい点等、設備の特徴

枝肉は、菌や微生物の繁殖を防ぐためにも速やかに冷却しなければならない。また、庫内温度が不安定で、冷却時間が長くなると肉の色合いの変化により製品価値が低下する恐れがある。そのため、庫内温度とト体の温度は厳格に管理されている。

今回、負荷に応じた DC インバーター制御で圧縮機の発停回数を限りなく抑え、庫内温度を安定させたことにより製品品質の向上が期待される（図4）。

また、DC インバーターを搭載した冷凍機と中央監視システムにより、負荷に応じて冷媒循環量を制御することで、年間を通じて最適な蒸発温度で制御することが可能になった。これにより、ト畜数や季節による負荷の変動に対する最適運転を可能とし、庫内温度の振れ幅を極力抑えることができた。さらに、中間期から冬期にかけての低負荷時に

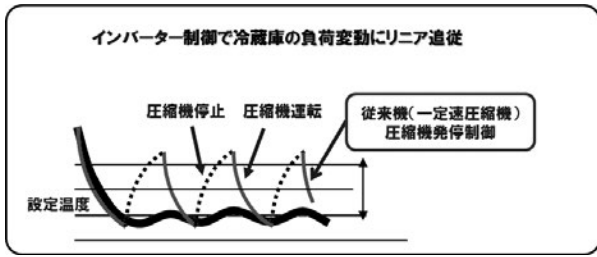


図4 インバーターによる冷却能力制御

においては冷媒循環量を減少させることにより、効率的な省エネ運転が可能となった。

次に、庫内温度を乱す原因の一つに除霜時の庫内温度上昇がある。この温度上昇を防ぐため、DCインバーターによる適切な容量制御と、比較的低温のホットガスにコントロールすることにより、庫内の温度上昇を抑えている。

今回、枝肉入庫時は洗浄後の濡れたト体および扉開口部からの侵入外気による霜付での能力低下やデフロスト回数増が課題となったが、新規導入した中央監視システムにより、入庫初期は蒸発温度を上げて霜付を抑え、庫内の水分をドレン化したことで解決させた。

#### 10. 市場性、販売状況、適用市場の大きさ、競合品又はシステムとの比較、販売実績（国内、外）等

食肉加工工場は全国に約200カ所あり、冷媒R22を使用した大型冷凍機によるセントラル方式が数多く現存している。今後も更新時においては、生産量を維持することが要求されるため、計画する場合に、省エネだけでなく施工面からも本個別分散方式は有効な手段と考えられる。

#### 11. 概観、構造図



写真1 豚枝肉冷蔵庫



写真2 牛枝肉冷蔵庫



写真3 牛製品保管庫（既設機器（庫内側面）、更新機器（庫内中央））



写真4 低温用エアコン室外機

●一般社団法人 日本冷凍空調設備工業連合会奨励賞 ●改修設備部門

# フロンキーパー —冷媒漏えい故障早期発見による省エネ—

設備所有者：株式会社タカヤナギ

設備施工者：株式会社ナンバ

## 建物の概要

名称 株式会社タカヤナギ

所在地 秋田県大仙市

概要 商業施設（スーパーマーケット）



## 1. 技術開発の目的と経過

### 目的

スーパーマーケットなどで使用される別置型ショーケースでは年間平均16%のフロンが漏えいしている。50%以上漏えいした状態で使用し続けると、温度異常が現れるとともに、能力不足の状態で使用することとなり電力量が平均40%増加する。漏えいした状態で使用することは、機器の運転効率が低下するだけでなく、圧縮機の故障を誘発するリスクを高める。

また、漏えいしたフロンが地球温暖化、環境に及ぼす影響が問題化しているなか、漏えいを早期検知できる装置の開発を打ち出すに至った。

### 経過

平成22年頃よりフロンキーパーの研究開発を行い、平成24年に製品化に成功、販売を開始する。平成27年には特許を取得する。

## 2. 設備・システムの概要

フロンキーパーは受液器を持つ冷凍機すべてに取付可能である。

受液器内に溜まる液冷媒の液面が水平に取り出せるようにバイパス管を設け、シリンダー内のセンサーにより液面検知を行う。検知した結果はフロンキーパー盤にて計算を行い、液面に異常があった際はどの冷凍機に異常があったか報知するシステムである。

タカヤナギイーストモールにおいては、商品を陳列する

オープンショーケースを冷却する為の冷凍機及び、バックヤード等に設置してあるプレハブ冷凍庫、プレハブ冷蔵庫を冷却する冷凍機全台に設置。

フロンキーパー盤は冷凍機械室内にて毎日のフロン量を検知させ、異常があった際は自動電話発信機により、店長様及びタカヤナギ設備担当者様へお知らせするようにした。

## 3. 着想

主な冷凍機が冷媒漏れを起こすと、最初に充填したフロンガスの5割～7割が漏えいしないと気づけない現状がある。

また、冷凍機に封入された冷媒量は目視点検での判明は不可能なため、実際に漏えいとわかるには機器の不具合が発生してからとなる。温度異常の警報か又は冷えていないことに誰かが気がつかないと発見できない。

これでは、冷蔵庫に保管されている大切な商品へ悪影響がでるし、ショーケースに商品が陳列できないと言うチャンスロスも生まる。

冷凍設備が冷媒が少ない状態で運転を続けると、消費電力量が増したり、圧縮機不具合へのリスクも大きくなる。

よって、早期に冷媒漏えいを検知することが不可欠である。

通常、冷媒は冷凍サイクル内で液化と気化を繰り返すことにより冷却を行っている。

液化された冷媒は受液器に溜まり各冷却器に液送されて膨張弁で気化されることで冷却が行われる。その受液器内

に冷媒を集めて液量を計測することで、冷媒量の減少を把握するとともに、フロンキーパー盤にて各センサー情報を元に各種データから計算することにより、冬季における凝縮器内の「寝込み」等の問題点をクリアさせた（冷媒の液温度、外気温度別で変化）。

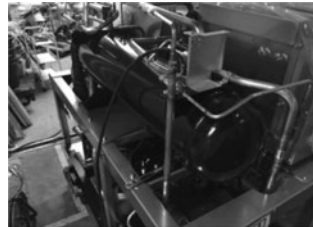
#### 4. フロンキーパー設置例



シリンダー取付部



操作盤



シリンダー取付部

経済産業省・環境省が発表した平均的な漏えい量  
冷凍機のフロンガス年間漏えい量

(※経済産業省データにより)

- ・別置き型ショーケース……………16%
- ・冷凍冷蔵ユニット……………17%

タカヤナギ店舗（イーストモール）で当てはめると  
冷凍機 157.3kW、使用フロン量 636kg × 16% = 平均的年  
間漏えい量 101kg（年間）

フロンキーパーによる漏えい量

使用冷媒=R404A（地球温暖化係数 3,920）

よって、イーストモールの規模の一般的なスーパーマーケットでは、年間 101kg のフロンガスが漏えいしていると言えるが、万一冷媒漏えいが発生したとしても 15% の漏えいで報知するためメンテナンス用補充冷媒量の削減、ショーケース温度上昇における商品ロス及びチャンスロスが少なくなることと冷えている状態で発見できることが大きな利点である。

環境省・経済産業省の漏洩量から割り出した試算

	数量		単価	金額
フロンガス	101	kg	4,500	454,500
充填料	101	kg	500	50,500
修理費	2	人工	35,000	70,000
調整費	4	回	50,000	200,000
諸経費	1	式		77,000
合計				852,000

又冷媒が 30% 漏えいすると 40% の電力量が増えると日本冷凍空調工業会から発表されている。

導入実績：対象機器数（冷凍機換算）350 台

納入先：スーパーマーケット、食品加工工場、食品物  
流冷凍冷蔵庫（2017 年 12 月現在の実績）

スクリーン冷凍機、二段圧縮機型冷凍機、スクロール冷凍機、レシプロ型冷凍機

#### 【システム】

- フロンキーパー盤
- 液面検知用シリンダーとセンサー
- 冷媒漏えい報知システム

#### 【施工】

- ・液面検知シリンダーの取付
- ・シリンダーバイパス管の取付
- ・現状を記録し漏えい時の状態に戻すテスターを使用  
できるにする

#### 5. 工夫した点、発想した点、創作した点、新しい点、設備の特徴

液面取り出しを行うバイパス管の取付は、各メーカーごとにより受液器の形状が違うため特に工事期間が短い場合、冷凍機が新品の場合にはメーカーや工事業者からは作業が困難であった。

この為、事前にバイパス管の取り出しをメーカーより取り付けたものを出荷してもらうようにした。現在、日立アプライアンス、ダイキン工業、三菱電機がフロンキーパー取付用冷凍機を出荷できる状態である。

1 台、1 台のコンデンシングユニットの配管の状況（冷却器が上か、下か、配管の長さ、アップダウンがどのようになっているかは全システムが違っているために試運転時の状況を記録に残しそのときと同じ条件で漏えい時には合わせて条件で再充填することで精度を上げることが出来るようになった。

そのために FK ミニを開発し初期の状態に合わせて漏えいがどの位漏れたか封入量をどの位充填しなければならぬかが一目で計測できるテスターを考案した。



メーカーで取り出し口を設置



フロンキーパーミニ

## 6. 市場性、販売状況、適応市場の大きさ、競合品又はシステムとの比較、販売実績

フロンキーパーを導入いただいたお客様のほとんどは、フロンガスを冷媒とした冷凍機を使用されている。昨今、自然冷媒冷凍機の切り替えも行われているが、設備投資費用がフロンガス冷凍機より高額なこともあり、なかなか普及に至っていない。

そんな中、現在あるフロンガスを回収、再生、再利用の動きもあり、今ある設備を長く使用したいユーザーもたくさんおられる。冷媒として大変優秀なフロンガスを長く使うため「漏らさず、逃がさず回収する」事と、万一漏れてしまったら、早期に見出し修理する。補充する冷媒は最小限にとどめることが大切と考える。

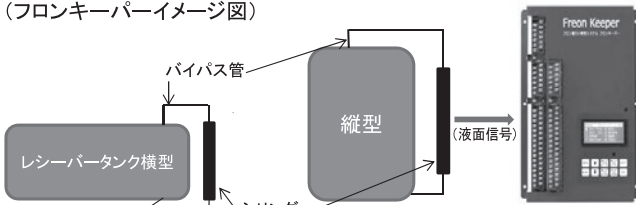
フロンキーパーは機械が毎日冷凍機内のフロン量を監視する。そして万一減ってしまった場合外部に警報として発信し、プロの手により修理を行う。

すでに、あるメーカーからは冷媒量の減少をアラーム発信する冷凍機も販売されている。

ナンバはすべての冷凍機にフロン量を検知できる装置が取付され、世界規模でフロンガスの大気放出が削減されることを目標と考える。

※もし自然冷媒に変わったとしても液面を検知することはどの冷媒にも適用できるために将来的にも使用が出来るものである。

(フロンキーパーイメージ図)



## 8. フロンキーパーにおけるフロン漏えい削減及び省エネに対する効果

### 1. フロン漏えい率

- ・15店舗全体の冷媒（各種）合計封入量 7,757kg
- ・16年度、漏えい量 764kg 全体の9.8%漏えいしていた。
- ・17年度、漏えい量 432kg 全体の7.4%漏えいしていた（按分した数値576kgで計算している）。
- ※17年度は9ヶ月分なので、按分で12ヶ月換算した場合が576kgにより算出している。
- ・経産省の発表した数値は年間漏えい量16%なので、16、17年度ともに漏えい量は削減できている。

フロン削減量 16年度 477kg  
17年度 665kg

## 2. フロン CO<sub>2</sub> 換算量

- ・タカヤナギ様の冷媒保持量で年間16%の漏えいでCO<sub>2</sub>換算した場合

R-22	R-404A	R-410A	合計
364.1kg	606.5kg	270.4kg	1241.12kg
659t-CO <sub>2</sub>	2,377.4t-CO <sub>2</sub>	565.1t-CO <sub>2</sub>	3,601.5t-CO <sub>2</sub>

※ A = 3,601.5t-CO<sub>2</sub> とする。

- ・対策を何もしなければ年間、3,601.5t-CO<sub>2</sub> のフロン漏えいになる計算になる。

- ・16年度の漏えいしたフロン CO<sub>2</sub> 換算量は1,893t-CO<sub>2</sub> になる。

Aと16年度を比較すると、3,601.5t-CO<sub>2</sub> - 1,893t-CO<sub>2</sub> = 1,708.5t-CO<sub>2</sub> 削減されている。

- ・17年度の漏えいしたフロン CO<sub>2</sub> 換算量は1,836t-CO<sub>2</sub> になる（按分した数値1,836t-CO<sub>2</sub> で計算している）。

※17年度は1,377t-CO<sub>2</sub> と出たが、こちらも9ヶ月分の数値なので、12ヶ月換算した場合は1,836t-CO<sub>2</sub> になる。

Aと17年度を比較すると、3,601.5t-CO<sub>2</sub> - 1,836t-CO<sub>2</sub> = 1,765.5t-CO<sub>2</sub> 削減されている。

16、17年度のCO<sub>2</sub>削減量は以下ようになる。

CO<sub>2</sub>削減量 16年度 1708.5t-CO<sub>2</sub>  
17年度 1765.5t-CO<sub>2</sub>

## 3. 省エネ効果

冷媒漏えいにより加算される電気料金  
(年間漏えい16%で算出)

$$1,983\text{kW} \times 16\% \times 1.4\text{倍}^* \times 24\text{h} \times 365\text{日} \times$$

$$0.35\text{ (稼働率)} \times 16\text{円} = 21,790,282\text{円/年間}$$

\* B = 21,790,282 とする

※全体冷凍機台数の16%が30%以上の冷媒漏れを引き起こすと連続運転をするために電気料金が4割上がるという日冷工の調査による数値を元に算出している。

○16年度の冷媒漏えいにより加算される電気料金  
(年間漏えい9.8%で算出)

$$1,983\text{kW} \times 9.8\% \times 1.0\text{倍}^* \times 24\text{h} \times 365\text{日} \times$$

$$0.35\text{ (稼働率)} \times 16\text{円} = 9,533,248\text{円/年間}$$

※フロンキーパーは漏えい15%以内に発見する事

ができるので、電氣的にも冷却にも影響がない状態なので、掛け率が1.0倍になっている。

16%の冷媒漏えいにより加算される電気料金が上記のBなので、

$$21,790,282 \text{ 円} - 9,533,248 \text{ 円} = \underline{12,257,034 \text{ 円}}$$

16年度フロンキーパーを設置して削減された  
電気料金 12,257,034/年間

○ 17年度の冷媒漏えいにより加算される電気料金  
(年間漏えい7.4%で算出)

$$1,983\text{kW} \times 7.4\% \times 1.0 \text{ 倍}^* 24\text{h} \times 365 \text{ 日} \times \\ 0.35 \text{ (稼働率)} \times 16 \text{ 円} = \underline{7,198,575 \text{ 円/年間}}$$

※こちらも上記同様15%以内の漏えいなので、掛け率を1.0倍にしている。

16%の冷媒漏えいにより加算される電気料金が上記Bなので、

$$21,790,282 \text{ 円} - 7,198,575 \text{ 円} = 14,591,707 \text{ 円}$$

17年度フロンキーパーを設置して削減された  
電気料金 14,591,707 円/年間

16年度削減された電気料金 12,257,034円/年間

17年度削減された電気料金 14,591,707円/年間

#### 4. 結果

フロンキーパーを取り付けたことで温度異常になる前に早期漏えいを教えてもらえるため、大変助かると喜ん

で頂いている。さらにフロン漏えい回数は同じでも一回当りの充填量は間違いなく少なくなっている。

フロン漏えいは起こるがフロンキーパーを取り付けることで連続運転が起こることは無く、電気料金がアップしない。これだけで省エネ効果、フロン漏えい削減効果が期待することが出来る。

仮に漏えいしても、冷凍能力は十分に維持しているので商品の劣化はないのでお客様には鮮度よい商品の提供ができることと、お店側では商品ロス、販売チャンスから免れるので色々な角度からもフロンキーパーの活躍ぶりが見てとれる。

漏えい警報が出たらすぐに修理体制をとって頂くことで漏えい量削減に繋がると考える。

この度の報告書ではガス漏れの修理費まで比較しなかったが、漏えい量からしても修理費は少なくなっていると考ええる。

現在はデータを回収に出向かないと手元に入らないが、IoTを使用したシステムに変更していくことで正しい情報をリアルタイムでお客様に伝えるようにすることがまもなく完成するためにもっと正しい情報がお伝えできると思う。



● 一般社団法人 日本冷凍空調設備工業連合会奨励賞 ● 新設備部門

## スプリンクラー配管における 配管生産・施工システム一体の生産性向上

設備所有者：株式会社ヤオコー

設備施工者：株式会社ヤマト

### 建物の概要

名称 ヤオコー中之条店

所在地 群馬県吾妻郡中之条町大字中之条 1864-1

概要 建家：地上2階 構造：S造

用途：スーパーマーケット



### 1. 技術開発の目的と経過

他社設計図面と当社設計図面による配管製作と施工の場合があり、ここでは物件数の多い他社図面による同径ループ状配管の採用により、製作加工数、各作業時間の削減効果を狙う。

### 2. 設備・システムの概要

加工部材のモジュール化、ループ配管抵抗計算式の統一、3Dキャドによる工場製作図の作成、連続バーリング加工機の開発製作、バーチャルルーム・サポートセンターの設置等革新的生産プロセス(配管製造)を確立した。

### 3. 着想

施工を取り巻く当社の背景

少子高齢化、熟練技術者減少と若年技術者の参入減少

周囲環境として、少子高齢化で熟練技術者が不足する懸念があり、若年技能者の建設業への参入減少が予想された。

#### 3K、残業問題の軽減

キツイ・キタナイ・キケンに代表される3K現場を改善するためには、現場作業の低減が必須である。残業問題等の解決策としても、工場での配管のプレハブ化やポンプや機器周りのユニット化等により、現場作業を工場作業に変えることが必要であり、実際に現場作業の軽減を行ってきた(現場作業を工場作業への移行による、現場作業・現場残業の軽減)。

写真5に、プレハブ配管、ポンプ・機械周りユニット例を示す。



写真5 プレハブ配管、ポンプ・機械周りユニット例

## 老朽化構造物の増大と長寿命化要求

一方、1970年代に建築された老朽化した構造物の増大から、新築物件の減少とリニューアル工事への転換が進み、設備関係にも、長寿命化が要求されるようになった。

## 当社意識、請負業から製造業への脱皮

そのような状況下で、請負業から製造業への脱皮を行おうと言う意識が当社にはあり、その手段を模索するなかで、ステンレス配管の工場加工に着手した。

## 4. 効果（省エネルギー）

工事量全体の内、スプリンクラー配管、給水・給湯配管、冷温水配管等で従来方式から今回方式に変更した部分について述べる。表9に、従来方式を今回方式に変更して施工した場合の経費比較を示す（2016年 当社比）。

表9 従来方式と今回方式との経費比較 単位百万円

	従来方式 (従来現場加工 白ガス配管等)	今回方式 (工場加工 ステンレス配管)	削減	削減 %
施工図作成・ 配管抵抗チェック 加工図作成	300	290	10	3
見積費	50	45	5	10
加工費用	1350	1250	100	7
内訳				
直管・継手	450	650		
工費（現場）	750	400		
工場加工費	150	200		
合計 百万円	1,700	1,585	115	6.8
削減割合 %	100	93.2	6.8	

- ・従来方式から今回方式に変更した部分での「施工図作成 + 配管抵抗チェック + 加工図作成」は、今回方式が従来方式に比較して3%程度有利となった。  
この理由は、施工図・加工図作成費は、施工図作成ルール等が整備されたこと、及び、3Dキャドを用いて、初めから配管加工を前提にした割付を考慮した施工図を作成することによる。  
なお、この効果は給水・給湯配管や冷温水配管よりスプリンクラー配管の場合に高い。
- ・3Dキャドソフトで施工図を作成して当社積算ソフトで見積りする場合に見積費は、削減される。
- ・加工費用は、材料費（管・継手）・工費（現場）・工場加工費の合計として示している。  
材料費（直管・継手）は、管サイズのダウン・継手数の削減等はあるが、従来配管である白ガス配管、塩ビライニング鋼管等を合わせたものと比較すると増額となった。
- ・工費（現場）は削減されるが、工場加工費は追加される。
- ・施工図・加工図作成から見積、加工までの合計費用は、115百万円/年で、6.8削減された。

## 5. 投資回収（省マネー）

従来方式を今回方式に変更して施工した場合の経費比較を示す（2016年 当社比）。

### ①投資金額

表10に、概略の投資金額を示す。

表10 概略の投資金額 単位百万円

	投資金額	備考
工場建設	700	1期2期分の工場建設
機械購入費	340	溶接、フレアー・ベンダー・パーリング機器納入
ソフト開発	100	3Dキャドからの自動見積りソフト開発
合計 百万円	1,140	

・投資金額は1140百万円であった。

## ②削減金額

表11に、前出表9を概略した形で、従来方式と今回方式との経費比較を示す。

	従来方式 (従来現場加工 白ガス配管等)	今回方式 (工場加工 ステンレス配管)	削減
施工図・加工図作成費	300	290	10
見積費	50	45	5
加工費用	1,350	1,250	100
合計 百万円	1,700	1,585	115
割合 %	100	93.2	6.8

## ③投資回収年数

表12に、単純投資回収年数を示す。

表12 単純回収年数

投資金額	百万円	1140
削減金額	百万円	115
投資回収年数	年	9.9

・単純投資回収年数は、約9.9年となった。

## 6. 応用性

スーパーマーケットなど大空間に適しているが、病院・特老ホーム等小区画にも多く採用されている。震災時や緊急時に、配管損傷による送水確保等の対策として、ループ状配管の有効性が高い。SU配管は、配管重量が軽減されるため、現場での取扱易さがある。流速の優位性で配管サイズダウン可能な為、白ガス管100AとSU60では単位m重量比で87%削減

## 7. 環境保全

現場作業の配管吊り込み時間が、従来工期の約1/3程度に削減でき、労働生産性の向上に繋がる。白ガス管からステンレスSU管に変更する事による長寿命化となり、環境保全性に奇与している。

## 8. 創意工夫

ループ状配管の採用による管サイズの統一、管サイズダウン  
連続バーリング加工機械のメーカーとの共同開発製作

## 9. 市場性

ループ式スプリンクラー配管設置実績割合は、スーパーマーケット・店舗・物販で74%、老健・病院で20%で今後の適応市場の大きさが確認された。

## 10. 外観・構造図

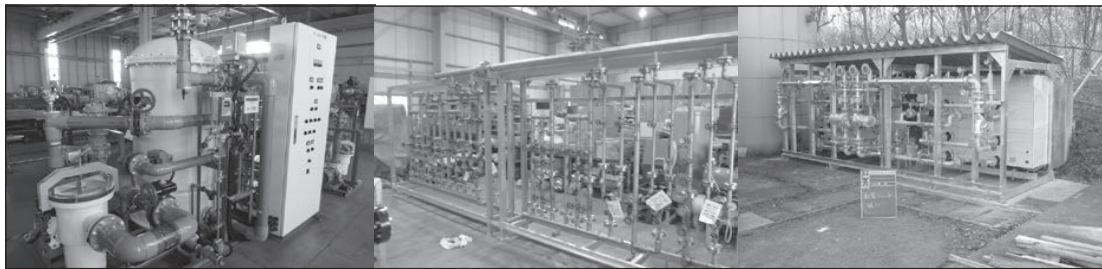
写真6に、各ユニットの写真およびスプリンクラー加工管及び配管状況を示す。



ポンプユニット

ポンプユニット

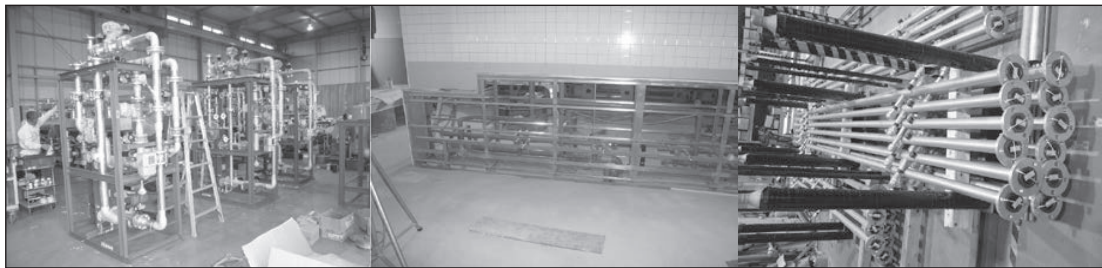
ポンプユニット



ろ過ユニット

バルブユニット

バルブユニット



ラインポンプユニット

便所ユニット

スプリンクラー配管のプレハブ化



スプリンクラー配管状況



スプリンクラー配管状況

写真6 各ユニットの写真およびスプリンクラー配管のプレハブ化及び配管状況等