

● (一財)省エネルギーセンター最優秀賞 ● 改修設備部門

CO₂冷媒空冷ブラインチラーによる 寒冷地でのプロセス冷却設備の省エネルギー化

設備施工者：株精研

設備所有者：大塚食品(株)

設備の概要

名称 大塚食品株式会社 釧路工場 FN工場

所在地 北海道釧路市音別町あけぼの2-4

概要 建屋：地上1階 延床面積：7,122m²

構造：S造 用途：飲料工場

1. 技術開発の目的と経過

目的：寒冷地でも安定して運転出来るCO₂冷媒冷凍機によるプロセス冷却設備の省エネルギー化

経過：令和5年（設計）

令和6年（引渡し等）

2. 設備・システムの概要

当該工場は北海道の釧路市にある清涼飲料工場で、所在地の地域性として冬期には数年に1回程度-20℃の極寒の気象条件となる特徴がある。今回、製品のプロセス冷却において、水冷熱源から空冷熱源への転換を行い、補機類の動力削減による省エネルギー化を行うと共に熱源の脱フロン化を行ったので紹介する。

図1に既存設備のプロセス冷却設備系統図を示す。当該設備は生産工程により冷却を必要とする場合にのみ運転される設備であり、冷却負荷として①保冷タンクのジャケット冷却、②プロセス冷却用プレート熱交換器A、③プロセス冷却用プレート熱交換器Bの合計3つの冷却負荷に対し、3台の水冷式低温用スクリーチャー（ブライン仕様）を用いて冷却を行っていた。非生産時や生産工程により冷却を必要としない場合

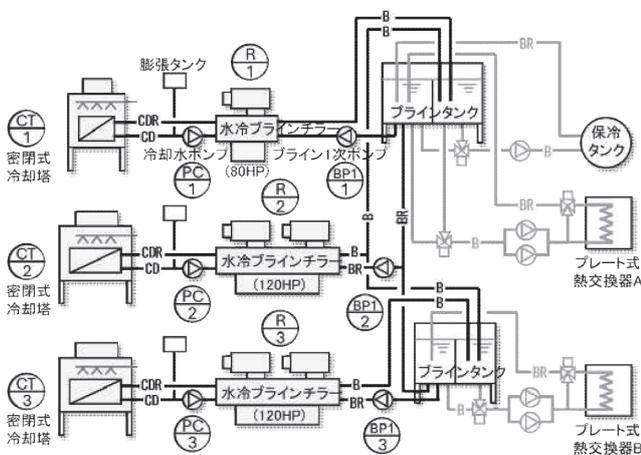


図1 プロセス冷却設備系統図（既存設備）

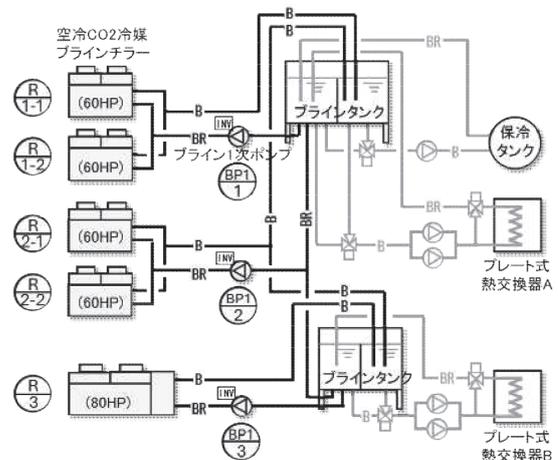


図2 プロセス冷却設備系統図（更新設備）

には当該設備は停止するが、冬場は -20°C の極寒の環境となる場合があるため冷却水はブラインとし、非稼働時においても凍結防止のため密閉式冷却塔と冷却水ポンプの凍結防止ヒータおよびポンプの凍結防止運転によるエネルギー消費を生じていた。既設設備の課題は極寒 -20°C でも安定して運転することのできる空冷式熱源を導入し、運転停止時の凍結防止運転による無駄なエネルギー消費を抑制することであった。

図2に更新後のプロセス冷却設備系統図を示す。更新設備の熱源に空冷の CO_2 冷媒ブラインチラーを採用したことで、冷却水設備に伴う補機類の動力削減を実現した他、外気低下時の効率向上に加えてノンフロン冷凍機採用による低GWP化を実現し環境貢献にも繋がった。なお、導入した CO_2 冷媒ブラインチラーは排熱回収機能付きを選定して将来、冷凍機の凝縮排熱をプロセス加熱の予熱用温水として利用できるよう計画した。

3. 着想

当該設備の特徴として冷却設備の稼働は冷却運転の要求があった際のみ運転することであり、 -20°C の極寒環境においても安定して運転を開始できることが求められた。従来のフロン冷媒を用いた空冷式チリングユニットの外気温度の運転可能範囲はいずれも -15°C 以上であり、 -20°C まで低下することのある当該設備への採用は困難であった。今回導入することとなった CO_2 冷媒ブラインチラーは外気温度 -20°C の環境でも運転可能で、水冷ブラインチラーから空冷ブラインチラーへの更新に対する課題解決に繋がった。

4. 効果（省エネルギー）

各プロセス冷却（①保冷タンクのジャケット冷却、②プロセス冷却用プレート熱交換器A、③プロセス冷却用プレート熱交換器B）の実測負荷を図3に示す。この実測負荷を基に①保冷タンクのジャケット冷却は10.7時間/日、②プレート熱交換器Aによるプロセス冷却は6.5時間/日、③プレート熱交換器Bによるプロセス冷却は設備稼働中は常時負荷が発生するものとして、年間稼働日数220日/年の条件で更新前後の熱源システムのエネルギー消費量試算を行ったものを表1に示す。エネルギー換算係数として電気の料金単価33

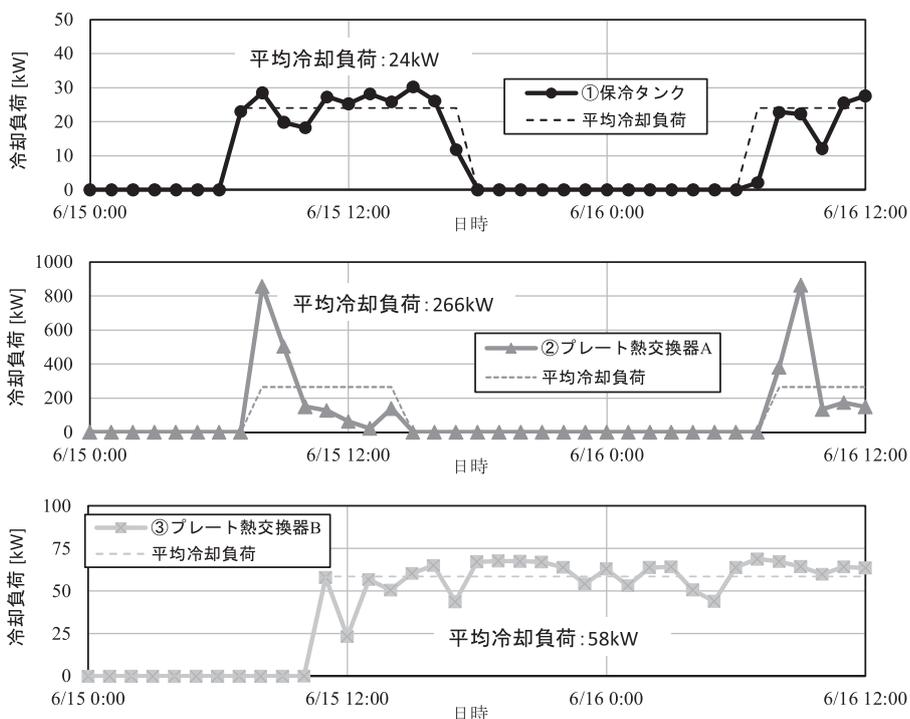


図3 各プロセス冷却の実測負荷

表1 更新前後のエネルギー消費量比較

		既存設備	更新設備
年間冷却熱量 [kWh/年]		777,733	
電力消費量 [kWh/年]	冷凍機	305,733	246,079
	ポンプ	76,032	39,380
	冷却塔	122,364	0
	合計	504,129	285,459
	削減量 (削減率)	—	218,669 (43.4%減)
ランニングコスト [千円/年]	電力料金	16,636	9,420
	メンテナンス費用	2,824	988
	合計	19,460	10,408
	増減額 (削減率)	—	9,052 (46.5%減)
CO ₂ 排出量 [トンCO ₂ /年]	排出量	303	172
	削減量 (削減率)	—	131 (43.4%減)

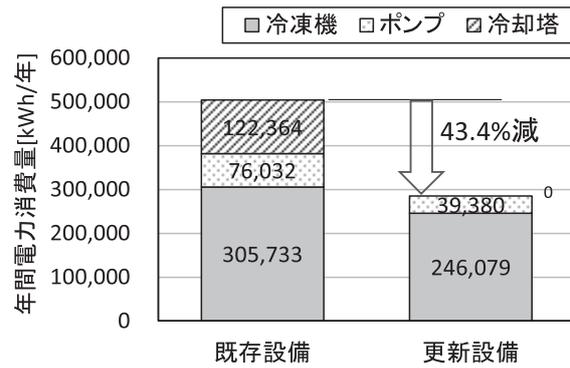


図4 年間電力消費量比較

円/kWh、CO₂換算係数0.601kgCO₂/kWhを使用した。表1より、既存設備の水冷式ブラインチラーシステムに対し更新設備の空冷式CO₂冷媒ブラインチラーシステムは年間電力消費量を約43.4%削減できる見通しを得た。また、水冷式から空冷式に転換したことで補機類のメンテナンス費用も低減できるため、ランニングコストでは約46.5%の削減となる。納入後間もないため現段階では試算での比較となるが、今後実績データを収集し検証する予定である。

5. 投資回収 (省マネー)

既存の熱源システムは導入後19年経過して更新時期にあるため、既存同様に水冷式熱源システムで更新した場合と空冷式CO₂冷媒熱源システムに更新した場合とのインシヤルコストの差額をランニングコスト削減額で除して差額分の投資回収効果を算出した。

空冷式CO₂冷媒熱源システムのインシヤルコスト：248,000 [千円]

水冷式熱源システム (既存同等) のインシヤルコスト：141,000 [千円]

ランニングコスト削減額：9,052 [千円/年] (表1) より、

投資回収効果は (248,000-141,000) [千円]/9,052 [千円/年] =11.8 [年] となる。

6. 他の建物への応用性・便利性

今回のように外気温度が-20℃に達する極寒の地域に限っては、従来のフロン冷媒を用いた空冷チラーの運転可能範囲外となるため、水冷式の熱源システムを構築する他なかったが、-20℃の外気温度でも運転可能な空冷のCO₂冷媒チラーが販売されたことで極寒地域での空冷熱源システムの選択肢が広がった。今回紹介したプロセス冷却の他に空調用途でも使用可能であり、空冷のCO₂冷媒熱源化を図ることで高効率な運転を可能とした他、稼働停止中の凍結防止のために補機類のヒータやポンプの凍結防止運転でのエネルギー消費を削減でき、また、冷凍機の脱フロン化による環境貢献にも繋がる。

7. 仕様又は開発製品、システム、部品等の仕様

空冷CO₂冷媒ラインチラーシステム（更新設備仕様）

記号	機器名称	仕様	台数	電気仕様			備考
				φ-V	起動	kW	
R-1	空冷式 CO ₂ 冷凍機	冷却能力 77.6kW ライン温度 入口-5℃→出口-10℃ ライン流量 292L/min	2	3-200	Y-△	45.6	(参考型式) SG-C2B
R-2	空冷式 CO ₂ 冷凍機	冷却能力 77.6kW ライン温度 入口-5℃→出口-10℃ ライン流量 292L/min	2	3-200	Y-△	45.6	(参考型式) SG-C2B
R-3	空冷式 CO ₂ 冷凍機	冷却能力 124.4kW ライン温度 入口2℃→出口-3℃ ライン流量 430L/min	1	3-200	Y-△	59.9	(参考型式) SG-C3B
PB1-1	ライン1次ポンプ No.1	型式ラインポンプ 流量 584L/min	1	3-200	直入 INV	3.7	(参考型式) 65LPD53.7
PB1-2	ライン1次ポンプ No.2	型式ラインポンプ 流量 584L/min	1	3-200	直入 INV	3.7	(参考型式) 65LPD53.7
PB1-3	ライン1次ポンプ No.3	型式ラインポンプ 流量 430L/min	1	3-200	直入 INV	3.7	(参考型式) 65LPD53.7

8. 環境保全、便利性等

表1より、導入した空冷CO₂冷媒ラインチラーシステムの年間電力削減量 218,669 [kWh/年] より、CO₂排出削減量は 131 [トンCO₂/年]、既設に対するCO₂排出量の削減率は 43.4 [%] となる。
(電気のCO₂排出換算係数は 0.601 [kgCO₂/kWh] を使用)

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

① プロセス冷却設備の各種運転パラメータを見える化

今回導入したCO₂冷媒ラインチラーをはじめ、各種ポンプ、タンクなどプロセス冷却の構成機器の故障や不具合が生産に影響を与えるため、各種構成機器と集中監視装置をCCリンクで繋ぎ、各種運転パラメータを表示して見える化を行うことで異常の早期発見と信頼性の向上を図った。

② プロセス加熱への冷凍機の凝縮排熱利用による更なる省エネルギー化

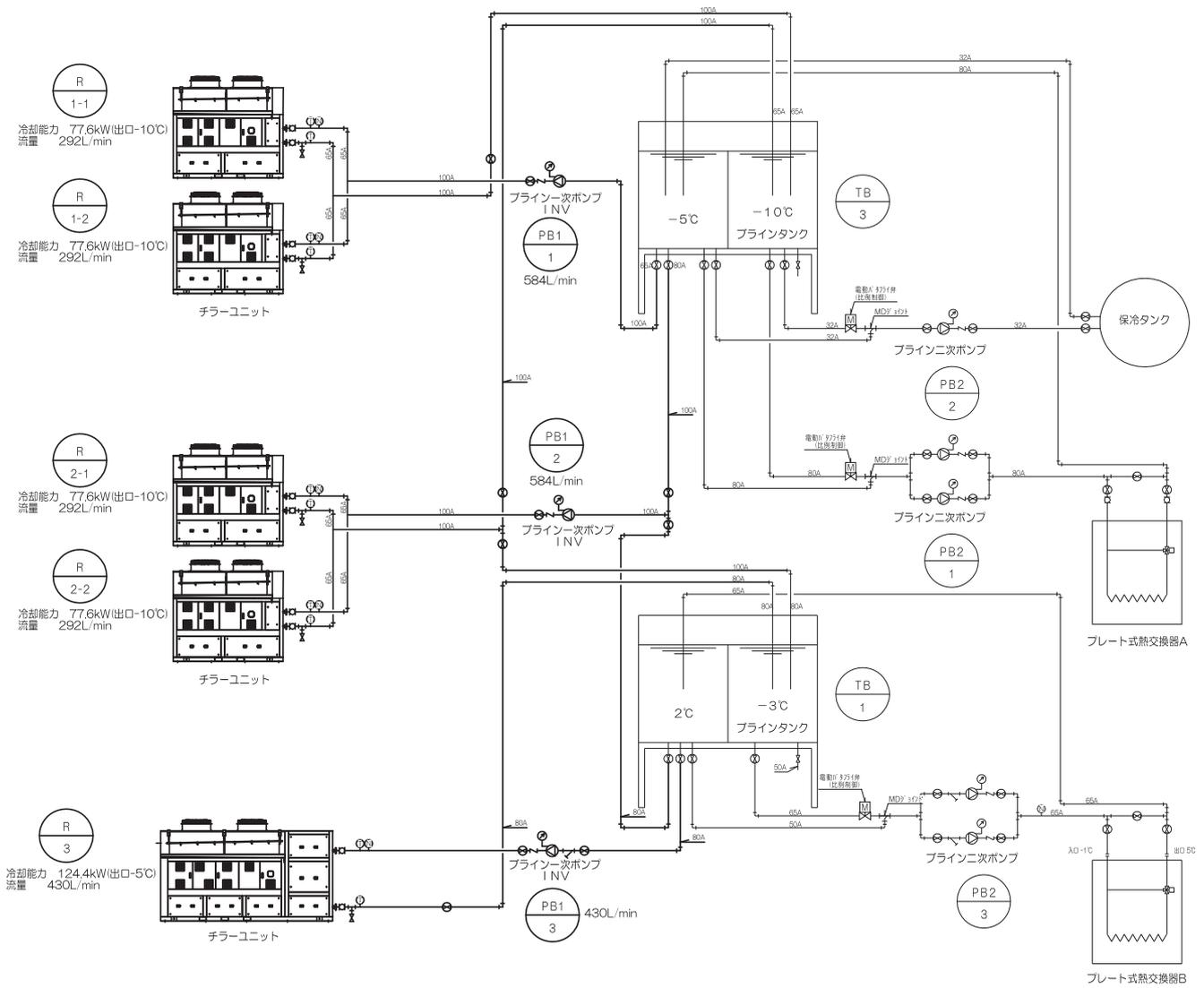
生産設備にはプロセス冷却の他にプロセス加熱の工程も存在しており、冷凍機でのライン冷却に伴う凝縮排熱をプロセス加熱の予熱用温水として取り出して利用することで加熱負荷の軽減にもつながる。省エネルギー効果を検討した結果、既存設備に対して約7.7ポイントの電力削減効果が加わり、プロセス冷却・加熱合わせて約51.1%の電力削減およびCO₂排出量削減となる見通しである。将来、排熱回収により加熱負荷の軽減ができるよう設計計画を行い、排熱回収機能付きのCO₂冷媒ラインチラーを導入している。現在は排熱利用の温水配管は未実装であるが、現在の冷却運転状況を確認後、排熱利用に向けて計画を進める予定である。

10. 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

CO₂冷媒はオゾン層破壊係数ODP=0、地球温暖化係数GWP=1で環境負荷が小さいことに加えてアンモニア冷媒に比べて毒性が無く、また不燃性であり、万一漏洩しても安全であることが最大の魅力であり、更にそのCO₂冷媒を利用した冷凍機は本報で示したように高効率で省エネルギーであることからプロセス冷却の他、空調用としても採用可能で自然冷媒を用いた冷凍機の市場は今後、世界規模で発展していくものと考えられる。

11. 外観・構造図

① システムフロー図



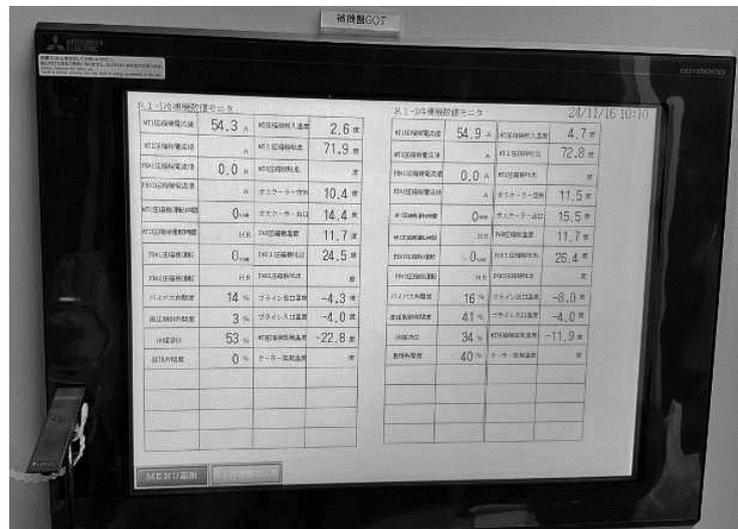
② 外観や設備の写真



釧路工場 FN 工場建物外観



CO₂ 冷媒ブラインチラー



集中監視タッチパネル（運転パラメータの見える化）

12. 講評

今回の応募においてCO₂冷媒冷凍機の採用事例が多くあったが、寒冷地においてはCO₂冷媒の採用は大きな省エネ効果を生む場合が多い。本事例では寒冷地のプロセス冷却設備の改修に当たって、既存の水冷式ブラインスクリーチャー冷凍設備を空冷式CO₂冷媒ブラインチラーに更新して大幅な省エネルギーとCO₂排出量削減を実現した。従来方式に比べて投資額は若干大きくなるものの投資回収という面でも優れている。

着想としては新しいものではないが運用実態に配慮した機器選択とシステム構成とし、排熱利用などについても考慮していて、寒冷地施設の改修手法としてモデルとなるものであり、CO₂冷媒冷凍機の採用事例として広く参考とされることを期待したい。

● (一社)日本冷凍空調設備工業連合会 優秀賞 ● 新設設備部門

大空間工場空調省エネルギーシステム

設備施工者：株式会社ダイキンアプライドシステムズ

設備所有者：株式会社 SUBARU

設備の概要

名称 株式会社SUBARU

群馬製作所 北本工場

所在地 埼玉県北本市朝日4-410

1. 技術開発の目的と経過

目的：トランスアクスル生産設備に伴う、
工場作業員の暑熱対策工事

経過：2022年7月 計画引合い開始
2023年1月～12月 工事・試運転
2024年1月～ お引渡し、運転開始
2024年7月～8月 運転データ収集
2024年9月 チューニング調整



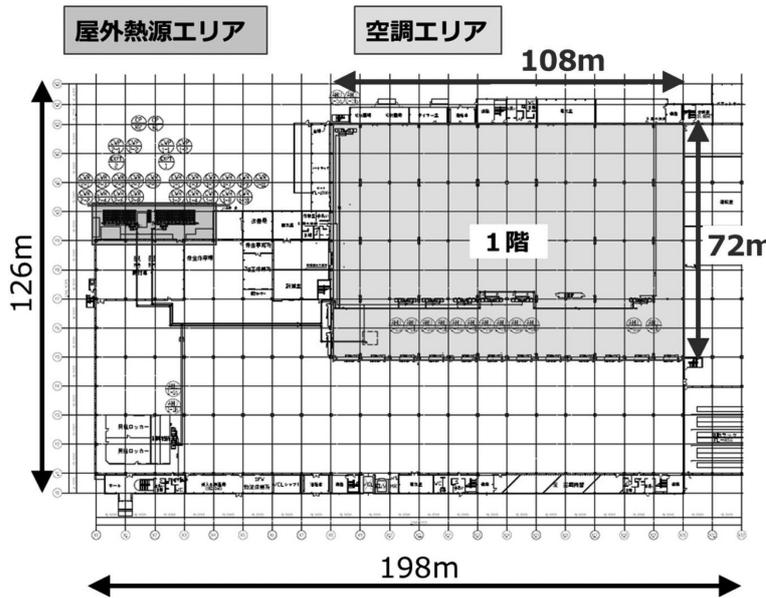
株式会社SUBARU 群馬製作所 北本工場外観

2. 設備・システムの概要

2-1 SUBARU様ご要望事項

- ①作業環境改善を目的とした空調 → 作業仕様への改善
- ②空調機器故障時のバックアップの確保 → 設備故障時でも継続運転が可能な事
- ③冷媒漏洩リスク対策を考慮 → 環境面に配慮と工場内への漏洩を防ぐ
- ④工事期間の短縮 → 生産設備の関連で、現地施工期間を短縮
- 空調レイアウト計画も考慮

2-2 建屋レイアウト



設備概要

1階空調エリア：7,776m²
 コンパクトエアハン 16台
 空冷チラー70馬力 11台

2階空調エリア：7,776m²
 コンパクトエアハン 16台
 空冷チラー70馬力 12台

合計15,550m²



有効高さ7.0m
 ※2階は5.2m

上記、左側が屋外の熱源設置エリア（空冷チリングユニット）。右側が空調対象エリアで、1階、2階とも空調対象面積は7,776m²、合計で15,552m²、有効高さが1階が7m、2階が5.2mである。

2-3 配管系統図

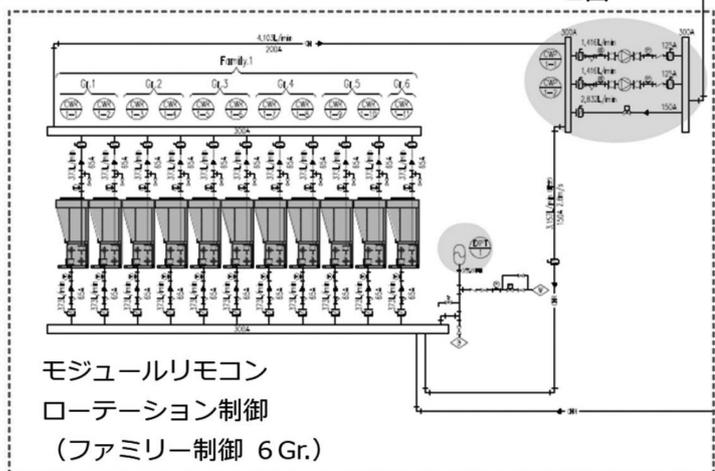
■ 1階配管系統図

熱源側

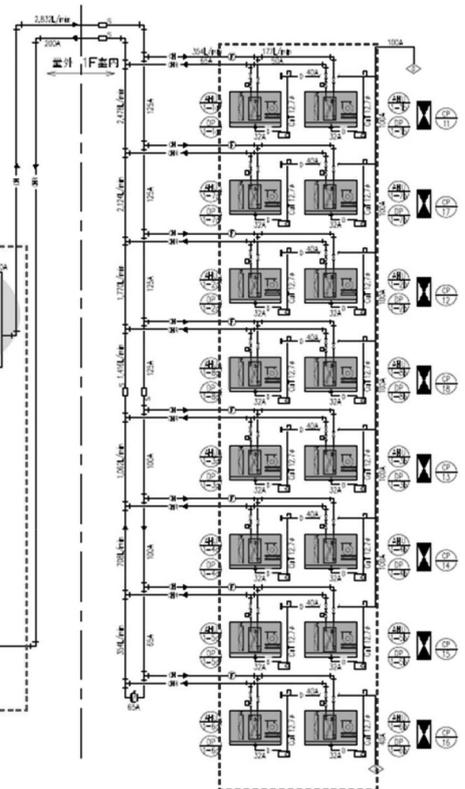
- 空冷チラー70馬力（ポンプ内蔵）
ベーシック仕様 … 11台
- 密閉式膨張タンク … 1基

二次側

- コンパクトAHU … 16台
- 2次冷温水ポンプ … 2台



※2階も同様のシステム構成（設備容量は異なる）



配管系統図は、1階と2階は設備容量が異なるが、同様のシステムのため、代表例として、1階を示す。

熱源はモジュールタイプの空冷チラー11台で構成。モジュールリモコンを用いた、台数制御を行い、運転時間の均一化のため、ローテーション運転も実施。

二次ポンプはこの当時、インバーターが長納期であったため、ポンプインペラーカットを行い、最適なポンプとした。

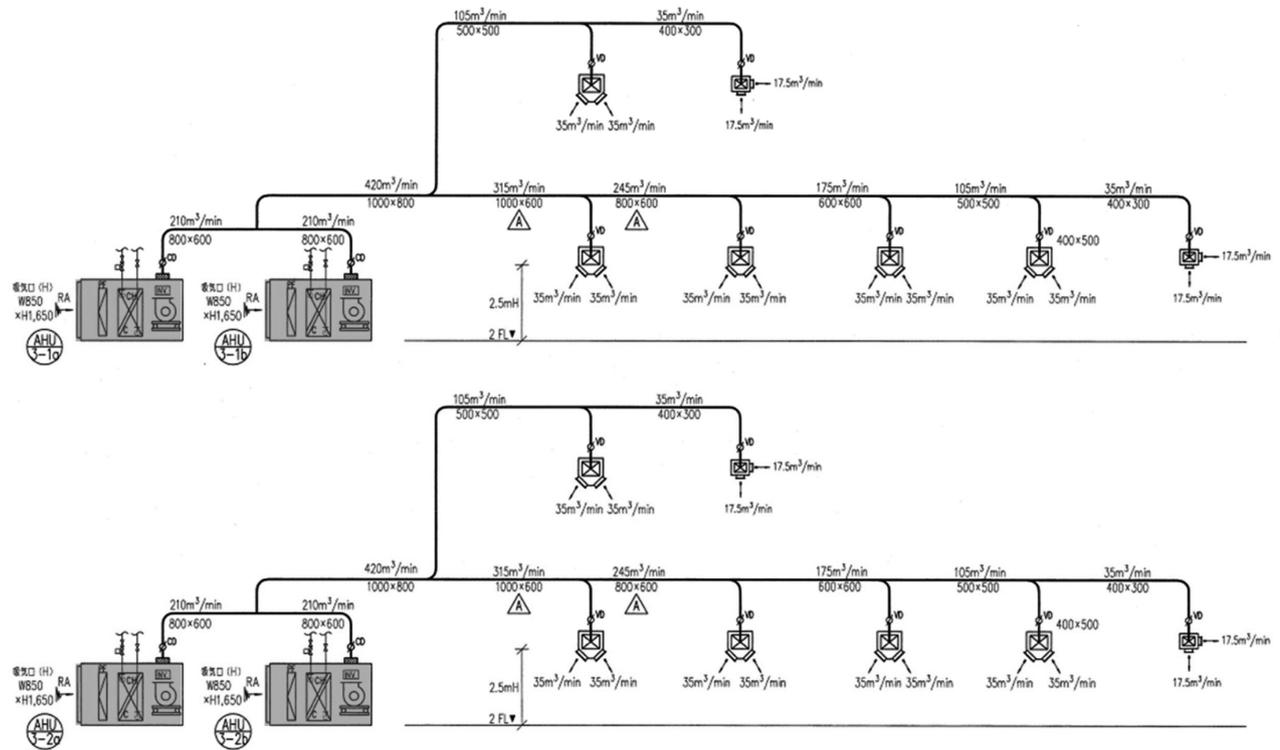
また、冷温水大温度差で設計し、流量の低減を図ることで、配管の小口径化、搬送動力の30%削減を達成し、省エネ・省コストを実現した。

コンパクトエアハンの温度制御は電動二方弁を用いて実施した。

一次側、二次側共変流量システムとなっている。

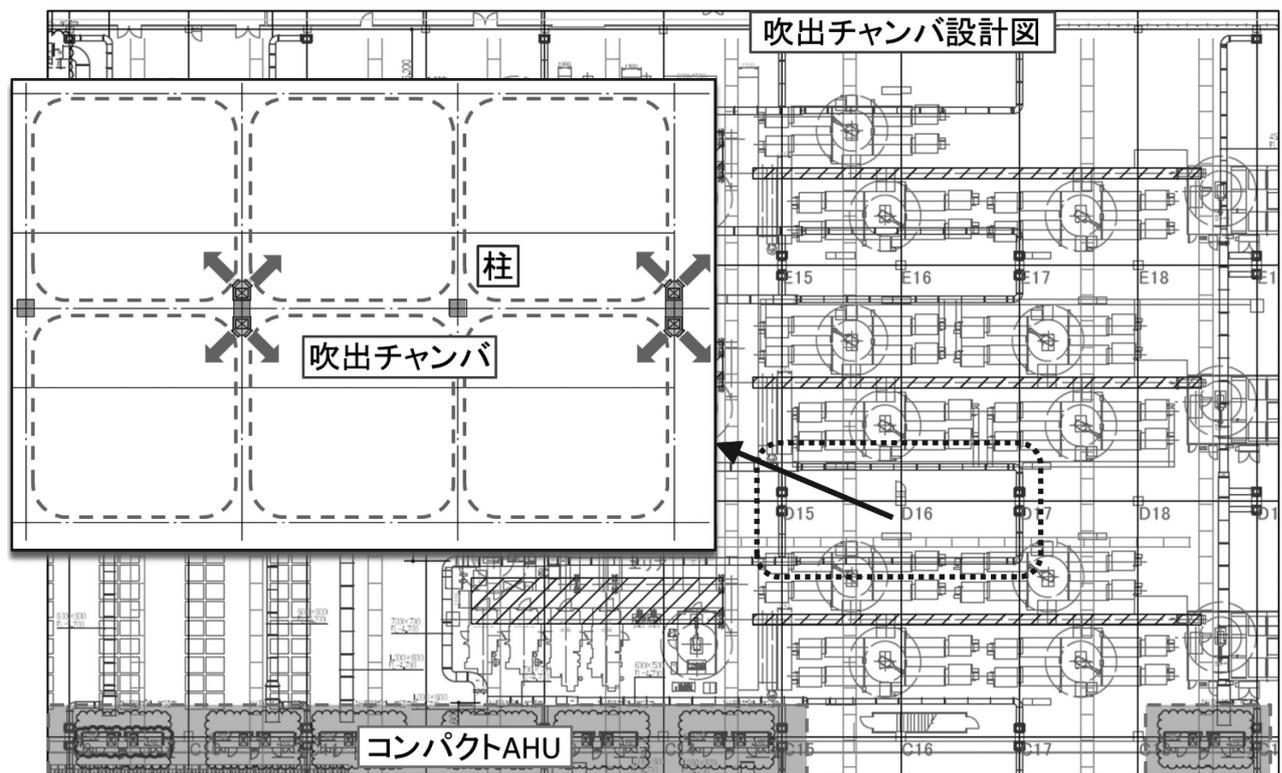
<p>空冷チラー</p> <p>形式：空冷モジュールタイプ（ダイキンヘキサゴン）</p> <p>型式：UWXY200FBDR</p> <p>冷水温度：入口18.2℃／出口10℃</p> <p>圧縮機：14.46kW × 4 (INV)</p> <p>送風機：1.2kW × 4 (INV)</p> <p>送水ポンプ：2.2kW</p>	<p>空調機（ダイキンコンパクトエアハン）</p> <p>型式：UAVZ25CS1R</p> <p>風量：12,600m³/h</p> <p>モーター：3.7kW</p>
---	--

2-4 ダクト系統図



コンパクトエアハン二台を一組の空調システムとすることにより、バックアップ性を考慮。

2-5 ダクト平面図



生産機械との干渉を避けるために、建物の柱にのみ、吹出口を設置。
一つの吹出口が1 スパンのエリアを空調している。

3. 着想

・SUBARU様のご要望事項を受けての着想

- ①作業環境改善を目的とした空調計画
→作業者様への暑熱対策を、省エネルギー、省コストで達成
- ②空調機器故障時のバックアップを確保
→設備故障時でも継続運転が可能な設計（主要機器の複数台設置）
- ③冷媒漏洩リスク対策を考慮
→低環境負荷冷媒（R32チラー）の採用と、工場内冷媒配管レス設計
- ④工事期間の短縮
→チラー、ポンプ周りの配管をプレハブユニット化し、現地施工期間を短縮
→空調設備の各系統を同一仕様にし、施工の工数を削減

お客様の要望

1 作業環境改善を目的とした空調計画

省エネルギー、省コストを盛り込んだ
大空間・暑熱対策用空調設備を要望

実施内容

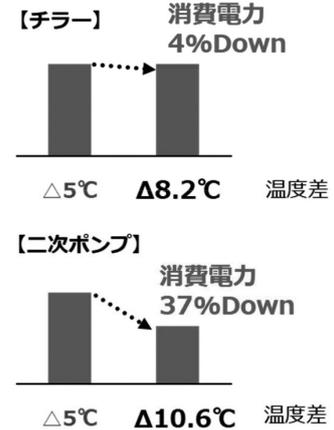
①ゾーン空調での提案・全体空調に対する能力の削減 (空調負荷低減) 従来比30%ダウン

- ・既存他工場での仕様を分析し、その内容を基に必要冷却能力、空調風量を客先殿に提案

②省エネ・省コスト・省スペースな空調設備提案

- ・Daccs-Avs活用による空調機の検討 (標準コイル4列)
チラー出口温度の引上げ (定格7℃ → 10℃)
チラー台数の削減
流量 大温度差化 (チラー : 8.2℃、AHU : 10.6℃)
ポンプ容量、配管サイズdown
- ・AHUファンのINV.化 (コンパクトAHU標準搭載)

循環流量 (大温度差) の効果



お客様の要望

2 機器故障時のバックアップを確保

北本工場での生産は通年で昼夜2交代制・常時稼働する設備
設備故障時も継続運転可能な設備を要望

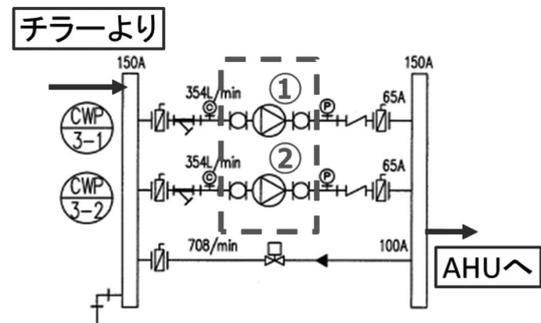
実施内容

①モジュールチラーの採用

②コンパクトエアハン2台1組とした空調システム

片方の機器が故障しても、残りのもう一方で運転を継続

③二次ポンプも2台1組にて設計



お客様の要望

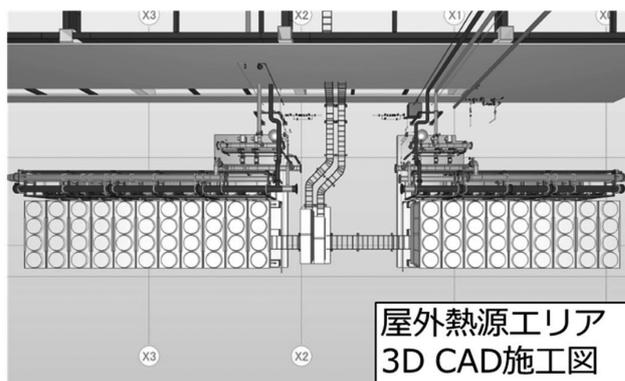
3 冷媒漏洩リスク対策

環境面に配慮した空調設備計画

冷媒漏洩リスク低減のため、工場内の冷媒配管を極力なくすことを要望

実施内容

- ①低環境負荷冷媒であるR32対応チラー（ヘキサゴン）の採用
- ②冷媒系統は屋外の空冷チラー本体内のみとし工場内は冷媒配管レス



お客様の要望

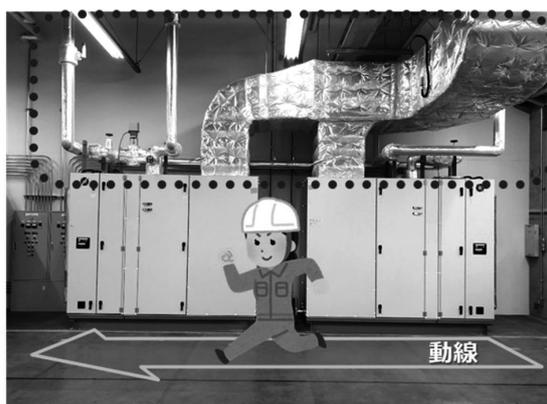
4 空調レイアウト計画

生産設備との干渉を排除した設備レイアウト計画

工場内動線の確保、空調吹出口近傍への機器および自動制御機器の排除を要望

実施内容

- ①AHUダクト・配管は上取出 通路への干渉を無くし、工場内動線を確保
- ②空調ダクトは照明上部、吹出口は各柱に設置

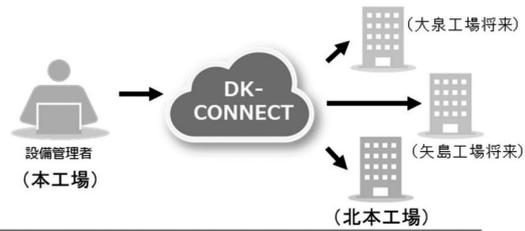


お客様の要望

ユーザーフレンドリーな遠隔監視

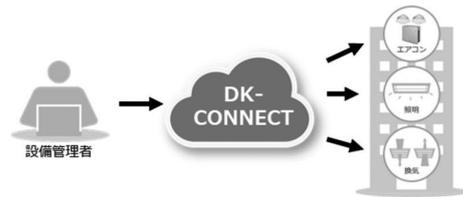
1. 遠隔管理による省力化

遠隔から複数棟の設備状態の把握・管理ができ、確認のため現地へ赴く必要がなくなり省力化できます。



2. 設備管理の一元化 (簡素化)

低コストで設備の一元管理が可能。「中央監視盤のような高価・高機能のシステムは不要だが集中管理がしたい」といったご要望に対応します。



3. 不具合・故障の早期発見、解決

設備に何か異常が起きた際は管理者へメール通知～早期発見でき、すぐに修理手配することで早期解決が可能です。



■ PC画面

物件選択: SUBARU北本工場 | エッジ選択: DK-CONNECT01

遠隔監視操作 > レイアウトビュー

屋外機器置場

2F設備架台

1F北側屋外

製造部品庫 | 保全・品質作業場

■ スマートフォン画面

docomo 5G | 15:20 | 81%

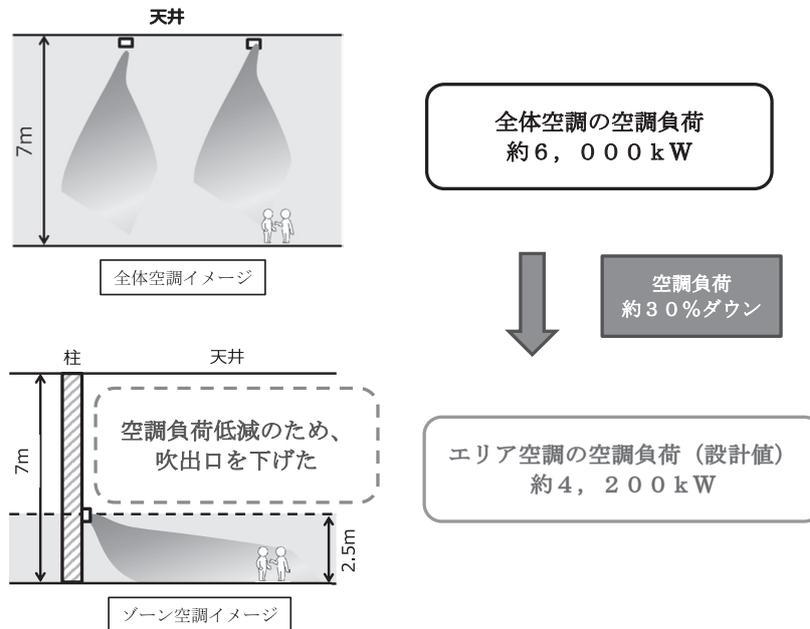
dk-connect-jp.com

CWR-1-01	運転	リモコングループ子機	10°	9.8%
CWR-1-02	運転	リモコングループ子機	10°	26.1°
CWR-1-03	運転	リモコングループ子機	10°	25.3°
CWR-1-04	運転	リモコングループ子機	10°	26.4°
CWR-1-05	運転	リモコングループ子機	10°	27.3°
CWR-1-06	運転	リモコングループ子機	10°	29.4°

4. 効果（省エネルギー）

4-1 空調負荷の低減

前項3にも示したように、本工場は階高が高いため、全体空調の場合、過大な空調負荷となる。従来方式のように、天井面に吹出口を取り付け、空調を行うと作業員の居ない、空間を空調するので、結果的に大きな、空調機が必要となってしまふ。



温度制御ポイントは、吹出口の温度を制御することで、作業員の方の快適性を維持した。

4-2 エネルギー削減量（運転負荷率は60%とする）

(1) 全体空調方式

- ①空調機（コンパクトエアハン） 46台 : ファンモーター 3.7kW（1台当たり）
- ②空冷チラー（モジュールチラー） 29台 : 電力量 66.9kW（1台当たり）
- ③冷温水ポンプ 6台 : モーター 11kW（1台当たり）

合計 $2,176.3\text{kW} \times 0.6 = 1,305.8\text{kW}$

全体空調年間電力量 $1,305.8\text{kW} \times 24\text{Hr} \times 31\text{日} \times 5\text{ヵ月} = 4,857,576\text{kWh}$

(2) ゾーン空調方式（今回採用方式）

- ①空調機（コンパクトエアハン） 32台 : ファンモーター 3.7kW（1台当たり）
- ②空冷チラー（モジュールチラー） 23台 : 電力量 66.9kW（1台当たり）
- ③冷温水ポンプ 4台 : モーター 11kW（1台当たり）

定格合計 $1,701.1\text{kW} \times 0.6 = 1,020.7\text{kW}$

ゾーン空調年間電力量 $1,020.7\text{kW} \times 24\text{Hr} \times 31\text{日} \times 5\text{ヵ月} = 3,797,004\text{kWh}$

年間削減量 $1,060,572\text{kWh/年}$ ($4,857,576\text{kWh} - 3,797,004\text{kWh}$)

削減率 21.8%

上記削減量は、設計段階における計算上の数値であり、今回は実運転時にデーターを測定し、改善を実施した。

削減量 449,904kW/年

削減率 11.8%

(4) まとめ

全体空調方式をゾーン空調とし、省エネチューニング転換を行うことで。

削減量 1,510,476kW/年 (=1,060,572kW/年+449,904kW)

省エネチューニング後削減率は 31%

$$1,510,476\text{kW/年} \div 4,857,576\text{kW} = 0.31 \quad (31\%)$$

(5) 測定データまとめ

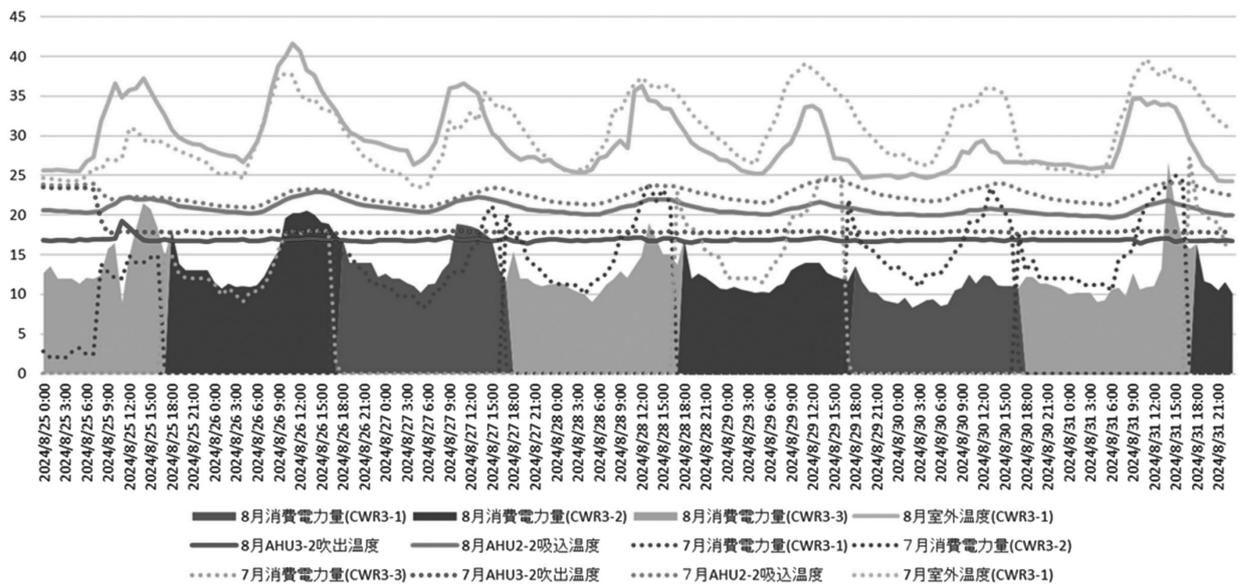
①空冷チラー出口温度を変更した、温度データ

7月は空冷チラー冷水出口温度 10℃

8月は空冷チラー冷水出口温度 13℃

空冷チラーの出口温度を変更しても、空調温度は変わらなかった。

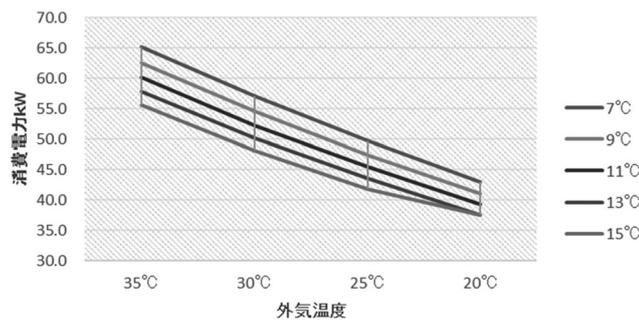
CWR3系統吹出温度&消費電力と外気温度変化



②空冷チラーの消費電力と冷水出口温度、外気との関係

同じ冷却能力の場合：冷水出口温度を上げると省エネになる。

冷水温度&外気温度、消費電力



5. 投資回収（省マネー）

本設備は、設計的工夫により、お客様のご要求を達成し、施工費を抑え、同時に、ランニングコストも低減した、設備を納入できた。

また、納入後の省エネチューニングにより、更なる、省エネルギーを達成できた。

①全体空調方式の施工費：500百万円

②ゾーン空調方式の施工費：400百万円（本方式）

イニシャルコスト差 ▲100百万円 → 従来方式より100百万円安価

4-2(4)から削減電気コスト $1,510,476\text{kWh}/\text{年} \times 22\text{円}/\text{kWh} = 33,230,472\text{円}$

全体空調方式より、施工費は100百万円安価な上、毎年、約30百万円もの省エネルギーが達成できる。

6. 他建物への応用性

大空間の工場空調は、働く方々の健康管理、就労的課題からも、今後も増えていくと予想される。

その様な中、本方式と納入後の省エネチューニングは、様々な案件で対応可能となります。

また、DK-CONNECT（遠隔監視システム）の導入により、管理者が現地に不在の場合でも、見える化、監視が可能となり、省エネルギーの手助けとなる。

7. 環境保全、利便性共

CO₂の発生量（2024年 東京電力CO₂排出係数 0.408kg-CO₂/kWh）

$1,510,476\text{kWh} \times 0.408\text{kg-CO}_2/\text{kWh} = 616,274\text{kg-CO}_2/\text{年}$

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

本設備工夫の原点は、“お客様の欲しいを形にした”事である。お客様のご要望を達成するために、打合せを重ね、使い勝手を理解し、知恵を絞り、最小限のエネルギーで、最大限の効果を出す設計とした。

①空調対象エリアを立体的に捉えて、最小限の空調負荷としたこと

②空気、冷水の搬送動力を極小化するために、空調機器のレイアウトを計画したこと

③機械故障時でも、運転を停止させないために、複数台設計としたこと

④更なる省エネルギーのために、データ収集から、チューニング調整したこと

⑤遠隔地からの、状態監視、運転停止が容易にできたこと

など、省エネルギー達成させると共に、地球環境への配慮。工事期間の短縮に努めた。

今後も、新たな、お客様の欲しいを形にする、設計に邁進する所存である。

9. 外観・構造図



工場内



エアハンドリングユニット



空冷チラー

10. 講評

本事例は新設工場の暑熱対策工事に係るものである。作業環境改善、故障時バックアップ、冷媒漏れリスク対策、工事期間短縮などをテーマとして、空調を行う空間を作業域を中心としたゾーニング設定とすることにより、省エネ・省コストを実現した。設備工事後のチューニングや遠隔監視システムなども、工場空調として今後の横展開が期待でき、工場空調のモデルとなる事例と評価された。

最近、働き方改革などの影響もあり、工場空調の質の向上が求められてきているが、今後上下温度差の計測を行い全体空調とここで採用されたゾーン空調との比較をするなど関連データを充実させていくことを期待したい。

● (一社)日本冷凍空調設備工業連合会 奨励賞 ● 改修設備部門

自然冷媒CO₂大型直膨ユニットを用いた 冷蔵倉庫設備改修にともなう省エネ化

設備施工者：三菱重工冷熱株式会社

設備所有者：カネフジ冷蔵株式会社

設備の概要

名称 カネフジ冷蔵株式会社

所在地 北海道北斗市七重浜 8 丁目14番21号

概要 建家：地上 3 階 延床面積：5,078m²

構造：RC造 用途：冷蔵倉庫

1. 技術開発の目的と経過

目的：1990年に函館・道南地区の食品加工・物流基地として設立された冷蔵倉庫の冷却設備老朽化更新に際し、設備規模の見直しおよび自然冷媒であるCO₂冷媒冷却設備導入による省エネルギー化とCO₂排出量削減を目指した。

経過：2022年4月～ 調査・提案・設計：省エネやCO₂削減を実現すべく、既存設備の運転状態や稼働状況など調査を行い提案・設計し、採用された。

2023年10月～ 改修工事・試運転：既設冷却設備を稼働させながら順次設備更新を行い、2024年2月に総合試運転を実施して、お引き渡しを完了した。

2024年2月～ 運転データ取得：お引き渡し後の省エネ効果を検証するために電力量などの計測データ取得とあわせて運転状況の分析を行っている。

2. 設備・システムの概要

1) 既存設備の概要

- ・ RC造 3 階建の収容能力5,374トンの冷凍倉庫で室温-25℃の冷凍庫が各フロア 1 庫で計 3 庫配置されている。
- ・ 冷却設備はR22冷媒の直膨式 2 段圧縮サイクルを採用し、冷凍機は(株)東洋製作所製の空冷式コンデンシングユニットLTS (3 台/1 庫、計 9 台)、冷却器は(株)東洋製作所製のRTH型冷却器 (3 台/庫、計 9 台)が設置されている。除霜システムはホットガスデフロスト方式を採用している。

2) 改修設備の概要

- ・ 改修設備系統図を図 1 に示す。
- ・ 更新冷却設備はCO₂冷媒の直膨式 2 段圧縮サイクルを採用し、冷凍機は三菱重工冷熱(株)製の80馬力空冷式コンデンシングユニットCSTS8001MF (2 台/3 庫)、冷却器は三菱重工冷熱(株)製のMCCU型冷却器 (2 台/1 庫、計 6 台)を配置し、50%のバックアップ運転を可能とした。除霜システムはヒーターデフロスト方式を採用した。

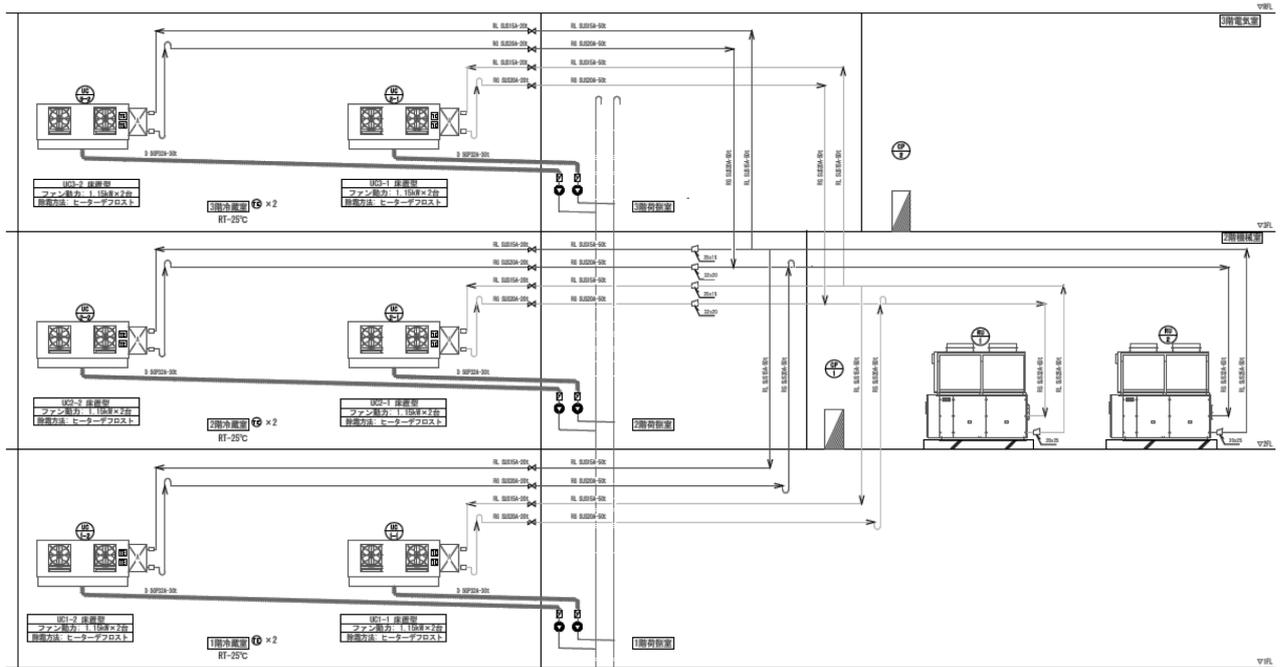


図1 改修設備系統図

3. 着想

一般的に冷蔵倉庫の使用電力量は「冷蔵倉庫の規模」「冷媒・設備性能」「倉庫運用」「躯体防熱性能」などのなかでも「冷蔵倉庫の規模」に大きな影響を受けることがわかっており、本設備（収容能力5,374トン）と同規模の場合、電力原単位^(※)は概ね150～250kWh/ton程度となる。

しかし、更新前の設備は原単位98.7kWh/ton（以下4項にて算出）と、とても低い水準であり、単なる設備更新では電力量が増加してしまう可能性があった。さらなる省エネやCO₂排出量削減など改善を盛り込んだ更新提案を行うため、自然冷媒の最新機種種の導入、設備のスリム化だけでなく様々な省エネ手法を取り入れた。その手法の一部を示す。

※電力原単位とは冷蔵倉庫の使用電力量を評価及び比較する際に用いられ、年間使用電力量を収容トン数で割ると算出される。（単位 kWh/ton/年）

1) 自然冷媒機種種の採用

- ・自然冷媒であるCO₂は地球温暖化係数GWP1とフロン冷媒にくらべて圧倒的に低く、単一成分でフロン冷媒のような冷媒管理義務も少ないことが挙げられる。他の自然冷媒NH₃(GWP<1)と比較しても可燃性・毒性がないことから保守管理面において取扱いやすい冷媒である。

表1に主要冷媒のGWPを示す。

- ・CO₂冷媒を採用したC-Puzzleシリーズは、高負荷時の冷却効率に優れたスクロール圧縮機構と、低負荷時の冷却効率に優れたロータリー圧縮機構を組み合わせた、独自のスクロータリー2段圧縮機を搭載しコンパクトかつ高効率化を実現している。また、北海道という寒冷地域性を活かすため、低外気温時に冷媒を凝縮域まで高圧を下げ、圧縮比を低減し、さらに運転効率を上昇させた80馬力クラスCSTS8001MFを採用した。室温-25℃を想定した成績係数COPは外気温32℃時COP1.22、外気温

表1 主要冷媒のGWP

冷媒番号	GWP
R22	1,760
R32	677
R404A	3,940
R410A	1,920
R448A	1,270
R463A	1,380
CO ₂	1
NH ₃	< 1



図2 external view

表2 Performance table

	OA32℃ (supercritical)		OA 5℃ (Condensed area)	
	-35℃	- 5℃	-35℃	- 5℃
Evaporation Temp.	-35℃	- 5℃	-35℃	- 5℃
Freezing Capacity (kW)	74.0	143.3	74	143.2
Power consumption (kW)	60.6	72.6	33.8	31.6
COP	1.22	1.98	2.19	4.53

5℃時COP2.19と約1.8倍効率が良くなる。

図2にCSTS8001MFの外観写真を示す。

表2に外気温32℃（超臨界）と5℃（凝縮域）における冷凍能力、電力、COPを示す。

- ・一般的に空冷式コンデンシングユニットは屋外設置型であるが、地域柄積雪や塩害を考慮し、既設と同様に屋内の機械室へ設置とした。なお、低外気温時の高効率運転を活かすべく、外壁面に外気取入れ用吸込みガラーを大きく改造し、排気もショートサーキットとならぬよう対策した。
- ・CO₂冷媒を採用したMCCU型冷却器は電子膨張弁を組み込み、伝熱管に3/8Bを採用、また送風機をECファンとすることでコンパクトかつ高効率運転を両立した。除霜システムはヒーターデフロスト方式とし、且つ、省エネ制御を導入している。（後述3）項参照

また、冷気が保管品に当たって乾燥・目減りするのを防ぐため、2重天井内へ冷却器吹出空気を吹き込み冷凍庫内への冷機は風速を落とした方式を流用し、ダクト形状をコンパクトにすることで庫内のデッドスペースを減ずることが出来た。

2) 設備のスリム化

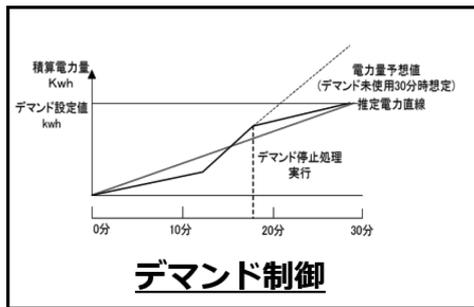
- ・当社計算の冷却熱負荷値121.9kWに対し、既存冷却設備は冷凍機9台+冷却器9台の9系統で構成されており、冷却能力は合計189.6kWであった。倉庫運用状況を確認したところ余力を有した構成となっていることに着目し、今回の選定では既存の冷却能力測定と過去3年間の稼働時間から必要な冷却能力を算定することで冷凍機2台+冷却器6台の構成とし、冷却能力も148kWと設備動力および設備台数ともにスリム化させ、省スペース化およびランニングコスト、イニシャルコスト低減を図ることができた。

3) 省エネ手法

- ・電力デマンド機能を活用した設備稼働制限制御の改善・導入について検討を行った。

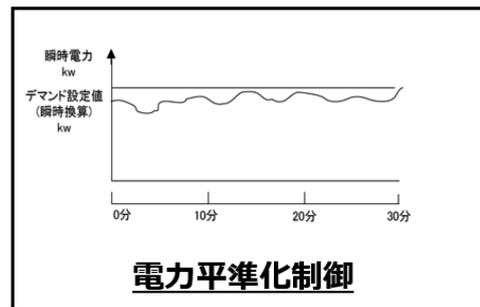
従来の電力デマンド制御と電力平準化制御を組み合わせた新しい制御方法を採用し、冷凍機・冷却器の稼働台数および使用電力を計測し、契約電力量など目標とする値に対して冷却設備で使用出来る電力を自動計算し、稼働可能な冷凍機・冷却器台数を自動演算し、温度上昇傾向の冷却を優先する部屋に割り振る事で稼働機器を最少化し、冷凍機容量制御での過剰な増減速や冷凍機台数制御の短時間発停を防ぎ、省エネを図るとともに設備の安定稼働のシステムを実現した。

図3に制御イメージを示す。

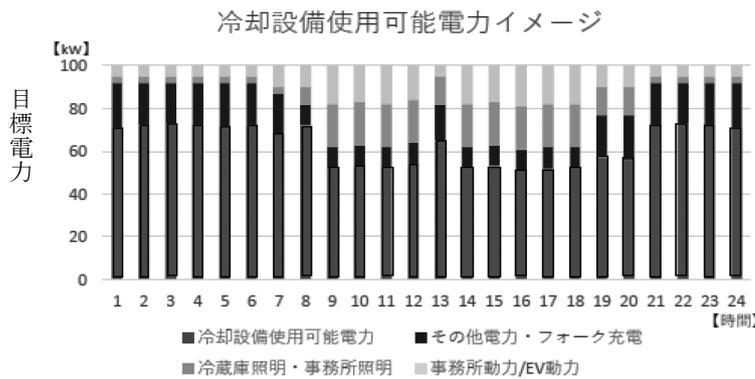


積算電力量で管理され、積算電力予想値を超過した時点でデマンド停止させる制御

+



瞬時電力量で管理され、常にデマンド設定以下に制御



デマンド時限 30 分の中でも同様に冷却設備に使用可能な電力は変化する。

図3 電力デマンド機能を活用した設備稼働制限制御のイメージ

・冷却器ヒーターデフロスト方式の省エネ制御の導入

従来のヒーターデフロスト方式は冷媒の流れ方向などに関係なく、コイルヒーターを均等に配置しており、ヒーターの通電時間はコイルバンド下部など温まりにくい場所に設置された温度サーモが一定の温度に到達したら終了していた。このため、着霜の多い場所は霜が溶けるまでに時間がかかり、着霜の少ない場所は過度に加熱され、デフロスト終了後の再冷却時に余分な電力を消費していた。

今回は冷媒の流れ方向などにより、霜の成長が部位により異なることに着目し、着霜量に応じたヒーターの配置とデフロスト終了温度センサーを複数配置し、過熱状態とさせないことでヒーター電力と再冷却電力を従来に比べ30%以上削減することができた。

図4に従来品と今回のコイル吸い込み面のサーモグラフィによる観察結果を示す。

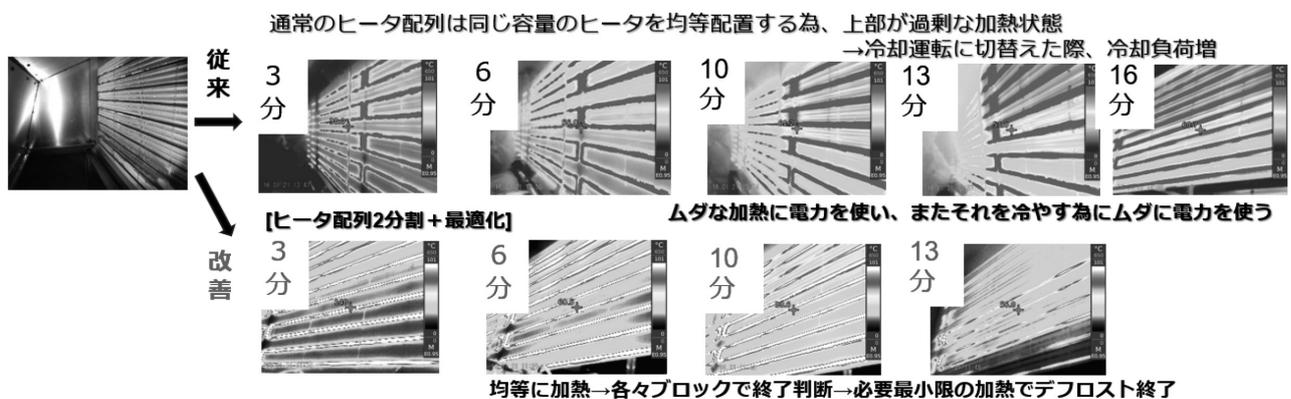


図4 従来品と省エネ制御のサーモグラフィによる観察結果

冷蔵倉庫へ侵入する空気は季節により湿度が大きく異なるため、省エネのためには時期毎に霜付状況を目視確認し、デフロスト間隔を変更することが望ましい。今回は着霜量によりデフロスト間隔を自動調整するプログラムを導入していることも省エネに寄与している。

4. 効果（省エネルギー）

1) 省エネルギー効果およびCO₂削減効果の試算

・更新設備を稼働した2024年2月から12月の11カ月間（335日間）の電力量と同期間の既設設備電力量を比較し省エネルギー効果とCO₂削減効果を試算した。

表4に各月における電力量と電力原単位を示す。

- ・更新前事業所全電力量：486,783kWh（冷却設備電力量：358,811kWh）
- ・更新後事業所全電力量：431,636kWh（冷却設備電力量：303,664kWh）
- ・電力削減量：60,160kWh/年
 $(486,783 - 431,636 = 55,147\text{kWh}/11\text{ヶ月、1年換算として} 55,147/11\text{ヶ月} \times 12\text{ヶ月} = 60,160\text{kWh}/\text{年})$
- ・更新/既設電力量：88.7% $(= 431,636/486,783 \times 100)$
- ・更新前原単位：照明・搬送動力・事務所等含む全電力98.7kWh/ton/年（冷却設備のみ72.7kWh/ton/年）
 更新後原単位：照明・搬送動力・事務所等含む全電力87.6kWh/ton/年（冷却設備のみ61.6kWh/ton/年）
- ・CO₂削減量：31.95ton/年 $(= 60,160 \times 0.531 (\text{kg-CO}_2/\text{kWh}) / 1000)$

上記結果より、本設備の導入により11.3%の電力量削減と31.95tonのCO₂排出量削減効果を得たことが確認できた。

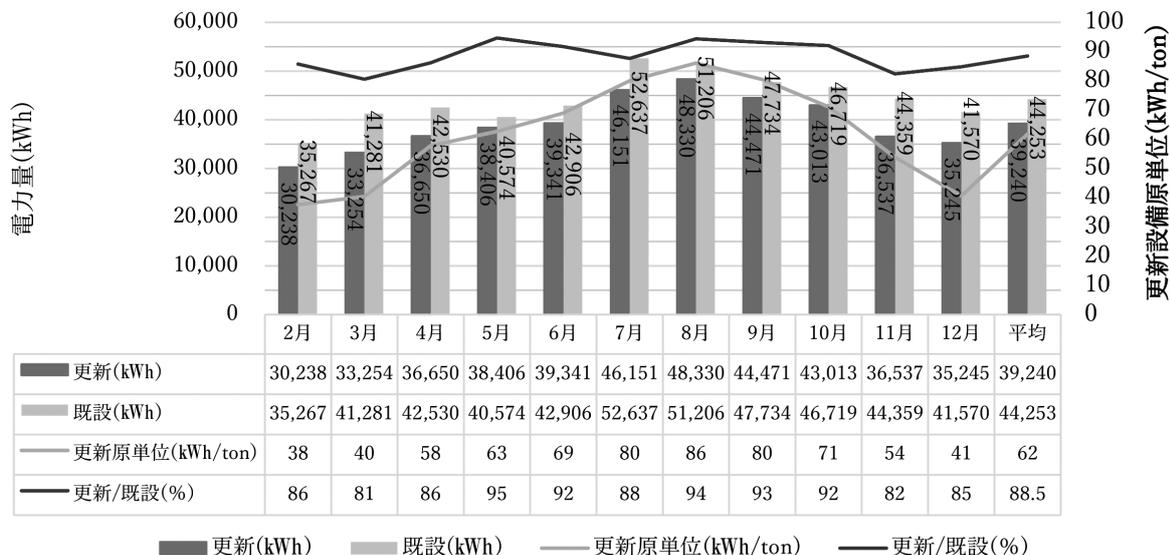
既存フロン冷却設備の経年冷媒漏洩量をCO₂換算した場合、44.6ton/年のCO₂排出量削減効果がある。

$44.6\text{ton} = 195 \times 0.13 \times 1760 / 1000$ （既設設備冷媒R22の保有量：195kg、R22のGWP：1760）

また、外気温度が低い時期の電力削減量（既存同時期比）が大きい結果となり、機器特性が十分に発揮されていることが実証された。

表4 電力量比較

カネフジ冷蔵殿 電力量比較(一般含む)



5. 投資回収（省マネー）

1) 投資回収期間の試算

今回、導入した省エネ制御への投資費用と4項で算出した電力削減量から投資回収年数を試算した。

・省エネ投資費用

省エネを図った設備制御・回収等に要した費目は以下の通り。

- ①電力デマンド機能を活用した設備稼働制限制御
 - ・制御プログラム作成費用（中央監視ソフトへ追加）
- ②冷却器ヒーターデフロスト方式の省エネ制御
 - ・冷却器のデフロストヒーター分割費用
 - ・デフロスト終了温度センサー費用
 - ・制御プログラム作成費用（中央監視ソフトへ追加）

①② 省エネ投資費用合計 4,000,000円

・電力削減費用

電力単価を35円/kWhとして4項で算出した年間の電力削減量：60,160kWhを乗じた。

$$60,160\text{kWh} \times 35\text{円/kWh} \doteq 2,105,600\text{円/年}$$

・投資回収年数

省エネ投資費用=4,000,000円、電力削減費用=2,105,600円より、投資回収年数は

$$4,000,000\text{円} \div 2,105,600\text{円/年} \doteq 1.9\text{年}$$

との結果となった。

6. 応用性

- ・自然冷媒であるCO₂冷媒を採用したコンデンシングユニット（C-puzzleシリーズ）は10馬力クラスから今回採用した80馬力クラスまでラインナップしており、様々な規模の冷却設備へ導入することができ、既に納入台数は2,000台を超える。外気温度は43℃まで対応可能で、ガスクーラーへの散水設備を設置する必要がなく、CO₂冷凍機のなかで冷凍能力当たりの設置面積・重量が業界最小・最軽量である。また、全てのクラスで高圧ガス保安法の製造届が不要で冷凍保安責任者の資格も不要となっているため、設備導入計画しやすい機器となっている。

40馬力以下の機種は、冷凍冷蔵倉庫やショーケースなど、用途を限定した製品となっているが、80馬力機は能力制御の追従速度を向上させるなど、散水プレート式自動製氷機やトンネル式連続急速凍結装置等多用途に対応可能な冷凍機として開発されている。

7. 環境保全等

- ・「4. 効果（省エネルギー）」に記載のとおり、既設にくらべ11.3%の電力量削減とエネルギー起源のCO₂削減量31.95tonの効果が得られた。また、自然冷媒であることから冷媒漏洩によるCO₂換算44.6tonの削減効果が推定される。

8. 仕様又は開発製品等

- ・表5に80馬力クラスコンデンシングユニットCSTS8001MFの仕様書を示す。

表5 仕様書

要 目 表			
項目(単位)	形式	C S T S 8 0 0 1 M F	
外形寸法 (幅×奥行×高さ)		3.450mm×1.260mm×2.780mm	
電源 注1		3相200V 50/60Hz	
冷媒		R744(CO ₂)	
冷凍機油		ダイヤモンドフリーズ MA68	
使用周囲温度		-15°C ~ +43°C	
使用温度範囲(蒸発温度)		-45°C ~ -5°C	
吸入圧力		0.73MPa G ~ 2.95MPa G	
吸入ガス過熱度		10K以上	
法定トン数		19.28トン(届出不要)	
設計圧力		高压:12MPaG、中圧:6.5MPaG・低圧:5MPaG	
冷媒搬送圧力		中圧	
定格能力/COP 注2	冷蔵(蒸発温度:-10°C)	130.0kW / 1.82	
	冷凍(蒸発温度:-40°C)	64.0kW / 1.13	
容量制御方式		インバータ制御	
圧縮機	形式×台数	半密閉インバータ圧縮機×2台	
	呼称出力	30kW×2台	
クランクケースヒータ		300W×2台	
送風機	形式	軸流式(モータ直結)	
	出力×台数	2.4kW×2台	
騒音 注3		84dB(A)	
保護装置		高压圧力開閉器、過電流保護・異常圧力保護	
配管接続径	吸入ガス管	SUS304 32A (溶接接続)	
	液出口管	SUS304 20A (溶接接続)	
質量		3,300kg	
外装塗装色 注4		ガスクーラー部:日塗工E25-75B / 機械室部:ガルバニウム鋼板(塗装なし) / 動力制御盤部(ガルバ近似色グレー)	
配 容 線 量	漏電遮断器	定格電流	350A
		感度電流	100mA(0.1 _s)
	電線の太さ		150mm ² ×3
その他		マトリックスコンバータ搭載	

注1 電源変動:定格電圧の±10%以内、相間アンバランス:3%以内としてください。

注2 外気温度32°C、吸入ガス過熱度10Kでの値です。

9. 外観・構造図



カネフジ冷蔵全景



C-puzzle80設置場所

10. 講評

これも寒冷地におけるCO₂冷媒冷凍機への改修事例である。約30年前に建設された冷蔵倉庫の冷却設備の老朽化更新工事において、既存設備の運転状態や稼働状況を調査したうえで省エネ・CO₂排出量削減を目指した改修案を提示し、既存設備を稼働しながら順次更新、竣工後の検証も行って適切な施工が行われた。単なる更新ではなく細かな制御方法などで工夫している点が評価された。

着霜量に応じてデフロスト運転を制御する方式についてもう少し詳細な説明が欲しいという意見や、ヒーターを使用しない方式の選択は無かったのかといった意見もあった。

● (一社)日本冷凍空調設備工業連合会 奨励賞 ● 改修設備部門

地球環境の負荷低減を目指した CO₂冷媒を使用した冷凍冷蔵設備

設備施工者：株式会社三冷社
設備所有者：関東運輸株式会社

設備の概要

名称 関東運輸株式会社 県央センター
所在地 佐波郡玉村町上福島765
概要 構造：S造 用途：冷凍冷蔵物流倉庫

1. 技術開発の目的と経過

目的：空調設備の熱源更新にあたって、現在の使用状況にあった熱源容量とし同時にエネルギー使用量やCO₂排出量の削減を考慮して計画する。

経過：設計 2022年4月～5月
着工 2022年7月28日
竣工 2023年2月28日

2. 設備・システムの概要

オゾン層を破壊しない冷媒として普及していた代替フロンが、地球温暖化の原因としてクローズアップされ始め、政府も2050年までにカーボンニュートラルを目指すことを宣言する中、各企業は目標を達成するため様々な取り組みを始めています。今回、投稿の許可をいただきました関東運輸株式会社様も様々な環境負荷低減に取り組んでいます。

- ・LED照明の導入
- ・城南センターの屋根への遮熱塗装
- ・トラックの運行状態を記録するデジタルタコグラフの導入によるエコドライブの実施
- ・配送ルートの効率化
- ・共同配送サービスの実施による集積率の向上及び配車台数の削減

この度、県央センター2階チルド庫、フロア冷凍庫の既存冷凍機（R22 設置後18年）を更新するにあたって、代替フロンを冷媒とした冷凍機ではなく、環境に配慮した自然冷媒（CO₂）を使用した空冷一体型冷凍機を導入することに決定しました。CO₂を冷媒とした空冷一体型冷凍機は、R22の分散型設備と同程度のものが多く、更新にも適しています。

CO₂冷凍機の特徴

採用機種ラインナップ 10、15、20、30、40馬力

- 自然冷媒の特徴
- | | |
|-------------|----------------|
| 1. 人体に有害でない | 3. 地球温暖化係数が小さい |
| 2. 爆発性がない | 4. オゾン破壊係数が0 |

既存冷凍設備 使用冷媒 R22 定速機

フローストン庫 (-25℃)	空冷一体型冷凍機	24.0kW (消費電力 21.2kW) × 10台
	ユニットクーラー	13.12kW (消費電力 0.78kW) × 20台
チルド庫 (0℃)	空冷一体型冷凍機	26.05kW (消費電力 16.3kW) × 2台
	ユニットクーラー	13.0kW (消費電力 0.3kW) × 4台

更新冷凍設備 使用冷媒 R744 (CO₂) インバーター機

フローストン庫 (-25℃)	空冷一体型冷凍機	15.0kW (消費電力 14.2kW) × 16台
	ユニットクーラー	15.5kW (消費電力 1.82kW) × 16台
チルド庫 (0℃)	空冷一体型冷凍機	21.0kW (消費電力 12.5kW) × 2台
	ユニットクーラー	9.8kW (消費電力 0.45kW) × 4台

3. 着想

2階チルド庫、フローストン庫の既存冷凍機システムは、R22の冷媒を使用しており、システムの総冷媒保有量は1422.6kg、年間冷媒漏洩時のCO₂換算量(年間漏洩量13%)は325.5tonに相当する。このシステムを、CO₂冷媒とした冷凍機システムに更新した場合、総冷媒保有量は231.4kg、年間冷媒漏洩時のCO₂換算量は0.03ton(R404Aで更新を想定した場合、1012.7kg、年間冷媒漏洩時のCO₂換算量519.0ton)となり、自然冷媒を使用した冷凍・冷蔵設備が非常に環境に優しい設備であることがわかる。また、2017年7月よりCO₂冷媒に対する高圧ガス保安法の規制が緩和され、第2種製造者扱いであった大型の冷凍機は5トンまで適用除外になるなどHFC冷媒と同等の扱いとなり採用しやすくなったことから、企業として環境問題に取り組んでいる関東運輸株式会社様からの要望で、二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金(脱フロン・低炭素社会の早期実現のための省エネ型自然冷媒機器導入加速化事業)を活用したCO₂冷凍機による冷凍冷蔵設備の更新を行うことになった。

4. 効果(省エネルギー)

更新機器消費電力(R744)	1,169,492kWh/年(2023年4月~2024年3月実測値)
既設機器消費電力(R22)	1,489,302kWh/年(実測値より想定)
年間省エネルギー量	319,809kWh/年

表1 2Fフローストン庫、チルド庫の消費電力とエネルギー起源CO₂

項目	2023年4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	2024年1月	2月	3月	合計
R744 更新機器消費電力(実測値) kWh	82,442	89,394	103,986	132,774	135,987	120,739	99,880	88,394	85,901	78,141	72,762	79,092	1,169,492
R22 既設機器消費電力(想定) kWh	104,987	113,840	132,421	169,082	173,174	153,756	127,194	112,566	109,392	99,509	92,660	100,721	1,489,302
電力削減量 kWh	22,545	24,446	28,436	36,308	37,187	33,017	27,313	24,172	23,491	21,368	19,898	21,629	319,809
R744 エネルギー起源CO ₂ ton	37.3	40.5	47.1	60.1	61.6	54.7	45.2	40.0	38.9	35.4	33.0	35.8	529.8
R22 エネルギー起源CO ₂ ton	47.6	51.6	60.0	76.6	78.4	69.7	57.6	51.0	49.6	45.1	42.0	45.6	674.7
エネルギー起源CO ₂ 削減量(電力換算値 0.453kgCO ₂ /kWh) ton	10.2	11.1	12.9	16.4	16.8	15.0	12.4	11.0	10.6	9.7	9.0	9.8	144.9

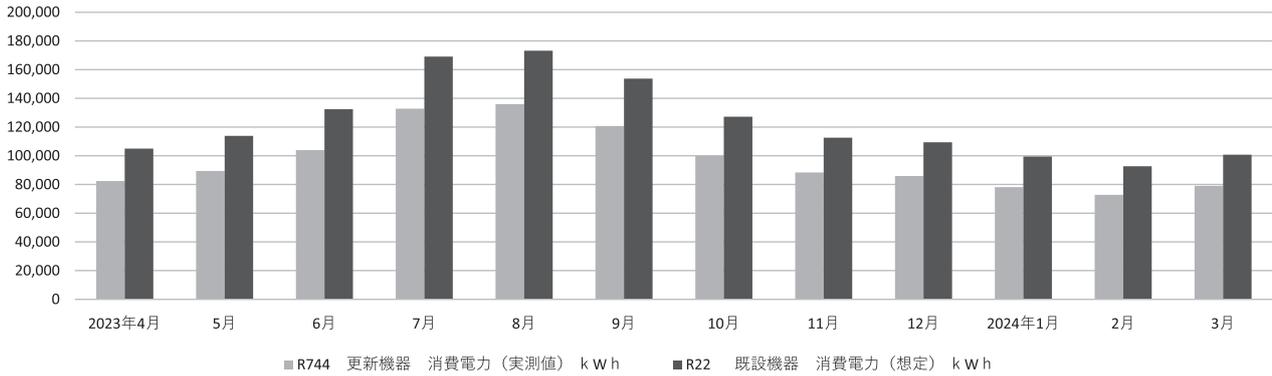


図1 各月の消費電力の比較

■ R22 各月消費電力の算定

R22 の冷凍機の消費電力は、R744 更新機器の消費電力実測値から負荷を想定し R22 の機器に置き換えて算出している。以下に算定式を示す。

R744 更新設備 1日の合計消費電力 (実測値) = R744 冷凍機消費電力 + R744UC 消費電力
 ① 1日当たり R744 冷凍機の運転時間 = 消費電力実測値 ÷ (R744 冷凍機消費電力 + UC 消費電力)
 ② 1日当たり想定負荷 = ① × R744 冷凍機能力
 ③ R22 既設冷凍機の想定運転時間 = ② ÷ R22 冷凍機能力 × ÷ 定速機補正值※
 ④ R22 既設設備の想定消費電力 = ③ × (R22 冷凍機消費電力 + R22UC 消費電力)
 ※インバーター機器は定速機器に比べ約 30% 省エネと仮定し定速機器の補正值を 0.7 とした。

更新機器と既設機器の比較	冷凍機消費電力 kWh	冷凍能力合計 kW	UC 合計 kWh
更新機器 R744 INV 機	252.2	282.0	30.9
既設機器 R22 定速機	244.6	292.1	16.8

5. 投資回収 (省マネー)

令和 4 年度二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金対象現場

(脱フロン・低炭素社会の早期実現のための省エネ型自然冷媒機器導入加速化事業)

システム省エネ効果 = 4,521 千円 / 年

CO₂冷媒機器 (冷凍機 + ユニットクーラー) と R404A 冷媒想定機器の差額から回収年数を算定

機器差額 22,326 千円 (CO₂ 71,448 千円と R404A 49,122 千円)

回収年数 約 5 年

6. 他の建物への応用性・便利性

- ① CO₂ 冷凍機はメーカー製品のため、サービスマンテナンスが容易である。
- ② 自然冷媒を使用しているため、フロン排出抑制法の対象外である。
- ③ 万が一冷媒が漏洩しても地球温暖化に与える影響がほとんどない。
- ④ 空冷一体型の冷凍機であるため、既存機器との置き換えが容易である。

7. 仕様又は開発製品、システム、部品等の仕様

8. 環境保全、便利性等

既設機器に対する更新機器の年間 CO₂ の削減量

更新機器 (R744 GWP=1)

年間電力使用量 1,169,492kWh
システム保有冷媒 231.4kg 年間冷媒漏洩率13%

エネルギー起源CO₂ 529.8ton
冷媒漏洩CO₂ 0.0ton
合計① 529.8ton

既設機器 (R22 GWP=1760)

年間電力使用量 1,489,302kWh (想定)
システム保有冷媒 1422.6kg 年間冷媒漏洩率13%

エネルギー起源CO₂ 674.6ton
冷媒漏洩CO₂ 325.5ton
合計② 1000.1ton

★年間CO₂削減量=②-①=1000.1-529.8=470.3ton (47.0%削減)

参考値 エネルギー起源CO₂換算値 0.453kgCO₂/kWh
冷媒GWP R744 1, R22 1,760

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

CO₂を冷媒として使用するため、安全面に対し以下の点について配慮した。

- ①CO₂冷凍機は屋外の基礎・架台上に強固に設置し、一般作業区域と分離することで安全を図った。
- ②CO₂冷凍機内の圧力異常があった場合、自動で機器を停止するシステムを設けた。
- ③万が一、庫内で冷媒が漏洩した場合においても人体に影響の出ない許容量となるよう1組当たりのCO₂保有量が大きくないシステムを選定した (高圧ガス保安協会基準値: 0.070kg/m³以内)。

10. 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

2020年度～2023年度にかけてのコンデンシングユニット (半密閉型スクロール冷凍機とCO₂冷凍機) の販売台数は約4万台と横ばいが続いているものの、フロン機とCO₂機の販売割合については2020年度約3%から2023年度には約4倍の12%まで販売実績を伸ばしている。ノンフロン冷凍機の推進により今後もCO₂冷媒を使用した機器の需要は堅調に伸びていくものと予想されている。

11. 外観・構造図



関東運輸株式会社 県央センター



空冷一体型CO₂インバーター冷凍機

12. 講評

群馬県玉村町のチルド庫、フローズン庫用R22冷媒冷凍機のCO₂冷媒冷凍機への更新改修事例である。設備所有者の地球環境問題に対する前向きな取組姿勢と二酸化炭素排出抑制対策事業補助金の活用、CO₂冷媒に対する高圧ガス保安法の規制緩和なども背景として計画され、省エネ、CO₂削減に取り組み成果を挙げた。既存のフロン冷媒冷凍機の置き換え事例として応用性が高いと評価された。

夏季の性能低下についての検証が必要ではないか、CO₂冷媒を用いることについて漏洩時を考慮したシステムになっているが、さらにCO₂センサーの設置も必要ではないか、などの意見もあった。

● (一社)日本冷凍空調設備工業連合会 奨励賞 ● 運転・保守管理部門

クラウドサービス (Ultimate IAQ) による室内空気質の ビッグデータを活用した空調機器の運転適正化による省エネの実現

設備施工者：シー・エイチ・シー・システム(株) 大久保産業(株)

設備所有者：大久保産業(株)

設備の概要

名称 大久保産業株式会社

所在地 徳島県徳島市昭和町8丁目8

概要 建家：地上2階 延床面積：916.45m²

構造：S造 用途：事務室ビル

1. 技術開発の目的と経過

目的：環境センサー及びクラウドサービスで取得した室内空気質 (IAQ ; Indoor Air Quality) ビッグデータの分析に基づき、空調機器の設定・運用を改善することにより、電気使用量とCO₂排出量の削減を図る。

経過：令和6年1月 (設計、検討等) クラウドサービス導入検討

令和6年2月 (試作、試験納入等) クラウドサービス導入開始

令和6年3月 (試運転、引渡し等) 室内空気質データ取得及びデータ分析に基づく空調機器の設定・運用改善

2. 設備・システムの概要

クラウドサービスにより室内の温度・湿度・CO₂濃度をリアルタイムで遠隔監視し、蓄積されたデータを分析することで、設備 (空調機、換気設備等) の設定値や稼働状況を詳細に把握することができる。データ結果に基づいた適正な設定や運転を行うことで、設備の最適な稼働が可能となり、電気使用量とCO₂排出量を削減できる。

対象施設では、室内のCO₂濃度による換気設備の自動制御 (CO₂制御) を導入し高い省エネ効果を得られているが、今回新たにクラウドサービスUltimate IAQを導入した。室内の温度・湿度・CO₂濃度の実測データを蓄積・分析し、その結果から空調機の設定 (温度、湿度) や換気設備のモード (全熱交換/通常の切り替え) を毎週変更した。結果として、在室者の快適性・生産性を維持しつつ、更なる省エネを実現した。

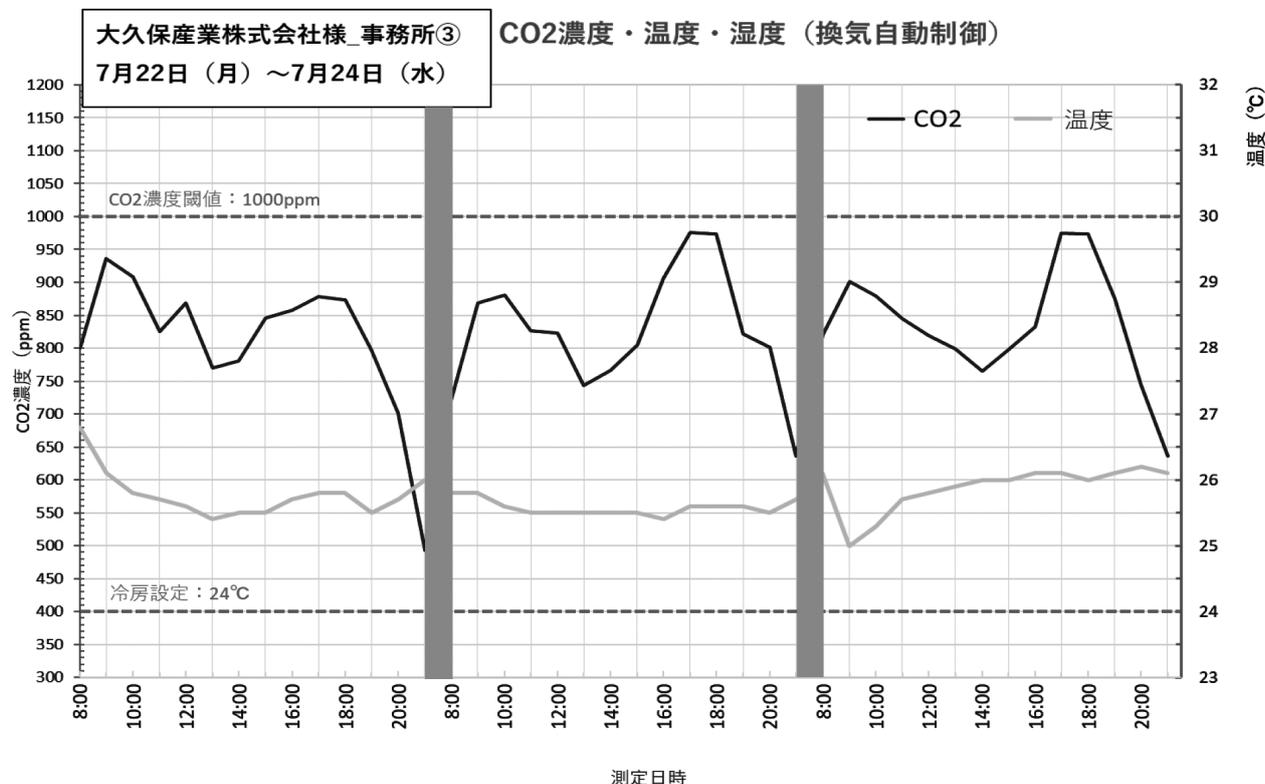
3. 着想

室内空気質 (温度・湿度・CO₂濃度等) は、在室者の快適性や生産性に大きな影響を与える。一方、実際の施設では、近年の気候変動による空調負荷の変動、在室者数やレイアウトの変更、センサーの経年劣化、メンテナンス・清掃の不備等により、各種設備の最適運用がなされていないケースが少なくない。とりわけ、中央監視システムが導入されておらず、専門の技術者が常駐していない地方の中小規模の施設では、課題が小さくない。

そこで、地方の中小規模の事務所ビルを対象として、クラウドサービスを活用した温度・湿度・CO₂濃度

の実測データを集め、設備機器の設定値や稼働状況との比較・検討を行い、短時間で運用方法を変更することで、省エネの実現を図った。

4. 効果（省エネルギー）



夏季業務時間中の実測データの一例である。例えば、7月は、冷房設定温度24℃に対し、室温が25～26℃で推移していた。また、業務時間中はCO₂濃度が規定値（1,000 ppm）を超えていなかったため、ロスナイモードを維持した（1,000 ppmを超える時間帯には、一時的に通常モードで換気を行う運用とした）。在室者へのヒアリングを実施し体感温度やニオイに問題はないと判断できたことから、冷房設定温度を1～2℃上げる運用を行った。窓が開いている場合は窓閉めを行うことで、更なる省エネを図った。夏季だけでなく冬季の期間でも、同様の手法を実施することで1年を通した省エネを可能とした。

上記のように、室内空気質の実測データを分析し、設定値など運用改善を2週間ごとに実施したことで、前年度の電気使用量と比較して合計6.5%の電気使用量を削減することができた。大きな設備投資をしたわけではなく、設備機器の運用改善で達成した数字であり、汎用性が高く有益な結果であると考えている。

	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	合計
R5年度 (kWh)	8,814	6,701	5,651	6,607	8,150	8,852	7,798	5,585	58,158
R6年度 (kWh)	8,508	5,534	5,131	5,806	8,478	7,904	7,326	5,688	54,375
電力使用量の差 (kWh)	-306	-1,167	-520	-801	328	-948	-472	103	-3,783
削減率	-3.5%	-17.4%	-9.2%	-12.1%	4.0%	-10.7%	-6.1%	1.8%	-6.5%

※詳細は【別紙1】大久保産業電気使用量を参照。

5. 投資回収（省マネー）

■イニシャルコスト

- ・クラウドサービスUltimate IAQ 48,000円×3セット=144,000円
- ・設置工事費（概算）15,000円×3台=45,000円
- ・合計 189,000円（税抜）

■削減電気料金

削減電気料金=削減電気使用量（2024年3月～10月） $-3,783 \text{ kWh} \times 30 \text{ 円/kWh} = -113,490 \text{ 円}$
→ $-113,490 \text{ 円} \div 8 \text{ か月} = -14,186 \text{ 円/月}$

※電気料金単価は、大久保産業株式会社宛の四国電力「電気料金等内訳明細書」より参照

■回収年数

イニシャルコスト $189,000 \text{ 円} \div 14,186 \text{ 円/月} = 13.3 \text{ か月}$
→約1年2か月で回収可能

8か月間の削減電気使用量をもとに回収年数を算出した。上記より、1年2か月以内で初期投資を回数できるため、導入メリットが大きいことが証明できた。特筆すべきは、導入に当たって大きな費用や事前準備がかからず、工事も短時間で済み、停電等もないことから、導入する際のハードルが低いことである。

6. 他の建物への応用性・便利性

施設管理の専任技術者の配置や中央監視システムを導入する場合は工事手間や多額のコストが掛かるが、クラウドサービスUltimate IAQの導入に当たっては、複雑なシステムの構築は不要である。また、既設の設備機器やWi-Fi環境が利用できることから、特別な知識やノウハウが不要であり、必要なコストも低く、省スペースで導入可能となっている。地方の中小規模施設でも、容易に室内空気質の遠隔監視や設備機器の自動制御を実現できる。加えて、複数拠点の室内空気質を一括で確認・分析することも可能である。室内空気質のビッグデータを集め、AIを活用することで、最適な温熱環境の予測に基づく設備の更なる運用改善も可能である。さらに、設備の更新時期の予測やレイアウトや用途の変更に応じた最適な運用方法の提案など、多様なニーズに合わせたサービスの展開が可能となる。したがって、他の建物への応用性・便利性は非常に高いと考える。

7. 仕様又は開発製品、システム、部品等の仕様

【別紙2】 Ultimate IAQカタログを参照

8. 環境保全、便利性等

CO₂の排出抑制・削減量

- ▲ $3,783 \text{ kWh} \div 8 \text{ か月} = \text{▲}473 \text{ kWh/月}$
- ▲ $473 \text{ kWh/月} \times 0.000370 \text{ t-CO}_2/\text{kWh} = \text{▲}0.175 \text{ t-CO}_2/\text{月}$
- ▲ $0.175 \text{ t-CO}_2/\text{月} \times 12 \text{ か月} = \text{▲}2.1 \text{ t-CO}_2/\text{年}$

※CO₂排出係数は【別紙3】電気事業者別排出係数内（環境省）の四国電力を参照

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

対象施設では実証実験以前に、LED照明の導入、高効率空調機・全熱交換器の導入、遮熱塗料の塗布、換気設備のCO₂制御、など既に幅広い省エネ対策を行っており、一定の効果を得られていた。

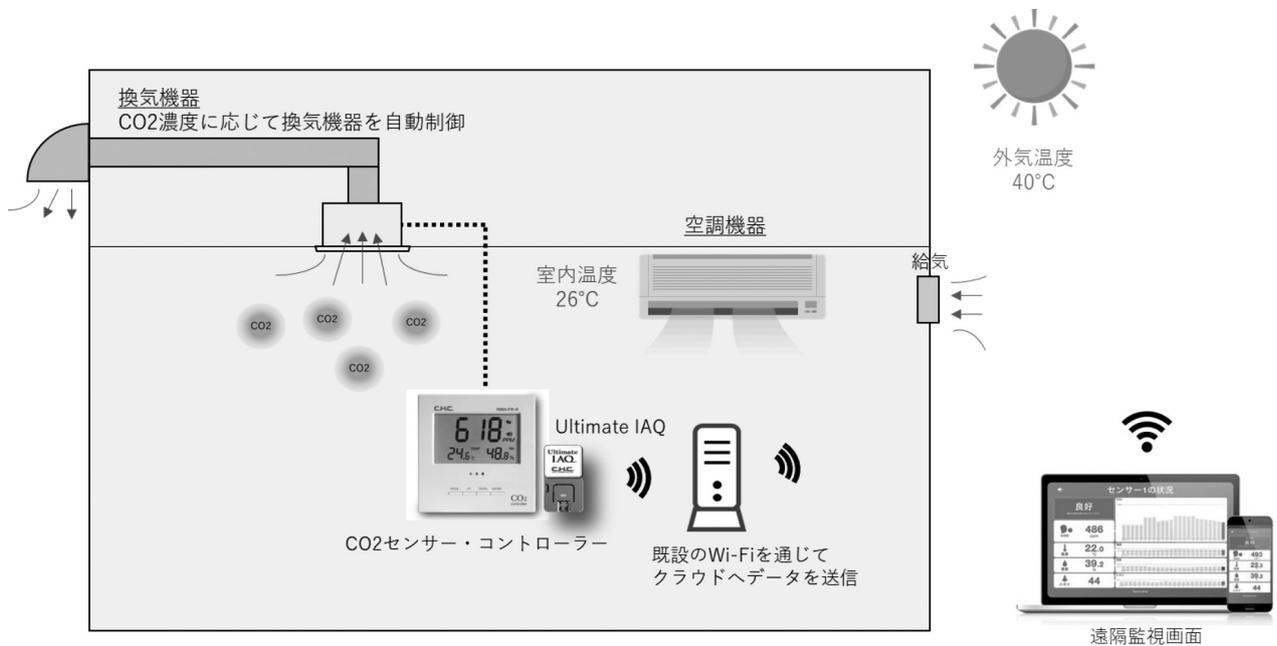
今回、新たにクラウドサービスUltimate IAQを3セット導入し、室内環境の実測データをリアルタイムで正確に把握・分析することで、設備機器の運用改善を実現した。結果として、大きなコストをかけず、在室者の快適性や生産性を損なうことなく、省エネ・省CO₂を実現できる新たな可能性を示すことができた。

10. 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

日本の建物の8割以上を占める中小規模施設では、殆どがバブル期に建設されたものであり、室内環境の可視化・省エネ化が進んでいるとは言えない。また、中小規模施設では、省エネのために多額の時間と費用をかける余裕がないケースがほとんどである。都心部以上に地方では、技術者の不足が深刻である。クラウドサービスUltimate IAQは、そうした地方の中小規模施設をメインターゲットと位置づけたサービスであり、室内環境の可視化および設備機器の省エネを安価かつ容易に実現することができるため、市場性・適応市場は大きいと考えている。

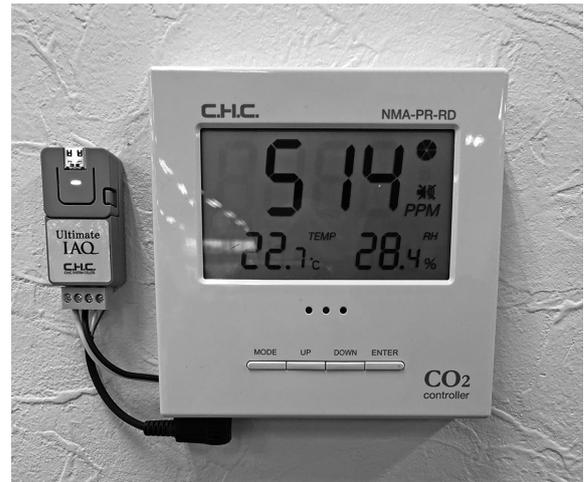
他社製品では、測定・表示・制御・データ蓄積・遠隔監視などの各機能が分離されており、製品本体に加え、取り付け工事費用が大きくなってしまふ。本製品・サービスは、“All in One”であることから、競合品はほとんどなく、競争力が高いと考えている。販売開始から1年で、日本国内で200セットを販売しており、引き合いが順調に増えている。

11. 外観・構造図





建物外観



設置写真

12. 添付資料

- 【別紙1】 大久保産業電気使用量
- 【別紙2】 Ultimate IAQカタログ
- 【別紙3】 電気事業者別排出係数

13. 講評

室内環境の計測値を利用して省エネかつ最適環境を維持することは大型の最新のビルでは一般に行われているが、既存中小ビルでは空調機の温度制御を設定値に示された値に制御する程度が一般的で、設定値を変える場合も人の感覚に頼ってその設定変更に一貫性が無い場合も多い。ここでは換気設備の制御器に温湿度やCO₂計測データを取得する機能を持たせ、そのデータをクラウドで監視・分析し運転保守にフィードバックするシステムを構築した。

最小の費用で快適環境・省エネを図る方法として特に小型オフィスビルなどで応用性が高いと評価された。監視・分析結果を制御に反映させる方法についてはさらなる検討が望まれる。