

● (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



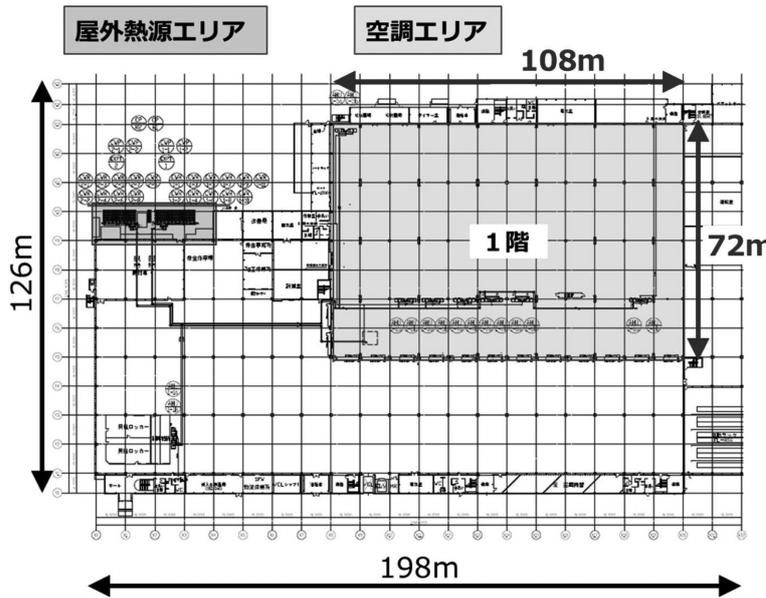
株式会社SUBARU 群馬製作所 北本工場外観

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

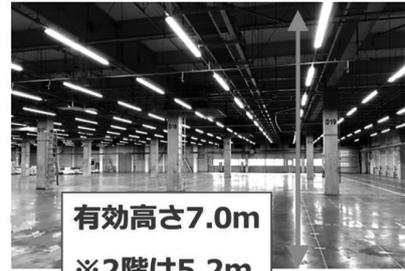


設備概要

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

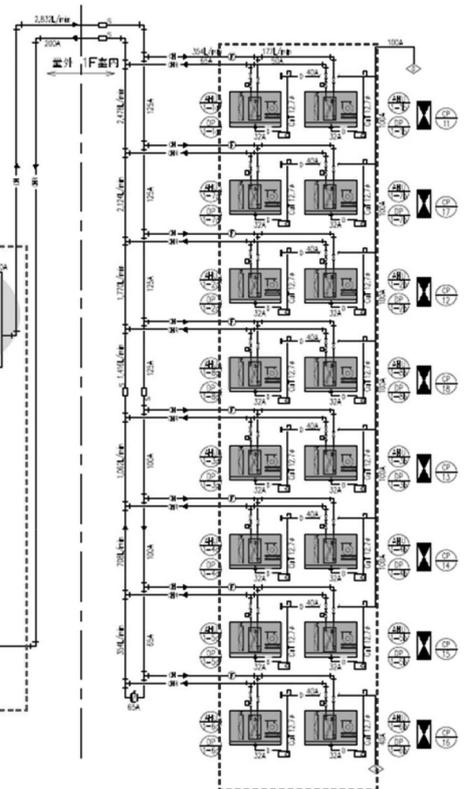
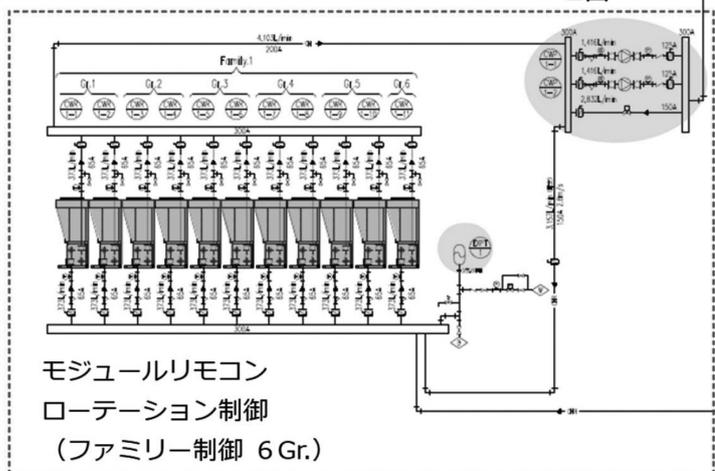
■ 1階配管系統図

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。

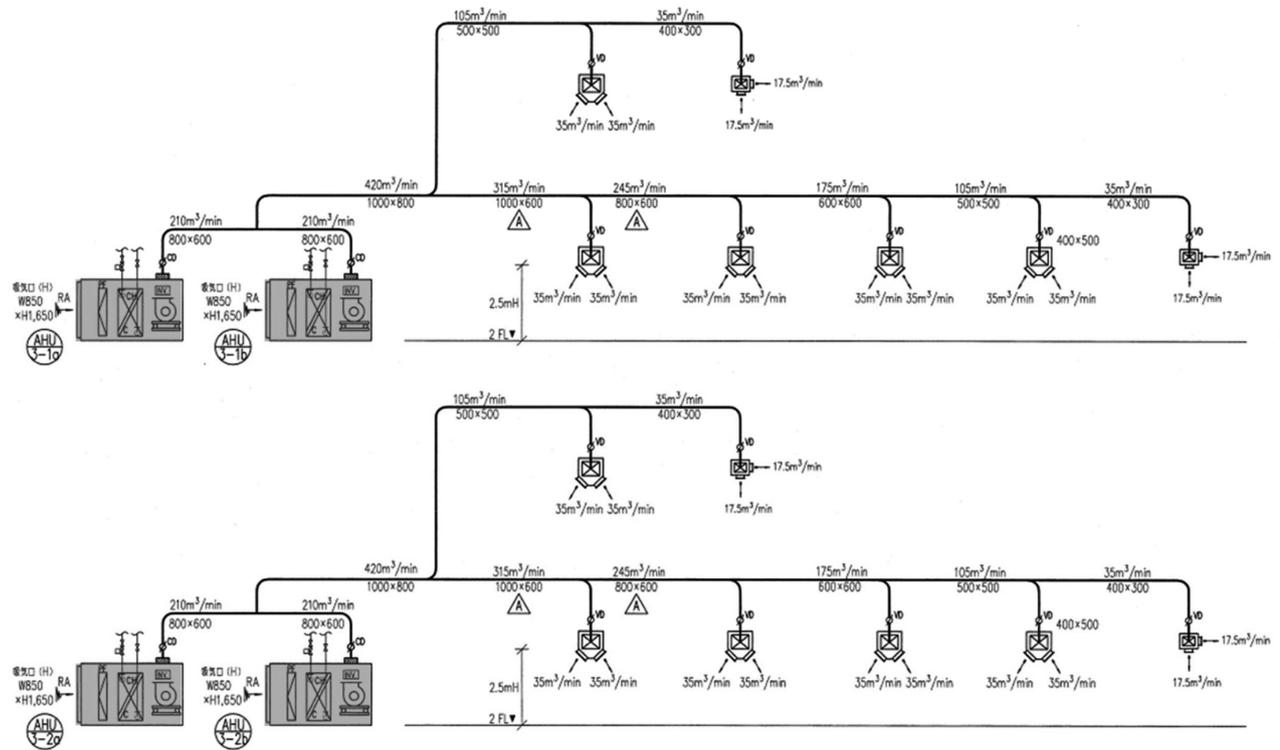
また、冷温水大温度差で設計し、流量の低減を図ることで、配管の小口径化、搬送動力の30%削減を達成し、省エネ・省コストを実現した。

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。

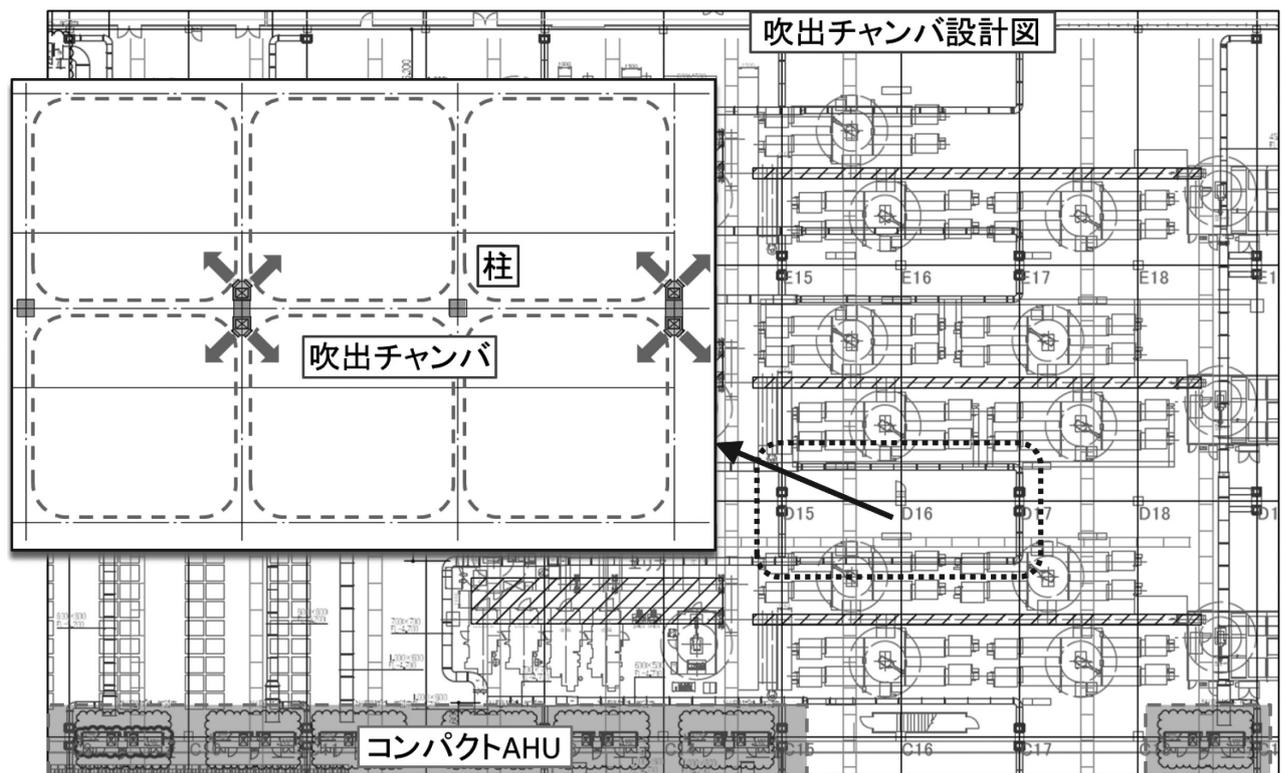
<p>空冷チラー</p> <p>形式：空冷モジュールタイプ（ダイキンヘキサゴン）</p> <p>型式：UWXY200FBDR</p> <p>冷水温度：入口18.2℃／出口10℃</p> <p>圧縮機：14.46kW × 4（INV）</p> <p>送風機：1.2kW × 4（INV）</p> <p>送水ポンプ：2.2kW</p>	<p>空調機（ダイキンコンパクトエアハン）</p> <p>型式：UAVZ25CS1R</p> <p>風量：12,600m³/h</p> <p>モーター：3.7kW</p>
---	--

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

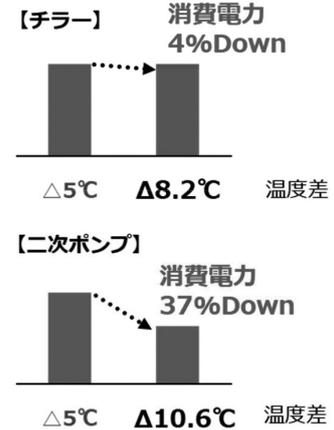
①ゾーン空調での提案・全体空調に対する能力の削減 (空調負荷低減) 従来比30%ダウン

- ・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

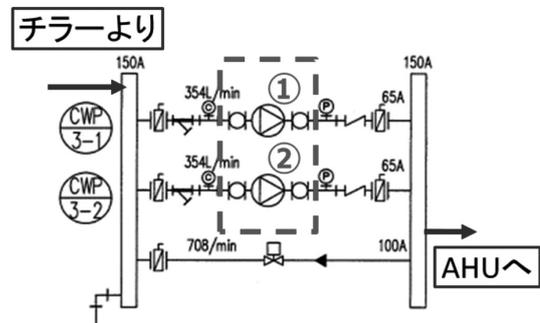
実施内容

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

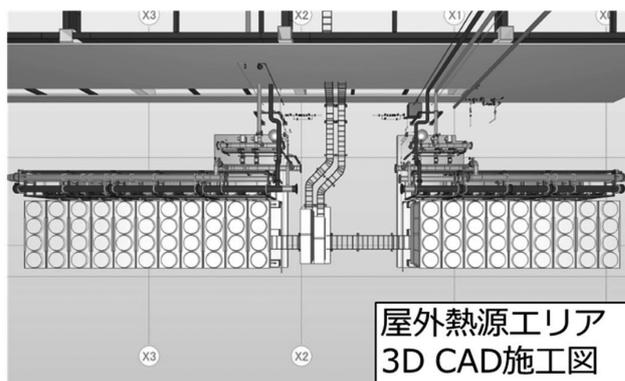
3 冷媒漏洩リスク対策

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

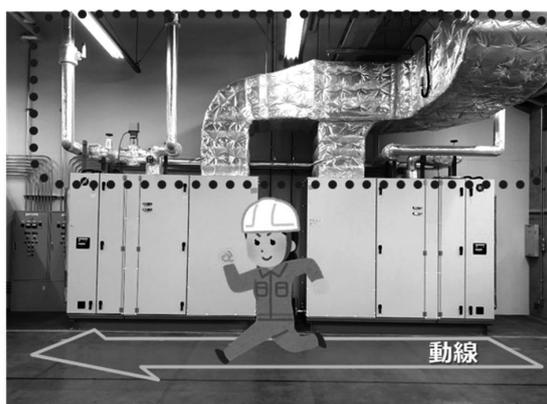
4 空調レイアウト計画

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

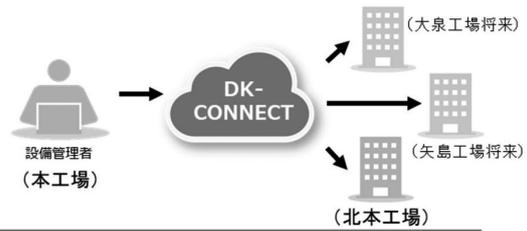


お客様の要望

ユーザーフレンドリーな遠隔監視

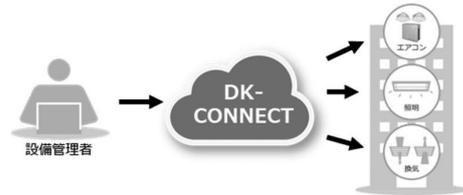
1. 遠隔管理による省力化

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

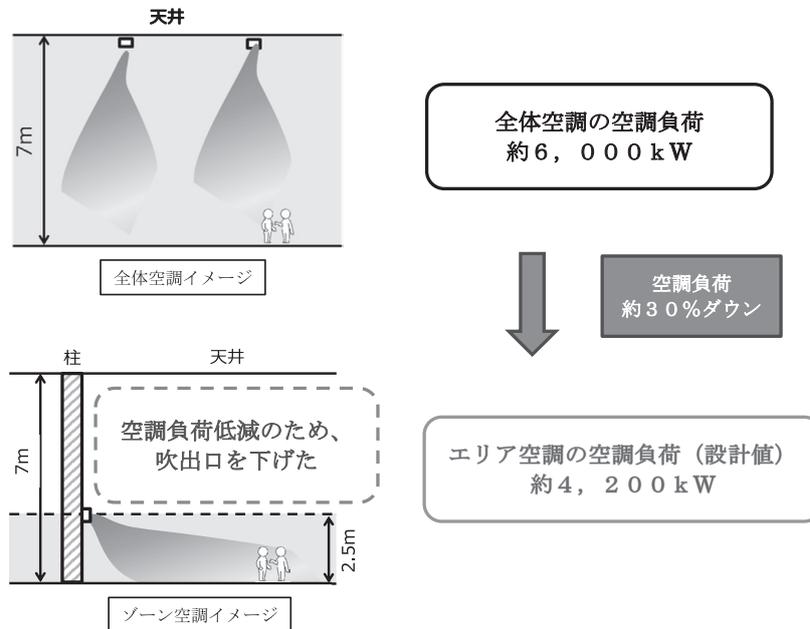
■ スマートフォン画面

設備ID	状態	温度	湿度
CWR-1-01	運転	10°	9.8%
CWR-1-02	運転	10°	26.1°
CWR-1-03	運転	10°	25.3°
CWR-1-04	運転	10°	26.4°
CWR-1-05	運転	10°	27.3°
CWR-1-06	運転	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う。



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%

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

(5) 測定データまとめ

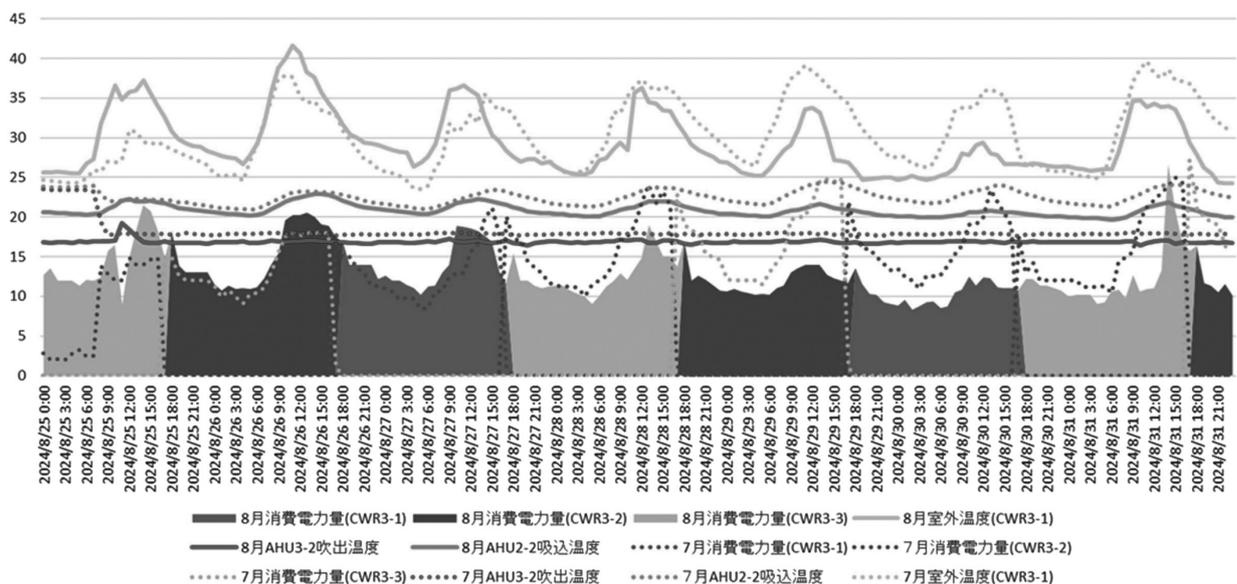
①空冷チラー出口温度を変更した、温度データ

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。

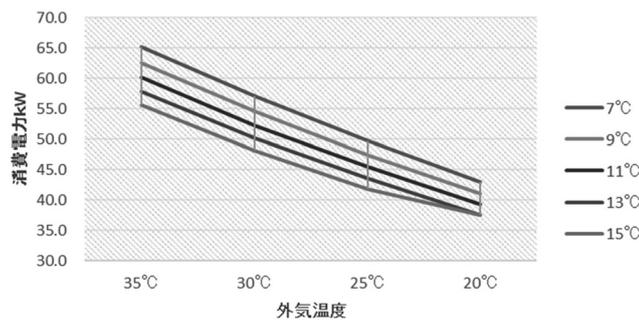
CWR3系統吹出温度&消費電力と外気温度変化



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、就業的課題からも、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。