

● (一財)省エネルギーセンター最優秀賞 ● 新設設備部門

中温低湿領域における省エネシステム

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：株式会社カツラヤマテクノロジー

設備の概要

名称 株式会社カツラヤマテクノロジー T&K事業部

薄膜生産工程に伴う中温領域における低湿度クリーンルーム設備

所在地 三重県桑名市陽だまりの丘5丁目103番地

概要 建屋：地上1階 延床面積：812.3m² 構造：S造 用途：製造棟

設備仕様

温度：生産時 20±2℃DB

非生産設備停止時（夜間モード）夏季 23℃DB 精度無

非生産設備停止時（夜間モード）冬季 16℃DB 精度無

湿度：生産時 低排気モード 40%RH以下 生産時 高排気モード 55%RH以下

非生産設備停止時（夜間モード） 50%RH以下

清浄度：Class 10,000

1. 技術開発の目的と経過

目的：1. 生産モードに応じて、必要とする湿度条件が変わるため空調方式を変更し、省エネを図った。

2. 生産条件に応じて排気風量変動するため、外気取入風量を変更し、省エネを図った。

3. 生産設備停止時（夜間）において、室内温湿度設定及び外気取入量、循環風量を変更し、省エネを図った。

4. 空調設備の温湿度・電力使用量が見える化し、各モードにおける最適となる設定条件を提供し電力使用量を削減した。

経過：2019年 設計構想打ち合わせ 2020年 工事・試運転

2. 設備・システムの概要

システムフロー：

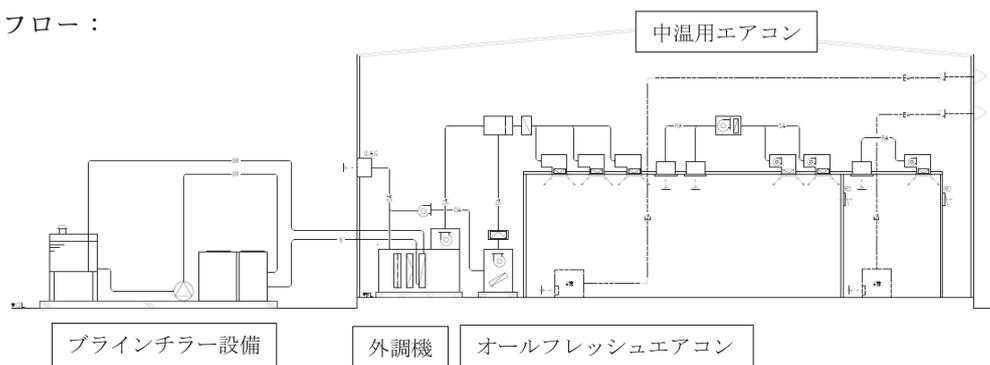


図1 システムフロー

設備概要：

中温用エアコンにより室内の空調を行っている。クリーンルームであるため、吹出口にHEPAファンフィルタユニットを設置し清浄度を確保している。湿度環境を構築するため、ブラインチラー設備と外調機で外気処理を行っている。ブラインチラーには省エネのためインバータ圧縮機タイプを採用した。外気処理の空調方式は、外調機に搭載しているブラインコイルにより、外気を室内設計湿度に冷却除湿させる方式を採用した。生産モードにより室内設計湿度が変動するが、室内湿度が高いモードの場合は、オールフレッシュエアコンと併用運転を行う。排気風量は生産により変動するため、外調機はインバータを設け、排気風量の変動に応じた3段階のステップ制御を行った。

主要設備機器：

中温用エアコン	LSDYP8C	× 3 台	ダイキン工業製	冷却能力 17.7kW (8HP× 3 台)
空冷式ブラインチラー	UWAXP630BZ	× 1 台	ダイキン工業製	冷却能力 52.5kW (25HP× 1 台)
オールフレッシュエアコン	SZVYCP280KA	× 1 台	ダイキン工業製	冷却能力 33.2kW (10HP× 1 台)

システムの概要：

生産方式は低排気モードが3モード、高排気モードが1モードの計4種類がある。
各生産モードにおける設計条件を図2に記載する。

	温度	湿度	排気風量
	°CDB	%RH	m ³ /min
低排気モード1	20± 2	40以下	33.0
低排気モード2	20± 2	40以下	16.5
低排気モード3	20± 2	40以下	7.4
高排気モード	20± 2	55以下	64.0

図2 各モードにおける設計条件

1. 低排気モードにおいては、ブラインチラー設備と外調機が運転する。システムフローを、図3に記載する。ブラインチラーにより0℃に冷却したブラインにより、外調機に搭載したブラインコイルにおいて、外気を20℃ 40%RHの水分量まで冷却除湿する。生産装置及び建屋負荷は、中温用エアコンにより冷暖房を行い、室内を20± 2℃に空調を行う。生産モードにより排気風量変動するが、外調機のファンにはインバータを設け、生産モードに応じて給気風量を変更した。

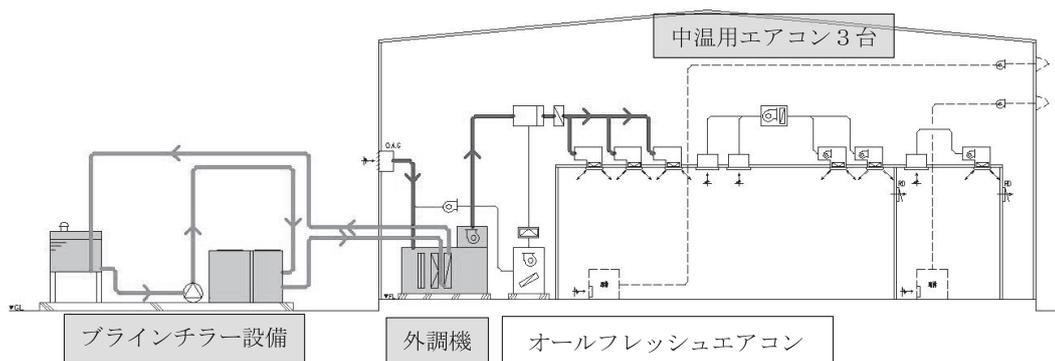


図3 システムフロー 低排気モード

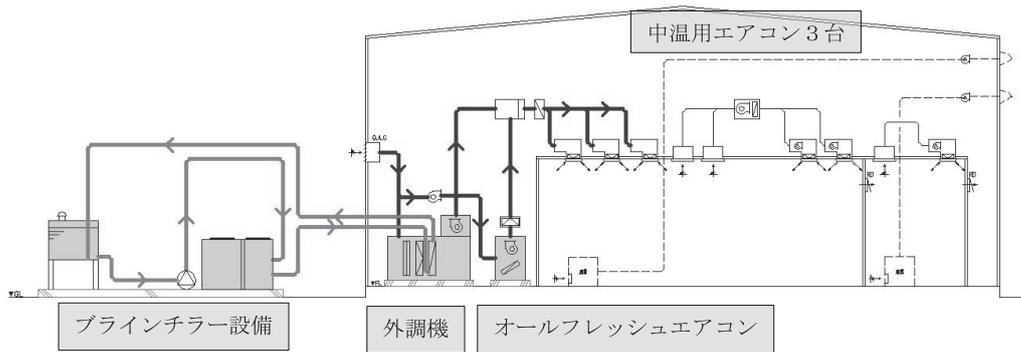


図4 システムフロー 高排気モード

2. 高排気モードにおいては、ブラインチラー設備と外調機、オールフレッシュエアコンを併用運転する。システムフローを、図4に記載する。高排気モードは、低排気モード時20℃ 40%RHの水分量まで冷却除湿するのに対して、20℃ 55%RHの水分量までの除湿能力で足りるため、20℃ 80%RHの水分量まで除湿したオールフレッシュエアコンの空気を混合する。

オールフレッシュエアコンは、ブラインチラー設備及び外調機に対して、61%程度の冷却能力に減少する。またブラインポンプ等の搬送動力がない機器のため、同等風量をブラインチラー設備及び外調機で供給するのに対し、消費電力が約25%となり省エネである。

本設備は機器設置スペースにおいて、全外気処理設備をブラインチラー設備にするのに対し屋外設置スペースの面においても約35%の省設置スペースとなった。

3. 生産装置非稼働時（夜間モード）においては、外気取入量を生産時の22%程度まで低下させて、省エネを図った。室内の循環風量を減らすため、『エアパーティクルセンサ』を導入し、生産装置停止時における循環風量低下に伴う室内の清浄度の変化を計測し、中温用エアコンの運転台数を3台→1台に減らし、省エネを図った。

また、室内温湿度も変更し、夏季における冷却負荷を約36%低下させた。

本モードは、スケジュールタイマを用いて夜17：00～朝7：00まで自動で変更させた。

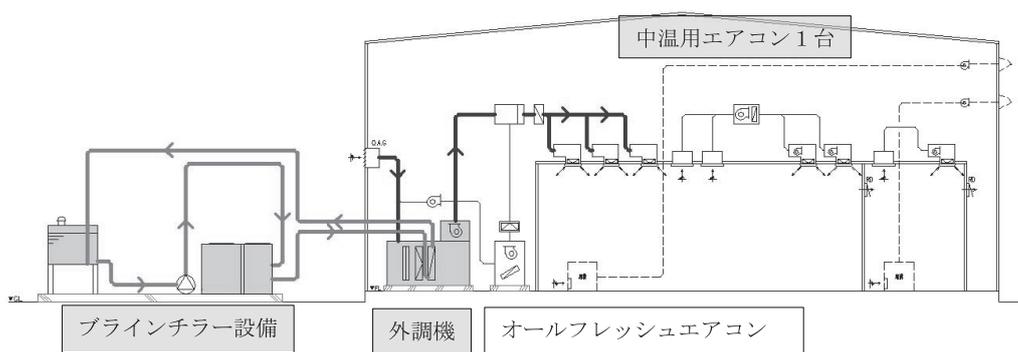


図5 システムフロー 生産装置非稼働時

	温度	湿度
	℃CDB	%RH
夜間モード 夏季	23	50以下
夜間モード 中間期	20	40以下
夜間モード 冬季	16	50以下

図6 室内設定温度

4. 工場内の省エネ効果を見える化させるため、ブラインチラー設備に『IoT機器』を導入し、電力計測ユニットを設けて計測を行った。本設備を導入することで、エネルギー消費量を見える化させると共に設備の異常・保全についても、見える化させた。

『IoT機器』は図7参照。

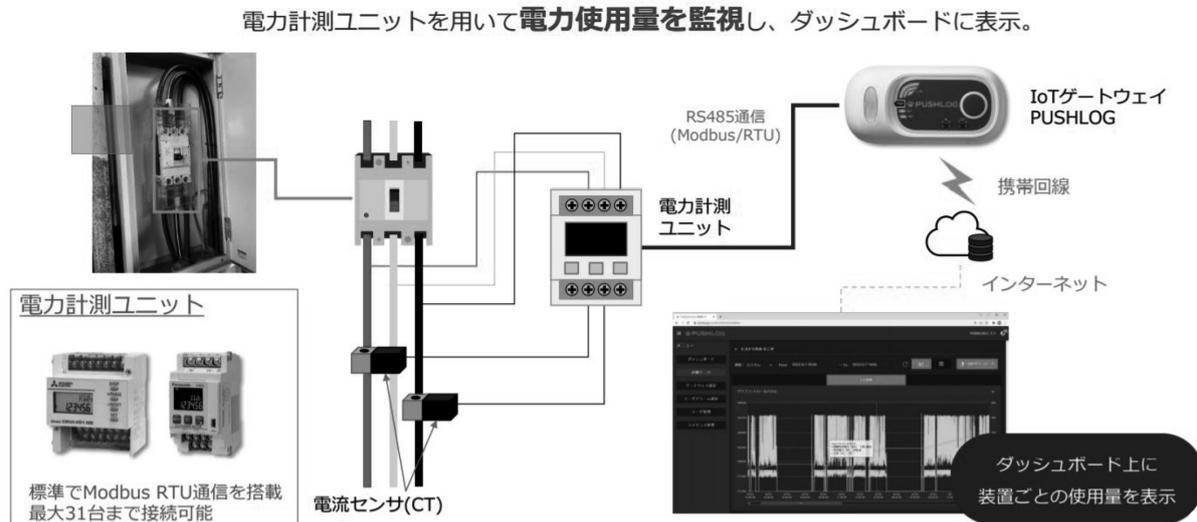


図7 IoT機器

5. 室内温湿度・室圧を記録するため、計測機器メーカーの『温湿度ステーション』を採用した。本センサは1分毎に室内のデータを計測する。扉の開閉、排気風量の変動が温湿度と室圧に与える影響の計測に使用した。外調機の吹出温度の設定や、外気取入量が過剰にならないよう室内の陽圧度を確認しながら外気取入風量の調整を行い、省エネを図った。その際のデータを、図8に記載する。本データは、生産装置の排気風量を変動させた際の温湿度移行データである。工事完了以降も生産装置の入れ替えはあったが、データを用いて調整を実施した。

2020年 6月8日 測定データ

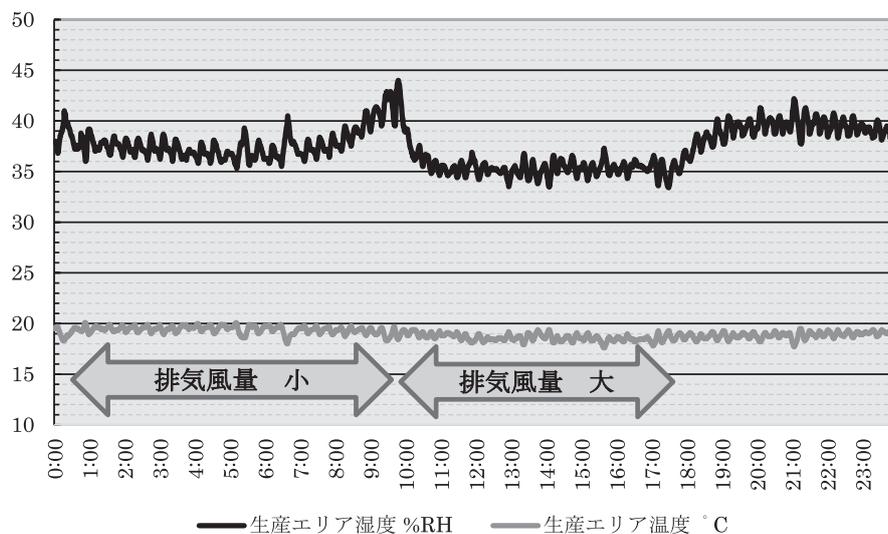


図8 生産装置の排気風量変更に伴う室内温湿度の推移

3. 着想

1. 生産モードによる室内湿度・排気風量の変動に対応した、省エネとなる空調方式を採用し、電力使用量を削減する。
2. 排気風量の変動に対応した空調方式を採用し、外気処理空調設備の電力使用量を削減する。
3. 夜間モードを導入し、生産装置非稼働時におけるエネルギー消費量を削減する。
4. クリーンルーム設備の空調装置の電力使用量を遠隔で見える化する『IoT機器』を導入し、省エネ効果を見える化すると共に、設備の異常についても見える化する。
5. 外気温湿度・室内温湿度・室圧・清浄度をデータ化し、生産装置変更に伴う最適となる空調設備の設定を施主に提供し、省エネを達成する。

4. 効果（省エネルギー）

使用量の削減量は、各項目毎に算出する。

1. 従来の空調方式として、ブラインチラーを熱源とする空調設備とし、中温用エアコンを採用しない場合のシステムフロー図は下記の通りとなる。

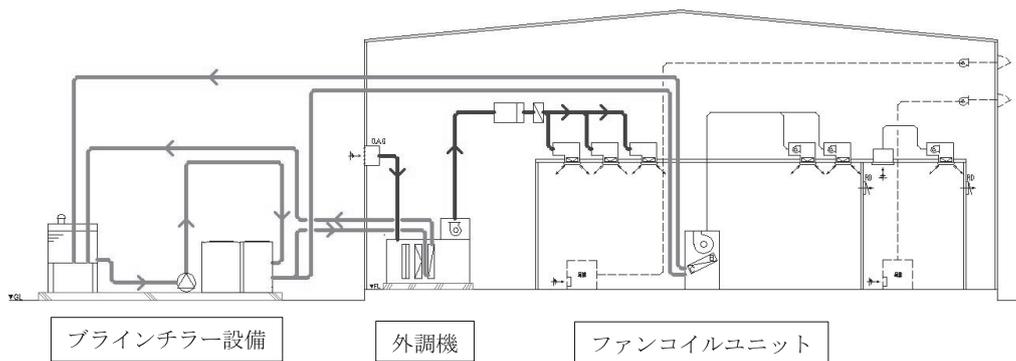


図9 システムフロー図 ブラインチラーを熱源とする空調設備

中温用エアコンを採用したことにより、各ファンコイルユニットに供給されるブライン搬送動力が低減され各電力削減量は下記の通り削減された。

削減量 13,850 kW/年

削減率 7 %

※本設備は導入されていないため、計算により算出した。参照するにあたり想定した設備は下記の通りとなる。

主要設備機器

ファンコイルユニット	UWVA540C	× 1 台	ダイキン工業製	冷却能力 43.7kW
ファンコイルユニット	UAVP135C	× 1 台	ダイキン工業製	冷却能力 15.7kW
空冷式ブラインチラー	UWXA150FALZ	× 1 台	ダイキン工業製	冷却能力 122kW (50HP× 1 台)

2. 夜間モード採用に伴う電力削減量は下記の通りとなる。

削減量 87,247kW/年

削減率 40%

計算は下記の条件で行った。

(比較対象案)

- ・外気取入量 33.0m³/min (平日・休日) 0時～24時
- ・室内設計温度 (夏・冬・中間期) 20℃

(夜間モード採用時)

- ・外気取入量 7.4m³/min (平日) 0時～7時、17時～24時
(休日) 0時～24時
33.0m³/min (平日) 7時～17時
- ・室内設計温度 (夏) 23℃ (中間期) 20℃ (冬) 16℃ (平日) 0時～7時、17時～24時
(休日) 0時～24時
(夏・中間期・冬) 20℃ (平日) 7時～17時

夜間モード変更に伴う、温湿度測定データを図10に添付する。

電力消費量の変動を図11に記載する。

2020年 5月8日 温湿度測定データ

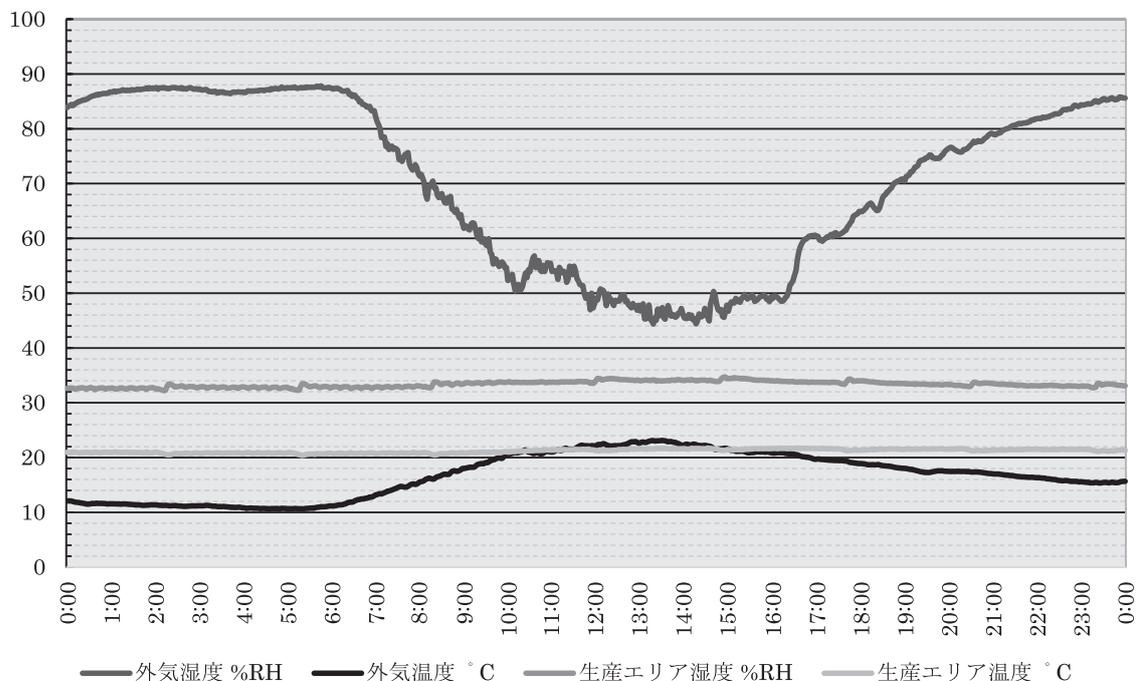


図10 室内温湿度データ

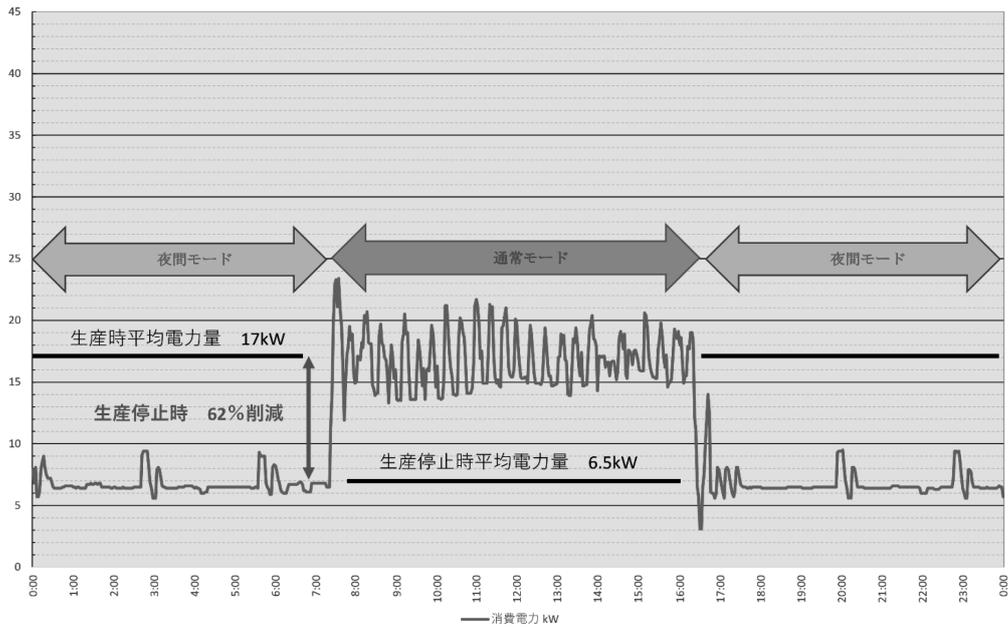


図11 消費電力量測定データ

以上より、

従来の空調方式の電力量は、223,024kWh

今回方式の電力量は、135,777kWh

削減量は 87,247kWh (約39%の削減) となる

5. 投資回収 (省マネー)

本設備は、生産設備の運転停止と排気量のモードに追従に当たり、汎用機器で構成することで、イニシャルコストとランニングコストの両面で投資額を極小にすることに成功した。

今回設備の施工費 56,000千円

従来方式の施工費 65,000千円

イニシャルコスト差 9,000千円 → 従来方式より9,000千円安価

削減電気コスト

電気量 $87,247\text{kWh} \times 22\text{円/kWh} = 1,919,434\text{円}$ → 毎年 約1,900千円削減

6. 他建物への応用性

半導体関連の付帯材料生産工程においては、生産ラインの迅速な変更に対応できる空調設備を要求されます。

本設備に導入した、中温用エアコンは個別運転が可能で、生産ラインの増設・縮小に伴うシステム停止期間を短縮することが可能です。また、汎用品であるため修理・メンテナンスが容易な機器です。

『IoT機器』についてはほぼ全ての空調設備にも導入可能であり、省エネ効果の見える化・設備の異常時の見える化を達成することが可能です。

7. 仕様

中温用エアコンのカタログによる。ブラインチラーのカタログによる。

8. 環境保全

CO₂の発生量 $87,247\text{kWh} \times 0.379\text{kg-CO}_2/\text{kWh} = 33,066 \text{ kg-CO}_2/\text{年}$

9. 工夫した点、発想した点

本設備の特徴は前項にも記載した通り、生産モードにおいて室内温湿度が変動することです。

全設備をブラインチラー設備で冷却することも可能でしたが、敷地設置スペースに制約がありイニシャルコストがかかることからブラインチラー設備とオールフレッシュエアコンのハイブリッドシステムを構築しました。また計画段階から、設備増設計画があり設備導入に伴う発熱量・排気量の変動に対応できる設備を計画する必要があり、製造ライン変更に対応できる設備を導入しました。

10. 外観・構造図



クリーンルーム外観



外調機



中温用エアコン室外機



ブラインチラー

11. 講評

生産施設のクリーンルームの空調設備において、多様な生産モードに対して柔軟な運転対応ができる空調システム（ブラインチラー＋外調機＋オールフレッシュエアコン＋中温用エアコン）を構築して、省エネ、省コストを達成した。また、IoT機器の導入によって、見える化による省エネ運転及び運転管理性能の向上を図ったことも評価できる。

空調システムの構築に当たっては汎用機器も組み合わせてコストダウンし、かつ、今後の改修ニーズに柔軟に対応できるように配慮した。施主ニーズを適切に把握し、そのニーズに応えるために十分な検討・評価を行い、成果を上げたものと高く評価された。