

● (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：

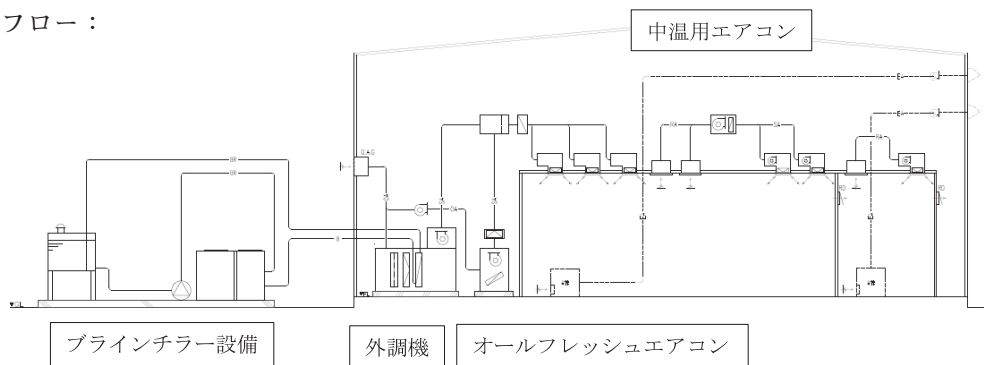


図1 システムフロー

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。

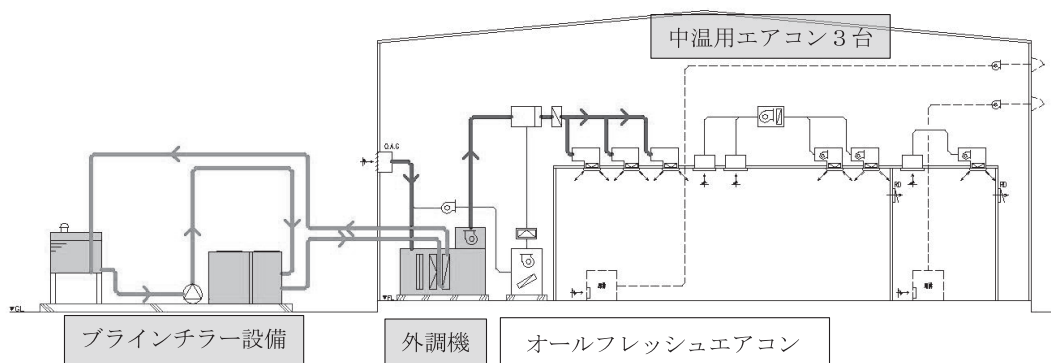


図3 システムフロー 低排気モード

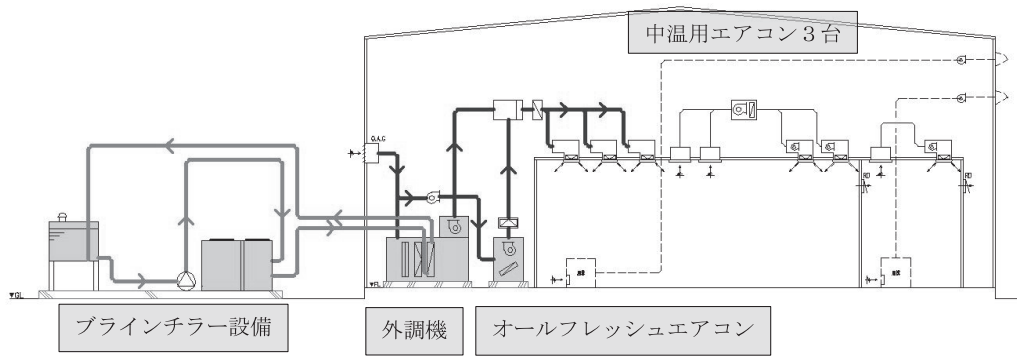


図4 システムフロー 高排気モード

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。

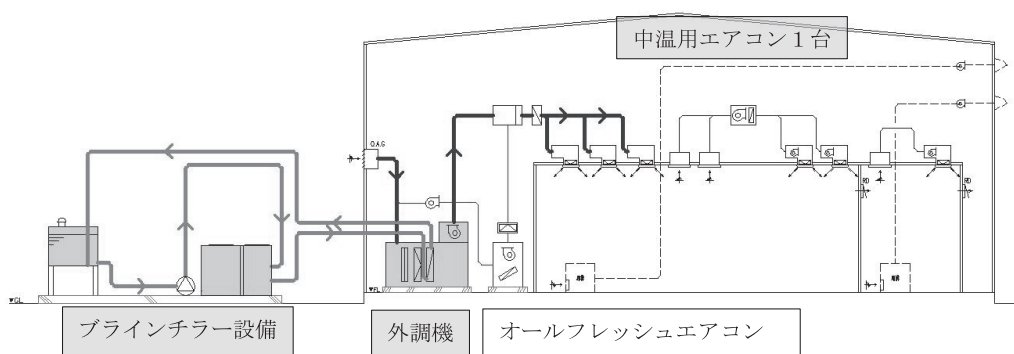


図5 システムフロー 生産装置非稼働時

	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。

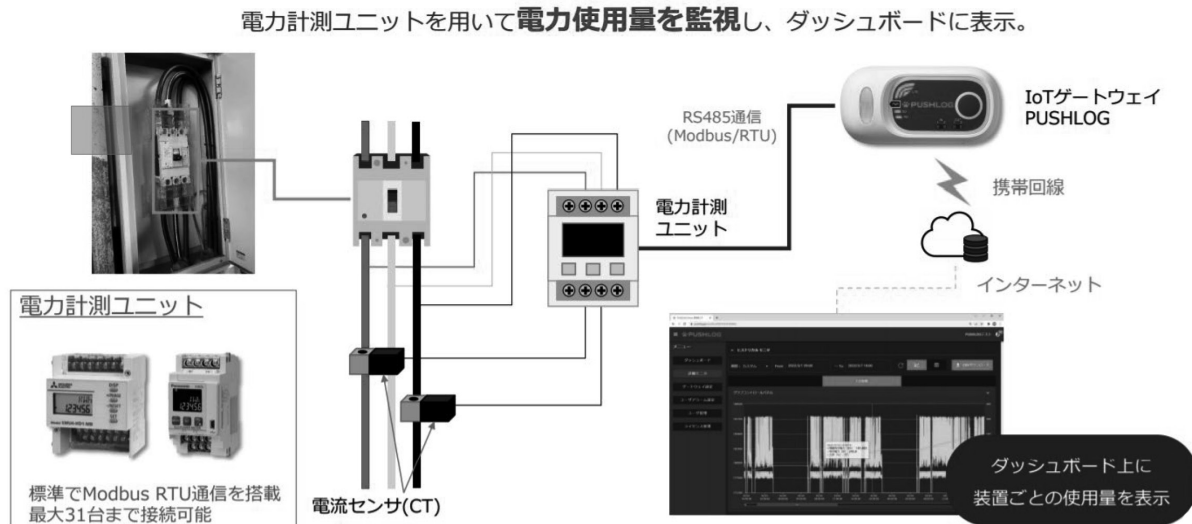


図7 IoT機器

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

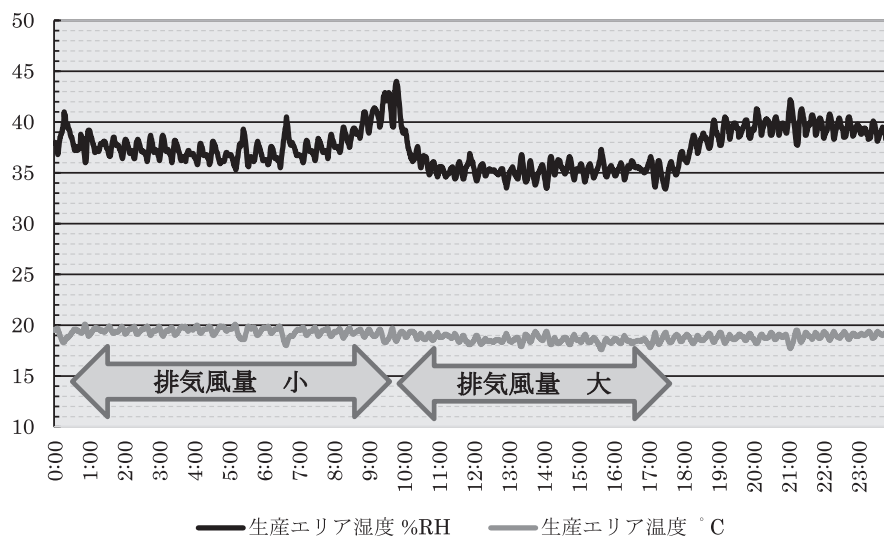


図8 生産装置の排気風量変更に伴う室内温湿度の推移

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。

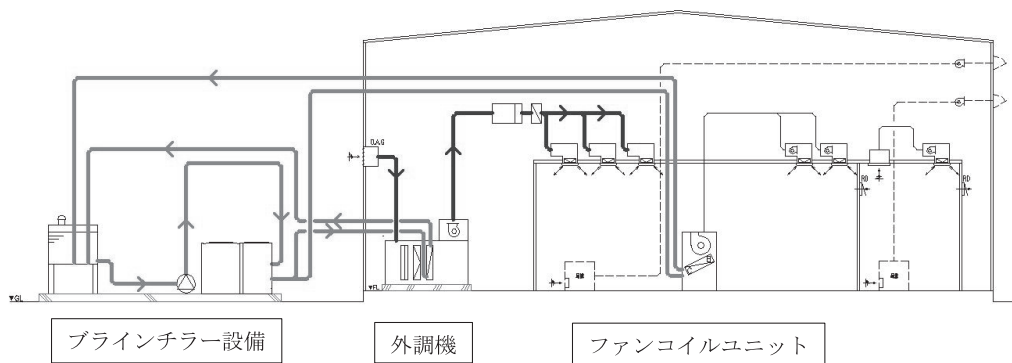


図9 システムフロー図 ブラインチラーを熱源とする空調設備

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

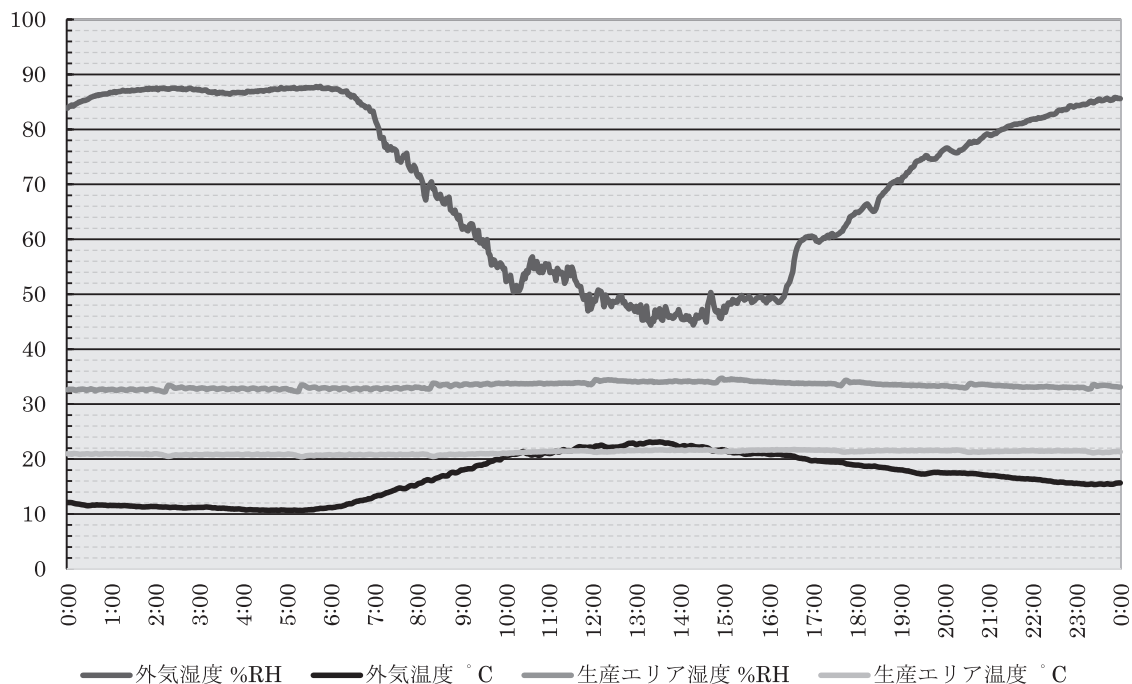


図10 室内温湿度データ

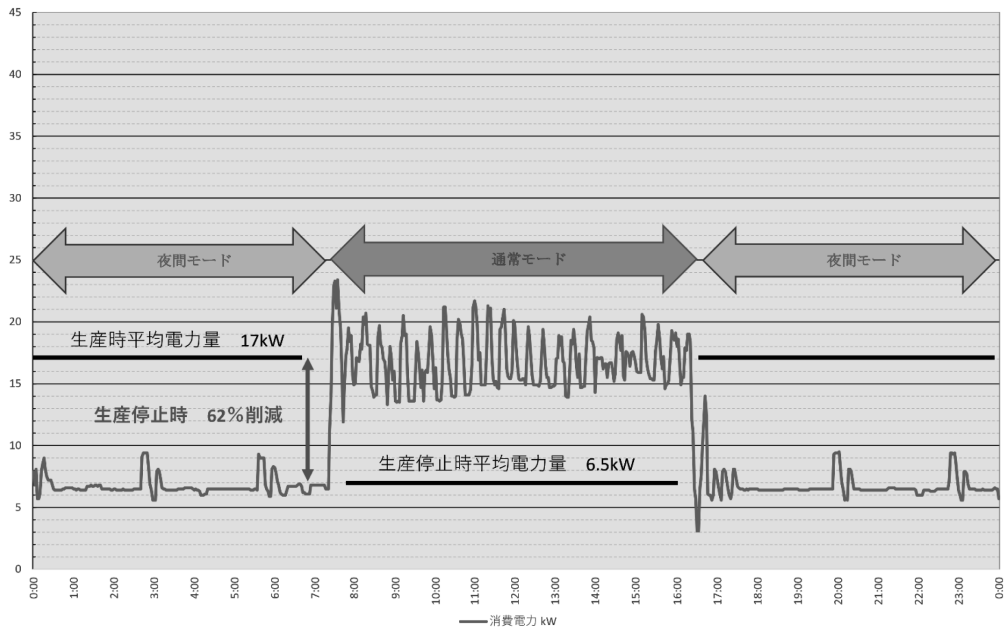


図11 消費電力量測定データ

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。

● (一社)日本冷凍空調設備工業連合会優秀賞 ● 新設設備部門

水噴霧式全熱交換器「RAAロスコン」

設備施工者：株式会社精研

設備所有者：株式会社ケー・エー・シー

建物の概要

名称 株式会社ケー・エー・シー 生物科学センターA棟

所在地 滋賀県栗東市東坂531-2

概要 建家：地上1階 延床面積：697.68m² 構造：S造 用途：動物実験施設

1. 技術開発の目的と経過

目的：動物実験施設での排熱回収における給排気の交叉汚染防止と全熱回収による省エネ

経過：平成29年（設計）

平成30年（引渡し等）

2. 設備・システムの概要

動物実験施設では実験動物の汚染防止のために全外気空調方式を採用することが多く、多量の外気導入による空調負荷の増大が課題であった。今回、株式会社ケー・エー・シーさま生物科学センターの動物実験施設A棟建設において、給排気間で交叉汚染することなく全熱交換して外気負荷を大幅に軽減できる水噴霧式全熱交換器「RAAロスコン」と、無駄な冷却・再熱を抑制する空調機の給気温度可変制御を導入したのでその省エネルギー効果を紹介する。

図1に今回導入した水噴霧式全熱交換器の模式図を示す。熱交換器は、耐腐食・非透湿性の塩化ビニル製仕切板を挟んで給気と排気が交互に且つ互いに直交して流れるよう積層された構造を持つ。熱交換器の給気と排気のそれぞれ入口側には水噴霧装置が熱交換器の伝熱面に微噴霧できるように設置される。噴霧は給排気のどちらか低エンタルピー側空気のみ噴霧し、蒸発熱伝達を伴いながら仕切板を介して熱交換を行うことにより給排気間で物質移動すること無

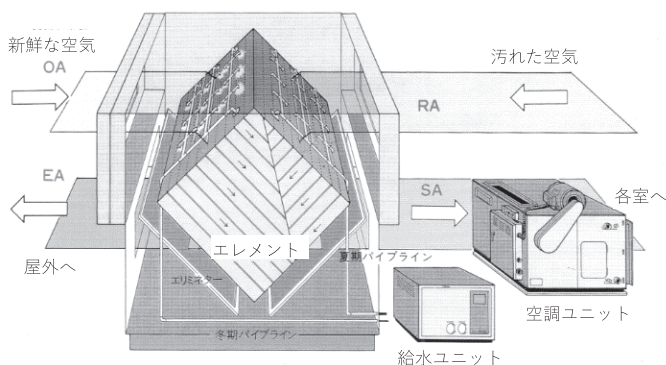


図1 水噴霧式全熱交換器RAAロスコン模式図

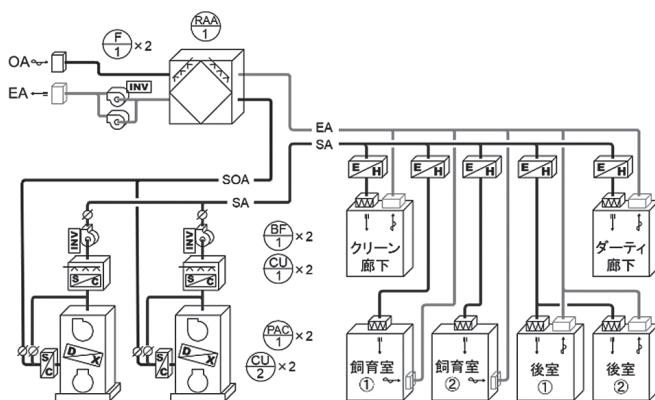


図2 動物飼育室システムの概略ダクトフロー

く全熱交換を行う。

図2に動物飼育室系統の概略ダクトフローを示す。当該施設の飼育室系統の空調は年間冷房型の床置パッケージエアコン（PAC-1）及び蒸気加熱・加湿ユニット（CU-1）と各部屋の再熱ヒータ（EH）で行うが、予め導入外気に対して水噴霧式全熱交換器（RAA-1）で排気からの全熱回収を行うことにより外気負荷を軽減して冷却用電力と加熱・加湿用LPG燃料を節約する。

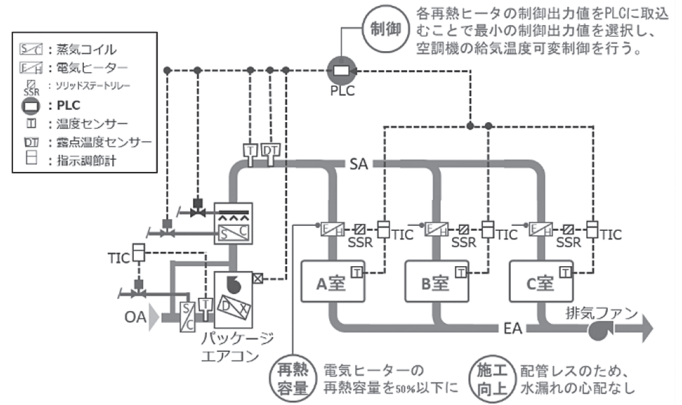


図3 空調機の給気温度可変制御フロー

図3に空調機の給気温度可変制御の制御フ

ローを示す。導入した給気温度可変制御は各部屋の再熱ヒータ制御出力値をPLCに取込んで比較を行い、最も小さい制御出力値が常にゼロに近づくよう空調機の給気設定温度を可変させる。このため、除湿を必要としない低湿の外気条件時において従来の給気温度固定制御のような冷やし過ぎを防止し、最小限の冷却或いは加熱に留めて最適な空調機の給気温度となるよう制御する。

排熱回収と給気温度可変制御によるこれら2つの省エネ技術の連携により室内環境を適切に維持しながら全外気空調方式の課題であった空調負荷増大を抑制し、省エネルギー・省CO₂化を図っている。

3. 着想

動物実験施設では排熱回収装置を設置して空調負荷を軽減する省エネルギー手法が採られているケースがあるが、従来の回転式全熱交換器や透過式全熱交換器では給排気間の物質移動を伴うために給排気の交叉汚染を生じる恐れがあった。また、顕熱交換器では交叉汚染は無いものの潜熱交換が行われなため排熱回収性能に劣る。そこで、給排気間で物質移動を伴わない熱交換エレメントを持ち、熱交換エレメントに微噴霧することで蒸発熱伝達を伴いながら全熱回収する方式の全熱交換器を導入することで交叉汚染防止と全熱交換による省エネ性能向上の両立を図った。また、低湿外気条件における冷やし過ぎを防止する目的でPLCによる再熱ヒータ制御出力値のローセレクト比較を行い、部屋の負荷に応じて空調機の給気温度を可変させることで無駄な冷却の抑制を図った。

4. 効果（省エネルギー）

図4に水噴霧式全熱交換器による排熱回収量の年間推移を示す。排熱回収量は排気と外気の比エンタルピ差が大きくなる冬期と夏期に大きく、中間期には小さくなる傾向となる。

表1に水噴霧式全熱交換器によるエネルギー削減効果を示す。熱交換エレメントに微噴霧するための給水ユニット電力と噴霧水を消費するが、排熱回収により外気負荷が軽減されるため電力（冷却用）とLPG（加熱・加湿用）の節約となり、動物飼育室系統の空調設備一次エネルギーは1,504GJ/年（19.8%）の削減、CO₂排出量は88.9トンCO₂/年（24.3%）の削減となった。

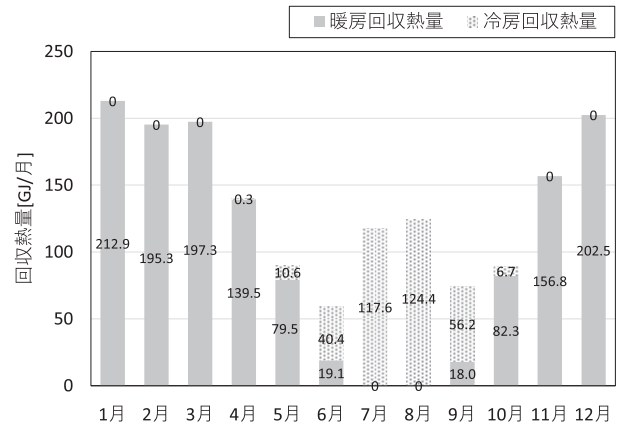


図4 水噴霧式全熱交換器による排熱回収量

表1 水噴霧式全熱交換器の有無による空調エネルギー比較

		水噴霧式全熱交換器無し		水噴霧式全熱交換器有り		
エネルギー 使用量	エネルギーの種類	電力	LPG	電力	LPG	噴霧水
	単位	kWh/年	kg/年	kWh/年	kg/年	m ³ /年
	使用量	375,735	77,985	371,301	48,879	2,265
	増減量	—	—	-4,434	-29,106	2,265
	増減率 [%]	—	—	-1.2	-37.3	100
一次 エネルギー	使用量 [GJ/年]	3,667	3,915	3,624	2,454	—
		7,582		6,078		
	増減量 [GJ/年]	—		-1,504		
	増減率 [%]	—		-19.8		
ランニング コスト	使用料金 [千円/年]	8,642	13,959	8,540	8,749	723
		22,601		18,012		
	増減額 [千円/年]	—		-4,589		
	増減率 [%]	—		-20.3		
CO ₂ 排出量	排出量 [トンCO ₂]	131.5	234	130	146.6	—
		365.5		276.6		
	増減量 [トンCO ₂ /年]	—		-88.9		
	増減率 [%]	—		-24.3		

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4,589 [千円/年]

(電力単価：23 [円/kWh]、LPG単価：389 [円/m³] (179 [円/kg])、上下水道単価319 [円/m³] とする)

空調設備導入費用：10,100 [千円]

投資効果：10,100 [千円] / 4,589 [千円/年] = 2.2 [年]

6. 他の建物への応用性

水噴霧式全熱交換器は給排気間で物質移動を伴わない熱交換エレメントをもつため交叉汚染がなく、動物実験施設のほか、半導体工場、製薬工場など全外気空調方式を採用する空調設備で全熱回収による高い省エネ効果を発揮する。給排気のうち低エンタルピ空気側に微噴霧して全熱回収することから冬場には外気取り入れ側での噴霧となり加湿効果を有する。

7. 仕様

表2 水噴霧式全熱交換器と給水ユニットの仕様

記号	機器名称	仕様	台数	電気		
				φ-V	kW	起動方式
RAA-1	RAA型ロスコン	全熱回収型 処理風量 13,380m ³ /h 噴霧量 324L/H フィルター プレフィルター、中性能フィルター ※フィルター初期圧損は100Pa以下とする。	1	—		
PH-1	給水ユニット	自動給水ユニットシステム 水量 324L/H 付属品 給水タンク、給水ポンプ、制御盤 ユニットベース、フィルター、電磁弁 外気センサー	1	3-200	0.75 (消費電力)	L-S

8. 環境保全

年間削減電力量4,434 [kWh/年]、年間LPG削減量29,106 [kg/年] より、導入した空調設備のCO₂排出削減量は88.9 [トンCO₂/年]、CO₂排出削減率は24.3 [%] となる。

(CO₂排出換算係数は電気：0.350 [kgCO₂/kWh]、LPG：3.0 [kgCO₂/kg] を使用)

9. 工夫した点、発想した点、設備の特徴

①空調機の給気温度可変制御

従来の空調機給気温度固定制御では、除湿を必要としない低湿の外気条件時に於いても固定された給気設定温度まで一旦冷やした後、各部屋の負荷に応じてそれぞれの再熱ヒータによる加熱を行うが、この時、空調機給気温度が固定されているために冷やし過ぎと、冷やし過ぎによる再熱発生による2重のエネルギーロスを生じる。今回、各部屋の再熱ヒータ制御出力値をPLCに取込んでローセクター比較を行い、最も小さい制御出力値が常にゼロに近づくよう空調機の給気設定温度を可変させる制御を導入し、除湿を必要としない低湿外気条件時の冷やし過ぎを抑制する制御を加えた。

②水噴霧式全熱交換器のエンタルピ効率について

全熱交換により顕熱と潜熱が変化するため、熱交換効率はエンタルピにて次式で与えられる。

$$\eta_{OA} = |I_{SA} - I_{OA}| / |I_{EA} - I_{OA}| \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 I は比エンタルピ [kJ/kg]

数式にみられるように効率は、外気・排気の比エンタルピ差に対する外気・給気の比エンタルピ差の割合となるため、外気と排気の比エンタルピ差が小さくなる中間期に於いては分母が小さくなり効率100%を越える場合もあり得る。図5に水噴霧式全熱交換器のエンタルピ効率（年間推移）を示す。中間期には効率100%を越えていることがわかる。平均効率として、外気と排気の比エンタルピ差から求めた年間の全熱量に対する回収熱量の総和から年間平均エンタルピ効率を求めると58%になる。

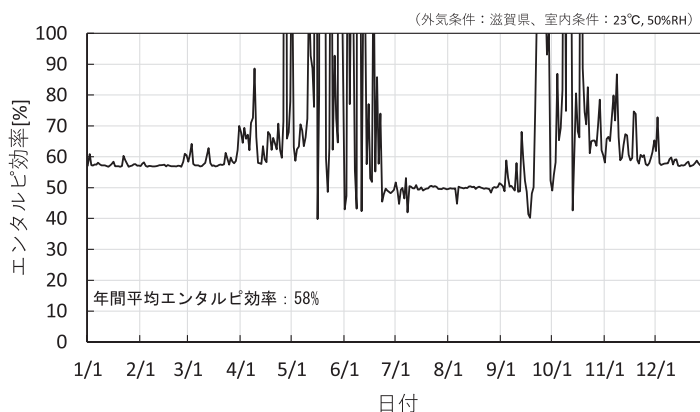


図5 水噴霧式全熱交換器による排熱回収量

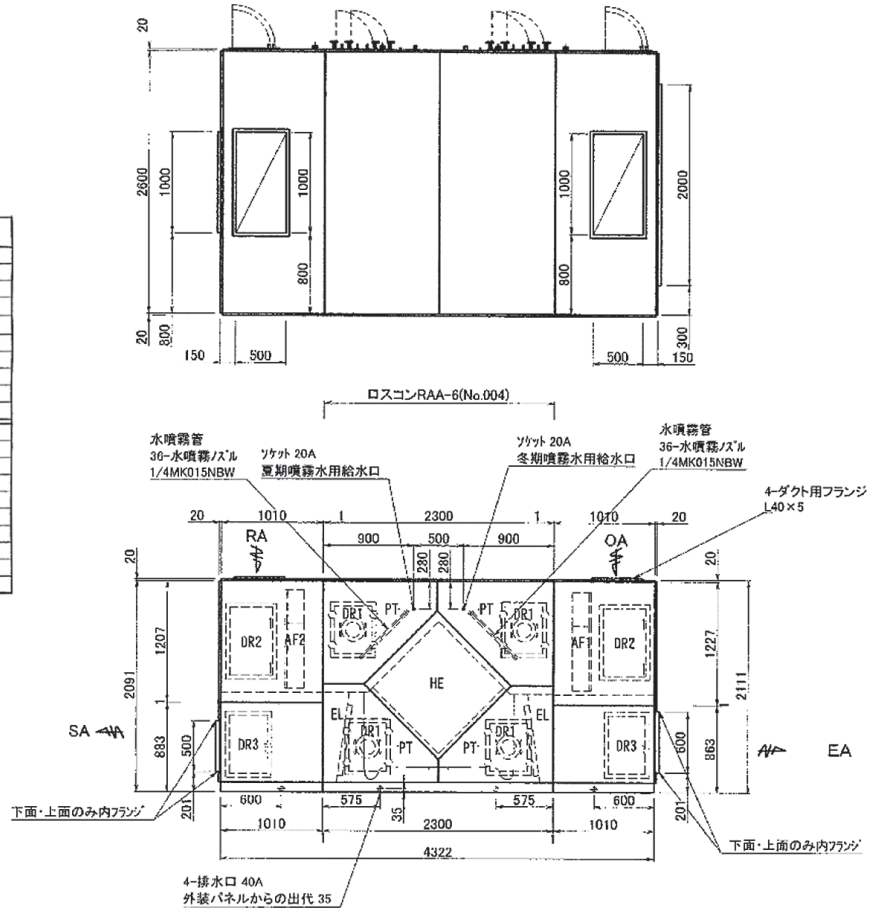
10. 市場性

建築物で使用されるエネルギー消費先のうち空調設備が占める割合は40%～50%と大きい。排熱回収による外気負荷軽減の省エネ手法は空調設備のエネルギー消費を減らすために有効で、なかでも全外気空調方式を採用する施設で大きな省エネ効果が発揮できる。物質移動を伴わずに排熱のエネルギーを無駄なく利用する水噴霧式全熱交換の技術は省エネ・省CO₂と給排気の交叉汚染防止の両立が可能で、近年重要視されるようになった感染症の拡大リスク低減にも応用できる。

11. 外観・構造図

①水噴霧式全熱交換器「RAAロスコン」構成図

品番	機器仕様	
SA	給気風量	13380 m ³ /h
	ユニット静圧損失	359 Pa
HE	全熱交換器	RAA-6 × 1
	外気風量	13380 m ³ /h
	水噴霧量	324 L/h
	水噴霧圧力	0.294 MPa
AF1	中性能フィルタ56(t150)(JIS比色法65%)	フル×3
	1.5段×3列	ハーフ×3
	(7)不織布(JIS質量法74%/ASHRAE質量法81%以上)	フル×3
	1.5段×3列	ハーフ×3
EA	排気風量	13380 m ³ /h
	ユニット静圧損失	359 Pa
HE	全熱交換器	RAA-6 × 1
	排気風量	13380 m ³ /h
	水噴霧量	324 L/h
	水噴霧圧力	0.294 MPa
AF2	中性能フィルタ56(t150)(JIS比色法65%)	フル×3
	1.5段×3列	ハーフ×3
	(7)不織布(JIS質量法74%/ASHRAE質量法81%以上)	フル×3
	1.5段×3列	ハーフ×3



②外観写真



水噴霧式全熱交換器「RAAロスコン」



建物全体

12. 講評

動物実験施設という特殊な施設の空調設備において、施設特有の空調条件に対して従来の方式にとらわれずに、顕熱交換器と水噴霧を組み合わせた方式を採用し、省エネ、CO₂排出量削減を図り、投資回収という面でも優れた成果を挙げた。

空調エネルギーの削減において、外気負荷削減は今後の省エネの大きなテーマであり、その対策として全熱交換器の活用は有力な手法であるが、既存の全熱交換器を利用しにくい条件において、創意工夫によって外気負荷削減の余地があることを示した点が高く評価された。

噴霧水の水処理方法や水噴霧に伴うメンテナンスの在り方についての考え方も、今後資料化することが望まれる。

●(一社)日本冷凍空調設備工業連合会優秀賞●改修設備部門

ブライントーボ冷凍機を用いた 既設DBS冷却設備の省エネ化

設備施工者：三菱重工冷熱株式会社

設備所有者：神奈川柑橘果工株式会社

建物の概要

名称 神奈川柑橘果工株式会社 本社工場（第2工場）

所在地 神奈川県足柄上郡山北町岸716番地

概要 建家：地上2階 延床面積：2,527m² 構造：鉄骨造 用途：炭酸飲料生産

1. 技術開発の目的と経過

目的：老朽化設備の更新と消費電力削減を目的として、既設水冷式ブラインチラーをブライントーボ冷凍機に更新することで、省エネルギー化とCO₂排出量削減を目指した。

経過：平成27年（提案、設計等）：既設DBS設備の熱源機更新の検討において、単純な能力合わせの更新ではなく、省エネ性に優れたブライントーボ冷凍機「ETI-ZE25」への更新を提案した。また、同機は環境負荷が極めて低いHFO-1234ze(E)を採用しており、冷媒の将来性においてもメリットが大きい。最適運用とするために既設設備の運転パターンや冷却負荷熱量を把握し、システム設計を行った。また、既設熱源機との消費電力比較を行い、想定される省エネ性を試算した。

令和3年1月（試運転、引渡し等）：1月中旬に試運転を実施し、同月下旬に引渡しを完了した。その後、計測された消費電力データを用いて運転状況の分析を行い、省エネ効果を検証した。

2. 設備・システムの概要

1) 既設設備の概要

- ・本社工場内第2工場において炭酸飲料の生産に用いられているDBSユニットの冷却用熱源機として、1990年にスクリー式ブラインチラーが納入された（冷却能力534kW（CT：40℃、CSST：-7℃）、使用冷媒R22）。なお、DBSユニットとは処理水の脱気（Deaerator）、シロップとの定比率混合（Blender）、炭酸ガス圧入（Saturator）を1つのユニットで可能とする装置である。
- ・本工場では大手飲料メーカーなどのブランドオーナーから委託された多品種・多容器の飲料を生産しているため、負荷条件は生産品目によって異なるが、一例を挙げると初期温度30℃の製品を4℃まで冷却し、処理量は15,000Lit/Hr（500ml缶×30,000本/Hr）程度となる。

2) 改修設備の概要

- ・今回の改修では、図1に示すDBSユニット以外のすべてを更新した。冷却水配管とブライン配管は一部既設流用とした。
- ・二槽式ブライントークの高温側にある+1.5℃のブラインは、ブライン循環ポンプ（P2）によってブライントーボ冷凍機（以下、ブライントーボ）へ供給され、-1.5℃に冷却された後、タンクの低温側へ還る。この-1.5℃のブラインは、ブライン送りポンプ（P3）の吸い込み側で+1.5℃のブラインと混合され、-1

◇省エネルギー効果（原油換算）の試算

- ・既設ブラインチラー : 94.7kL [=381.7MWh×(0.257kL/MWh+0.239kL/MWh)÷2]
- ・ブラインターボ : 74.0kL [=298.4MWh×(0.257kL/MWh+0.239kL/MWh)÷2]
※各稼働時間割合は、昼夜で各50%と假定
- ・省エネルギー効果_原油換算 : 20.7kL [=94.7kL-74.0kL]
※削減率21.9%

◇CO₂削減効果の試算

- ・既設ブラインチラー : 168.3ton [=381.7MWh×0.441kg-CO₂/kWh]
- ・ブラインターボ : 131.6ton [=298.4MWh×0.441kg-CO₂/kWh]
※CO₂排出係数は、東京電力エナジーパートナー(株)による2020年度の値を使用
- ・CO₂排出削減量 : 36.7ton [=168.3ton-131.6ton]
※削減率21.8%

2) 省エネルギー効果（原油換算）およびCO₂削減効果の実証結果

- ・表1および図2、3に、計画時における試算結果と実績の比較を示す。実績は、改修前の既設ブラインチラーが2020年1月～同年12月、改修後のブラインターボが2021年6月～2022年5月の実測値に基づく。なお、稼働時間がそれぞれ3,617時間、4,813時間と異なるため、改修後のブラインターボは稼働時間を3,617時間としたときの消費電力を比例計算で求めて使用した（計画の稼働時間は前述のとおり2,112時間）。
- ・省エネルギー性については原油換算で定量化して削減量を求めた。なお、計画での試算と同じく、各消費電力には補機類（ポンプ、冷却塔）も含む。

表1 省エネルギー・CO₂削減効果の計画と実績の比較

計 画							
既設チラー 消費電力	ブラインターボ 消費電力	電力削減量 原油換算	原油換算 削減率	既設チラー CO ₂ 排出量	ブラインターボ CO ₂ 排出量	CO ₂ 排出 削減量	CO ₂ 排出 削減率
[MWh]	[MWh]	[kL]	[%]	[ton]	[ton]	[ton]	[%]
381.7	298.4	20.7	21.9	168.3	131.6	36.7	21.8
実 績							
既設チラー 消費電力	ブラインターボ 消費電力	電力削減量 原油換算	原油換算 削減率	既設チラー CO ₂ 排出量	ブラインターボ CO ₂ 排出量	CO ₂ 排出 削減量	CO ₂ 排出 削減率
[MWh]	[MWh]	[kL]	[%]	[ton]	[ton]	[ton]	[%]
508.1	331.7	43.8	34.7	229.7	149.9	79.8	34.7

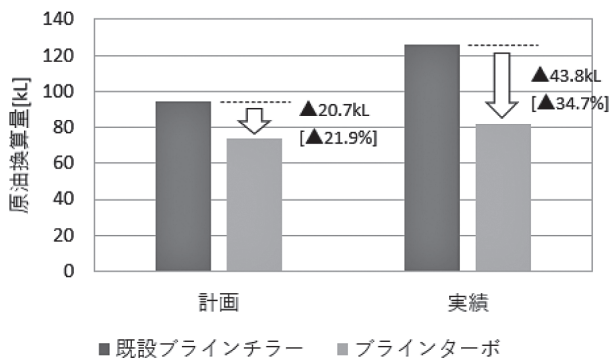


図2 省エネルギー効果実績

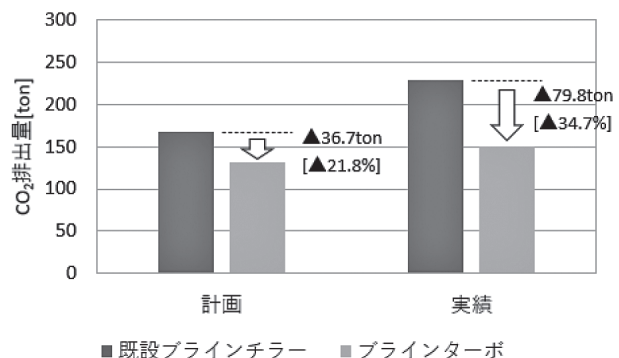


図3 CO₂削減効果実績

- ・改修前と改修後の生産品目を比較すると、改修後の方が冷却負荷の大きい製品が多かった。しかし、それにも関わらずブライントーボへの更新によって年間で約43.8kL（原油換算）の省エネルギー効果と、約79.8tonのCO₂排出削減効果が得られたことが確認できた。
- ・計画と実績の比較は稼働時間が異なるため削減率の比較のみとなるが、省エネルギー効果とCO₂削減効果のいずれにおいても実績が計画より約13ポイント大きい結果となった。
- ・実績において省エネに寄与したと考えられる要素としては、各ブライン温度が計画値より高い設定で運用されたことが挙げられる。特に、ブライントーボのブライン出口温度設定が計画の-1.5℃より高く、2021年11月～2022年3月では-1.3℃～+1.4℃、2022年4月～2022年6月では-0.2℃～+1.3℃であったことから、消費電力が計画値より低下したと推察される。
- ・各ポンプをインバータ制御としたことも省エネに寄与したと考えられる。ブライントーボの補機類消費電力は、計画では定格値に基づき53kWhとしたが、実績では平均37kWh（▲30.2%）となった。
- ・以上のとおり、ブライントーボ本体の高い省エネ性と、補機類を含めた熱源システムの最適な制御方式の構築によって、期待した効果を上回る結果が得られた。

5. 費用対効果

- ・今回得られた改修前後における運用データに基づく試算では、ブライントーボの採用によって実績ベースで年間約530万円の電気代削減が見込まれる結果となった。

6. 他の建物への応用性

- ・DBSユニットを用いて炭酸飲料を生産している比較的大規模な事業所においては、今回採用したブライントーボ（ETI-ZE25）を用いた熱源システムの応用が期待できる。
- ・ETI-ZE25は最も小型の機種であり、同シリーズの大型機を用いれば1,000kW以上の冷却負荷にも対応できる。
- ・実際の導入検討においては、負荷変動やピーク負荷への対応など十分な現状把握を行い、周辺設備を含めたシステム全体の適正化が肝要となる。

7. 仕様

- ・表2にブライントーボの仕様をまとめる。
- ・本機は低GWP冷媒のHFO-1234ze(E)を採用しており、地球温暖化係数（GWP）が1未満のためノンフロン扱いとなり、フロン排出抑制法の適用対象外となる。
- ・圧縮機や蒸発器などをHFO-1234ze(E)に適した形状に改良し、高性能化を実現した。
- ・HFO-1234ze(E)は従来冷媒のR-134aに比べて冷媒体積が約1.3倍大きいのが、構成機器の小型化や配置の見直しなどによってコンパクト化されている。

表2 ブライントーボ仕様

1. 基本仕様

冷凍機形式	ETI-ZE25
適用法規	高圧ガス保安法、冷凍保安規則
冷凍能力	520kW
設置場所/雰囲気	屋内/非防爆
冷媒	HFO-1234ze(E)
法定冷凍能力	96 冷凍トン

2. ブライン・冷却水仕様

ブ ラ イ ン	入口温度	1.5℃
	出口温度	-1.5℃
	流量	153.5m ³ /h
冷 却 水	入口温度	30℃
	出口温度	35℃
	流量	107.9m ³ /h

3. 電気基本情報

主回路電源	3φ AC, 400V, 50Hz
制御回路	3φ AC, 200V, 50Hz
出力	115.1kW
インバータ入力	127.5kW

- ・ 一体搬入により指定設備となり、第2種製造者（届出設備）とすることができる。また、運転に関する有資格者が不要となる。
- ・ ブラインターボは遠心式圧縮機を採用しており、容積式圧縮機に比べて高圧を下げた低圧縮比での運転が可能となる。したがって、冬期は冷却水温度を外気温にしたがい成り行きで下げると高いCOPで運転できるという特徴がある（仕様下限値12℃）。

8. 環境保全

- ・ 「4. 効果（省エネルギー）」に記載のとおり、1年間で原油換算43.8kLの省エネルギー効果が得られた。

9. 工夫した点、発想した点、設備の特徴等

- ・ 改修設備では疑似負荷用熱交換器を用いた冷却水からの熱回収システムを導入し（図1）、超低負荷時への対応、ブラインターボ発停回数制限回避、高効率システムの構築を狙った。以下に順を追って特徴を記す。

1) 超低負荷対応

- ・ 製品切り替え時などで生じる超低負荷時において、冷却水から熱回収してブラインターボに疑似負荷を与えることにより、都度ブラインターボを停止する必要がなくなる。このことにより、次の生産開始までにかかる立ち上がり時間を大幅に短縮でき、生産効率の向上が実現できる。

2) 発停回数制限の回避

- ・ ブラインターボを含むターボ冷凍機は、圧縮機の特性上1日あたりの発停回数が制限されており、発停過多は故障や機器寿命低下の原因となる。上記の「超低負荷対応」で述べたとおり、疑似負荷用熱交換器の導入によって発停回数を減らすことができるため、機械保護の観点でも有効となる。

3) 高効率システムの構築

- ・ ブラインターボを効率よく運転するためには負荷の安定化が肝要であり、1つの要因としてブライン温度の変動（負荷変動）を小さくすることが重要となる。ブライン温度の急激な変化は、液圧縮やサージングなど不安定な冷凍機制御に繋がる（冷却水側も同様であるが、単位時間当たりの変動が大きいブライン温度に焦点を絞る）。
- ・ 対策として、既設備での運用状況を入念に調査し、温度バッファとしての役割を十分に果たせる容積のブラインタンクを選定した。ところが、設置スペースが限られており当該タンクを小さくせざるを得なかったため、疑似負荷用熱交換器によってタンク容積の不足分を補い、急激な温度変動の抑制を目指した。具体的には、ポンプインバータと流量調整弁によって熱交換流量をPID制御する設計とした。

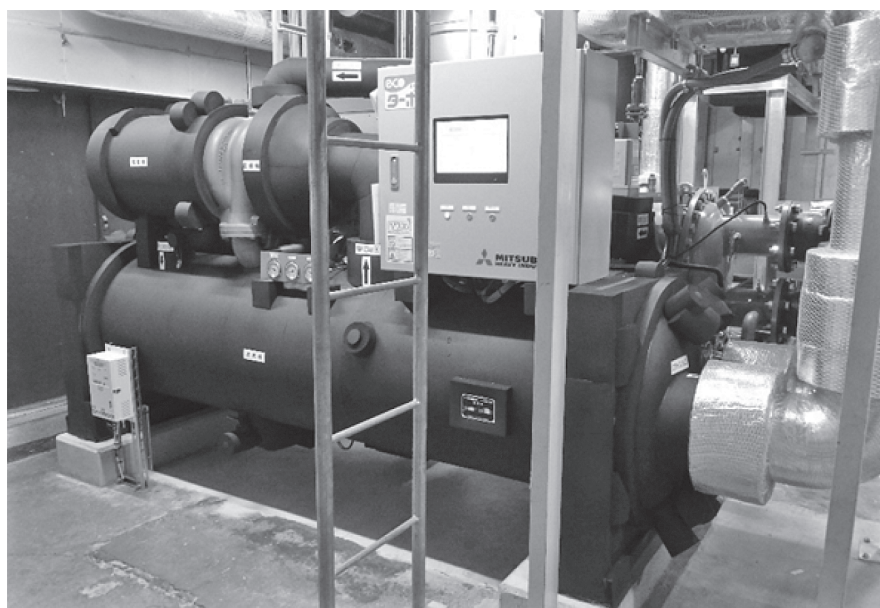
10. 市場性等

- ・ ブライン温度-1℃程度の場合では、汎用スクルー式ブラインチラーだけでなくブラインターボでも対応可能であり、効率ではブラインターボに優位性がある。省エネルギー効果とCO₂排出削減効果は昨今の社会的課題であり、両面において市場性が高いと考える。
- ・ また、低GWP冷媒の採用は、今回の設備所有者のような環境保全に積極的に取り組む企業の理念に沿ったものであり、今後ニーズの増加が見込まれる。

11. 外観



設備外観



ブライントーボ冷凍機外観

12. 講評

老朽化設備の更新という一見単純な改修工事において、ブライントークを用いるなどの低負荷対応、運転条件に適切に対応できる制御システムを導入して省エネ、CO₂排出量削減効果を挙げた。冷媒としてGWP1以下のHFO冷媒を採用したことも地球温暖化ガス排出量削減強化の動きの中で、低温冷却用設備の改修や更新工事の参考になる事例であると評価された。

低負荷対応は省エネ化の有力な手法であるが、特に改修工事において、既存施設の運用やニーズを検討することによって大きな省エネ化への道筋が見える場合が多い。適切な低負荷対策を検討・導入することの重要性を示した好事例と考えられる。

第40回優良省エネルギー設備顕彰事例④

● (一社)日本冷凍空調設備工業連合会奨励賞 ● 改修設備部門

空調管理・制御システム smart management (スマートマネジメント)

設備施工者：株式会社未来のコト／株式会社 HITEX

設備所有者：株式会社善都

建物の概要

名称 ZENT岡崎インター店

所在地 愛知県岡崎市大平町字堤上1番

概要 建家：地上4階 延床面積：24,116.72m² 構造：S造 用途：遊技場

1. 技術開発の目的と経過

目的：①ホール内の室内温度を一元管理し快適性を損なわない省エネでCO₂削減に貢献（経費削減）

②ホールスタッフの業務負荷の軽減（省人化）

経過：令和4年4月（設計・検討）

令和4年7月（試作）

令和4年8月（納入・引渡し）

2. 設備・システムの概要

「smart management (スマートマネジメント)」は、ホール内の各領域に生じた室温の斑を自動で解消する空調省エネルギーシステムです。

smart managementは、以下5つの機能を備えたシステムです。

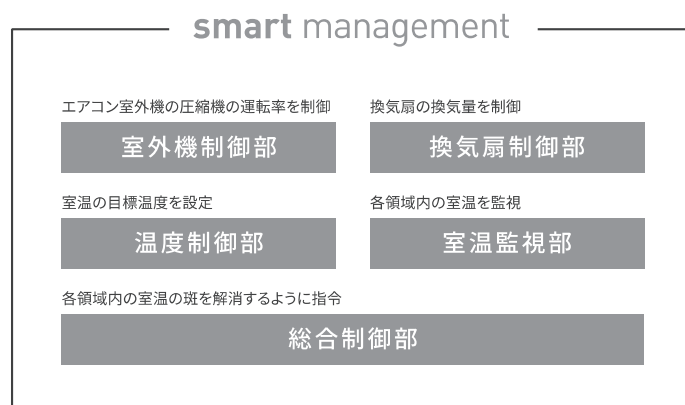
①エアコン室外機の圧縮機の運転率を制御する「室外機制御部」

②換気扇の換気量を制御する「換気制御部」

③ホール内の目標温度を設定する「温度制御部」

④各領域内の室温を監視する「室温監視部」

⑤各領域内の室温の斑を解消するように指令を出す「総合制御部」



【将来性】

- ・ ウェザーニュースなどの気象APIと連携し、外気温・湿度情報を受信することで外気を活用した空調機器の自動制御が可能となり、省エネ性能がさらに向上します。
- ・ 年間の温湿度情報を蓄積し、季節ごとに最適な設定を算出し設定することも可能になります。
- ・ デマンドレスポンスに対応し快適性を損なわずに節電・収益を実現します。

3. 着想

パチンコホールでは、遊技台ごとに稼働率が異なることや日当たりなどの影響によって、空調機器の設定を同条件にしてもホール内の室温が各領域によって斑が生じてしまうことがあります。

室温の斑が生じた場合、ホールスタッフが都度、空調機器の設定を手動で操作して対応していますが、それはホールスタッフの業務負担となり、他のホール業務によりすぐに対応できない場合もあります。

また、どうしても室温の斑を体感してからの操作となり、しばらくはお客様に不快感を与える時間が生じてしまいます。加えて手動で空調機器の設定を変更するので、冷やし過ぎや暖め過ぎることがあり、空調機器の電力をより多く消費していました。これらの問題は空調機器の自動制御で解決できると着想しました。

4. 効果（省エネルギー）

ZENT岡崎インター店 smart management 導入結果報告書

●smart management 導入結果(対象期間 '7月1日~30日・30日間)

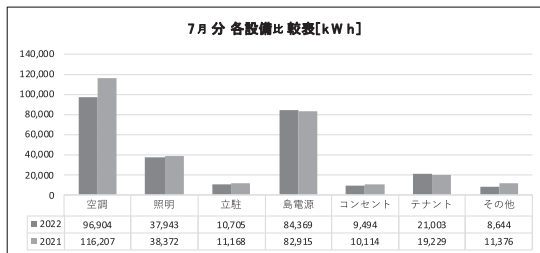
	全体使用量 [kWh]	最大需要電力 [kW]	使用量料全 ¥15,511	再エネ賦課全 ¥3,451	燃料調整費 ¥2,641	月額合計額
2022年7月	261,534	633	4,056,396	902,293	690,450	5,649,140
2021年7月	286,657	726	4,446,053	988,967	756,775	6,191,796
削減値	25,123	94	389,657	86,674	66,325	542,656
削減率	8.8%	12.9%	8.8%	8.8%	8.8%	8.8%

●年間削減効果見込み(試算表から参照)

	契約電力 [kW]	年間 基本料全	年間使用量 [kWh]	使用量料全 ¥15,511	再エネ賦課全 ¥3,451	燃料調整費 ¥2,641	年間削減 合計額
導入後	684	15,125,374	2,933,403	45,497,081	10,120,240	7,744,184	78,486,879
導入前	809	17,889,514	3,081,313	47,791,165	10,630,530	8,134,666	84,445,875
削減値	125	2,764,140	147,910	2,294,084	510,290	390,482	5,958,996

※上記数値は参考値であり、削減の実績を保障するものではありません。

●各設備使用量比較(対象期間 '7月1日~30日・30日間)

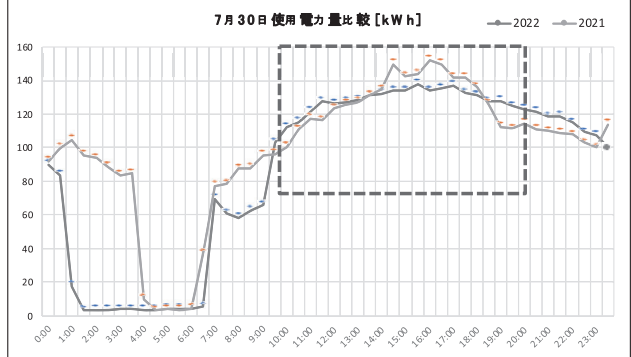


各設備の使用量を比較したところ、空調のみ前年と比較して使用量が大幅に減少しております。

7月の削減効果の大部分がsmart managementによる空調削減効果によるものが証明される結果となりました。

●30分データ推移比較(対象 '7月30日)

2021年・2022年ともに最大使用電力量を計測したのは7月30日です。
その日の30分毎の使用電力量の折れ線グラフが下記表折れ線グラフとなります。
営業時間中の電力量に注目しました。
弊社のsmart managementの導入率制御により一定の消費電力量で空調制御を行っているため電流値の振れ幅が少なくなっており、無駄な電力使用を抑える結果となっております。



●総評

smart managementの導入効果が顕著に現れる結果となりました。
7月の気温に関しては2021年と2022年では、ほぼ同じ気温・湿度であり、天候による削減効果は少ないと考えられます。
試算表では7月空調削減の予定値は6,260kWhとしておりましたが、実際は19,303kWhの削減値となっております。
試算表以上の削減効果が出ており、年間の削減効果にもよりに期待出来る結果だと思えます。

導入後 2022年7月使用電力表

※各項目の上位5日を赤色表示

日付	受電点	01_空調	02_照明	03_立柱	04_扇電源	05_コンセント	06_テナント	07_その他	最大需要電力	平均気温(℃)	最高気温(℃)	平均湿度(%)
2022年7月1日	9128.7	3282.8	1270.5	404.0	2865.4	342.9	729.0	418.2	587.3	29.3	37.4	54%
2022年7月2日	9138.0	3331.9	1245.0	409.2	2838.7	339.8	758.9	413.4	570.3	28.1	33.0	66%
2022年7月3日	8985.1	3471.3	1270.3	382.6	2793.4	348.7	762.8	251.6	530.0	25.5	27.7	91%
2022年7月4日	8657.5	3109.7	1273.3	375.8	2966.7	326.9	667.1	275.6	497.8	24.6	27.5	93%
2022年7月5日	8414.5	2928.3	1264.4	387.2	2783.8	332.4	709.8	272.3	513.0	24.7	28.0	89%
2022年7月6日	3992.7	1349.8	937.1	43.2	1397.4	161.4	313.3	151.8	300.4	26.1	35.0	78%
2022年7月7日	8931.0	3217.6	1200.4	354.9	2825.4	337.2	779.6	345.1	618.2	25.9	31.4	77%
2022年7月8日	9072.2	3418.3	1279.2	373.8	2917.4	331.0	703.8	290.7	534.3	26.8	30.4	76%
2022年7月9日	9215.1	3468.8	1259.2	373.8	2930.9	340.6	766.5	323.7	570.5	26.3	31.3	85%
2022年7月10日	8664.4	3089.0	1271.7	370.0	2908.7	333.6	733.6	268.2	525.4	24.7	28.9	93%
2022年7月11日	8982.2	3234.5	1257.5	373.0	3008.0	325.5	743.7	268.2	534.0	27.1	32.9	75%
2022年7月12日	9196.8	3399.8	1387.8	365.4	3182.6	325.9	681.8	236.7	481.8	24.6	25.6	93%
2022年7月13日	9603.4	3548.6	1451.3	376.7	3195.4	333.7	728.8	272.0	522.3	27.3	33.1	73%
2022年7月14日	9242.2	3364.0	1420.8	377.4	3167.3	321.5	717.4	235.0	500.3	25.5	29.3	85%
2022年7月15日	8815.1	3135.4	1395.2	375.0	3085.4	331.5	695.7	234.2	477.2	24.3	27.6	93%
2022年7月16日	9055.5	3288.0	1394.7	395.9	3143.9	334.1	679.8	257.5	503.5	24.2	26.3	90%
2022年7月17日	9213.5	3486.3	1369.9	379.0	2854.9	338.0	773.8	319.2	571.0	25.5	31.7	81%
2022年7月18日	8601.2	3061.8	1295.2	375.8	2805.5	332.0	736.7	270.1	523.3	26.5	32.3	72%
2022年7月19日	3853.3	1289.7	957.8	64.8	1231.5	145.0	331.6	161.9	337.6	25.9	28.0	95%
2022年7月20日	8289.1	2752.7	1228.0	366.3	2790.9	315.5	724.6	303.9	524.1	27.6	32.7	64%
2022年7月21日	8573.8	3045.1	1290.7	368.9	2875.0	316.4	692.5	275.6	518.5	26.2	31.8	69%
2022年7月22日	9054.2	3288.1	1273.2	370.8	2944.0	322.8	747.4	320.2	538.6	28.3	32.9	74%
2022年7月23日	8829.9	3154.8	1259.9	382.9	2901.6	319.5	715.4	336.2	539.6	27.3	31.7	65%
2022年7月24日	9124.5	3476.2	1226.1	380.2	2821.5	330.2	742.0	324.5	577.5	26.5	31.8	66%
2022年7月25日	9532.9	3781.7	1258.5	373.7	2924.9	315.3	718.9	305.0	565.5	28.1	34.3	64%
2022年7月26日	8886.4	3383.3	1218.3	369.7	2781.6	317.1	713.7	265.6	532.9	26.7	28.8	74%
2022年7月27日	9434.2	3684.3	1263.9	386.6	2861.6	327.9	738.0	302.3	582.4	27.3	31.0	84%
2022年7月28日	9394.8	3726.4	1247.2	383.2	2879.6	299.5	700.8	288.1	570.5	27.9	32.5	74%
2022年7月29日	9690.2	3988.6	1241.6	374.2	2819.1	318.1	732.2	305.7	609.0	27.9	32.8	73%
2022年7月30日	9961.8	4146.8	1234.2	390.6	2813.9	330.9	763.5	350.8	632.5	28.2	33.0	71%
集計	261534.2	96903.5	37942.6	10704.8	84369.4	9494.5	21002.7	8643.6	632.5	26.5	31.0	78%
	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	最大値	平均値	平均値	平均値

導入前 2021年7月使用電力表

※各項目の上位5日を赤色表示

日付	受電点	01_空調	02_照明	03_立柱	04_扇電源	05_コンセント	06_テナント	07_その他	最大需要電力	平均気温(℃)	最高気温(℃)	平均湿度(%)
2021年7月1日	7920.8	2533.8	1273.3	379.5	2865.9	354.5	568.7	305.0	458.1	21.3	22.1	97%
2021年7月2日	8588.5	3100.4	1301.6	380.7	2906.2	345.7	571.1	311.4	521.3	23.7	26.2	97%
2021年7月3日	10588.3	4664.7	1316.5	384.5	2962.6	349.1	648.2	358.7	686.5	26.8	32.5	77%
2021年7月4日	9743.7	3896.1	1265.3	384.8	2968.2	354.2	646.8	350.6	605.5	25.0	28.0	85%
2021年7月5日	9819.7	3971.2	1293.8	388.2	2813.9	350.2	639.3	350.4	631.5	27.1	32.8	85%
2021年7月6日	7306.2	3488.7	1235.2	179.6	1851.8	189.6	313.2	248.0	521.5	26.1	30.1	84%
2021年7月7日	9782.2	4107.5	1235.3	384.3	2785.8	356.8	688.3	338.3	619.4	24.9	26.5	94%
2021年7月8日	9216.8	3532.5	1363.0	384.1	2716.5	348.0	617.6	301.1	557.3	24.8	27.3	98%
2021年7月9日	9860.0	4049.2	1296.5	396.6	2907.2	344.9	631.9	317.4	601.7	26.2	32.7	93%
2021年7月10日	10602.9	4528.4	1272.9	398.7	2852.9	347.1	650.2	412.9	698.6	27.4	34.0	79%
2021年7月11日	10578.4	4521.4	1294.4	393.5	2831.4	348.3	677.1	510.7	688.2	27.7	33.7	69%
2021年7月12日	9034.2	3376.1	1305.4	388.1	2895.7	342.7	630.5	341.0	593.2	24.7	32.6	78%
2021年7月13日	9268.8	3522.5	1287.0	384.5	2810.0	345.4	662.6	380.2	643.9	26.0	33.1	70%
2021年7月14日	8932.0	3279.1	1302.7	390.6	2829.6	345.6	626.7	347.4	543.3	25.2	28.7	79%
2021年7月15日	8622.2	3133.2	1251.0	382.3	2725.3	345.7	618.8	341.8	552.7	25.1	29.0	86%
2021年7月16日	8892.9	3342.7	1248.1	377.8	2735.5	341.9	640.2	365.2	572.3	26.4	31.3	73%
2021年7月17日	10675.0	4376.4	1318.7	391.4	3103.6	354.2	735.9	473.6	677.2	26.3	31.3	69%
2021年7月18日	10833.9	4765.1	1310.9	403.4	2939.0	352.6	655.4	390.7	726.2	27.0	31.9	73%
2021年7月19日	10489.5	4337.5	1316.0	401.0	2886.5	344.5	681.0	555.7	676.6	28.0	33.8	69%
2021年7月20日	6504.6	3449.6	950.7	42.7	1287.1	145.2	348.1	236.1	525.8	27.5	32.7	73%
2021年7月21日	9251.7	3596.2	1232.3	384.2	2660.2	350.4	679.3	403.6	598.3	27.4	32.0	68%
2021年7月22日	9701.6	3776.4	1309.5	395.1	2851.1	347.7	703.7	429.9	605.4	27.5	32.4	67%
2021年7月23日	9853.0	3940.2	1279.0	404.0	2794.1	351.0	712.3	432.0	659.2	27.5	32.7	70%
2021年7月24日	10320.9	4309.7	1272.0	403.1	2832.3	354.1	732.9	426.6	669.5	27.7	32.7	71%
2021年7月25日	10085.0	4151.0	1261.2	400.5	2784.3	352.3	723.4	426.5	649.3	27.4	32.8	67%
2021年7月26日	9776.1	3948.6	1259.4	387.6	2743.6	346.8	714.1	406.7	649.6	28.4	35.0	62%
2021年7月27日	9726.4	3816.1	1288.0	384.7	2880.0	349.0	697.8	413.1	617.3	27.6	34.1	60%
2021年7月28日	9884.5	4029.8	1281.3	381.9	2807.7	342.7	663.9	433.1	616.6	28.4	33.9	62%
2021年7月29日	9638.1	3873.0	1295.4	396.8	2792.7	352.5	659.9	374.2	599.8	27.4	32.5	76%
2021年7月30日	11159.2	4790.3	1455.8	414.4	3094.6	361.6	690.6	394.5	658.4	28.1	34.5	71%
集計	286657.2	116207.3	38372.2	11168.3	82915.0	10114.1	19229.0	11376.3	726.2	26.5	31.4	77%
	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	最大値	平均値	平均値	平均値

導入前 2021年7月使用電力表

日付	受電点	01_空調	02_照明	03_立柱	04_扇電源	05_コンセント	06_テナント	07_その他	最大需要電力	平均気温(℃)	最高気温(℃)	平均湿度(%)
2021年7月1日	7,921	2,534	1,273	379	2,866	355	569	305	458	21.3	22.1	97%
2021年7月2日	8,589	3,100	1,302	381	2,906	346	571	311	521	23.7	26.2	97%
2021年7月3日	10,588	4,665	1,317	385	2,963	349	648	359	686	26.8	32.5	77%
2021年7月4日	9,744	3,896	1,265	385	2,968	354	647	351	605	25.0	28.0	85%
2021年7月5日	9,820	3,971	1,294	388	2,814	350	639	350	632	27.1	32.8	85%
2021年7月6日	7,306	3,489	1,235	180	1,852	190	313	248	522	26.1	30.1	84%
2021年7月7日	9,782	4,108	1,235	384	2,786	357	688	338	619	24.9	26.5	94%
2021年7月8日	9,217	3,532	1,363	384	2,716	348	618	301	557	24.8	27.3	98%
2021年7月9日	9,860	4,049	1,297	397	2,907	345	632	317	602	26.2	32.7	93%
2021年7月10日	10,603	4,528	1,273	399	2,853	347	650	413	699	27.4	34.0	79%
2021年7月11日	10,578	4,521	1,294	393	2,831	348	677	511	688	27.7	33.7	69%
2021年7月12日	9,034	3,376	1,305	388	2,896	343	631	341	593	24.7	32.6	78%
2021年7月13日	9,269	3,523	1,287	385	2,810	345	663	380	644	26.0	33.1	70%
2021年7月14日	8,932	3,279	1,303	391	2,830	346	627	347	543	25.2	28.7	79%
2021年7月15日	8,622	3,133	1,251	382	2,725	346	619	342	553	25.1	29.0	86%
集計	139,865	55,705	19,294	5,600	41,723	5,068	9,191	5,215	699	25.5	30.0	85%
6日除いた場合	132,559	52,216	18,059	5,420	39,871	4,878	8,878	4,967	699	25.4	29.9	85%
	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	最大値	平均値	平均値	

日付	受電点	01_空調	02_照明	03_立柱	04_扇電源	05_コンセント	06_テナント	07_その他	最大需要電力	平均気温(℃)	最高気温(℃)	平均湿度(%)
2021年7月16日	8,893	3,343	1,248	378	2,735	342	640	365	572	26.4	31.3	73%
2021年7月17日	10,675	4,376	1,319	391	3,104	354	736	474	677	26.3	31.3	69%
2021年7月18日	10,834	4,765	1,311	403	2,939	353	655	391	726	27.0	31.9	73%
2021年7月19日	10,489	4,338	1,316	401	2,886	344	681	556	677	28.0	33.8	69%
2021年7月20日	6,505	3,450	951	43	1,287	145	348	236	526	27.5	32.7	73%
2021年7月21日	9,252	3,596	1,232	384	2,660	350	679	404	598	27.4	32.0	68%
2021年7月22日	9,702	3,776	1,310	395	2,851	348	704	430	605	27.5	32.4	67%
2021年7月23日	9,853	3,940	1,279	404	2,794	351	712	432	659	27.5	32.7	70%
2021年7月24日	10,321	4,310	1,272	403	2,832	354	733	427	669	27.7	32.7	71%
2021年7月25日	10,085	4,151	1,261	401	2,784	352	723	427	649	27.4	32.8	67%
2021年7月26日	9,776	3,949	1,259	388	2,744	347	714	407	650	28.4	35.0	62%
2021年7月27日	9,726	3,816	1,288	385	2,880	349	698	413	617	27.6	34.1	60%
2021年7月28日	9,885	4,030	1,281	382	2,808	343	664	433	617	28.4	33.9	62%
2021年7月29日	9,638	3,873	1,295	397	2,793	352	660	374	600	27.4	32.5	76%
2021年7月30日	11,159	4,790	1,456	414	3,095	362	691	395	658	28.1	34.5	71%
集計	146,792	60,503	19,078	5,568	41,192	5,046	10,038	6,161	726	27.5	32.9	69%
20日除いた場合	140,288	57,053	18,128	5,526	39,905	4,901	9,690	5,925	726	27.5	32.9	68%
	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	最大値	平均値	平均値	平均値

導入後 2022年7月使用電力表

日付	受電点	01_空調	02_照明	03_立柱	04_扇電源	05_コンセント	06_テナント	07_その他	最大需要電力	平均気温(℃)	最高気温(℃)	平均湿度(%)
2022年7月1日	9,129	3,283	1,270	404	2,865	343	729	418	587	29.3	37.4	54%
2022年7月2日	9,138	3,332	1,245	409	2,839	340	759	413	570	28.1	33.0	66%
2022年7月3日	8,985	3,471	1,270	383	2,793	349	763	252	530	25.5	27.7	91%
2022年7月4日	8,657	3,110	1,273	376	2,967	327	667	276	498	24.6	27.5	93%
2022年7月5日	8,414	2,928	1,264	387	2,784	332	710	272	513	24.7	28.0	89%
2022年7月6日	3,993	1,350	937	43	1,397	161	313	152	300	26.1	35.0	78%
2022年7月7日	8,931	3,218	1,200	355	2,825	337	780	345	618	25.9	31.4	77%
2022年7月8日	9,072	3,418	1,279	374	2,917	331	704	291	534	26.8	30.4	76%
2022年7月9日	9,215	3,469	1,259	374	2,931	341	767	324	570	26.3	31.3	85%
2022年7月10日	8,664	3,089	1,272	370	2,909	334	734	268	525	24.7	28.9	93%
2022年7月11日	8,982	3,234	1,258	373	3,008	325	744	268	534	27.1	32.9	75%
2022年7月12日	9,197	3,400	1,388	365	3,183	326	682	237	482	24.6	25.6	93%
2022年7月13日	9,603	3,549	1,451	377	3,195	334	729	272	522	27.3	33.1	73%
2022年7月14日	9,242	3,364	1,421	377	3,167	322	717	235	500	25.5	29.3	85%
2022年7月15日	8,815	3,135	1,395	375	3,085	332	696	234	477	24.3	27.6	93%
集計	130,039	47,350	19,183	5,342	42,866	4,833	10,492	4,257	618	26.1	30.6	81%
6日除いた場合	126,046	46,000	18,246	5,299	41,469	4,671	10,178	4,105	618	26.1	30.3	82%
	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	最大値	平均値	平均値	平均値

日付	受電点	01_空調	02_照明	03_立柱	04_扇電源	05_コンセント	06_テナント	07_その他	最大需要電力	平均気温(℃)	最高気温(℃)	平均湿度(%)
2022年7月16日	9,056	3,288	1,395	396	3,144	334	680	257	504	24.2	26.3	90%
2022年7月17日	9,214	3,486	1,370	379	2,855	338	774	319	571	25.5	31.7	81%
2022年7月18日	8,601	3,062	1,295	376	2,806	332	737	270	523	26.5	32.3	72%
2022年7月19日	3,853	1,290	958	65	1,232	145	332	162	338	25.9	28.0	95%
2022年7月20日	8,289	2,753	1,228	366	2,791	315	725	304	524	27.6	32.7	64%
2022年7月21日	8,574	3,045	1,291	369	2,875	316	693	276	519	26.2	31.8	69%
2022年7月22日	9,054	3,288	1,273	371	2,944	323	747	320	539	28.3	32.9	74%
2022年7月23日	8,830	3,155	1,260	383	2,902	319	715	336	540	27.3	31.7	65%
2022年7月24日	9,125	3,476	1,226	380	2,822	330	742	325	577	26.5	31.8	66%
2022年7月25日	9,533	3,782	1,259	374	2,925	315	719	305	565	28.1	34.3	64%
2022年7月26日	8,886	3,383	1,218	370	2,782	317	714	266	533	26.7	28.8	74%
2022年7月27日	9,434	3,684	1,264	387	2,915	328	738	302	582	27.3	31.0	84%
2022年7月28日	9,395	3,726	1,247	383	2,880	300	701	288	570	27.9	32.5	74%
2022年7月29日	9,690	3,989	1,242	374	2,819	318	732	306	609	27.9	32.8	73%
2022年7月30日	9,962	4,147	1,234	391	2,814	331	764	351	633	28.2	33.0	71%
集計	131,495	49,554	18,759	5,363	41,503	4,662	10,511	4,387	633	26.9	31.4	74%
19日除いた場合	127,642	48,264	17,801	5,298	40,272	4,517	10,179	4,225	633	27.0	31.7	73%
	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	合計値	最大値	平均値	平均値	平均値

5. 投資回収（省マナー）

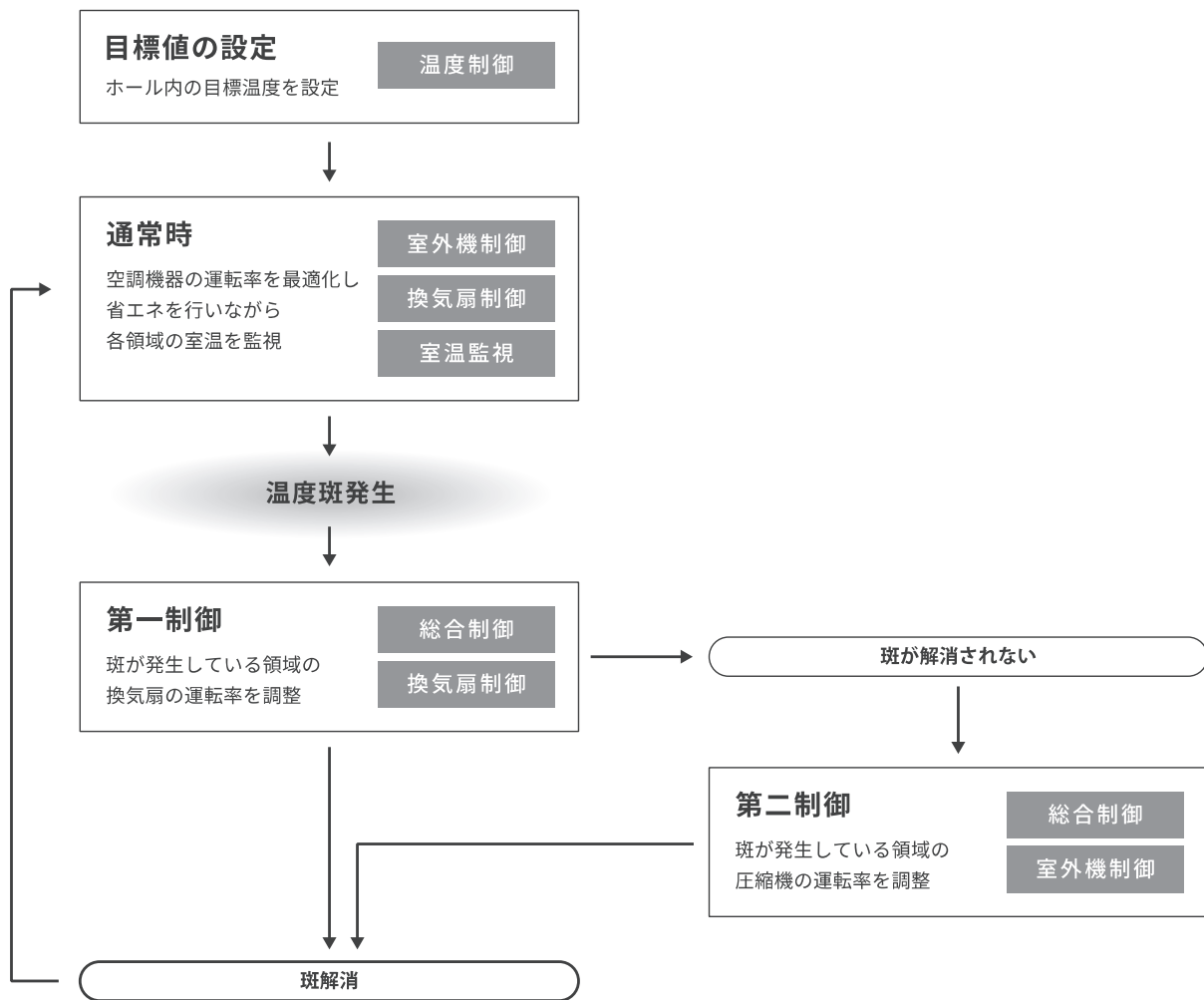
上記表内「年間削減効果見込み年間基本料金」より1年間の削減値は5,958,996円、開発および導入コストが16,000,000円であることから3年弱での回収が可能。

6. 他の建物への応用性

- ①本システムは空調設備が備え付けられた建物への設置が可能である為、パチンコホール以外の商業施設や学校、介護福祉施設、工場、オフィスなど応用性が高い。
- ②既設の空調設備を廃棄することなくそのまま使用できるので環境にもやさしく便利性が高い。

7. 仕様

【領域毎の室温の斑を解消するフローチャート】

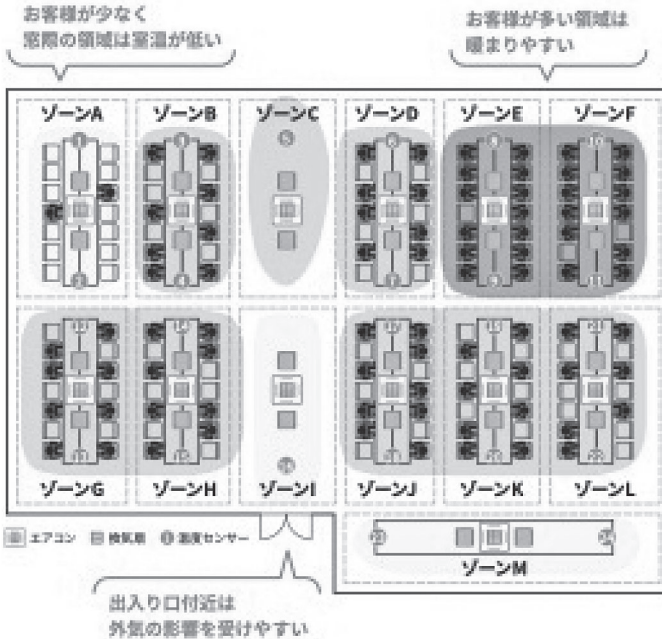


【smart management システム概要】

冬場：暖房の場合

befor

エアコンの設定温度が全て25°Cであっても
室内環境の違いにより実際の温度に斑が生じてしまいます。



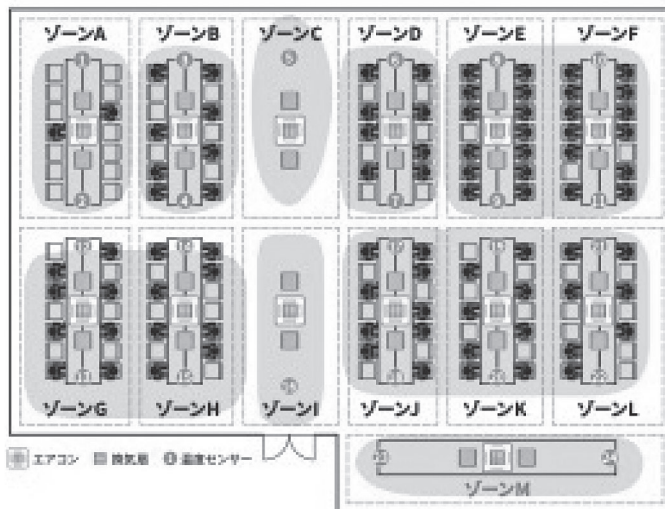
領域	エアコン設定温度	温度ロガー	計測温度	室外機運転率	換気扇運転率
ゾーンA	25°C	1	21°C	70%	30%
		2	22°C		
ゾーンB	25°C	3	25°C	70%	30%
		4	25°C		
ゾーンC	25°C	5	25°C	70%	30%
ゾーンD	25°C	6	25°C	70%	30%
		7	25°C		
ゾーンE	25°C	8	27°C	70%	30%
		9	28°C		
ゾーンF	25°C	10	27°C	70%	30%
		11	26°C		
ゾーンG	25°C	12	25°C	70%	30%
		13	25°C		
ゾーンH	25°C	14	25°C	70%	30%
		15	25°C		
ゾーンI	25°C	16	20°C	70%	30%
ゾーンJ	25°C	17	25°C	70%	30%
		18	25°C		
ゾーンK	25°C	19	25°C	70%	30%
		20	25°C		
ゾーンL	25°C	21	25°C	70%	30%
		22	25°C		
ゾーンM	25°C	23	23°C	70%	30%
		24	22°C		



After

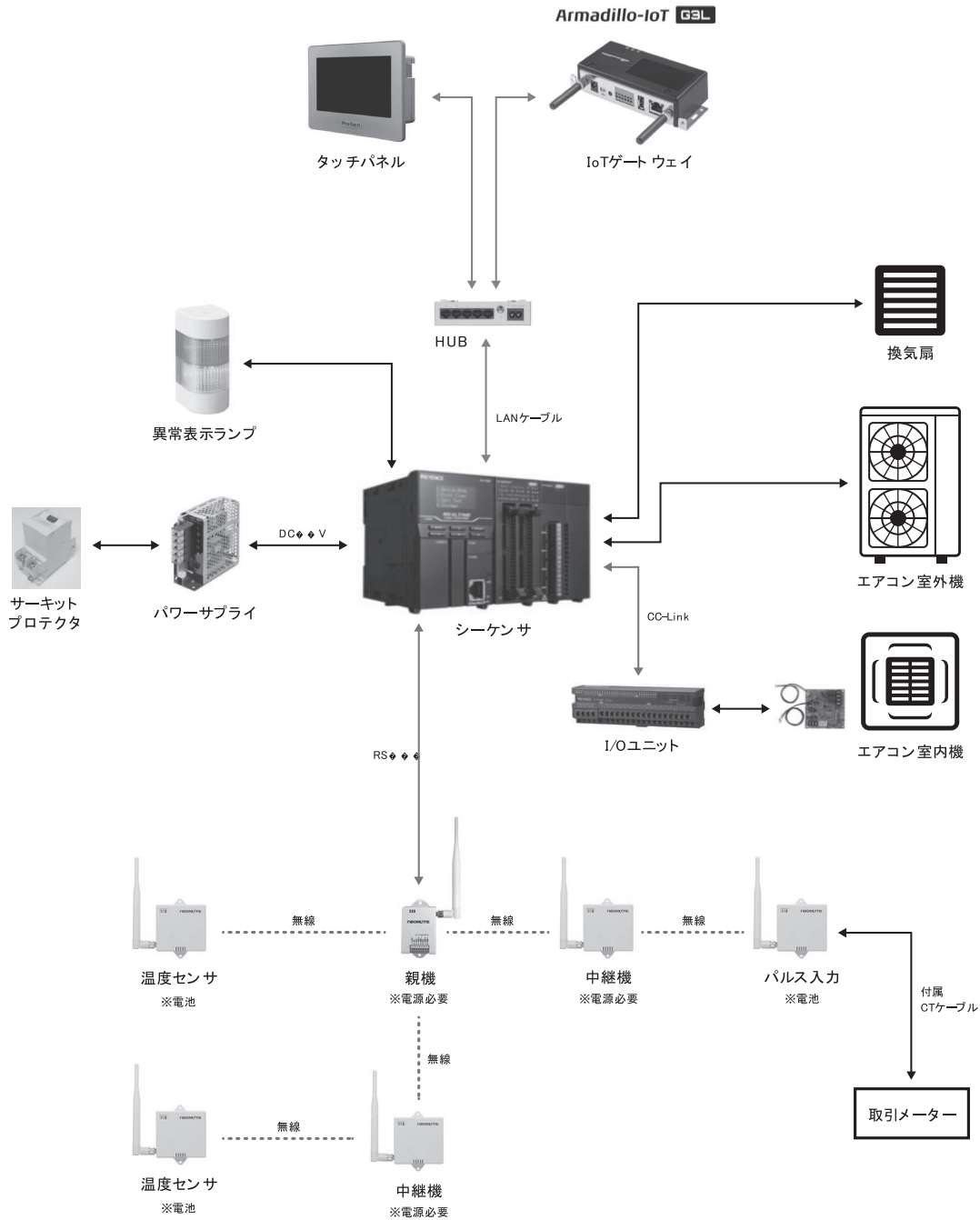
自動で空調機器の運転率を調整し
室温の斑を解消し快適な空調環境を実現します。

運転率を調整することで
温度斑を解消



領域	エアコン設定温度	温度ロガー	計測温度	室外機運転率	換気扇運転率
ゾーンA	25°C	1	25°C	80%	20%
		2	25°C		
ゾーンB	25°C	3	25°C	70%	30%
		4	25°C		
ゾーンC	25°C	5	25°C	70%	30%
ゾーンD	25°C	6	25°C	70%	30%
		7	25°C		
ゾーンE	25°C	8	25°C	60%	40%
		9	25°C		
ゾーンF	25°C	10	25°C	60%	40%
		11	25°C		
ゾーンG	25°C	12	25°C	70%	30%
		13	25°C		
ゾーンH	25°C	14	25°C	70%	30%
		15	25°C		
ゾーンI	25°C	16	25°C	90%	10%
ゾーンJ	25°C	17	25°C	70%	30%
		18	25°C		
ゾーンK	25°C	19	25°C	70%	30%
		20	25°C		
ゾーンL	25°C	21	25°C	70%	30%
		22	25°C		
ゾーンM	25°C	23	25°C	80%	20%
		24	25°C		

【smart management システム構成図】



8. 環境保全

上記表内「年間削減効果見込み 年間使用量 [kWh]」より年間電気使用量の削減値が147,910kWhであることから、1年間のCO₂削減効果は以下となります。

$$\text{年間電気使用量 } 147,910\text{kWh} \times \text{CO}_2\text{排出係数 } 0.555\text{kg-CO}_2/\text{kWh} = \text{CO}_2\text{削減効果 } 82,090.05\text{kg-CO}_2$$

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

<工夫した点>

人が少ない時間帯や多い時間帯、出入口付近や窓際付近など室内環境の違いに合わせて空調運転率を最適化することで快適性と省エネ性の両立を実現しました。

<発想した点>

エアコン本体にも温度センサーは内蔵されていますが、エアコンが高い天井に取り付けられた場合、天井付近の温度しか測定できません。重要なのは人が快適性を感じる足元空間の温度であり、天井付近の空間温度の測定はあまり意味がないと気づき、足元空間に温度センサーを設置しました。

<創作した点、新しい点>

近い将来、気象APIと連携することで、PM2.5、花粉、黄砂予測で換気制御を行い健康被害の低減や外気の温湿度情報を活用したより高性能の省エネへのアップデートを予定しています。

<設備の特徴>

セントラル空調、パッケージエアコン、ガスエアコン、水冷式エアコンなどあらゆるエアコンに対応しています。

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

<市場性>

脱炭素化が求められる社会において省エネへの取り組みは避けては通れない時代です。

本システムはエネルギーの高騰に合わせて需要も増え、空調設備を備えた全ての建物への提供が可能なので、市場性が高いシステムです。

<適応市場の大きさ>

大型商業施設や映画館、工場、EC販売の物流倉庫などの天井の高い建物や、空調管理の条件が厳しいサーバールーム、テレワークのシフトで社内スタッフの人数を減らした企業など様々な業種への適応が可能です。

<競合品又はシステムとの比較>

温度ロガーや気象APIと連携して温度管理を行う空調システムは他にはなく独自性があります。

<販売状況、販売実績>

本システムは、株式会社善都と株式会社未来のコトの共同開発で試験を重ねながらZENT岡崎インター店に最初に導入しました。

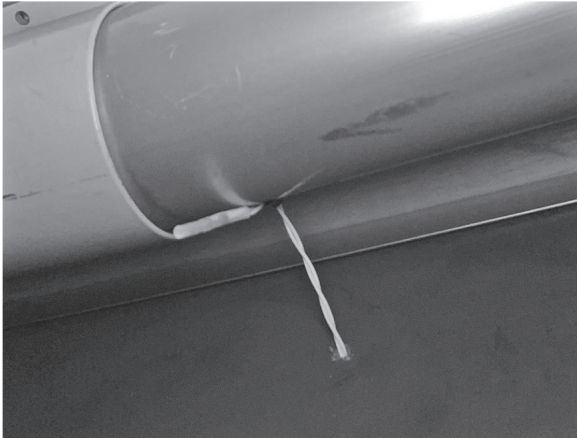
11. 外観・構造図



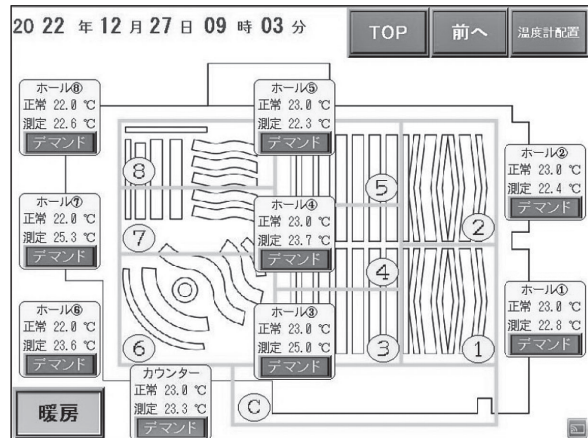
外観



中継機



温度口ガー



操作パネル (運転状況)

2022年12月27日 09時04分

TOP 前へ

測定温度

ホール	位置	測定温度 (°C)	ホール	位置	測定温度 (°C)
ホール①	A	22.6	ホール⑤	A	22.5
	B	23.3		B	21.5
	C	22.6		C	21.5
ホール②	A	22.7	ホール⑥	A	23.7
	B	22.6		B	23.2
	C	21.9		C	23.8
ホール③	A	23.4	ホール⑦	A	27.6
	B	26.8		B	22.8
ホール④	A	23.7	ホール⑧	A	23.4
	B	23.3		B	21.4
		カウンター			23.3

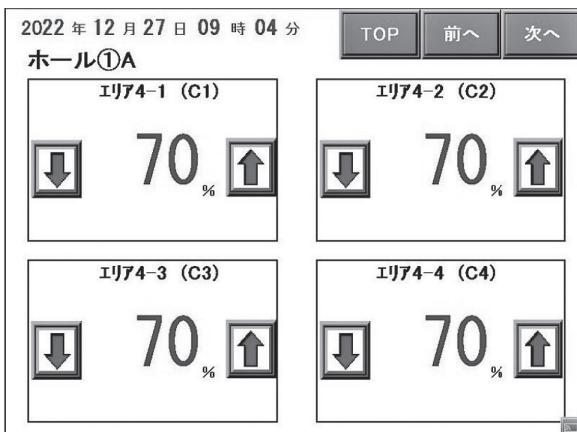
操作パネル (測定温度)

2022年12月27日 09時02分

TOP 前へ

年間	最大デマンド	637 kW	内訳
	使用電力量	3060581 kWh	
今月	最大デマンド	546 kW	内訳
	使用電力量	213429 kWh	
今日	最大デマンド	486 kW	
	使用電力量	1227 kWh	

操作パネル (使用電力量)



操作パネル (エアコン運転率)

2022年12月27日 09時12分

TOP 前へ 次へ

稼働率 平日

午後

12時~	13時~	14時~	15時~	16時~	17時~
30%	30%	30%	30%	30%	30%
18時~	19時~	20時~	21時~	22時~	23時~
30%	30%	30%	30%	30%	0%

操作パネル (換気扇運転率)

12. 講評

遊技場ホールの空調設備に対して、運転制御システムを高度化することによって省エネ化、快適性向上を図った。制御項目はエアコン屋外機、換気扇、室内温度などであり監視パネルを備えて室内の温度状況や機器の運転状況を把握できるようにしている。室内温度は床面に近い位置で計測しており、快適性の適切な把握に配慮している。

この事例では投資回収年が3年弱となっているが、今後さらに省エネ化を強化しコストの削減も考慮することが望まれる。また、省エネ化や快適性向上についてさらに工夫をしその効果を深堀することが期待される。