

● (一財)省エネルギーセンター最優秀賞 ● 改修設備部門

生産設備冷却水の排熱利用予熱コイルを搭載した 外気処理空調機と空調設備の蒸気レス化

設備施工者：(株)精研

設備所有者：(株)三社電機製作所

建物の概要

名称 (株)三社電機製作所 岡山工場B棟 所在地 岡山県勝田郡奈義町柿1741

概要 建家：地上2階 地下0階 延床面積：1,868m² 構造：S造 用途：半導体工場

1. 技術開発の目的と経過

目的：半導体工場のCO₂排出量削減

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

半導体工場のCO₂排出量削減を目的として、空調加熱への生産設備冷却水の排熱利用と、蒸気ボイラーからヒートポンプモジュールチラーへの更新による蒸気レス化を行った。

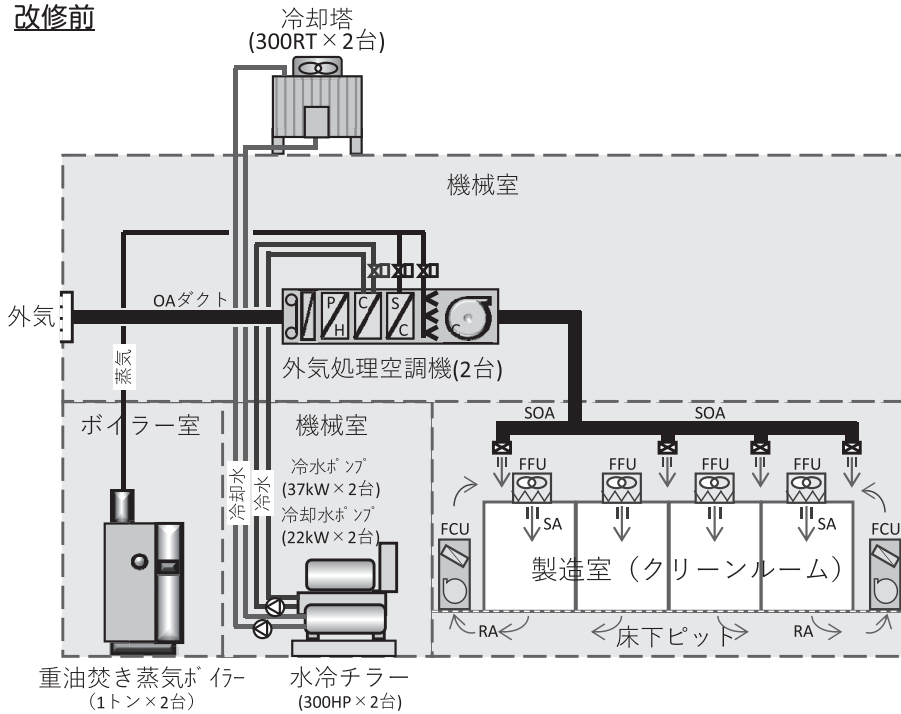
半導体工場のクリーンルームは、製品の歩留まりを高めるため恒温恒湿条件を維持する必要があり、冬は加熱負荷、夏は冷却除湿後の再熱負荷が発生する

ため年間を通して加熱を必要とする。一方、生産側では生産設備冷却水を循環使用しており、約25℃の生産設備冷却水の排熱が常に存在していた。そこで、生産設備冷却水の排熱を外気の予熱や再熱に利用し、かつ、加熱や再熱の熱媒を蒸気から温水に変更した外気処理空調機を新たに導入すると共に、加熱源を蒸気ボイラーからヒートポンプ式モジュールチラーに改修することで蒸気レス化を行った。また、外気処理空調機内で一括して行っていた蒸気加湿を廃止し、クリーンルームの床下ピットにて各部屋の湿度条件に応じたドライフォグ加湿を個別に行うシステムに変更したことで、きめ細かな湿度コントロールと、空調設備の蒸気レス化による省エネルギー・省CO₂化の両立を実現した。

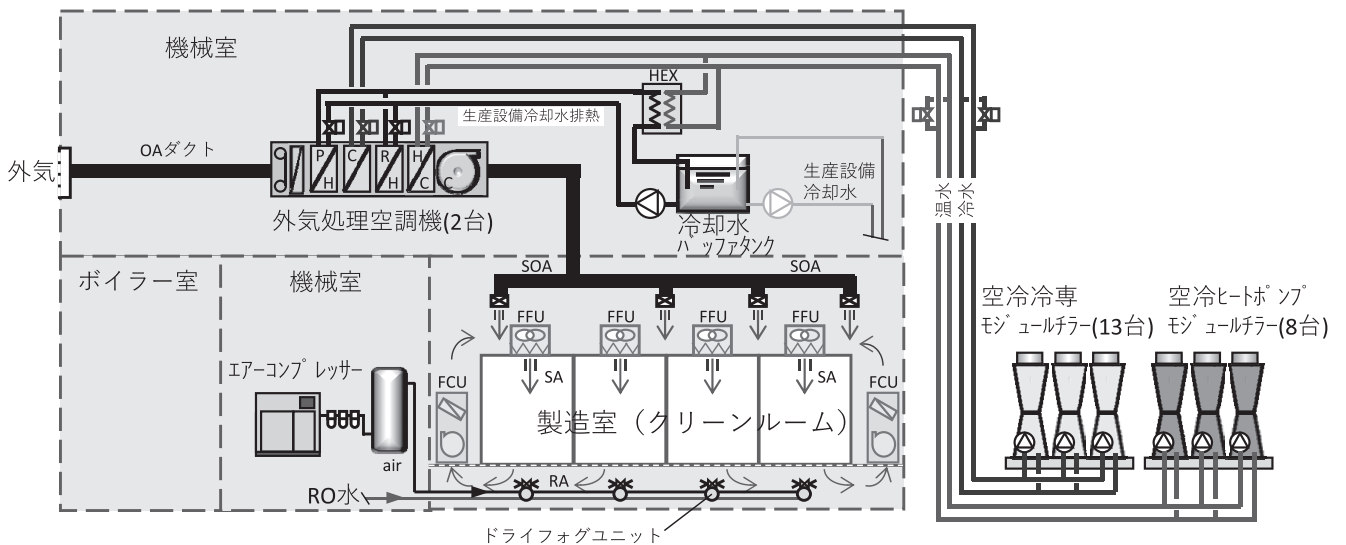


建物外観

改修前



改修後



3. 着想

当該生産設備冷却水は生産設備に20℃で供給し、約25℃となって冷却設備に戻り、冷却設備にて25℃から20℃まで冷却する必要があった。一方、クリーンルームの恒温恒湿空調では年間を通して加熱・再熱負荷を生じ、年間を通して22℃で給気を行っていた。空調加熱に生産設備冷却水の排熱を利用することができれば、空調加熱分と生産設備冷却水の冷却分の双方に費やすエネルギーを節約することができると考え、生産設備冷却水排熱利用型予熱コイルを搭載した外気処理空調機を新たに導入した。また、空調加湿に伴う化石燃料消費量の削減を図るため、蒸気を使わずに飽和効率90%以上で且つクリーンに加湿することのできるドライフォグ加湿を採用したことで、空調設備の蒸気レス化が可能となった。

4. 効果（省エネルギー）

図1に外気処理空調機での加熱熱量（生産設備冷却水排熱とチラー加熱別）を示し、加熱源の熱供給割合を図2に示す。外気処理空調機に生産設備冷却水の排熱利用型予熱コイルを設けたことで、年間を通して排熱を有効利用できており、温水チラーの稼働を66%抑制できていることがわかる。

表1に空調設備全体のエネルギー使用量実績を示す。外気処理空調機での生産設備冷却水排熱の有効利用に加えて、加熱源を蒸気ボイラーからヒートポンプ式モジュールチラーに更新して蒸気レス化を図ったことで、空調設備全体のCO₂排出量は、改修前1,257.3トンCO₂/年に対し改修後476.2トンCO₂/年で削減量は781.1トンCO₂/年、削減率は62.1%と大幅なCO₂削減効果が得られた。

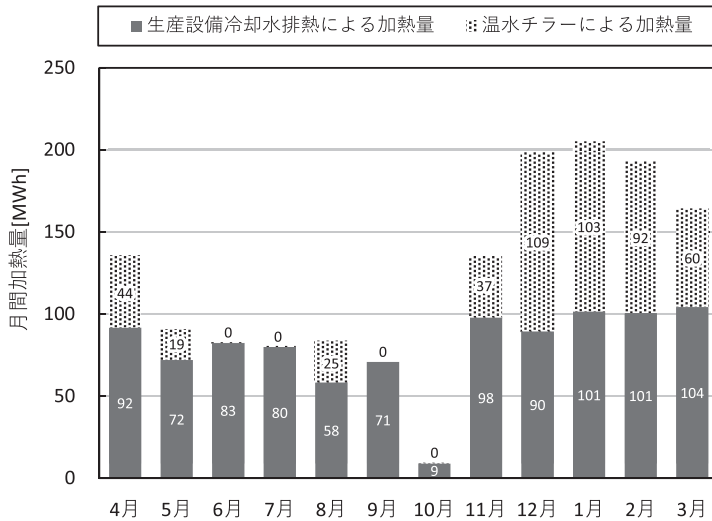


図1 外気処理空調機での加熱熱量

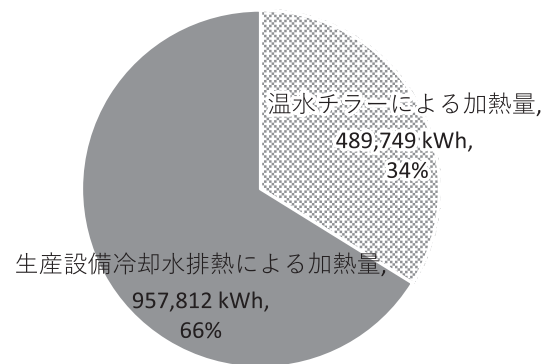


図2 外気処理空調機での加熱源の熱供給割合

表1 空調設備のCO₂排出量削減実績（エネルギー使用量実績データより）

		改修前(2016年度)			改修後(2019年度)		
		電力使用量		A重油使用量	電力使用量		A重油使用量
		440V系統	200V系統		440V系統	200V系統	
		水冷チラー 冷水ポンプ	冷却塔 冷却水ポンプ 外気処理空調機 ボイラー	ボイラー	空冷専用モジュールチラー 空冷ヒートポンプモジュールチラー チラー内蔵ポンプ	予熱再熱ポンプ 外気処理空調機 加湿用エア-コングレッサー	機器無し
kWh	kWh	L	kWh	kWh	L		
実績値	4月	88,171	9,284	12,653	39,898	14,991	0
	5月	102,704	19,279	12,275	36,272	14,766	0
	6月	138,454	24,127	11,190	70,372	14,493	0
	7月	164,027	26,800	10,170	102,677	14,829	0
	8月	154,221	25,909	11,052	103,980	13,021	0
	9月	144,928	24,954	10,942	87,187	14,186	0
	10月	98,386	25,286	12,500	50,833	14,654	0
	11月	76,417	24,604	14,027	34,350	17,862	0
	12月	64,826	16,551	18,036	50,064	18,084	0
	1月	60,837	12,899	24,914	48,420	16,598	0
	2月	56,943	12,090	21,153	45,537	16,772	0
	3月	65,037	13,322	20,976	39,039	17,824	0
		小計	1,214,951	235,105	179,889	708,629	188,080
	合計	1,450,056		179,889	896,709		0
	増減量	-		-	-553,347		-179,889
一次エネルギー	使用量	11,858 GJ/年	2,295 GJ/年	7,034 GJ/年	6,916 GJ/年	1,836 GJ/年	0 GJ/年
	増減量	-		-	8,752 GJ/年		-12,435 GJ/年
	削減率	-		-	58.7%		58.7%
CO ₂ 排出量	排出量	645.1 トンCO ₂ /年	124.8 トンCO ₂ /年	487.4 トンCO ₂ /年	376.3 トンCO ₂ /年	99.9 トンCO ₂ /年	0.0 トンCO ₂ /年
	増減量	-		-	476.2 トンCO ₂ /年		-781.1 トンCO ₂ /年
	削減率	-		-	62.1%		62.1%
	削減率	-		-	62.1%		62.1%
ランニングコスト	使用量	16,086 千円/年	3,113 千円/年	12,592 千円/年	9,382 千円/年	2,490 千円/年	0 千円/年
	増減額	-		-	11,872 千円/年		-19,919 千円/年
	削減率	-		-	62.7%		62.7%
	削減率	-		-	62.7%		62.7%

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19,919 [千円/年]

（電力料金単価：13.24 [円/kWh]、A重油単価：70 [円/L] とする）

空調設備改修費用（熱源設備、外調機設備、加湿設備）：268,500 [千円]

投資効果：268,500 [千円] / 19,919 [千円/年] =13.5 [年]

6. 他の建物への応用性

通年冷却工程を伴う生産設備などからの排熱があれば、恒温恒湿空調など年間を通して加熱負荷を生じる空調設備の加熱・再熱に利用可能で、今回の半導体工場の他、食品工場や製薬工場など室内温湿度条件の維持管理を要する建物用途に容易に応用できる。

7. 仕様又は開発製品等

熱源システムと外気処理空調機、ドライフォグシステムの仕様

記号	機器名称	仕様	台数	電 気		
				φ - V	kW	起動方式
R-1	空冷式チリングユニット (冷却専用)	型式 多連結型冷専チラー(40HP高COPモジュール13連結) 冷却能力 116.8kW×13 冷水量 239.6L/min×13 冷水温度 入口温度 12.0℃→出口温度7.0℃ 散水量 13.6L/min×13	1	3 - 440 (PUMP)	21.6×13 5.5×13	INV
R-2	空冷ヒートポンプ式 チリングユニット (年間加熱型)	型式 多連結型ヒートポンプチラー(40HP高COPモジュール8連結) 加熱能力 69.8kW×8 温水量 143L/min×8 温水温度 入口温度 40.0℃→出口温度45.0℃	1	3 - 440 (PUMP)	32.2×8 5.5×8	INV
HP-1	予熱再熱ポンプ	型式 ステンレス製ラインポンプ 水量 562L/min 揚程 0.22MPa	2	3 - 200	3.7	INV
HEX-2	プレート熱交換器	型式 プレート熱交換器 交換熱量 392kW 一次側 温水1124L/min(入口45℃→出口40℃) 二次側 RO水1124L/min(入口20℃→出口25℃)	1	-		
COT-1	冷却水バフアタンク	型式 1槽式FRP断熱タンク 有効水量 4000L	1	-		
OAC-1	外気処理空調機	風量 22,500m ³ /h 予熱能力 113kW 冷却能力 630kW 再熱能力 83kW 加熱能力 183kW	2	3 - 200	15.0	INV
HU-1	ドライフォグ加湿システム	型式 ドライフォグ加湿システム(床下設置) 加湿量 383.4 kg/h 噴霧エア一量 4002NL/min	1	1 - 100		直入
COM-1	エアーコンプレッサー (空冷式)	型式 空冷オイルフリースクリュー圧縮機 吐出圧力 0.7MPa 吐出空気量 4.7m ³ /min 圧縮機 30kW	1	3 - 200	39.89	直入

8. 環境保全、便利性等

年間削減電力量553,347 [kWh/年]、年間A重油削減量179,889 [L/年] より、導入した空調設備のCO₂排出削減量は781.1 [トンCO₂/年]、CO₂排出削減率は62.1 [%] となる。

(CO₂排出換算係数は電気：0.531 [kgCO₂/kWh]、A重油：2.7096 [kgCO₂/L] を使用)

9. 工夫した点、発想した点等

①ローセクタースイッチによる外気処理空調機給気温度可変制御

既存空調設備は外気処理空調機での冷却除湿後、給気温度一定制御で22℃まで再熱した後、各クリーンルーム系統に空気を供給し、各クリーンルーム系統に設けられた顕熱処理用ファンコイルユニット（冷専）にて室内温度条件を満たすよう制御していた。常に22℃まで再熱するため、冷房要求の多い夏期には無駄な再熱になることもありエネルギーロスの回避が課題であった。今回の改修にて各クリーンルーム室内温度のローセクタースイッチにより外気処理空調機の給気温度を可変させる制御を導入し、必要の無い再熱を抑制する制御を加えた。

②クリーンルーム床下でのRA空気へのドライフォグ加湿

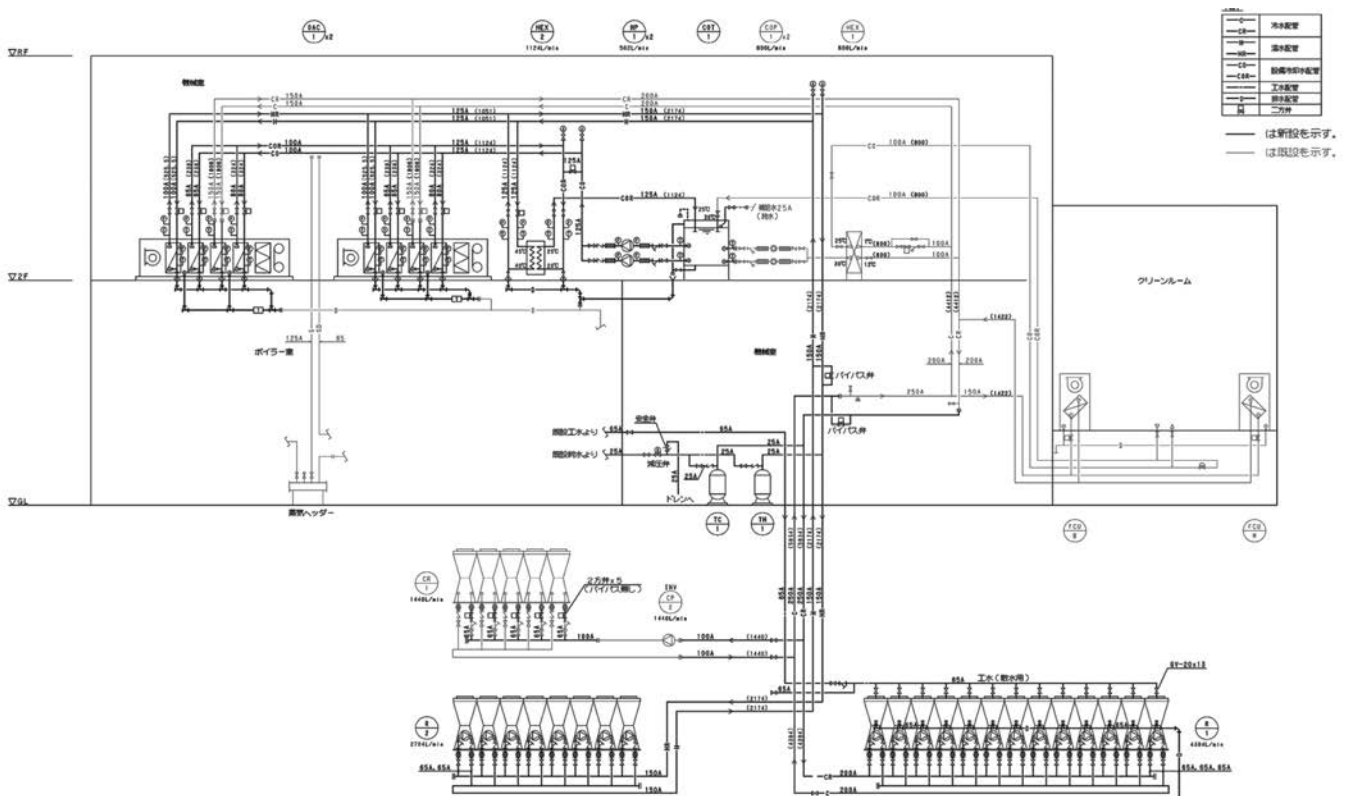
ドライフォグ加湿は噴霧粒子が微細で、接触面を濡らすことなく加湿が行えるため、凝縮ドレンのロスが無い。また、エリミネータやドレンパンを必要としないことから、加湿器設置位置の自由度が増すことに加えて不純物の堆積や雑菌の繁殖のないクリーンな加湿が行える。今回、外気処理空調機内での一括加湿を廃止し、クリーンルーム床下ピットの空間を利用して各クリーンルームの加湿要求に応じて個別に加湿コントロールできるようにした。ドライフォグの発生・停止が即座に行えるため制御応答性も良好で、各室とも相対湿度は設計条件の±10%以内に収まっており年間を通して良好な状態を維持できていることを確認した。

10. 市場性等

地球温暖化防止の観点からCO₂排出量の大幅削減は喫緊の課題となっている。CO₂排出量を削減するために化石燃料を燃焼させるボイラーからクリーンなヒートポンプ熱源への転換は、工場施設に限らず、商業施設や宿泊施設など加熱に蒸気を使用している施設で応用できる。生産設備等の排熱の空調加熱への有効活用は、年間を通して加熱が必要な恒温恒湿空調や低湿空調を必要とする半導体工場の他、食品工場や製薬工場で大きな効果が期待できる。

11. 外観・構造図

①システムフロー図



②設備写真



生産設備冷却水の排熱利用予熱コイルを搭載した外気処理空調機



クリーンルーム床下ピットでのドライフォグ加湿状況

12. 講評

蒸気加湿は低温送風時にも信頼できる加湿方式として広く使用されているが、省エネという点では他の加湿方式に比べて劣る面があり、生産設備の加湿制御方式決定においては、加湿制御の確実性、制御精度、省エネ性等を十分考慮する必要がある。ここでは半導体工場のクリーンルームの空調設備に用いられていた蒸気加湿をドライフォグ加湿に変更して、きめ細かな湿度コントロールと省エネ化を実現した。これにより蒸気加湿用の重油ボイラをヒートポンプチラーに置き換えることが可能になり、生産設備の排熱利用も行って大きな省エネ効果をあげた。ここで用いられた手法は他の同様な施設にも展開可能な改修工法として高く評価された。