

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの要旨

1. はじめに

掲題工場の冷熱源設備等の運用改善と、自然エネルギー利用システムに関する報告である。中央監視データを有効に活用し、客先からの問題提起に対して随時検討と改良を施したことにより、引渡し1シーズン目から2シーズン目で運転状態を大きく改善して、設計どおりの性能を発揮できた。特に工場建物では設計時点の想定負荷、試運転・引渡し時点の負荷と生産ラインが立ち上がってからの負荷が変化することが多い為、チューニングが重要であった。  
 '08年度（既存工場）基準でCO2排出量約40%の削減を達成した。

2. 建物概要

2.1 建物全般

建物用途 : 工場（医療用内視鏡製造）  
 所在地 : 福島県会津若松市  
 延床面積 : 22,746m<sup>2</sup>（地上5階建）  
 構造 : S造、基礎免震構造  
 工期 : 2008.3~2009.3

2.2 設備概要

冷熱源 : ターボ冷凍機500USRT×2台  
 (INV1台+定速1台)  
 縦型水蓄熱塔2,000m<sup>3</sup>×1基  
 (Δt = 10℃で6,600USRT)  
 温熱源 : ガス焼き貫流蒸気ボイラ  
 2.5Ton/h×3台  
 (給湯・加湿・乾燥室系統用他)  
 ガス焼き温水ボイラ  
 1,450kW×1台（空調温水用）  
 空調方式 : 工場エリア … 外調機+大型FCU  
 管理エリア … 全熱交+マルチエアコン

冷熱源システムのフローを図-1に示す。

2.3 省エネ・再生可能エネルギー利用施策

<建築関連>

- ・ 外壁断熱強化（断熱パネル45mm）
- ・ Low-e・ペアガラス

<設備関連>

- ・ 太陽光発電 : 屋根107kW+壁35kW
- ・ 太陽光集熱 : 2m<sup>2</sup>×144枚  
計157kW（給湯予熱用HEXの容量）
- ・ ケルヒート・ピット : 免震ピット利用
- ・ 搬送動力の低減 : 冷水大温度差（Δt = 10℃）、  
冷温水ポンプ（1次・2次）INV制御
- ・ 燃料転換 : 重油→天然ガス
- ・ 除湿再熱の低減 : 工場エリア空調で  
外調機+FCU方式を採用
- ・ 中央監視、BMS導入による状態把握

3. 評価方法

中央監視データ、電力監視データ（1時間毎のCSVデータ）を整理し、解析を行った。また、本建屋は既存棟の生産ラインがほぼそのまま移転した為、既存棟と単位面積当たりの消費エネルギーを比較して評価を行なった。尚、既存棟は中央監視によるデータ収集を行っていない為、直近2年度（2007・2008年度）の管理月報より、電力・重油の月消費量を集計してエネルギー消費量を算出した。

4. 各設備の運転状況と評価

4-1 運転改善項目

竣工1年目の2009年度は負荷傾向と運転方法のマッチングが十分でなく、非効率な運転があった為、客先設備チーム殿の御協力を頂き、2010年春から問題点の洗い出しおよびチューニングと一部改修を行い、省エネルギー性の向上を図った。主な改善項目を次に示す。

- ① 放熱運転時に蓄熱塔循環ポンプを停止し、2次冷水ポンプのみで循環するように変更した。
- ② 2次冷水ポンプ台数制御+INV制御で絞りがきれない夜間・休日・冬期などの低負荷（負荷率約15%以下）時対応の為、低負荷用小型冷水ポンプを増設、低負荷モード制御の追加を行なった。

4-2 運転改善効果

4-2-1 ターボ冷凍機のCOP

ターボ冷凍機の月平均COP推移を図-2に示す。2010年度は年間を通じ、前年度より改善した。これは、4-2-2に述べるように冷水往還温度差が向上し、冷凍機の負荷率が上昇した為と考えられる。尚、採用したターボ冷凍機はインバータ機で、冷却水温度が低い時でも高負荷率（約70%）で最高効率となる特性である。

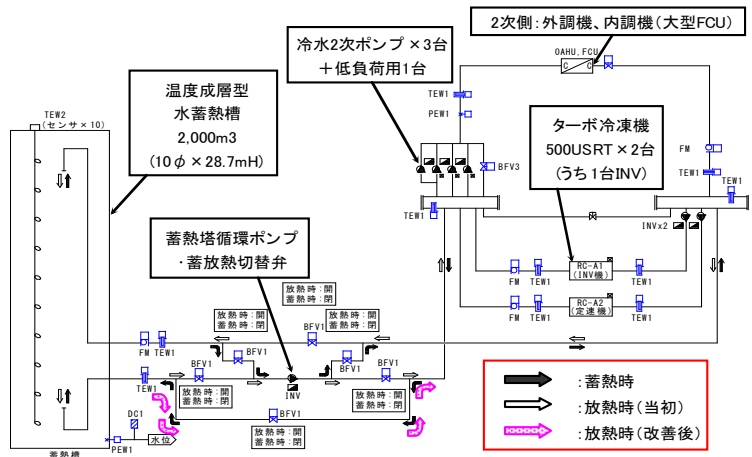


図-1 冷熱源システムフロー

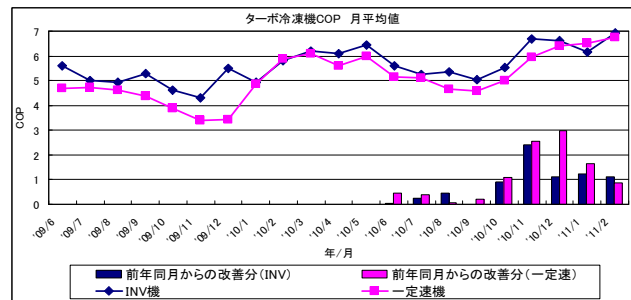


図-2 ターボ冷凍機の月平均COP

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの要旨

夏期の2次側冷水温度変化および冷水流量バランスを図-3と図-4に示す。

図より、2009年度 ⇒ 2010年度で下記の改善が見られる。

- ・放熱時間帯の冷水往還温度差が約6℃ ⇒ 約10℃に拡大した。
- ・放熱運転をするに従い、冷水送水温度が約2~3℃上昇 ⇒ 1℃以内の上昇となった。結果、2010年は冷凍機の追掛け運転が発生しなかった。
- ・放熱時間帯は常時、2次側冷水流量 > 蓄熱塔循環ポンプ流量であった ⇒ 2次側流量≒蓄熱塔流量（2次側冷水ポンプのみで循環した為）。

冷水温度の改善は、蓄熱塔と2次側の流量バランスの改善により、ヘッダーバイパスによる往還のと 混合が減少した為と考えられる。

同様に、冬期のデータを図-5と図-6に示す。図より、2009年度 ⇒ 2010年度で下記の改善が見られる。

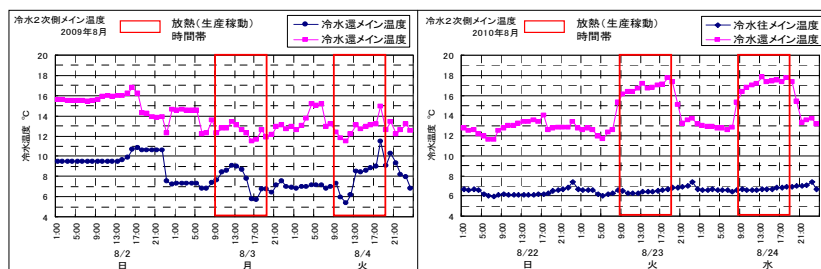
- ・放熱時間帯の冷水往還温度差が約2~3℃ ⇒ 約7℃に拡大した。
- ・2次側冷水流量 < 蓄熱塔循環流量であった（蓄熱塔循環ポンプ最低流量が負荷に比べ過大な為） ⇒ 2次側流量 ≒蓄熱塔循環流量となった（2次側冷水ポンプのみで循環した為）。

改善の結果、冬期においては冷凍機を1回/4~5日間隔程度運転して蓄熱するのみで、追掛け運転を行わずに冷房負荷を賄うことができた。冷房負荷は100USRT程度（ターボ冷凍機500USRTの20%）と小さいが、冷凍機は高負荷率・高COPを維持した。

4-2-3 蓄熱塔の運転状況

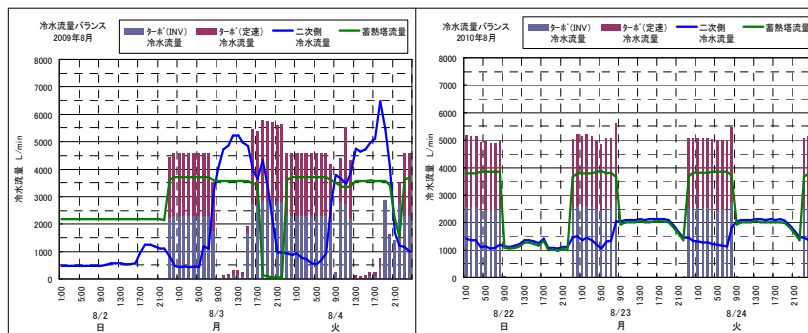
図-7に夏期、図-8に冬期の蓄熱塔温度分布を示す。図より、2009年度 ⇒ 2010年度で下記の改善が見られる。

- ・上下温度差（冷水往還温度差）が約6℃ ⇒ 約10℃に拡大し、蓄熱容量が増加した。
- ・低負荷時（平日の18：00から蓄熱運転開始の22：00までと休日・及び冬期）に蓄熱塔内が混合して温度成層が崩れていた（蓄熱塔循環ポンプ最低流量 > 負荷の必要流量の為） ⇒ 混合が解消し、成層が良好に保たれた。



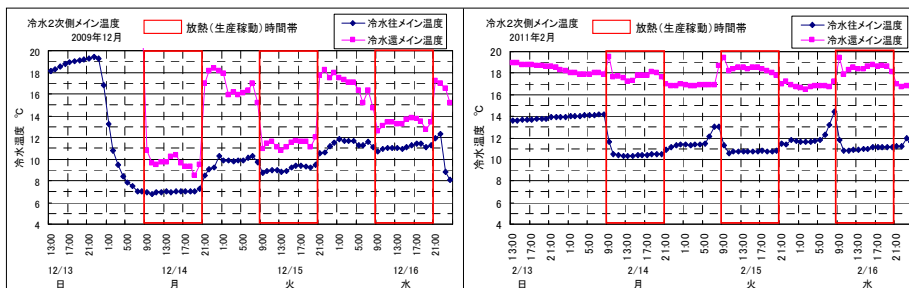
a図 2009年度 b図 2010年度

図-3 夏期冷水温度の時刻変化(2次側メイン)



a図 2009年度 b図 2010年度

図-4 夏期冷水流量バランス



a図 2009年度 b図 2010年度

図-5 冬期冷水温度の時刻変化(2次側メイン)

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの要旨

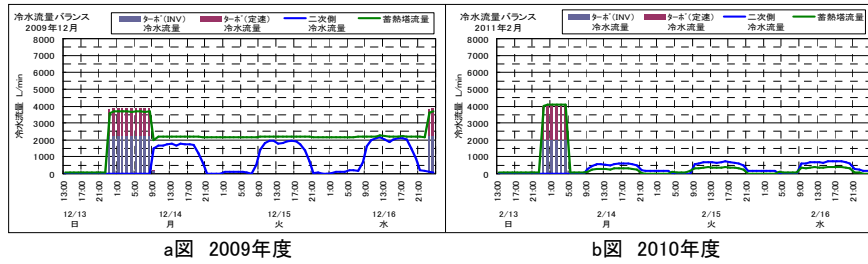
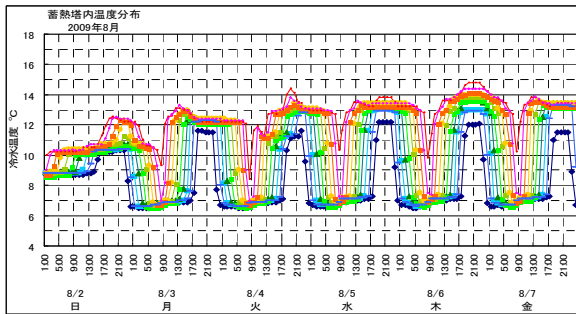
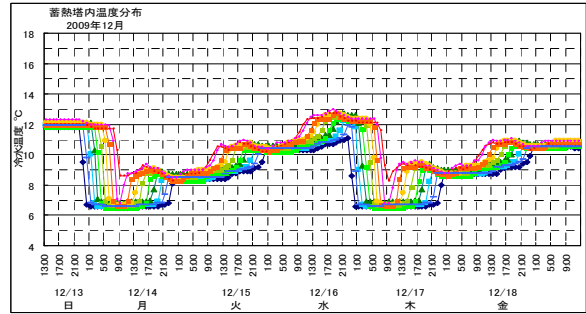


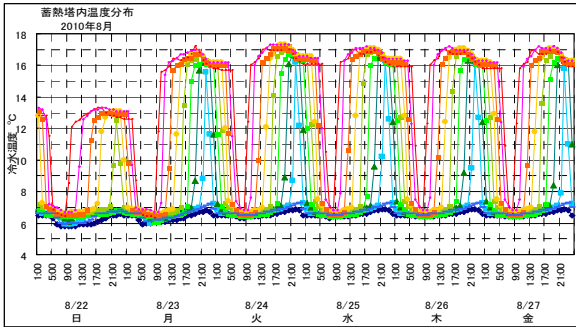
図-6 冬期冷水流量バランス



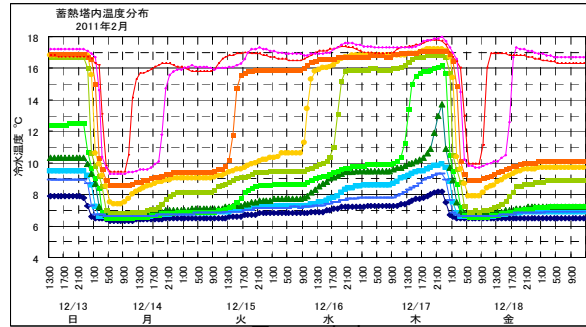
a図 2009年度



a図 2009年度



b図 2010年度



b図 2010年度

図-7 夏期の蓄熱塔内温度分布

図-8 冬期の蓄熱塔内温度分布

表-1 自然エネルギー利用割合(1次エネルギー換算)

アイテム	A棟 2010/3~2011/2 の計
太陽光発電	1.54%
太陽熱集熱	0.56%
クールヒートビット	0.09%
計	2.19%

4-3 再生可能エネルギー利用実績

4-3-1 消費エネルギー削減量

太陽光発電・太陽集熱・クールヒートビットにより回収した自然エネルギーが、A棟全体の年間消費エネルギー量(1次エネルギー換算値: 3,710MJ/m<sup>2</sup>/年)に占める割合は表-1に示すように約2%となった。

4-3-2 太陽光発電

図-9に月毎の発電効率(積算発電出力(INV出力)(W/m<sup>2</sup>)/積算全天日射強度(W/m<sup>2</sup>))を示す。屋根ではほぼ年間を通して12%程度を維持していた。壁では6月に極小(約4%)・12月に極大(約11%)の周期的な変化を示していた。

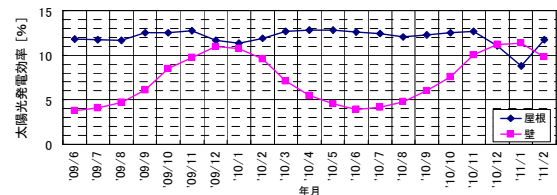


図-9 太陽光発電の月別発電効率

図-10に夏期の1時間毎の発電量を示す。発電量は、全天日射強度とほぼ比例していた。

4-3-3 太陽熱集熱

図-11に月別の集熱効率を示す。集熱効率(パネル面積あたり積算集熱量(W/m<sup>2</sup>)/積算全天日射強度(W/m<sup>2</sup>))は平均30~40%であり、ほぼ標準的な効率を達成していた。但し、2010年度冬は凍結防止制御を安全側に変更した為、集熱量がほぼゼロとなった。

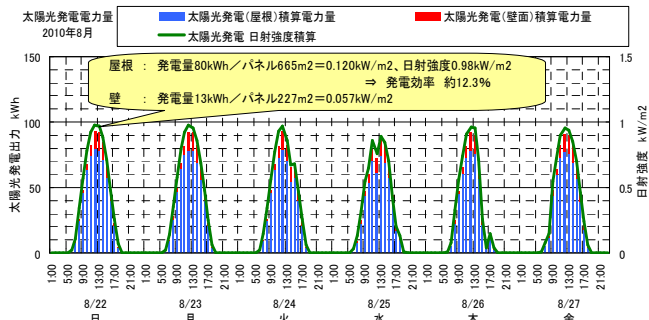


図-10 太陽光発電の時刻別発電量(夏期)

図-12に夏期の1時間毎の集熱量を示す。集熱量は、全天日射強度とほぼ比例していた。

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの要旨

4-3-4 クールヒートピット

図-13に月別の処理熱量を示す。冷却効果は主に6～9月に、加熱効果は10～12月に現れていた。但し、免震ピット内配管の凍結防止制御（外気低温時にはピット流入系統をバイパス）の為、厳冬期は運用しておらず、加熱効果が現れていない。

図-14に夏期・冬期の1時間毎の運転状態を示す。ピット内温度は外調機停止時～運転時の変動が0.5℃程度、夏期で約22℃、冬期で約16～18℃であり、安定していた。ピット出口（外調機入口）空気温度は夏期でピット内温度+1～3℃、冬期でピット内温度-1～-3℃程度にはほぼ納まっており、熱交換効果が高い。この理由は、ピットの接地面積（床+壁＝約4,200㎡）及び気積（約9,000㎡）が処理風量＝16,000㎡/h に対して十分に大きい為と考えられる。（尚、外調機停止時の取入温度上昇は、ダクト経路の熱源機械室内温度の影響と推測）

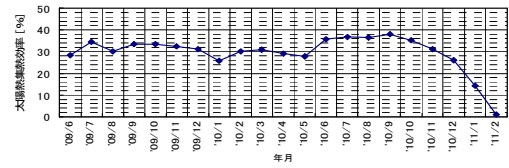


図-11 太陽熱集熱の月別集熱効率

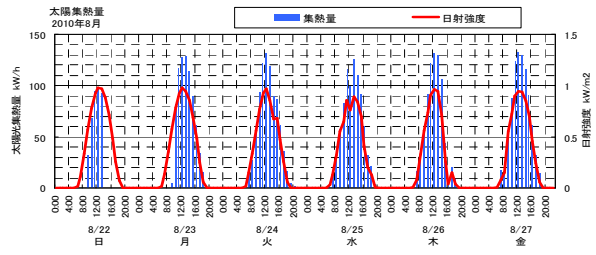


図-12 太陽光集熱の時刻別集熱量(夏期)

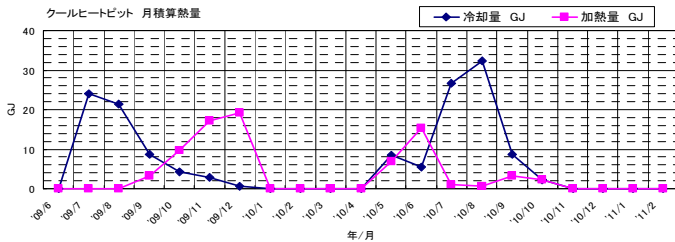


図-13 クールヒートピットの処理熱量

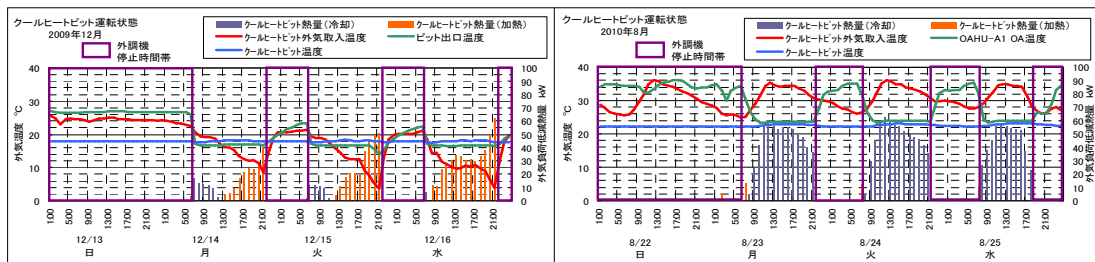


図-14 クールヒートピットの運転状況(左図:冬期、右図:夏期)

5. 既存棟との比較による総合評価

図-15に、既存棟の2008年実績を基準とした新築A棟の単位床面積あたりCO2排出量月別比率を示す。

この期間は夏の気温が平年より高く、冬の気温は平年より低いという厳しい条件ながら、各種施策の効果で各月ともA棟は既存棟を下回り、年間積算量で約40%の削減を達成した。

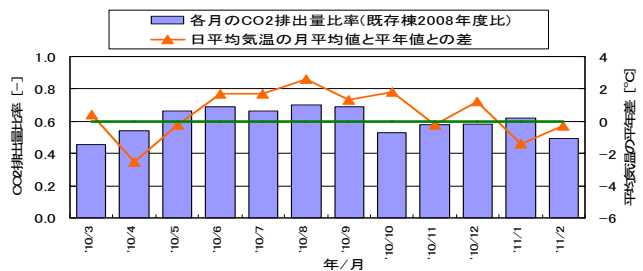


図-15 A棟全体のCO2排出量の既存棟比



建物外観



省エネルギー対策・再生エネルギー利用設備等の配置