

● (一社)日本冷凍空調設備工業連合会奨励賞 ● 改修設備部門

# 往還温度差一定変流量制御による ポンプの搬送動力削減

設備施工者：(株)精研

設備所有者：大塚製薬(株)

## 建物の概要

名称 大塚製薬徳島ワジキ工場 W-2工場増築棟

所在地 徳島県那賀郡那賀町小仁字大坪306-2

概要 建家：地上7階 延床面積：2,663.1m<sup>2</sup> 構造：S造 用途：医薬品工場

## 1. 技術開発の目的と経過

目的：温水循環ポンプの搬送動力削減

経過：平成26年（設計、引渡し等）

## 2. 設備・システムの概要

熱搬送に伴うエネルギー消費は、一般的なビルでも建物全体のエネルギー使用量の10%を越え、搬送動力の省エネルギー化は無視できない。設備の稼動が昼夜に及ぶ工場をはじめ病院、研究施設、動物飼育施設等の熱搬送設備は年間稼動時間が長いことから更に多くのエネルギーが費やされるため、熱搬送に伴う搬送動力の無駄を抑制して適切に運転制御できるか否かで施設のエネルギー消費に大きな影響を与える。ポンプの搬送動力の低減方法としては従来、負荷側水量の変化に応じてインバータでポンプの回転数を制御して吐出圧力またはヘッド間差圧を一定に保つ送水圧力一定制御か、或いは使用水量の変化に応じた配管抵抗分の圧力損失を推定演算して負荷側末端での差圧を一定に保つよう送水圧力を可変させる送水圧力可変制御が採用されるが、送水圧力一定制御ではポンプの吐出圧力が常に一定のため省エネ性に劣り、また、送水圧力可変制御では省エネ性は優れるものの、負荷側末端差圧を推定した制御方法であるため、実際には更に送水圧力を低減できる余地がある。今回、圧力を基準に流量を可変させるのではなく往還温度差一定のまま温水要求の過不足なく負荷に見合った流量に可変させる往還温度差一定変流量制御を考えた。当該制御は既存の送り温度一定制御があれば還り側の温度センサと指示調節計およびインバータを追加するだけの単純なシステムであり、安価な初期投資で高いコストパフォーマンスが得られる。

今回、大塚製薬株式会社徳島ワジキ工場W-2工場増築棟において医薬品工場のCO<sub>2</sub>排出量削減を目的として、空調・生産用の蒸気-温水熱交換器に往還温度差一定変流量制御を導入してポンプの搬送動力低減を行ったのでその省エネルギー効果を紹介する。

図1に既存設備の温水制御模式図を示す。蒸気-温水熱交換器の二次側温水は常に一定の循環流量で運転し、熱交換器の出口側温水温度を検出して常に45℃で供給するよう一次側蒸気2方弁を制御していた。加熱負荷が減少して温水要求が減ってもポンプは常に一定速で運転を続けるため、供給された温水は温かいまま熱交換器に戻り、往還温度差が小さい傾向にあった他、ポンプの搬送動力も削減の余地があった。今回導入した往還温度差一定変流量制御の模式図を図2に示す。温水の往温度を検出して常に45℃供給となるよう一次側蒸気2方弁を制御するのは既設と同じであるが、更に温水の還温度も検出して往還温度差が指示

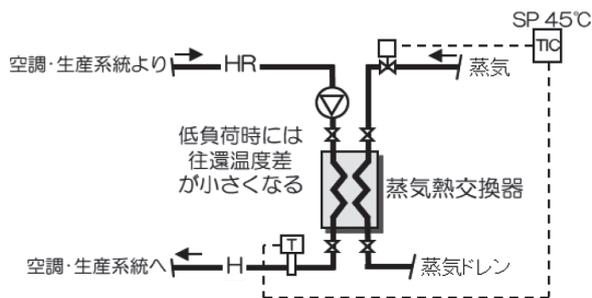


図1 既存設備の温水制御模式図

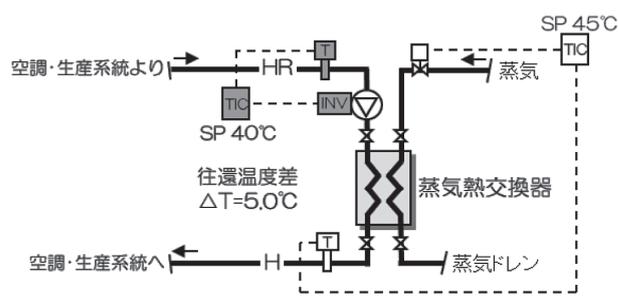


図2 往還温度差一定変流量制御の模式図

値（当該設備では5℃差）となるようポンプのインバータ周波数を可変させて循環流量を加減する制御を行う。なお、低負荷時でのポンプと電動機の温度異常やインバータによる電磁騒音の増大を避けるためにインバータの下限周波数を30Hzに設定して運用しており、下限周波数において更に負荷が減少した際に初めて往還温度差が縮まる傾向を示す。以上の制御により、加熱負荷が低下して温水要求が減少した際には往還温度差を極力一定に保つようインバータ周波数を低下させて流量を抑制し、搬送動力を大幅に低減することでCO<sub>2</sub>排出量の抑制に貢献することができる。

### 3. 着想

既設温水ポンプは低負荷時においても常に一定の循環流量で運転しており、温水ポンプの消費電力は高負荷時と同じ電力を消費していた。負荷に応じて流量を抑制することができれば搬送動力の削減に繋がると考え、往還温度差を一定に保ちながら流量を抑制する制御手法を採用した。低負荷時においても往還温度差を縮めることなく一定に保つことは、熱源の台数制御を構築する際に制御し易くなるほか、蓄熱やヒートポンプ熱源等を採用した際には熱源の出入口温度差を確保できることで蓄熱効率やCOPの悪化防止にも繋がる。

### 4. 効果（省エネルギー）

表1に往還温度差一定変流量制御導入前後の温水ポンプのエネルギー使用量比較を示す。往還温度差一定変流量制御を導入したことで導入前に比べて電力使用量を89,352kWh/年（86.4%）削減できていることが確認できた。ランニングコストでは2,144千円/年（86.4%）の削減、CO<sub>2</sub>排出量では47.6トンCO<sub>2</sub>/年（86.4%）の削減となる。

表1 往還温度差一定変流量制御によるポンプの省エネルギー効果

	電力使用量 [kWh/年]	ランニング コスト [千円/年]	CO <sub>2</sub> 排出量 [トンCO <sub>2</sub> /年]
導入前	103,368	2,481	55.1
導入後	14,016	336	7.5
増減量	-89,352	-2,144	-47.6
削減率[%]	86.4	86.4	86.4

諸元

温水ポンプ： 渦巻ポンプ 1,125L/min × 270kPa × 11kW  
 商用電源運転時： ポンプ実測消費電力 11.8kW  
 設備運転時間： 24時間/日 × 365日/年  
 電力の換算係数： 電力料金単価 24.0円/kWh  
 CO<sub>2</sub>排出係数 0.533kgCO<sub>2</sub>/kWh

### 5. 投資回収（省マネー）

既設熱交換器の往還温度差一定変流量制御導入費用：865 [千円]

ランニングコスト削減額：2,144 [千円/年]

より、投資回収効果は 865 [千円] / 2,144 [千円/年] = 0.5 [年] となる。

## 6. 他の建物への応用性・便利性

今回、熱交換器の往還温度差が一定となるようポンプの変流量を行う制御を紹介したが、熱交換器以外にも熱源機器、蓄熱槽、冷・温水タンクその他、循環しない1WAY配管における負荷機器等の出入口温度差を検出することで低負荷時の流量を抑制してポンプの搬送動力を低減できる。また、出入口温度差を意図的に確保したことで、熱源効率の向上、保有熱量の有効利用も期待できる。

## 7. 仕様又は開発製品、システム、部品等の仕様

使用機器諸元

機器名称	機器仕様	台数	
蒸気-温水熱交換器 (既設)	形式	プレート熱交換器	1
	交換熱量	392kW	
	一次蒸気	133°C、10,869 L/min	
	二次温水	45-50°C、1,125 L/min	
空調・生産用温水ポンプ (既設)	形式	渦巻きポンプ	1
	能力	1,125 L/min × 270kPa × 11kW	
インバーター	適用モータ容量	11kW	1
	定格電圧・電流	3相200V, 45A	
指示調節計	形式	デジタル温度調節計	1
温度センサ	形式	配管用温度センサ (Pt100)	1

## 8. 環境保全、便利性等

表1より、導入した往還温度差一定変流量制御によるポンプの年間電力削減量 89,352 [kWh/年] より、CO<sub>2</sub>排出削減量は47.6 [トンCO<sub>2</sub>/年]、ポンプ動力相当分のCO<sub>2</sub>排出削減率は 86.4 [%] となる。  
(電気のコ<sub>2</sub>排出換算係数は0.533 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] を使用)

## 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

### ①低負荷時におけるインバータ周波数の考慮

負荷に応じてインバータにて流量を可変させる仕組み上、極低負荷時において、モータ電流の増大やそれに伴う温度異常、トルク不足やインバータによる電磁騒音の増大等を招く恐れがあるため、ポンプメーカーに確認のうえインバータの下限周波数を設けておくことが重要である。今回、余裕を見て下限周波数30Hzとしたが、本報の計測の結果、下限周波数30Hzでの運用頻度が多いことが確認されたため、今後、負荷側のいずれの制御弁も全開とならず流量不足を生じない範囲でインバータの下限周波数をチューニングして更なる省エネルギー化を図る予定である。

### ②往還温度差について

今回の導入は、既設設備の省エネルギー化改修であったため、既存設備の設計条件に合わせて往還温度差を5°Cに設定して運用しているが、新設設備の場合には往還温度を大温度差に設定することで流量の軽減ならびに配管径のダウンサイジングが期待できる。

## 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

往還温度差一定変流量制御は、生産用の熱源システムや中央熱源方式による空調設備など熱搬送にポンプを使用する設備で広く利用可能で、特に低負荷時と高負荷時の変動幅が大きくかつ低負荷運転の頻度が多い設備で大きな効果が発揮できる。

## 11. 外観・構造図

図3に空調・生産用の蒸気-温水熱交換器と温水ポンプ廻りの配管フロー図、図4にその計装図を示す。

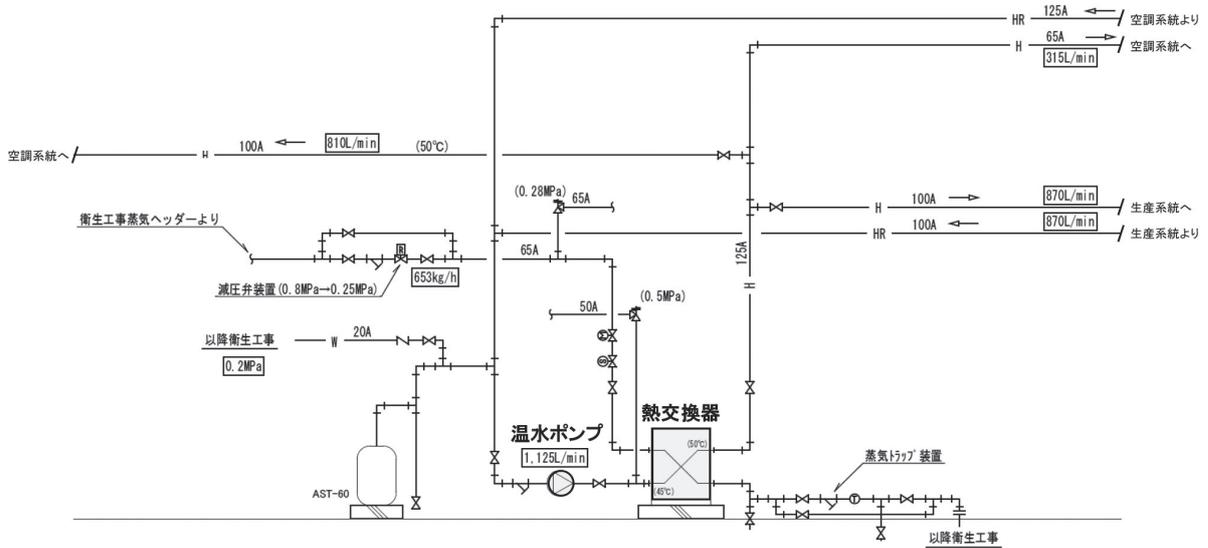
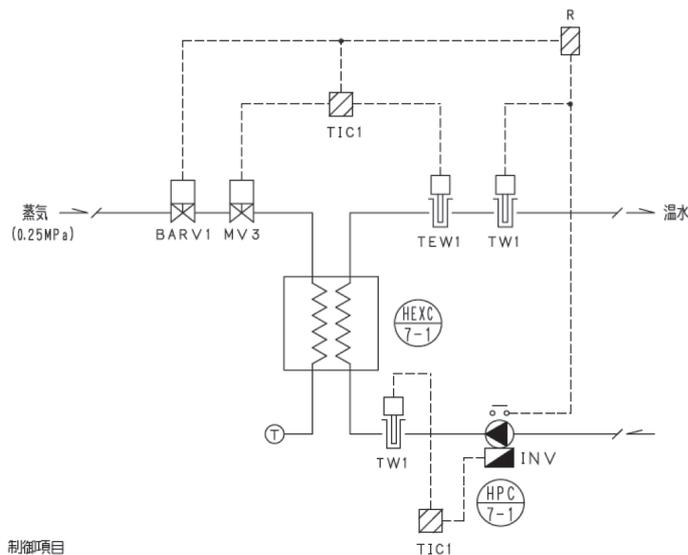


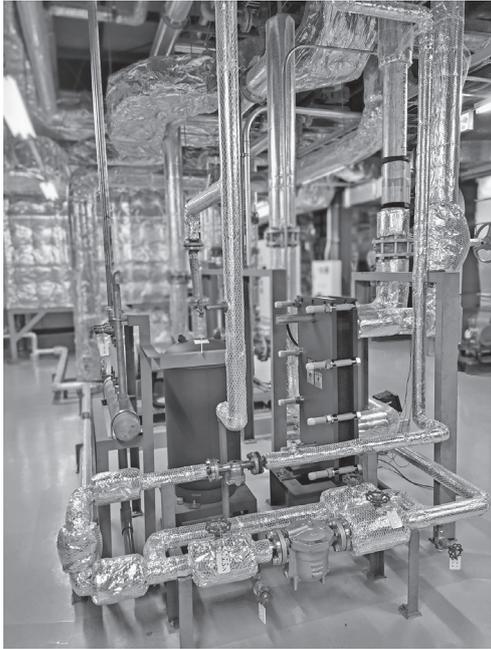
図3 空調・生産用の蒸気-温水熱交換器と温水ポンプ廻りの配管フロー図



制御項目

- 熱交換器出口温度による蒸気2方弁制御  
熱交換器出口温度により下図のように、1次側2方弁の比例制御を行う。
- 熱交換器入口温度によるオンプレインバーター周波数制御  
熱交換器入口温度により下図のように、温水ポンプ(HPC-7-1)インバーターの周波数制御を行う。
- ポンプインターロック制御  
温水ポンプ(HPC-7-1)停止時は蒸気2方弁および気遮断弁を全開とする。
- 送水温度異常による2方弁インターロック制御  
温水送水温度が異常温度に達した場合は蒸気2方弁および気遮断弁を全開とする。  
又、停電時においても全開とする。

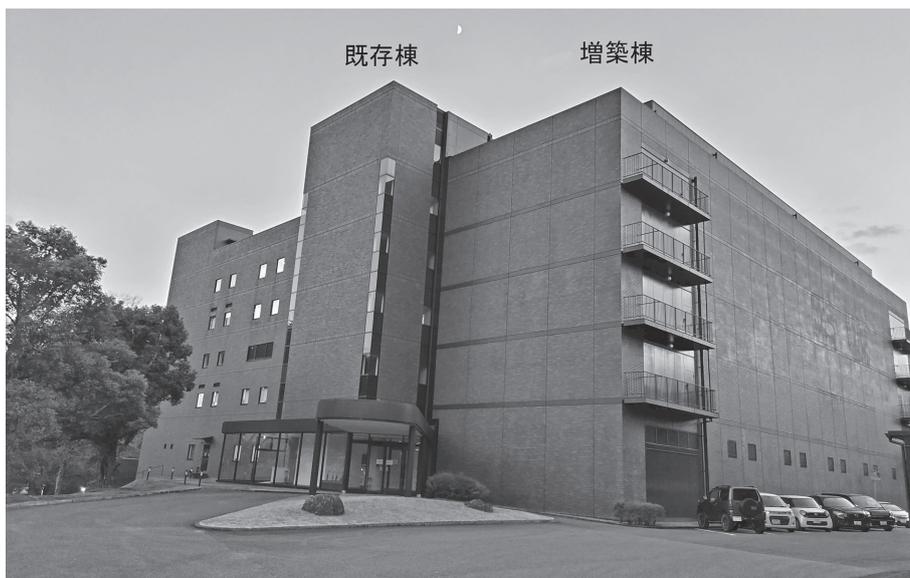
図4 空調・生産用の蒸気-温水熱交換器と温水ポンプ廻りの計装図



蒸気-温水熱交換器廻り



温水ポンプ廻り



W-2工場

## 講評

医薬品工場で、空調・生産用の蒸気-温水熱交換器の温水送水系統を、定流量方式から往還温度差一定変流量方式に変更・改修することにより省エネ化・CO<sub>2</sub>排出量削減を図った。

搬送システムに係る省エネ手法としては基本中の基本といった方式の採用による省エネ改修であるが、このような省エネ手法を採用できる箇所を見出し、改修し、省エネ化、CO<sub>2</sub>排出量削減を、優れた投資対効果の中で実現した点が、既存工場の中にまだまだ省エネ化、CO<sub>2</sub>削減の機会が眠っていることを示したものとして評価された。

変流量システムにおけるインバータの下限周波数については今後見直しも考えているとのことであるが今後のチューニングにも期待したい。