

## 空調システムの最適化を目的とした統合的設計と運転に関する研究

## (第10報) 熱源廻りの省エネルギー手法に関する実態調査

## A Study on the Integration Oriented Design and Operation to Optimize of the Air-conditioning System Performance

## Part 10: The Research of Energy Saving Methods around the Heat Source System

正会員 市川 卓也 (株)山下設計 正会員 中島 正人 (株)山下設計

正会員 下田 吉之 (大阪大学) 特別会員 松尾 陽 (東京大学)

Takuya ICHIKAWA\*<sup>1</sup> Masato NAMAJIMA\*<sup>1</sup> Yoshiyuki SHIMODA\*<sup>2</sup> Yoh MATSUO\*<sup>3</sup>\*<sup>1</sup> Yamashita Sekkei Inc. \*<sup>2</sup> Osaka University \*<sup>3</sup> Tokyo University

One of the main purposes of this research is to pursue the possibility of energy conservation by controlling the main heat source equipments, especially cooling tower. In this report, we have investigated the recent energy 'conservation technique' based on the machine specification at the factory setting and on completion designs of the automatic control system and also estimated the speed of spreading the new techniques.

## はじめに

本研究の目的のひとつとして、熱源廻りの省エネルギー手法、特に冷却塔の制御による省エネルギーの可能性追究が挙げられている。本報では既報<sup>(1)</sup>の全体概要に続き、その目的の前段として、近年の省エネルギー手法導入実績を熱源機出荷時の仕様、自動制御工事の竣工図から調査を行い、現況把握と今後の技術普及の「伸びしろ」を推計した。

調査した熱源廻りの省エネルギー手法は以下の通りである。

- ・ 熱源一次側冷水 / 冷却水変流量制御
- ・ 大温度差送水 (冷水 / 冷却水)
- ・ 冷却塔廻り制御方式

## 1. 熱源機の現状把握

熱源機の部分負荷に応じて冷却水流量を絞ることが冷却水ポンプ動力の削減となるが、近年の市場において冷却水変流量対応の熱源機がどの程度出荷されているかを把握するために、熱源メーカーに対してヒアリングを行った。対象機種はターボ冷凍機 (以下、ターボ) および吸収式冷凍機 (以下、吸収式) とする。

また、熱源機の出荷時の仕様として把握できる省エネルギー手法として、大温度差送水 (冷水出入口温度差、冷却水出入口温度差) に関する調査も行った。ヒアリングの概要を表1に示す。

冷却水変流量に対する熱源機側での対応については、オプションにて冷却水必要流量を 4~20mA 信号で出力可能とするもの、客先での制御を前提とするものがある。

表1 熱源メーカーヒアリング概要

調査対象機種	ターボ冷凍機	吸収式冷凍機
対象出荷年度	2004~2008年度	2004~2008年度 1社は2004データなし
回答台数	3社 2,295台	4社 7,169台
調査内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 冷却能力別、冷水 / 冷却水変流量対応機種の出荷台数</li> <li>・ 冷水出入口温度差</li> <li>・ 冷却水出入口温度差</li> <li>・ 冷却水変流量の制御対応方法</li> </ul>	

## 1.1 熱源機器の出荷実績傾向

図1に調査年度別の熱源機出荷台数と出荷容量を示す。吸収式2004年度実績において1社のデータが得られなかったため、2005~2008年度実績の4社内でのシェアより推定して加算した (図中、破線表記)。出荷容量については100RT刻みでヒアリングを行ったため、「集計範囲の中心容量」×「出荷台数」により計算した。ターボの出荷容量が近年増加してきているのが分かる。

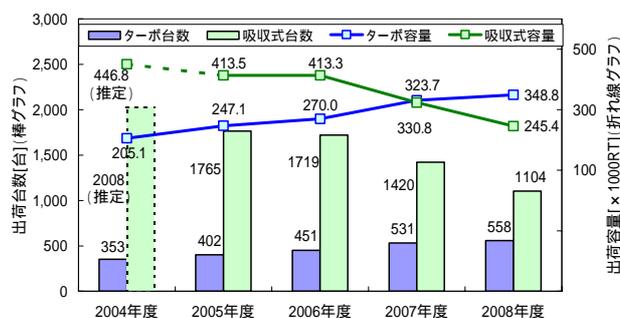


図1 熱源機の年度別出荷台数および出荷容量

図2に冷却能力別出荷台数、図3に冷却能力別出荷容量を示す。ターボは1050RT以上の大型機種が多く、その他については400RT前後の機種も多く出荷されている。吸収式は350RTまでの小型・中型で78%の台数を占めている。なお、「一体型」とは吸収式冷温水発生機と冷却塔がパッケージされた小型熱源ユニットを示す。

### 1.2 流量仕様別

冷水（または冷温水）および冷却水が変流量仕様となっているか、定流量仕様となっているかについての集計を行った。図4、図5にターボおよび吸収式の変流量仕様別出荷容量を示す。ターボについては、大型機種（1050RT以上）においては半数以上が冷水または冷却水の変流量化がなされており、大型機種以外でも35%程度は変流量化がなされている。また、変流量化されているものは冷水・冷却水の両方とも変流量としているものが多い。部分負荷でCOPが高くなるインバーターターボの普及に起因するものと思われる。

一方、吸収式は、全般的に変流量化がなされておらず、出荷容量の15%程度である。

図6に出荷年度別の冷水・冷却水ともに定流量仕様の比率を示す。出荷容量比は変流量採用による省エネルギー効果が推測でき、出荷台数比はその技術の普及を推測することができる。

ターボについては容量比・台数比ともに定流量仕様が減ってきており、2007年度以降変流量化が浸透してきていることがわかる。これはインバーターターボの普及に起因するものと思われる。

一方、吸収式については容量比が2007年度までの横這いから2008年度において減っているが、台数比はほぼ横這いとなっていることがわかる。

これらの結果により、ターボについては産業用が主体と思われる大型機種については変流量化が普及しているが、ビル空調用が主体と思われる600RT以下の機種については変流量化を進める余地があると判断できる。また、吸収式については変流量化が普及しておらず、今後の普及による省エネルギー化が期待できる。

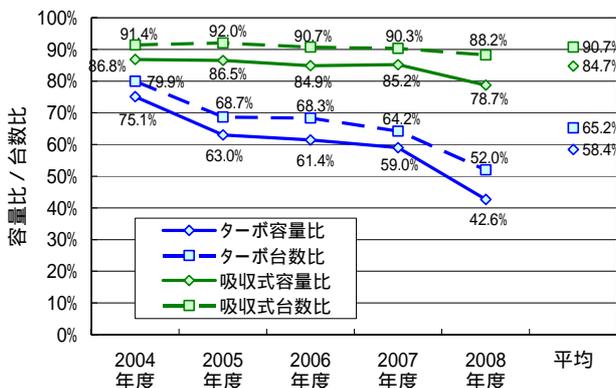


図6 冷水/冷却水定流量仕様の出荷比率

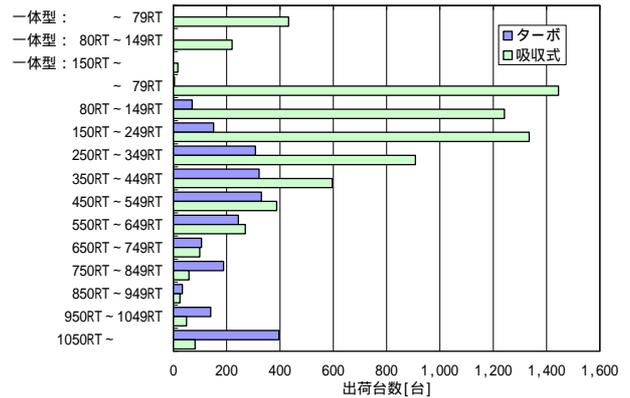


図2 冷却能力別出荷台数

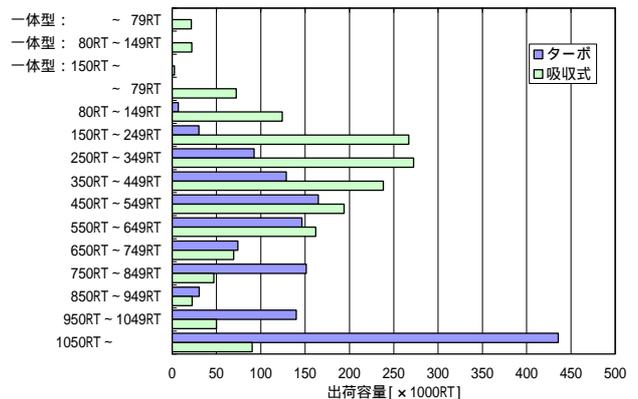


図3 冷却能力別出荷容量

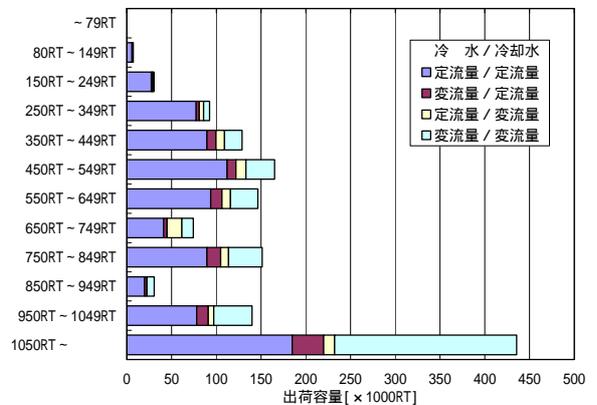


図4 ターボ冷凍機の冷水/冷却水変流量仕様別出荷容量

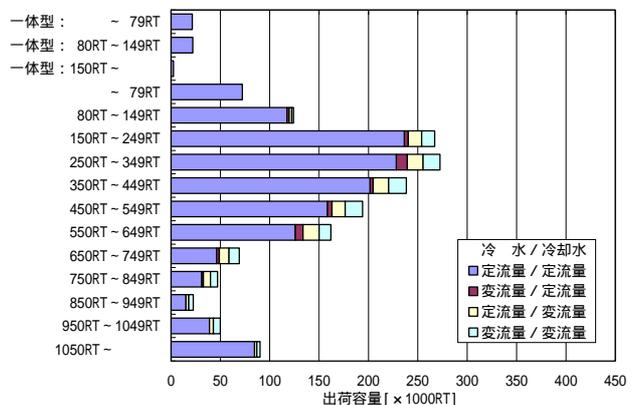


図5 吸収式冷凍機の冷水/冷却水変流量仕様別出荷容量

### 1.3 冷水出入口温度差

冷水出入口温度差が標準仕様(5deg 差)に対して温度差を大きくすることによる搬送動力の削減がどの程度行われているか調査を行った。

図7、図8にターボおよび吸収式の冷水温度差別出荷容量を示す。ターボについては、7deg 以上の差をとるケースが半数以上となっている。一方、吸収式でも40%程度は大温度差を採用しており、特に大型機種ではその比率も高い。冷水大温度差搬送については熱源種別によらず省エネルギー手法として普及しているものと思われる。

冷水標準温度差仕様(大温度差送水不採用)の出荷年度別比率を図9に示す。経年的な傾向としては、ターボが若干出荷容量・出荷台数ともに減少する傾向にあるものの、大きな変動はない。吸収式については、出荷容量で約40%、出荷台数で約20%が7deg 以上の仕様となっているため、大型機器で温度差をつけている傾向にある。

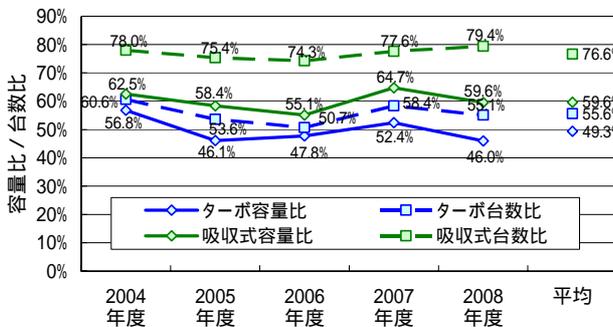


図9 冷水標準温度差仕様(5 dt < 7 deg)の出荷比率

### 1.4 冷却水出入口温度差

冷却水出入口温度差が標準仕様(5deg 差)に対して温度差を大きくすることによる搬送動力の削減がどの程度行われているか調査を行った。

図10、図11にターボおよび吸収式の冷却水温度差別出荷容量を示す。ターボ・吸収式ともに9deg 以上の温度差をつけるケースはほとんどなく、7deg 以上のケースもごくわずかであり、大型機種での採用が比較的多い。

冷却水標準温度差仕様(大温度差送水不採用)の比率を図12に示す。

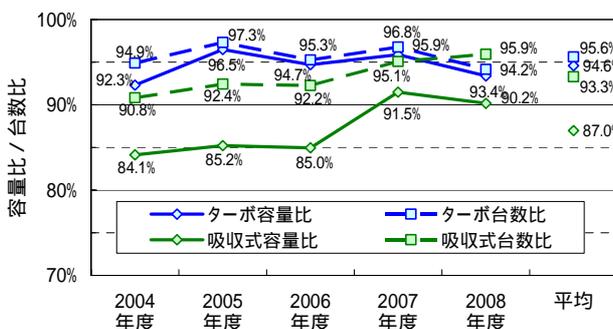


図12 冷却水標準温度差仕様(5 dT < 7 deg)の出荷比率

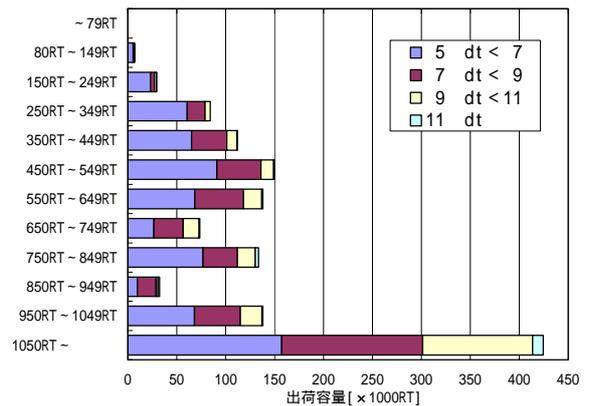


図7 ターボ冷凍機の冷水出入口温度差別出荷容量

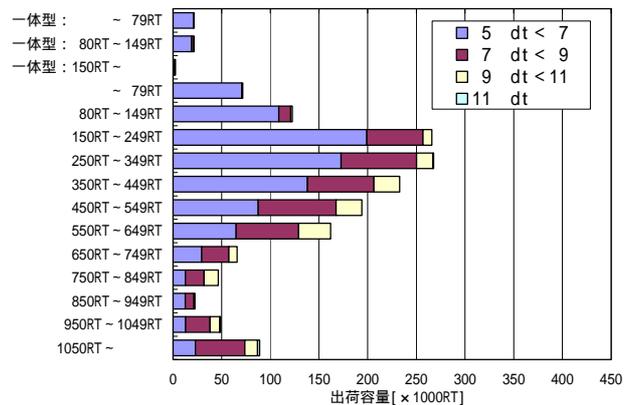


図8 吸収式冷凍機の冷水出入口温度差別出荷容量

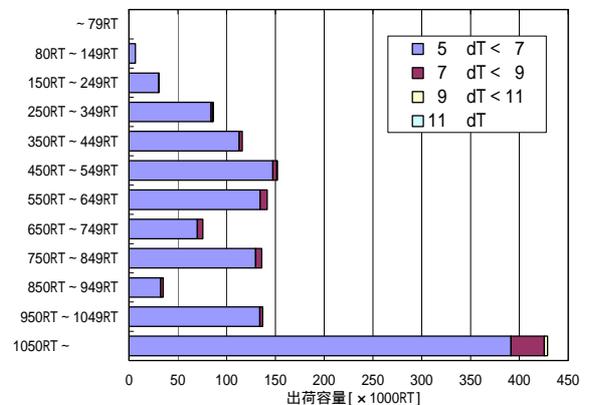


図10 ターボ冷凍機の冷却水出入口温度差別出荷容量

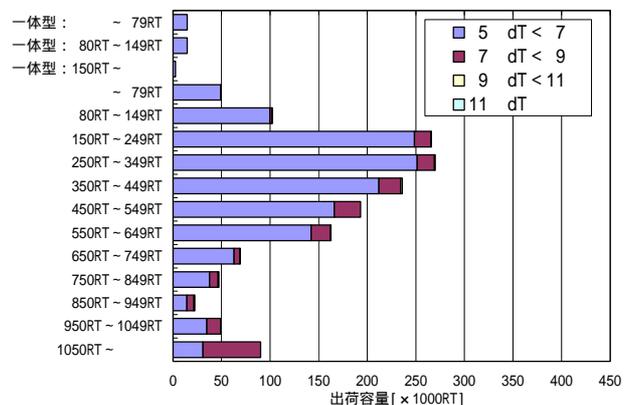


図11 吸収式冷凍機の冷却水出入口温度差別出荷容量

## 2. 冷却塔廻りの制御の現状把握

冷却塔廻りの制御方式について、近年の竣工実績よりどのような制御がなされているのかを把握するために、制御メーカーに対してヒアリングを行った。

制御方式によっては、冷却水温度にオーバーシュート（ファン起動時に起こる一時的な冷却水温度低下）やオフセット（下限設定温度にまで到達しない偏差）が生じることが分かっており、冷却水温度を極力低い温度で安定させることが熱源廻りの省エネルギーの鍵となっている。冷却水温度を適切に制御できれば、更なる省エネルギーの可能性があり、現状の制御方式の実態を知ることによって更なる省エネルギーの「伸びしろ」が見えてくるものと思われる。表2にヒアリングの概要を示す。

表2 制御メーカーヒアリング概要

項目	概要	備考
調査対象建物	冷却塔を保有する建物	
対象竣工年	2003～2008年	1棟のみ1989年
回答数	1社45棟	
調査内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>地域/用途/規模</li> <li>熱源種類/台数/容量</li> <li>冷却水配管方式</li> <li>冷却塔ファン制御方式</li> <li>冷却水制御方式</li> </ul>	複合用途は複数回答 複数の制御方式を採用している場合は複数回答

### 2.1 冷却水配管方式

熱源機と冷却塔を結ぶ冷却水配管の方式について調査を行った。方式の区分と結果を表3に示す。回答を得た建物のうち、65%は「1対1」方式であった。

表3 冷却水配管方式の区分

方式	概要	件数
1対1	熱源と冷却塔が1対1となっており、それぞれ冷却水配管で結ばれている。	30件 65%
集合管A	複数の熱源機の冷却水を合流して1本の冷却水配管で冷却塔へ循環。熱源の稼働台数に応じて冷却塔セルに散水を行う。	16件 35%
集合管B	複数の熱源機の冷却水を合流して1本の冷却水配管で冷却塔へ循環。冷却塔の全セルに散水を行う。	0件 0%

### 2.2 冷却塔制御方式

図13に採用されている冷却塔廻り制御方式の比率を示す。冷却塔ファンの台数制御と冷却水のバイパス制御は一般的な制御方法になっている。一方、冷却塔ファンのインバータ制御の普及率は低く、熱源機の冷却水下限温度よりも高い冷却水温度で運用されているものと推測される。冷却水温度を熱源機の許容下限値に近づけることは熱源機の高効率運転につながることは既に報告されており<sup>(2)</sup>、中間期・冬期で冷房需要がある施設での更なる省エネルギーが期待される。

図14に施設規模別、図15に竣工年度別の冷却塔廻りにおける制御方式の採用比率を示す。施設規模が大きくなると、冷却塔ファンは発停制御から台数制御またはインバータ制御に転換されている。冷却水のバイパス制御は施設規模に関わらず採用されている。

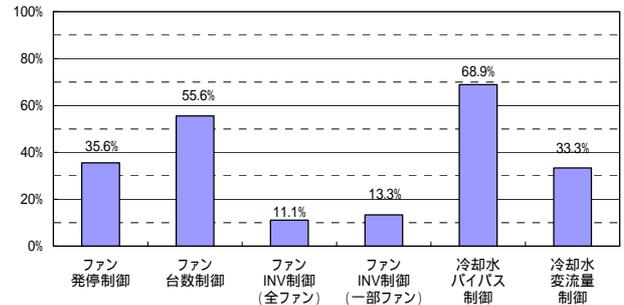


図13 冷却塔廻りの制御の採用比率 (複数回答あり)

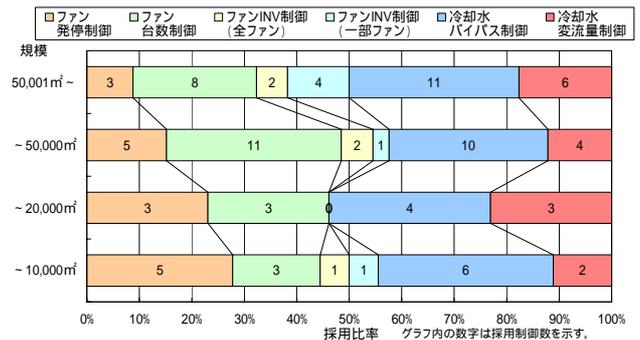


図14 施設規模による冷却塔廻りの制御方式比率

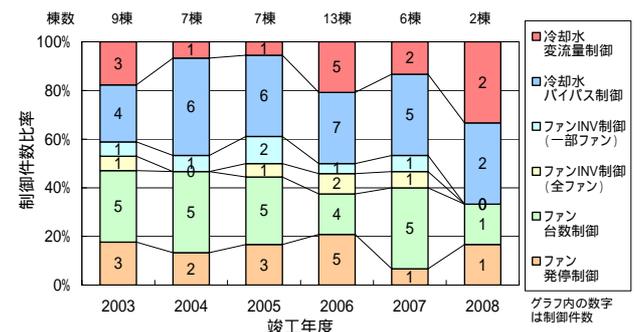


図15 竣工年度別冷却塔廻り制御方式の比率

## まとめ

今回の調査により以下の知見を得た。

- ・ターボの変流量化・冷水大温度差は普及してきており、特に大型機器で顕著である。
- ・吸収式の冷水大温度差は普及してきているが、変流量化の普及率は低い。
- ・冷却塔ではファンの台数制御は普及している。
- ・冷却水温度を下げて熱源機のCOPを上げる余地がある。

以上を鑑み、熱源廻りの省エネルギー手法の普及を図ることがより一層の省エネルギー化となる可能性は大きい。

【謝辞】本研究の社会的必要性に着目して、研究委託を頂いた関西電力(株)殿、東京ガス(株)殿に感謝の意を表す。

また本調査は、当学会/空調システムの統合的設計と運転に関する研究委員会に参加されている熱源および制御メーカーご担当者の皆様の協力により可能となった。感謝の意を表す。

### 参考文献

- 1) 田中・松尾・坂本・下田 他: 空調システムの最適化を目的とした統合的設計と運転に関する研究(第1報) 研究の目的と構成 平成19年度空気調和・衛生工学会学術講演論文集, 2007.9
- 2) 市川・中島・下田・松尾: 空調システムの最適化を目的とした統合的設計と運転に関する研究(第5報) 熱源システムの設定変更による省エネルギー効果 平成20年度空気調和・衛生工学会学術講演論文集 2008.8