

シミュレーションによる熱源設備の省エネルギーに関する研究 - 神戸大学附属病院における夏季の事例 -

正会員 石井 悦子^{*1}
非会員 小川 彰彦^{*2}
同 藤井 和彦^{*2}
正会員 森山 正和^{*3}

病院 シミュレーション
熱源設備 エネルギー消費量
熱源負荷測定

1. はじめに

本研究の目的は、エネルギー消費量の大きな大学病院を対象とし、熱源設備の現状の運転状況を調査解析すること、およびその結果を基に運転改善と設備更新による省エネルギー効果について考察を行うことである。なお、本報告は2008年7月から9月のデータを用いた夏季の解析結果である。

2. 現状の運転状況

2.1 設備概要

対象とする病院は2009年3月現在延べ面積が140,336m²である。個別空調が行われているところもあるが、主に対象とする熱源設備から熱供給されており、それらは2棟の建物の機械室に設置されている。熱源フローを図1に示す。夏季における運転は以下に示すとおりである。冷水はガス吸収冷温水機(冷房能力2,810kW×2台, 1,050kW×1台)および製氷用の空冷スクリー冷却機(製氷能力527kW×2台) 氷蓄熱槽(能力2,635kWh×4台) 放熱器(能力530kW×2台), 空冷スクリーヒートポンプ(冷房能力1,050kW×1台)で製造されている。また、蒸気は炉筒煙管ボイラ(実際蒸発量8.97t/h×2台)により製造しており、温水は熱交換器(能力488kW×1台, 920kW×2台)で蒸気と熱交換して製造している。また、ガス吸収冷温水機で製造された冷水は熱交換器(能力1,440kW×2台)を介してもう一方の機械室に送られ、建物内で消費されている。

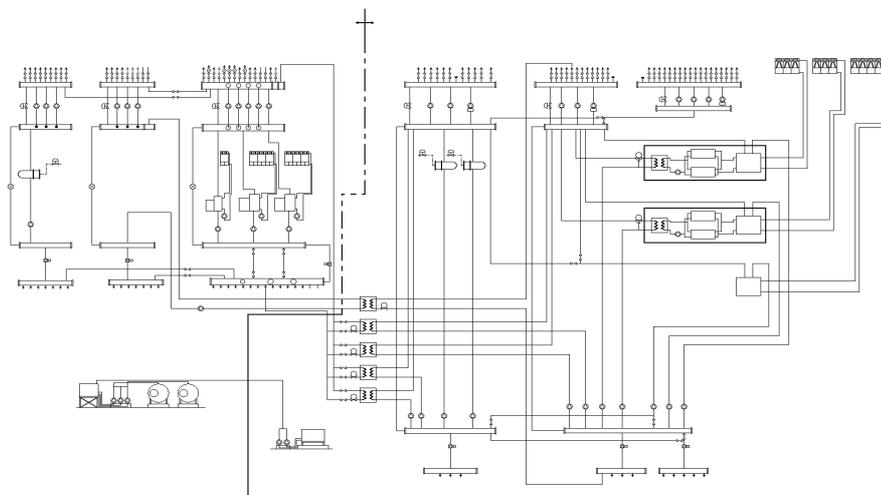


図1 熱源フロー

2.2 熱源負荷および熱源設備の運転状況

中央監視装置にて測定した温度と流量より求めた夏季の熱源負荷を図2に示す。各月の大半は冷水負荷が占めており、温水、蒸気負荷は少ない。9月は7,8月と比較して冷水負荷が2割程度減少している。冷水は主に冷温水機と氷蓄熱により供給されているが、各月とも冷温水機によって9割近くの冷水が製造されており、冷温水機の負担は大きい。その他に運転日報より以下のことを確認した。氷蓄熱は蓄熱が1日1台あたり8時間程度であり、放熱は負荷の大きな時間に合わせて1台ずつ計12時間程度で全量を放熱し終えている。空冷スクリーヒートポンプはあまり使用されておらずバックアップ用である。炉筒煙管ボイラは交互に7日ずつ運転している。

3. 熱源設備のシミュレーション

熱源設備のエネルギー消費シミュレーションにはENEPRO21を用いた。シミュレーションには中央監視装置において測定された熱量(温度, 流量), 電力消費量, ガス消費量, 外気温, 相対湿度等のデータ(1時間値)を用いた。これらより熱負荷パターンおよび熱源設備の現状運転での部分負荷特性等を決定した。また, このシミュレーションでは熱源設備を運転する優先順位を設定し, 想定されている負荷に合わせて各熱源設備が運転される。

3.1 実績値とシミュレーション結果

月ごとにシミュレーションによる設備運転の再現計算を行った。蓄熱電力量およびガス消費量について実績値とシミュレーション値を比較した結果、誤差は7月においていずれも0.2%以内、8月においては1.2%以内とよく一致し、熱負荷が小さくなる9月においては最大で4%となった。この程度の誤差であれば改善のケーススタディ結果は反映可能であると考えられる。

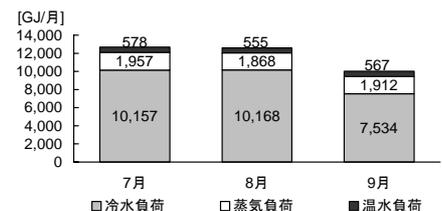


図2 月ごとの熱源負荷

3.2 運転改善に関するケーススタディ

現状の熱源設備のまま運転改善を行った場合についてシミュレーションを行った。想定した5つのケースを表1のCase1~5に示す。

シミュレーション結果について、一次エネルギー換算した各ケースのエネルギー消費量を図3に示す。冷却水温度を変更したCase1では現状を100%とすると1%エネルギー消費量が削減される。冷却ポンプをインバータ制御したCase2では6%の省エネルギー効果が見られた。Case1,2とも冷水製造負担の大きい冷温水機の改善がこの結果につながっている。またCase2とCase3,4を比較してそれほどエネルギー消費量に変化が見られないのは、バックアップ用のヒートポンプの運転を増やしても冷温水機の運転台数を減らすことができなかつたためである。Case5では7,8月で約10%の省エネルギー効果が見込めるが、蓄熱運転を行わないため昼間のピーク電力が増加し契約電力等に影響を与える恐れがある。月毎で比較すると負荷がほぼ等しい7月と8月に差はないが、負荷の小さい9月は若干効果が少なくなる。

3.3 熱源設備更新に関するケーススタディ

次に熱源更新を行った場合についてシミュレーションを行う。運転改善で効果のみられたCase2と合わせて、4種類の熱源設備について更新を行うこととした。想定したケースを表1のCase6~10に示す。シミュレーションの結果についてシステム一次換算した各ケースのエネルギー消費量を図4に示す。冷温水機を高効率型に更新したCase6では7,8月で19%、インバーターボ冷凍機を1台増設したCase8では20%の高いCOP改善効果を確認できた。Case6の場合、3台更新するためインシャルコストが高額となることが予想されるが、Case8の場合は1台追加する費用で同程度の改善効果が見込まれる。ただし、昼間のピーク電力が増加することに注意が必要である。炉筒煙管ボイラを小型貫流ボイラに更新するCase7では夏季の蒸気負荷が少ないため、8%程度の改善効果であった。製氷機を空冷スクリー式から水冷ターボ式に更新するCase9は9%程度の改善効果であり、冷凍機を2台交換することに見合う効果は難しいものと予想される。全ての改善想定を実施するCase10は各月ともに32%の効果が見込めるといった結果になった。

4. まとめ

比較的規模の大きな大学病院を対象とし、夏季の熱源設備の運転状況を調査解析し、その結果を基に運転改善と熱源設備更新を行った場合についてケーススタディを行った。熱源設備のシミュレーションより、エネルギー消費量が運転改善によって最大10%程度、熱源設備の更

新では冷水の多くを製造している冷温水機に関するケースで20%程度のエネルギー削減が見込める結果となった。今後の課題としては、年間を通じた省エネルギーの考察が必要である。

表1 熱源設備の運転改善および設備更新のケース

Case	内容
1	冷温水機の冷却水温度を現状の31一定から24を下限として湿球温度+5で制御する
2	Case1+ 冷温水機の冷却水ポンプをインバータ制御する
3	Case2+ ヒートポンプを夜間のみ運転する
4	Case2+ ヒートポンプを昼夜運転する
5	Case2+水蓄熱運転をせず 空冷スクリー冷凍機を冷水モードで運転する
6	Case2+ 冷温水機を高効率型に更新する
7	Case2+ ボイラ1台を小型貫流ボイラ2台に更新する
8	Case2+ 冷温水機横にインバーターボ冷凍機を1台増設する
9	Case2+ 空冷スクリー冷凍機を水冷ターボ冷凍機に更新する
10	Case2+Case6~9を実施する

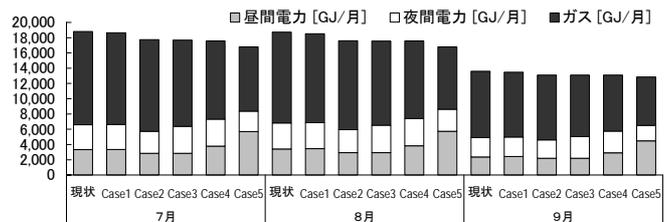


図3 運転改善を行った場合のエネルギー消費量

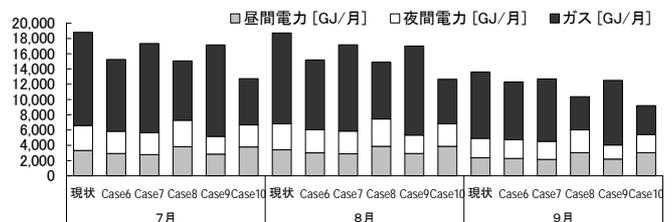


図4 設備更新を行った場合のエネルギー消費量

謝辞

本研究は神戸大学環境管理センターの調査の一環として行ったものである。データ収集に関しては神戸大学附属病院の溝口清宜様をはじめ、施設部の多くの方々との協力を得たものである。データの分析に関しては株式会社ガスアンドパワーインベストメント ESCO 事業部の皆様にご多大なご協力をいただいた。また、本研究は当時学部生の春井章吾氏（現株式会社 NTT ファシリティーズ）によるところが大きい。記してここに感謝の意を表します。

参考文献等

- 1) 株式会社 E.I.エンジニアリング, ENepro21

*1 神戸大学大学院工学研究科 技術職員

*2 株式会社 E.I.エンジニアリング

*3 神戸大学大学院工学研究科 教授・工博

*1 Technical Staff, Graduate School of Eng., Kobe Univ.

*2 E.I. Engineering Co., Ltd.

*3 Professor, Graduate School of Eng., Kobe Univ., Dr. Eng.