

病院施設における給湯システムに関する研究
 (第1報) 実態調査による給湯量の分析
 Study on Hot Water Supply System in Hospital
 Part.1 Analysis of Hot Water Consumption

正会員 ○生沼 亜澄 (高砂熱学工業) 技術フェロー 市川 憲良 (首都大学東京)
 正会員 山本 康友 (首都大学東京) 正会員 一ノ瀬 雅之 (首都大学東京)
 正会員 島崎 翔大 (鹿島建設) 学生会員 諸岡 俊祐 (首都大学東京)

Azumi OINUMA*¹ Noriyoshi ICHIKAWA*² Yasutomo YAMAMOTO*²

Masayuki ICHINOSE*² Shota SHIMAZAKI*² Shunsuke MOROOKA*²

*¹ Takasago Thermal Engineering Co., Ltd. *² Tokyo Metropolitan University *³ Kajima Corporation

It is important to predict supply load correctly and to decide optimum instruments capacity for energy-saving design of hot water supply. In this paper, for the purpose of grasping characteristics of hot water demand in hospital in recent years, hot water consumption in four hospital buildings was surveyed and analyzed. From the results of analysis, it was revealed that the load of hot water supply for design in SHASE is possibly too big against real demand in hospital.

1. はじめに

給湯設備の省エネルギー設計を行うためには、給湯負荷を正確に予測し、最適容量の機器選定を行うことが重要となる。しかし、近年における病院の給湯実態を示す調査報告は乏しく、節水化や施設の機能分化が進む昨今の運用実態を踏まえた病院の給湯負荷が、正確に把握されているかは疑問である。また、BEMSの進展により、運用中の建物において、様々なデータをモニタリング・分析することが可能となってきたが、給湯設備に関しては維持管理用に簡単なデータが計測されているに過ぎず、適正設計へのフィードバックが図られているとは言い難い。

筆者らは、今後の給湯設備の適正設計および省エネルギー設計に資することを目的とし、首都圏に所在する4病院を対象に給湯量および給湯用エネルギー消費量の実態調査を行った。本報では、給湯量について分析を行った結果および、従来の設計基準との比較考察を示す。

2. 中央式給湯システムの設計プロセス

病院建物の給湯設備設計における機器容量算定方法の概略を示す。

機器容量決定の主眼はピーク負荷対応に置かれており、1日の予想給湯量あるいは時間最大予想給湯量を基に、加熱能力や貯湯槽容量を決定する方法が一般的に採用されている。予想最大給湯給湯量は、建物用途ごとに設定されている給湯量の原単位および給湯対象人員より算定する。給湯負荷算定の代表的な設計基準としては、国土

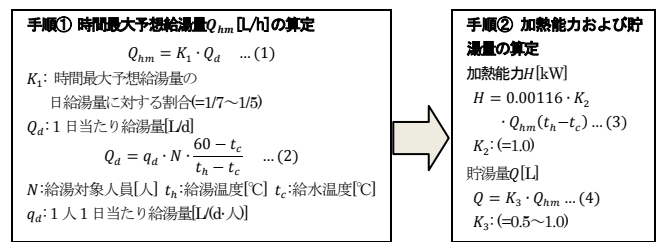


図-1 国土交通省基準

表-1 SHASE 設計用給湯量

建物種別	年間平均1日給湯量	ピーク時給湯量[L/h]	ピーク継続時間
住宅	150 ~ 250 [L/(戸・日)]	100 ~ 200 [L/(戸・h)]	2h
集合住宅	150 ~ 250 [L/(戸・日)]	50 ~ 100 [L/(戸・h)]	2h
事務所	7 ~ 10 [L/(人・日)]	1.5 ~ 2.5 [L/(人・h)]	2h
ホテル客室	150 ~ 250 [L/(人・日)]	20 ~ 40 [L/(人・h)]	2h
総合病院	2 ~ 4 [L/(㎡・日)] 100 ~ 200 [L/(床・日)]	0.4 ~ 0.8 [L/(㎡・h)] 20 ~ 40 [L/(床・h)]	1h 1h
飲食施設	40 ~ 80 [L/(㎡・日)] 60 ~ 120 [L/(席・日)]	10 ~ 20 [L/(㎡・h)] 15 ~ 30 [L/(席・h)]	2h 2h

交通省が定める建築設備設計基準¹⁾や、空気調和・衛生工学会(以下、SHASE)の定める学会基準²⁾等がある。

図1に、国交省基準による給湯設備設計における機器容量の計算手順を示す。国交省の設計基準では、1日のうちの時間最大給湯量は1日当たりの給湯量の1/7~1/5程度となると想定されている。また、表2には、SHASEの便覧に記載されている設計用給湯量の値を示す。SHASEの設計基準においては、別途、ピーク時の給湯量の値が示されているが、国交省基準と同様に、1日の給湯量の1/7~1/5程度となっている場合が多い。

3. 調査概要

3.1 調査対象病院

表2に、調査対象とした4病院の施設・設備概要および給湯システムの概略図を示す。

4病院はすべて、急性期型の総合病院に分類される。すべての病院が、新築あるいは改修時にコジェネレーションシステムを導入しており、発電時の排熱を暖房および給湯用熱源として利用している。また、O病院は屋上に太陽熱集熱装置を有しており、高層系統の貯湯槽補給水の予熱を行っている。

O病院、T病院、S病院の3病院では、給湯系統が高・低層階で分かれており、高層系統は病棟へ、低層系統は厨房、外来、中央診療部門、管理部門などへ湯を供給している。ただし、低層系統にはICU・NICU等の一部の病室が含まれる。各系統の貯湯槽補給水配管には量水器が設置されており、中央監視システムにより補給水量が自動計測されている。また、K病院を含むいずれの病院においても、厨房への給湯配管には独立して量水器が設置されている。各病院の給湯設定温度は、60℃である。

参考データとして、表3に調査期間中における4病院の一次エネルギー消費原単位[MJ/(m²・年)]、水消費原単位[m³/(m²・年)]を示す。給水原単位には、上水、中水、雑用水の使用量が含まれる。

3.2 調査内容

[1] 給湯量の年間データ分析

各病院の貯湯槽補給水量のデータを集計し、給湯原単位の解析や湯の使用量とバックデータの間の相関分析を行った。分析に使用したデータの期間は、O病院およびK病院では2009年1月～2010年12月、T病院およびS病院では2010年1月～2011年12月までの、それぞれ2年間分である。ただし、メータの不具合等により、データに一部欠測期間がある。系統別給湯量として、O病院、T病院、S病院の3病院については、低層系統給湯量より厨房給湯量を差し引いた量を中央診療系統における給湯量として扱った。この系統には、診療部門の他に外来、管理部門等も含まれる。高層系統給湯量は、そのまま病棟系統の給湯量として扱った。

[2] 流量実測調査

各病院の既存メータの計測単位は1m³であり、時刻負荷変動の分析を行うにはややデータが粗いため、リットル単位のより詳細な給湯量データを得ることを目的として、O病院を事例に給湯量の実測調査を行った。計測箇所は、表2に示す既存メータ取り付け箇所と同一の貯湯槽補給水配管2箇所とし、計測には超音波流量計を用いた。

実測期間は夏期(2011/07/04(月)～2011/07/13(水))および冬期(2011/12/5(月)～2011/12/14(水))のそれぞれ

表-2 調査対象病院の施設および設備概要

O病院	T病院	病院名	S病院	K病院
東京都 1987 42,427 500 86.5 23.3 803 (2009年平均)	東京都 2009 67,471 789 86.9 13.4 1,468 (2011年平均)	所在地 竣工年 延面積[m ²] 病床数[床] 満床率[%] 在院日数[日] 外来患者数 [人/日]	東京都 2009 62,293 561 76.3 20.3 594 (2011年平均)	埼玉県 1981 21,975 401 69.6 14.3 1,065 (2009年平均)

O病院給湯設備概要	
給湯用熱源：蒸気ボイラ 2t/h×3 CGS排熱 太陽熱 貯湯槽：4m ³ ×2 容量：3m ³ ×2 CGS 発電能力：350kW×2 契約電力：1700kW	

T病院給湯設備概要	
給湯用熱源：温水ヒータ 581kW×2 CGS排熱 貯湯槽：9m ³ ×2 容量 CGS 発電能力：845kW×1 契約電力：-	

S病院給湯設備概要	
給湯用熱源：温水ヒータ 581kW×2 CGS排熱 貯湯槽：7.5m ³ ×1 容量 (低層系統) 10.5m ³ ×1 (高層系統) CGS 発電能力：845kW×1 契約電力：-	

K病院給湯設備概要	
給湯用熱源：蒸気ボイラ 2t/h×3 CGS排熱 貯湯槽：4m ³ ×1(A系統) 3m ³ ×2(B系統) 容量 CGS 発電能力：300kW×2 契約電力：860kW	

表-3 調査対象病院における消費原単位の年間平均値

	O病院	T病院	S病院	K病院	
エネルギー消費原単位 [MJ/(m ² ・年)]	3132.1	3543.7	3213.8	3091.9	
水消費原単位 [m ³ /(m ² ・年)]	給水	2.37	2.10	1.18	3.06
	給湯	0.25	0.37	0.21	0.43

10日間とし、夏期、冬期ともに同内容の計測を行った。

4. 分析結果

4.1 日給湯原単位

図2に、各病院における給湯原単位[L/(床・日)]の2年分の実績値を示す。調査期間における4病院の給湯原単位は、年間を通じて50～100[L/(床・日)]程度である。

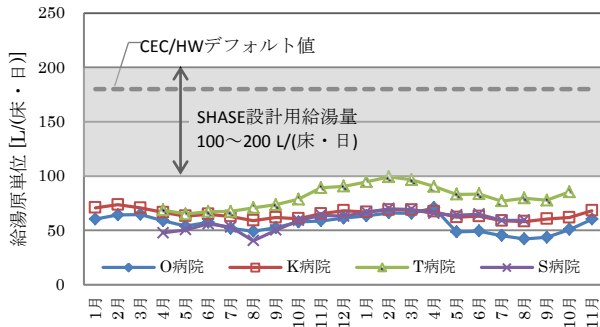


図-2 4病院の給湯原単位 [L/(床・日)]

また、同図より、SHESE における病院の設計用給湯量 (100~200 [L/(床・日)]) および CEC/HW の計算に使用するデフォルト値 (60℃換算で約 180 [L/(床・日)])⁽³⁾は、実際の給湯需要に対し過大な設定である可能性が高いことが窺える。

図 3 には、病床数の代わりに入院患者数の実績値で建物全体の給湯量を割った値を示している。病床稼働率の影響を除いたとしても、やはり現在の設計用給湯量は給湯需要の実態に対しやや過大な設定であると言える。

図 4 に、各月における曜日別給湯原単位を、O 病院と T 病院を例に示す。給湯量は、平日 > 土曜 > 日・祝日 (休日) の順に多く、休日は、給湯量が平日の約 6 割程度に減少することがわかる。

4.2 湯使用量とバックデータの相関

4 病院の各月における湯の使用量と、当該月の入院患者数、外来患者数、手術件数などのバックデータとの相関分析を行った結果を図 4 に示す。湯の使用量は、水栓器具において水と混合後の使用温度における量を指し、各月の給湯量および給水温度を用いて(1)式により算出する。給水温度には、各都県の水道局が毎年公表している水道水の水温データを用いた。

$$Q_u = \frac{(T_h - T_c)}{(T_u - T_c)} \cdot Q_h \quad (1)$$

ここで Q_u : 湯使用量[m³] Q_h : 給湯量[m³] T_c : 給水温度[℃]

T_h : 給湯温度[℃] (=60℃) T_u : 湯使用温度[℃] (=42℃)

図 5 より、病院建物全体の湯使用量と入院患者数の間には非常に高い相関が得られており、施設によらず共通する給湯原単位の値を有する傾向が確認できる。一方、病棟系統の湯使用量と入院患者数の間には正の相関が見られるものの相関係数はやや小さく、病棟系統における入院患者一人当たりの湯使用量は施設特性により大きく異なると考えられる。中央診療系統における湯使用量に関しては、外来患者件数および手術件数ともに正の相関が見られるが、標本数が少なくデータの分布もやや偏っているため、考察にはより多くのデータが必要である。

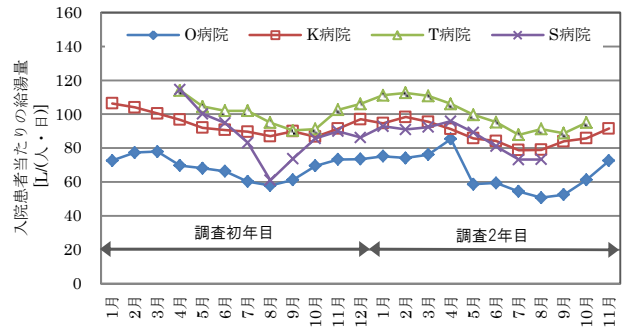


図-3 4病院における入院患者当たりの日給湯量[L/(床・人)]

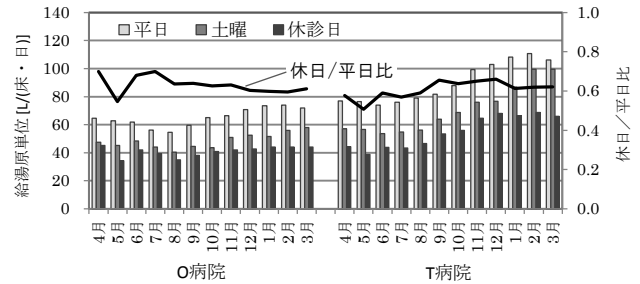


図-4 曜日別給湯量と休日/平日日

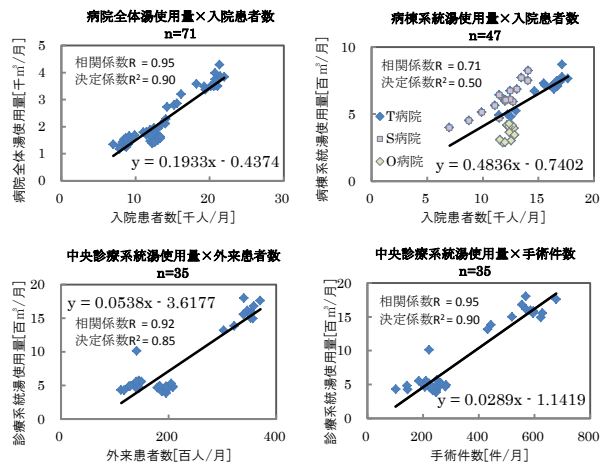


図-5 湯の使用量とバックデータとの相関

施設全体湯使用量と入院患者数の回帰分析より得られた回帰式の係数は 0.1933[m³/(人・月)] (42℃換算) であり、(1)式および解析に使用した水温の年間平均値 16.9℃を用いて単位をリットル、日当たりおよび給湯温度 60℃基準に換算し直すと、112.6[L/(人・日)]となる。図 3 を参照すると、妥当な値が得られたと考えられる。

4.3 給湯負荷時刻変動

図 6 に、冬期実測により得られた病棟、中央診療、厨房の各系統における給湯負荷時刻変動の様子を示す。平日の実測データは複数日分あるため、日給湯量が平日実測日の平均値に最も近い日を「平均日」、一日の時間最大給湯量が平日実測日のうち最も大きかった日を「ピーク日」と名付け、平日の代表例として示している。

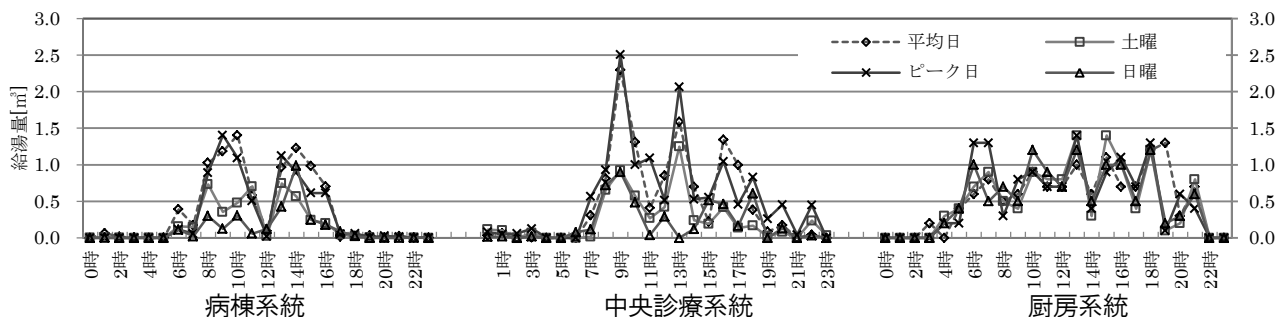


図-6 冬期における系統別給湯負荷時刻変動

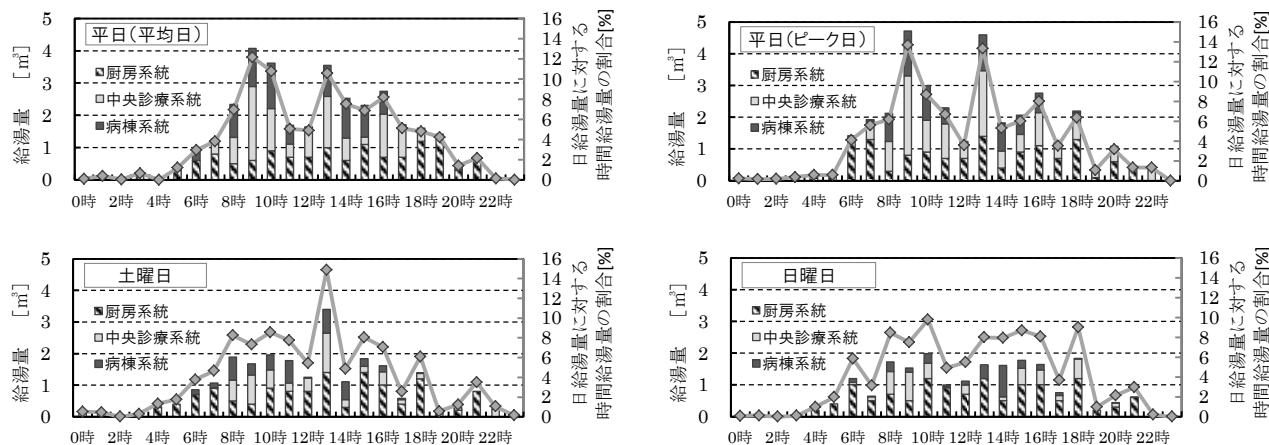


図-7 冬期における施設全体の給湯負荷時刻変動および日給湯量に対する時間給湯量の割合

系統別にみると、時間給湯量は低層の中央診療系統で最も大きい。中央診療系統では、朝、昼過ぎ、夕方の3度大きな給湯負荷が発生しており、夜22時頃まで給湯需要があることがわかる。病棟系統では、給湯負荷のピークは午前と午後の2回存在し、正午には給湯需要が一旦大きく減少している。厨房系統では、目立った負荷のピークはなく、早朝4時から夜の21時頃まで継続してほぼ一定の負荷が発生している。また、病棟系統、中央診療系統と異なり、厨房系統の負荷発生パターンには曜日による差異は見られない。

図7に、建物全体における時刻別給湯量および1日の給湯量に対する時刻別給湯量の割合を曜日別に示す。平日のピーク時における時間給湯量が当日の日給湯量に占める割合はおよそ14~16%程度である。今回の実測においては、時間最大給湯量や一日の負荷変動パターンに関して、平均日とピーク日の間に大きな差異は見られなかった。また、休日における時間最大給湯量の日給湯量に対する割合は、10%程度であった。

5. 設計基準との比較考察

図2および図3で示したように、病院における実際の給湯需要は50~100[L/(床・日)]程度であり、現行の設計用給湯量の値は実態に対しやや過大であると考えられる。また、4.2節および4.3節の分析結果より、現行の

設計基準における、施設全体の給湯量を入院患者数に代表させる算定方法や時間最大予想給湯量を1日の予想給湯量の1/5~1/7程度とする方法は妥当であると言える。

6. まとめ

病院における近年の給湯負荷特性を把握することを目的とし給湯量の実態調査を行った結果、従来の設計用給湯量の値が現在の需要実態に即していないとの知見が得られた。したがって、設計用給湯量の設定値を適正範囲に見直すことにより、給湯設備の省エネルギー・省コスト化を図ることが可能になると考える。

今後、病院の設計用給湯量をいくつに設定すべきかについては、更なる調査および議論が求められるところであり、特に、100床程度の小規模病院や慢性期対応型の病院における給湯量データの整備が必要である。

【謝辞】

本研究の遂行にあたり、「首都大学東京リーディングプロジェクト」の研究費の一部を用いた。ここに、関係各位のご協力も含め謝意を表する。

参考文献

- 1) 国土交通省大臣官房官庁営繕部：建築設備設計基準平成21年版
- 2) 空気調和衛生工学会：空気調和衛生工学便覧 第14版, 2010.02
- 3) (財)建築環境・省エネルギー機構：建築物の省エネルギー基準と計算の手引き（新築・増改築の性能基準）, 2010.01