

実在ホテルにおける給湯システムの消費エネルギー調査と 客室レコメンドシステムの提案

Energy Consumption Survey of Hot Water Supply Systems and Proposal of a Room Recommendation System in an Actual Hotel

建築学専攻 原田研究室 横井悠玖

1. 研究の背景

環境負荷低減のため、空調や給湯をはじめとする各機器はその効率の向上や省エネ化が進められているが、機器そのものの効率化には限界があり使い方の工夫によってより効率化することも求められている。ホテルの給湯システムは中央給湯方式で24時間運転しているため、消費エネルギーが大きい。一方、空調システムにおいても室による負荷の大小を考慮して客室選択を行っていない。ホテルにおいて、給湯システムや空調システムの消費エネルギーを削減することができれば、ホテルの経営や地球環境問題解決に大きな利点がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は2つある。1つ目は、ラグジュアリーホテルについて長期間にわたる給湯システムの実態を明らかにし消費エネルギー削減に有効な項目を抽出することである。2つ目は、ラグジュアリーホテルについて空調消費エネルギーの観点で最適な客室使用パターンを検索することである。

3. 給湯システムの消費エネルギー調査

3. 1 調査対象建物と給湯システムの構造

調査対象建物は京都市内にある7階建てラグジュアリーホテルである。近隣は中層建物に囲まれている。当該ホテルの給湯システムは中央給湯方式で、屋上でガスマルチ給湯器で湯をつくり2つの給湯タンクに貯湯する。ホテル内への給湯は屋上の主管を通り、ハト小屋に入り堅管である枝管で各部屋に供給される。戻りの配管は往きの配管に沿って配置されている。

3. 2 BEMS データによる給湯実態調査方法

3. 2. 1 給湯使用熱量の計算方法

本調査では、2021年8月5日正午から2024年12月31日正午までの期間、1時間ごとの給湯タンク平均湯温、給湯量(補給水量)、ガス使用量を測定した。1時間当たりの給湯使用熱量 Q [kW]は以下のように計算する。

$$Q = \rho_w \times c_{pw} \times V_w \times 3.6 \times (T_h - T_w) \dots (1)$$

ρ_w : 水の密度[kg/m³], c_{pw} : 水の比熱[J/kg・K], V_w : 1時間当たりの給湯量(補給水量)[m³/h], T_h : 給湯タンクの湯温平均[°C], T_w : 補給水温[°C]

3. 2. 2 ガス発熱量の計算方法

ガス発熱量は測定したガス使用量に都市ガスの単位発熱量45MJ/m³を掛けて求める。また正味のガス発熱量は、ガス発熱量にガスマルチ給湯器の燃焼効率95%を乗じたものである。

3. 2. 3 一人当たり給湯量・給湯使用熱量

x軸に宿泊者数、y軸に一日当たりのホテル全体の給湯使用熱量を各月毎にプロットする。このプロットの近似直線の傾きを一人当たり給湯使用熱量として各月ごとに求める。給湯量についても同様である。

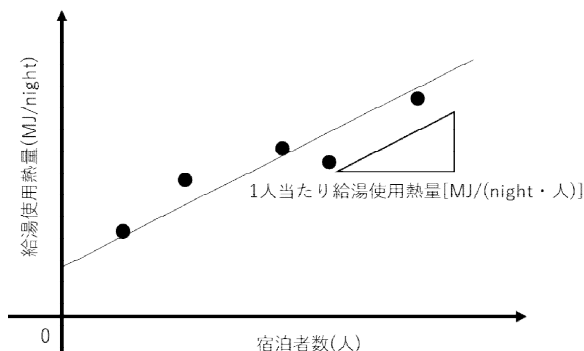


図1 一人当たり給湯使用量の求め方

3. 2. 4 熱損失量の推定方法

x軸に給湯使用熱量[kW]、y軸に正味のガス発熱量[kW]を各月毎にプロットする。正味のガス発熱量は給湯使用されるか熱損失になるため、これらのプロットに傾き1の近似直線を引くと、切片が熱損失量[kW]となる。

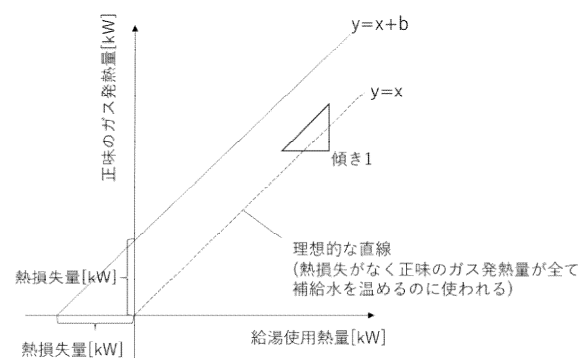


図2 熱損失量の推定方法

3. 2. 5 コロナ禍の定義

蔓延防止法や緊急事態宣言の発令、感染者や死者数、重症者数の増減、外国人の入国制限や都道府県を跨いだ移動の制限などの政策を基に、2021年8月、2021年9月、2022年1月から2022年4月、2022年8月、2022年9月、2022年12月から2023年2月をコロナ禍と定義した。¹⁾

3. 3 調査結果

3. 3. 1 宿泊者数

月別宿泊者数を図3に示す。黄色線はコロナ禍である。

3. 3. 2 一人当たり給湯量・給湯使用熱量

月別の1人当たり給湯量を図4に示す。一人当たり給湯量は特異な月を除くと60L/(人・day)～170L/(人・day)である。

1人当たり給湯使用熱量も同様の分析を行うと、一人当たり給湯使用熱量は6～35MJ程度であった。宿泊者数が少ない冬期に、一人当たり給湯使用熱量が大きい。

3. 3. 3 熱損失量

熱損失量は夏期は20～73kW、冬期は50～85kWであった。

熱損失量は(2)式で表される。

$$Q_{loss} = UA(T_h - T_{air}) \dots (2)$$

U : 熱損失係数[kW/($m^2 \cdot K$)], A : 伝熱面積[m^2], T_h : タンク温度[$^{\circ}C$], T_{air} : 外気温度[$^{\circ}C$]

図5に給湯タンク温度と月平均外気温の温度差と熱損失量の関係を示す。これらは比例関係にある。

ガス発熱量を給湯使用熱量と熱損失量(損失熱量)、燃焼ロスに分類した結果を図6に示す。給湯使用熱量割合は30～60%程度で、熱損失量は35%～65%程度である。

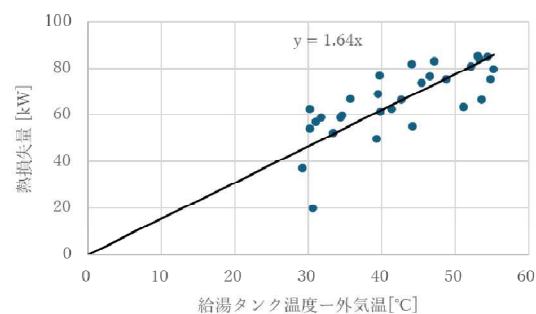


図5 給湯タンク温度と月平均外気温の温度差と熱損失量の関係

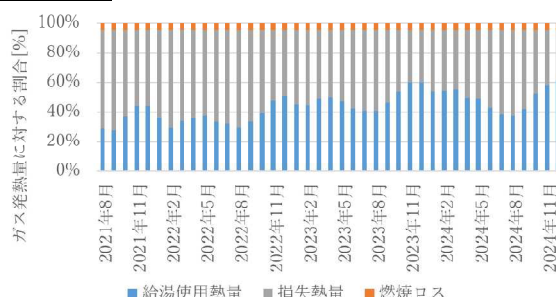


図6 ガス発熱量の内訳

3. 3. 4 コロナ禍の給湯使用の実態

1人当たり給湯量のピーク値と宿泊者数の散布図を図7に示す。黄色点はコロナ禍である。一人当たり給湯量は気温と宿泊者数による影響のみであり、コロナ禍であるか否かにはよらない。

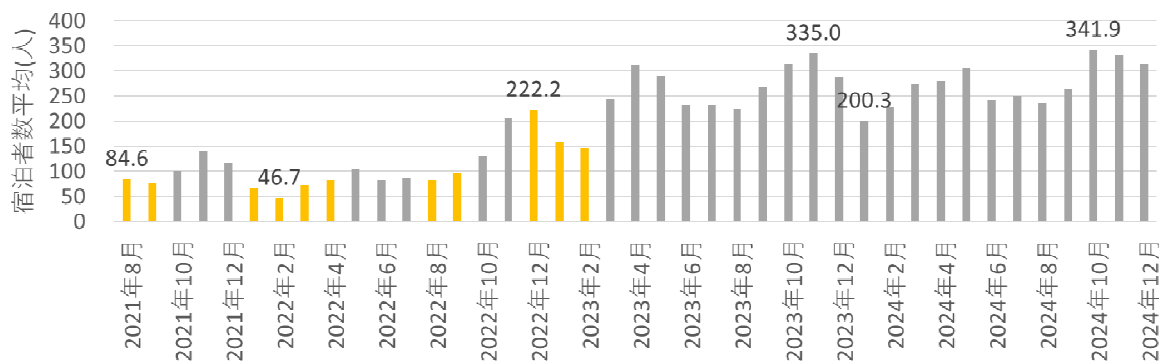


図3 宿泊者数

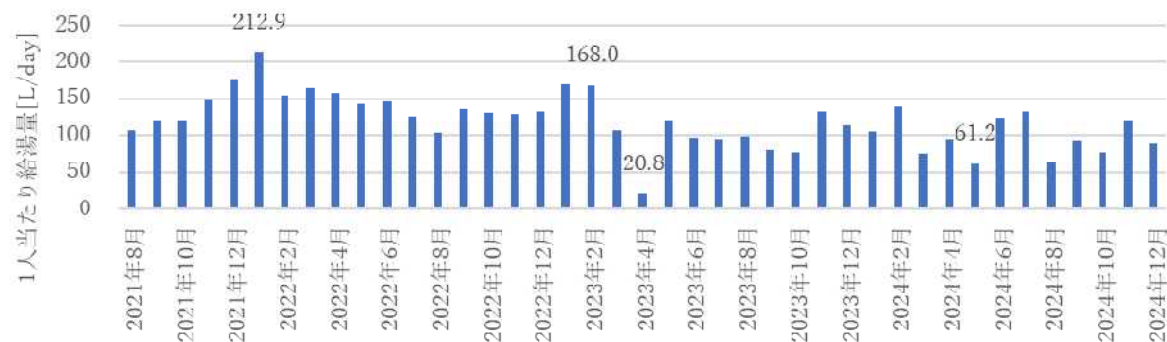


図4 一人当たり給湯量

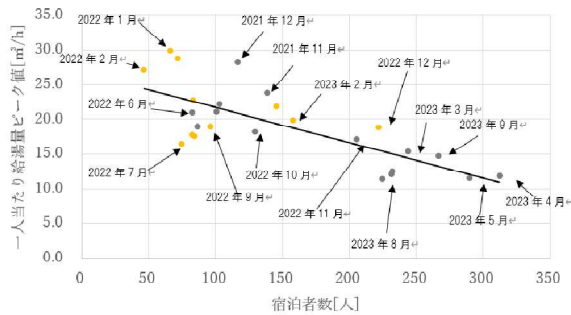


図6 一人当たり給湯量のピーク値

4. 配管熱損失の実測

4. 1 実測方法

BEMS データでの調査の結果熱損失割合が非常に高かったため、実測によっても熱損失割合を見積もった。屋上で給湯タンクから出た横引き管から縦管に分かれ、ハト小屋内に入っている配管に T 熱電対を設置した。設置した配管の本数は 9 本で、それぞれの配管は 2 層から 5 層にわたって湯を供給し戻り配管を経由しタンクに戻る。循環水量は、トータルで 0.49m³/min (0.00817m³/s) である。

実測したのは 2024 年 12 月 2 日から 12 月 26 日で 10 分間隔で往還での測定を行った。

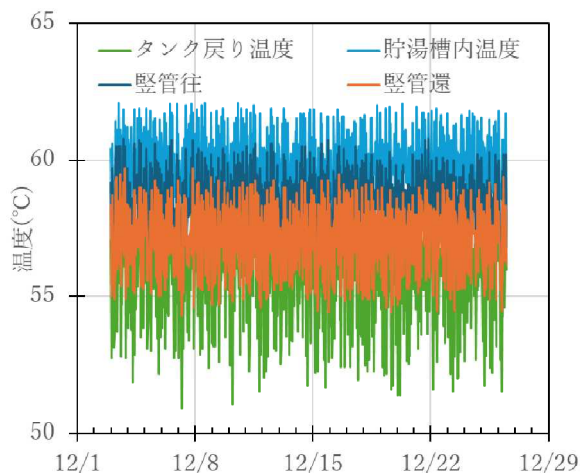


図7 測定結果の例

縦管部分の往還の温度差を用いて、横引き管および縦管からの熱損失を次式で計算した。

$$Q_{\text{hori},i} = \rho_w c_{\text{pw}} V_i (T_{\text{tank}} - T_{\text{in},i}) \dots (3)$$

$$Q_{\text{vert},i} = \rho_w c_{\text{pw}} V_i (T_{\text{in},i} - T_{\text{out},i}) \dots (4)$$

Q_{hori} : 横引き管の熱損失で系統 i に係るもの [kW]、 T_{tank} : 貯湯タンク温度 [°C]、 Q_{vert} : 縦管 i からの熱損失 [kW]、 ρ_w : 水の密度 [kg/m³]、 c_{pw} : 水の比熱 [kJ/kg.K]、 V_i : 縦管 i を通過する水量 [m³/s]、 $T_{\text{in},i}$: 縦管 i への流入温度 [°C]、 $T_{\text{out},i}$: 縦管 i からの戻り温度 [°C] である。

全体の熱損失を求めると 91.5kW となった。これはガスマルチで使用した熱量 184kW の約半分である。

(以下省略)