

3. 設備に関する研究開発

3.1 通風利用による省エネルギー効果等に関する検討

3.1.1 はじめに

通風に関する技術開発に関して、下図のように構成し、検討を進めた。[通風 A]では、建築研究所(つくば市)内の集合住宅試験体ならびに戸建住宅試験体において実施した実証実験結果を分析し、通風の省エネルギー効果の検討を実施した。[通風 B]と[通風 C]は合同で実施し、窓開口部における通風量算定モデルの検討を中心に検討した。[通風 D]では、窓開閉と冷房使用に関して調査を行い、冷房開始温度、窓開け上限温度、冷房時の実現室温の関係について整理した。また、[通風 E]では、集合住宅における通風の省エネ評価法に関して、参照風速ならびに風圧係数差の値を整理している。

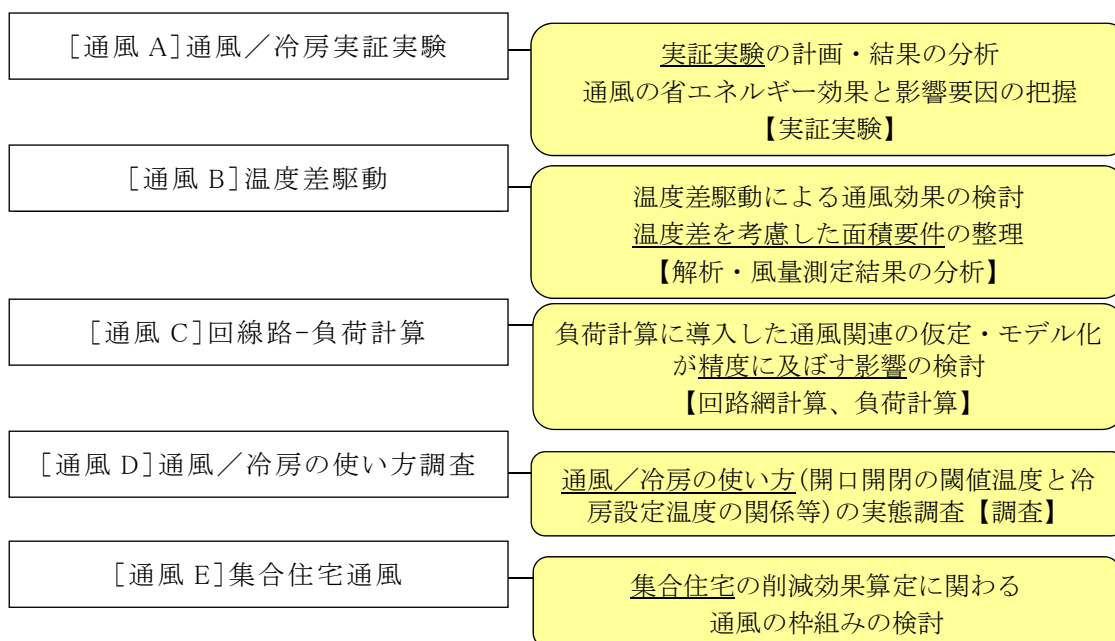


図 3.1.1 通風に関する検討内容と構成

3.1.2 集合住宅試験体の実証実験による省エネルギー効果の検討

これまでに、集合住宅試験体を用いた居住者の生活行動を再現した実験を行い、居住者の通風冷房行為による室内温熱環境や冷房消費電力量への影響、エアコンの運転状況について検討を進めており、通風による体感温度の低減効果を考慮して通風利用の有無により異なる冷房開始室温条件を設定した実験を行い、通風による冷房エネルギー消費削減効果を示してきた¹⁾~³⁾。本項では、その後に追加して実施した冷房開始室温条件での実験結果もあわせて、冷房の使用時間や形成される室内環境の比較を行った。また、通風による排熱量とエアコンの処理熱量を算定し、通風利用の有無による熱処理の分担構造の違いについて検討を行っている。

(1) 実験概要

2007年から2010年の4年間毎年夏期に、RC造3階建て集合住宅の3階の西妻側に位置する住戸(301号室)において実験を実施した(図3.1.2)。本項では301号室居間について分析した結果をまとめる。対象室には、2.8kW機種(定格冷房COP:6.4、最大冷房能力:3.7kW)のエアコンが設置されている。生活スケジュールには、平日パターン(以下、“平日”と記す)、休日に外出するパターン(以下、“外出”と記す)、休日に在宅するパターン(以下、“在宅”と記す)の計3種類を用いている。実験は、通風利用による影響を検討するために、通風利用の有無のみが異なる“通風26℃”、“冷房26℃高”の2条件について行った。条件の主な相違点を表3.1.1に、“通風26℃”における通風経路を図3.1.3に示す。“通風26℃”は、既報³⁾の“通風南北”に相当し、在室時の室温が28℃よりも低い場合には通風を、28℃以上では冷房を使用するものとした。“冷房26℃高”は、既報³⁾の“冷房26℃”に対して冷房開始条件を“通風26℃”と同じ28℃に変更した条件である。通風利用や冷房使用は在室時のみに行われるものとし、主に室中央床上900mmにおいて計測された室温に基づき、起居時については5分ごとに、就寝時については1時間ごとに使用(利用)の可否を判断した。具体的な通風冷房行為の制御条件は、既報³⁾を参照されたい。



図 3.1.2 集合住宅試験体南側外観

表 3.1.1 実験条件

実験条件名称	通風の有無	冷房開始室温条件	エアコンのリモコン設定温度	実施年度			
				2007	2008	2009	2010
通風26°C	有	28°C	26°C	●	●	●	●
冷房26°C高	無				●	●	●

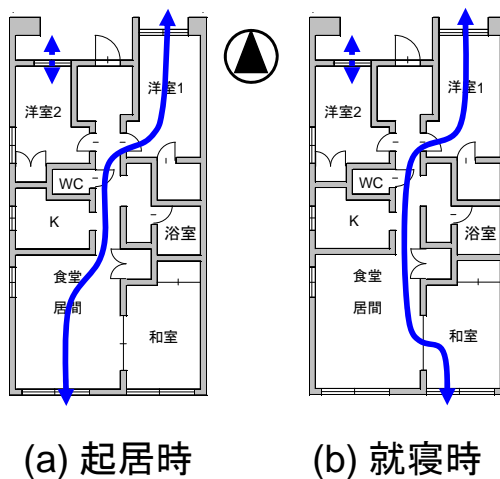


図 3.1.3 通風経路

(2) 計測項目および計測方法

本実験では、環境計測と合わせてエアコンの処理熱量や通風による排熱量を算定するために、室内機の吹き出し・吸い込みの空気温度および相対湿度、送風ファン回転数については5秒間隔で、窓面の通過風速については0.1秒間隔で計測した。計測の詳細については、既報³⁾に詳しい。なお、窓面の通過風速については、2007年～2009年の間は開口面に5つの測定点を設けたが、2010年ではさらに詳細な測定を行なうため、測定点を追加して19点とした。窓面の通過風速について計測位置を図3.1.4に示す。

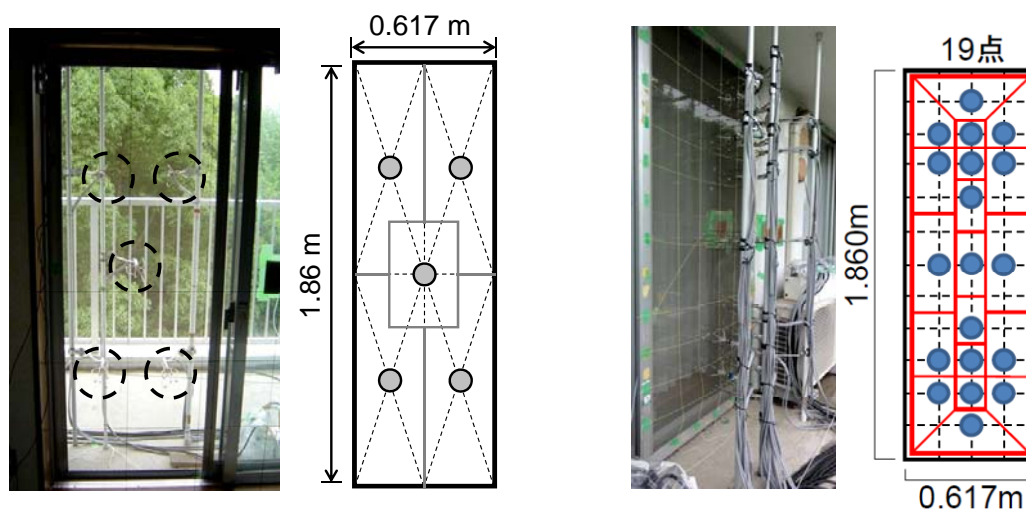


図 3.1.4 開口面通過風速の測定点(左:2007年～2009年, 右:2010年)

(3) 解析方法

1) エアコンの処理熱量

エアコンの処理熱量は、以下の式により求めた。なお、吹き出し風量については、予備実験により送風ファン回転数と吹き出し風量の関係を事前に求めた上で、計測した送風ファン回転数から計算した³⁾。また、解析には計測データを5分で平均した値を用いた。

$$L = \rho_d Q(n) \Delta h \quad (3.3.1)$$

$$\Delta h_t = \Delta h_s + \Delta h_l \quad (3.3.2)$$

$$\Delta h_s = C_{s,i} \theta_i - C_{s,d} \theta_d \quad (3.3.3)$$

$$\Delta h_l = \gamma (x_i - x_d) \quad (3.3.4)$$

$$C_s = C_p + C_v x \quad (3.3.5)$$

$$\rho_d = \frac{1}{0.004555(0.622 + x_d)(273.15 + \theta_d)} \quad (3.3.6)$$

2) 通風による排熱量

通風量は、窓面の通過風速に断面積を乗じて積算することで求めた。ただし、窓面の通過風速には、5分平均値を使用した。

$$Q = \sum_j A_j v_j \quad (3.3.7)$$

通風による排熱量は、式(7)から求まる通風量と内外の空気温度および絶対湿度を用いて、以下の式により求めた。

$$H_t = H_s + H_l \quad (3.3.8)$$

$$H_s = C_{s,r} \rho_r (Q_{ro} + Q_{rc}) \theta_r - C_{s,o} \rho_o Q_{or} \theta_o - C_{s,c} \rho_c Q_{cr} \theta_c \quad (3.3.9)$$

$$H_l = \rho_r \gamma (Q_{ro} + Q_{rc}) x_r - \rho_o \gamma Q_{or} x_o - \rho_c \gamma Q_{cr} x_c \quad (3.3.10)$$

ただし、 $Q_{or} \leq Q_{ro}$ の場合 $Q_{rc} = 0$

$$Q_{cr} = Q_{ro} - Q_{or} \quad (3.3.11)$$

$Q_{ro} \leq Q_{or}$ の場合 $Q_{ro} + Q_{rc} = Q_{or}$

$$Q_{cr} = 0$$

(4) 解析結果

1) 通風利用による冷房時間への影響

3 種類の生活スケジュールのうち“平日”の実験結果を用いて、日積算冷房時間と日平均外気温度の関係について整理した結果を図 3.1.5 に示す。なお、“平日”の生活スケジュールでは 1 日の延べ在室時間数は 720 分であり、この時間数が冷房時間の最大値となる。また、通風冷房行為の出現割合を外気温度別に図 3.1.6 に、時刻別に図 3.1.7 に示す。ここで、通風冷房行為の出現割合とは、在室時間に対する各通風冷房行為が出現した時間のパーセンテージを外気温度別あるいは時刻別に求めたものである。なお、延べ在室時間は“通風 26℃”では 15,120 分、“冷房 26℃高”では 11,520 分であった。また、出現した在室時の通風冷房行為は、“通風 26℃”では“冷房”と“通風”、“冷房 26℃高”では“冷房”と“閉鎖”であった。

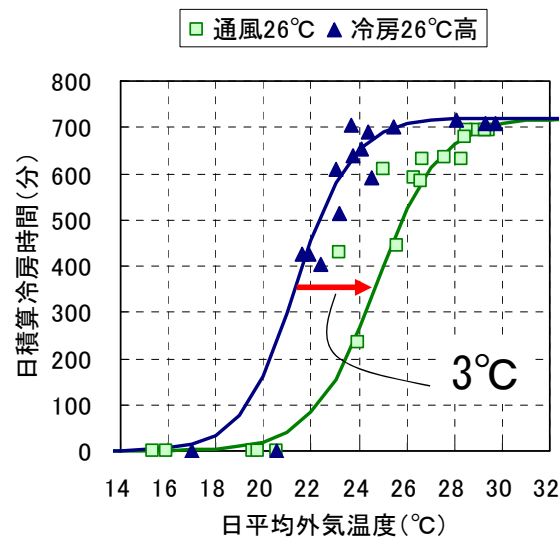
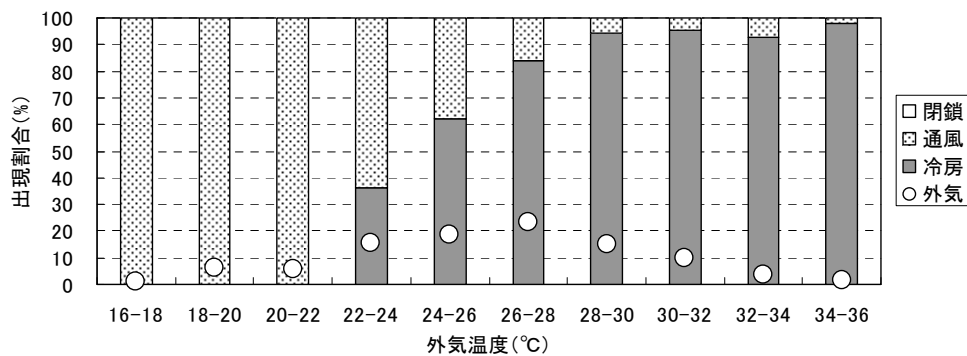
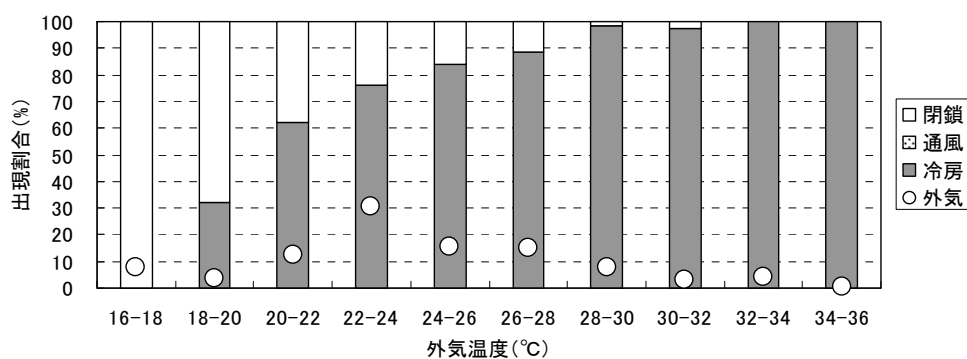


図 3.1.5 日平均外気温度と日積算冷房時間との関係(平日スケジュール)

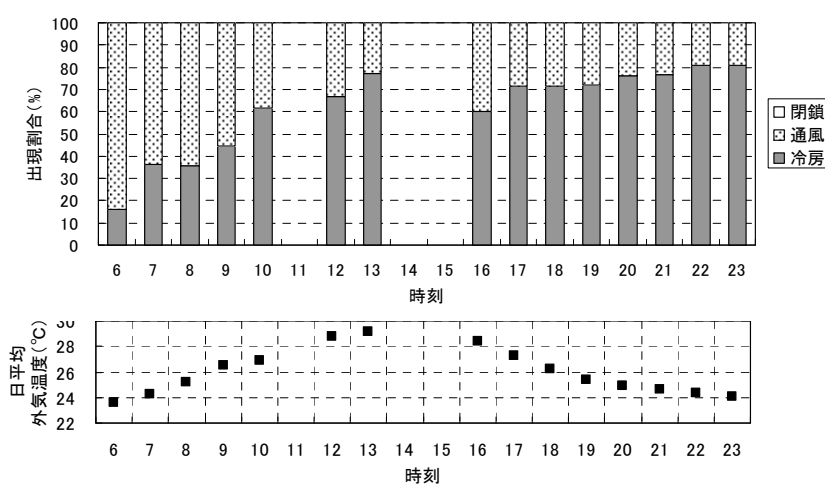


(a) 通風 26℃ (在室時)

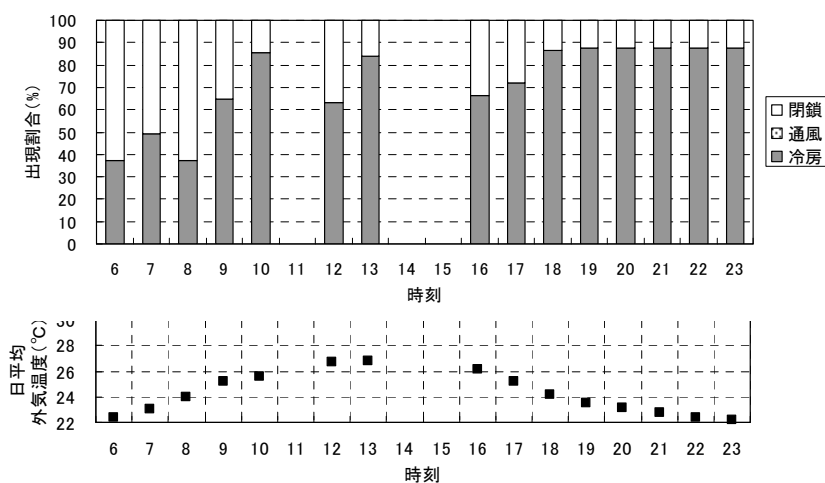


(b) 冷房 26°C 高 (在室時)

図 3.1.6 在室時における通風冷房行為の外気温度別出現割合



(a) 通風 26°C (在室時)



(b) 冷房 26°C 高 (在室時)

図 3.1.7 在室時における通風冷房行為の外気温度別出現割合

“通風 26°C”における日積算冷房時間の日平均外気温度に対する分布は、図 3.1.5 のように“冷房 26°C 高”を 3°C 程度左へシフトしたものとなった。また、“通風 26°C”では、図 3.1.6 に示すように外気温度が 22°C よりも低い温度帯では通風のみの利用であった。外気温度が 2

2℃を境に冷房の使用が発生し、28℃以上では在室時間の 90%以上において冷房が使用された。一方で、"冷房 26℃高"では、"通風 26℃"に比べて外気温度が低い範囲においても冷房の使用がみられた。また、図 3.1.7 の時刻別の出現割合は、朝方から昼にかけて外気温度の上昇とともに冷房の使用が増加する傾向が共通してみられたが、冷房の割合は"冷房 26℃高"よりも"通風 26℃"の方が常に小さかった。一方、夕方以降の時間帯では、時刻とともに外気温度が低下するものの、冷房使用の割合は増加する傾向があり、冷房時間の約 7 割が夕方以降の時間帯で発生した。これは、14 時～15 時の不在時に日射侵入熱が蓄熱されることや、夕方以降の時間帯においては、夕食の準備、食事や家族団らんなどが行われるため、内部発熱が大きくなることが原因としてあげられる。また、夕方以降の時間帯における冷房使用の割合は、"冷房 26℃高"に比べて"通風 26℃"の方が 10%程度低かった。

以上の結果から、冷房使用の抑制に対して通風による内部発熱の排出が効果的に働いていることが示された。一方で、不在時における室内への蓄熱が原因となり、夕方以降の時間帯において冷房使用が生じていることが推察された。従って、通風(自然換気)による排熱効果を不在時に有効活用することができれば、室温上昇を緩和し、外気温度の低下する夕方以降の時間帯において冷房使用の抑制を助長する効果が期待できると考えられる。

2) 通風利用による在室時の室内温湿度環境への影響

在室時の室内温湿度環境について、居間(床上 900mm)において計測した 5 分ごとの瞬時データにより整理し、図 3.1.8 に示す。また、在室時における居間(床上 900mm)の空気温度および絶対湿度について外気との相関を 5 分ごとの瞬時データにより整理した結果を図 3.1.9 および図 3.1.10 に示す。加えて、"通風 26℃"について、居間(床上 900mm)の空気温度および絶対湿度の出現割合を外気温度別および絶対湿度別に通風時と冷房時に分けて図 3.1.11 および図 3.1.12 に示す。なお、延べ通風時間は 5,305 分、延べ冷房時間は 9,815 分であった。また、解析には前項と同様に"平日"の実験結果を用いた。

室内環境については、図 3.1.6 のように通風時には室温 22℃～30℃、相対湿度 50%～80% に対して、冷房時には室温 24℃～26℃、相対湿度 40%～70%であり、特に通風時には高温高湿の環境となる場合がみられた。空気温度については、通風時には図 3.1.9-(a) および図 3.1.11-(a) のように外気よりも室内の方が高くなることが多く、また、外気温度との相関がみられた。一方で、冷房時については図 3.1.9-(a) および図 3.1.11-(b) のように外気温度との相関はみられず、24～26℃の範囲に集中した。また、冷房時の室内空気温度が 26℃以上となる状況も発生したが、その割合は図 3.1.11-(b) のように外気温度が高くなるにつれて大きくなった。これは、外気温度が高いほど、不在時における室温上昇が大きく、結果として起ちり運転時の室温が高くなるためである。室内絶対湿度については、通風時には図 3.1.10-(a) のように外気との相関がみられ、図 3.1.12-(a) のように外気温度と同程度となる状況が多く発生した。一方で、冷房時には図 3.1.10-(a) のように空気温度に見られたある範囲に集中して分布するという傾向はうかがえず、エアコンの湿度制御が成り行きで行なわれている様子が確認できた。また、冷房時には除湿の効果により外気よりも室内の方が低くなるものがほとんどであるが、図 3.1.12-(b) のように外気湿度が高くなるにつれて発生する湿度区分の割合が高い側にシフトした。これは、エアコンが処理できない潜熱が外気湿度の上昇に伴って多くなり、室内湿度が上昇したためと推察される。

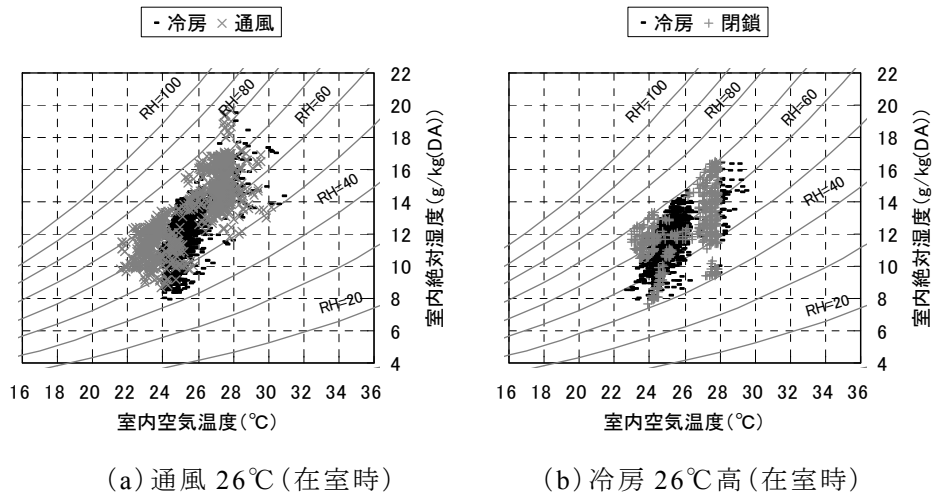


図 3.1.8 居間における在室時の室内温湿度環境

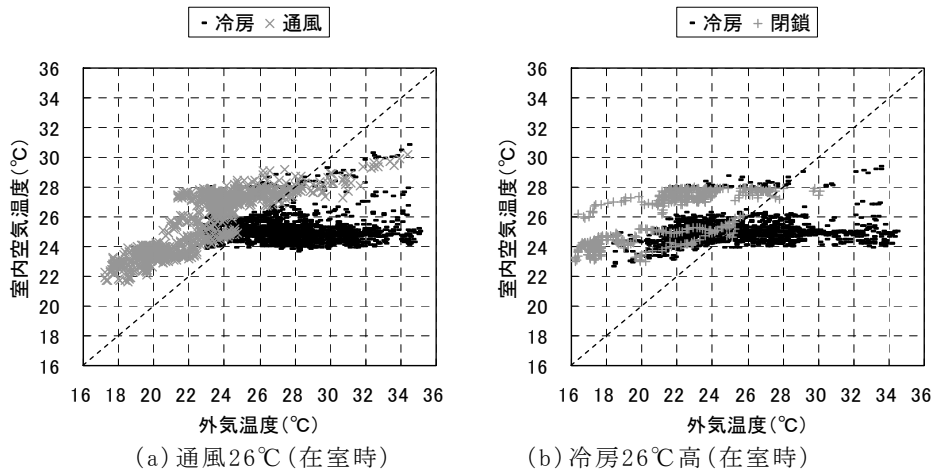


図 3.1.9 居間における在室時の室内空気温度と外気温度との相関

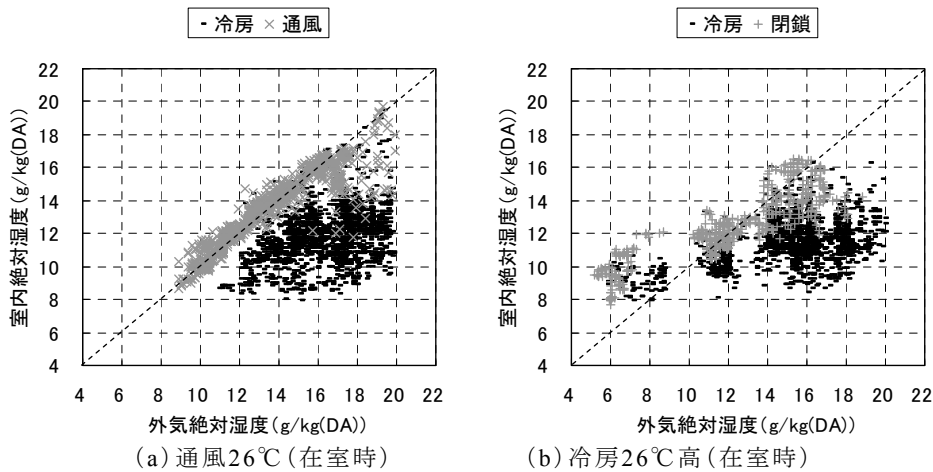
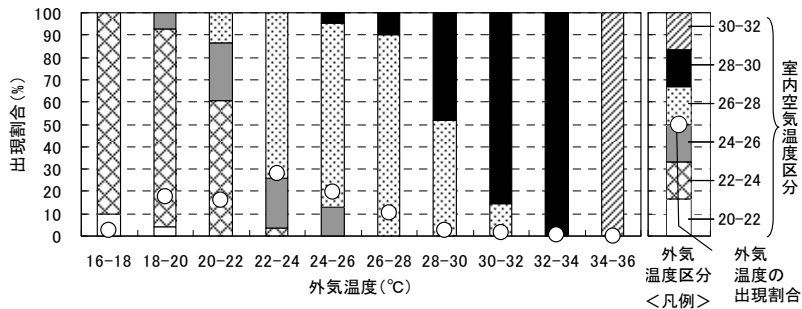
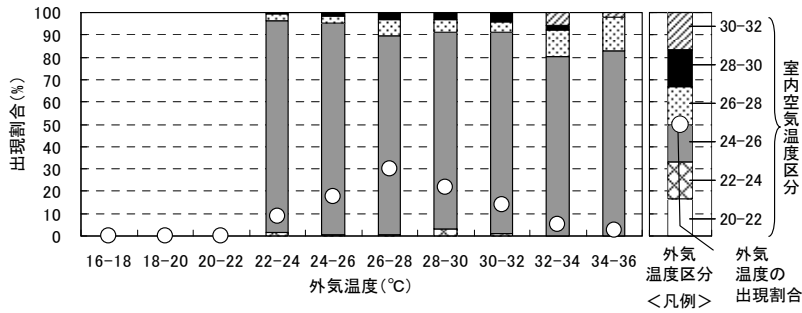


図 3.1.10 居間における在室時の室内絶対湿度と外気絶対湿度との相関

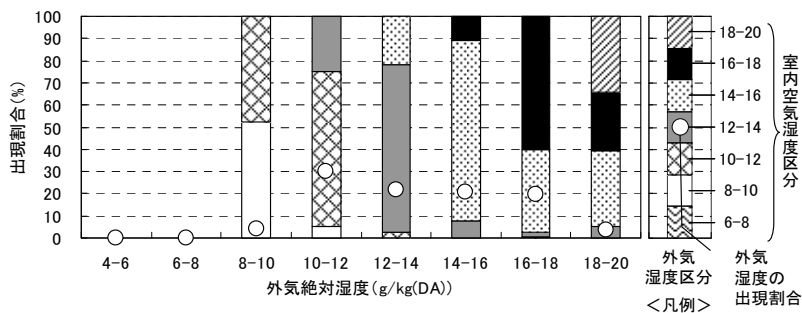


(a) 通風 26°C (通風時)

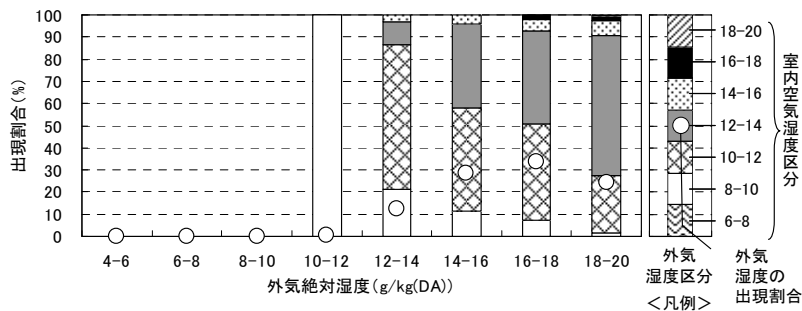


(b) 通風 26°C (冷房時)

図 3.1.11 通風冷房行為ごとの室内空気温度の外気温別出現割合



(a) 通風 26°C (通風時)



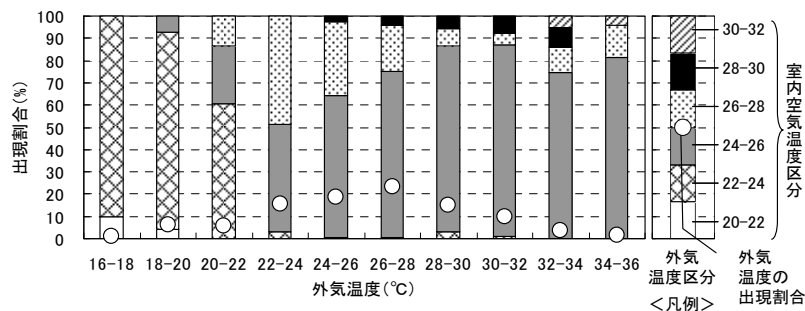
(b) 通風 26°C (冷房時)

図 3.1.12 通風冷房行為ごとの室内絶対湿度の外気絶対湿度別出現割合

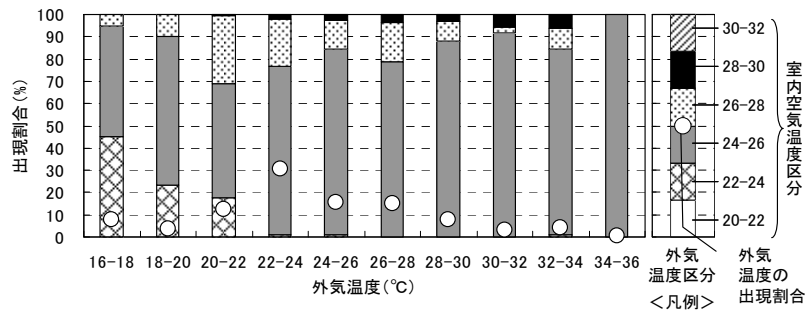
次に、居間(床上 900mm)の空気温度および絶対湿度の出現割合を外気温度および絶対湿度別に“通風 26°C”と“冷房 26°C高”に分けて図 3.1.13 および図 3.1.14 に示す。解析には前項と同様に“平日”の実験結果を用いた。

室内環境については、図 3.1.8 のように“通風 26°C”では室温 22°C～30°C、相対湿度 40%～80%に対して、“冷房 26°C高”冷房時には室温 23°C～30°C、相対湿度 40%～70%であった。特に室温が 26°C以上の範囲では“通風 26°C”と“冷房 26°C高”の間に違いがみられ、“通風 2

6℃”において湿度の高い状況が発生した。また、“冷房 26℃高”における閉鎖時には、“通風 26℃”における通風時と同様に高温高湿の環境となる場合がみられた。室内空気温度は、図 3.1.13 に示すように通風を利用する“通風 26℃”の方が“冷房 26℃高”よりも全般的に高い温度区分が出現する割合が大きかった。また、上述のように冷房時の室内空気温度は 24～26℃の範囲にあることが多いが、図 3.1.13 において“通風 26℃”では外気温度の上昇に伴いその範囲が増加する傾向が見られたのに対し、“冷房 26℃高”では外気温度との関係性はうかがえなかった。一方、室内絶対湿度は、“冷房 26℃”は“通風 26℃”よりも冷房の使用頻度が高いことから、図 3.1.14 に示すように在室時において外気よりも室内の方が高くなる割合は低かった。しかし、内外の湿度差は図 3.1.10 のように“通風 26℃”では通風時において 2g/kg(DA)程度であるのに対し、“冷房 26℃高”では閉鎖時において最大で 4g/kg(DA)程度と大きくなる状況が観察された。このことは、通風利用を行なう住宅では外気に由来する潜熱負荷の増大が懸念されることがあるが、通風利用を行なわない住宅における閉鎖時の内部発湿による湿度上昇の方が潜熱負荷の増大に対して影響が大きい可能性があることを示唆している。



(a) 通風 26℃ (在室時)



(b) 冷房26℃高 (在室時)

図 3.1.13 実験条件ごとの室内空気温度の外気温度別出現割合

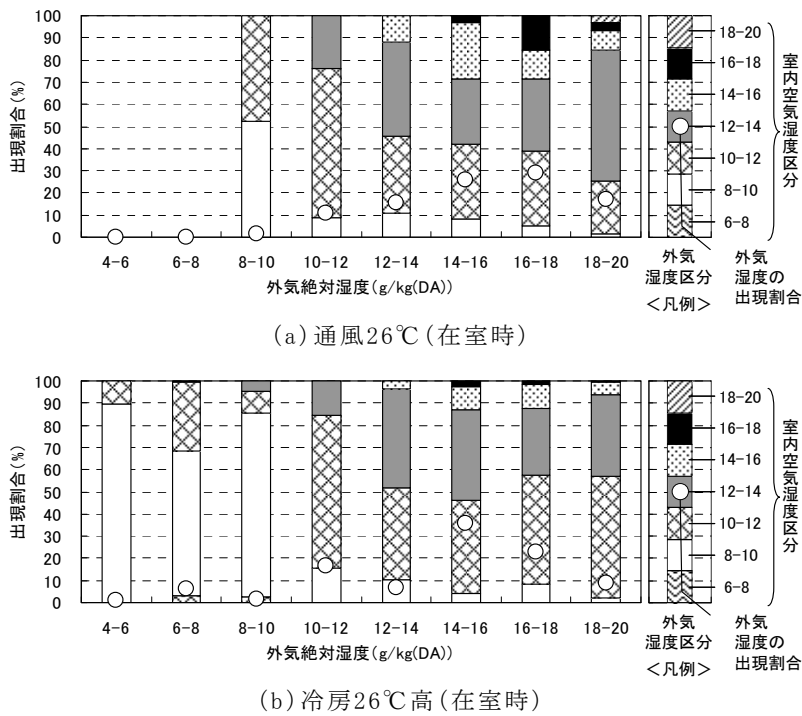
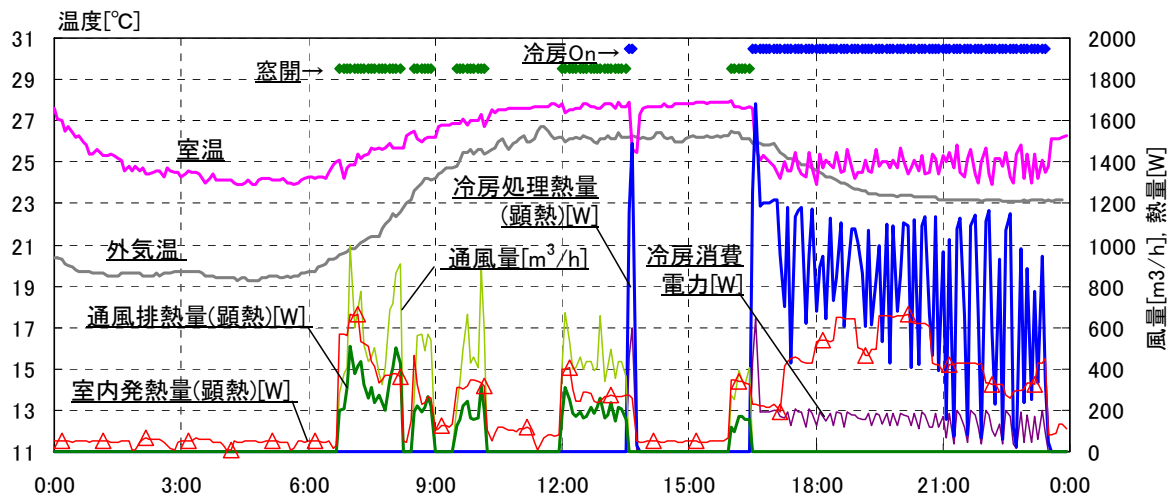


図 3.1.14 実験条件ごとの室内絶対湿度の外気絶対湿度別出現割合

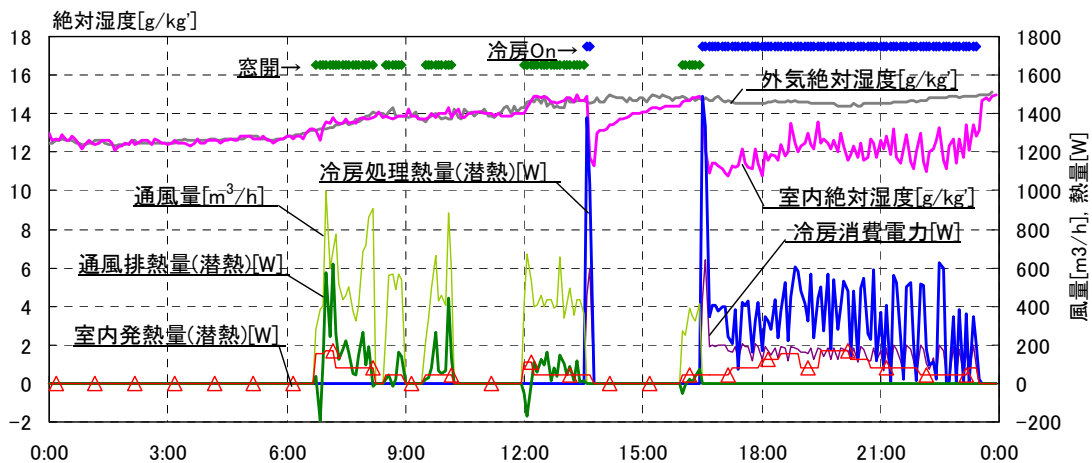
3) 通風による排熱量とエアコンの処理熱量

前々項では、通風による排熱効果が冷房使用抑制に寄与していることが推察された。本項では、通風による排熱量とエアコンの処理熱量を分析し、通風利用の有無による熱処理の分担構造の違いについて検討する。

実験条件が“通風 26°C”、生活スケジュールが“平日”であった 2007 年 9 月 19 日の居間における通風による排熱量とエアコンの処理熱量を 5 分平均値により顕熱と潜熱に分けて図 3.1.15 に示す。図に示す日は、朝方から昼にかけて通風が、夕方以降は冷房が主に使用された。通風時の排熱量は顕熱で 200~400W 程度であり、同時刻の室内発熱量より若干少ないか、もしくは同程度の熱量が室内から屋外へ排出されていた。また、冷房時の処理熱量は、顕熱で 400~1200W 程度であり、通風による排熱量の 2~3 倍程度の熱量が除去された。一方、潜熱については、通風開始直後に 200W 程度の熱量が屋外から室内へ流入するものの、開始直後を除く時刻では室内から屋外へと排出されていた。その熱量は 200~600W 程度であり、午前中の時間帯では内部発湿量よりも多い熱量が室内から屋外へ排出されていた。また、冷房時には、200~500W 程度の熱量が処理されており、その結果、絶対湿度は外気に比べると室内の方が 2g/kg(DA)程度低く保たれていた。



(a) 顕熱



(b) 潜熱

図 3.1.15 通風による排熱量およびエアコンの処理熱量の経時変化
(2007/9/19, ”通風 26°C”, 平日スケジュール)

また、通風による排熱量を 15 分積算値で図 3.1.16 に、外部の風向・風速について 5 分瞬時値で図 3.1.17 に示す。なお、排熱量および通風量は正の場合は居間からの流出、負の場合は居間への流入を意味している。排熱量については、室内から屋外への移流分と屋外から室内への移流分との差は小さく、前者の方が約 1～6%程度大きかった。顕熱と潜熱の比は 4:6 であり、潜熱の方が多かった。また、図 3.1.17 のように、6 時から 8 時にかけて西～北の風が卓越しており、風速は 1.5m/s 程度であった。この時、図 3.1.16 のように居間の窓では室内から屋外へ向かう流れが優位となる。従って、風力を駆動力とする換気が支配的であることが推察され、北側に位置する洋室 1 の窓から流入した風は、廊下を通じて居間へ到達すると思われる。一方で、午後は東～南南東の風が卓越しており、風速は 2.0m/s 程度であった。この時、図 3.1.16 に示すように居間の窓における通風量は流入分の方が流出分に比べて大きい、その差はあまり大きくなかった。これは、実験住戸は集合住宅の西妻側に位置していることから、外部風向が東寄りの場合には外壁に沿う流れが形成されるためである。従って、温度差を

駆動力とする換気が支配的であると推察される。卓越風の異なる上記の時間帯において排熱量を比較すると正味の空気交換量 ($|Q_{ro}| + |Q_{or}|$) が同程度であればその差異は小さいことから、温度差換気による排熱は風力換気によるそれと同等の効果を有していると考えられる。

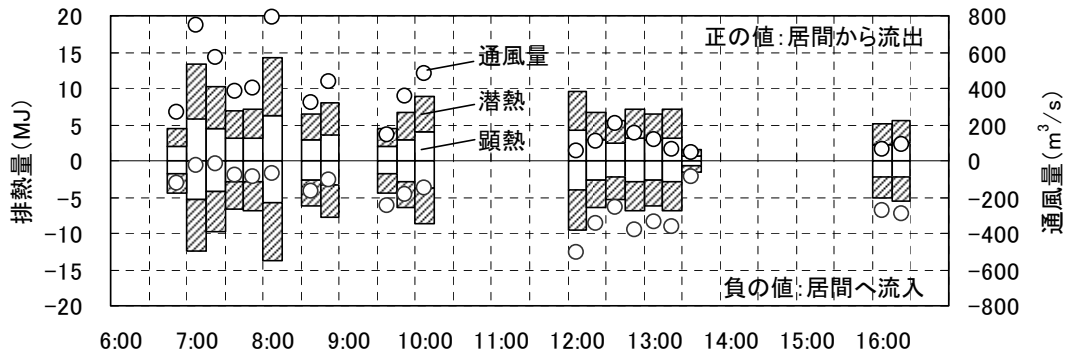


図 3.1.16 通風による排熱量の経時変化(2007/9/19、“通風 26℃”、平日スケジュール)

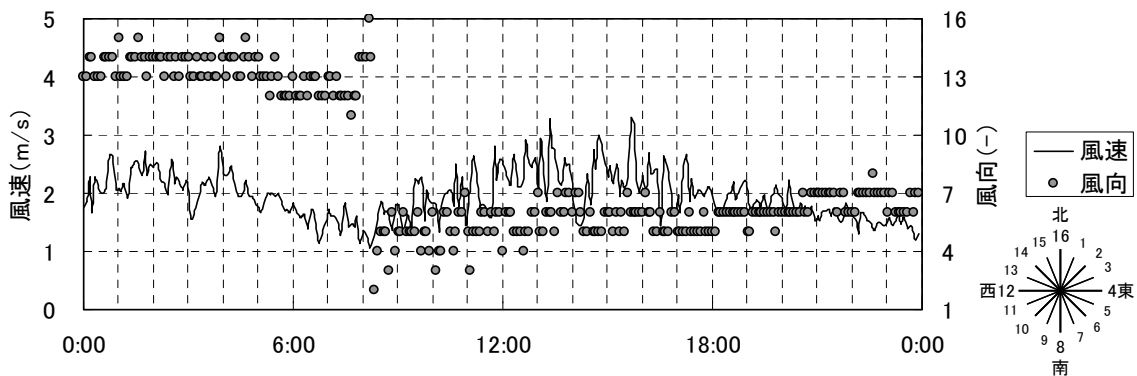


図 3.1.17 外部の風向・風速の経時変化(2007/9/19、“通風 26℃”、平日スケジュール)

図 3.1.18 に“平日”の計測データを用いて日積算排熱量および日積算処理熱量を算出した結果を示す。“通風 26℃”において日平均外気温度が 24℃以下の範囲で通風による排熱が行なわれ、全熱で最大 10MJ 程度であった。また、“通風 26℃”における通風による排熱量(図 3.1.18-(a)中の□)とエアコンの処理熱量(図 3.1.18-(a)中の■)との和が“冷房 26℃高”におけるエアコンの処理熱量(図 3.1.18-(a)中の▲)と同程度であることから、日平均外気温度が 24℃以下の範囲では通風が熱処理の一部を分担する構造になっていると考えられる。また、“通風 26℃”の潜熱処理熱量(図 3.1.18-(b)中の■)は“冷房 26℃高”(図 3.1.18-(b)中の▲)と同程度か、あるいは小さくなる傾向がみられた。上述のように通風開始直後において潜熱が屋外から室内へ流入する状況もみられるものの、日単位ではその影響は極めて小さく、また、排湿の効果により潜熱処理熱量が減少したと考えられる。

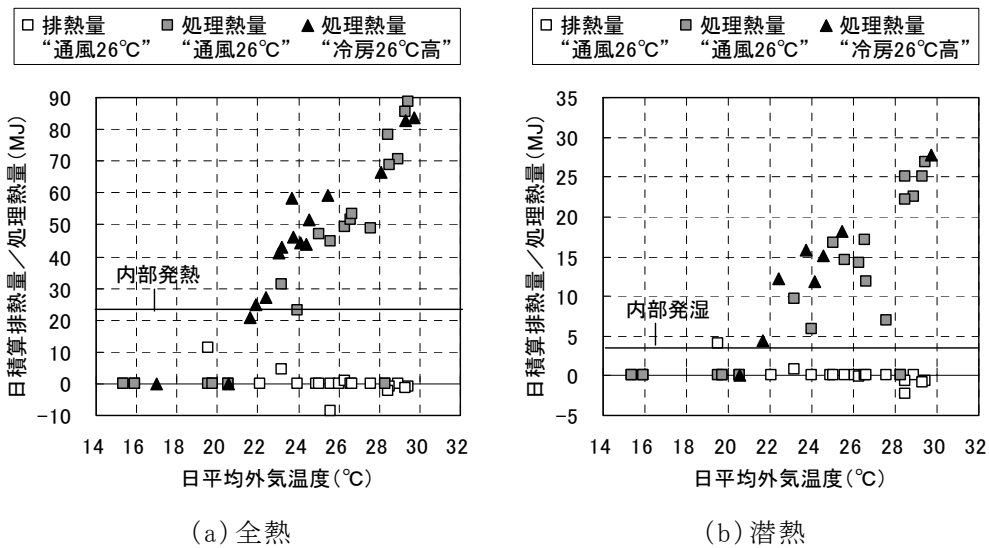


図 3.1.18 日積算排熱量および日積算処理熱量と日平均外気温との関係

日平均外気温度 ($\bar{\theta}_o$) と日積算排熱量 (H_t) あるいは日積算処理熱量 (L_t) との関係から近似式を生活スケジュール別に作成し、居間を対象として 7 月から 9 月における期間積算排熱量および処理熱量を推計した。推計に用いた近似式を表 3.1.2 に、日平均外気温度を図 3.1.19 に示す。推計に用いた日平均外気温度は、過去 10 年間に於いて冷夏であった 2003 年、猛暑であった 2010 年と平年 (1971~2000 年) のアメダス気象データ(つくば)である。また、推計結果を月別に図 3.1.20、対象年別に図 3.1.21 に示す。なお、図の上部に記した () 内の数値は“冷房 26°C 高”を 100 とした場合の“通風 26°C”の期間積算処理熱量を意味する。

表 3.1.2 推計に用いた近似式

実験条件		近似式	R ₂ 値	近似式作成に用いたデータの数	
通風26°C	通風の排熱量	平日	$H_t = -1.22 \bar{\theta}_o + 33.74$	0.93	8
		外出	$H_t = -0.72 \bar{\theta}_o + 19.75$	0.95	8
		在宅	$H_t = -1.54 \bar{\theta}_o + 44.05$	0.96	8
	エアコンの処理熱量	平日	$L_t = 9.12 \bar{\theta}_o - 187.99$	0.92	14
		外出	$L_t = 5.94 \bar{\theta}_o - 135.43$	0.84	14
		在宅	$L_t = 9.97 \bar{\theta}_o - 205.80$	0.91	13
冷房26°C高	エアコンの処理熱量	平日	$L_t = 6.80 \bar{\theta}_o - 117.94$	0.93	15
		外出	$L_t = 3.35 \bar{\theta}_o - 62.81$	0.94	13
		在宅	$L_t = 6.53 \bar{\theta}_o - 112.87$	0.92	14

図 3.1.19 推計に用いた日平均外気温度(アメダス気象データ つくば)

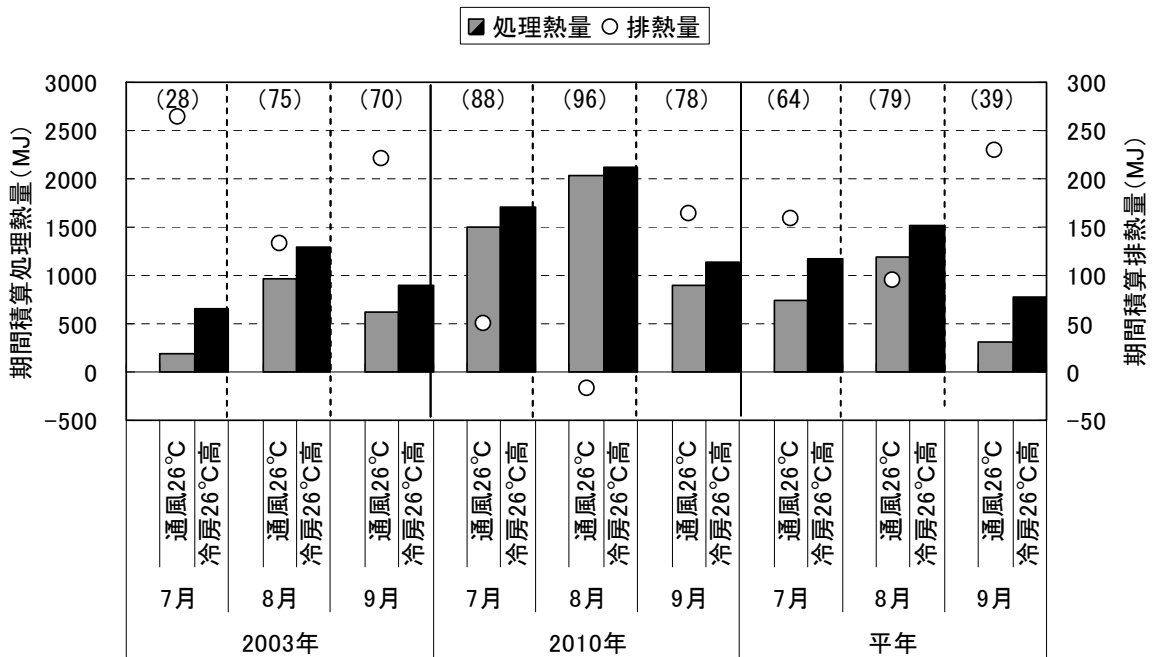
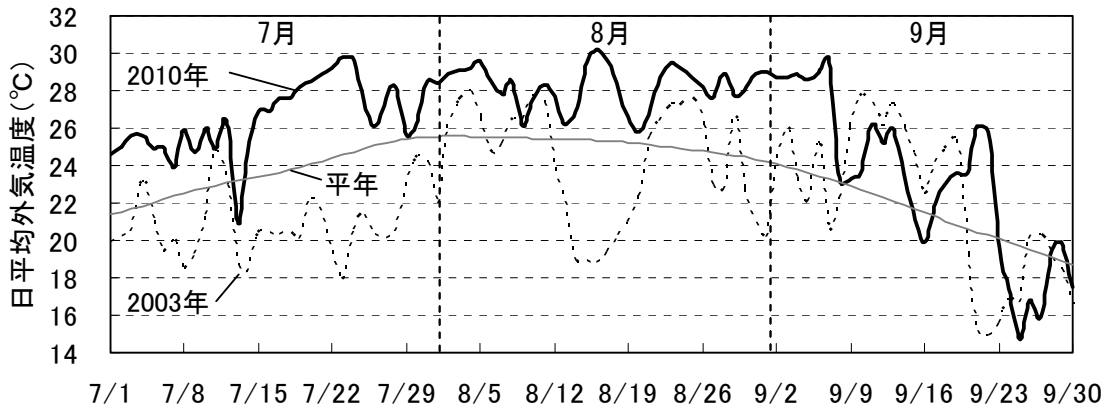


図 3.1.20 通風による排熱量およびエアコンの処理熱量の月別推計結果
 (()内の数値は"冷房 26°C高"を 100 とした時の値)

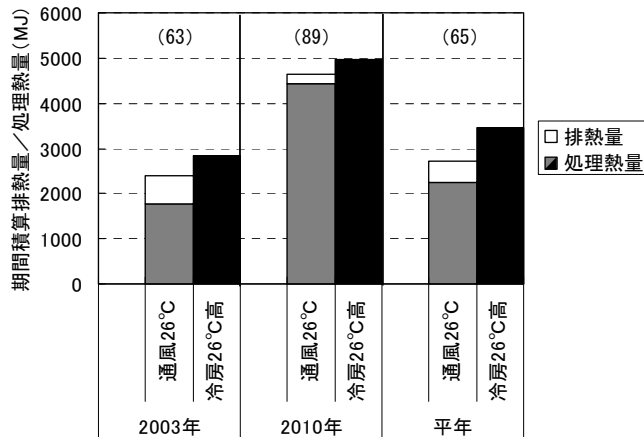


図 3.1.21 通風による排熱量およびエアコンの処理熱量の年別推計結果
 (()内の数値は"冷房 26°C高"を 100 とした時の値)

2003年は特に7月において平年よりも涼しく、通風による排熱量は263MJと比較対象の中で最大となり、また、通風利用による処理熱量の削減効果は平年では36%であるのに対して72%と大きかった。8月については、いずれの条件においても削減効果が最も小さくなるが、特に猛暑であった2010年では通風利用により18MJの熱取得が生じる結果となった。9月については、平年では通風利用による処理熱量の削減効果が60%と他の月と比べて大きくなるが、2003年と2010年は残暑が厳しかったことからその効果は小さく、2003年は30%、2010年は22%に留まった。7月から9月の3ヶ月間では通風利用による処理熱量の削減効果は、2003年で37%、2010年で11%、平年で35%となった。また、削減量に対して通風による排熱量が占める割合は、2003年で58%、2010年で37%、平年で40%となった。冷夏であった2003年の削減効果が平年並みとなったのは、9月の残暑が厳しかったために7月に生じた削減効果の増大が相殺されたことに因る。また、2010年のような猛暑では初夏や晩夏において通風を防暑法として利用することは難しく、通風による削減効果はほとんど期待できないと言える。

(5) まとめ

本論文では、冷房開始室温条件を揃えた条件を追加して実験を行い、形成される室内環境や冷房の使用時間について通風利用の有無による違いを比較した。また、通風による排熱量とエアコンの処理熱量を算定し、通風利用の有無による熱処理の分担構造の違いについて検討した。一連の検討により得られた知見を以下に示す。

- ①同じ日積算冷房時間で比較した場合、その時の日平均外気温度は“通風 26℃”の方が“冷房 26℃高”より3℃程度低かった。
- ②朝方から昼間にかけては外気温度の上昇に合わせて冷房使用の割合が増加した。一方、夕方以降の時間帯では外気温度が低下するものの、冷房使用の割合は増加する傾向にあった。この原因として、外出時における日射侵入熱の蓄熱や夕食準備や家族団らんに起因する内部発熱の増加が考えられた。
- ③夕方以降の時間帯における冷房使用の割合は、“冷房 26℃高”に比べて“通風 26℃”の方が10%程度低く、通風による内部発熱の排出が効果的に働いていることが確認された。
- ④冷房時の室内絶対湿度は、外気湿度が高くなるにつれてエアコンが処理できない潜熱が多くなり、発生する湿度区分の割合が高い側にシフトした。
- ⑤内外の絶対湿度差は通風時よりも閉鎖時において大きくなることが観察された。このことから、通風利用を行なう住宅では外気に由来する潜熱負荷の増大が懸念されることがあるが、通風利用を行わない住宅における閉鎖時の内部発熱による湿度上昇の方が潜熱負荷の増大に対して影響が大きい可能性があることが示唆された。
- ⑥通風による排熱量については、室内から屋外への移流分が屋外から室内への移流分よりも約1~6%程度大きく、顕熱と潜熱の比は4:6であった。また、正味の空気交換量が同程度であれば卓越風向による差異は小さいことから、温度差換気による排熱は風力換気によるそれと同等の効果を有していると考えられた。
- ⑦“通風 26℃”の潜熱処理熱量は“冷房 26℃高”と同程度か、あるいは小さくなる傾向がみられた。このことから、通風開始直後において潜熱が屋外から室内へ流入する状況もみられるものの、日単位ではその影響は極めて小さく、また、排湿の効果により潜熱処理熱量が減少したと考えられた。

⑧日平均外気温度と日積算排熱量あるいは日積算処理熱量との関係から居間を対象として7月から9月における期間積算排熱量および処理熱量を推計した。通風利用による処理熱量の削減効果は、2003年で37%、2010年で11%、平年で35%となった。また、削減量に対して通風による排熱量が占める割合は、2003年で58%、2010年で37%、平年で40%となった。

記号

A_j	: 窓の断面 j の面積 [m^2]
v_j	: 窓の断面 j における通過風速 [m/s]
C_p	: 乾き空気の定圧比熱 (=1.00) [$kJ/kg^{\circ}C$]
C_s	: 湿り比熱 [$kJ/kg(DA)^{\circ}C$]
C_v	: 水蒸気の定圧比熱 (=1.84) [$kJ/kg^{\circ}C$]
Δh	: 比エンタルピー差 [$kJ/kg(DA)$]
L	: 処理熱量 [kW]
n	: ラインファン回転数 [-]
θ	: 空気の乾球温度 [$^{\circ}C$]
x	: 空気の絶対湿度 [$kg/kg(DA)$]
$Q(n)$: 吹き出し風量 [m^3/s]
ρ	: 湿り空気の密度 [$kg(DA)/m^3$]
γ	: $0^{\circ}C$ における水蒸気の蒸発潜熱 (=2501.6) [kJ/kg]
H	: 通風による排熱量 [W]
Q_{ab}	: a から b へ移動する空気の量 [m^3/s]
添え字	i : エアコンの吸い込み、 d : エアコンの吹き出し、 s : 顕熱、 l : 潜熱、 t : 全熱、 r : 居間、 o : 屋外、 c : 廊下

参考文献

- 1) 澤地孝男、堀祐治、細井昭憲、前真之、秋元孝之、桑沢保夫、三浦尚志、三木保弘、田島昌樹、齋藤宏昭、戸倉三和子、西澤繁毅、羽原宏美、青木正諭、宇梶正明：省エネルギー効果検証を目的とした生活模擬手法を含む実験手法の提案：住宅のための省エネルギー手法の実験的評価に関する研究その1、日本建築学会環境系論文集、第621号、pp.69-76、2007.11
- 2) 三浦尚志、羽原宏、美澤地孝男、細井昭憲：回転数計測装置による家庭用ルームエアコンディショナの室内機吹出風量の計測、日本建築学会技術報告集、第28号、pp.509-512、2008.10
- 3) 羽原宏美、三浦尚志、細井昭憲、西澤繁毅、澤地孝男：夏期および中間期における通風冷房行為の再現によるRC集合住宅の室内温熱環境および冷房消費電力量に関する研究住宅のための省エネルギー手法の実験的評価に関する研究 その2、日本建築学会環境系論文集、No.633、pp.1321-1329、2008.11

3.1.3 戸建住宅試験体の実証実験による省エネルギー効果の検討

戸建住宅試験体に、人体、家電機器等の発熱・発湿を模擬する装置を設置し、窓の自動開放閉鎖機構、エアコンディショナーの発停制御とあわせて、コンピュータにより制御を行い、戸建住宅における通風による冷房消費エネルギー削減効果の検証を実施した。

(1) 実験概要

通風／冷房行為の再現実験を、2011年7月17日から10月10日にかけて、独立行政法人建築研究所内の戸建住宅試験体(図3.1.22)において実施した。図3.1.23に平面図を示す。戸建住宅試験体は木造2階建、昭和55年相当の断熱性能となっている。



図 3.1.22 戸建住宅試験体外観(南側)

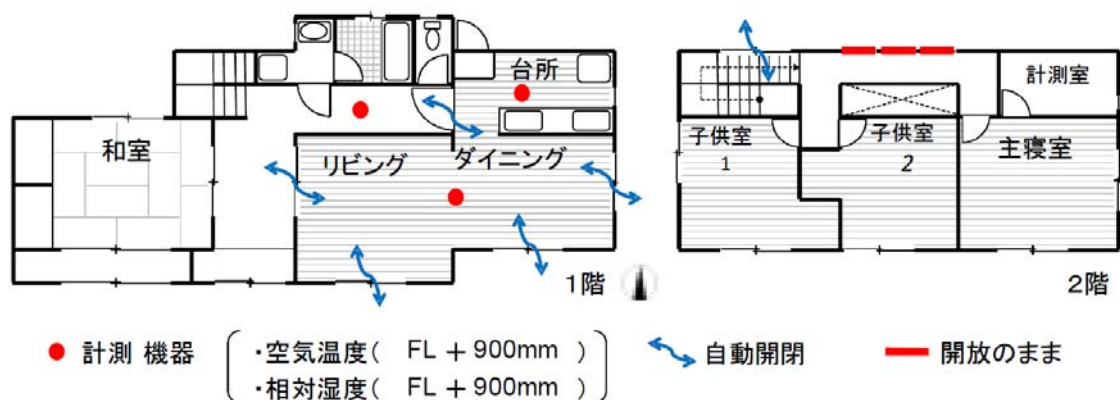


図 3.1.23 戸建住宅試験体平面概略図

本項では、リビング・ダイニングを対象として検討した結果について示す。NHK 生活時間調査の結果を基に作成した 5 人世帯の生活スケジュールに基づき、発熱発湿模擬装置、家電機器、照明等の自動制御スケジュールを設定し、温熱環境及び消費電力量を再現した。図 3.1.24 に、リビング・ダイニングにおける在室状況を示す。生活スケジュールは「平日」「休日外出」「休日外出」の 3 パターンである。

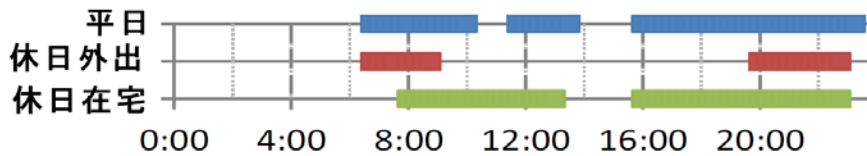


図 3.1.24 リビング・ダイニングの在室状況

通風冷房モードの概要を表 3.1.3 に示す。通風冷房行為の決定条件は「冷房 27℃」「冷房 29℃」「通風 27℃」の 3 つのモードを設定し、各決定条件に基づき窓・扉の自動開閉、冷房の発停を行う。「冷房 27℃」、「冷房 29℃」では、室温が冷房開始温度に達したとき設定温度で運転を開始し、不在となるまで運転を続けるものとした。また、「通風 27℃」では、表 3.1.4 に示す決定条件によって、通風と冷房を使い分ける設定としている。

表 3.1.3 通風冷房モードの概要

モード名	通風	冷房		備考
		設定温度	開始温度	
冷房27℃	なし	27℃	27℃	基準温度
冷房29℃	なし	29℃	29℃	設定温度による冷房エネルギー削減効果
通風27℃	20<室温<29	27℃	29℃	通風利用による冷房エネルギー削減効果

表 3.1.4 「通風 27℃」における通風冷房行為の決定条件

現在の 在室状況	現在の 外部風速	1ステップ前 の在室状況	1ステップ前 の行為	現在の 室温Ta	行為	
					窓・扉	冷房
不在	-	-	-	-	閉	オフ
在室	10m/s以上	-	-	Ta<29	閉	オフ
				29≤Ta	閉	オン
	10m/s未満	不在	-	Ta≤20	閉	オフ
				20<Ta	開	オフ
		在室	-	冷房	閉	オン
				冷房以外	Ta≤20	閉
			20<Ta<29	開	オフ	
			29≤Ta	閉	オン	

(2) 結果及び考察

1) 通風冷房モード別の時刻変動

通風冷房行為が室内温熱環境に及ぼす影響を確認する。通風冷房モード別の時刻変動を図 3.1.25～図 3.1.27 に示す。図 3.1.27 において早朝などの涼しい時間帯について、夏期においても冷房を使用せず通風のみで温熱環境を改善できる状況が示されている。また、冷房運転開始後は、どのモードにおいても室内温度はすぐに設定温度±1～2℃程度で安定して推移する状況が確認できる。

冷房消費電力に関しては、冷房時の室温が安定した後は、各モードとも 0.3kW 程度で発停を行う状況が確認される。しかし、運転開始直後の冷房消費電力は、「冷房 29℃」では、0.3kW 程度なのに対し、「冷房 27℃」では 2 倍程度、「通風 27℃」では 3～4 倍程度に増大している状況が確認できる。

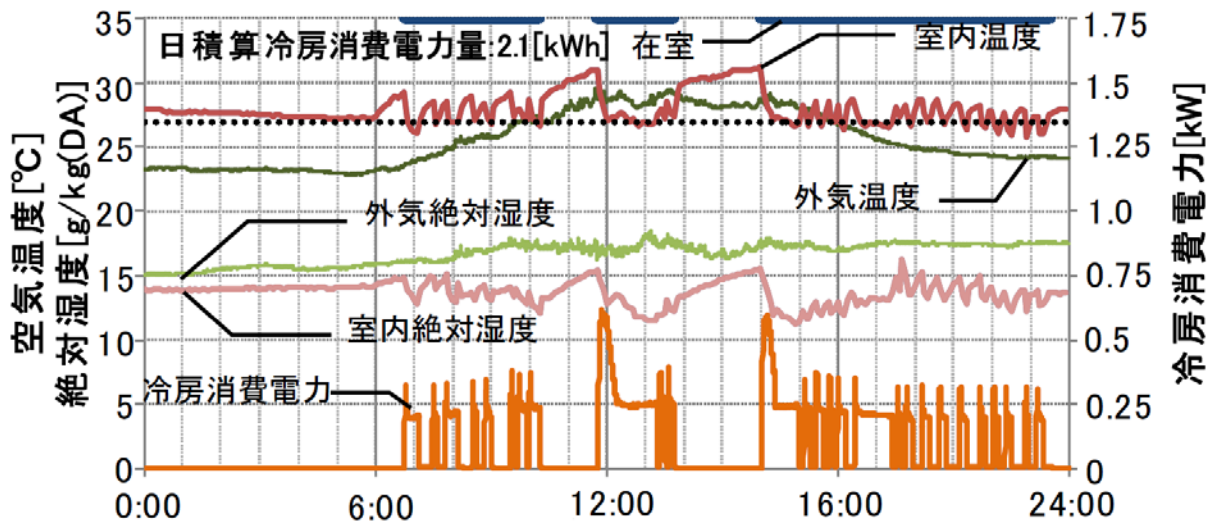


図 3.1.25 「冷房 27℃」における時刻変動

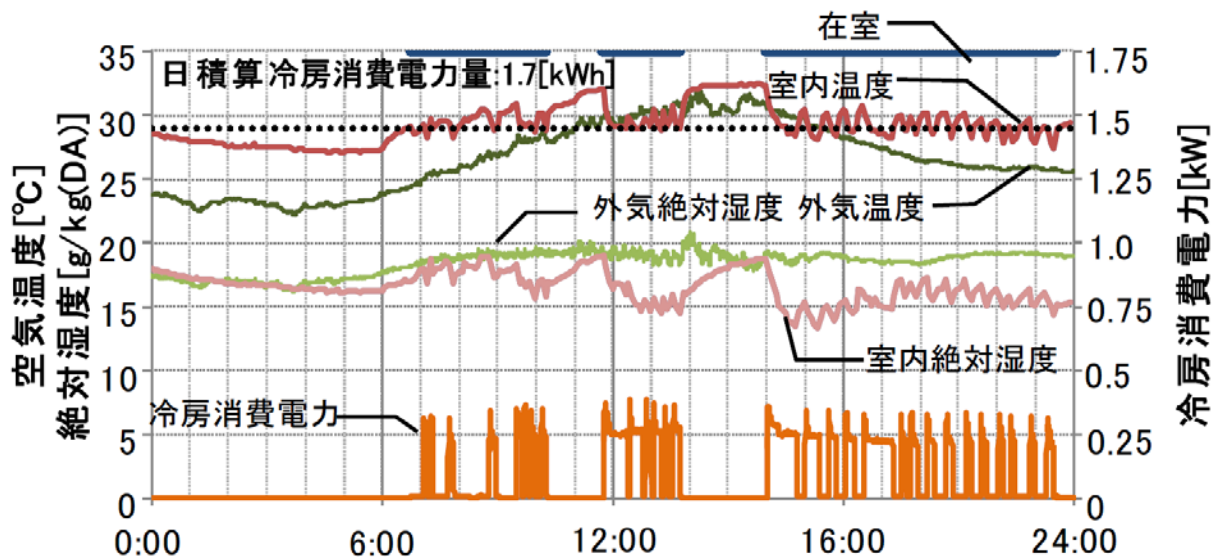


図 3.1.26 「冷房 29℃」における時刻変動

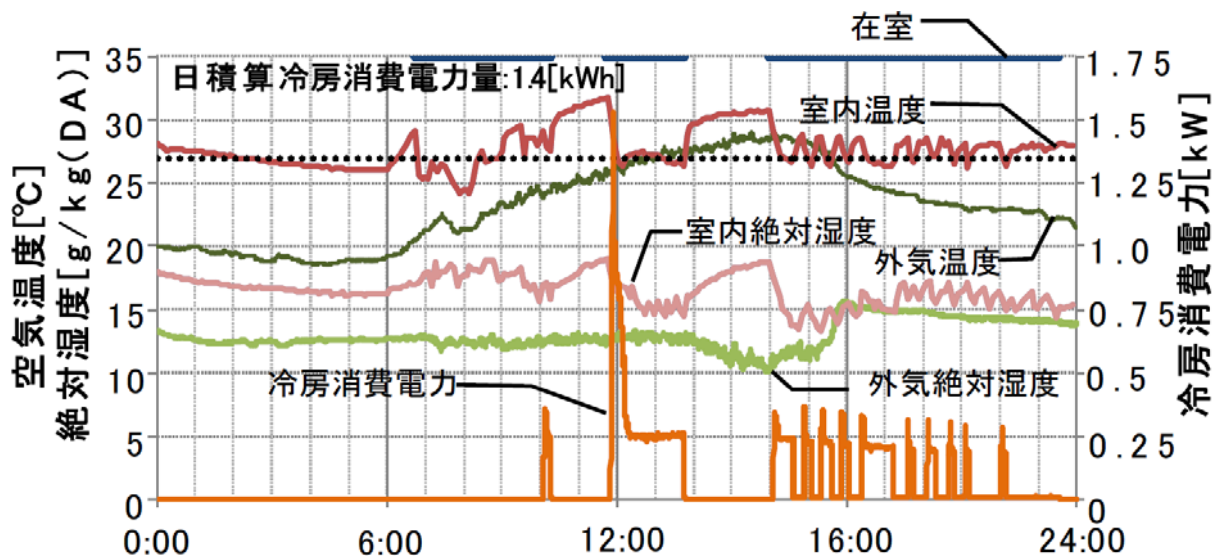


図 3.1.27 「通風 27℃」における時刻変動

2) 通風冷房行為の消費電力量・冷房時間への影響

図 3.1.28～図 3.1.30 に全スケジュールでの在室時間における通風・冷房の占める時間割合を示す。冷房運転が行われる日平均外気温は「通風 27℃」では 23℃程度から、「冷房 27℃」では 16℃程度からとなっており、通風を利用することで冷房運転時間を削減できていることがうかがえる。

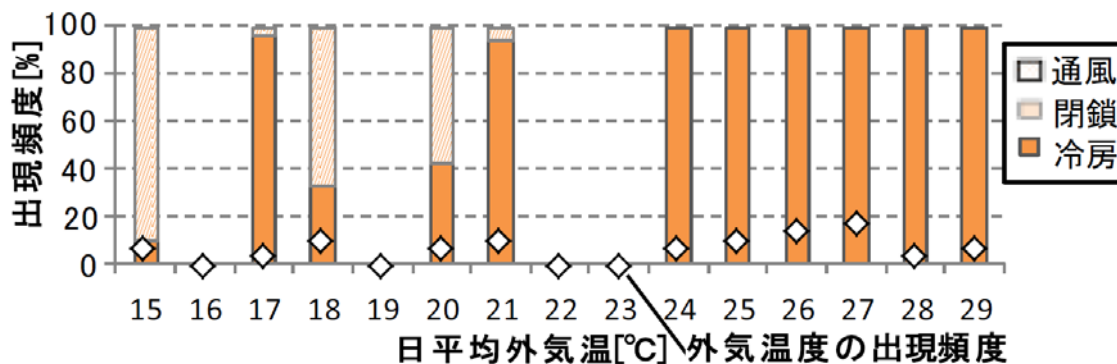


図 3.1.28 「冷房 27℃」における在室時間における通風冷房行為の外気温別出現割合

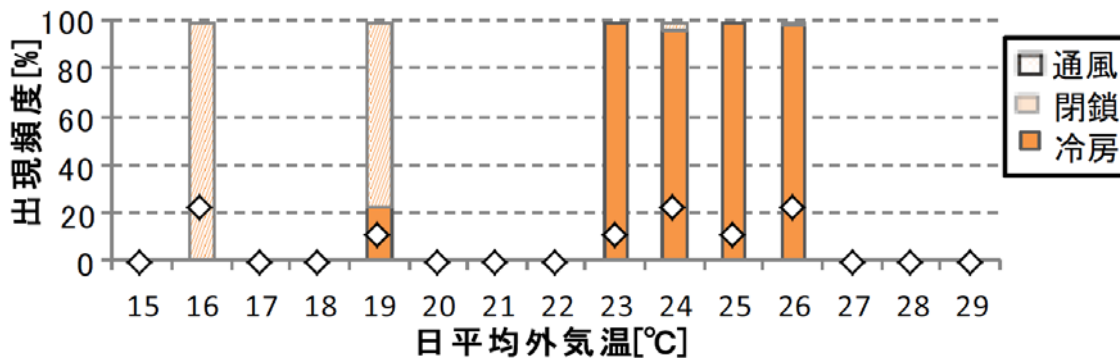


図 3.1.29 「冷房 29℃」における在室時間における通風冷房行為の外気温別出現割合

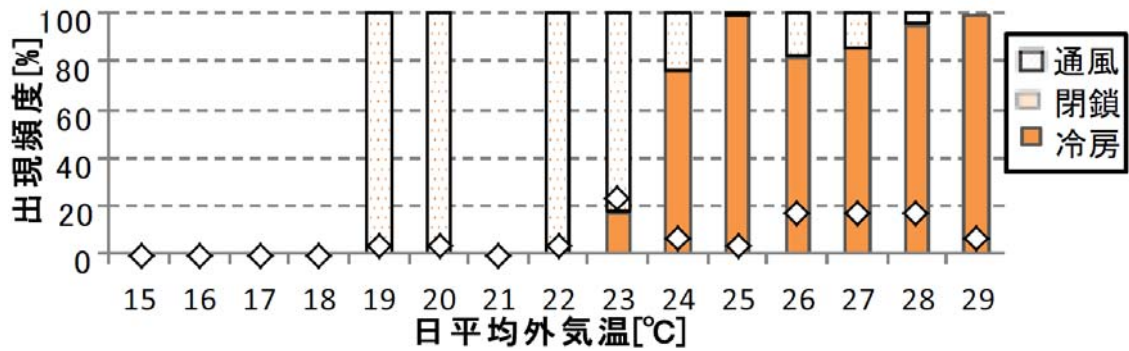


図 3.1.30 「通風 27°C」における在室時間における通風冷房行為の外気温別出現割合

3) 期間冷房消費電力量の推定

日平均外気温と冷房消費電力量の関係から、各生活スケジュール・通風冷房モードにおける推定式(表 3.1.5)を同定した。ただし、「冷房 29°C」に関しては有効データが少なかったことから、推定を行わないこととした。近似式作成の際には、1日の消費電力量が0.06kWh未満の日は、待機電力のみとして除外した。休日外出時の計測結果と近似直線は、図 3.1.31 のようになっている。

表 3.1.5 モード・スケジュール別の推定式

実験条件		近似式	R2値	近似式作成に用いたデータ数	推計条件
冷房27°C	平日	$E = 0.35 \theta_0 - 6.82$	0.92	8	$E = 0 (\theta_0 < 16)$
	休日外出	$E = 0.23 \theta_0 - 4.69$	0.76	7	$E = \text{近似式}$
	休日在宅	$E = 0.28 \theta_0 - 4.60$	0.85	9	$(\theta_0 \geq 16)$
通風27°C	平日	$E = 0.83 \theta_0 - 18.61$	0.40	4	$E = 0 (\theta_0 < 22)$
	休日外出	$E = 0.24 \theta_0 - 5.20$	0.37	5	$E = \text{近似式}$
	休日在宅	$E = 2.15 \theta_0 - 55.12$	0.97	4	$(\theta_0 \geq 22)$

E :日積算消費電力量[kWh] θ_0 :日平均外気温[°C]

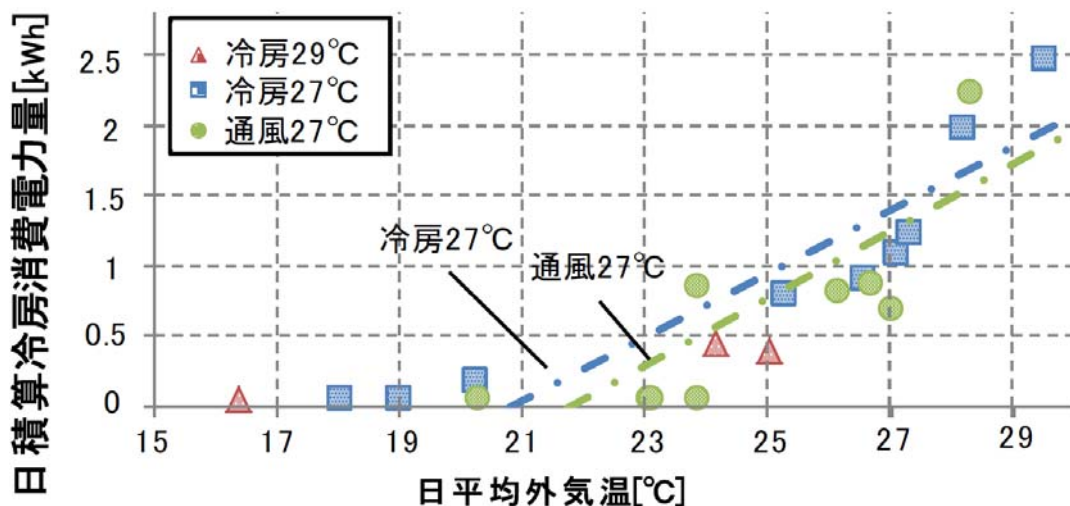


図 3.1.31 日平均外気温と日積算冷房消費電力量(休日外出)

表 3.1.5 の推定式からつくば市における平年値(1981-2010 年)のアメダス日平均外気温データを用いて月積算冷房消費電力量を算出した(図 3.1.32)。なお、推定にあたり、平日を「平日スケジュール」に、土曜日を「休日外出スケジュール」に、日曜と祝日を「休日在宅スケジュール」に割り当てている。7～9 月の期間に通風を利用することにより、3 割程度の冷房消費エネルギーを削減できる結果が得られた。なお、推定結果には、通風 27℃の 8 月平日の結果において冷房 27℃を大きく上回っている、通風 27℃の休日在宅の消費電力量がほとんど計上されていない、といった状況が確認される。これらは、表 3.1.5 に示した近似式の精度によるところが多いと考えられることから、実験データを増やして近似式の精度を高め、推定値の信頼性を向上させていく必要があると考えられる。

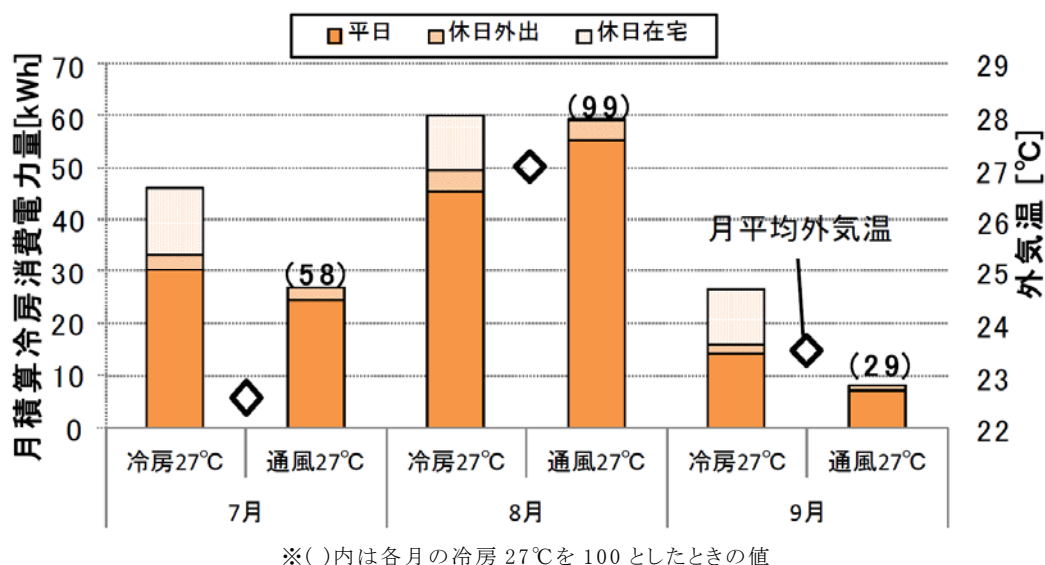


図 3.1.32 月積算冷房消費電力量の推計結果

(3) まとめ

通風冷房行為の再現による実証実験から、通風利用により冷房消費電力量は、夏期において約 3 割削減されることを示した。なお、この削減量は、S55 断熱基準相当の住宅のリビング・ダイニングにおける電力消費という限定された条件のもとでの結果である。今後、さらにデータを蓄積し、集合住宅試験体における実証実験との比較検証を行い、住宅における通風による省エネルギー効果の定量的な実証評価を進めていく予定である。

3.1.4 開口部通過風量算定モデルに関する検討

換気回路網計算に用いるオリフィスの式を敷衍する形で、風圧、温度差を駆動力として開口部を通過する風量を算定するモデルが提案されているが、実環境下における検証は、開口部を通過する風量を外部や開口部近傍の気流が複雑に影響する中で精度良く求めることが難しいことからほとんどされていない。これまでの一連の検討の中で、実環境下での通風量算定を実施してきたが、オリフィス式に合致しない状況が確認されてきており¹⁾、多数の風速計により詳細な通過風速の計測を行うことで、開口面を通過する気流の様相が風量に及ぼす影響を検討し、開口部通過風量算定モデルの精緻化に向けた検討を行った。

・参考文献

1) 西澤他: 通風量の実測による影響要因の検討と予測精度の検証、建築学会大会 D2、pp.703-704、2008

(1) 実験概要

2010年10月にRC造3階建実験用集合住宅(茨城県つくば市)の3階西妻側住戸(図 3.1.33 左)の南側居間窓の通風量を三次元超音波風速計(Kaijo Sonic DA-600、WA-390)で南北通風と片面開放の2パターンについて計測を行った。開口面内を水平方向に4分割、垂直方向に12分割した交点上に風速計19台を設置している(図 3.1.33 右)。本報の分析では、他に、微差圧計(MKS Baratoron 220)で計測した居間内外差圧と居間室内温度(室中央(FL +900mm)で測定)、外気温、外部風向風速を使用している。測定間隔は温度が5分、他のデータが0.1秒であり、以下の分析では、30秒間隔で整理したデータを用いている。

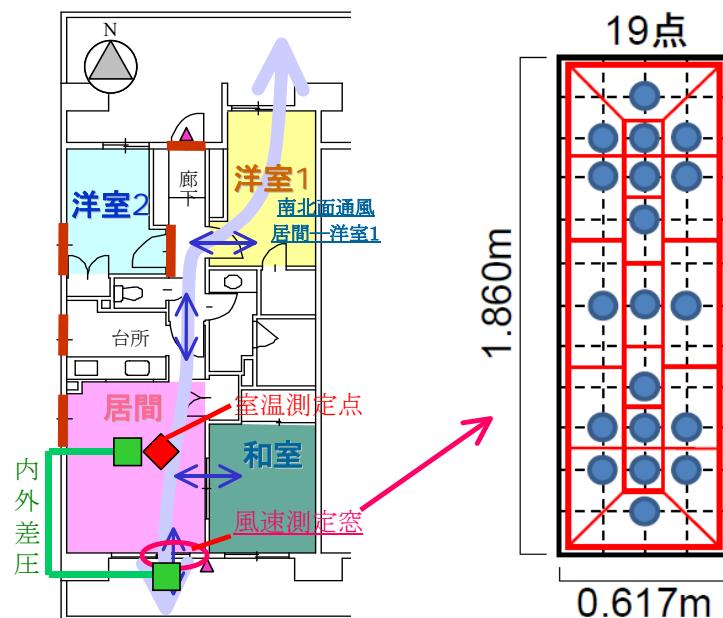


図 3.1.33 住戸平面図(左)と居間窓面の風速測定点(右)

通風量は、開口面で測定した風速鉛直成分を分担面積で積和して算出した流入($Q_{in}(<0)$)、流出($Q_{out}(>0)$)、総和($Q=Q_{in}+Q_{out}$)、交換($Q_{ex}(>0)$)の流量で整理した(図 3.1.34)。 Q_{ex} は同一開口面内で空気を交換するポテンシャルに応じた流量と位置づけられる。また、開口面を通

過する気流の様相を表す指標として流入量と流出量の比 r を導入する。 $r=0$ で一方向流れ、 $r=1$ で温度差等により窓面で等量が入れ替わる流れとなる。

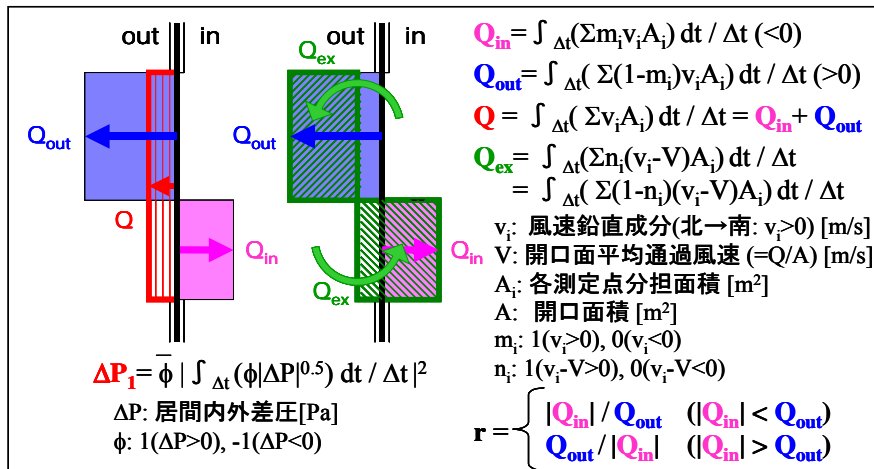


図 3.1.34 流量、差圧の計算式

なお、通風量を算定する際には、開口部の縁近傍で低下する風速を正確におさえることができないことから、縁近傍の風速低下を風量算定に適切に反映させるために補正が必要となる。この補正は、開口部周縁の 0.031m 幅の部分を担当面積から除外することで実施している。この除外幅は、過去に行った建築研究所通風実験用風洞における開口部通過風量の計測データ(48 点計測データ)を用いて算出した値である(図 3.1.35)。

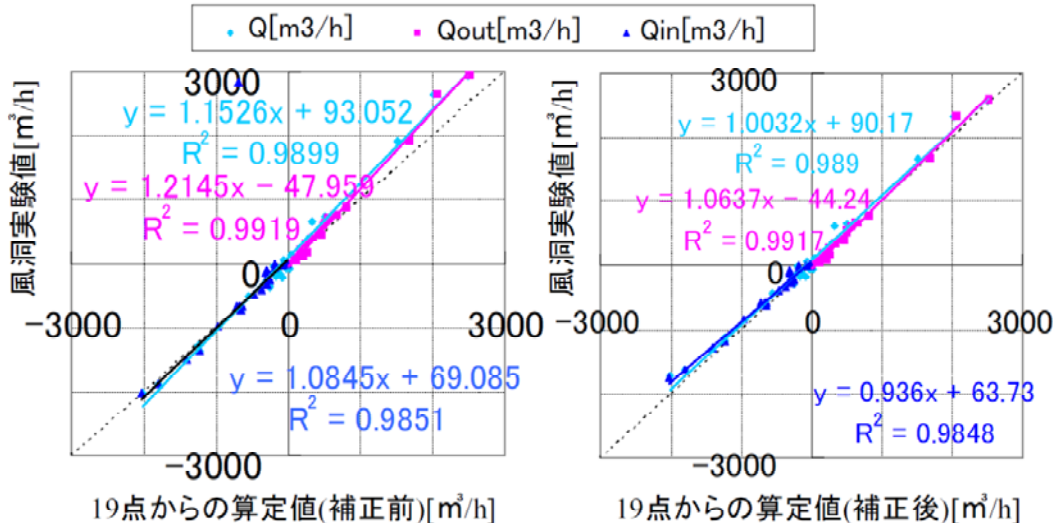


図 3.1.35 風洞実験結果を用いた風量算定時の補正前後の比較

(2) 分析結果

1) 片面開放時の風速分布と交換流量 Q_{ex}

片面開放時の開口中央における高さ方向の風速分布を図 3.1.36 に、内外温度差 ΔT と Q_{ex} の関係を図 3.1.37 に示す。均一室温時の圧力勾配からモデル化された風速分布とは異なるが、流量 Q_{ex} については、流量係数 C_d を 0.2~0.25 とした風量算定式の示す傾向と合致した。

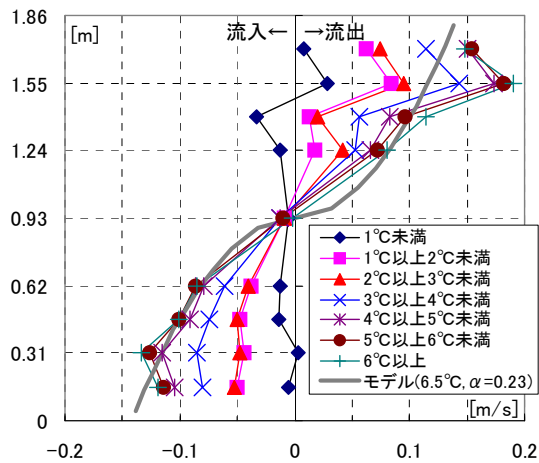


図 3.1.36 片面開放時の鉛直プロファイル

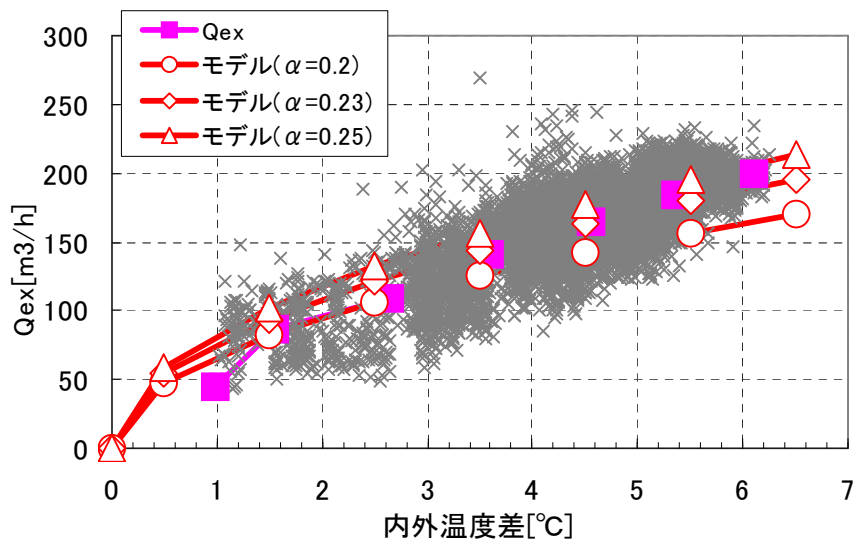


図 3.1.37 内外温度差と Q_{ex} (片面開放時)の関係

2) 南北通風時の流量

南北通風時の $\bullet\bullet$ と Q_{ex} の関係を図 3.1.38 に示す。図 3.1.37 と傾向に大差ないが、 1°C 以下で Q_{ex} が増大する傾向を示す点と 2°C 以上で Q_{ex} が小さい点が現れる点異なる。

図 3.1.39 に外部風向が安定し(16 方位で最頻風向が 5 割以上、最頻+両隣の 3 風向が 8 割以上出現¹⁾)、流出で安定する風向(北西～北東)の内外差圧・ P と Q の関係を示す。流量比 r が小さく Q が大きい安定した一方向流れの時には流量係数 \bullet は $0.4\sim 0.5$ 程度を示すが、 Q が小さく流量比 r が大きくなるにつれ、流量係数 \bullet が低下する。

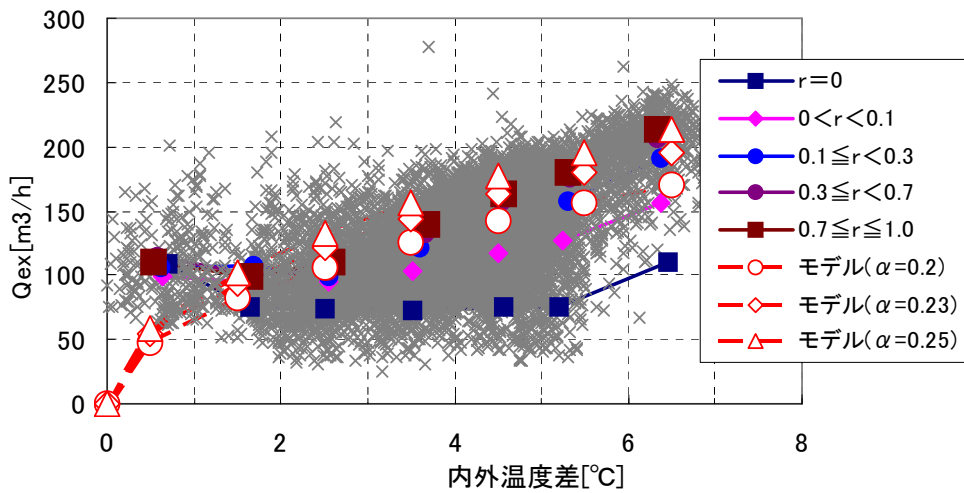


図 3.1.38 内外温度差と Q_{ex} (南北通風時)の関係

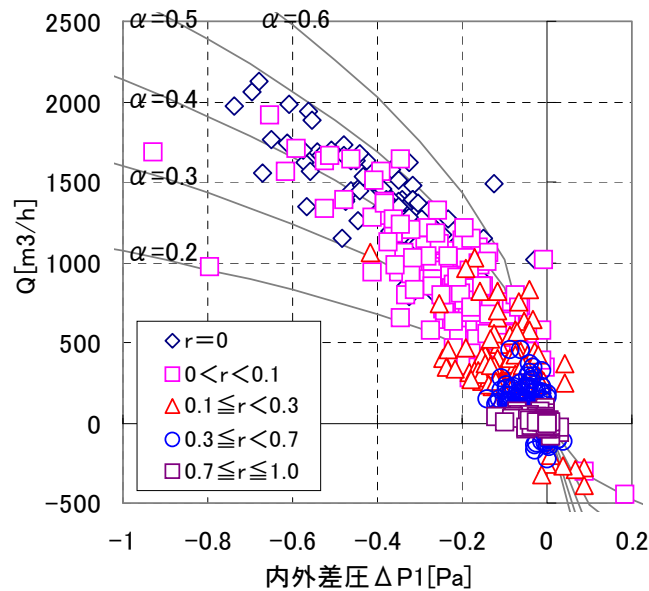


図 3.1.39 内外差圧と Q (南北通風時)の関係

3) 風量算定式による検討

流量比 r による Q 、 Q_{ex} への影響が、風量算定式で算定される流量でも現れるかどうかを $\Delta\theta$ 、 $\Delta\Pi$ をパラメータとして検討した。

図 3.1.40 に $\alpha=0.23$ として算出した α と Q_{ex} の関係を示す。流量比 r が小さくなるにつれ、 Q_{ex} が減少する傾向は、図 3.1.38 同様に現れており、風量算定式では開口面内の風速の変化に温度差由来の圧力勾配以外は反映されていないことから、一方向流れの様相が強まることによって流量係数 α が変わらずとも Q_{ex} が小さくなることが示されている。

図 3.1.41 に $\alpha=0.45$ として算出した α と Q の関係を示す。顕著ではないが図 3.1.39 同様に、流量比 r が小さく Q が大きい安定した一方向流れの時には α は設定した 0.45 に近づくが、 Q が小さく流量比 r が大きくなる(二方向流れの様相が強まる)につれ、等温時の流量係数相当で小さな値にシフトしていることが示されている。

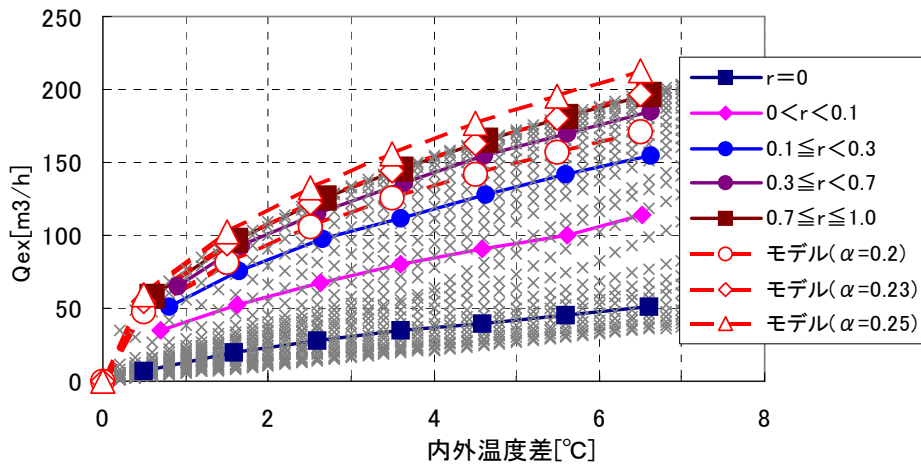


図 3.1.40 内外温度差と Q_{ex} (計算値)の関係

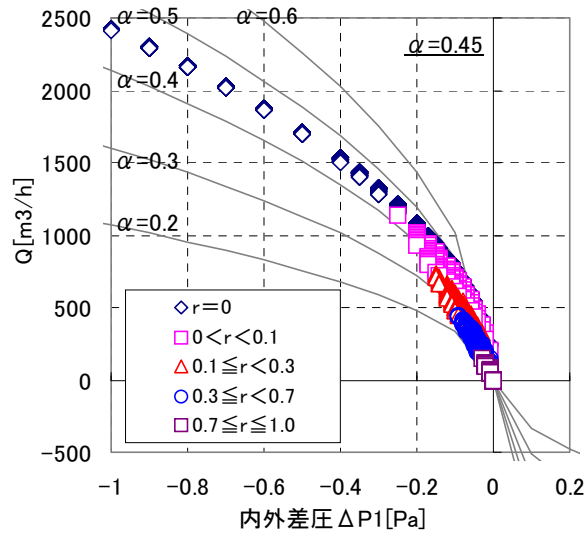


図 3.1.41 内外差圧と Q (計算値)の関係

4) 流量算定方法の検討

流量比 r が小さく一方向流れに近い様相を示すときには Q を精度良く算定する必要がある。また、流量比 r が大きく二方向流れに近い様相を示すときには Q_{ex} を精度良く算定することが、妥当な Q_{in} 、 Q_{out} の算定につながる。図 3.1.38 のデータを用いて妥当な Q_{in} 、 Q_{out} 、 Q 、 Q_{ex} を計算するための流量係数 α の検討を行った。計測値と計算値の対応を、流量係数一定での計算値とともに図 3.1.42 に示す。流量係数 α を r によって変化させる(図 3.1.43)ことで、一定の流量係数とするよりも、流量を精度良く求められることが分かる。

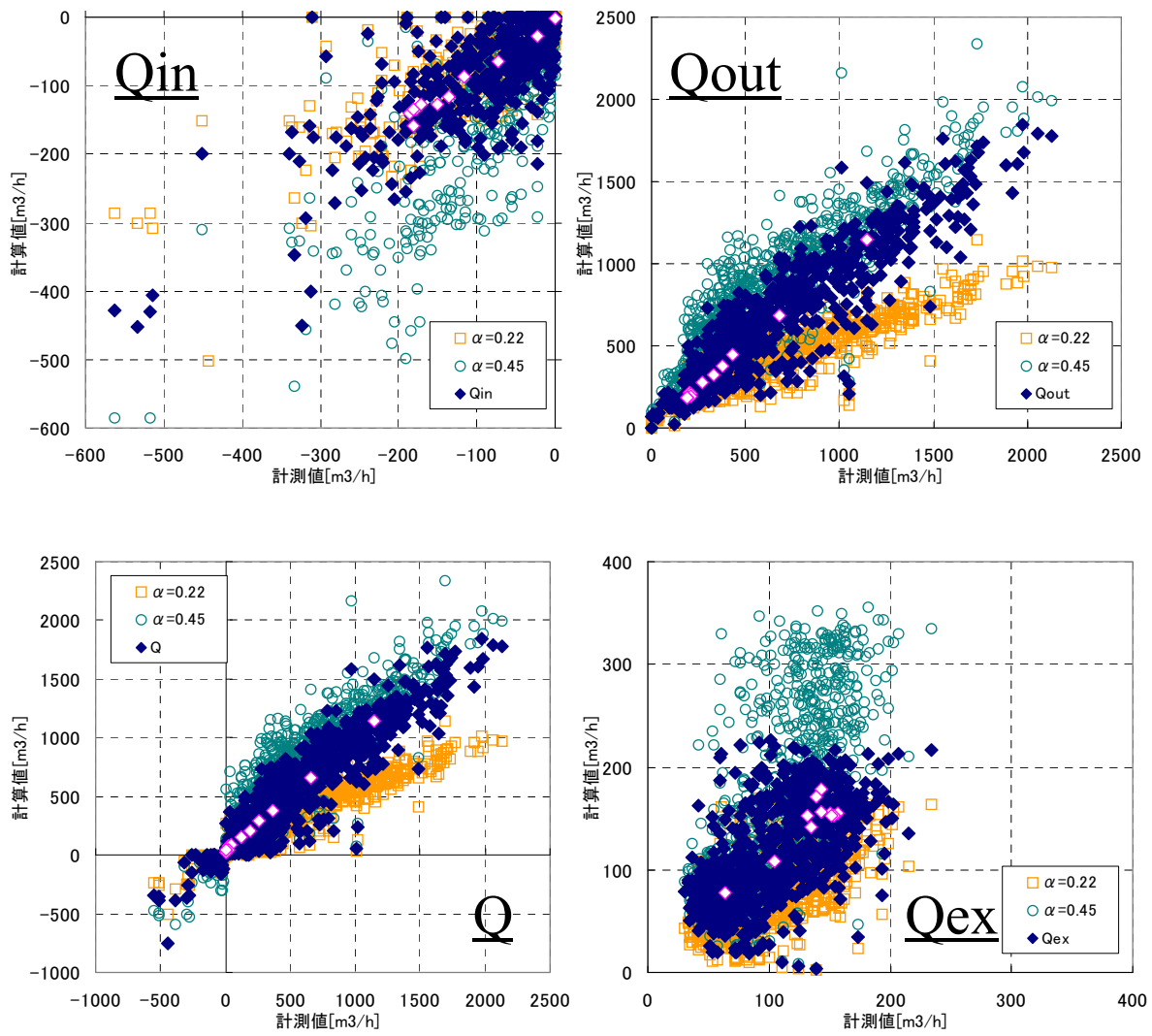


図 3.1.42 通過風量の計測値と計算値の対応

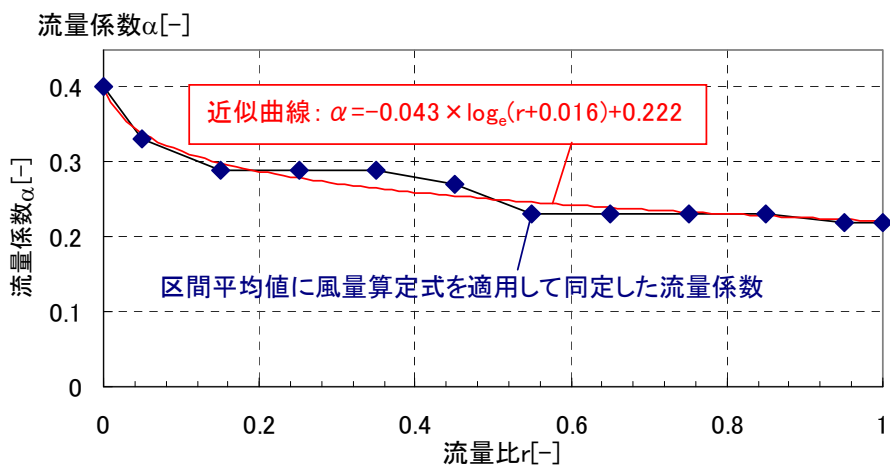


図 3.1.43 流量比 r と流量係数 α の関係

(3) まとめ

開口部の詳細な通過風速の計測を行い、通過する気流の様相が風量に及ぼす影響を検討し、流れの様相に応じて流量係数を変えることで風量算定の精度が良くなることを示した(図 3.1.44、図 3.1.45)。

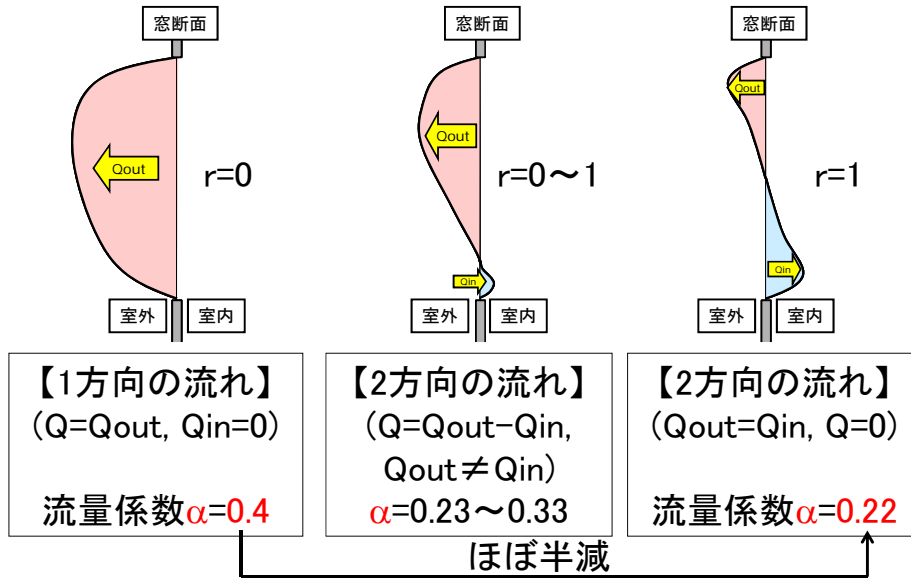


図 3.1.44 流れの形と流量係数の変化

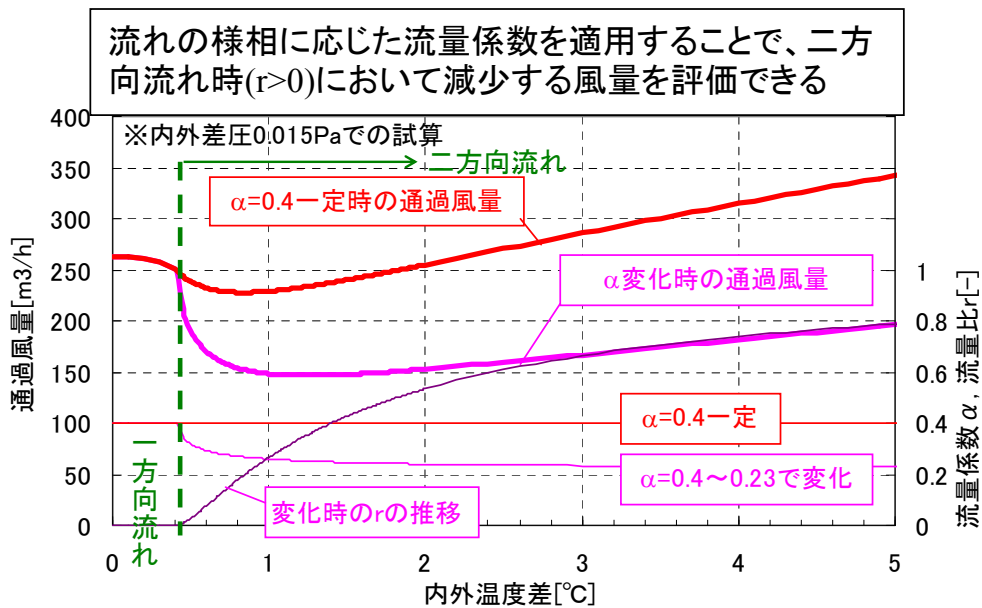


図 3.1.45 流量係数を変化させた場合の試算例

3.1.5 夏期～中間期における窓開閉と冷房使用に関する調査

住宅における冷房消費エネルギーは、立地や住宅の性能(断熱性能、気密性能)、冷房機器(エアコン)の性能の他に、冷房の使い方(冷房時の室温等)や窓開け行為(通風利用)などの居住者の暮らし方によって大きく影響を受ける。これは建築研究所内の集合住宅実験棟で実施された居住者の生活行為に伴う発熱発湿を機械的に再現した状態下での通風／冷房使用時のエネルギー消費量を計測する実証実験により明らかになっている。実証実験では、窓開閉の可否と窓開放上限室温、冷房時の室温をパラメータとして条件設定を行い、冷房一次エネルギー消費量の期間推計値が大きく変化することを確認している¹⁾。また、数値シミュレーションにおいても、冷房設定温度や通風利用が冷房消費エネルギーに影響を及ぼすことは確認されており、「住宅事業建築主の判断基準²⁾」では負荷計算結果をもとに、通風利用時の冷房一次エネルギー消費量削減効果を算定できようになっている。

しかし、窓開け行為や冷房の使い方には不明な点が多く、規基準において冷房開始温度や冷房時の室温、窓開け上限温度などを合理的に決定するための知見は不足している状況にある。現時点では、「住宅事業建築主の判断基準²⁾」では冷房開始温度＝冷房時の室温＝窓開け上限温度としており、起居時に27℃、就寝時に28℃の設定としている。一方、「自立循環型住宅への設計ガイドライン³⁾」では、終日にわたり、冷房開始温度＝冷房時の室温＝窓開け上限温度＝28℃としている。また、実証実験においては、冷房開始温度＝冷房時の室温＝窓開け上限温度とする実験条件の他に、冷房開始温度＝窓開け上限温度＝冷房時の室温+2℃等と、温度条件を違える条件も設定している。この条件設定は羽原らが実施した調査を参考に設定しており、冷房開始時の温度は冷房時の室温と同等より高い温度帯になるとの知見による。

これら設定の違いには、法に基づいて制定される基準、省エネを目指す自主的な設計ガイドライン、実験条件等それぞれ異なる目的のために設定しているという点の違いもあるが、合理的に決定するための知見の不足という面も否めないであろう。

そこで、冷房一次エネルギー消費量算定に大きく影響を及ぼす冷房開始温度、冷房時の室温、窓開け上限温度等の冷房の使い方や窓の開け方についての知見を得るために、窓開け行為や冷房の使い方に関する実態調査を実施した。本節は、調査結果をとりまとめ、窓開け行為や冷房の使い方に関する資料とするものである。

(1) 窓開閉／冷房使用に影響する要因の整理と本調査の位置づけ

今回の調査にあたり、窓開け行為や冷房の使い方に影響を及ぼす要因を整理した(表 3.1.6)。窓開け行為や冷房の使い方に関する項目を環境調整行為と位置づけ、環境調整行為に影響を及ぼすと考えられる要因を、住戸・居室の特性、居住者の指向・行動、時間進行の程度、環境条件についてピックアップした。

表 3.1.6 窓開閉／冷房使用に影響する要因

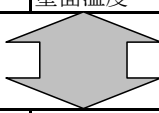
住戸・居室の特性	躯体(断熱、気密等)、開口部(方位、面積、周辺部材等)	
居住者の指向・行動	環境調整に対する意向	窓開けに積極的←→消極的 冷房利用に積極的←→消極的
	在不在	在室、在宅(室不在)、不在
	活動	掃除、調理、食事、就寝、団らん、TV視聴、読書など
	服装	着衣量の変更
時間進行	時間進行	就寝時、朝、午前、昼、午後、夕方、夜
	日進行	曜日
	季節変化	晩春、初夏、梅雨、盛夏、晩夏、初秋
環境条件	室外	天候 過去、現時点、未来(天気予報等) 外気温 外気湿度(相対湿度) 外部風速 外部風向 日射 長波長放射
	室内	室温 室内湿度(相対湿度) 室内風速 日射取得 壁面温度
		
環境調整行為	窓	開、閉
	冷房	On、Off 設定温度 モード設定(冷房、弱冷房、除湿など)
	日射遮蔽	カーテン、ブラインド、すだれなど

表 3.1.6 であげた項目には、互いに影響を及ぼしあうものもあるため、各項目間の関係を整理するために表 3.1.7 を作成した。左側表記の項目が上側表記の項目に影響する度合いを色の濃さで表したものである。影響の度合いは定性的に判断して見積もっているが、環境調整行為に多くの要素が影響を及ぼし、また、環境調整行為により室内環境が影響する度合いを確認できる。

今回の調査は、冷房開始温度、冷房時の室温、窓開け上限温度等の冷房の使い方や窓の開け方についての知見を得るという目的のため実施するものであり、どのような要因が影響を及ぼすかを検討するため、温度や窓の開閉、冷房使用の経時的な推移を記録する計測機器を使用することとした。表 3.1.7 のうち◎で示した部分が、計測データを用いた検討を行う部分にあたる。実現される室温と、窓の開閉状況、冷房の使用状況の経時的な推移が記録データから直接的に検討可能な部分である。また、外気温等の外部の気象データは近傍のアメダス気象データを使用することとした。また、同時に調査票を配布したアンケート調査を行うこととした。居住者や住戸

などの特徴について記入を依頼し、居住者の冷房の使い方や窓の開け方に対する意向や、在不在・行動の記録、冷房設定(温度とモードの設定)などを回答してもらっている。これらの回答にもとづいて検討可能な部分を表 3.1.7 に○、△で示したが、回答者による回答内容の粗密が避けられないため、分析にあたっては計測データの補完に使用するにとどめた。

表 3.1.7 窓開閉／冷房使用に影響する要因間の関係

		影響される項目																									
		住戸・居室の特性		居住者の指向・行動		時間進行			環境条件									環境調整行為									
		意向	在不在	活動	服装	時間進行	日進行	季節変化	室外					室内				窓 開・閉	冷房		日射遮蔽						
									天候	外気温	外気湿度	外部風速	外部風向	日射	長波長放射	室温	室内湿度		室内風速	日射取得		壁面温度	設定温度	モード設定			
影響する項目	住戸・居室の特性																				△	△					
	居住者の指向・行動	意向	■			■												○						○	○	○	
		在不在																○						○	○	○	
		活動																○						○	○	○	
		服装				■																					
	時間進行	時間進行					○	○										○						◎	◎	○	○
		日進行					○	○										○						◎	◎	○	○
		季節変化																○						◎	◎	○	○
	環境条件	室外	天候																					◎	◎	○	○
			外気温																					◎	◎	○	○
			外気湿度																								
			外部風速																								
			外部風向																								
			日射																								
		室内	長波長放射																								
			室温																					◎	◎	○	○
			室内湿度																								
			室内風速																								
	環境調整行為	冷房	日射取得																								
			壁面温度																								
			開・閉																					◎			
On, Off																							◎		○	○	
設定温度																								◎	○		
モード設定																								◎			
日射遮蔽																											

凡例: ■ 影響大 ■ 影響あり □ 影響微少かなし
 ◎ 本調査で計測データと併せて分析する部分
 ○ 本調査で調査票による定性的に確認する部分
 △ 本調査で調査票により一部について確認する部分

(2) 調査概要

調査は計測器による計測と調査票による確認をあわせて行った。計測器および調査票を送付し、調査対象者自身が調査要領『「窓の開け方とエアコンの使い方に関する調査」のお願い』を確認しながら、機器を設置する形で実施した(一部については設置を本調査担当者が実施した)。調査の流れは図 3.1.46 に示す通りである。

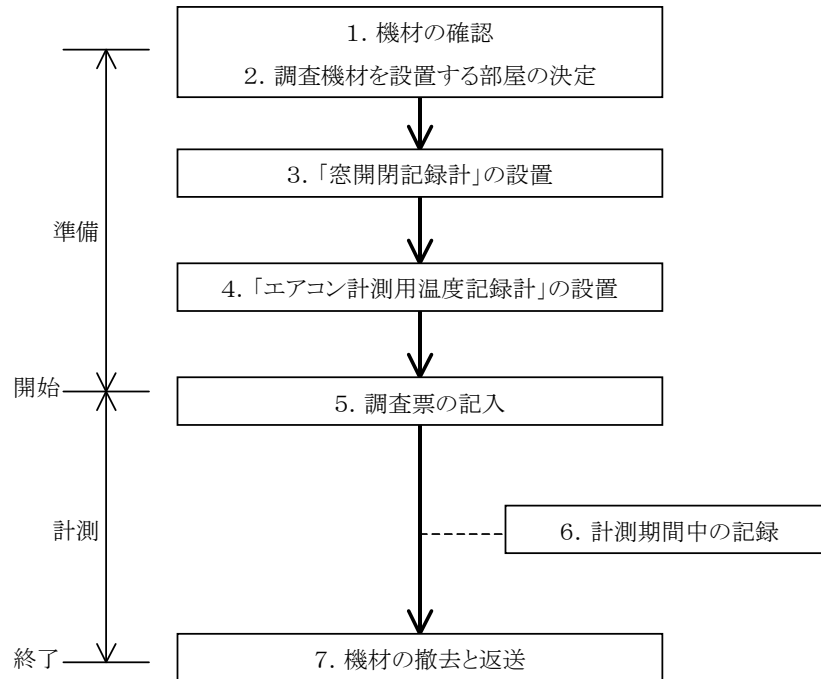


図 3.1.46 調査の流れ

調査の流れは以下の通りである。調査対象者は、まず、調査対象となる部屋(およびエアコン、窓)を以下を考慮して決定する。

- ・長時間にわたり在室している部屋
- ・良く開ける窓がある部屋
- ・エアコンが設置してある部屋

続けて、窓開閉記録計およびエアコン計測用温度記録計の設置を行う。

窓開閉記録計は、電圧ロガー(T&D VR-71)および磁石センサー2組、電力供給用電池からなり、サッシ枠とガラス障子に貼り付けた磁石センサーから開閉に応じて出力される電圧(閉鎖時に約 1.5V、開放時に約 0V)を記録する。ここで、電力ロガーでは開口部の2箇所の開閉状況が記録される(引違窓については左右のガラス障子の開閉状況を記録するように設置要領を作成している)。

エアコン計測用温度記録計には2点記録可能な温度記録計(T&D TR-71Ui)を使用し、エアコンの吹出近傍および吸込近傍に温度センサーを設置する。

窓開閉記録計およびエアコン計測用温度記録計の記録は10分間隔で行った。

窓開閉記録計およびエアコン計測用温度記録計の設置状況を図 3.1.47 に示す。図中の「温度 ch.1」が吸込側温度センサー、フラップ内側に設置し、図では表から見えない「温度 ch.2」が吹出側温度センサーである。

その後、調査票に居住者、住宅、居室、設置した開口部とエアコンの特徴、ならびに居住者の指向等を回答し、計測期間中の記録を行う。調査が終了した後、計測器を撤去し、調査票と併せて返送して、調査は終了となる。



図 3.1.47 設置状況(調査要領記載の例)

(3) 分析対象およびデータ処理方法

1) 分析対象

前述の調査方法で調査した結果を確認し、計測の不備、調査票の回答、回収の不備等を除外した 12 件について分析を行った。分析対象とした 12 件の概要を表 3.1.8 に示す。

分析にあたり参照する外気温には、近傍で計測されたアメダス気象データ(<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>)を使用した。住戸①～⑤には山形県金山、住戸⑥には東京、住戸⑦には千葉県船橋、住戸⑧には東京都江戸川臨海、住戸⑨には茨城県水戸、住戸⑩には大阪府豊中、住戸⑪には茨城県つくば、住戸⑫には千葉県我孫子のアメダス気象データを使用している。

表 3.1.8 分析対象

	所在地	戸建/集合	階数	延床面積[m ²]	世帯人数	設置した部屋	設置した窓			エアコン	
							床面積[m ²]	種別	サイズ		方位
住戸①	山形県金山町	戸建	不明(未記入)	不明(未記入)	6	リビング・ダイニング	26.5	引違窓	W1.8m×H2.1m	南	日立
住戸②	山形県金山町	戸建	2階建	不明(未記入)	5	リビング・ダイニング	20.7	引違窓	W1.7m×H2.2m	南西	National CS-MG40N2-W
住戸③	山形県金山町	戸建	2階建	200	5	リビング・ダイニング	13.2	引違窓	W1.4m×H0.85m	北東	Panasonic CS-259TB
住戸④	山形県金山町	戸建	2階建	300	4	リビング・ダイニング	16.6	引違窓	W2.6m×H1.7m	不明(未記入)	Panasonic CS-400CF2
住戸⑤	山形県金山町	戸建	2階建	150	4	廊下・ホール	8.3	引違窓	W2.7m×H0.3m	南	富士通 A028P
住戸⑥	東京都墨田区	集合	5階建の4階	33	2	寝室	13.2	引違窓	W1.5m×H2m	南東	ダイキン
住戸⑦	千葉県習志野市	集合	8階建の3階	60	4	子供室	6.6	引違窓	W0.7m×H0.9m	北	National CS-22PGH
住戸⑧	東京都江戸川区	戸建	3階建	105	3	リビング・ダイニング	33.1	引違窓	不明(未記入)	不明(未記入)	シャープ
住戸⑨	茨城県大洗町	戸建	2階建	120	3	リビング・ダイニング	26.5	引違窓	W3m×H2.2m	南	National A75C197
住戸⑩	大阪府箕面市	集合	2階建の1階	23	1	リビング・ダイニング	14.9	引違窓	W0.8m×H1m	東	ダイキン F226TGY-W
住戸⑪	茨城県つくば市	集合	4階建の2階	70	3	リビング・ダイニング	16.6	引違窓	W1.6m×H1.8m	南東	National CS-EX227A
住戸⑫	千葉県我孫子市	戸建	2階建	96	3	リビングと空間的につながっている隣室	9.9	引違窓	W1.8m×H1.5m	東	シャープ Window AY-K404M

2) データ処理方法

窓開閉記録計およびエアコン計測用温度記録計により得られた時系列データを以下の方法により処理した。

窓開閉記録計に記録される電圧は、基本的にガラス障子の閉鎖に対応した+1.5V程度、開放に対応した0V程度に二分される。時系列データを確認し、センサー設置位置2箇所のそれぞれについて、開放もしくは閉鎖を判断した。また、磁石センサーが脱落する状況が確認されることがあり、その場合は、計測中の記録や室温データの経時変化、後述のエアコンの稼働状況から適宜判断し、判断不可能な部分は分析対象期間から除外した。また、結果として、開閉状況を記録した開口部はすべて引違窓であったことから、センサー2箇所(左右の障子枠)のそれぞれの記録から、開口部全体の開閉としてまとめている(左側と右側が両方閉鎖しているときに「閉鎖」と判断し、どちらかが開放されている場合に「開放」とした)。

エアコン計測用温度記録計で計測された温度データからは、吸込側温度を室温を代表する温度として取り扱う。また、エアコンの稼働状況は、吸込側と吹出側の温度に差があることを以て判断することを基本とする(閾値2℃を基本とした)。ただし、吸込側と吹出側に温度差がつかない場合(吹出側設置位置が適切でない場合)や、逆に温度差がつきすぎる場合(吸込側設置位置が上層の高い空気温度位置にあると思われる場合や天井からの温輻射や日射の影響を受けていると思われる場合)には、閾値を適宜変更して判断を行うとともに、閾値のみでは稼働開始直後や終了直後を適切に判断できないため、温度の経時変化を適宜確認して、冷房開始および終了時点の調整を行っている。

また、エアコンがオンオフ運転になっている場合は、温度データのみでは適切に判断することができない。ここでは、計測中の記録がある場合は記録から判断し、ない場合には1時間以内の停止をエアコン稼働中(オンオフ運転中)と判断することを基本とし、経時データを確認して適宜調整した。

(4) 分析結果

図 3.1.48～図 3.1.59 に、住戸①～⑫の「窓開放時」「冷房時」「窓閉鎖・冷房停止時」の各モードでの室温の推移を経時的に示す。住戸別に窓開け行為や冷房の使い方に関する特徴を以下にまとめた。

1) 住戸①LD

住戸①は山形県金山町の戸建住宅である。調査した部屋はリビング・ダイニングであり、窓の開閉記録は、南面した引違の掃出窓のものである。

エアコンの使用は9月上旬までの、11時～16時頃、18時～21時頃の時間帯が中心で、冷房時の室温は26～30℃の温度帯の中でばらつきが大きくなっている。特に、18時～21時頃の夕食の時間帯は、窓を開けることがなく、冷房の使用が中心となる。調査票の回答では冷房設定温度が22℃とのことであり、設定温度との乖離が大きく、ばらつきが大きいこと、経時的に下がる傾向が見られることから、躯体の断熱・気密性がそれほど高くないものと考えられる。

窓を開けるのは、8月下旬までの4時～12時頃の時間帯が中心であり室温は30℃以下である。25℃以上で窓開けが発生し、室温が高くなるにつれ、窓を開ける比率が高まる傾向にある。12時以降で32℃を上回っても窓を開けている日があるが、これは、不在時に窓を開けている状況と思われる(調査票では、不在時に窓を開けることがあり、閉めるべき理由がないとの回答を得ている)。また、就寝時には基本的に窓を開けない。

以上から、住戸①のリビング・ダイニングでは、窓開け時の温度帯、冷房時の温度帯に幅があり、時間帯による窓開け／冷房の使い分けがはっきりしていることから、室温より時間帯での選択を強く意識していると考えられる。

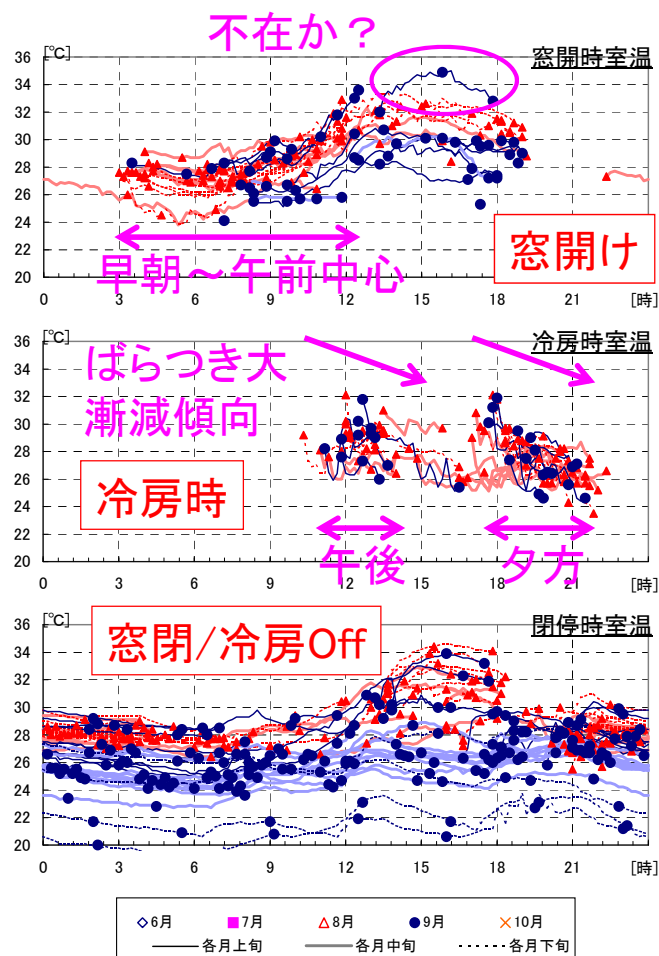


図 3.1.48 【住戸①LD】各モードでの室温の推移 (2010/8/12～9/24)

2) 住戸②LD

住戸②は山形県金山町の戸建住宅である。調査した部屋はリビング・ダイニングであり、窓の開閉記録は、南西に面した引違の掃出窓のものである。

窓を開けるのは6時～12時頃の時間帯が中心であるが、9時以降の時間帯は、25～28℃の範囲で冷房利用の出現と拮抗する。午後以降の窓開けは、9月以降を中心に出現しており28℃以下の室温で推移するが、8月中旬の不在時に窓開放していると思われる日(8/22、27)には、30℃以上の室温となっている。夜から朝にかけての窓開けはまれである。

冷房の使用は9時～22時頃の時間帯が中心であり、25～28℃の室温範囲に集中している。出現のピークは26～27℃である。調査票の回答では冷房設定温度が22℃とのことであり、設定温度との乖離が大きいのが、住戸①に比べて冷房時の室温が安定して推移している。夜から朝にかけての冷房使用はまれである。

窓閉鎖／冷房停止時の室温は、8月下旬の不在と推測される日中の時間帯の昇温を除き、28℃以下で推移し、低い室温範囲で多く出現する。

以上から、住戸②のリビング・ダイニングでは、住戸①より冷房時の温度帯が安定しているところがあるが、比較的、室温より時間帯での環境調整方法の選択を強く意識していると考えられる。

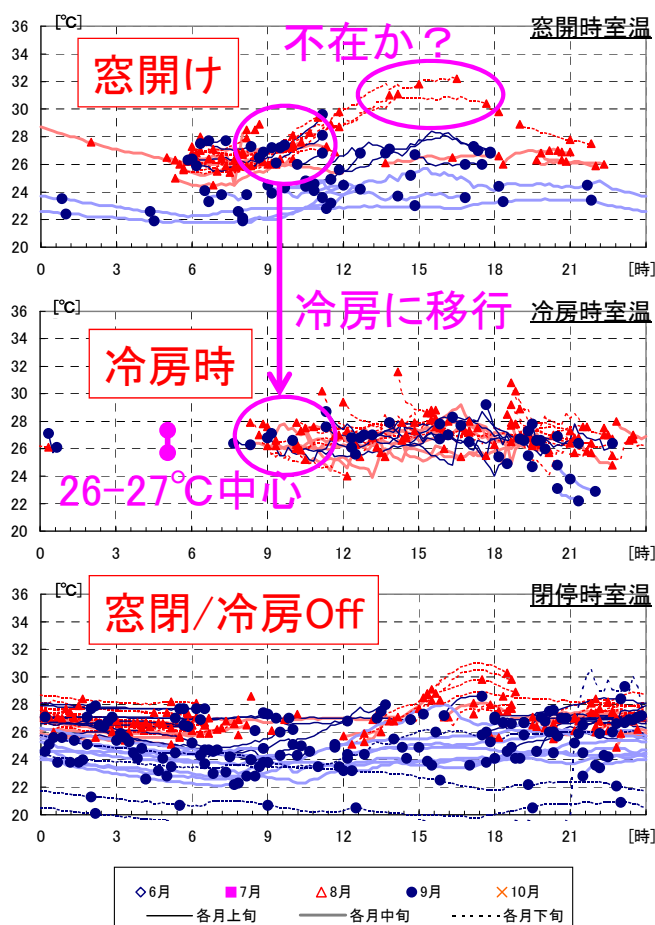


図 3.1.49 【住戸②LD】各モードでの室温の推移 (2010/8/12～9/24)

3) 住戸③LD

住戸③は山形県金山町の戸建住宅である。調査した部屋はリビング・ダイニングであり、窓の開閉記録は、北東に面した引違の腰窓のものである。

窓を開けるのは、6時～12時頃まで及び23時以降の時間帯が中心であり、室温は28℃以下で推移している。午前中の窓開けは、9時～10時以降に26℃以上に室温がなると冷房使用に移行する傾向にある。夜間の窓開けは8月下旬に冷房停止後の移行が中心である。また、8月上旬や9月以降は、午後から夜にかけて窓を開けている日もあり、ほぼ28℃以下で室温が推移している。夜から朝にかけての窓開けはまれである。

冷房の使用は9時～24時の時間帯であり、9時以降に窓開けから移行するケースが多い。冷房時の室温は26～28℃の範囲で安定している(出現のピークは27～28℃)。夜から朝9時にかけての冷房使用はほとんどない。

窓閉鎖／冷房停止時の室温は、8月下旬の不在と推測される日を除き、28℃以下で推移し、低い室温範囲で多く出現する。

以上から、住戸③のリビング・ダイニングでは、住戸①②より温度を意識した環境調整方法の選択が行われていると言える。

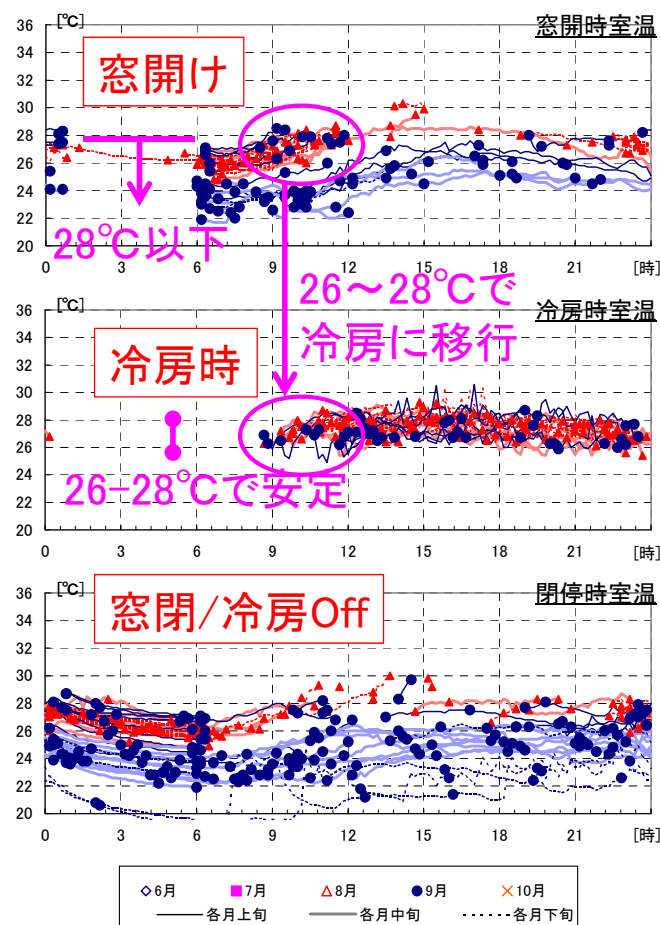


図 3.1.50 【住戸③LD】各モードでの室温の推移 (2010/8/12～9/24)

4) 住戸④LD

住戸④は山形県金山町の戸建住宅である。調査した部屋はリビング・ダイニングであり、窓の開閉記録は、引違の掃き出し窓のものである。方位は未回答のため不明である。

窓を開けるのは午前中が中心であり、経時的に室温が上昇する傾向にある(30℃を超える室温も出現している)。しかし、10時～14時頃にかけて26℃以上の室温で冷房使用に移行することが多い。9月を中心に午後の窓開けも散見されるが、28℃以上の室温で推移することも多い(不在時の窓開けとも考えられる)。夜から朝にかけての窓開けはまれである。

冷房の使用は昼～夜の時間帯が中心であり、冷房使用中の室温は26～30℃の範囲にほぼ収まる(27～28℃の室温範囲でピーク)。午前中も窓開けから移行して冷房を使用している日があるが、それほど多いわけではない。

22時以降翌朝までを中心に、窓閉鎖／冷房停止が多く出現し、22時～24時の室温で30℃以下、早朝の室温で28℃以下で推移している。日中の出現は、9月中下旬が多く、ほぼ8℃以下で推移している。低い室温範囲で出現が多くなる。

以上、住戸④のリビング・ダイニングでは、冷房時の温度帯は比較的安定して出現するが、窓開け時の温度帯に幅があり、時間帯による窓開け／冷房の使い分けが比較的是っきりしていることから、室温より時間帯を意識した環境調整方法の選択が行われていると考えられる。

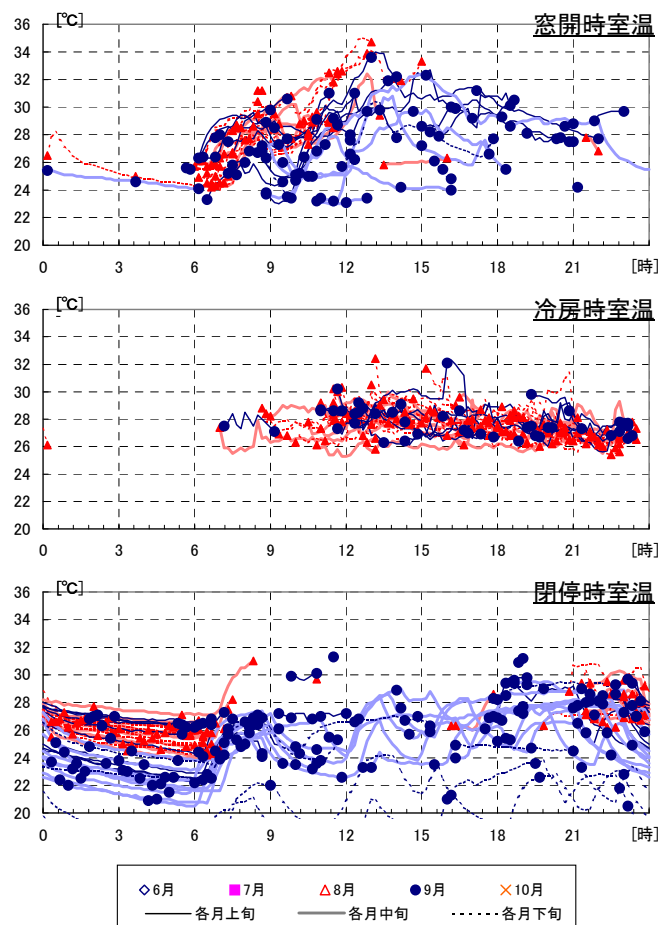


図 3.1.51 【住戸④LD】各モードでの室温の推移 (2010/8/12～9/24)

5) 住戸⑤廊下・ホール

住戸⑤は山形県金山町の戸建住宅である。調査した部屋は廊下・ホールであり、窓の開閉記録は、南面した引違窓だが幅 2.7m、高さ 0.3m であるため、地窓もしくは高窓だと思われる。

6 時～18 時にかけては、窓を開ける対応が多くとられ、冷房の使用はほぼない。窓開け時の室温は広範に出現し、時間とともに上昇し外気温に追随する傾向が見られる。窓開け時に 34℃を超える室温が記録されることもあった。

冷房の使用はほぼ 18 時以降に限られ、冷房使用時の室温は 27～30℃の範囲となる。23 時頃には冷房を使用しなくなる。

23 時以降翌朝まではほとんど窓閉鎖／冷房停止となるが、8 月中旬、9 月上旬には日中であっても窓を開けず冷房を使用しないことがある(不在である可能性もある)。窓を閉鎖し、冷房を使用しない状況では、室温はほぼ 30℃以下で推移している。

以上から、住戸⑤の廊下・ホールでは、冷房時の温度帯は比較的安定して出現するが使用時が限定的である。日中は基本的に窓が開けられ、冷房を使用する時間と明確に分かれていることから、時間帯を強く意識した環境調整方法の選択が行われていると言える。

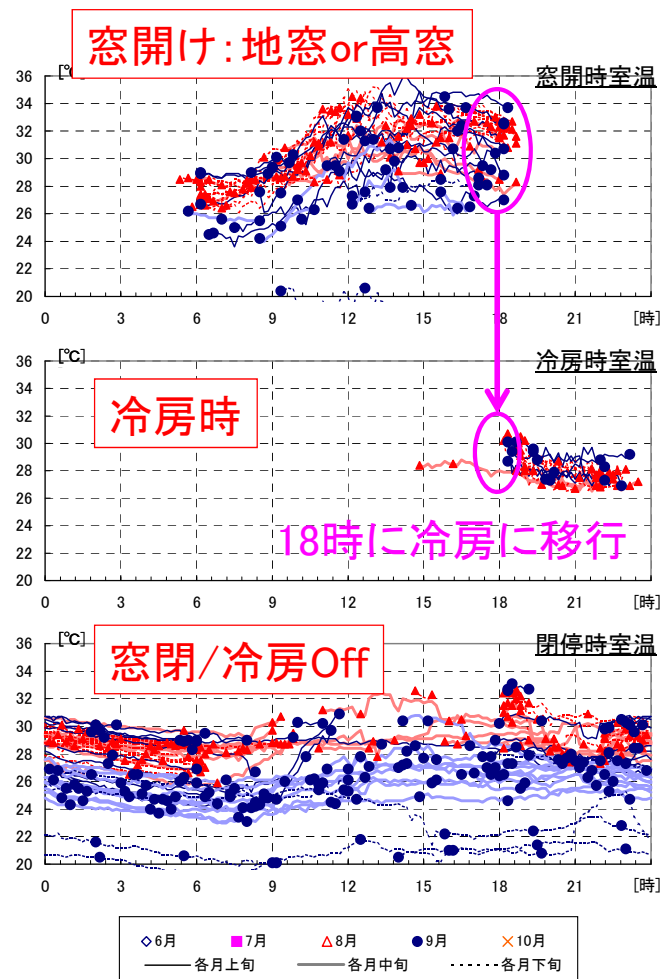


図 3.1.52 【住戸⑤廊下・ホール】各モードでの室温の推移 (2010/8/12～9/24)

6) 住戸⑥寝室

住戸⑥は東京都墨田区の5階建集合住宅の4階に位置する。調査した部屋は寝室であり、窓の開閉記録は、南東に面した引違の掃出窓のものである。

窓を開ける機会は多くなく、9月中旬以降に若干多くなる傾向は見られるが、はっきりはしていない。開放時の室温は26～32℃と広範囲に出現している。また、冷房使用時に同時に窓を開けている状況が数時間にわたり出現することがあるが、これは、経時的な推移を確認するとセンサーの脱落とは考えづらく、窓を大きく開けているか小幅で開けているかは不明ながら、また、意図的に開けているか窓を閉め忘れていたのか不明ながら、実際に窓開けと冷房使用を同時に行っているものと推測される。

冷房は夕方から朝にかけての使用が多く、冷房使用時の室温は27～29℃の範囲が中心である。9時頃から18時頃の冷房使用は土日に限られる。

また、平日日中の不在(と思われる)時間帯を中心に室温が30℃を超えても窓閉鎖/冷房停止となる状況が確認されるが、短時間で極端に昇温することはなく、比較的断熱性が高くRC造の熱容量が効いているものと思われる。

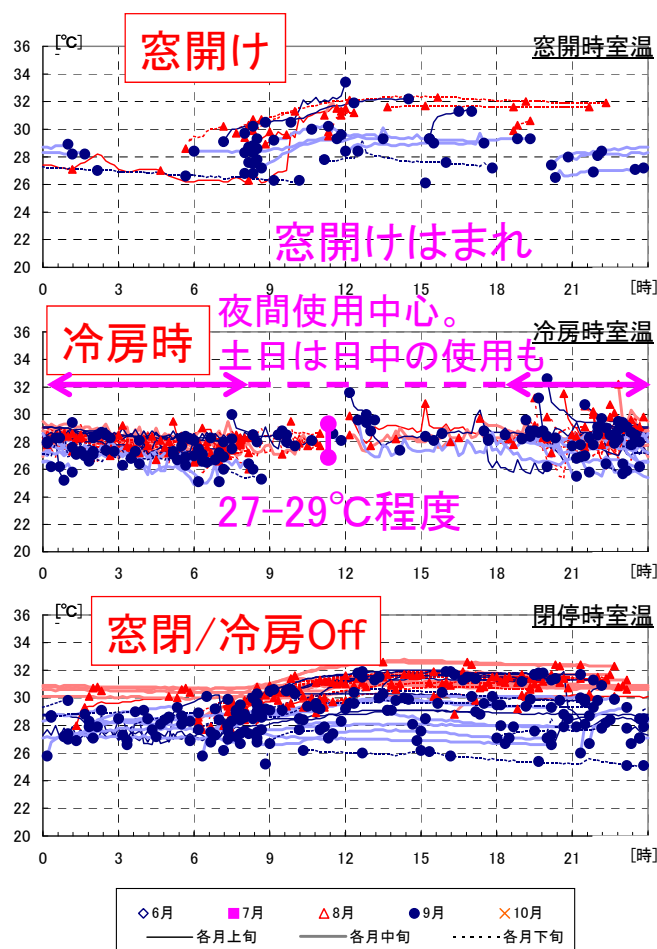


図 3.1.53 【住戸⑥寝室】各モードでの室温の推移 (2010/8/7～9/24)

7) 7住戸⑦個室

住戸⑦は千葉県習志野市の8階建集合住宅の3階に位置する。調査した部屋は20歳代男性の個室であり、窓の開閉記録は、北面した引違の腰窓のものである。

窓は、基本的に、冷房時と9月以降の涼しい時期を除いて開けている状況が確認できる。対象室が集合住宅3階の北側部屋であり、防犯性をそれほど気にせずともよい構造になっていると思われる。窓を開けているときの在不在ははっきりとしないが、在室していることが多いと思われる夜間では、8月下旬に28~29℃程度で窓を開けており、同時期の冷房時の室温に比べて1~2℃程度高い室温範囲で窓を開けている状況が確認できる。

冷房は、在室していると思われる夕方から朝にかけての使用が多く、冷房使用時の室温はほぼ26~28℃の範囲に収まっている。

また、早朝から9時過ぎにかけて、室温27~29℃の範囲で、窓閉鎖/冷房停止となる状況が確認されるが、この時間帯の冷房時室温より若干高く推移していることから、一部はエアコンのアイドリングを冷房停止として処理しているところがあると思われるが、すべてがそうであるとは考えづらく、実際に朝方に窓を閉め、冷房を使用しない状況が出現しているものと思われる(朝食などで他室に移動している可能性もある)。

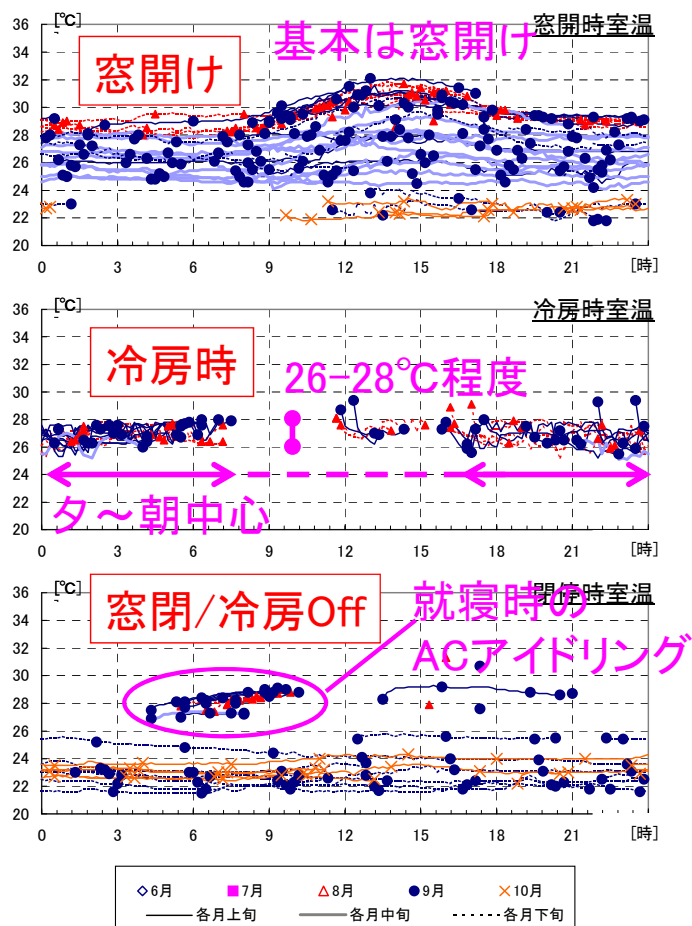


図 3.1.54 【住戸⑦個室】各モードでの室温の推移 (2010/8/23~10/5)

8) 住戸⑧LD

住戸⑧は東京都江戸川区の3階建戸建住宅である。調査した部屋はリビング・ダイニングであり、窓の開閉記録は引違窓のものである(方位とサイズは未記入のため不明)。

住戸⑧のリビング・ダイニングでは、基本的に、窓を開けない状況が確認できる。

冷房は、深夜から早朝にかけての使用は少ないものの比較的多く使用されていることがわかるが、24～32℃まで広範にわたっており、かつ室温変動が大きいいため、センサー取付位置の不備が疑われる状況である。吹出側温度との差は明瞭なため、冷房の稼働状況の把握に問題はないと考えられるが、吸込側センサーの設置位置が冷房の吹出気流の影響を受ける場所にあったものと推測され、実際の室温が記録されていると判断できない。

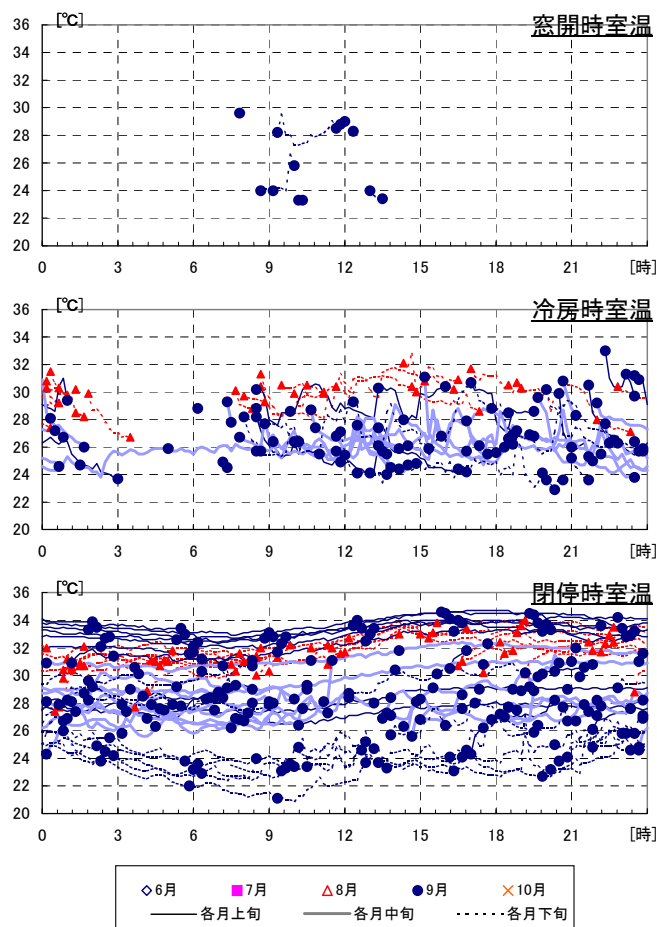


図 3.1.55 【住戸⑧LD】各モードでの室温の推移 (2010/8/25～9/29)

9) 住戸⑨LD

住戸⑨は茨城県大洗町の2階建戸建住宅である。調査した部屋はリビング・ダイニングであり、窓の開閉記録は東に面した引違の腰窓のものである。

住戸⑨のリビング・ダイニングでは、住戸⑧と同様に、夏期の環境調整として窓開けを行わない状況であった。

冷房は、深夜から早朝にかけての使用は少ないものの比較的多く使用されていることがわかるが、24～32℃まで広範にわたっており、大きな日変動が現れてしまっている。住戸⑧同様、センサー取付位置の不備が疑われる状況である。こちらも吹出側温度との差は明瞭なため、冷房の稼働状況の把握に問題はないと考えられるが、住戸⑨では、吸込側センサーの設置位置が日射の影響を受けているものと推測される。

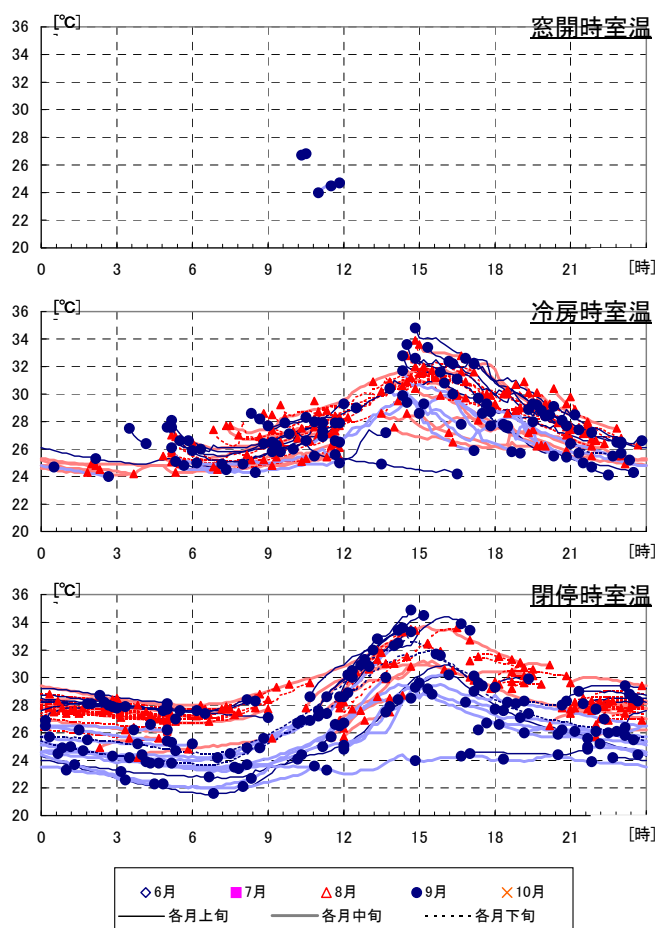


図 3.1.56 【住戸⑨LD】各モードでの室温の推移 (2010/8/11～9/22)

10) 住戸⑩LD

住戸⑩は大阪府箕面市の2階建集合住宅の1階に位置する。調査した部屋はリビング・ダイニングであり、窓の開閉記録は東に面した引違の腰窓のものである。

住戸⑩のリビング・ダイニングでは、終日にわたり広範な温度帯で窓を開けていることが分かる。窓開け時の室温は26℃から36℃以上までの範囲で推移しているが、調査票の回答では、日中には窓を「全く開けない」、不在時には「開けない」とされているなど、窓開閉記録との整合がとれていない点に懸念が残る。ただし、窓開閉記録の推移には、磁石センサーの落下などが疑われる状況は見られなかった。

一方で、冷房については、夕方から午前中にかけての使用が中心であり、日中午後の使用は少ない状況が確認される。室温は28℃を中心に、26～30℃程度の範囲となっている。

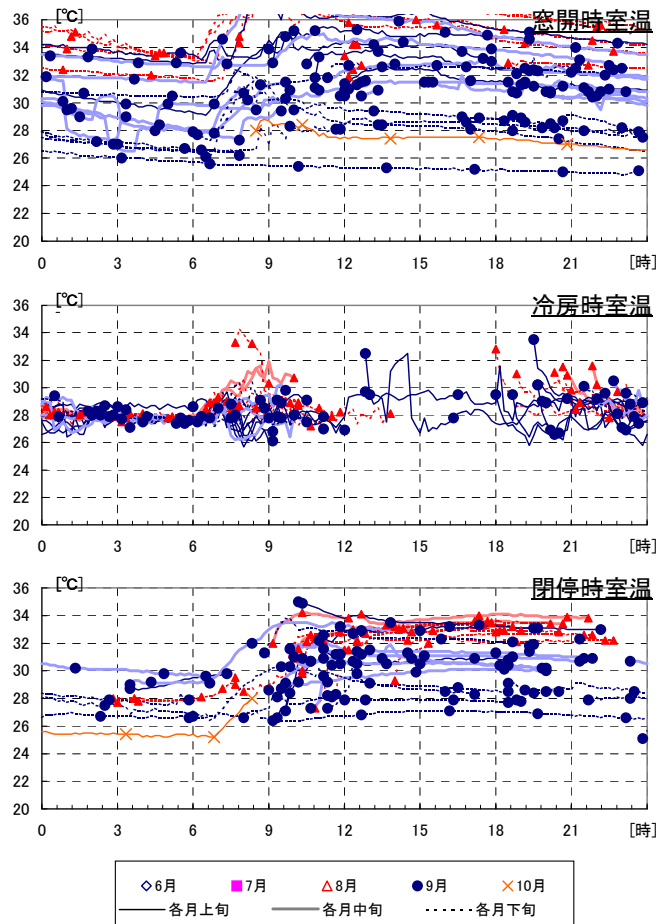


図 3.1.57 【住戸⑩LD】各モードでの室温の推移 (2010/8/19～10/1)

11) 住戸⑩LD

住戸⑩は茨城県つくば市の4階建集合住宅の2階に位置する。調査した部屋はリビング・ダイニングであり、窓の開閉記録は、南東に面した引違の掃出窓のものである。平日の日中は基本的に不在になる状況である。

窓を開けるのは朝と夕方から夜半にかけてが中心である。土日には日中の窓開けも見られ、日中には30℃を超える場合もあるが、基本的には30℃以下で窓開けが行われている。

エアコンの使用は、朝と夕方から夜半にかけてが中心であり、土日を中心とした日中も含めて、冷房時の室温はほぼ28～30℃の範囲に収まっている。

以上から、住戸⑩では、在室時の室温が30℃以下になる範囲で、窓開けと冷房使用が使い分けられている状況にあると考えられる。

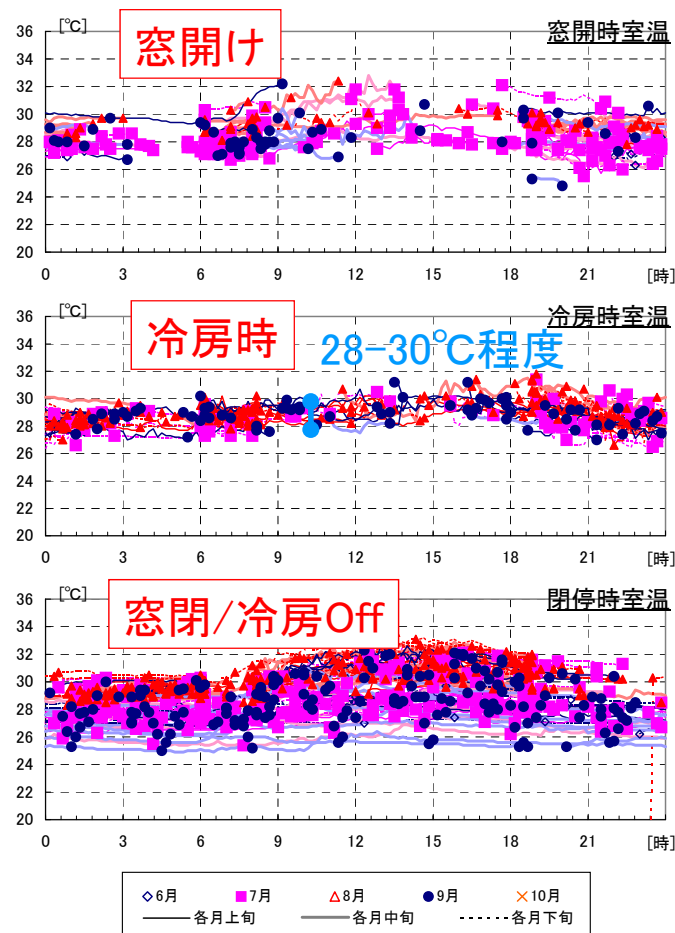


図 3.1.58 【住戸⑩LD】各モードでの室温の推移 (2010/6/28～9/23)

12) 住戸⑫LD隣接室

住戸⑫は千葉県我孫子市の2階建戸建住宅である。調査した部屋はリビング・ダイニングに隣接する室であり、窓の開閉記録は、東に面した引違窓のものである。

住戸⑫では、窓開けはまれな状況であり、終日にわたる冷房の使用が顕著である。冷房時の室温はほぼ26～30℃の範囲に収まる状況となっている。

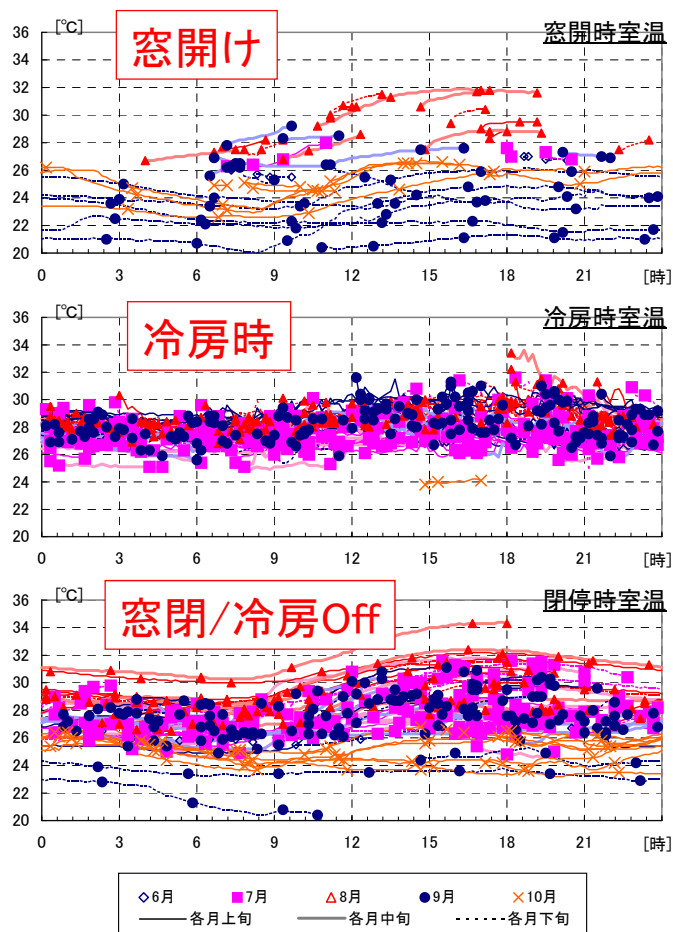


図 3.1.59 【住戸⑫LD 隣接室】各モードでの室温の推移 (2010/6/30～10/10)

(5) 窓開閉と冷房使用の温度閾値に関する考察

温度計測に不備が疑われる住戸⑧～⑩を除いた9住戸について、前項で分析した記録から「窓開け」から「冷房」に移行した時点の室温の推移を抽出し、冷房開始温度(窓開け上限温度)と冷房時の室温の関係について検討を行った。抽出の具体的な方法としては、冷房開始前1時間以内に窓が開放された記録があり、40分以上継続して冷房を行った状況を抽出し、冷房開始直前の室温を「冷房開始温度」とし、冷房開始後40～60分後の平均室温を冷房時の室温(実現温度)として集計している。なお、本考察において、「窓開け」から「冷房」への移行のみを対象として「冷房開始温度」を検討したのは、「窓閉/冷房Off」から「冷房」に移行する際の室の在不在が判断できないことによる。そのため、本項の考察においては、「冷房開始温度」がそのままイコール「窓開け上限温度」ととらえられる。各住戸の冷房開始温度(≒窓開け上限温度)、冷房時の実現室温を表3.1.9にまとめた。

表 3.1.9 窓開閉と冷房使用に関する閾値温度(平均値±標準偏差)

	冷房開始温度 (≒窓開け上限温度)	冷房時の室温 (実現温度)	温度差	備考
住戸①LD	30.7±1.3℃	27.9±1.3℃	2.8℃	
住戸②LD	27.9±1.6℃	26.6±1.4℃	1.3℃	
住戸③LD	27.8±0.9℃	27.7±0.5℃	0.1℃	
住戸④LD	29.9±2.0℃	28.0±1.0℃	1.9℃	
住戸⑤ホール	31.6±1.5℃	28.5±0.8℃	3.1℃	
住戸⑥寝室	31.0±1.4℃	28.2±0.8℃	2.8℃	窓開けがまれなため 参考値
住戸⑦個室	29.9±1.0℃	26.5±0.3℃	3.4℃	窓開け基本のため窓開け 時に不在の可能性あり
住戸⑪L	30.4±1.3℃	28.2±0.8℃	2.2℃	
住戸⑫LD	28.8±1.6℃	28.5±1.2℃	0.3℃	

上記の表から、冷房時の実現温度では、28℃前後の住戸が7住戸であり、26℃台が2住戸となっていることから、冷房時の実現温度を26～28℃程度と考えることは本調査結果からは妥当と考えられる。冷房開始温度≒窓開け上限温度については、冷房時の室温に比べて住戸ごとのばらつきが大きくなっており、28℃以下の住戸が2住戸ある一方で、30℃以上の住戸が4住戸ある結果となっている。また、冷房開始温度≒窓開け上限温度は同一住戸でのばらつきが大きくなっていることから、窓を閉めて冷房に移行するタイミングには幅があることがうかがえる。また、冷房開始による低下する温度差を確認すると、ほぼ同程度の室温となる(窓開け時に冷房で実現したい温度まで室温が上がった段階で冷房に移行する)住戸が2住戸ある一方で、冷房を開始するのが冷房時に実現したい温度より2℃以上高い住戸が5住戸と、住戸ごとのばらつきがあることが分かる。以上からは、冷房時の室温については比較的差が小さいものの、窓開けから冷房に移行する温度については住戸ごとの差異が大きく、窓開けと冷房の使い方に関する設定するには居住者の室内環境のとらえ方と温度調整の考え方を考慮する必要がある結果となっていることが分かる。

(6) まとめ

冷房開始温度、冷房時の室温、窓開け上限温度等の冷房の使い方や窓の開け方についての知見を得るために、窓開け行為と冷房の使い方に関する実態調査を実施した。

窓開け行為や冷房の使い方に影響を及ぼす要因を整理して本調査の検討範囲を明確にし、窓の開閉、冷房の稼働非稼働と室温の関係を経時的に検討できるように調査手法を構築し、調査を実施した。窓開け行為・冷房の使い方と室温の関係から各住戸の特徴を分析し、冷房開始温度、冷房時の室温、窓開け上限温度といった閾値となる温度をまとめた。

3.1.6 集合住宅における通風評価法に関する検討

「住宅事業建築主の判断基準¹⁾」や「自立循環型住宅への設計ガイドライン²⁾」では、戸建住宅における通風による冷房消費エネルギー削減量の評価方法を提示しているが、集合住宅における評価法に関しての検討は十分にされていない。本項では、集合住宅における冷房消費エネルギー削減量の評価に必要となる、通風評価手法を構築することを目的として行った、参照風速値の設定と風圧係数差の設定について検討した結果をとりまとめる。

・参考文献

- 1)住宅事業建築主の判断の基準におけるエネルギー消費量計算方法の解説 3.3 通風の負荷削減効果評価に係るモデル、建築環境・省エネルギー機構、pp.49-56 (2009)
- 2)蒸暑地版 自立循環型住宅への設計ガイドライン 3.1 自然風の利用・制御、建築環境・省エネルギー機構、pp.40-65 (2010)

(1) 参照風速値の設定

戸建住宅の評価法における参照風速値には、「拡張アメダス気象データ 1981-2000(財団法人日本建築学会編、2005年)」に収録されている全国 842 地点の風速データから軒高 6.5m 位置における風速を算定し、出現頻度の高い風速値として、1.5m/s を採用している。集合住宅においても同様の考え方により参照風速値の検討を行う。

まず、参照する高さは地上 30m とした。この高さは後述の風洞実験に用いた集合住宅モデルが高さ 30m(10 階建相当)であり、そのデータをもとに風圧係数差の検討を行ったためである。「拡張アメダス気象データ 1981-2000(財団法人日本建築学会編、2005年)」には、地上 6.5m 高さの風速として収録されているため、風速データを 1/4 乗則により地上 30m 高さに補正している。

1981年～2000年の20年間分の6月～9月の風速データから地上30m高さの平均風速を算出し、平均風速の出現地点数の分布を示したのが図3.1.60である。1.5～2.0m/sの範囲に24地点、2.0～2.5m/sの範囲に214地点が入り、1.5～2.5m/sの範囲に全国の52%(438地点)が入る。風況特性を地域ごとに反映させることは困難が多いため、地上高さ30m位置での参照風速値を出現頻度の多い2.0m/sに一元化することは、評価法内で参照風速値を簡易に扱うためには妥当であると考えられる。

なお、拡張アメダス気象データの風速値のうち、多くの観測点における値がアメダスにより計測された1m/s刻みの値であり(0.9m/sの風は0m/sと記録される)、平均的に期待できる風速値は実際にはより大きい値となることから、参照風速2.0m/sは通風評価にとって安全側(通風量を過大に評価しない側)の値になっているといえる。

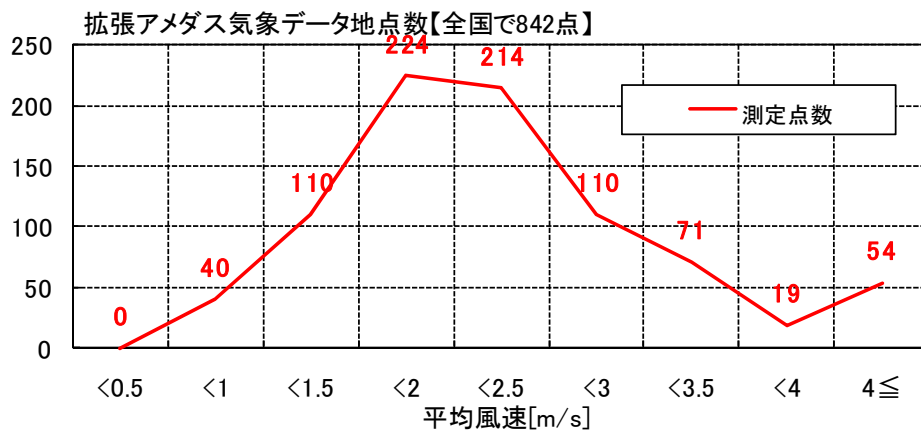


図 3.1.60 平均風速ごとの出現地点数

(2) 風圧差の検討

通風の駆動力となる風圧差について風洞実験の結果を使用して検討を行う。使用した風洞実験結果は、日本大学丸田教授の研究室により得られた結果である。縮尺 1/250、地表面粗度区分 IV (べき乗数 0.27)の条件下において多様な集合住宅の規模、形状を使用して風洞実験を実施しており、得られた風圧係数をデータベース化としている。そのデータベースの中から、高さ 30m 相当の独立集合住宅(図 3.1.61 左)と、その建物が 2 棟隣接して配置された条件(図 3.1.61 右)で得られた風圧係数を使用して検討を行った。

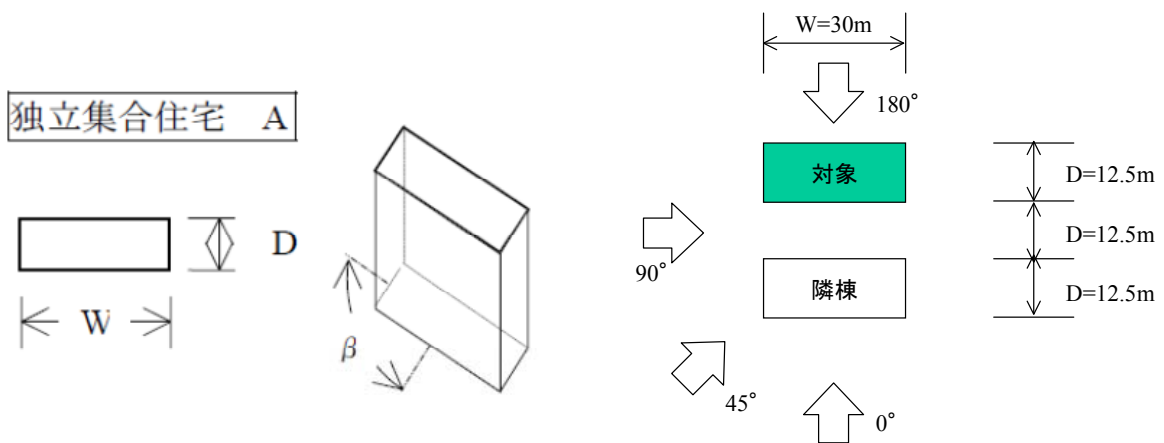


図 3.1.61 集合住宅モデル(左:独立集合住宅(W=30m、D=12.5m、H=30m)、右:隣接条件)

1) 独立集合住宅における風圧差

W30m×D12.5m×H30m の棟を 4 住戸×10 階建として、図のように建物モデル上の計測点に住戸を割り付けた。

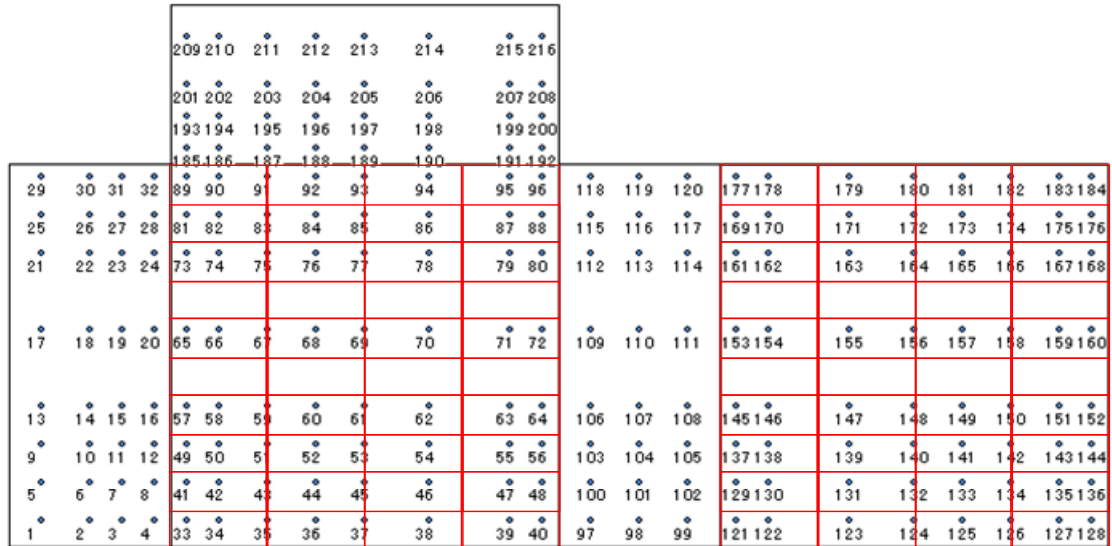


図 3.1.62 独立集合住宅(W=30m、D=12.5m、H=30m)の圧力測定点と住戸の割り付け(展開図)

1 階、3 階、6 階、8 階、10 階の 5 階層について、4 住戸の主開口面間(「対面」間)の風圧差を算定した。また、妻側住戸については、主開口面－妻面の通風経路(平面で見て 90° に曲がる経路)を想定し、その経路上の風圧差を算定した(「隅角」間)。風圧差は、風圧係数から、前項で確認した高さ 30m 位置の参照風速 2.0m/s 時の風圧差[Pa]として算定している。

風向ごとの各住戸の対面間、隅角間の風圧差を図 3.1.63、図 3.1.64 に示す。ΔP=0.0675[Pa] および 0.114[Pa]以下の住戸については、フォントを強調表示としている。

対面間の風圧差は、主開口面の正面から風が当たる場合(風向 0°)に最もお大きな差圧が得られ、主開口面に平行に風があたる場合(風向 90°)で非常に小さくなる。

隅角間の風圧差では、風を受ける面が含まれる経路上の差圧は非常に大きく、一方で、風向に対して、側面と裏面の間の経路上の差圧は小さくなることを確認できる。

風圧差[Pa] ←風速2m/s@高さ30m
対面

10階	2.345	2.512	2.350	2.552	10階	1.764	1.804	1.494	1.593
8階	2.736	3.092	2.735	2.745	8階	2.368	2.338	1.546	1.478
6階	2.385	2.565	2.710	2.374	6階	2.158	2.084	1.932	1.365
3階	1.888	2.240	2.202	1.910	3階	2.002	2.166	1.732	1.137
1階	1.891	2.406	2.409	1.985	1階	2.072	2.143	1.712	1.090
				0°					56.25°
10階	2.353	2.448	2.224	2.306	10階	1.429	1.650	1.244	1.194
8階	2.904	3.094	2.554	2.405	8階	1.627	2.021	1.158	1.041
6階	2.575	2.651	2.558	2.078	6階	1.514	1.761	1.468	0.900
3階	2.056	2.363	2.099	1.716	3階	1.676	1.877	1.290	0.776
1階	2.043	2.527	2.272	1.783	1階	1.868	1.721	1.196	0.726
				11.25°					67.5°
10階	2.349	2.371	2.077	2.112	10階	0.687	1.126	0.787	0.724
8階	3.052	3.056	2.405	2.160	8階	0.645	1.354	0.655	0.477
6階	2.713	2.661	2.495	1.866	6階	0.624	1.075	0.823	0.424
3階	2.172	2.428	2.084	1.540	3階	0.982	1.189	0.671	0.411
1階	2.154	2.585	2.236	1.605	1階	1.276	0.974	0.559	0.344
				22.5°					78.75°
10階	2.109	2.062	1.839	1.834	10階	0.048	0.143	0.062	0.154
8階	2.928	2.758	2.073	1.827	8階	0.037	0.045	0.056	0.123
6階	2.627	2.441	2.307	1.641	6階	0.162	0.193	0.080	0.028
3階	2.168	2.320	1.977	1.353	3階	0.076	0.072	0.120	0.025
1階	2.131	2.424	2.061	1.366	1階	0.081	0.148	0.157	0.027
				37.5°					90°
10階	1.980	1.928	1.727	1.812					
8階	2.798	2.596	1.874	1.720					
6階	2.546	2.328	2.218	1.607					
3階	2.184	2.300	1.952	1.326					
1階	2.163	2.358	1.987	1.295					
				45°					

図 3.1.63 独立集合住宅の各住戸の対面間の風圧係数差

風圧差[Pa] ←風速2m/s@高さ30m
隅角

10階	0.345	3.612	3.645	0.124	10階	1.721	1.180	0.819	0.672
8階	0.446	3.664	3.674	0.372	8階	1.912	1.026	0.906	0.390
6階	0.499	3.337	3.188	0.336	6階	1.756	0.682	0.845	0.310
3階	0.413	2.735	2.803	0.272	3階	1.401	0.159	0.778	0.207
1階	0.173	2.851	2.613	0.117	1階	1.804	0.099	0.723	0.269
	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N		WW-N	WW-S	EE-S	EE-N
				0°					56.25°
10階	0.048	4.127	2.798	0.254	10階	2.381	2.011	0.479	0.595
8階	0.151	4.183	2.851	0.466	8階	2.624	2.082	0.537	0.324
6階	0.182	3.764	2.514	0.449	6階	2.280	1.607	0.526	0.182
3階	0.131	2.929	2.289	0.452	3階	1.910	0.875	0.505	0.137
1階	0.196	2.956	2.260	0.374	1階	2.222	0.400	0.477	0.157
	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N		WW-N	WW-S	EE-S	EE-N
				11.25°					67.5°
10階	0.220	3.460	2.237	0.144	10階	2.886	2.768	0.257	0.404
8階	0.228	3.699	2.308	0.336	8階	3.186	2.892	0.275	0.109
6階	0.217	3.368	2.041	0.336	6階	2.714	2.318	0.295	0.032
3階	0.168	2.534	1.882	0.408	3階	2.294	1.497	0.319	0.025
1階	0.505	2.433	1.898	0.405	1階	2.377	0.803	0.319	0.028
	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N		WW-N	WW-S	EE-S	EE-N
				22.5°					78.75°
10階	0.598	1.513	1.684	0.085	10階	3.097	3.227	0.019	0.181
8階	0.640	2.049	1.760	0.100	8階	3.531	3.192	0.043	0.172
6階	0.685	2.090	1.558	0.070	6階	2.902	2.673	0.095	0.123
3階	0.513	1.673	1.443	0.208	3階	2.201	1.954	0.128	0.089
1階	0.895	1.495	1.457	0.239	1階	2.090	1.281	0.158	0.172
	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N		WW-N	WW-S	EE-S	EE-N
				37.5°					90°
10階	1.128	0.023	1.233	0.521					
8階	1.230	0.457	1.312	0.256					
6階	1.200	0.687	1.179	0.269					
3階	0.935	0.764	1.093	0.101					
1階	1.320	0.777	1.058	0.098					
	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N					
				45°					

図 3.1.64 独立集合住宅の各住戸の隅角間の風圧係数差

2) 隣接配置条件における風圧差

前項の独立条件と同様の検討を行い、風向ごとの各住戸の対面間、隅角間の風圧差を図 3.1.65、図 3.1.66 に示した。

隣接配置条件では、独立時と比べて、風圧差の分布が複雑になる。隣接棟の「影」にあたる部分で風圧差が小さくなる一方、隣接棟により増速された風を受ける部分では大きな風圧差が得られることもある。全体的には得られる風圧差は小さくなる。

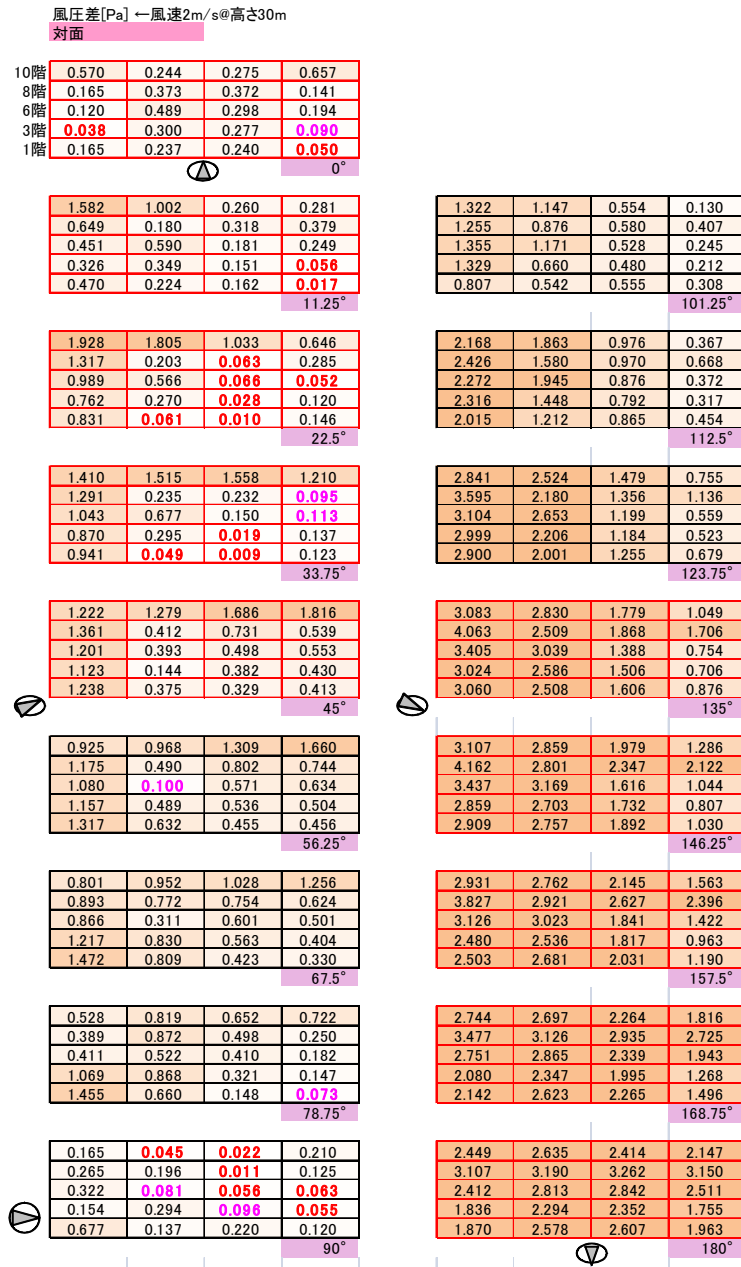


図 3.1.65 隣接配置時の各住戸の対面間の風圧係数差

風圧差[Pa] ←風速2m/s@高さ30m
隅角

10階	0.147	0.814	0.740	0.113	1.602	1.949	0.752	0.817
8階	0.043	0.400	0.279	0.083	1.767	2.182	0.033	0.546
6階	0.087	0.352	0.370	0.137	1.644	1.863	0.010	0.539
3階	0.032	0.233	0.235	0.115	1.347	1.313	0.010	0.469
1階	0.146	0.008	0.136	0.149	1.673	0.761	0.013	0.462
	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N
	0°				56.25°			
10階	0.007	1.373	0.598	0.049	2.250	2.577	0.296	0.878
8階	0.022	0.319	0.233	0.068	2.484	2.801	0.046	0.518
6階	0.260	0.548	0.114	0.062	2.190	2.319	0.081	0.465
3階	0.189	0.515	0.096	0.125	1.831	1.523	0.052	0.385
1階	0.396	0.207	0.205	0.142	2.130	0.895	0.055	0.341
	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N
	11.25°				67.5°			
10階	0.251	1.126	0.861	0.044	2.921	3.083	0.115	0.551
8階	0.239	0.241	0.208	0.078	3.199	3.386	0.027	0.171
6階	0.454	0.510	0.008	0.047	2.694	2.760	0.022	0.127
3階	0.347	0.491	0.253	0.129	2.262	1.691	0.021	0.088
1階	0.620	0.170	0.308	0.151	2.460	0.941	0.001	0.008
	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N
	22.5°				78.75°			
10階	0.521	0.031	1.204	0.009	3.140	3.503	0.009	0.192
8階	0.546	0.836	0.112	0.099	3.545	3.718	0.001	0.170
6階	0.685	0.890	0.099	0.026	2.858	3.082	0.023	0.100
3階	0.515	0.705	0.219	0.050	2.162	2.061	0.069	0.094
1階	0.819	0.322	0.185	0.058	2.182	1.150	0.056	0.197
	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N
	33.75°				90°			
10階	1.049	0.937	1.274	0.485				
8階	1.123	1.413	0.056	0.335				
6階	1.141	1.255	0.094	0.388				
3階	0.916	0.924	0.109	0.323				
1階	1.234	0.470	0.087	0.320				
	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N				
	45°							

図 3.1.66 隣接配置時の各住戸の隅角間の風圧係数差

3) 風圧係数差の出現頻度の検討

独立条件、隣接配置条件における風圧係数差の出現頻度を住戸別に整理した。この出現頻度は、風向が同じ確率で出現する場合の頻度を表しており、極端に風向の出現する比率が異なる場合には異なる結果となる。しかしながら、建物の面の方位とその立地の卓越する風向の関係を考慮に入れて検討することは煩雑になるため、もっとも簡単な風向が同じ確率で出現する状況(すなわち風向に偏りが無い状況)を仮想的に想定したものである。

また、集合住宅において通風の駆動力として期待できる風圧係数差をどのように設定するのが妥当かについては議論の余地が残るが、本項で検討している独立条件が大きな風圧を得やすい状況にあり、隣接配置条件が風圧を期待しづらい状況にある点については異論はないと考えられる。実際の集合住宅において期待される風圧係数差には大小あると思われるが、本項で検討している独立条件と隣接配置条件の間の値をとると想定し、通風駆動力として期待できる風圧係数差の設定値の検討を行う。

図 3.1.67、図 3.1.68 は各住戸の対面間の風圧係数差の出現頻度を、独立条件と隣接配置条件で示したものである。図左が全体、図右が細部を拡大したものである。

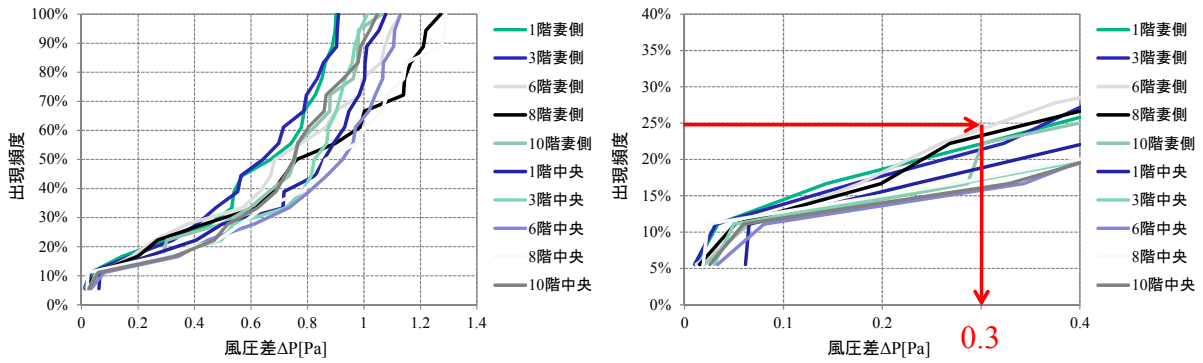


図 3.1.67 独立条件における風圧係数差の出現頻度(対面間)

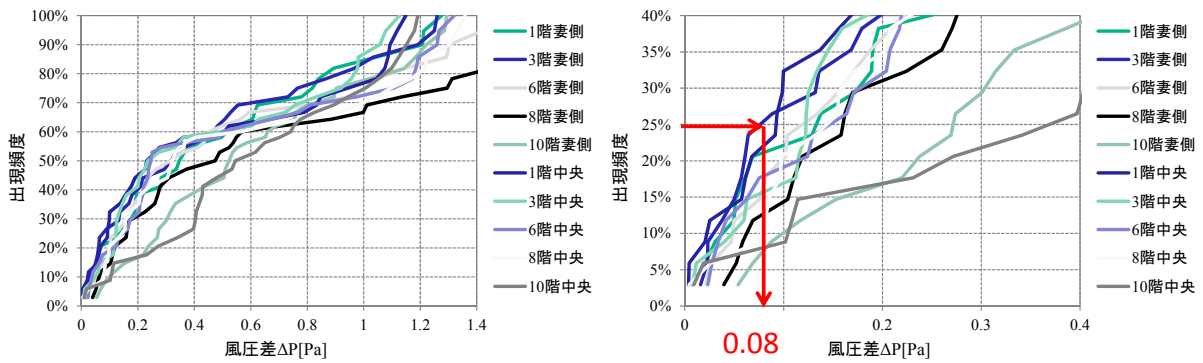


図 3.1.68 隣接配置条件における風圧係数差の出現頻度(対面間)

対面間の風圧係数差は、最も不利な住戸において独立条件では 25 パーセントイル値で 0.3 を、隣接配置条件で、0.08 をとる結果となった。

図 3.1.69、図 3.1.70 は各住戸の隅角間の風圧係数差の出現頻度を、独立条件と隣接配置条件で示したものである。図左が全体、図右が細部を拡大したものである。

隅角間の風圧係数差は、最も不利な住戸において独立条件では 25 パーセントイル値で 0.09 を、隣接配置条件で、0.04 をとる結果となり、主開口面間(対面間)に開口を設けるより、通風駆動力を得るためには不利な状況にあるといえる。

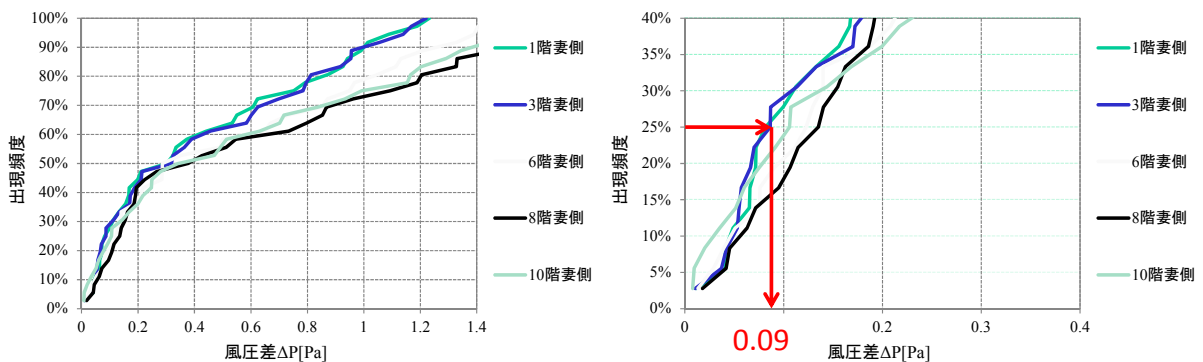


図 3.1.69 独立条件における風圧係数差の出現頻度(隅角間)

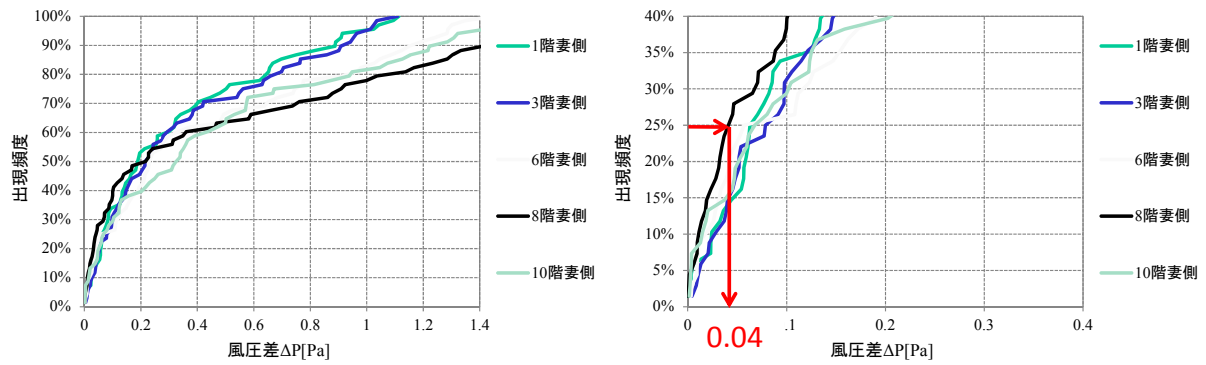


図 3.1.70 隣接配置条件における風圧係数差の出現頻度(隅角間)

以上の検討から、集合住宅における風圧係数差の設定値を考えると、対面間に開口を設ける場合に、独立時と隣接配置時の平均値より $\cdot C_p=0.2$ 、隅角間に開口を設ける場合に、 $\cdot C_p=0.05$ もしくは 0.1 といった値が提案できる。ただし、開口部の面積要件を検討する際に簡便にするために、割り切った数値の設定を行うことも一案であろうと考える。

4) まとめ

集合住宅における通風評価手法を構築するために、参照風速値の設定と風圧係数差の設定について検討した。拡張アメダス気象データを整理することで、地上30mにおける参照風速として 2.0m/s を設定した。また、集合住宅における風圧係数差設定について風洞実験結果をもとに期待できる値として、対面間で $\cdot C_p=0.2$ 、隅角間で $\cdot C_p=0.05$ もしくは 0.1 という値を得た。

3.2 換気設備の省エネルギー性能等に関する検討

3.2.1 はじめに

換気統合の検討では以前の検討を継続的に実施するとともに、あらたに全般換気にかかる省エネルギー性能の評価、換気の省エネルギーや室内環境にかかる関連情報の収集、および局所換気にかかる検討を実施している。全体の構成を図 3.2.1 に示す。

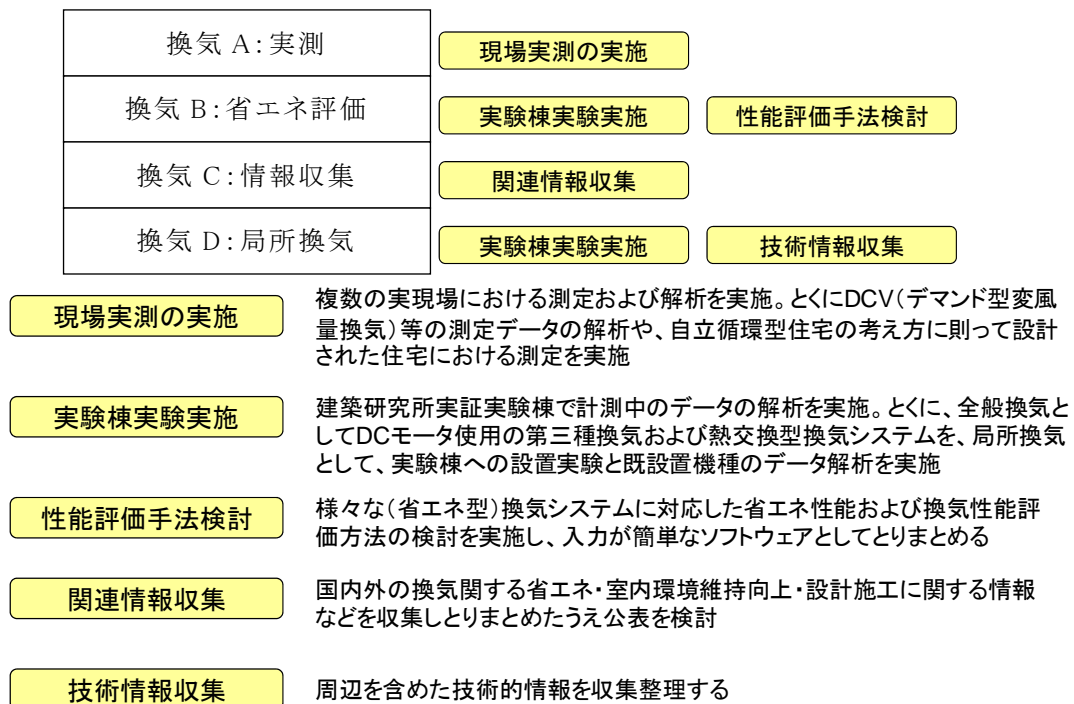


図 3.2.1 換気統合の検討内容と構成

3.2.2 実施内容

(1) A: 実測 換気設備の施工・稼働状況に関する測定

住宅における連続測定と解析を行った。S 邸の測定と解析では、消費電力の測定および室内環境の解析を実施した。M 邸の測定と解析では、換気空調設備の風量測定を実施した。

また、換気設備の維持管理に関するデータおよび集合住宅実験棟の連続使用による性能低下や清掃の効果に関するデータ取得から、熱交換の効果、清掃の効果についてとりまとめた。

さらに、DCV および熱交換型換気設備の性能検証実験を実施し、データ取得および解析を行った。

(2) B：省エネ評価 省エネルギー型換気設備の省エネルギー手法の評価手法の提案

総合的エネルギー削減評価方法の開発として、簡便な入力でエネルギー評価ができるような仕組みの開発し、住宅全体の換気量および暖冷房負荷について解析を進め、計算結果の解析から得られた知見等を取りまとめた。その結果から、プログラム概要を検討した。

(3) C：情報収集 換気全般にかかる情報の収集・整理

AIVC のデータベースを利用した情報の収集と整理を行い、VENTSIM のプリ／ポストのユーザーI/F に関する検討を行った。

(4) D：局所換気 局所換気にかかるエネルギー消費に関する検討

局所換気にかかるエネルギー消費量を試算し、既実施のアンケート調査を精査した。その結果から、局所換気利用の全般換気の換気性能等について計算した。

3.2.3 省エネ評価

ここでは省エネルギー型換気設備の省エネルギー手法の評価手法の提案についての検討内容を報告する。

(1) 目的と検討概要

1) 背景と目的

換気にかかるエネルギーには、換気装置のファン動力と、外気導入負荷を処理する暖冷房の 2 つがある。換気設備の省エネルギー化は、この合計のエネルギーで評価することが必要である。

外気導入負荷の試算においては、以下の点を考慮する必要がある。

a 暖房期間および冷房期間の影響

住宅の熱損失が少なく、かつ、日射取得や内部発熱が多いほど、暖房期間は短くなる(図 3.2.2)。住宅の日射取得や内部発熱が小さいほど、冷房期間は短くなる。従って、外気導入負荷も暖冷房期間が短い分、小さくなる。

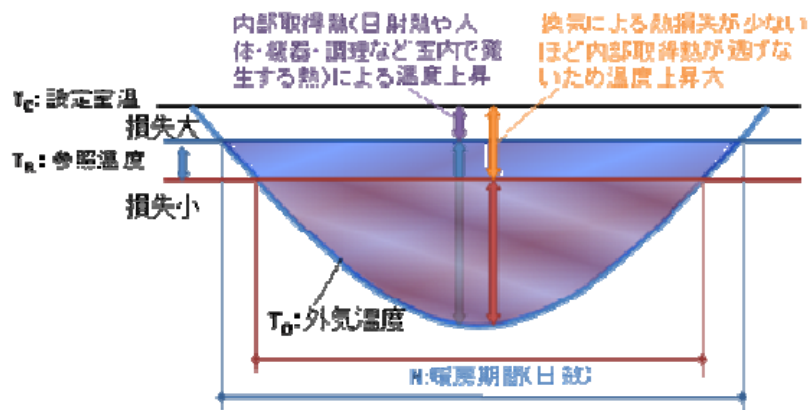


図 3.2.2 熱損失と暖房日数の関係

b 隙間換気量の影響

第1種換気(強制給排気)と第2種換気(強制給気)や第3種換気(強制排気)では、機械換気量に加わる隙間換気量が異なる。図 3.2.3 のように、第1種は内外温度差がなければ、内外の圧力差はほとんどないが、内外温度差があると、温度差による圧力差が生じて、隙間換気がプラスされる。

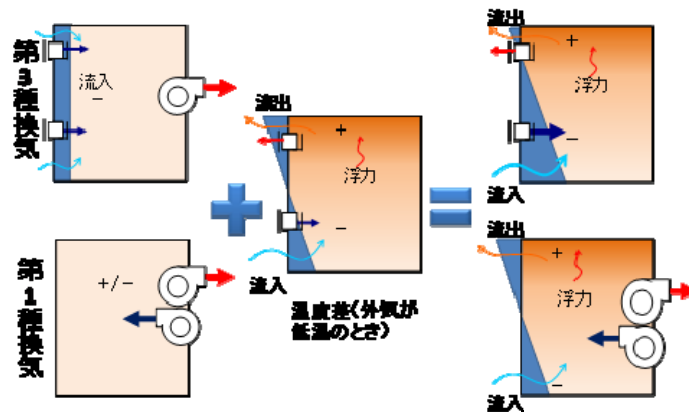


図 3.2.3 隙間換気量の影響

c 部分間欠空調による影響

部分・間欠空調では、全館空調と比べて、暖房期間には住宅平均の室温が低くなり、内外温度差が小さくなるため隙間換気量が減るほか、外気導入負荷も小さくなる。冷房期間には、全館空調と比べて住宅平均の室温が高くなる。

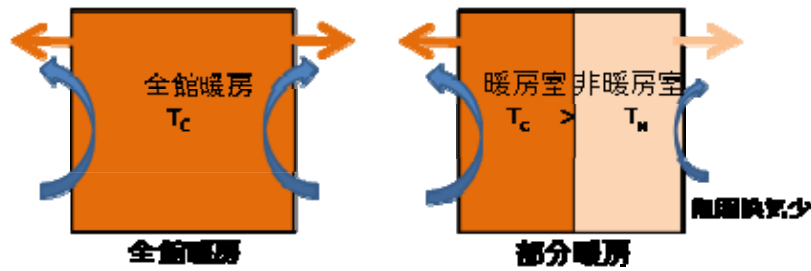


図 3.2.4 部分間欠暖房による室温影響

以上をすべて考慮して外気導入負荷を算出する簡便な方法がない。そのため、外気導入負荷から暖房エネルギーに換算し、換気装置の動力のエネルギーと合計して、地域や住宅性能、空調の状態によって、最も省エネルギーな換気システムを選定するツールが必要である。

そこで、上記を考慮して換気にかかるエネルギーを簡単な入力で推定できる評価手法を検討した。

2) 検討概要

評価手法では、拡張デグリーデー法(以下、DD 法)を使って、前述 a~c の影響を考慮した外気導入負荷を簡易に計算する理論を構築した。

次に、非定常の熱負荷計算ソフトによる外気導入負荷の計算と、DD 法による計算結果を比較し、妥当性を検証した。

次に、DD 法で簡易に算出するために必要な、データベースを作成した。

最後に、必要な情報を入力することで、換気にかかるエネルギーを表示する評価ソフトを作成し、いくつかのエネルギーを試算する。

(2) DD 法による外気導入負荷算出の理論

住宅内は日射熱取得や内部発熱による室温の上昇(自然室温上昇)がある。したがって、自然室温上昇と合わせて設計室温にするための暖房または冷房負荷が発生する。例えば、自然室温上昇が 5°C の場合、暖房設定温度が 20°C だとすると、室温を 15°C にする暖房器の発熱量があれば、自然室温上昇の 5°C が足されて室温は 20°C となる。このときの設定温度と自然室温上昇の差である 15°C を参照室温と呼ぶ。

DD 法は、自然室温上昇から参照室温を求め、日平均外気温度と参照室温の差を、暖房は外気温度が参照室温以下の日数、冷房は外気温度が参照室温以上の日数分を積算して、住宅の総熱損失係数にかけて暖房または冷房負荷を求める方法である。自然室温上昇は、住宅の熱損失が少ないほど大きくなって参照室温は低くなるので、暖房日数は減り、冷房日数は増えることになる。したがって、この方法は住宅の断熱性能や夏季の遮熱性能を考慮することができる。

図 3.2.5 に、DD 法による外気導入負荷(換気負荷)の計算理論を暖房期間の例で示す。換気の熱損失があるときの暖冷房負荷と、換気の熱損失がない(換気量 0 の)ときの暖冷房負荷の差を取ることで、換気をすることにより増加した暖冷房負荷、つまり外気導入負荷を求めることができる。この方法は、換気による熱損失の大小により、暖房日数や冷房日数が変わることも考慮することができる。

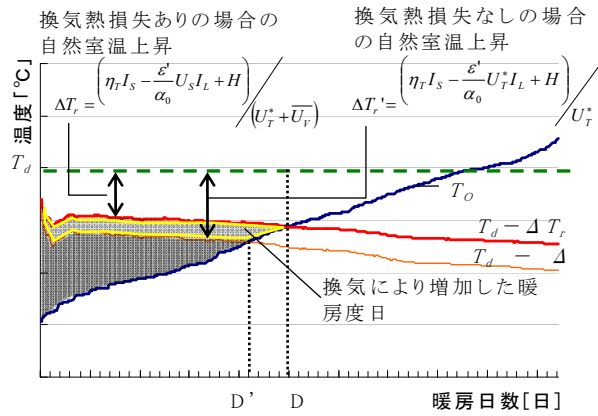


図 3.2.5 拡張デグリーデー法による換気負荷計算理論

以上の計算式を以下に示す。

$$Q_{HV} = Q_H - Q_H^* \quad (3.2.1)$$

$$Q_H = 0.0864 \bar{U}_T \left| \sum_{\{T_d - \Delta T_r\}} \right| \quad (3.2.2)$$

$$Q_H^* = 0.0864 U_T^* \left| \sum_{\{T_d - \Delta T_r'\}} \right| \quad (3.2.2')$$

$$\bar{U}_T = U_T^* + \bar{U}_V \quad (3.2.3)$$

$$\Delta T_r = \left(\sum \eta_{T(k)} I_{S(k)} - \frac{\varepsilon'}{\alpha_0} U_T^* I_L + H \right) / \bar{U}_T \quad (3.2.4)$$

$$\Delta T_r' = \left(\sum \eta_{T(k)} I_{S(k)} - \frac{\varepsilon'}{\alpha_0} U_T^* I_L + H \right) / U_T^* \quad (3.2.4')$$

$$\eta_{T(k)} = \sum \frac{\varepsilon_s}{\alpha_0} KS + \sum \eta_w S' \quad (3.2.5)$$

- U_T^* : 外皮の総熱貫流率[W/K]
 - $\Delta T_r'$: 換気熱損失がないときの自然室温上昇[°C]
 - α_0 : 外表面熱伝達率[W/(m²·K)]
 - T_O : 外気温度[°C]
 - H : 内部発熱[W/h]
 - $\eta_{T(k)}$: 総日射侵入率[-](k:方位)
 - η_w : 窓の日射侵入率[-]
 - ε_s : 外皮日射吸収率[-]
 - ε' : 長波長放射率[-]
 - $I_{S(k)}$: 日射量[W/m²] (k:方位)
 - I_L : 実効放射量[W/m²]
 - S : 外皮の面積[W/m²]
 - S' : 窓面積[W/m²]
- 0.0864 = 24時間 × 0.0036 [MJ/W]

上記の式は暖房期間の外気導入負荷であるが、冷房期間は、積算が if{ }<0 の期間となる。Σ { }が参照室温と日平均外気温度の差の期間積算で、これが暖房度日(暖房デグリーデー)、冷房度日(冷房デグリーデー)と呼ばれる。冷房期間の潜熱負荷も同様に、室内の自然湿度上昇を求め、設定湿度からそれを引いた参照絶対湿度と外気絶対湿度の差の積算(除湿量日)から潜熱負荷を求める。ただし、潜熱の貫流熱損失は小さいので換気熱損失のみとし、また、内部取

得潜熱は内部発生のみとする。

機械換気に加わる温度差や風により生じる住宅の隙間等の自然換気(隙間換気)量の機械換気の種類による違いも考慮するために、換気熱損失率 \overline{U}_v は、機械換気と自然(隙間)換気を合わせた換気熱損失率とする。

また、設計室温 T_d は、部分間欠空調のときには設計室温にならない時間があることから、それらも含めて平均の室温とする。

DD 法により外気導入負荷を算出するために必要な自然(隙間)換気の算出方法と平均室温の算出方法、その他計算に必要なデータベースについては、後で検討する。

(3) 外気導入負荷比較

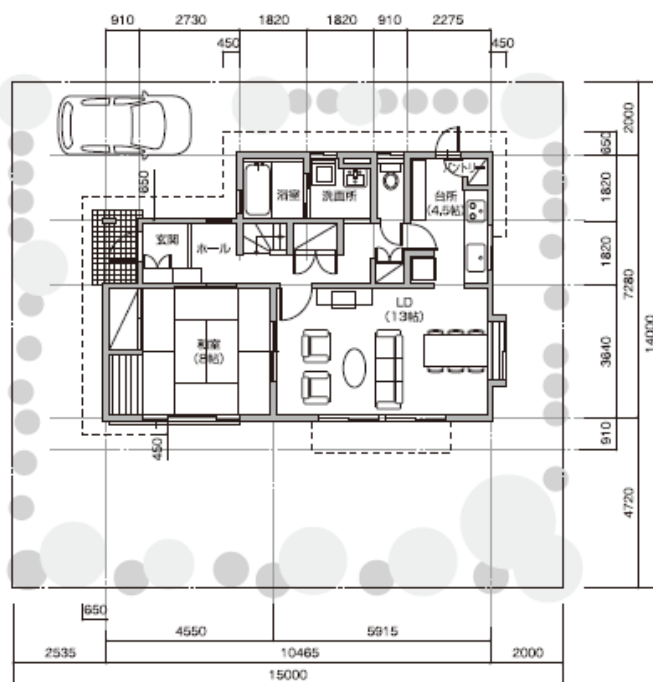
DD 法により算出した外気導入負荷を、非定常の熱負荷計算による外気導入負荷と比較し、妥当性を検証した。熱負荷計算は、AE-Sim/Heat を使用した。

1) Sim/Heatの計算条件

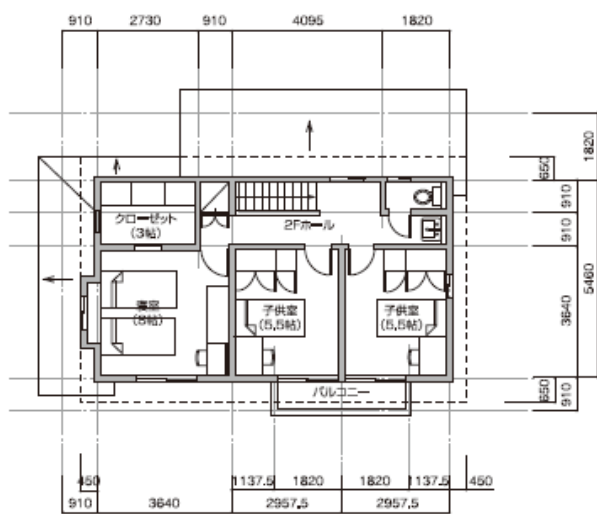
表 3.2.1 に計算ケースを示す。以下に各設定条件を示すが、ここに示す以外の在室、機器発熱等は「住宅事業主の判断基準(以下、事業主基準)」に従う。

a 住宅モデルと換気

住宅モデル A2 および A3 は事業主基準のモデルである。A4 は、自立循環型住宅の準寒冷地モデルである。図 3.2.6～図 3.2.8 に計算モデルを示す。

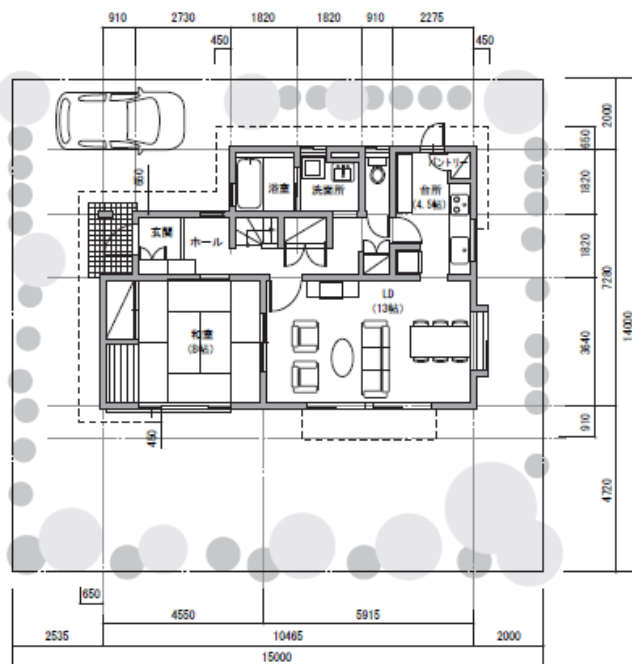


1 階平面図

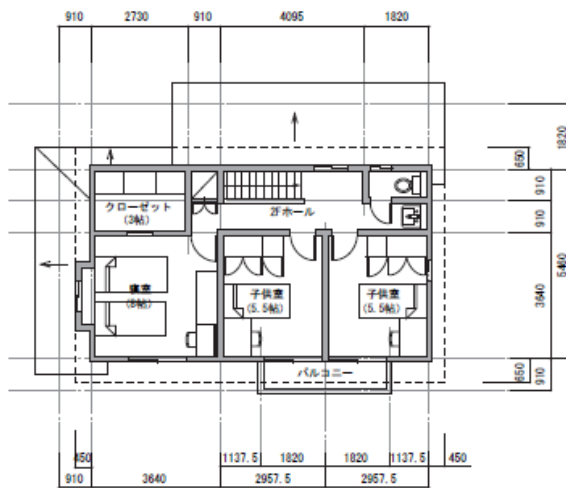


2 階平面図

図 3.2.6 A2 (一般温暖地モデル=事業主基準温暖地モデル)

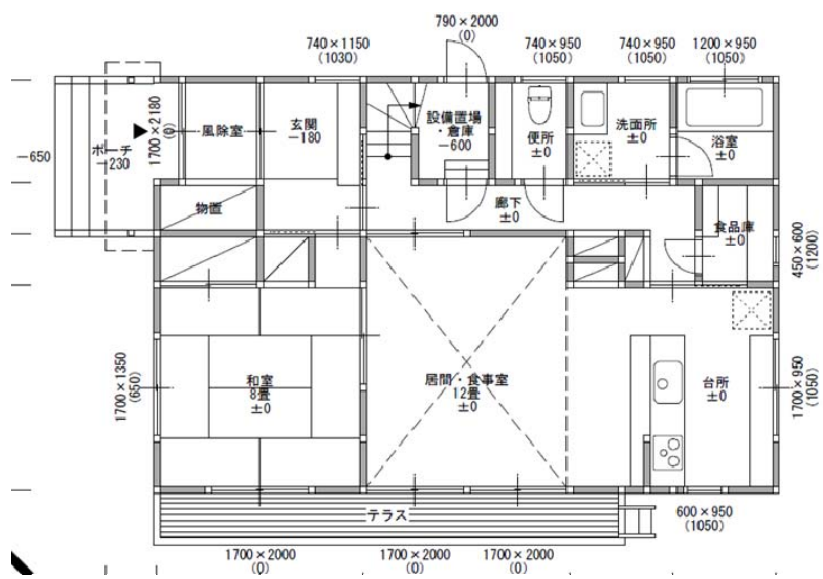


1 階平面図

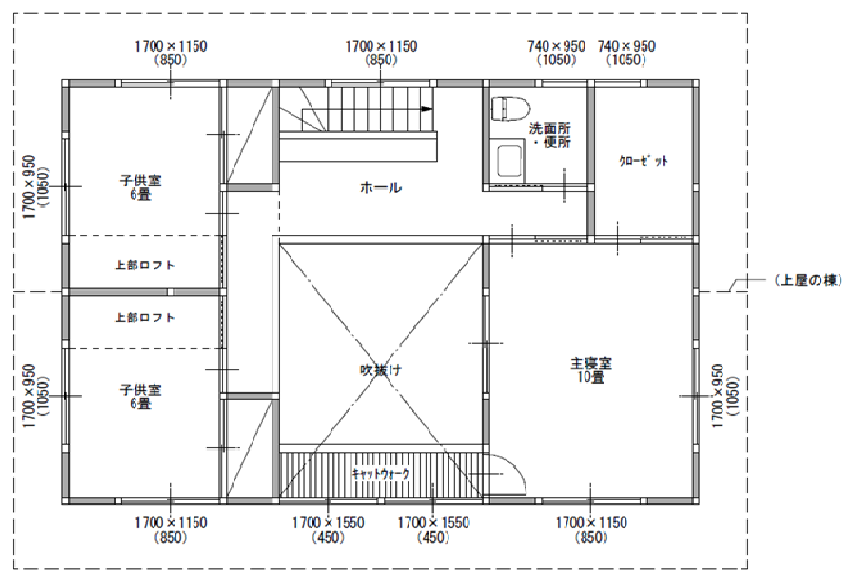


2 階平面図

図 3.2.7 A3(一般寒冷地モデル=事業主基準寒冷地モデル)



1階平面図



2階平面図

図 3.2.8 A4(自立準寒冷地モデル)

b 地点

表 3.2.1 に示す 5 地域で、拡張アメダス気象データ標準年(～1995)を使用した。

表 3.2.1 計算ケース

住宅モデル	A2	一般温暖地モデル
	A3	一般寒冷地モデル
	A4	自立準寒冷地モデル
計算地点	B1	札幌
	B2	盛岡
	B3	仙台
	B4	東京
	B5	那覇
断熱性	C1	高断熱
	C2	中断熱
	C3	低断熱
暖冷房運転	D1	全館連続
	D2	居室連続
	D3	居室間欠
設定温湿度	E1	暖房 20℃・冷房 27℃(就寝時 28℃)
	E2	暖房 20℃・冷房 27℃(就寝時 28℃)60%
換気回数 (常時換気)	F1	0 回/h
	F2	0.5 回/h
	F3	1.0 回/h

c 断熱性能

断熱性能 C1～C3 の断熱仕様を表 3.2.2 に示す。

表 3.2.2 断熱仕様

	一般モデル	準寒冷地モデル
C1 (高断熱)	I 地域の H11 基準超	II 地域の H11 基準超
床	GW24K t149	GW24K t292
外壁	GW24K t167	GW24K t318
天井 / 屋根	吹込用 GW13K t279	GW24K t439
窓	樹脂サッシ+低放射複層 A U=1.9、 $\eta=0.75$ (レースカーテン有 $\eta=0.473$)	
C2 (中断熱)	III 地域の H11 基準相当	III 地域の H11 基準相当
床	GW16K t80	GW16K t96
外壁	GW16K t75	GW16K t99
天井 / 屋根	吹込用 GW13K t175	GW24K t171
窓	金属製熱遮断サッシ+普通複層ガラス U=3.49、 $\eta=0.79$ (レースカーテン有 $\eta=0.512$)	
C3 (低断熱)	IV 地域の H4 基準相当	III 地域の S55 基準相当
床	GW24K t17	GW10K t64
外壁	GW10K t37	GW10K t81
天井 / 屋根	GW10K t56	GW10K t97
窓	金属製熱サッシ+普通単板ガラス U=6.51、 $\eta=0.88$ (レースカーテン有 $\eta=0.554$)	

d 暖冷房運転時間

D1 全館連続は、階間および住宅モデル A4 の風徐室を除く空間を連続暖冷房とする。

D2 居室連続は、住宅モデル A2、A3 の”LD”、”台所”、”寝室”、”子供室1”、”子供室2”、住宅モデル A4 は、”居間・食事室”、”台所”、”主寝室”、”子供室1”、”子供室2”を連続暖冷房する。

D3 居室間欠は、住宅モデル A2、A3 のみで計算しており、暖房及び冷房のスケジュールと設定温度は住宅事業主の判断基準の部分間欠運転スケジュールに従う。

e 設定温度

設定温度は暖房 20℃、冷房は 27℃とする。暖房は 20℃、冷房 27℃設定であるが、冷房の就寝時間は 28℃設定である。

設定湿度 E1 と E2 は、冷房時の相対湿度 60%設定の有無(潜熱負荷の有無)である。

f 換気

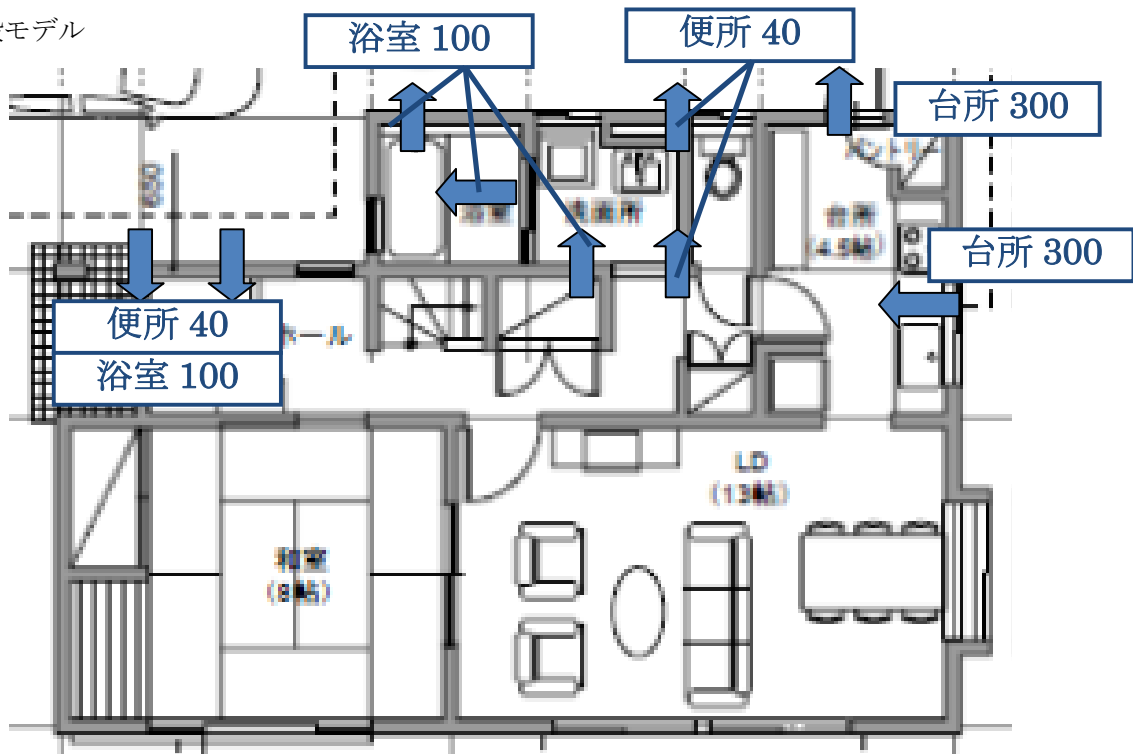
図 3.2.6～図 3.2.8 に、換気回数 0.5 回/h の常時換気の経路と風量を示した。換気回数 1.0 回/h は 0.5 回/h の 2 倍となる。

常時換気とは別に、図 3.2.9 に示す局所換気を与える。図の風量は標準風量であり、業主基準の局所換気スケジュールに従ってこの標準風量に対する割合を、表 3.2.3 の設定とした。

表 3.2.3 局所換気スケジュール

部屋名	日種別	標準風量 [m ³ /h]	時間別運転割合(対標準風量)[%]													
			6-7	7-8	8-9	9-10	10-12	12-13	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
トイレ	平日	40	15.0	5.0	0.0	1.7	0.0	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	5.0	0.0	6.7
	休日		0.0	10.0	10.0	0.0	3.3	0.0	5.0	1.7	0.0	5.0	1.7	0.0	5.0	1.7
浴室	平日	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	25.0	100.0
	休日		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.0	25.0	0.0	0.0	25.0	25.0	100.0
台所	平日	300	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	0.0	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	休日		0.0	0.0	25.0	0.0	0.0	25.0	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

■一般モデル



■準寒冷地モデル

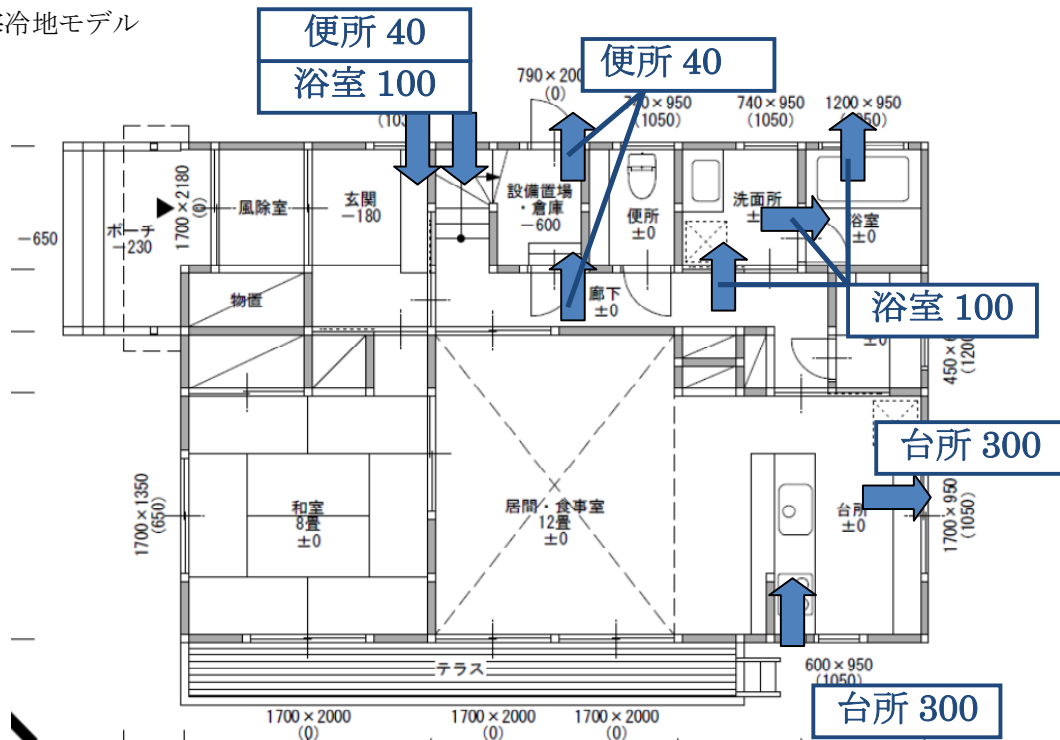


図 3.2.9 局所換気の風量設定

2) DD法の計算条件

前述の Sim/Heat と計算条件と同じ気象データ、住宅モデル等から、DD 法で暖冷房負荷を求める式(1)~(5)に必要なデータを作成した。

図 3.2.10 に暖房度日、冷房度日、除湿量日を示す。除湿量日は、相対湿度が設定室温を超えても温度が冷房設定温度を超えなければ除湿をしないとするならば、冷房度日に影響を受ける。図 3.2.10c は、冷房期間での除湿量日である。図 3.2.10d は、参照室温が 24°C のときの冷房日での除湿量日である。日数が少ない分若干除湿量日が減っていることがわかる。このように、参照室温毎に除湿量日が求められるようにする必要がある。

表 3.2.4 に水平および各方位垂直面の日射量および夜間放射量を示す。表 3.2.6 に、貫流および換気の熱損失率と住宅の水平および各方位垂直面の総日射取得率を示す。表 3.2.5 に内部発熱スケジュールから 1 時間平均にした内部発熱量を示す。

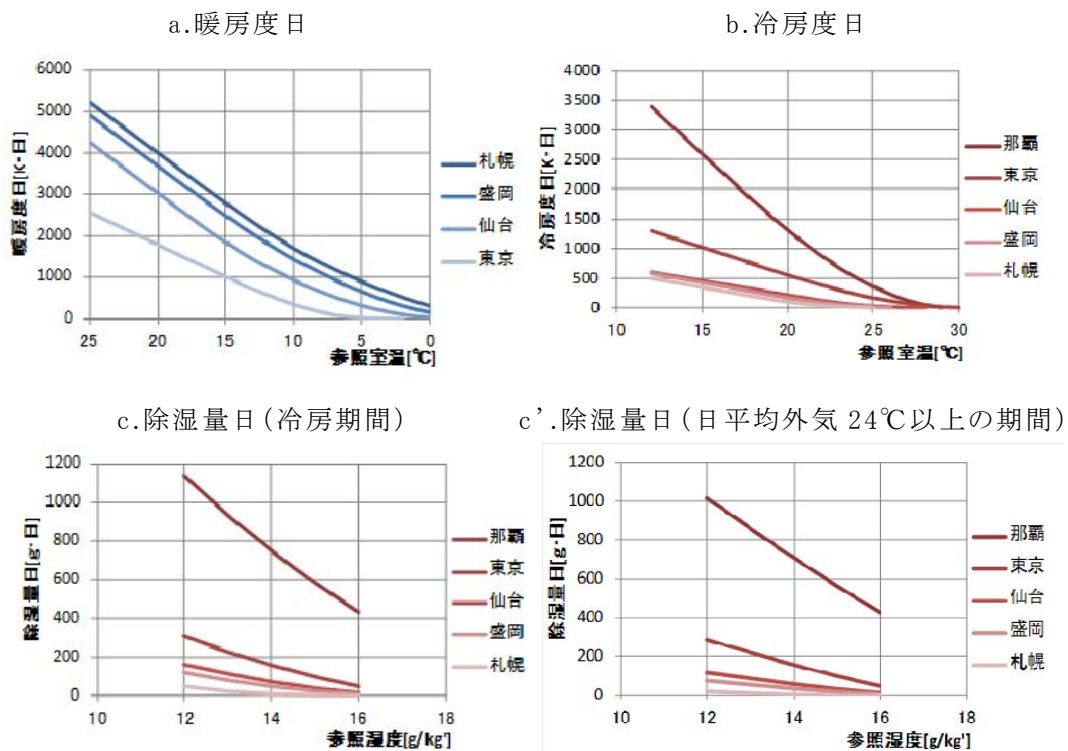


図 3.2.10 デGREEデー

表 3.2.4 平均日射量・夜間放射量(1日あたり)

①暖房期間 [MJ/m ²]						
	水平	南	西	東	北	夜間
札幌	9.71	9.48	5.32	5.69	2.42	4.95
盛岡	10.41	9.65	5.78	5.80	2.58	4.83
仙台	11.68	10.80	6.58	6.87	2.72	5.30
東京	10.51	12.70	6.01	6.10	2.17	6.96
那覇	9.94	7.87	5.16	5.33	2.80	4.36

②冷房期間 [MJ/m ²]						
	水平	南	西	東	北	夜間
札幌	15.20	7.93	7.72	8.22	4.08	3.96
盛岡	15.12	7.16	8.37	6.98	4.22	3.65
仙台	14.94	7.00	7.34	7.80	4.35	3.44
東京	13.99	6.34	6.81	7.03	4.26	3.26
那覇	15.83	7.36	7.83	8.06	4.19	3.89

表 3.2.5 内部発熱量[Wh](1日)

顕著[Wh]			潜熱[Wh]
暖房期間	冷房期間	中間期	冷房期間
13942.6	12754.6	13645.6	261.4

表 3.2.6 損失率と日射取得率

	総熱貫流率 [W/K]	総換気損失率[W/K]			潜熱損失率[W/(g/kg')]			総日射取得率[-]					
		0回/h	0.5回/h	1.0回/h	0回/h	0.5回/h	1.0回/h	水平	南	西	東	北	
一般 (A2)	C1	125.69	9.69	65.69	121.69	22.97	155.77	288.57	0.39	8.99	1.62	2.31	2.42
	C2	234.02							0.61	10.03	2.03	2.71	2.98
	C3	443.76							1.61	11.12	2.61	3.19	3.78
一般 (A3)	C1	114.76		93.69	177.69		221.17	421.37	0.39	7.17	1.23	1.88	1.87
	C2	214.61							0.61	8.10	1.62	2.26	2.39
	C3	407.36							1.61	9.10	2.15	2.70	3.12
準寒冷地	C1	187.18	9.69	65.69	121.69	155.77	288.57	0.27	9.29	2.46	2.39	6.89	
	C2	327.53						0.65	10.41	2.98	2.95	8.13	
	C3	504.48						1.38	11.28	3.25	3.33	9.91	

表 3.2.7 に、各地の暖冷房期間と期間平均外気温度を示す。

全館連続暖冷房のときは設定室温が暖房時 20℃、冷房時 27℃であるが、全館連続以外の場合は AE-Sim/Heat の結果から暖房または冷房期間の住宅全館の平均室温(期間平均室温に室容積をかけて積算し、全容積で除したもの)を設定室温とした。この、部分・間欠暖冷房時の平均室温の算定方法については、後述の(4)で検討する。居室連続・居室間欠冷房時の潜熱(除湿)負荷の計算については設定室温湿度で計算している。

表 3.2.7 暖冷房期間と平均外気温

	暖房期間			冷房期間			中間期	平均外気温[℃]	
	開始日	終了日	日数	開始日	終了日	日数	日数	暖房期間	冷房期間
札幌	10/1	6/2	245	7/12	8/31	51	69	3.70	21.74
盛岡	9/30	5/31	244	7/10	8/31	53	68	4.98	23.02
仙台	10/1	6/2	245	7/14	8/31	49	71	7.70	24.35
東京	11/11	4/14	155	6/14	9/14	93	117	8.46	25.94
那覇				3/25	12/14	265	100		24.79

図 3.2.11 に、Sim/Heat の計算結果による暖房期間の換気負荷と DD 法による換気負荷の関係を示す。換気負荷は、全般換気 0.5 回/h または 1.0 回/h の負荷と 0 回/h の負荷の差である。図を見ると、全館連続暖房の負荷も、居室連続・居室間欠暖房時に設定室温を平均室温で算出した負荷も、Sim/Heat と DD 法はほぼ一致している。

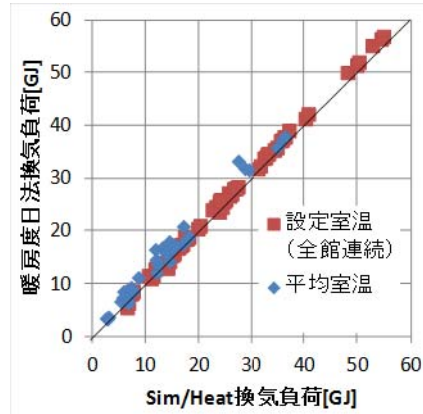


図 3.2.11 暖房期間の換気負荷比較

図 3.2.12 に、同様に冷房期間の換気負荷の関係を示す。全館冷房時の場合は、DD 法による換気負荷は Sim/Heat による換気負荷に比例している。しかし、居室間欠暖房の場合は、特に全熱負荷で DD 法の方が大きくなる傾向にある。これは、居室間欠冷房時に全館冷房と同じ設定湿度で同じで計算したためである。部分・間欠冷房では、よりも全館平均湿度は全館空調(全館除湿)の設定湿度よりも高くなるため、温度同様に設定湿度を全館平均湿度に置き換えると、負荷は小さくなるはずである。

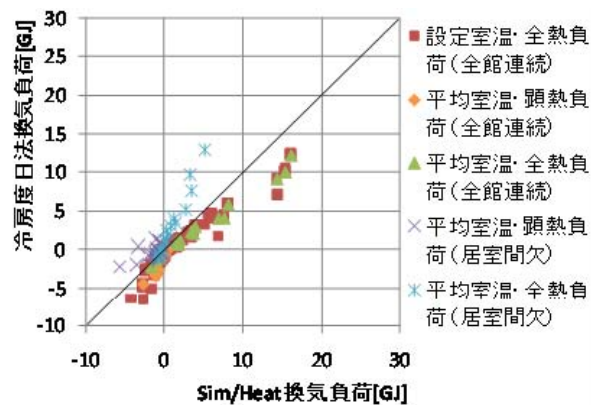


図 3.2.12 冷房期間の換気負荷比較

図 3.2.13 に、Sim/Heat と DD 法による除湿分みの換気負荷の比較を示す。図を見ると、空調率が同じであれば、両者は比例している。ここで、空調率とは、時間毎の空調室の容積の 1 日 (24 時間) 積算を、全容積 (断熱外皮内側の容積) の 24 時間積算で除したものである。

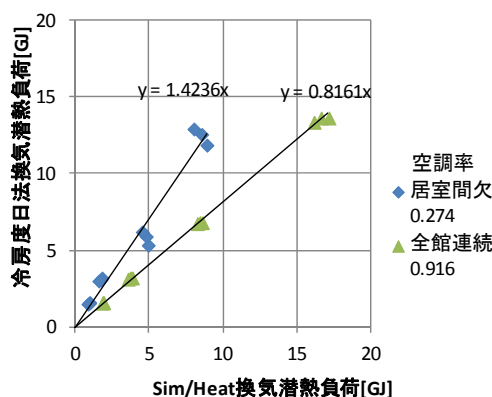


図 3.2.13 冷房期間の換気潜熱負荷比較

$$P = \frac{\sum_{h=1}^{24} \sum_{m=1}^N \beta_m^h \cdot V_m}{24 \sum_{m=1}^N V_m} \quad (3.2.3)$$

- P : 空調率[-]
 V_m : m 室の容積[m³]
 β_m^h : m 室の h 時の空調状態(空調:1、非空調:0)
N : 部屋数

全館連続空調は空調率 P=1 であるが、計算では断熱外皮内側にある 1・2 階間は空調していない設定のため、空調率 1 になってない。図 3.2.13 の比例定数を、空調率の関数とし、潜熱負荷については DD 法の結果を Sim/Heat による潜熱負荷に近くなるように補正する。補正式を以下に示す。

$$UL' = 0.5537 \cdot e^{0.867P} \cdot UL \quad (3.2.4)$$

- UL' : 補正潜熱分換気負荷[-]
UL : DD 法による潜熱分換気負荷[-]

潜熱分の換気負荷を上式で補正して、顕熱と合わせた換気負荷を図 3.2.14 に示す。補正していない図 3.2.12 と比べると、Sim/Heat と DD 法による換気負荷は近い数値になった。

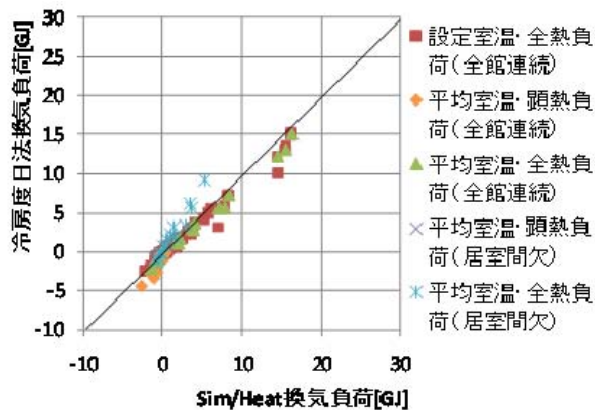
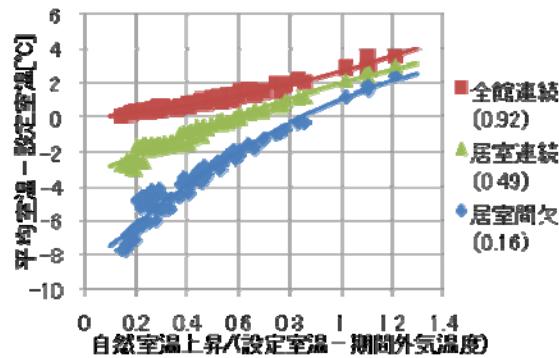


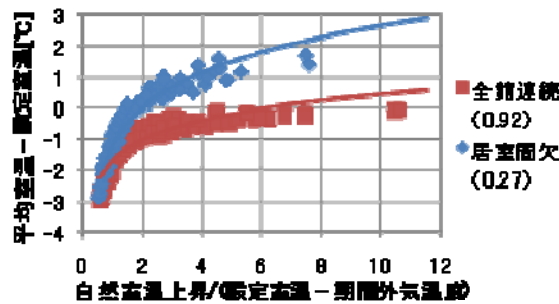
図 3.2.14 房期間の換気負荷比較(潜熱補正)

(4) 平均室温の推定

非空調室や非空調時間の室温は、住宅の断熱性能が高い(熱損失が小さい)ほど、また、内部取得熱が多いほど高くなる。これは、式(3.2.1)(3.2.1')の自然室温上昇と同じである。また、外気温度が低く内外温度差が大きいほど室温の低下は大きくなる。従って、部分間欠暖房時の全館の平均室温は、自然室温上昇を内外温度差で除した値と正の相関があると推察される。図 3.2.15 に、Sim/Heat の居室連続および部分間欠空調の暖房及び冷房の各期間の全館平均室温と設定室温の差、DD 法の計算過程で求める式(3.2.1)(3.2.1')自然室温上昇を設定室温と期間平均外気温度(表 3.2.5 参照)の差で割った値の関係を示す。図を見ると、空調率が同じであれば、自然室温上昇の内外温度差比と、全館平均室温に相関があることがわかる。全館空調では、全室温と設定室温が同じになるので、縦軸は 0 となるはずであるが、暖房期間は 0 よりも大きくなっている。これは、横軸(自然室温上昇/内外温度差)が大きいと、日中のオーバーヒートで室温設定室温より高くなる時間があるためである。



a. 暖房期間



b. 暖房期間

図 3.2.15 住宅性能・外気条件と平均室温の関係

この図から、平均室温と設定室温の差を以下の関数で近似した。

暖房期間

$$\Delta T_A = k_2 \cdot R_T^2 + k_1 \cdot R_T + k_0 \quad (3.2.5)$$

$$k_i = a_i \cdot P^2 + b_i \cdot P + c_i \quad (i=1 \sim 3) \quad (3.2.6)$$

冷房期間

$$\Delta T_A = k_1 \cdot Lh(R_T) + k_0 \quad (3.2.5')$$

$$k_i = d_i \cdot P + e_i \quad (i=0,1) \quad (3.2.6')$$

ΔTA : 平均室温と設定室温Tdの差
RT : 自然室温上昇/(設定室温-期間平均外気温)

係数		ai	bi	ci	di	ei
ki	i=2	-1.9622	8.6939	-5.0117	/	/
	i=1	10.423	-27.134	17.529	-1.122	1.9267
	i=0	-10.251	22.535	-12.11	-0.8628	-0.8278

図に近似式から求められる ΔT_A (平均室温-設定室温) を示した。冷房期間は ΔT_A が大きいときにずれが生じているが、最大 0.5 度程度の差であるので、換気負荷に大きな影響は生じないと考えられる。

上式から平均室温を求め、DD 法における負荷計算式の設定室温を平均室温に補正することで、部分間欠暖房の換気負荷を算出できる。ただし、暖房期間に設定室温より室温が高いとき、冷房期間に設定室温より低いときは負荷が発生しないので、設定室温は補正しない。負荷計算式(2)を部分間欠空調の設定室温補正を加えると以下となる。

$$Q_H = 0.0864 U_T \sum_{|T_i| > 0} \{ (T_d + \Delta T_a - \Delta T_r) - T_0 \} \quad (3.2.7)$$

$$\Delta T_a = \text{MIN}(\Delta T_A, 0)$$

上式は暖房期間の場合であり、冷房期間は、if { } < 0 の期間の積算となり、設定室温の補正は $\Delta T_a = \text{MAX}(\Delta T_A, 0)$

となる。

(5) 自然（隙間）換気量の推定

機械換気の強制給気と強制排気量のバランスや、住宅の気密性能（相当隙間面積）や内外温度差によって変化する隙間換気量を推定するため、それらをパラメータとした換気量計算を行い、それらの関係を把握する。ここで、隙間換気量とは、機械換気量より増加する（加算される）換気量である。換気量の計算には換気回路網計算 Ventsim を用いた。

表 3.2.8 計算ケース

気密性能 (相当隙間 面積)	C0	0 cm ² /m ²
	C2	2 cm ² /m ²
	C5	5 cm ² /m ²
内外温度	全室一定	外気: 30, 20, 10, 0, -10 内部: 20 一定
	各室別	表8
換気量比	S00E10	給気 0: 排気 1
	S05E10	給気 0.5: 排気 1
	S10E10	給気 1: 排気 1
	S10E05	給気 1: 排気 0.5
	S10E00	給気 1: 排気 0
換気回数 ※	Q03	0.3 回/h
	Q05	0.5 回/h
	Q10	1.0 回/h

※ 機械換気の換気量比 1（最大の方）の換気回数

表 3.2.9 各室別温度の場合の設定

温度パラメータ

外気	設定①(空調)	設定②(非空調)		
30	25		25	30
	20	20	25	30
0	10	0	5	10
	20	10	15	20
	30	20	25	30

部屋毎の設定パターン

No	居間(LDK)	居室*	非居室*
I	設定①		設定②
II	設定①	設定②	
III	設定②	設定①	設定②

居室は、寝室、和室、子供室1・2

非居室は、洗面室、浴室、トイレ、クローゼット

1) Ventsim 計算条件

住宅モデルおよび機械換気の経路は図 3.2.6 の事業主基準モデルとした。表 3.2.7 にパラメータとした計算条件を示す。機械換気量比を変えても、壁面の自然給気口等は設定していない。従って、相当隙間面積 0 のときに、給気または排気の換気量比が 0 のときは、換気は生じない。隙間は、各階の高さを 5 等分して壁面に均等に与えた。隙間の n 値は 1/0.6 とした。

2) 内外温度差と換気量

図 3.2.16 に、機械給気:機械排気=1:1、全室一定温度の場合の、内外温度差と隙間換気量を示す。相当隙間面積 C が同じであれば、機械換気量(換気回数)が異なっても、隙間換気量は同じである。これは、機械換気が 0 のときでも内外温度差により生じる温度差換気である。機械給気:機械排気=1:1 のときは、この温度差換気が機械換気に足されることになる。図 3.2.17 に、図 3.2.18 の横軸を内外空気密度差の 1/n 乗にして示す。図を見ると、隙間換気量は内外密度差の 1/n 乗に比例するがわかる。

図 3.2.20 に、各室別温度の場合の容積平均内部温度を求め、それも含めて同様に内外温度差の 1/n 乗と隙間換気量の関係を示す。図を見ると、全室一定温度に比べるとばらつきがあり、相当隙間面積 C=5 のときには大きい誤差で 10m³/h 程度ある。しかし、機械換気量が 0.5 回/h 相当あるとすると、隙間換気も合わせた全体換気量に対する誤差は 5%程度である。

3) 相当隙間面積と温度差換気量

図 3.2.19 の比例定数(隙間換気量/内外空気密度差^{1/n})と相当隙間面積の関係を図 3.2.20 に示す。ただし、隙間換気量は住宅の床面積が異なると変化するので、相当隙間面積同様に、1m² あたりにした。また、機械給気量:機械給気量=1:1 および機械給気量が 0 のときに生じる隙間換気を、以下、温度差換気量と呼ぶ。温度差換気量は、相当隙間面積に比例している。この図から、住宅の相当隙間面積と、内外空気密度差を指定すると、1m² あたりの温度差換気量が求められる。

4) 機械給気と機械排気のバランスと換気量

機械給気:機械排気=1:1 では、換気量によらず機械換気量より温度差換気量分が増加す

る。しかし、機械給気の割合が多くなり、強制給気に近づくほど、強制給気した分だけ隙間から排気されるので、機械換気量に加えられる隙間換気量は減少すると考えられる。また、強制排気に近づくほど、排気で減圧される分だけ隙間から給気されるので、これも機械換気量に加えられる隙間換気量は減少すると考えられる。図 3.2.22 に、この概念を示す。以上から、機械給気：機械排気＝1：1のときに加えられる自然換気量を加えられる隙間換気の最大値として、これを基準とした隙間換気量と、機械給気および機械排気の換気量割合の関係を図 3.2.23 に示す。図を見ると、機械給気量と機械排気量の差が温度差換気量の 2 倍のとき、隙間換気量は 0 で、全体換気量と機械換気量は同じとなる。また、機械給気量と機械排気量の差が自然換気量と同じ時、隙間換気量は自然換気量の 0.5 倍となるので、全体換気量は、機械換気量にこの自然換気量の 0.5 倍が加えられる。つまり、図 3.2.21 から推定される温度差換気量と、図 3.2.24 から、機械換気量に加えられる隙間換気量も推定することができる。以上の隙間換気量推定式を以下に示す。

$$\Delta V_N = 0.8187 \cdot C \cdot \Delta \rho^{1/1.6667}$$

$$V_T = \text{MAX}(V_S, V_E) + \Delta V_N \cdot S_F \cdot P$$

$$\begin{cases} \Delta V_M = 0 & P = 1 \\ \Delta V_M < 2 \cdot \Delta V_N & P = 1 - 0.5 \cdot \Delta V_M / \Delta V_N \\ \Delta V_M \geq 2 \cdot \Delta V_N & P = 0 \end{cases}$$

$$\Delta V_M = |V_S - V_E| / S_F$$

V_S : 強制給気量[m³/h]
 V_E : 強制排気量[m³/h]
 ΔV_N : 1m²あたり温度差換気量[(m³/h)/m²]
 C : 相当隙間面積[cm²/m²]
 S_F : 延床面積[m²]

ただし、住宅の隙間分布が異なる場合には隙間換気量は変わることが考えられるため、2 階建てで隙間が高さ方向に均一に分布していると想定される住宅にのみ適用できる。

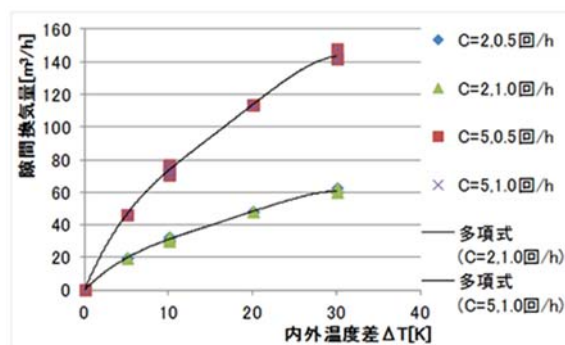


図 3.2.16 内外温度差と隙間換気量

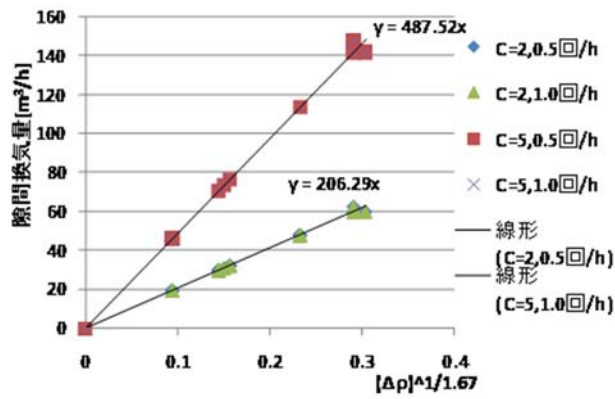


図 3.2.17 内外空気密度差と隙間換気量

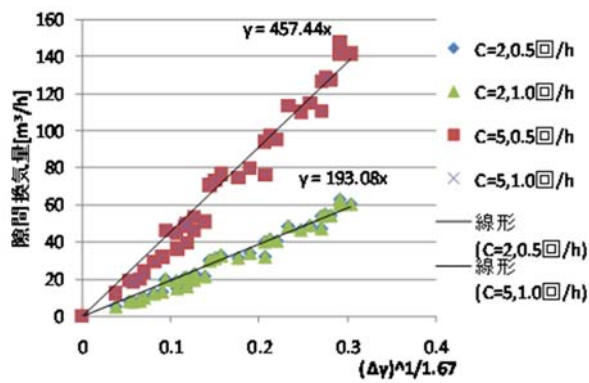


図 3.2.18 内外空気密度差と隙間換気量
(各室別温度設定含む)

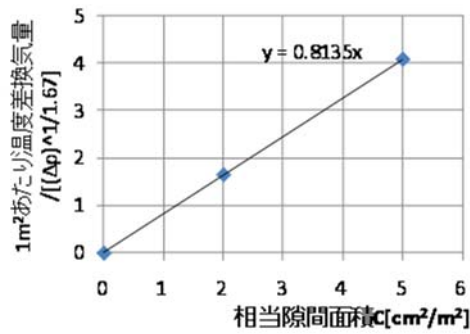


図 3.2.19 相当隙間面積と温度差換気量

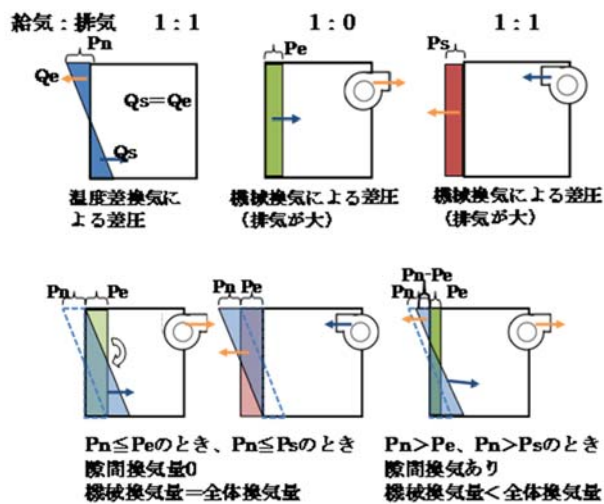


図 3.2.20 機械換気と隙間換気の関係

(6) 評価法の作成

以上の DD 法および隙間換気量の予測手法を用いて、住宅性能や部分・間欠空調、隙間換気量の影響を考慮した換気にかかるエネルギーを計算できるソフトを作成した。

図 3.2.21 にソフト内の計算のフロー、図 3.2.22～図 3.2.24 にソフトの表示画面に示す。

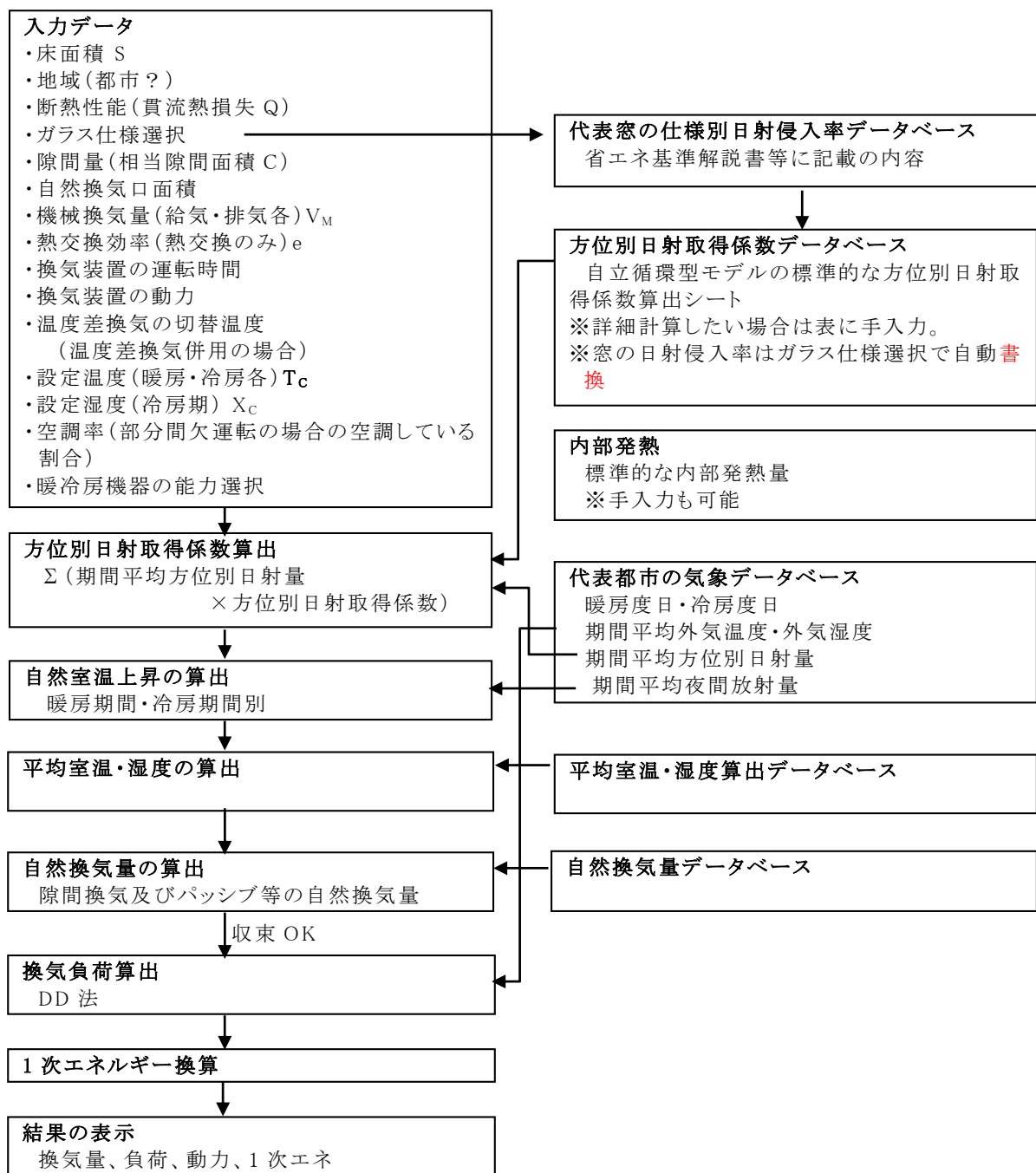


図 3.2.21 換気エネルギー評価ソフトの計算フロー

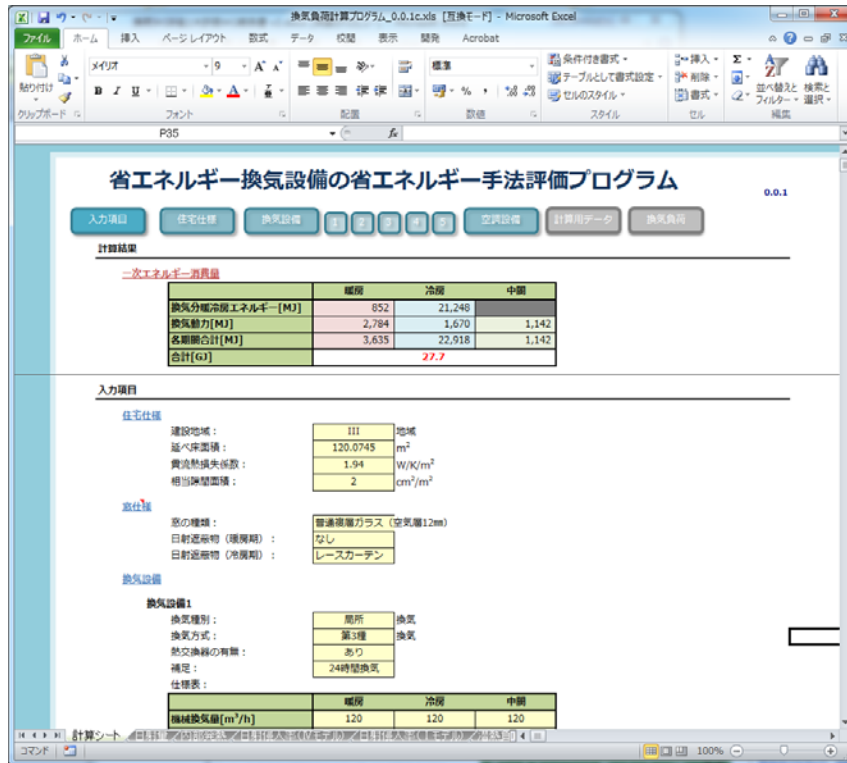


図 3.2.22 表紙

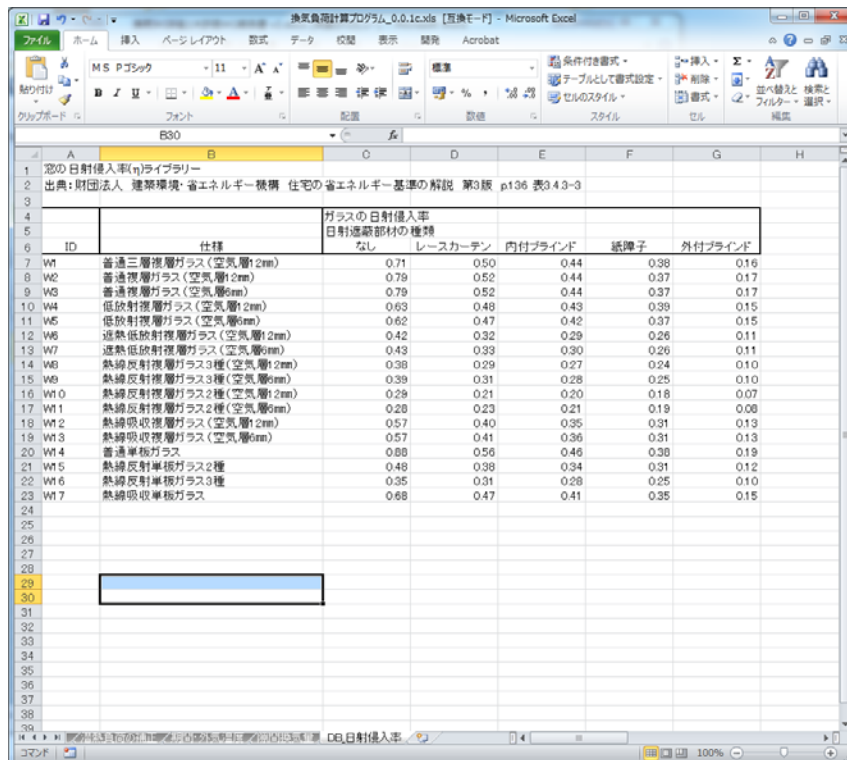


図 3.2.23 日射侵入率ライブラリ

換気負荷計算プログラム_0.0.1c.xls [互換モード] - Microsoft Excel

方位	部位	記号	部位面積: A	熱貫流率: U	冬季日射係 入照: α_{wi}	冬季日よけ 効果係数: f_{wi}	$\alpha_{wi} \times f_{wi} \times$ $U_{eq} \times A$	夏季日射係 入照: α_{si}	夏季日よけ 効果係数: f_{si}	$\alpha_{si} \times f_{si} \times$ $U_{eq} \times A$
南	壁	外壁	39.14	0.541	0.017	1.000	0.554	0.017	1.000	0.554
		外壁(小屋根)	5.57	0.541	0.017	1.000	0.093	0.017	1.000	0.093
					0.000		0.000	0.000		0.000
	窓	窓	15.1		0.790	1.000	11.929	0.520	1.000	7.652
		窓和室	4.59		0.790	1.000	3.626	0.520	1.000	2.387
南西	壁				0.000		0.000	0.000		0.000
					0.000		0.000	0.000		0.000
					0.000		0.000	0.000		0.000
	窓				0.000		0.000			0.000
					0.000		0.000			0.000
西	壁	外壁	27.54	0.541	0.017	1.000	0.480	0.017	1.000	0.480
		ドア	1.89	3.49	0.108	1.000	0.204	0.108	1.000	0.204
					0.000		0.000	0.000		0.000
	窓	窓	1.00		0.790	1.000	0.853	0.520	1.000	0.582
			0.99		0.790	1.000	0.782	0.520	1.000	0.515
北西	壁				0.000		0.000	0.000		0.000
					0.000		0.000	0.000		0.000
					0.000		0.000	0.000		0.000
	窓				0.000		0.000			0.000
					0.000		0.000			0.000
合計	外壁	49.4	0.541	0.017	1.000	0.726	0.017	1.000	0.726	

図 3.2.24 日射侵入率データベース

3.2.4 まとめと課題

換気分野においては、省エネルギー型換気設備の省エネルギー手法の評価手法の提案のため、住宅全体の換気量および暖冷房負荷について解析とそのとりまとめ、換気全般にかかる情報の収集・整理として、AIVCのデータベースを利用した情報の収集と整理およびVENTSIMのプリ/ポストのユーザーI/Fに関する検討、局所換気にかかるエネルギー消費に関する検討として、局所換気にかかるエネルギー消費量の試算、既実施のアンケート調査の精査、局所換気利用の全般換気の換気性能等の計算を実施した。しかし、積み残しの課題も残り、今後の検討において下記の項目について対応することが必要と考える。

実測関連

DCV および熱交換型換気設備の性能についての暖冷房まで含めた検討
熱交換型換気設備の熱交換性能に関する精査

省エネ評価関連

作成したプログラムの精査
作成したプログラムによるケーススタディ
作成したプログラムの機能拡張(換気設備や暖冷房方式の種類の拡張)

情報収集関連

収集した情報の取りまとめと情報発信

局所換気関連

精査しきれていないアンケート調査の整理の継続
計算を実施した局所換気全般換気の換気性能に関するとりまとめ

3.3 給湯・コージェネの試験方法に関する検討

3.3.1 はじめに

本章では 3.3.1～3.3.6 において、家庭用の給湯・コージェネレーション設備について、実使用を考慮した M1 スタンダードモードによる新しい効率評価方法を構築する。

3.3.2 実使用を考慮した試験条件の設定

実住戸における給湯の消費は散発的でランダム的な様相を呈する出湯が集合して全体の複雑な負荷挙動を生成する。また単なる湯としての消費以外に、浴槽における熱ロスによる追焚負荷も発生する。旧来の安定領域の効率のみを評価する試験方法から、現状ではこうした使用実態を部分的に再現した評価手法が提案されるようになっており、実使用下における効率改善について一定の成果があったものと推測される。特に、自立循環プロジェクトで規定された「修正 M1 モード」は、従来になかった日変動の概念を導入し、貯湯式給湯機などの学習機能を有する機種 of 効率評価を可能にし、それに続く研究において重要な役割を果たしたものとする。しかしながら現状では実使用に関して更なる知見が蓄積されてきており、さらなる改良が求められていた。以下では、既往評価の特徴と課題を示し、検討の方針を整理する。

(1) 検討の目的と概要

1) 既往の給湯評価手法の特徴と問題点

a 修正 M1 モード

自立循環型住宅の研究において開発された評価方法である。住宅建築事業主の判断基準に用いられるなどの実績がある。

- ・ 瞬間式・貯湯式を含めたあらゆる給湯機の効率試験が可能。
- ・ 代表6日 全30日からなる複数日モードであり、学習機能のある貯湯式の試験が可能。
- ・ 代表6日の負荷分布が左右非対称であり、日数の多い平日が大・小2日しかなく不自然。
- ・ 1回の出湯(消費行為)が最低2L であり、5分に1つの消費行為しか割り当てていないなど、給湯消費の細かい特性(後述のマイクロ特性)の再現は必ずしも十分でない。
- ・ 浴槽追焚を考慮していない。また浴槽湯はりの湯量も 150L と少ない。

b ふろ給湯標準使用モード

JIS S 2072 「家庭用ガスふろがま・石油ふろがまの標準使用条件・標準加速モード及び試験条件」に定められており、近くモード熱効率として製品に表記させる予定である。

- ・ 本来はガス・石油給湯機用の単日モードだが、ヒートポンプ給湯機にも準用されている

る。

- ・ 給湯水栓部分は実測結果より、消費行為のマイクロ特性を詳細に再現している。
- ・ 季節条件は中間期のみ(雰囲気温度 20℃ 給水温度 15℃)

なお、浴槽負荷について、アンケートと実測から詳細に検討しているが、若干根拠に曖昧なところがある。ただし、浴槽負荷を想定しているのは冬期条件のみ。また、自動保温ではなく4回の追焚を想定した。

	用途別湯消費量 [L/日]	用途別湯消費量 [L/日]				合計		7日移動		
		台所	浴室 (湯はり)	浴室 (シャワー)	洗面	洗濯	浴室合計	合計	平均	標準偏差
1日	休日不在(大)	10	150	200	20		350	380		
2日	休日在宅(大)	200	150	200	100		350	650		
3日	平日(大)	120	150	140	60		290	470		
4日	平日(小)	100	150	80	50		230	380		
5日	平日(大)	120	150	140	60		290	470		
6日	平日(小)	100	150	80	50		230	380		
7日	平日(大)	120	150	140	60		290	470		
8日	休日不在(小)	10	0	200	30		200	240	437.1	125.1
9日	休日在宅(小)	160	150	140	100		290	550	422.9	100.0
10日	平日(大)	120	150	140	60		290	470	422.9	100.0
11日	平日(小)	100	150	80	50		230	380	422.9	100.0
12日	平日(大)	120	150	140	60		290	470	422.9	100.0
13日	平日(小)	100	150	80	50		230	380	422.9	100.0
14日	平日(大)	120	150	140	60		290	470	422.9	100.0
15日	休日不在(大)	10	150	200	20		350	380	442.9	65.2
16日	休日在宅(大)	200	150	200	100		290	650	457.1	96.2
17日	平日(小)	100	150	80	50		230	380	444.3	100.1
18日	平日(大)	120	150	140	60		290	470	457.1	96.2
19日	平日(小)	100	150	80	50		230	380	444.3	100.1
20日	平日(大)	120	150	140	60		290	470	457.1	96.2
21日	平日(小)	100	150	80	50		230	380	444.3	100.1
22日	休日不在(大)	10	150	200	20		350	380	444.3	100.1
23日	休日在宅(大)	200	150	200	100		350	650	444.3	100.1
24日	平日(大)	120	150	140	60		290	470	457.1	96.2
25日	平日(小)	100	150	80	50		230	380	444.3	100.1
26日	平日(大)	120	150	140	60		290	470	457.1	96.2
27日	平日(小)	100	150	80	50		230	380	444.3	100.1
28日	平日(大)	120	150	140	60		290	470	457.1	96.2
29日	休日不在(小)	10	0	200	30		200	240	437.1	125.1
30日	休日在宅(小)	160	150	140	100		290	550	422.9	100.0
1ヶ月モード	平均	106	140	138	58		276	442		
	標準偏差	53	38	46	23		46	100		

代表日	30日内の日数	台所	浴室 (湯はり)	浴室 (シャワー)	洗面	洗濯	合計
休日在宅(大)	3日	200	150	200	100	$\mu + 2\sigma$	650
休日在宅(小)	2日	160	150	140	100	$\mu + \sigma$	550
平日(大)	11日	120	150	140	60	μ	470
平日(小)	9日	100	150	80	50	$\mu - \sigma$	380
休日不在(大)	3日	10	150	200	20	$\mu - \sigma$	380
休日不在(小)	2日	10		200	30	$\mu - 2\sigma$	240

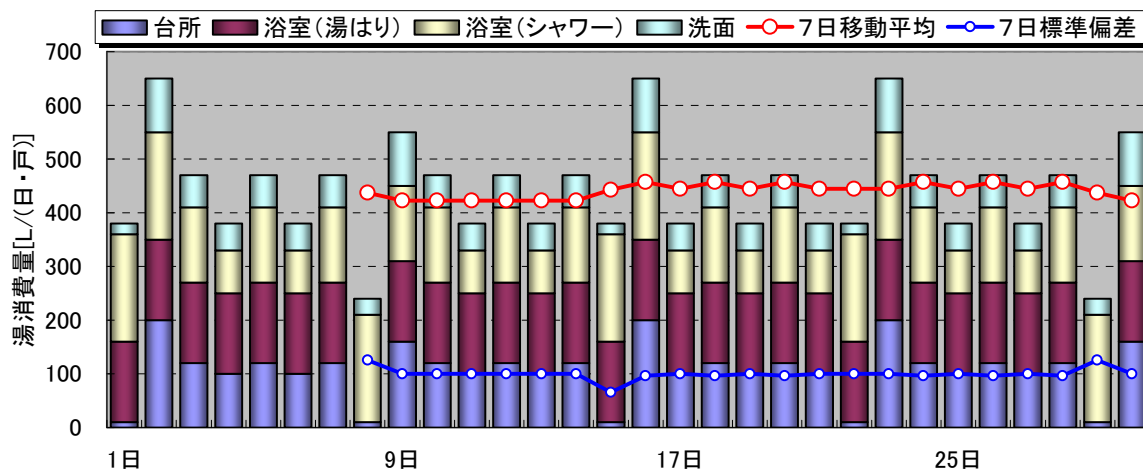


図 3.3.1 修正M1モード(4人世帯) 給湯部分

家電・照明 [kWh/日]	熱負荷 [MJ/日]			空調電力 [kWh/日]			電力合計 [kWh/日]				温水暖房 [MJ/日] LD+K
	冷房 全室	暖房 LD+K	個室	冷房 全室	暖房 LDK	個室	中間期 家電・照明	夏期 家電+冷房	冬期 温水暖房なし	温水暖房あり	
9.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.15	9.15	9.15	9.15	0.00
12.68	131.80	190.29	211.67	12.20	17.62	19.60	12.68	24.88	49.90	32.28	190.29
10.96	61.40	109.86	99.46	5.69	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
10.96	19.29	67.64	40.76	1.79	6.26	3.77	10.96	12.75	21.00	14.73	67.64
10.96	19.29	109.86	99.46	1.79	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
10.96	61.40	67.64	40.76	5.69	6.26	3.77	10.96	12.75	21.00	14.73	67.64
10.96	19.29	109.86	99.46	1.79	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
9.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.15	9.15	9.15	9.15	0.00
12.68	95.88	132.65	177.70	8.88	12.28	16.45	12.68	21.55	41.41	29.13	132.65
10.96	61.40	109.86	99.46	5.69	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
10.96	19.29	67.64	40.76	1.79	6.26	3.77	10.96	12.75	21.00	14.73	67.64
10.96	19.29	109.86	99.46	1.79	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
10.96	61.40	67.64	40.76	5.69	6.26	3.77	10.96	12.75	21.00	14.73	67.64
10.96	19.29	109.86	99.46	1.79	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
9.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.15	9.15	9.15	9.15	0.00
12.68	131.80	190.29	211.67	12.20	17.62	19.60	12.68	24.88	49.90	32.28	190.29
10.96	61.40	109.86	99.46	5.69	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
10.96	19.29	67.64	40.76	1.79	6.26	3.77	10.96	12.75	21.00	14.73	67.64
10.96	61.40	109.86	99.46	5.69	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
10.96	19.29	67.64	40.76	1.79	6.26	3.77	10.96	12.75	21.00	14.73	67.64
10.96	61.40	109.86	99.46	5.69	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
9.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.15	9.15	9.15	9.15	0.00
12.68	95.88	132.65	177.70	8.88	12.28	16.45	12.68	21.55	41.41	29.13	132.65

10.94	45.07	88.45	81.71	4.17	8.19	7.57	10.94	15.38	26.70	18.51	88.45
1.04	40.51	53.52	64.60	3.75	4.96	5.98	1.04	4.63	11.78	6.93	53.52

エアコンCOP=3を仮定

家電・照明 [kWh/日]	熱負荷 [MJ/日]			空調電力 [kWh/日]			電力合計 [kWh/日]				温水暖房 [MJ/日] LD+K
	冷房 全室	暖房 LD+K	個室	冷房 全室	暖房 LDK	個室	中間期 家電・照明	夏期 家電+冷房	冬期 温水暖房なし	温水暖房あり	
12.68	131.80	190.29	211.67	12.20	17.62	19.60	12.68	24.88	49.90	32.28	190.29
12.68	95.88	132.65	177.70	8.88	12.28	16.45	12.68	21.55	41.41	29.13	132.65
10.96	61.40	109.86	99.46	5.69	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
10.96	19.29	67.64	40.76	1.79	6.26	3.77	10.96	12.75	21.00	14.73	67.64
9.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.15	9.15	9.15	9.15	0.00
9.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.15	9.15	9.15	9.15	0.00

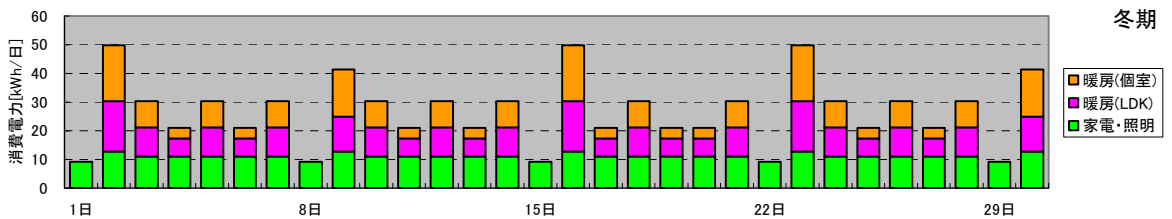
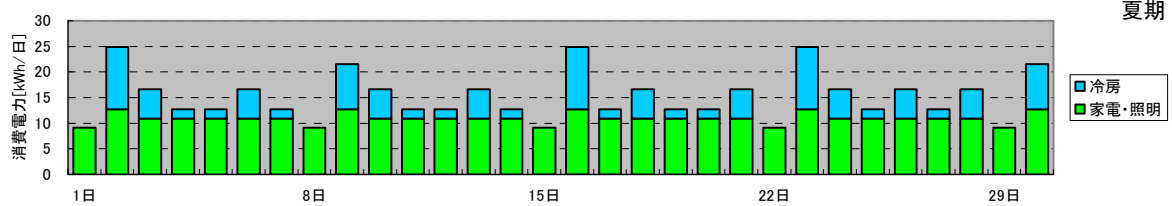


図 3.3.2 修正M1モード(4人世帯) 電力・暖冷房部分

修正M1(4人世帯)

平日(大)			平日(小)			休日在宅(大)			休日在宅(小)			休日外出(大)			休日外出(小)		
時刻	量[L]	水栓	時刻	量[L]	水栓	時刻	量[L]	水栓	時刻	量[L]	水栓	時刻	量[L]	水栓	時刻	量[L]	水栓
06:30	3	洗面	06:30	3	洗面	07:15	10	洗面	07:15	10	洗面	06:30	2	洗面	06:30	3	洗面
06:35	3	洗面	06:35	3	洗面	07:55	10	洗面	07:55	10	洗面	07:45	2	洗面	07:45	3	洗面
07:15	5	台所	07:15	5	台所	08:10	10	洗面	08:10	10	洗面	08:00	2	洗面	08:00	3	洗面
07:20	10	台所	07:20	10	台所	08:30	10	台所	08:30	10	台所	08:15	2	洗面	08:15	3	洗面
07:25	3	洗面	07:25	3	洗面	08:35	10	台所	08:35	10	台所	08:45	10	台所	08:45	10	台所
07:30	3	洗面	07:30	3	洗面	08:40	10	洗面	08:40	10	洗面						
08:25	3	洗面	08:25	3	洗面							20:00	6	洗面	20:00	9	洗面
09:30	3	洗面	09:30	2	洗面	11:55	12	洗面	11:55	12	洗面						
10:15	3	洗面	10:15	2	洗面	12:45	20	台所	12:45	15	台所	20:30	150	浴槽			
						12:50	20	台所	12:50	15	台所						
12:45	5	台所	12:45	5	台所	12:55	20	台所	12:55	20	台所	20:50	25	シャワー	20:50	25	シャワー
12:50	10	台所	12:50	10	台所						20:55	25	シャワー	20:55	25	シャワー	
13:45	3	洗面	13:45	2	洗面	16:00	9	洗面	16:00	9	洗面						
												21:15	25	シャワー	21:15	25	シャワー
16:00	3	洗面	16:00	2	洗面	17:05	25	シャワー	17:05	25	シャワー	21:20	25	シャワー	21:20	25	シャワー
17:15	3	洗面	17:15	2	洗面	17:10	25	シャワー	17:10	25	シャワー	21:45	2	洗面	21:45	3	洗面
18:00	3	洗面	18:00	2	洗面	17:15	3	洗面	17:15	3	洗面						
18:15	3	洗面	18:15	2	洗面							22:00	25	シャワー	22:00	25	シャワー
						18:00	3	洗面	18:00	3	洗面	22:05	25	シャワー	22:05	25	シャワー
19:15	3	洗面	19:15	2	洗面	18:25	12	洗面	18:25	12	洗面	22:15	2	洗面	22:15	3	洗面
19:20	3	洗面	19:20	2	洗面												
19:25	3	洗面	19:25	2	洗面	19:30	20	台所	19:30	15	台所	22:30	25	シャワー	22:30	25	シャワー
						19:35	20	台所	19:35	15	台所						
20:15	15	台所	20:15	10	台所	19:40	20	台所	19:40	15	台所	22:35	25	シャワー	22:35	25	シャワー
20:20	15	台所	20:20	10	台所	19:45	20	台所	19:45	15	台所	23:00	2	洗面	23:00	3	洗面
20:25	15	台所	20:25	10	台所	19:50	20	台所	19:50	15	台所						
20:30	15	台所	20:30	10	台所	19:55	20	台所	19:55	15	台所						
20:35	15	台所	20:35	15	台所												
20:40	15	台所	20:40	15	台所	20:45	150	浴槽	20:45	150	浴槽						
20:45	150	浴槽	20:45	150	浴槽	21:15	25	シャワー	21:15	25	シャワー						
						21:20	25	シャワー	21:20	25	シャワー						
20:55	20	シャワー	20:55	20	シャワー	21:45	5	洗面	21:45	5	洗面						
21:00	3	洗面	21:00	3	洗面												
						22:00	25	シャワー	22:00	10	シャワー						
21:25	25	シャワー	21:25	10	シャワー	22:05	25	シャワー	22:05	10	シャワー						
21:30	25	シャワー	21:30	10	シャワー	22:10	5	洗面	22:10	5	洗面						
21:45	3	洗面	21:45	3	洗面												
						22:30	25	シャワー	22:30	10	シャワー						
22:00	10	シャワー	22:00	10	シャワー	22:35	25	シャワー	22:35	10	シャワー						
22:05	10	シャワー	22:05	10	シャワー	23:00	11	洗面	23:00	11	洗面						
22:15	3	洗面	22:15	3	洗面												
22:30	25	シャワー	22:30	10	シャワー												
22:35	25	シャワー	22:35	10	シャワー												
23:00	3	洗面	23:00	3	洗面												
23:05	3	洗面	23:05	3	洗面												
合計	470 L		合計	380 L		合計	650 L		合計	550 L		合計	380 L		合計	240 L	
行為数	38 回		行為数	38 回		行為数	32 回		行為数	32 回		行為数	18 回		行為数	17 回	

図 3.3.3 修正 M1 消費行為の展開

時刻	男性46歳		女性44歳		女性16		男性14		共通
16:00			TV	居間					
16:15			炊事	台所					
16:30							通学		
16:45									
17:00									
17:15					通学				
17:30									
17:45									
18:00									
18:15									
18:30					TV	居間			
18:45	通勤		炊事	台所			学習	洋室2	
19:00									
19:15									
19:30	夕食	ダイニング	夕食	ダイニング	夕食	ダイニング	夕食	ダイニング	
19:45									
20:00									
20:15			炊事	台所	学習	洋室1	TV	居間	
20:30							入浴	浴室	浴槽湯はり
20:45	TV	居間					洗顔など	洗面所	
21:00									
21:15			TV	居間	入浴	浴室	学習		
21:30					洗顔など	洗面所			
21:45	入浴	浴室							
22:00	洗顔など	洗面所							
22:15			入浴	浴室	学習	洋室1	TVゲーム	洋室2	
22:30			洗顔など	洗面所					
22:45	コンピューター使用	居間	TV	居間					
23:00									
23:15									
23:30	睡眠7h	和室	睡眠7h	和室	CD・ラジオ		睡眠7h45m		
23:45									

図 3.3.4 修正 M1 の入浴関係スケジュール

表 3.3.1 JIS S 2072 におけるふろ給湯標準使用モード

表 A.1-給湯付ふろがま（自動保温付機器）のふろ給湯標準使用モード（浴槽水入替日：6日/週）

用途	開始時刻	継続時間 (s)	開始前停止時間 (s)	使用流量 ^{a)} (L/分)	使用量 (L)	用途	開始時刻	継続時間 (s)	開始前停止時間 (s)	使用流量 ^{a)} (L/分)	使用量 (L)
洗面	6:45:00	120	—	5	10.00	台所	19:57:00	30	120	5	2.50
	6:47:30	10	30	5	0.83		19:58:00	10	30	5	0.83
	6:48:10	10	30	5	0.83		20:03:10	30	300	5	2.50
	6:49:20	10	60	5	0.83		20:04:10	10	30	5	0.83
	6:50:00	10	30	5	0.83		20:04:50	10	30	5	0.83
台所	8:00:00	60	4 190	5	5.00	自動追だき	20:12:00	110 s ^{d)} 1.36 °C ^{d)} 1.02 MJ ^{d)}	—	—	—
	8:01:30	10	30	5	0.83	シャワー	20:15:00	300	600	10	50.00
	8:02:10	10	30	5	0.83	台所	20:21:00	10	60	5	0.83
	8:12:20	300	600	5	25.00		20:21:40	10	30	5	0.83
	8:19:20	30	120	5	2.50		20:22:20	10	30	5	0.83
	12:45:00	60	15 910	5	5.00		20:23:00	10	30	5	0.83
	12:46:30	10	30	5	0.83		自動追だき	20:42:00	110 s ^{d)} 1.36 °C ^{d)} 1.02 MJ ^{d)}	—	—
	12:47:10	10	30	5	0.83	21:12:00		57 s ^{d)} 0.7 °C ^{d)} 0.53 MJ ^{d)}	—	—	—
	12:52:20	120	300	5	10.00	21:42:00		57 s ^{d)} 0.7 °C ^{d)} 0.53 MJ ^{d)}	—	—	—
	12:55:20	30	60	5	2.50	洗面	21:45:00	120	4 910	5	10.00
	18:00:00	60	18 250	5	5.00		21:47:30	10	30	5	0.83
	18:01:30	10	30	5	0.83		21:48:10	10	30	5	0.83
	18:03:40	60	120	5	5.00	シャワー	21:48:50	10	30	5	0.83
	18:09:40	60	300	5	5.00		21:59:00	120	600	10	20.00
	18:11:10	10	30	5	0.83	洗面	22:01:30	10	30	5	0.83
	18:11:50	10	30	5	0.83	洗面	22:02:10	10	30	5	0.83
	18:12:30	10	30	5	0.83	自動追だき	22:12:00	110 s ^{d)} 1.36 °C ^{d)} 1.02 MJ ^{d)}	—	—	—
	18:17:40	30	300	5	2.50	シャワー	22:17:20	300	900	10	50.00
	18:18:40	10	30	5	0.83	洗面	22:24:20	30	120	5	2.50
	18:19:20	10	30	5	0.83		22:25:50	10	60	5	0.83
	19:30:00	720	4 230	15	180.00		22:28:00	60	120	5	5.00
	湯はり ^{b)}	19:45:00	120	180	5	10.00	22:30:00	10	60	5	0.83
		19:47:30	30	30	5	2.50					
	台所	19:53:00	120	300	10	20.00					

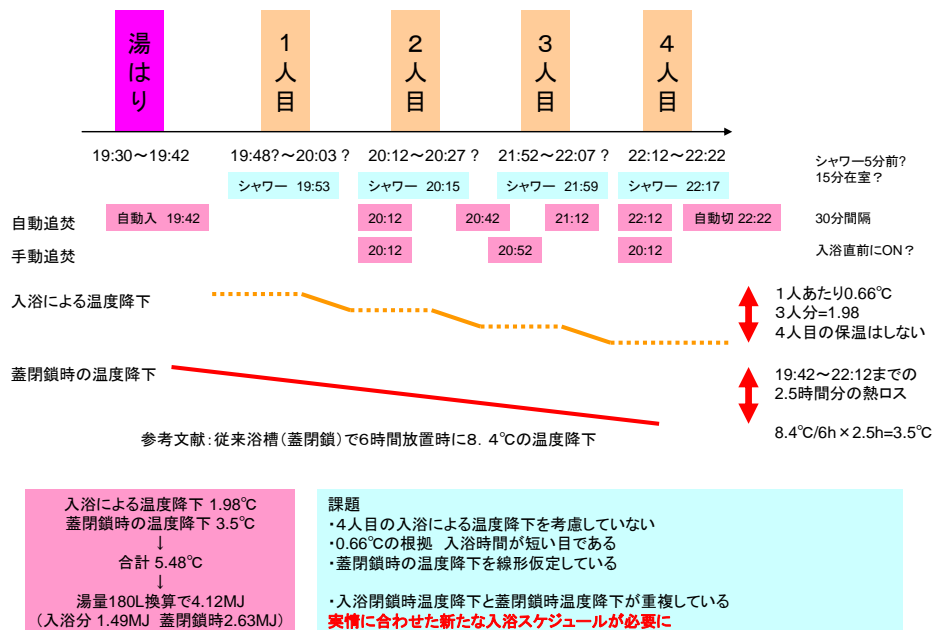


図 3.3.5 JIS S 2072 の浴槽保温負荷の根拠と課題

2) 構築する手法の方針

既往の給湯機試験モードの課題を解決するため、本検討では M1 スタンダードモードによる試験方法を構築する。主な方針は以下の通り。

- ・ 修正 M1 のように複数日モードとし、給湯暖房併用機種やコージェネレーションまでの試験評価に対応できるようにする。一方で、修正 M1 のマクロ特性のバランスを改善する。
- ・ JIS ふろ給湯標準使用モードにおける消費行為のマイクロ特性の再現状況に近づける。
- ・ 修正 M1 において実装されていない浴槽保温負荷を評価可能とする。
- ・ JIS ふろ給湯標準使用モードにおける浴槽保温条件を参考にしつつ、曖昧な根拠を明確化。
- ・ 3 季節ごとの負荷条件を用意する。世帯校正は 4 人を原則として、1～3 人まで対応する。
- ・ 消費のマクロ・マイクロ特性の根拠は、最新の実測結果・アンケート調査結果を参照する。

なお、後述するように給湯消費は暖冷房などと異なり微小な消費が重なりあって1日・期間の消費を形成していく特徴がある。このため、本年度においては実資料の詳細な把握と再現に務めることとし、計測方法の短縮化などはガス・石油瞬間式などの形式に限定して検討した。

(2) 水栓負荷の検討

1) 検討の概要

給湯の消費は住戸差が大きいと予測されることから、できるだけ多くのサンプル数を確保することが求められる。ここでは、財団法人ベターリビング「新時代の省エネ型給湯設備の計画・評価手法に関する研究」で計測されたデータを元に分析を行う。

用いたデータは、給湯機の内部制御信号を 3 秒間隔でロギングすることで流量センサーや温度センサーの追加設置を行うことなく、給湯消費の詳細を簡便に計測することができる手法である。また計測期間は各住戸で1年行われていたため、季節変動等の分析も可能となっている。

地域	東京・名古屋・大阪
使用給湯機	2000年以降のN社製ガス瞬間式給湯機
計測方法	専用の計測器によりガス給湯機の内部信号を受信・記録
計測期間	平成18年2月から平成19年9月(分析には1年分を抽出)
計測項目	<u>浴槽(湯はり、足し湯)・水栓(シャワー、台所、洗面所)</u> <u>追焚き</u> ・給湯流量(3秒おき)・給湯継続時間・入水温度 給湯設定温度・風呂設定温度等



図 3.3.6 給湯機の内部データロギングによる計測方法

計測時の住戸特性を示す(図 3.3.7)。全体で 171 戸と給湯の詳細計測データとしては従来にないサンプル数を確保できている。集合住宅が半数以上であるが、給湯消費に影響が多いのは建物種類や床面積よりも世帯人数と考えられるので、特に区別せずに用いることとした。

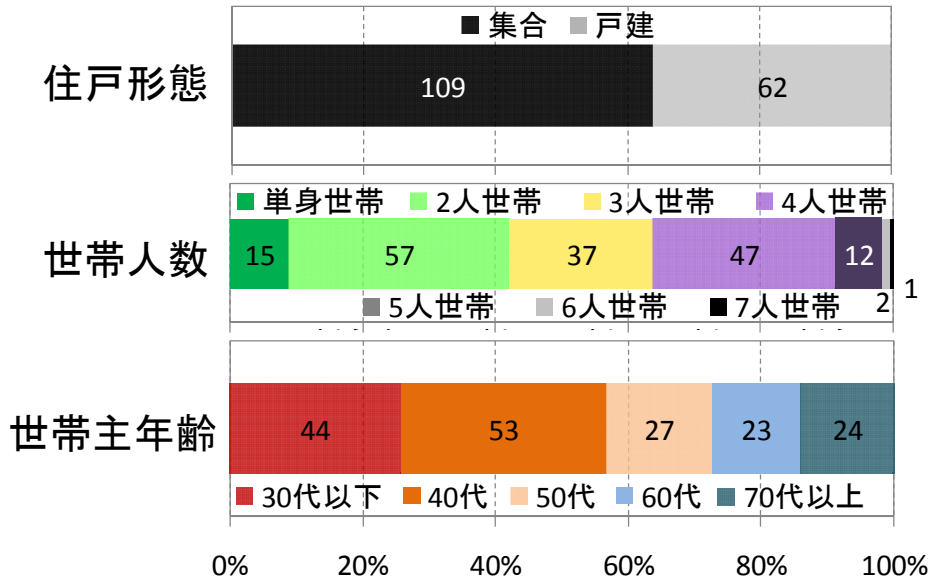


図 3.3.7 給湯詳細データの住戸特性

各住戸の年間を通した1日あたりの平均湯消費量を示す(図 3.3.8)。湯量は全て 40℃ 換算に補正してある。世帯人数が増えるに従って湯消費は増加している。4人世帯の平均は 376[L/日]と従来の調査で平均とされる 450[L/日]よりもやや少なめである。浴槽湯量が一般的な1杯 180L 程度の値に比べると少なめの住戸が多く、浴槽入浴を毎日行わないと住戸が多いことが影響しているものと考えられる。

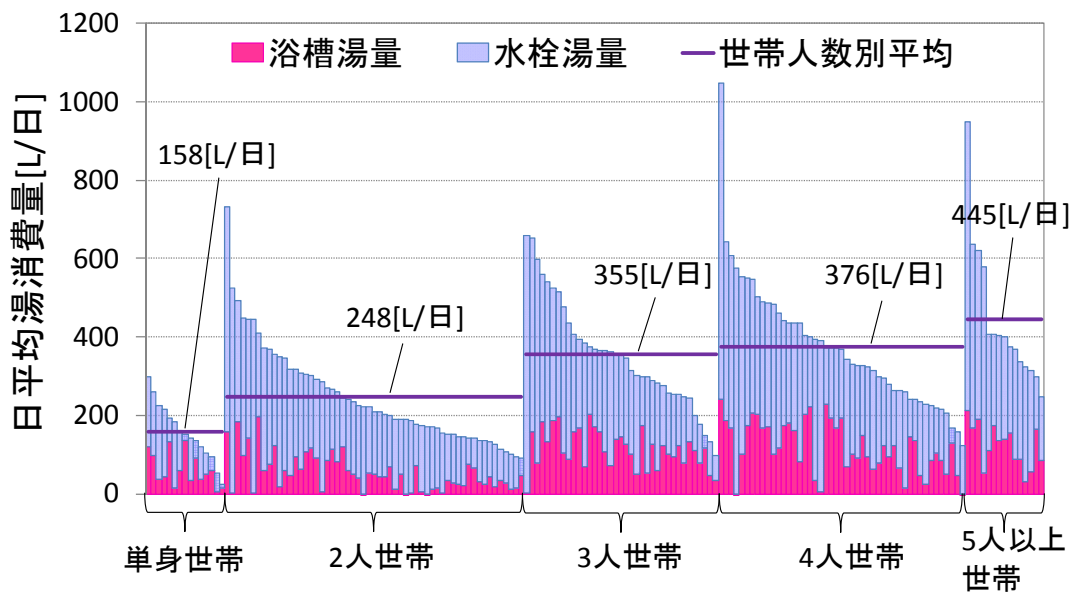


図 3.3.8 給湯詳細データにおける世帯人数別の湯消費量

2) 給湯モード策定のフロー

給湯消費は、1日の中でのごく短時間の出湯が重なりあうという、他の用途と比べて際立って特殊な発生状況を呈する。その個々の消費がまとまって、時刻ごとの分布、1日の消費量、期間での消費量平均につながる。このため、給湯の消費の整理においては、1回1回の出湯（以下、消費行為）の細かい特性を「マクロ特性」、消費行為がまとまって示される特性を「マクロ特性」と区別して整理することにする。

- 消費行為：1回の水栓開閉に伴う、時間的に連続した消費

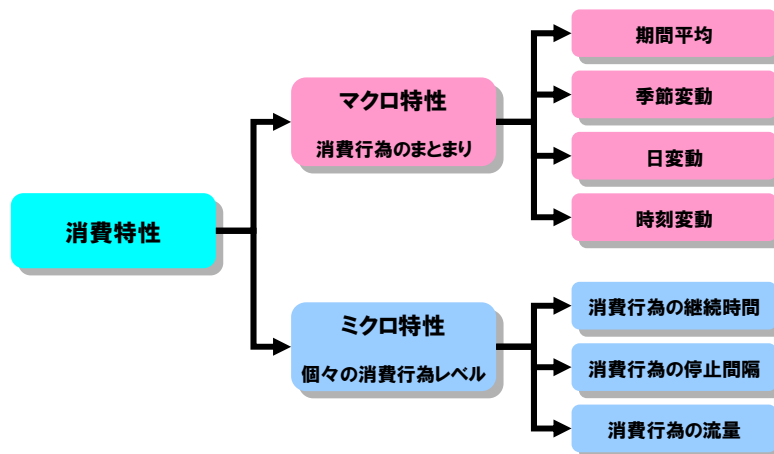


図 3.3.9 給湯消費のマクロ特性とマイクロ特性

前述の171住戸の詳細実測データより消費行為のマイクロ特性の実態を抽出し、継続時間・流量による消費行為の分類や行為回数等の設定を行う。ついで、自立循環生活スケジュールやアンケート結果から抽出された入浴時間体のデータを組み合わせ、M1 スタンダードモードを実装する。

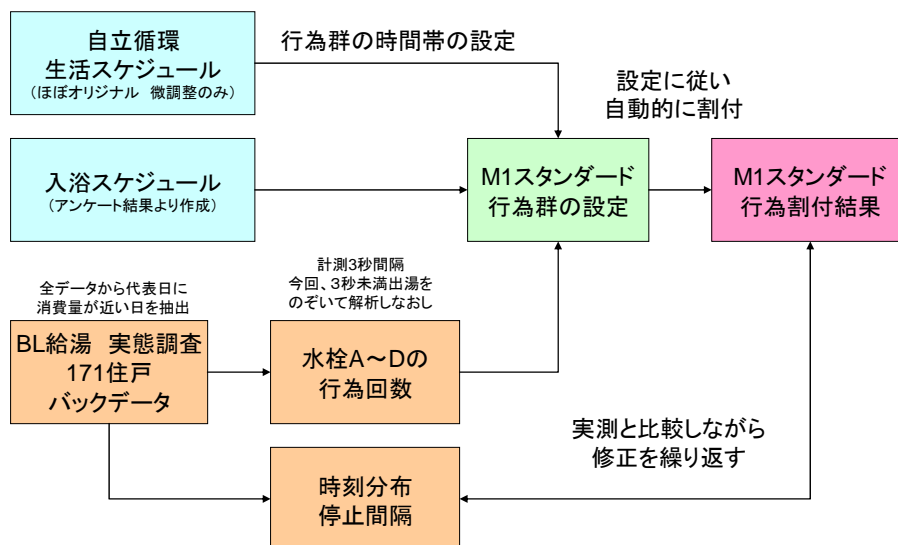


図 3.3.10 M1 スタンダードの条件設定フロー

3) 代表日における湯消費の設定

前述のマクロ特性に属する期間平均や日変動等は、沸上量を日々制御している貯湯式給湯機の効率に特に大きな影響を与える。従来の修正 M1 モードにおいては4・3・2人の各世帯構成について、それぞれ湯消費量の期間平均と日々の変動(標準偏差)の値が設定されていた。

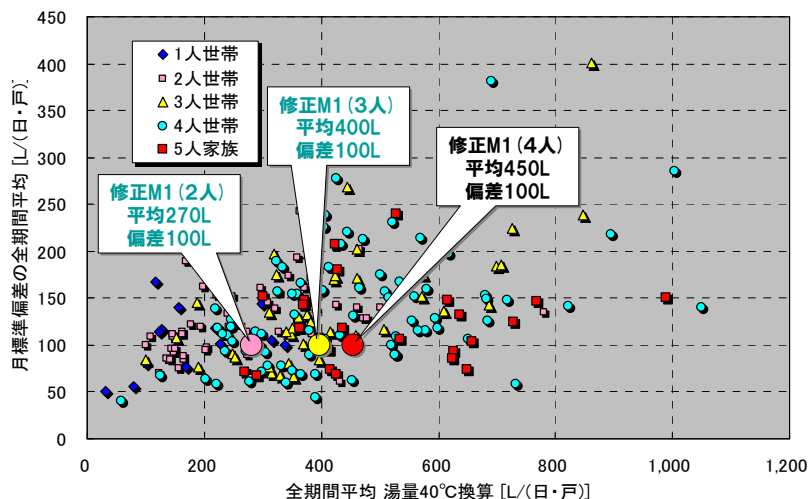


図 3.3.11 修正 M1 モード 4・3・2人モードにおける平均と標準偏差

前述のとおり、修正 M1 モードは 2004 年の作成以降に様々な実験に供された実績があり、多くの実測結果等との比較からも平均・偏差の設定については一定の信頼が置けるものと考えられる。そのため、今回の M1 スタンダードモードにおいても、平均・標準偏差については修正 M1 の値をそのまま用いることとした(修正 M1 に設定のない1人世帯のみ追加)。

また、修正 M1 では代表日として構成平日(大)・平日(小)・休日在宅(大)・休日在宅(小)・休日外出(大)・休日外出(小)の6日が設定されていたが、M1 スタンダードでは日数が多い平日の再現性を改善するため、平日(中)を追加する一方、休日外出については1日にまとめることとした。

表 3.3.2 M1 スタンダードの代表6日と世帯人数別消費量の割当(単位:L/日)

	31日の発生頻度	統計的意味	4人世帯	3人世帯	2人世帯	1人世帯
平均			450	400	270	180
標準偏差			100	100	100	70
休日在宅(大)	2	平均+2偏差	650	600	470	320
休日在宅(小)	4	平均+偏差	550	500	370	250
平日(大)	3	平均+偏差	550	500	370	250
平日(中)	13	平均	450	400	270	180
平日(小)	7	平均-偏差	350	300	170	110
休日外出	2	平均-2偏差	250	200	70	40

4) 消費行為の分類と回数・時刻分布の分析

前述のマクロ特性は貯湯式給湯機の効率に大きな影響を与える。一方で、ガス・石油瞬間式のように出湯する度に燃焼を繰り返す給湯機については、次に上げるような出湯の継続時間・停止間隔・流量が大きな影響を及ぼす。

- ・ 継続時間[秒]: 1回水栓を開放してから止めるまでの時間 短いと効率が低下する傾向
- ・ 停止間隔[秒]: 前の消費行為から次に湯を出すまでの時間 長いと放熱ロスが増え効率が低下
- ・ 流量[L/min]: 出湯している際の湯の出の勢い 小流量だと効率が低下する傾向

実住戸での湯消費はこれらのマイクロ特性が複雑にランダム的な様相をもって発生しており、異なる住戸で異なるのはもちろんとして、同一住戸でも日々異なる挙動をしている。そのため、これらのマイクロ特性の詳細を完全に再現することは実際には不可能である。

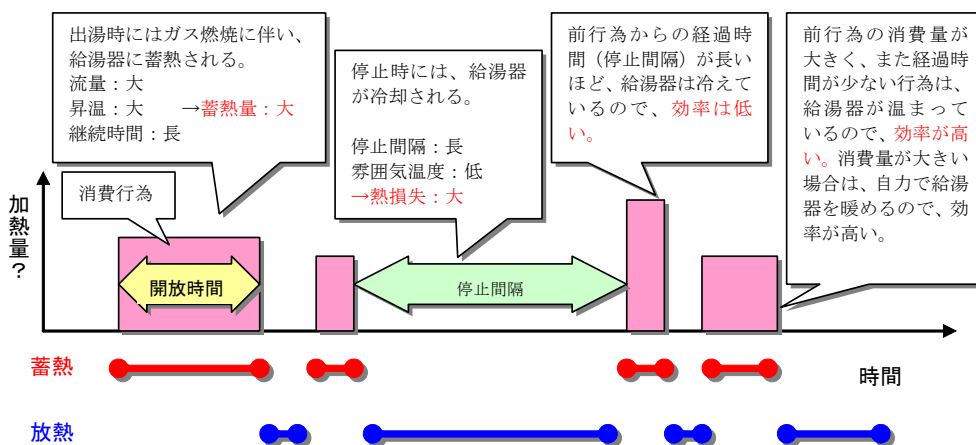


図 3.3.12 消費のマイクロ特性が瞬間式給湯機の効率に与える影響

そのため本研究では、まず効率に大きな影響を与える「継続時間」と「流量」に従って、個々の消費行為を以下のように区分することとした。

- ・ 消費行為A 継続時間<90[秒] 流量<8[L/min] 台所・洗面の短時間出湯を想定
- ・ 消費行為B 継続時間>90[秒] 流量<8[L/min] 台所・洗面の長時間出湯を想定
- ・ 消費行為C 継続時間<90[秒] 流量>8[L/min] シャワーの短時間出湯を想定
- ・ 消費行為D 継続時間>90[秒] 流量>8[L/min] シャワーの短時間出湯を想定

ついで、A～Dに分類された消費行為が1日の中でどのように発生していたかを分析した。171住戸それぞれ1年分のべ約6万日の内から、前述の代表6日の消費量に近い日について抽出し、1日に何回発生しているか、どの時刻に発生しているかを整理した。

なお、浴槽湯はりについては別にアンケート等から分析を行うため、本分析においては除外している。

世帯人数ごとの消費行為の割当

実測結果より抽出された水栓 A~D の1日における行為回数より、前述の M1 スタンダードモードにおける代表6日について、図 3.3.21 に観すように割当を行った。また、用途ごとの消費量を1ヶ月31日に展開したものを図 3.3.22 に示す。なお1日の消費量のうち浴槽分は1回180Lとして、それ以外の部分を水栓に割り当てている。

実測結果要約

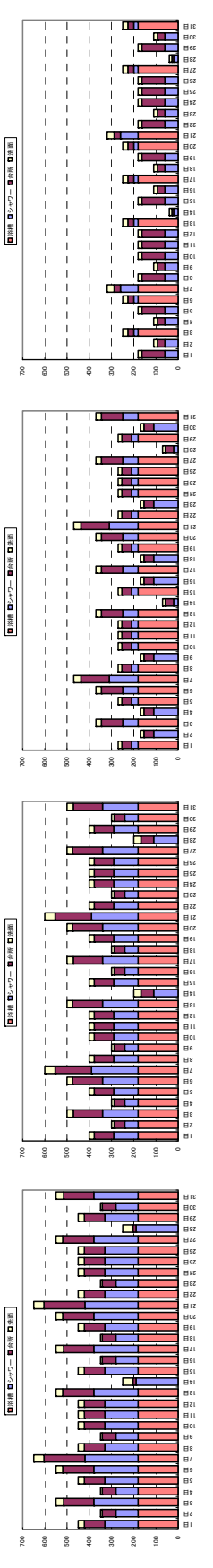
水栓A: 開放時間 <90[s] 流量<8[L/min]
水栓C: 開放時間 <90[s] 流量>8[L/min]
水栓B: 開放時間 >90[s] 流量<8[L/min]
水栓D: 開放時間 >90[s] 流量>8[L/min]

	行為数	A~D別回数[回/日]				合計	A~D別回数[L/日]				合計	A~D別消費量[L/日]				合計	n数	データ範囲
		A	B	C	D		A	B	C	D		A	B	C	D			
4人世帯	実測結果	休日在宅(大)	56.7	6.0	10.1	4.3	77.0	2.2	20.6	5.8	37.9	126.5	126.1	61.0	150.5	464.1	1991	470±50
		休日在宅(小)	48.2	4.5	8.9	3.7	65.4	2.1	18.7	5.6	34.7	104.5	83.2	54.6	124.0	366.3	3505	370±50
		平日(大)	48.2	4.5	8.9	3.7	65.4	2.1	18.7	5.6	34.7	104.5	83.2	54.6	124.0	366.3	3505	370±50
		平日(中)	38.5	3.1	8.1	2.6	52.3	2.1	16.7	5.4	33.1	81.5	54.7	48.1	81.1	265.4	5943	270±50
		平日(小)	29.8	2.2	6.6	1.5	40.1	1.9	15.7	5.1	28.0	58.5	34.9	37.4	42.1	172.8	6694	170±50
		休日外出	34.3	3.3	5.1	2.1	44.8	2.1	21.5	5.4	39.7	71.7	67.5	27.7	78.6	245.5	2369	250±50
		M1スタンダード	休日在宅(大)	55	6	8	5	74	2.0	20.0	5.0	40.0	110.0	120.0	40.0	200.0		470.0
		A~Dへの割付	休日在宅(小)	45	4	8	4	61	2.0	20.0	5.0	40.0	90.0	80.0	40.0	160.0		370.0
3人世帯	実測結果	休日在宅(大)	53.2	5.3	9.4	4.1	72.0	2.1	19.6	5.7	2.1	116.2	104.5	57.3	137.9	415.8	2742	420±50
		休日在宅(小)	43.5	3.7	8.5	3.1	58.9	2.1	17.9	5.5	2.1	93.7	66.9	51.7	103.2	315.6	4502	320±50
		平日(大)	43.5	3.7	8.5	3.1	58.9	2.1	17.9	5.5	2.1	93.7	66.9	51.7	103.2	315.6	4502	320±50
		平日(中)	34.0	2.7	7.6	2.0	46.3	2.0	16.3	5.2	2.0	69.8	44.6	43.8	60.2	218.4	7069	220±50
		平日(小)	24.3	1.7	4.8	1.0	31.8	1.9	14.4	5.1	1.9	46.1	25.1	27.1	27.8	126.1	5093	120±50
		休日外出	28.4	2.9	4.5	1.7	37.5	2.1	19.9	5.4	2.1	59.2	57.4	24.9	58.0	199.5	2769	200±50
		M1スタンダード	休日在宅(大)	55	5	10	4	74	2.0	20.0	5.0	40.0	110.0	100.0	50.0	160.0		420.0
		A~Dへの割付	休日在宅(小)	40	4	8	3	55	2.0	20.0	5.0	40.0	80.0	80.0	40.0	120.0		320.0
2人世帯	実測結果	休日在宅(大)	42.5	3.8	11.2	2.3	59.9	2.1	15.6	5.3	2.1	88.9	83.1	62.0	71.0	284.9	1758	290±50
		休日在宅(小)	29.0	3.1	7.4	1.5	41.0	2.0	14.6	4.8	2.0	58.2	48.2	38.4	42.8	187.6	2774	190±50
		平日(大)	29.0	3.1	7.4	1.5	41.0	2.0	14.6	4.8	2.0	58.2	48.2	38.4	42.8	187.6	2774	190±50
		平日(中)	18.1	1.7	4.7	0.7	25.1	1.8	12.9	4.8	1.8	33.3	24.0	24.9	15.9	98.2	2473	90±50
		平日(小)	27.4	2.7	4.9	1.2	36.2	1.9	17.8	4.3	1.9	54.3	46.1	21.4	41.7	163.6	3524	170±50
		休日外出	19.8	1.2	3.6	0.4	25.0	1.7	13.9	3.7	1.7	35.3	16.4	13.0	10.0	74.6	4086	70±50
		M1スタンダード	休日在宅(大)	40	4	10	2	56	2.0	20.0	5.0	40.0	80.0	80.0	50.0	80.0		290.0
		A~Dへの割付	休日在宅(小)	30	3	6	1	40	2.0	20.0	5.0	40.0	60.0	60.0	30.0	40.0		190.0
1人世帯	実測結果	休日在宅(大)	16.6	2.0	2.4	1.5	22.5	1.8	18.6	4.9	1.8	28.9	36.4	11.3	62.8	139.4	711	140±50
		休日在宅(小)	11.0	1.4	2.4	0.2	14.9	1.7	13.9	5.4	1.7	18.6	19.3	13.2	4.5	55.5	2774	70±50
		平日(大)	11.0	1.4	2.4	0.2	14.9	1.7	13.9	5.4	1.7	18.6	19.3	13.2	4.5	55.5	2774	70±50
		平日(中)	18.8	2.5	1.1	1.1	23.6	2.7	24.3	7.1	2.7	50.7	62.0	8.5	57.4	178.6	2473	180±50
		平日(小)	10.8	1.1	1.6	0.8	14.4	2.3	20.4	5.4	2.3	24.5	22.6	9.4	32.9	89.4	3524	110±50
		休日外出	7.7	0.8	0.7	0.0	9.3	1.9	12.4	4.5	1.9	14.8	8.3	3.3	1.2	27.5	4086	40±50
		M1スタンダード	休日在宅(大)	20	1	0	2	23	2.0	20.0	5.0	40.0	40.0	20.0	0.0	80.0		140.0
		A~Dへの割付	休日在宅(小)	15	1	4	0	20	2.0	20.0	5.0	40.0	30.0	20.0	20.0	0.0		70.0

図 3.3.21 M1 スタンダード 家族人数別の消費行為の割当

M1スタンダード(4~1人世帯)

1ヶ月の 日数	代表日	4人世帯			3人世帯			2人世帯			1人世帯		
		合計	水栓 合計	台所 洗面	合計	水栓 合計	台所 洗面	合計	水栓 合計	台所 洗面	合計	水栓 合計	台所 洗面
02日	休日在宅(大)	650	470	240	600	420	164	470	290	128	320	140	80
04日	休日在宅(小)	550	370	200	500	320	136	370	190	96	250	70	20
03日	平日(大)	550	370	200	500	320	136	370	190	96	250	70	20
13日	平日(中)	450	270	150	400	220	88	270	180	70	180	0	60
07日	平日(小)	350	170	100	300	180	62	170	90	44	110	0	60
02日	休日外出	250	0	190	200	0	58	70	0	38	40	0	20
1日	平日(中)	450	270	150	400	220	88	270	180	70	180	0	60
2日	平日(小)	350	170	100	300	180	62	170	90	44	110	0	60
3日	平日(大)	550	370	200	500	320	136	370	190	96	250	70	20
4日	平日(小)	350	170	100	300	180	62	170	90	44	110	0	60
5日	平日(中)	450	270	150	400	220	88	270	180	70	180	0	60
6日	休日在宅(小)	550	370	200	500	320	136	370	190	96	250	70	20
7日	休日在宅(大)	650	470	240	600	420	164	470	290	128	320	140	80
8日	平日(中)	450	270	150	400	220	88	270	180	70	180	0	60
9日	平日(小)	350	170	100	300	180	62	170	90	44	110	0	60
10日	平日(中)	450	270	150	400	220	88	270	180	70	180	0	60
11日	平日(中)	450	270	150	400	220	88	270	180	70	180	0	60
12日	平日(中)	450	270	150	400	220	88	270	180	70	180	0	60
13日	休日在宅(小)	550	370	200	500	320	136	370	190	96	250	70	20
14日	休日外出	250	0	190	200	0	58	70	0	38	40	0	20
15日	平日(中)	450	270	150	400	220	88	270	180	70	180	0	60
16日	平日(小)	350	170	100	300	180	62	170	90	44	110	0	60
17日	平日(大)	550	370	200	500	320	136	370	190	96	250	70	20
18日	平日(小)	350	170	100	300	180	62	170	90	44	110	0	60
19日	平日(中)	450	270	150	400	220	88	270	180	70	180	0	60
20日	休日在宅(小)	550	370	200	500	320	136	370	190	96	250	70	20
21日	休日在宅(大)	650	470	240	600	420	164	470	290	128	320	140	80
22日	平日(中)	450	270	150	400	220	88	270	180	70	180	0	60
23日	平日(小)	350	170	100	300	180	62	170	90	44	110	0	60
24日	平日(中)	450	270	150	400	220	88	270	180	70	180	0	60
25日	平日(中)	450	270	150	400	220	88	270	180	70	180	0	60
26日	平日(中)	450	270	150	400	220	88	270	180	70	180	0	60
27日	休日在宅(小)	550	370	200	500	320	136	370	190	96	250	70	20
28日	休日外出	250	0	190	200	0	58	70	0	38	40	0	20
29日	平日(中)	450	270	150	400	220	88	270	180	70	180	0	60
30日	平日(小)	350	170	100	300	180	62	170	90	44	110	0	60
31日	平日(大)	550	370	200	500	320	136	370	190	96	250	70	20



5) 4人世帯における消費行為の割付

もともと標準的に用いられる 4 人世帯について、M1 スタンドモードの詳細設定の手順を示す。

a 消費行動の時刻への割当

M1 スタンドモードの代表 6 日の各日に割り当てられた行為について、各時刻への割当を行う。M1 スタンドモードの行為数は 1 日で最大 75 回(浴槽湯張りを除く)に達するため、個々の消費行為を実時刻に展開していくのは困難である。そのため、複数の行為を「消費行動」として各時刻に割り当てることとした(図 3.3.23～図 3.3.25)。

b 時刻分布の確認

割り当てられた消費行動より消費行為を 1 日に展開させる。展開された消費行動の時刻分布について実測結果と比較した結果、行為数が多い水栓 A/B についてはほぼ実測結果を近似出来ていることを確認した。行為数が少ない水栓 C/D についてもピーク時間帯は概ね一致していた(図 3.3.26～図 3.3.31)。

c 停止間隔の確認

出湯の間の停止していた時間である「停止間隔」も、瞬間式給湯機の効率に影響を及ぼす重要なマイクロ特性がある。1 日の中に割り当てられた消費行為の時刻分布より、消費行為の間の停止間隔の分布を整理し、実測データより得られた分布と比較・検証した(図 3.3.32)。代表 6 日のほとんどで実測結果を設定モードの分布は適切に近似できており、M1 スタンドモードが停止間隔についても実態を妥当に再現していることが確認できた。よって、M1 スタンドモードが 171 住戸における標準的なマイクロ特性とマクロ特性をもつことを確認できたと考える。

		休日在宅 (大)						休日在宅 (小)										
濁消費量 設定	用途内訳	合計	650 [L/日]					用途内訳	合計	550 [L/日]								
		浴槽	180 [L/日]						浴槽	180 [L/日]								
		水栓	470 [L/日]						水栓	370 [L/日]								
	水栓行為種類	[L/回]	A	B	C	D	浴槽	合計	[L/回]	A	B	C	D	浴槽	合計			
		[回/日]	2	20	5	40	180	75	[回/日]	2	20	5	40	180	62			
	[L/日]	55	6	8	5	1	650	[L/日]	45	4	8	4	1	62				
	[sec/回]	110	120	40	200	180	650	[L/日]	90	80	40	160	180	550				
			水栓A~D							水栓A~D								
			470							370								
	群内外	群外	[回/日]	5	0	0	0	5	群内外	群外	[回/日]	5	0	0	0	5		
		[L/日]	10	0	0	0	10		[L/日]	10	0	0	0	10				
		群内	[回/日]	50	6	8	5	1	70		[回/日]	40	4	8	4	1	57	
		[L/日]	100	120	40	200	180	640		[L/日]	80	80	40	160	180	540		
	郡内行為	合計	[回/日]	50	6	8	5	1	70	郡内行為	合計	[回/日]	40	4	8	4	1	57
時間帯		開始	終了	停止間隔					時間帯		開始	終了	停止間隔					
群01	洗面(朝1)	07:15:00	07:16:18	30	2			4	群01	洗面(朝1)	07:15:00	07:16:18	30	2			4	
群02	洗面(朝2)	07:45:00	07:46:18	30	2			4	群02	洗面(朝2)	07:45:00	07:46:18	30	2			4	
群03	炊事(朝)	08:00:00	08:04:12	90	3			6	群03	炊事(朝)	08:00:00	08:04:12	90	3			6	
群04	洗面(朝3)	08:30:00	08:31:18	30	2			4	群04	洗面(朝3)	08:30:00	08:31:18	30	2			4	
群05	食器洗(朝)	09:00:00	09:05:48	90	2	1		24	群05	食器洗(朝)	09:00:00	09:02:18	90	2			4	
群06	炊事(昼)	12:00:00	12:03:06	30	4			8	群06	炊事(昼)	12:00:00	12:06:06	90	4			8	
群07	食器洗(昼)	12:45:00	12:48:48	30	2	1		24	群07	食器洗(昼)	12:45:00	12:48:48	30	2	1		24	
群08	炊事(夕1)	17:30:00	17:49:24	150	6	1		32	群08	炊事(夕1)	17:30:00	17:49:24	150	6	1		32	
群09	炊事(夕2)	17:55:00	18:01:42	30	8			16	群09	炊事(夕2)	18:00:00	18:06:42	30	8			16	
群10	浴槽湯はり	19:35:00	19:47:00				1	180	群10	浴槽湯はり	19:35:00	19:47:00				1	180	
群11	入浴(夜1)	20:00:00	20:00:30				1	5	群11	入浴(夜1)	20:00:00	20:00:30				1	5	
群12	入浴(夜1)	20:10:00	20:15:00	30			1	45	群12	入浴(夜1)	20:10:00	20:15:00	30			1	45	
群13	洗顔(夜1)	20:16:00	20:18:12	30	3			6	群13	洗顔(夜1)	20:16:00	20:17:18	30	2			4	
群14	食器洗(夕1)	20:20:00	20:25:36	30	4	1		28	群14	食器洗(夕1)	20:20:00	20:24:42	30	3	1		26	
群15	食器洗(夕2)	20:35:00	20:42:12	30	3	2		46	群15	食器洗(夕2)	20:35:00	20:38:48	30	2	1		24	
群16	入浴(夜2)	21:15:00	21:15:30				1	5	群16	入浴(夜2)	21:15:00	21:15:30				1	5	
群17	入浴(夜2)	21:35:00	21:44:30	30			1	85	群17	入浴(夜2)	21:35:00	21:40:00	30			1	45	
群18	洗顔(夜2)	21:45:00	21:47:12	30	3			6	群18	洗顔(夜2)	21:45:00	21:46:18	30	2			4	
群19	入浴(夜3)	22:00:00	22:00:30				1	5	群19	入浴(夜3)	22:00:00	22:00:30				1	5	
群20	入浴(夜3)	22:15:00	22:20:00	30			1	45	群20	入浴(夜3)	22:15:00	22:20:00	30			1	45	
群21	洗顔(夜3)	22:22:00	22:24:12	30	3			6	群21	洗顔(夜3)	22:22:00	22:23:18	30	2			4	
群22	入浴(夜4)	22:30:00	22:30:30				1	5	群22	入浴(夜4)	22:30:00	22:30:30				1	5	
群23	入浴(夜4)	22:45:00	22:50:00	30			1	45	群23	入浴(夜4)	22:45:00	22:50:00	30			1	45	
群24	洗顔(夜4)	23:00:00	23:02:12	30	3			6	群24	洗顔(夜4)	23:00:00	23:01:18	30	2			4	
群25								0	群25								0	
	群外行為	合計	[回/日]	5	0	0	0	10		群外行為	合計	[回/日]	5	0	0	0	10	
		開始	終了	停止間隔							開始	終了	停止間隔					
	群外 O 1	10:00	洗面		1			2		群外 O 1	10:00	洗面		1			2	
	群外 O 2	10:45	洗面		1			2		群外 O 2	10:45	洗面		1			2	
	群外 O 3	13:00	洗面		1			2		群外 O 3	13:00	洗面		1			2	
	群外 O 4	16:00	洗面		1			2		群外 O 4	16:00	洗面		1			2	
	群外 O 5	17:00	洗面		1			2		群外 O 5	17:00	洗面		1			2	
	群外 O 6									群外 O 6								
	群外 O 7									群外 O 7								
	群外 O 8									群外 O 8								
	群外 O 9									群外 O 9								
	群外 O 10									群外 O 10								
	群外 O 11									群外 O 11								
	群外 O 12									群外 O 12								
	群外 O 13									群外 O 13								
	群外 O 14									群外 O 14								
	群外 O 15									群外 O 15								

図 3.3.23 M1 スタンダード 消費行動の割当(休日在宅大・休日在宅小)

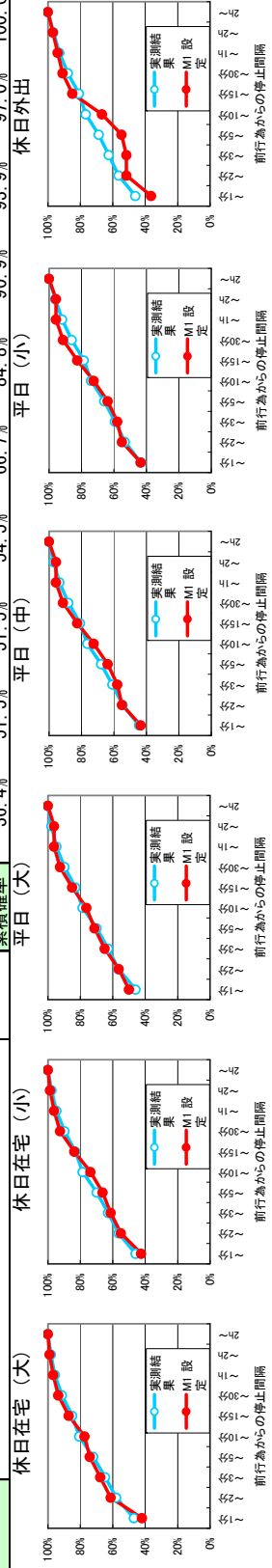
		平日(大)						平日(中)										
湯消費量設定	用途内訳	合計						合計										
		550 [L/日]						450 [L/日]										
		180 [L/日]						180 [L/日]										
		370 [L/日]						270 [L/日]										
	水栓行為種類	A	B	C	D	浴槽	合計	A	B	C	D	浴槽	合計					
	[L/回]	2	20	5	40	180	2	20	5	40	180	2						
	[回/日]	45	4	8	4	1	62	40	2	6	3	1	52					
	[L/日]	90	80	40	160	180	550	80	40	30	120	180	450					
水栓A~D													370	270				
群内外	群外	[回/日]	5	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	2				
	群内	[回/日]	10	0	0	0	0	10	4	0	0	0	4					
	群内	[L/日]	40	4	8	4	1	57	38	2	6	3	1	50				
	群内	[L/日]	80	80	40	160	180	540	76	40	30	120	180	446				
郡内行為	合計	[回/日]	40	4	8	4	1	57	38	2	6	3	1	50				
時間帯	開始	終了	停止間隔							開始	終了	停止間隔						
群01	洗面(朝)	06:30:00	06:33:06	30	4							8						
群02	炊事(朝)	06:45:00	06:49:12	90	3							6						
群03	炊事(昼)	12:00:00	12:02:18	90	2							4						
群04	炊事(夕)	18:35:00	18:51:30	150	5							30						
群05	炊事(夜)	23:00:00	23:03:30	90	5							10						
群06	浴槽湯はり	19:35:00	19:47:00	30							180							
群07	洗面(夜)	20:15:00	20:15:30	30							5							
群08	洗面(夜)	20:25:00	20:30:00	30							45							
群09	洗面(夜)	20:35:00	20:36:18	30							4							
群10	洗面(夜)	20:40:00	20:45:36	30							28							
群11	洗面(夜)	20:50:00	20:53:36	30							28							
群12	洗面(夜)	21:15:00	21:15:30	30							5							
群13	洗面(夜)	21:35:00	21:40:00	30							45							
群14	洗面(夜)	21:45:00	21:46:18	30							4							
群15	洗面(夜)	22:00:00	22:00:30	30							5							
群16	洗面(夜)	22:15:00	22:20:00	30							45							
群17	洗面(夜)	22:22:00	22:23:18	30							4							
群18	洗面(夜)	22:30:00	22:30:30	30							5							
群19	洗面(夜)	22:45:00	22:50:00	30							45							
群20	洗面(夜)	23:00:00	23:01:18	30							4							
群外	群外	[回/日]	5	0	0	0	0	10										
	群外	[L/日]																
群外01	洗面	8:30:00	洗面	1							2							
群外02	洗面	9:00:00	洗面	1							2							
群外03	洗面	16:30:00	洗面	1							2							
群外04	洗面	17:15:00	洗面	1							2							
群外05	洗面	18:00:00	洗面	1							2							
群外06																		
群外07																		
群外08																		
群外09																		
群外10																		
群外11																		
群外12																		
群外13																		
群外14																		
群外15																		

図 3.3.24 M1 スタANDARD 消費行動の割当(平日大・平日中)

		平日(小)						休日外出										
湯消費量設定	用途内訳	合計						合計										
		350 [L/日]						250 [L/日]										
		180 [L/日]						0 [L/日]										
		170 [L/日]						290 [L/日]										
	水栓行為種類	A	B	C	D	浴槽	合計	A	B	C	D	浴槽	合計					
	[L/回]	2	20	5	40	180	2	20	5	40	180	2						
	[回/日]	25	1	4	2	1	33	20	1	6	4	0	31					
	[L/日]	50	20	20	80	180	350	40	20	30	160	0	250					
水栓A~D													170	290				
群内外	群外	[回/日]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	群内	[回/日]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	群内	[L/日]	25	1	4	2	1	33	20	1	6	4	0					
	群内	[L/日]	50	20	20	80	180	350	40	20	30	160	0					
郡内行為	合計	[回/日]	25	1	4	2	1	33										
時間帯	開始	終了	停止間隔							開始	終了	停止間隔						
群01	洗面(朝)	06:30:00	06:31:18	30	2							4						
群02	炊事(朝)	06:45:00	06:46:18	30	2							4						
群03	炊事(昼)	12:00:00	12:02:18	90							4							
群04	炊事(夕)	18:35:00	18:55:42	150							16							
群05	炊事(夜)	23:00:00	23:03:30	90							0							
群06	浴槽湯はり	19:35:00	19:47:00	30							180							
群07	洗面(夜)	20:25:00	20:29:00	30							40							
群08	洗面(夜)	20:35:00	20:36:18	30							4							
群09	洗面(夜)	20:40:00	20:45:36	30							28							
群10	洗面(夜)	20:50:00	20:53:36	30							28							
群11	洗面(夜)	21:15:00	21:39:00	30							40							
群12	洗面(夜)	21:45:00	21:46:18	30							4							
群13	洗面(夜)	22:00:00	22:00:30	30							5							
群14	洗面(夜)	22:15:00	22:20:00	30							45							
群15	洗面(夜)	22:22:00	22:23:18	30							4							
群16	洗面(夜)	22:30:00	22:30:30	30							5							
群17	洗面(夜)	22:45:00	22:46:30	30							45							
群18	洗面(夜)	23:00:00	23:00:24	30							2							
群19	洗面(夜)	23:00:00	23:00:24	30							2							
群20	洗面(夜)	23:00:00	23:01:18	30							4							
群外	群外	[回/日]	0	0	0	0	0	0										
	群外	[L/日]																
群外01	洗面	21:00:00	洗面	2							10							
群外02	洗面	21:20:00	洗面	2							10							
群外03	洗面	21:30:00	洗面	2							10							
群外04	洗面	21:45:00	洗面	2							10							
群外05	洗面	22:00:00	洗面	2							10							
群外06	洗面	22:15:00	洗面	2							10							
群外07	洗面	22:35:00	洗面	2							10							
群外08	洗面	22:45:00	洗面	2							10							
群外09	洗面	23:00:00	洗面	2							10							
群外10	洗面	00:00:00	洗面	2							10							
群外11	洗面	01:00:00	洗面	2							10							
群外12	洗面	02:00:00	洗面	2							10							
群外13	洗面	03:00:00	洗面	2							10							
群外14	洗面	04:00:00	洗面	2							10							
群外15	洗面	05:00:00	洗面	2							10							

図 3.3.25 M1 スタANDARD 消費行動の割当(平日小・休日外出)

停止間隔確認	全日数	行為数 [回]	[回/日]	停止間隔 総時間[h]	平均[s/回]	前の行為からの停止間隔																			
						~1分	~2分	~3分	~5分	~10分	~15分	~30分	~1h	~2h	2h~										
休日在宅 (大)	2,052	182,438	88.9	1,463	693	行為数 85661	19878	12388	13458	15777	8074	11495	7819	4602	3286	累積確率 47.0%	57.8%	64.6%	72.0%	80.7%	85.1%	91.4%	95.7%	98.2%	100.0%
470±50[L/日]						行為数 121428	27672	17197	18634	22956	11703	17778	13085	8234	5760	累積確率 45.9%	56.4%	62.9%	69.9%	78.6%	83.0%	89.8%	94.7%	97.8%	100.0%
休日在宅 (小)	3,538	264,447	74.7	2,456	803	行為数 160280	36833	23170	24801	30612	16342	26087	19679	12848	10415	累積確率 44.4%	54.6%	61.0%	67.9%	76.4%	80.9%	88.1%	93.6%	97.1%	100.0%
平日 (大)	5,964	361,067	60.5	4,003	958	行為数 132150	30208	18716	19886	24954	13782	22747	17890	12668	12025	累積確率 43.4%	53.3%	59.4%	65.9%	74.0%	78.6%	86.0%	91.9%	96.1%	100.0%
370±50[L/日]						行為数 55968	12449	7407	7499	9632	5221	8238	6406	4335	34192	累積確率 46.1%	56.4%	62.5%	68.7%	76.6%	80.9%	87.7%	93.0%	96.5%	100.0%
平日 (中)	6,645	304,826	45.9	4,240	1,202	行為数 39	18	6	6	3	9	6	3	2	1	累積確率 41.9%	61.3%	67.7%	74.2%	77.4%	81.1%	93.5%	96.8%	98.9%	100.0%
270±50[L/日]						行為数 34	10	5	4	6	8	7	3	2	1	累積確率 42.5%	55.0%	61.3%	66.3%	73.8%	83.8%	92.5%	96.3%	98.8%	100.0%
平日 (小)	2,372	121,347	51.2	1,535	1,093	行為数 40	5	7	5	4	7	6	3	0	3	累積確率 50.0%	56.3%	65.0%	71.3%	76.3%	85.0%	92.5%	96.3%	96.3%	100.0%
250±50[L/日]						行為数 30	8	2	4	6	7	6	3	0	3	累積確率 43.5%	55.1%	58.0%	63.8%	72.5%	82.6%	91.3%	95.7%	95.7%	100.0%
休日在宅 (小)	93	0.60	557			行為数 30	8	2	4	6	7	6	3	0	3	累積確率 43.5%	55.1%	58.0%	63.8%	72.5%	82.6%	91.3%	95.7%	95.7%	100.0%
休日在宅 (小)	80	0.61	660			行為数 30	8	2	4	6	7	6	3	0	3	累積確率 43.5%	55.1%	58.0%	63.8%	72.5%	82.6%	91.3%	95.7%	95.7%	100.0%
平日 (大)	80	0.64	694			行為数 30	8	2	4	6	7	6	3	0	3	累積確率 43.5%	55.1%	58.0%	63.8%	72.5%	82.6%	91.3%	95.7%	95.7%	100.0%
平日 (中)	69	0.65	815			行為数 30	8	2	4	6	7	6	3	0	3	累積確率 43.5%	55.1%	58.0%	63.8%	72.5%	82.6%	91.3%	95.7%	95.7%	100.0%
平日 (小)	69	0.65	815			行為数 30	8	2	4	6	7	6	3	0	3	累積確率 43.5%	55.1%	58.0%	63.8%	72.5%	82.6%	91.3%	95.7%	95.7%	100.0%
休日外出	33	0.67	1,751			行為数 12	5	0	1	4	6	2	1	1	1	累積確率 36.4%	51.5%	51.5%	54.5%	66.7%	84.8%	90.9%	93.9%	97.0%	100.0%



(3) 浴槽部分の負荷の設定

1) 検討の概要

水栓部分については前述の171住戸における詳細な実測データより、マクロ・マイクロ特性の詳細な把握、およびそれを反映して標準的な消費を再現した M1 スタンドの水栓部分の実装を行うことができた。続いて、WEB アンケートや浴室まわりの実測結果から浴槽関係の詳細な負荷条件の設定を行うこととする。浴槽は湯はりだけでなく、湯温度が低下した際には保温が行われるため追焚熱負荷が発生することから、他の用途とは大きく異なる。現在では自動保温機能を有する機種が普及していることから、本検討では自動保温を前提に浴槽の熱負荷を検討する。

2) 入浴のスケジュールに関する検討

入浴スケジュールの検討は、国土交通省基準整備促進事業「住宅の省エネルギー基準に関する検討 集合住宅の住まい方・設備保有状況及び住宅の高断熱化目標水準に関する基礎調査(平成22年度)」において実施された成果をもとに検討を行った。

湯はりおよび入浴開始時刻の累積分布を示す(図 3.3.33、図 3.3.34)。代表値として中央値(累積度数 50%)を用いる。全世帯平均では、湯はりは 19:00 ごろ・最後の入浴が始まるのが 22:00 ごろであり、JIS のスケジュールに比較的近い。4人世帯限定では、概ね同じ傾向であるが、最後の4組目が入浴を始めるのが 22:20 とやや遅くなっている。この結果に基づき自立循環生活スケジュールとの調整を行い、入浴を行う時刻の設定を行った。

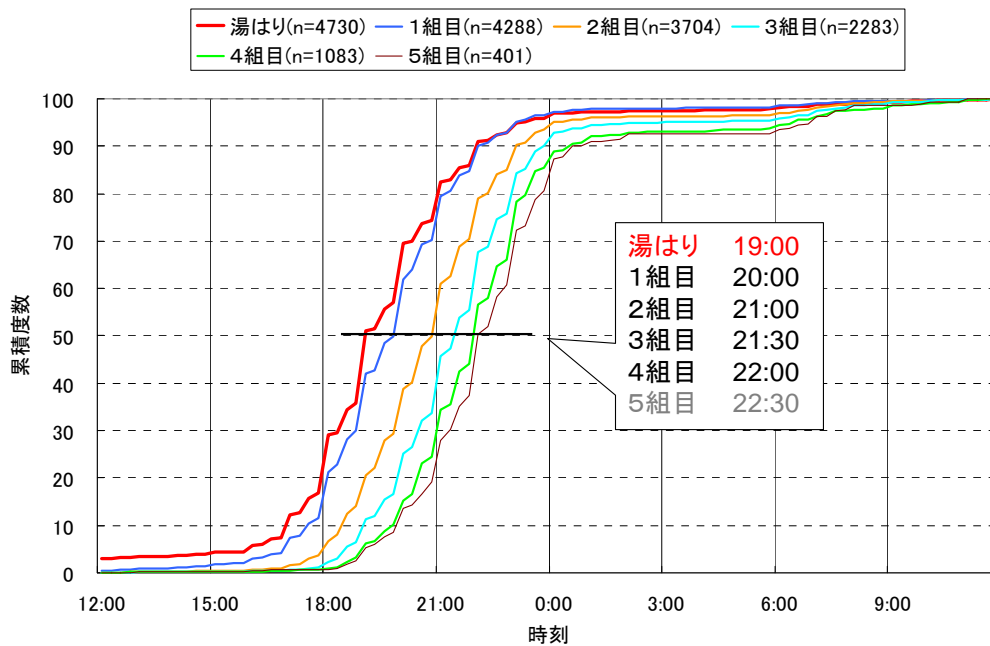


図 3.3.33 湯張り・入浴時間の累積分布(全世帯)

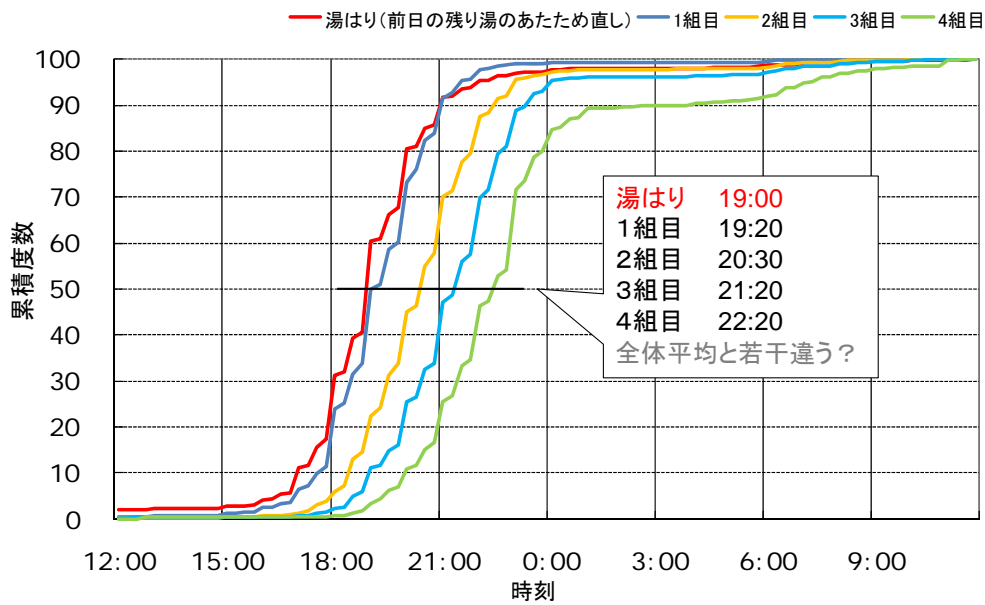


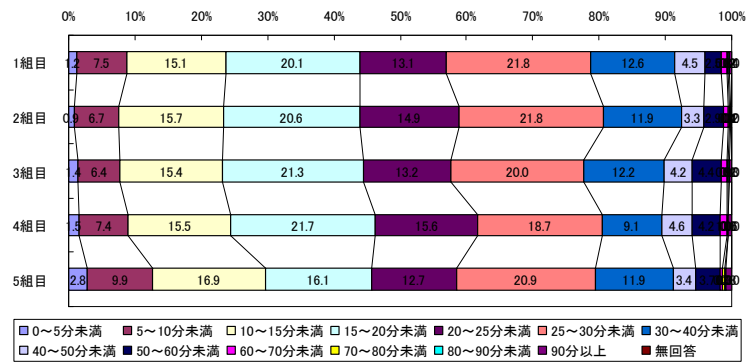
図 3.3.34 湯張り・入浴時間の累積分布(4人世帯のみ)

浴室に滞在する時間・浴槽につかる時間を示す(図 3.3.35)。浴室に滞在する時間は 15/20/25 分程度、浴槽につかる時間は 5/10/15 分程度が多い傾向となっている。このため M1 スタンダードにおいても、浴室滞在時間は 15/20/25 分、浴槽につかる時間も 5/10/15 分のいずれかに設定することとした。

中間期

浴室に滞在する時間

15/20/25分



浴槽につかる時間

5/10/15分

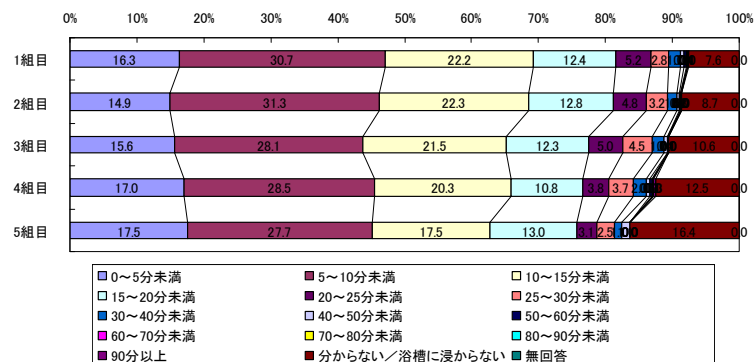


図 3.3.35 浴室滞在時間・浴槽につかる時間の分布

3) 入浴時の湯量に関する検討

浴槽湯はり1回あたりに要する湯量については、修正 M1 モードでは 150L とされているが、若干少ない傾向が指摘されていた。先の171住戸の実測結果(図 3.3.36)より 180L 程度が平均的であることが判明したため、浴槽湯量は 180L に変更することとした。

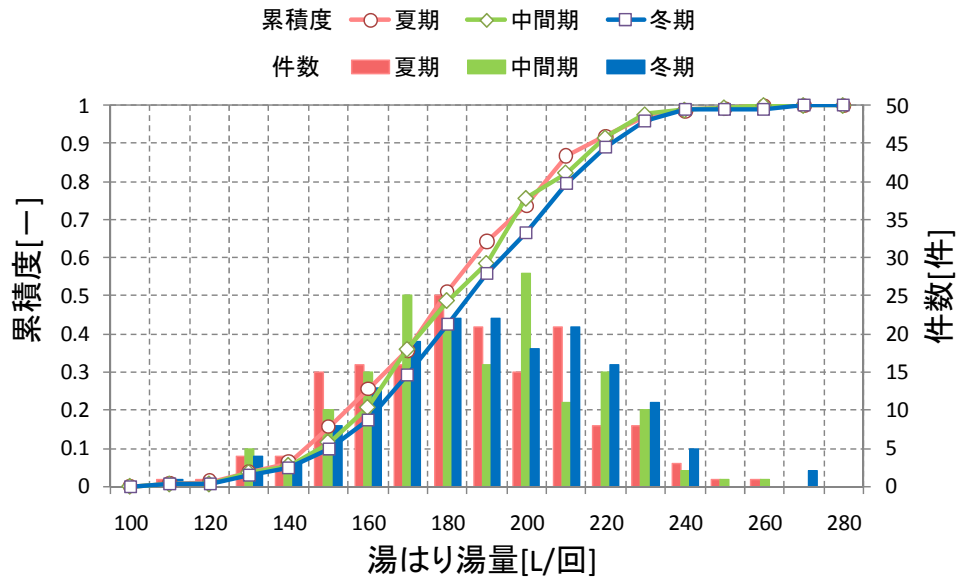


図 3.3.36 実測171住戸における浴槽湯はり量の分布

4) 人体以外の浴槽熱負荷に関する検討

浴槽の放熱量についての検討は、財団法人ベターリビング「新時代の省エネ型給湯設備の計画・評価手法に関する研究」の実測調査で計測されたデータを元に分析を行っており、内容は割愛する。

5) 試験時における浴槽熱負荷の設定

以上の検討結果より、浴槽の熱負荷を以下のように設定する。

- WEB アンケート結果と自立循環生活スケジュール → 入浴時間帯を設定
- WEB アンケート → 浴室滞在時間(10/15/20 分)と浴槽入浴時間(5/10/15 分)を設定
- 実住戸で浴室温度降下実測 → 蓋開放時・蓋閉鎖時の放熱量を設定
- 数値人体モデル → 浴槽入浴時の人体吸熱量を設定 ただし長女・妻は体重 50kg に補正

以上の条件より、4・3・2人世帯の入浴スケジュールを以下のように設定した(図 3.3.37～図 3.3.39)。4 人家族においては入浴開始が 19:30 となり、従来の修正 M1 の 20:45 より早い時間になっている。入浴は湯はり終了後の 19:50～22:50 までの 3 時間の間に行われる。この間に、自動保温が常に作動していると想定している。JIS では浴槽の保温は手動追焚により処理されるとしているが、実際には自動保温の利用割合が多く実使用下での効率評価には自動保温の方が適切であるとしたためである。

熱損失量の合計は、冬期において高断熱浴槽では 3.48MJ、通常浴槽では 5.15MJ となっている。これは湯量 180L 換算とするとそれぞれ 4.62℃・6.84℃の温度降下量に匹敵する。

3・2 人世帯については、それぞれ長男・長女が抜ける形で入浴スケジュールが短くなっている。1 人世帯については 1 人が湯はりしてすぐに入浴する場合が多いと思われるので、特に保温スケジュール等は設定していない。

(休日在宅もほぼ同じ)		時刻	浴室滞在 蓋開放 [min]	浴槽入浴 [min]	人体吸熱 [MJ]			①合計	浴室無人 蓋閉鎖 ②	合計 ①+②	
					冬期	中間期	夏期				
湯はり開始		19:30									
湯はり完了		19:50									
1人目	長男	20:15 20:30	15	5	0.241	0.223	0.189				
2人目	長女	21:15 21:40	25	15	0.274	0.267	0.232				←体重50kg
3人目	夫	22:00 22:20	20	10	0.324	0.309	0.267				
4人目	妻	22:30 22:50	20	10	0.232	0.221	0.190				←体重50kg
最終		22:50									湯温降下 180L換算
合計[min]		180	80						100		
高断熱 浴槽	冬期	放熱量[W] 放熱量[MJ]	350 1.68					2.75	122 0.73	3.48	4.62℃
	中間期	放熱量[W] 放熱量[MJ]	250 1.20			1.02		2.22	96 0.58	2.80	3.71℃
	夏期	放熱量[W] 放熱量[MJ]	150 0.72				0.88	1.60	69 0.41	2.01	2.67℃
	冬期	放熱量[W] 放熱量[MJ]	500 2.40	700				3.47	280 1.68	5.15	6.84℃
	中間期	放熱量[W] 放熱量[MJ]	350 1.68	500			1.02	2.70	219 1.31	4.01	5.33℃
	夏期	放熱量[W] 放熱量[MJ]	200 0.96	300				1.84	157 0.94	2.78	3.69℃

図 3.3.37 4 人世帯の入浴条件と熱負荷

(休日在宅もほぼ同じ)		時刻	浴室滞在		人体吸熱 [MJ]			浴室無人 蓋閉鎖 ②	合計 ①+②	
			蓋開放 [min]	浴槽入浴 [min]	冬期	中間期	夏期			
湯はり開始		19:30								
湯はり完了		19:50								
1人目 長女		20:15	25	15	0.274	0.267	0.232			
		20:30								
	2人目 夫		21:15	20	10	0.324	0.309	0.267		←体重50kg
			21:40							
3人目 妻		22:00	20	10	0.232	0.221	0.190			
		22:20								
4人目									←体重50kg	
最終		22:20							湯温降下 180L換算	
合計[min]		150	65					85		
高断熱 浴槽	冬期	放熱量[W]	350					122		
		放熱量[MJ]	1.37		0.83		2.20	0.62	2.82	3.74°C
	中間期	放熱量[W]	250					96		
		放熱量[MJ]	0.98		0.80		1.77	0.49	2.26	3.00°C
	夏期	放熱量[W]	150					69		
		放熱量[MJ]	0.59		0.69		1.27	0.35	1.63	2.16°C
通常 浴槽	冬期	放熱量[W]	500	700				280		
		放熱量[MJ]	1.95		0.83		2.78	1.43	4.21	5.59°C
	中間期	放熱量[W]	350	500				219		
		放熱量[MJ]	1.37		0.80		2.16	1.12	3.28	4.35°C
	夏期	放熱量[W]	200	300				157		
		放熱量[MJ]	0.78		0.69		1.47	0.80	2.27	3.01°C

図 3.3.38 3人世帯の入浴条件と熱負荷

(休日在宅もほぼ同じ)		時刻	浴室滞在		人体吸熱 [MJ]			浴室無人 蓋閉鎖 ②	合計 ①+②	
			蓋開放 [min]	浴槽入浴 [min]	冬期	中間期	夏期			
湯はり開始		20:30								
湯はり完了		20:50								
1人目 夫		21:00	20	10	0.324	0.309	0.267			
		21:25								
2人目 妻		22:00	20	10	0.232	0.221	0.190		←体重50kg	
		22:20								
3人目										
4人目									←体重50kg	
最終		22:20							湯温降下 180L換算	
合計[min]		90	40					50		
高断熱 浴槽	冬期	放熱量[W]	350					122		
		放熱量[MJ]	0.84		0.56		1.40	0.37	1.76	2.34°C
	中間期	放熱量[W]	250					96		
		放熱量[MJ]	0.60		0.53		1.13	0.29	1.42	1.88°C
	夏期	放熱量[W]	150					69		
		放熱量[MJ]	0.36		0.46		0.82	0.21	1.02	1.36°C
通常 浴槽	冬期	放熱量[W]	500	700				280		
		放熱量[MJ]	1.20		0.56		1.76	0.84	2.60	3.45°C
	中間期	放熱量[W]	350	500				219		
		放熱量[MJ]	0.84		0.53		1.37	0.66	2.03	2.69°C
	夏期	放熱量[W]	200	300				157		
		放熱量[MJ]	0.48		0.46		0.94	0.47	1.41	1.87°C

図 3.3.39 2人世帯の入浴条件と熱負荷

(4) 試験用暖冷房負荷の検討

1) 検討の概要

燃料電池やガスエンジンにより発電を行うコジェネ設備は、その排熱を給湯だけでなく暖房等にも利用する場合がある。また、多機能 CO2HP 給湯機やヒートポンプ・ガス瞬間式併用型給湯機（通称ハイブリッド給湯機）・一部の太陽熱利用給湯機器については、1つの貯湯槽を給湯だけでなく暖房の熱利用にも用いる。こうした機器については、給湯負荷だけでなく、暖冷房負荷の検討が必要になる。

現状の事業主基準においては、策定された2008年の検討経緯の中でコジェネ機器の試験を先行して実施する必要があったため、暖冷房の消費エネルギー算出方法の検討が完了する前に試験用の暖冷房負荷パターンを策定していた（図 3.3.40、図 3.3.41）。そのため、後に決定された暖冷房の消費エネルギー計算に用いられている空調条件と一致していないなど、いくつかの課題が残されていた。本検討ではこれらの課題について検討を行い、評価の整合性を確保することとした。

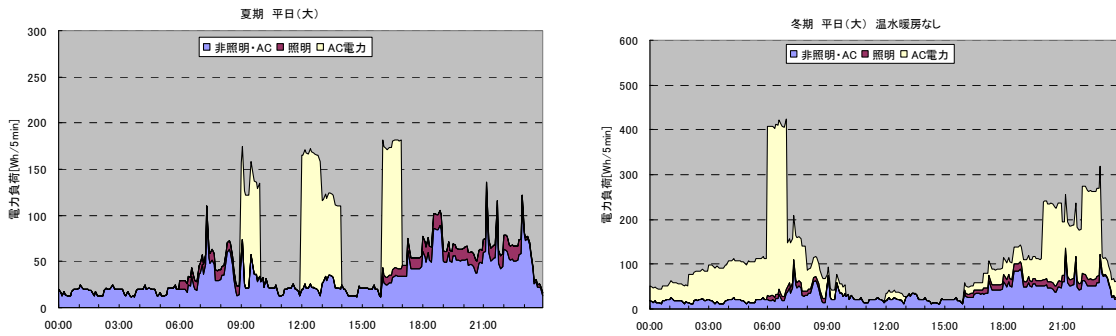


図 3.3.40 事業主基準のコジェネ試験用 空調負荷

		時間	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0
居間台所 (LDK)	暖房	平日							←	→					←	→											
	暖房	休日									←	→															
	冷房	平日																									
	冷房	休日																									
子供室1	暖房	平日																									
	暖房	休日																									
	冷房	平日	←	→																							
	冷房	休日	←	→																							
子供室2	暖房	平日																									
	暖房	休日																									
	冷房	平日	←	→																							
	冷房	休日	←	→																							
寝室	暖房	平日																									
	暖房	休日																									
	冷房	平日	←	→																							
	冷房	休日	←	→																							

*矢印は空調時間帯、網掛け部分は就寝時を示す。

図 3.3.41 事業主基準の空調スケジュール（暖冷房の消費エネルギー算出に用いられている）

2) 新しい試験用暖冷房負荷の方針

新たな負荷策定においては、以下の方針で検討を進めることとした。

- ・ スケジュール等の暖冷房負荷条件を、現状の暖冷房の消費エネルギー算出の条件と揃える。元データとしては、事業主基準の WEB において公開されている暖冷房負荷(熱負荷計算ソフトの計算結果)を用いる(図 3.3.42)。
- ・ 従来は既築の改修を主に想定してIVa 地域・断熱等級3としていたが、都心部の新築を想定してIVb 地域・断熱等級4に変更した(図 3.3.43)。
- ・ スケジュールの種類としては、温暖地で主流と考えられる部分間欠を採用する。
- ・ 暖房については期間を通した推移があるため、冬の初め・終わりの時期を想定した「低負荷」と、冷え込みの厳しい時期を想定した「高負荷」の2つの条件を用意することとした。なお、冷房については負荷の値が少ない上に日々の変動が大きいことから、高負荷・低負荷の区別を行わない。

住宅事業建築主の判断の基準 戸建住宅の暖冷房負荷資料

<ul style="list-style-type: none"> ▶ 5章換気エネルギー消費量の評価方法(PDF) ▶ 6章給湯設備のエネルギー消費量に関する評価方法(PDF) ▶ 7章照明エネルギー消費量の評価方法(PDF) ▶ 8章コージェネレーション設備採用時におけるエネルギー消費量の評価方法(PDF) ▶ 9章太陽光発電採用時におけるエネルギー消費量の評価方法(PDF) ▶ 10章家電を除く住宅全体のエネルギー消費量の計算方法(PDF) ▶ 11章家電を除く住宅全体のエネルギー消費量基準値の設定(PDF) ▶ 12章評価事例(PDF) ▶ 付録(PDF) ▶ 委員会・執筆者・その他(PDF) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 【戸建】暖冷房負荷ファイルの内容 ▶ ダウンロード(PDF) ・ 【戸建】暖冷房負荷一覧 ▶ ダウンロード(ZIP)
---	---

図 3.3.42 試験用暖冷房負荷の元データ(事業主基準 WEB より)

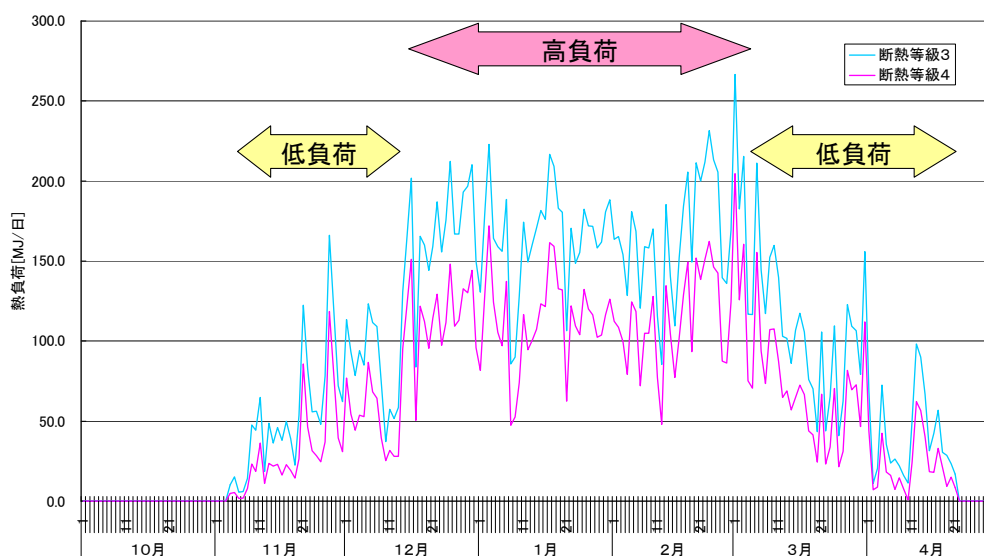


図 3.3.43 新たな熱負荷の設定(IVb 地域 断熱等級4 部分間欠暖房)

3) 暖冷房負荷条件の設定結果

暖冷房負荷は日々の気温や日射などの変動により日々異なる複雑な挙動を示す。そのため単純な平均化を行うと、実際の1日の負荷変動に対して過剰に安定した(なめらかな)時刻変動になり、各日の負荷変動を適切に再現できない可能性がある。そのため本検討では複数日の平均化等を行わず、以下の方針により代表日を選定し、該当日の負荷をそのまま用いることとする(図 3.3.44)。

- 現在の事業主基準の代表日選定においては、期間平均(μ)と期間標準偏差(σ)より、 $\mu + 2\sigma$ ・ $\mu + \sigma$ ・ μ ・ $\mu - \sigma$ の4通りの日合計負荷について最も近い日を選択している。
- 本検討でも、同様の手法により選定を行う。平日については同じく $\mu + 2\sigma$ ・ $\mu + \sigma$ ・ μ ・ $\mu - \sigma$ の4通りの負荷の日合計値に最も近い日を選定する。休日については期間日数が少ないこともあり、 $\mu + \sigma$ ・ μ ・ $\mu - \sigma$ の3通りを採用する。
- 暖房負荷については、温水暖房を用いる場合には LDK に床暖房を敷設したものと仮定して LDK の熱負荷のみを温水床暖房が分担することとし、他居室はエアコンで暖房したとしている。
- 冷房負荷については、LDK・他居室ともに全てエアコンで処理したものとする。
- 温水暖房を用いる場合は床暖房の快適性を考慮し、元の暖房熱負荷の 90%を試験用の熱負荷とした。エアコンを想定する場合は暖冷房ともに COP=3 を仮定し、元の暖冷房熱負荷の 1/3 を試験用の熱負荷とした。
-

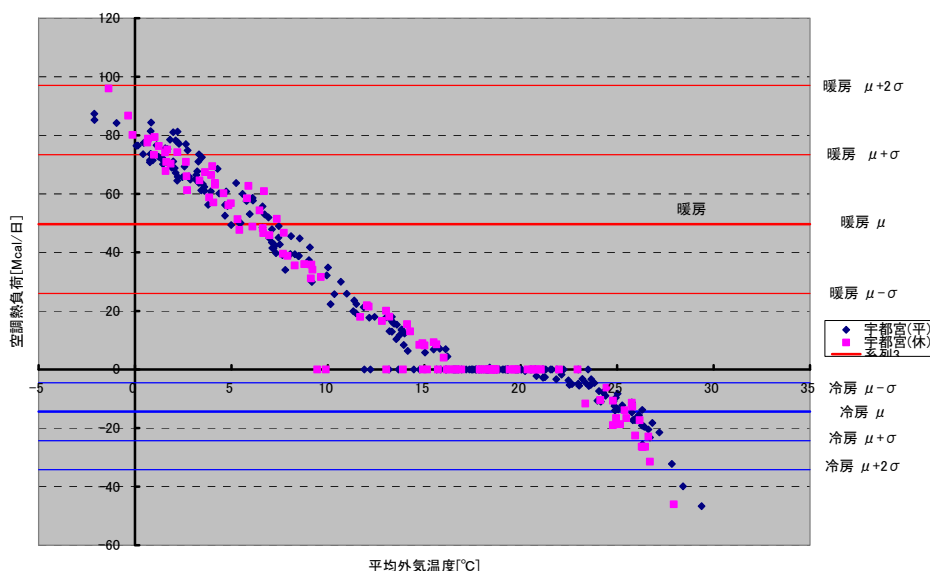
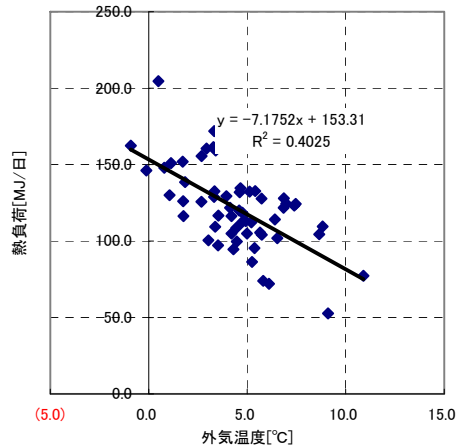
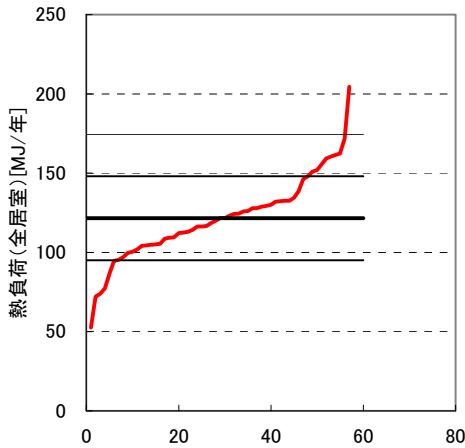


図 3.3.44 事業主基準のコジェネ負荷代表日選定(IVa 地域 断熱等級3 部分間欠)

以下では、平日・休日別に、暖房については高負荷・低負荷の2種類について、期間全日の負荷分布状況と選択された代表日の負荷条件を示す(図 3.3.45～図 3.3.56)。

a 暖房 平日 高負荷



集計値	[MJ/日]
平均	121.6
中央値	121.7
偏差	26.5

	熱負荷 [MJ/日]				該当日	外気温度 [°C]
	目標値	全居室	LDK	その他		
平均-σ	95.1	95.4	79.5	16.0	12/20	5.4
平均	121.6	121.7	100.6	21.1	01/16	4.1
平均+σ	148.1	148.0	122.0	26.0	12/25	0.8
平均+2σ	174.6	172.0	143.1	28.8	01/03	3.3

0	60
95.1	95.1
121.6	121.6
148.1	148.1
174.6	174.6

	LDK		その他		全居室エアコン			
	熱負荷	温水負荷	熱負荷	AC電力	AC電力	熱負荷 [MJ/日]	AC電力 [MJ/日]	AC電力 [kWh/日]
平均-σ	79.5	71.5	16.0	5.3	1.5	95.4	31.8	8.8
平均	100.6	90.5	21.1	7.0	2.0	121.7	40.6	11.3
平均+σ	122.0	109.8	26.0	8.7	2.4	148.0	49.3	13.7
平均+2σ	143.1	128.8	28.8	9.6	2.7	172.0	57.3	15.9

事業者基準 負荷計算結果からの抜粋

		0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	合計		
熱負荷	平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.4	10.1	7.6	4.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	1.9	2.5	4.9	5.5	3.5	4.4	5.1	5.5	79.5		
	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.4	11.2	8.8	4.4	0.0	0.0	1.0	1.2	0.0	0.0	5.8	4.2	7.1	7.6	4.9	5.7	6.1	6.3	100.6		
	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.3	13.3	9.2	5.3	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	6.7	5.5	9.1	9.6	6.3	7.0	7.5	7.9	122.0		
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.6	10.6	9.5	8.3	0.0	0.0	15.2	7.6	0.0	0.0	14.4	7.9	9.7	9.2	6.0	6.3	6.4	6.4	143.1		
↓ 温水暖房機能ありの機種評価用 温水暖房は快適性が高いので熱負荷を10%低減できるとしている																												
温水負荷	平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.1	9.1	6.8	3.6	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	1.7	2.2	4.4	5.0	3.2	3.9	4.6	5.0	71.5		
	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.8	10.1	7.9	4.0	0.0	0.0	0.9	1.0	0.0	0.0	5.2	3.7	6.4	6.8	4.4	5.1	5.5	5.7	90.5		
	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.2	11.9	8.3	4.8	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	6.0	5.0	8.2	8.7	5.7	6.3	6.7	7.1	109.8		
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.1	9.6	8.5	7.5	0.0	0.0	13.7	6.9	0.0	0.0	13.0	7.1	8.7	8.2	5.4	5.7	5.7	5.7	128.8		

試験用負荷(案)

温水負荷	平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	10.8	7.2	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	72.0
	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.2	10.8	7.2	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	7.2	7.2	7.2	7.2	3.6	3.6	3.6	90.0
	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.8	14.4	7.2	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	3.6	7.2	7.2	108.0
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.2	10.8	7.2	3.6	0.0	0.0	14.4	7.2	0.0	0.0	10.8	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	129.6
温水負荷 [kW]	平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	3.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	20.0
	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	3.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	25.0
	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	4.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	30.0
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	3.0	2.0	1.0	0.0	0.0	4.0	2.0	0.0	0.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	36.0

熱負荷 他居室	平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	3.4	3.5	4.5	1.9	16.0
	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	4.8	4.4	5.5	2.2	21.1
	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	5.9	5.4	6.8	2.7	26.0
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	7.1	5.3	6.1	2.3	28.8

↓ 温水暖房機能ありの機種評価用																												
AC電力 他居室のみ (÷3)	平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	1.1	1.2	1.5	0.6	5.3		
	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	1.6	1.5	1.8	0.7	7.0		
	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	2.0	1.8	2.3	0.9	8.7		
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	2.4	1.8	2.0	0.8	9.6		

↓ 温水暖房機能なしの機種評価用																												
AC電力 LDK+他居室 (÷3)	平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	3.4	2.5	1.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.6	0.8	2.5	1.8	2.3	2.6	3.2	2.5	31.8		
	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8	3.7	2.9	1.5	0.0	0.0	0.3	0.4	0.0	0.0	1.9	1.4	3.8	2.5	3.2	3.4	3.9	2.8	40.6		
	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	4.4	3.1	1.8	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	2.2	1.8	4.8	3.2	4.1	4.1	4.8	3.5	49.3		
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	3.5	3.2	2.8	0.0	0.0	5.1	2.5	0.0	0.0	4.8	2.6	5.9	3.1	4.4	3.9	4.2	2.9	57.3		

図 3.3.45 負荷条件 暖房・平日・高負荷

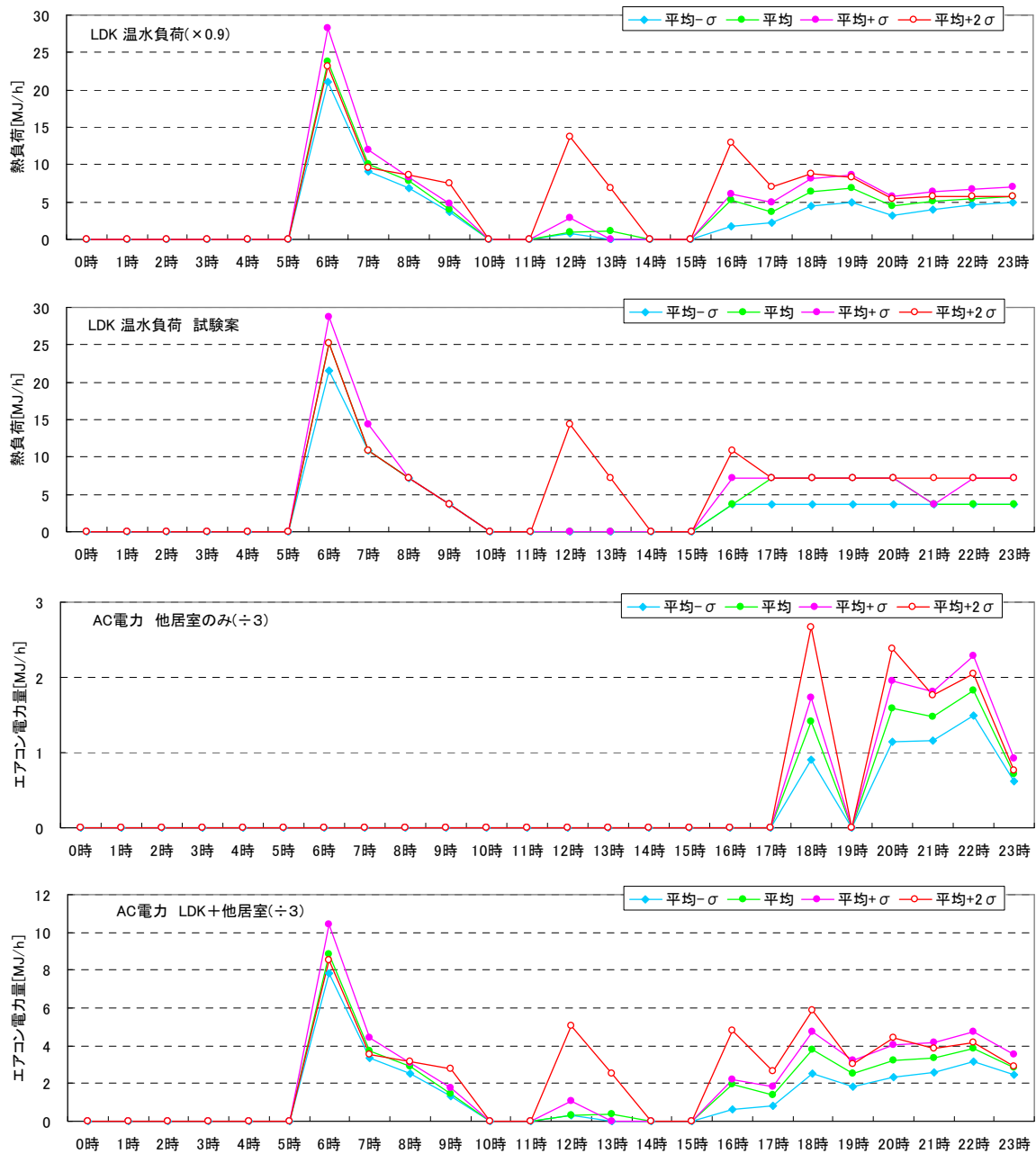
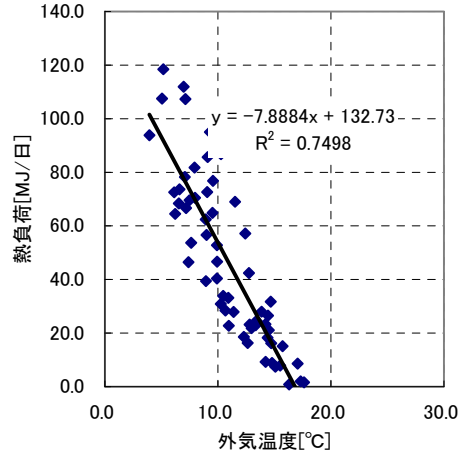
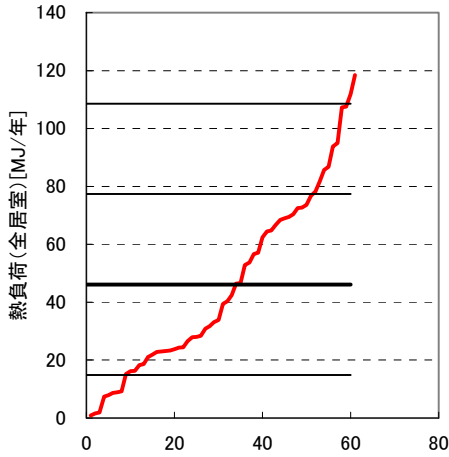


図 3.3.46 負荷時刻分布 暖房・平日・高負荷

b 暖房 平日 低負荷



集計値	[MJ/日]
平均	46.1
中央値	39.4
偏差	31.3
0	60
14.8	14.8
46.1	46.1
77.3	77.3
108.6	108.6

	熱負荷 [MJ/日]				該当日	外気温度 [°C]
	目標値	全居室	LDK	その他		
平均-σ	14.8	15.1	15.1	0.0	04/20	15.7
平均	46.1	46.5	42.0	4.5	11/22	7.4
平均+σ	77.3	73.6	64.2	9.5	03/08	6.6
	108.6	107.5	87.4	20.1	03/10	5.1

	LDK		その他		全居室エアコン		
	熱負荷	温水負荷 × 0.9	熱負荷	AC電力 [kWh/日]	熱負荷 [MJ/日]	AC電力 ÷ 3	AC電力 [kWh/日]
平均-σ	15.1	13.6	0.0	0.0	15.1	5.0	1.4
平均	42.0	37.8	4.5	1.5	46.5	15.5	4.3
平均+σ	64.2	57.7	9.5	3.2	73.6	24.5	6.8
平均+2σ	87.4	78.7	20.1	6.7	107.5	35.8	10.0

	0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	合計		
熱負荷 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.4	2.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.1		
LDK 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.0	7.5	4.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.8	2.7	3.5	42.0		
平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.0	10.3	6.6	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	3.3	2.1	3.5	4.4	51.1		
平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.2	8.5	5.4	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	7.3	4.7	5.6	6.3	7.1	0.0	
↓ 温水暖房機能ありの機種評価用 温水暖房は快適性が高いので熱負荷を10%低減できるとしている																											
温水負荷 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	2.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.6	
LDK 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.8	6.8	3.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.6	2.5	3.2	37.8	
(× 0.9) 平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.4	9.3	5.9	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	2.9	1.9	3.1	4.0	4.6	57.7	
平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.9	7.7	4.9	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	6.5	4.2	5.1	5.6	6.4	78.7	

試験用負荷(案)																											
温水負荷 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4	
LDK 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	7.2	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	3.6	3.6	39.6	
[MJ/時] 平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	7.2	7.2	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	57.6	
平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	7.2	7.2	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	7.2	3.6	3.6	3.6	3.6	79.2	

温水負荷 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
LDK 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	11.0
(× 0.9) 平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	2.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	16.0
[kW] 平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	2.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	22.0

熱負荷 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
他居室 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.7	1.1	4.5
平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	1.6	2.6	3.6	1.6	9.5
平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	4.4	4.3	5.5	2.4	20.1

↓ 温水暖房機能ありの機種評価用																											
AC電力 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
他居室のみ 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.7	0.4	1.5	
(÷ 3) 平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.9	1.2	0.5	3.2		
平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.5	1.4	1.8	0.8	6.7	

↓ 温水暖房機能なしの機種評価用																											
AC電力 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	
LDK+他居室 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	2.5	1.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.6	1.5	1.5	15.5	
(÷ 3) 平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	3.4	2.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.1	1.3	2.0	2.7	2.2	24.5	
平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	2.8	1.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	2.4	3.0	3.3	3.9	3.2	35.8	

図 3.3.47 負荷条件 暖房・平日・低負荷

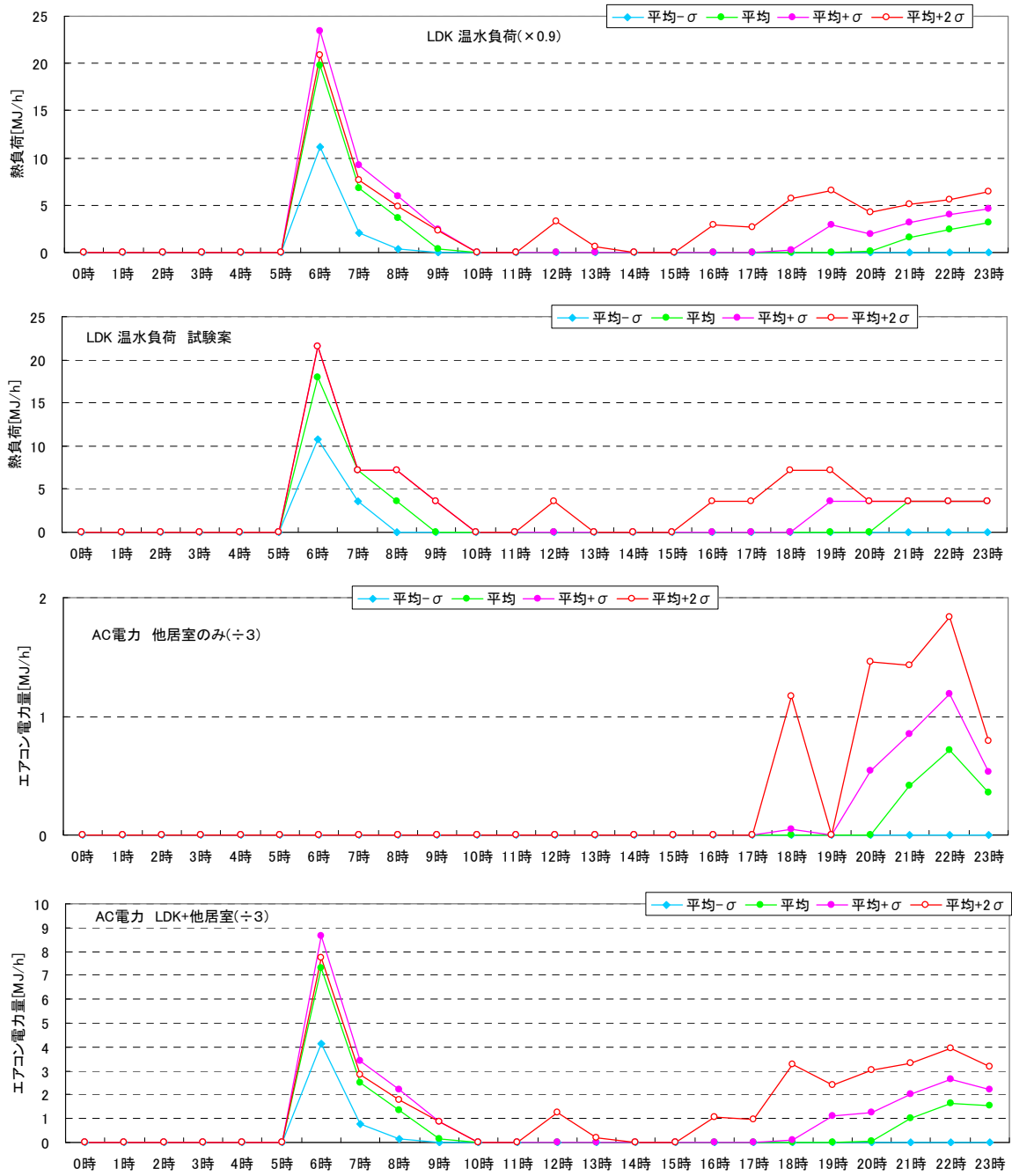
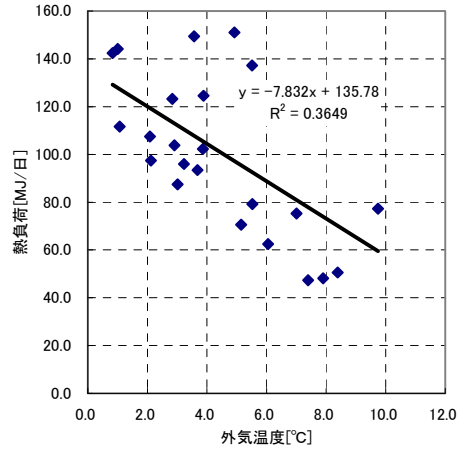
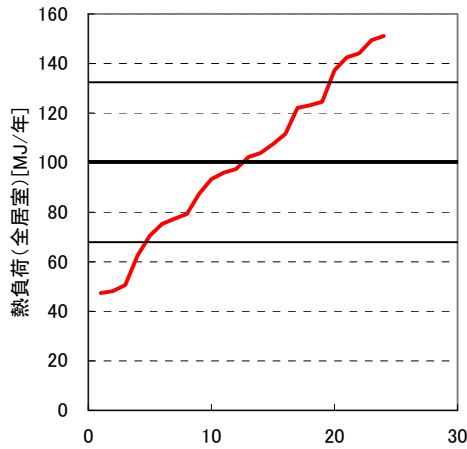


図 3.3.48 負荷時刻分布 暖房・平日・低負荷

c 暖房 休日 高負荷



集計値	[MJ/日]
平均	100.2
中央値	99.8
偏差	32.3
n数	24

	熱負荷 [MJ/日]				該当日	外気温度 [°C]
	目標値	全居室	LDK	その他		
平均-σ	67.9	70.6	44.1	26.5	03/05	5.1
平均	100.2	102.3	67.5	34.7	01/28	3.9
平均+σ	132.5	137.3	90.0	47.3	01/07	5.5
平均+2σ						

0	60
67.9	67.9
100.2	100.2
132.5	132.5
0.0	0.0

	LDK		その他		全居室エアコン			
	熱負荷	温水負荷	熱負荷	AC電力	AC電力 [kWh/日]	熱負荷 [MJ/日]	AC電力 [MJ/日]	AC電力 [kWh/日]
平均-σ	44.1	39.7	26.5	8.8	2.5	70.6	23.5	6.5
平均	67.5	60.8	34.7	11.6	3.2	102.3	34.1	9.5
平均+σ	90.0	81.0	47.3	15.8	4.4	137.3	45.8	12.7

	0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	合計		
熱負荷 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.5	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.6	3.4	4.6	5.8	0.0	44.1		
LDK 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.5	5.2	1.0	0.0	1.4	1.2	0.0	0.0	2.2	4.7	6.1	4.1	4.9	5.4	6.0	0.0	67.5		
平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.2	9.2	4.2	3.9	4.8	4.0	0.0	0.0	8.2	6.2	6.1	4.1	4.5	4.6	4.9	0.0	90.0		
平均+2σ																									0.0		
↓温水暖房機能ありの機種評価用																											
温水負荷 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.1	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.5	3.0	4.1	5.3	0.0	39.7		
LDK 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.9	4.7	0.9	0.0	1.2	1.1	0.0	0.0	2.0	4.2	5.5	3.7	4.5	4.9	5.4	0.0	60.8		
(×0.9) 平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.7	8.3	3.8	3.5	4.3	3.6	0.0	0.0	7.4	5.6	5.5	3.7	4.1	4.2	4.4	0.0	81.0		
平均+2σ																									0.0		

試験用負荷(案)																											
温水負荷 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	3.6	3.6	3.6	0.0	39.6		
LDK 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	7.2	7.2	3.6	3.6	3.6	7.2	0.0	61.2		
(×0.9) 平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	7.2	3.6	3.6	3.6	3.6	0.0	0.0	7.2	7.2	7.2	3.6	3.6	3.6	3.6	0.0	79.2		
平均+2σ																											

温水負荷 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	11.0
LDK 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	2.0	0.0	17.0
(×0.9) 平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	22.0
平均+2σ																									

熱負荷 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	8.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	3.0	3.4	0.0	26.5
他居室 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6	8.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.9	1.5	0.0	6.5	3.9	3.6	0.0	34.7	
平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	11.1	3.1	2.7	1.3	0.0	0.0	3.6	1.8	1.8	0.0	6.9	3.5	2.9	0.0	47.3	
平均+2σ																									

↓温水暖房機能ありの機種評価用																											
AC電力 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	2.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.1	0.0	8.8			
他居室 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	2.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.0	2.2	1.3	1.2	0.0	11.6			
(÷3) 平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	3.7	1.0	0.9	0.4	0.0	0.0	1.2	0.6	0.6	0.0	2.3	1.2	1.0	0.0	15.8			
平均+2σ																											

↓温水暖房機能なしの機種評価用																											
AC電力 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.6	4.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.5	2.1	2.5	3.1	0.0	23.5			
全居室 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4	4.6	0.5	0.0	0.5	0.4	0.0	0.0	0.9	1.9	2.5	1.4	3.8	3.1	3.2	0.0	34.1		
(÷3) 平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	6.8	2.4	2.2	2.0	1.3	0.0	0.0	3.9	2.7	2.7	1.4	3.8	2.7	2.6	0.0	45.8		
平均+2σ																											

図 3.3.49 負荷条件 暖房・休日・高負荷

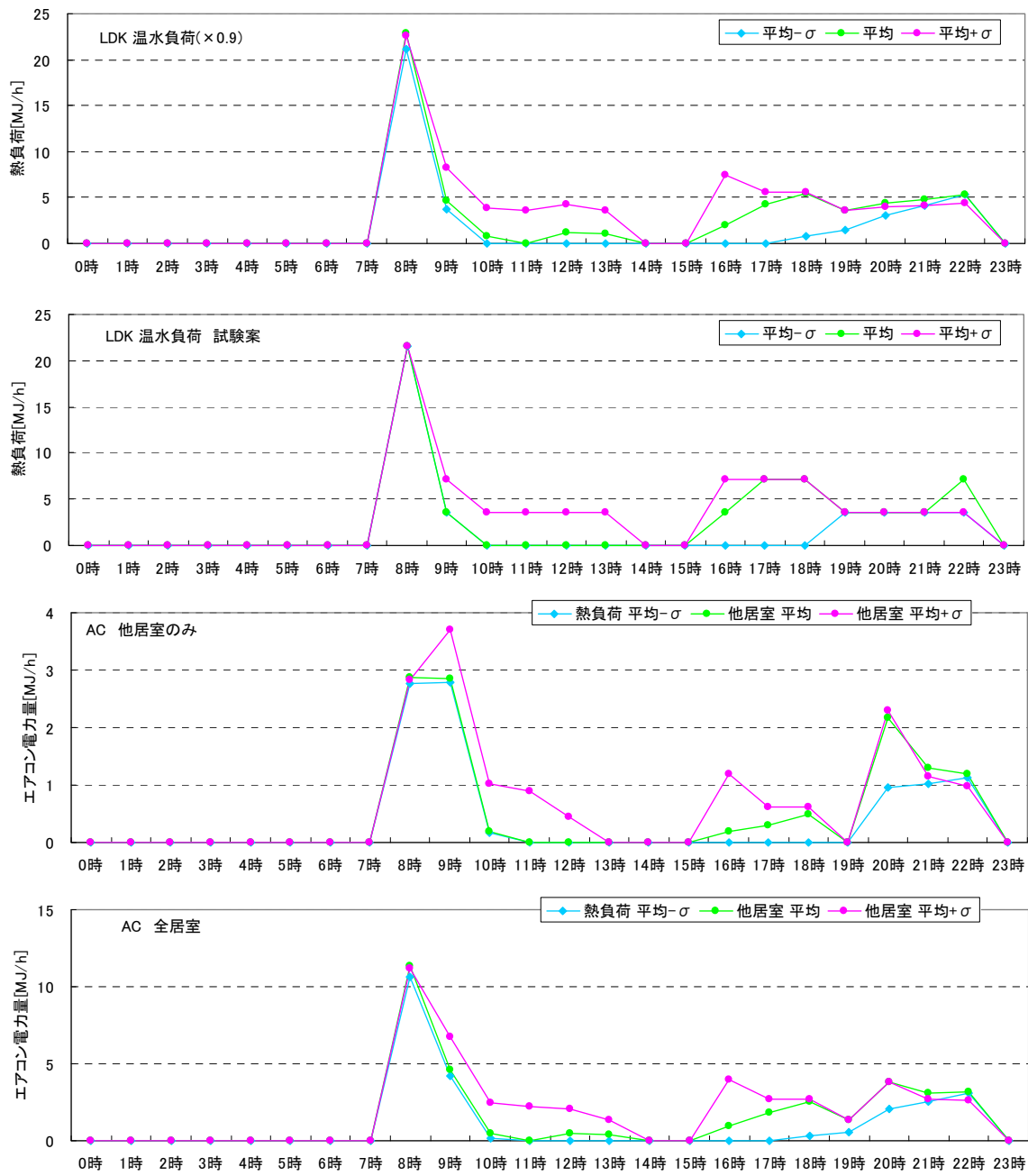
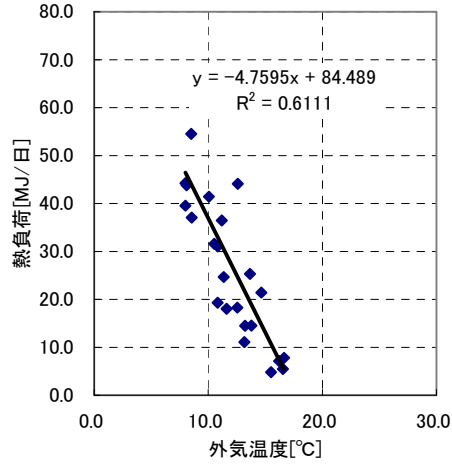
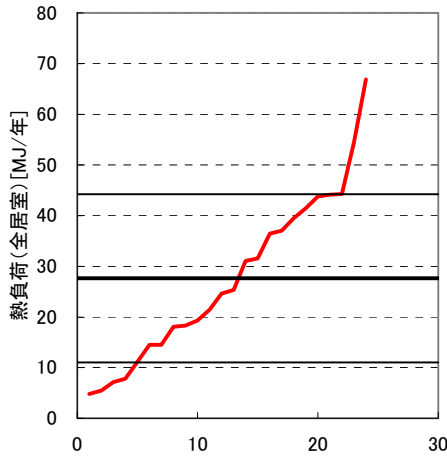


図 3.3.50 負荷時刻分布 暖房・休日・高負荷

d 暖房 休日 低負荷



集計値	[MJ/日]
平均	27.6
中央値	25.0
偏差	16.6
n数	24

	熱負荷 [MJ/日]				該当日	外気温度 [°C]
	目標値	全居室	LDK	その他		
平均-σ	11.0	11.1	7.7	3.4	11/12	13.2
平均	27.6	25.3	16.3	9.0	12/10	13.6
平均+σ	44.2	44.1	27.9	16.2	04/01	12.6

0	60
11.0	11.0
27.6	27.6
44.2	44.2

	LDK		その他		全居室エアコン			
	熱負荷	温水負荷	熱負荷	AC電力	AC電力 [kWh/日]	熱負荷 [MJ/日]	AC電力 [MJ/日]	AC電力 [kWh/日]
平均-σ	7.7	6.9	3.4	1.1	0.3	11.1	3.7	1.0
平均	16.3	14.7	9.0	3.0	0.8	25.3	8.4	2.3
平均+σ	27.9	25.1	16.2	5.4	1.5	44.1	14.7	4.1

	0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	合計		
熱負荷 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7		
LDK 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.6	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.3		
平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7	3.6	1.9	1.0	0.7	0.5	0.0	0.0	1.1	1.0	1.3	0.5	1.0	1.1	1.5	0.0	27.9		
↓温水暖房機能ありの機種評価用																											
温水負荷 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	
LDK 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.3	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.7	
(×0.9) 平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4	3.3	1.7	0.9	0.6	0.5	0.0	0.0	1.0	0.9	1.2	0.4	0.9	1.0	1.4	0.0	25.1		

試験用負荷(案)																											
温水負荷 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	
LDK 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4	
(×0.9) 平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	3.6	3.6	0.0	0.0	25.2		
[MJ/時] 平均+2σ																											
温水負荷 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	
LDK 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	
(×0.9) 平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	7.0		
[kW] 平均+2σ																											

熱負荷 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	
他居室 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	
平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	4.9	1.5	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.6	0.3	0.4	0.0	1.9	0.8	0.6	0.0	16.2		
↓温水暖房機能ありの機種評価用																											
AC電力 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	
他居室のみ 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	
(÷3) 平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.6	0.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.6	0.3	0.2	0.0	5.4		
↓温水暖房機能なしの機種評価用																											
AC電力 平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	
全居室 平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	
(÷3) 平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	2.8	1.1	0.6	0.3	0.2	0.0	0.0	0.6	0.4	0.6	0.2	1.0	0.6	0.7	0.0	14.7		

図 3.3.51 負荷条件 暖房・休日・低負荷

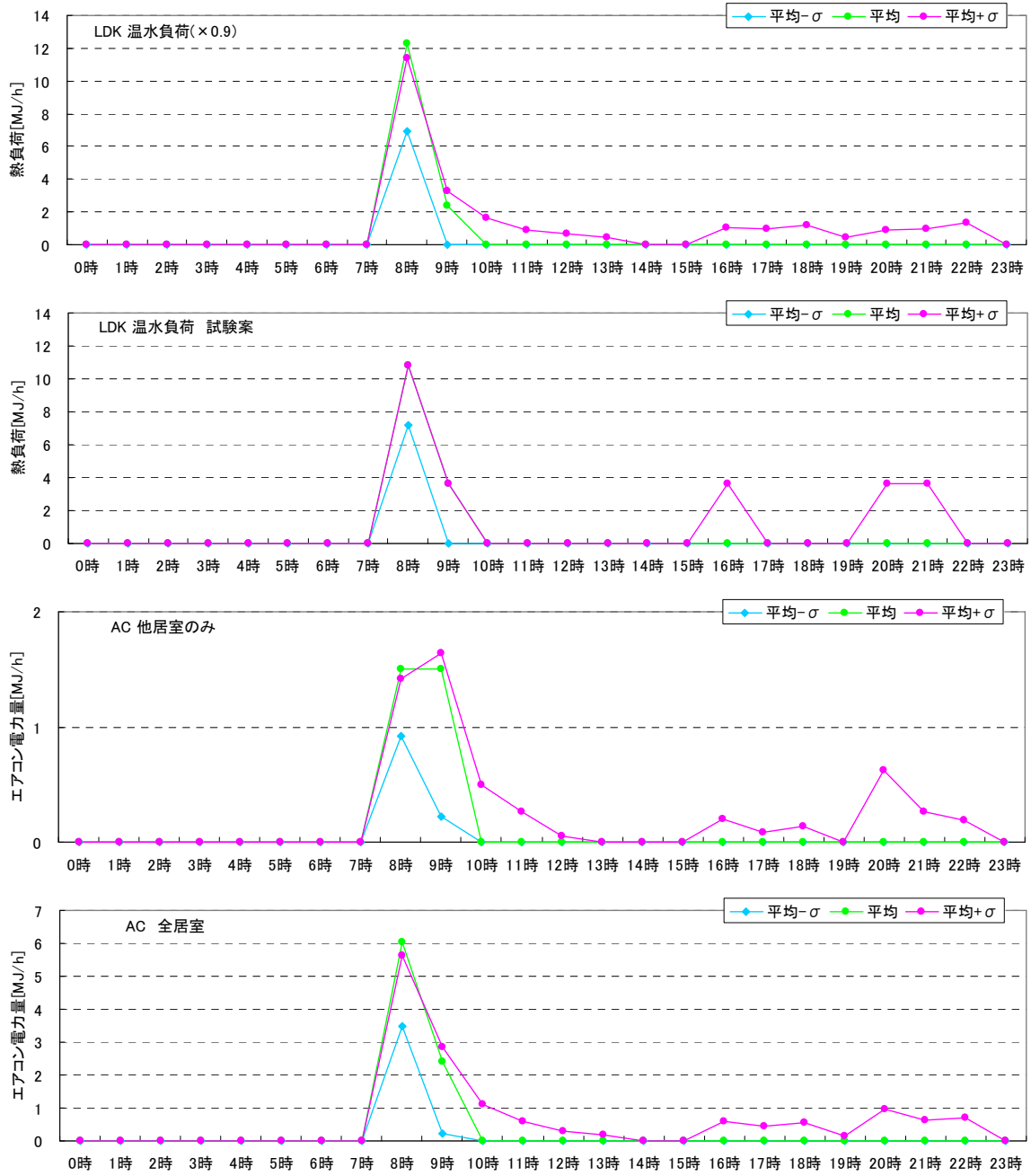
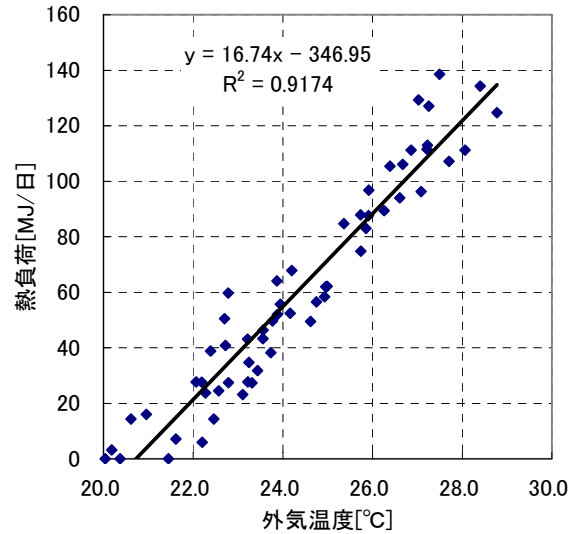
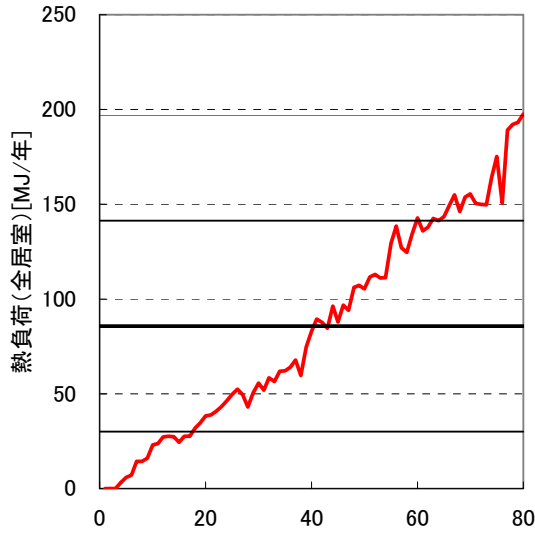


図 3.3.52 負荷時刻分布 暖房・休日・低負荷

e 冷房 平日



集計値	[MJ/日]
平均	85.7
中央値	83.8
偏差	55.7

0	80
30.0	30.0
85.7	85.7
141.4	141.4
197.0	197.0

	熱負荷 目標値	[MJ/日] 全居室	LDK	その他	該当日	外気温度 [°C]
平均-σ	30.0	31.8	27.4	4.4	09/21	23.4
平均	85.7	83.0	64.7	18.2	06/30	25.9
平均+σ	141.4	142.6	105.0	37.6	08/21	27.8
平均+2σ	197.0	197.5	140.4	57.2	07/24	31.2

	LDK 熱負荷 [MJ/日]	COP 3を仮定 AC電力 [MJ/日]	AC電力 [kWh/日]	その他 熱負荷 [MJ/日]	COP 3を仮定 AC電力 [MJ/日]	AC電力 [kWh/日]	AC電力 [MJ/日]	AC電力 [kWh/日]
平均-σ	27.4	9.1	2.5	4.4	1.5	0.4	10.6	2.9
平均	64.7	21.6	6.0	18.2	6.1	1.7	27.7	7.7
平均+σ	105.0	35.0	9.7	37.6	12.5	3.5	47.5	13.2
平均+2σ	140.4	46.8	13.0	57.2	19.1	5.3	65.8	18.3

	0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	合計
冷房	平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	6.2	3.9	0.0	0.0	5.9	3.3	2.3	1.6	1.9	0.9	0.0	0.0	27.4
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	0.0	0.0	11.3	7.8	0.0	0.0	11.7	6.9	6.3	4.9	3.8	2.4	1.5	1.0	64.7
	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	4.3	0.0	0.0	9.6	0.0	0.0	15.0	7.9	9.8	9.1	6.1	5.1	4.3	3.7	105.0
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	7.7	0.0	0.0	11.3	0.0	0.0	19.0	10.2	12.9	11.4	7.4	6.0	4.8	3.9	137.3
↓ COP5から修正																									
AC電力	平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	2.1	1.3	0.0	0.0	2.0	1.1	0.8	0.5	0.6	0.3	0.0	0.0	9.1
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	3.8	2.6	0.0	0.0	3.9	2.3	2.1	1.6	1.3	0.8	0.5	0.3	21.6
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	5.6	3.2	0.0	0.0	5.0	2.6	3.3	3.0	2.0	1.7	1.4	1.2	35.0
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	6.8	3.8	0.0	0.0	6.3	3.4	4.3	3.8	2.5	2.0	1.6	1.3	45.8
冷房 他居室																									
	平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	1.5	0.1	0.4	0.0	4.4
	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0	5.1	1.5	2.1	2.9	18.2
	平均+σ	2.3	2.2	1.5	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	7.2	3.3	4.5	7.4	37.6
	平均+2σ	3.6	3.2	2.9	2.7	2.5	2.4	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0	8.6	4.2	5.3	8.7	55.9
↓ COP5から修正																									
AC電力	平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.5	0.0	0.1	0.0	1.5
他居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	1.7	0.5	0.7	1.0	6.1
(÷3)	平均+σ	0.8	0.7	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	2.4	1.1	1.5	2.5	12.5
	平均+2σ	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	2.9	1.4	1.8	2.9	18.6
↓ 合計を修正																									
AC電力	平均-σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	2.1	1.3	0.0	0.0	2.0	1.1	1.6	0.5	1.1	0.3	0.1	0.0	10.6
全居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	3.8	2.6	0.0	0.0	3.9	2.3	4.3	1.6	3.0	1.3	1.2	1.3	27.7
(÷3)	平均+σ	0.8	0.7	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	5.6	3.2	0.0	0.0	5.0	2.6	6.0	3.0	4.4	2.8	2.9	3.7	47.5
	平均+2σ	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	4.2	1.7	2.1	2.6	0.0	6.8	3.8	0.0	0.0	6.3	3.4	7.6	3.8	5.3	3.4	3.4	4.2	64.4

図 3.3.53 負荷条件 冷房・平日

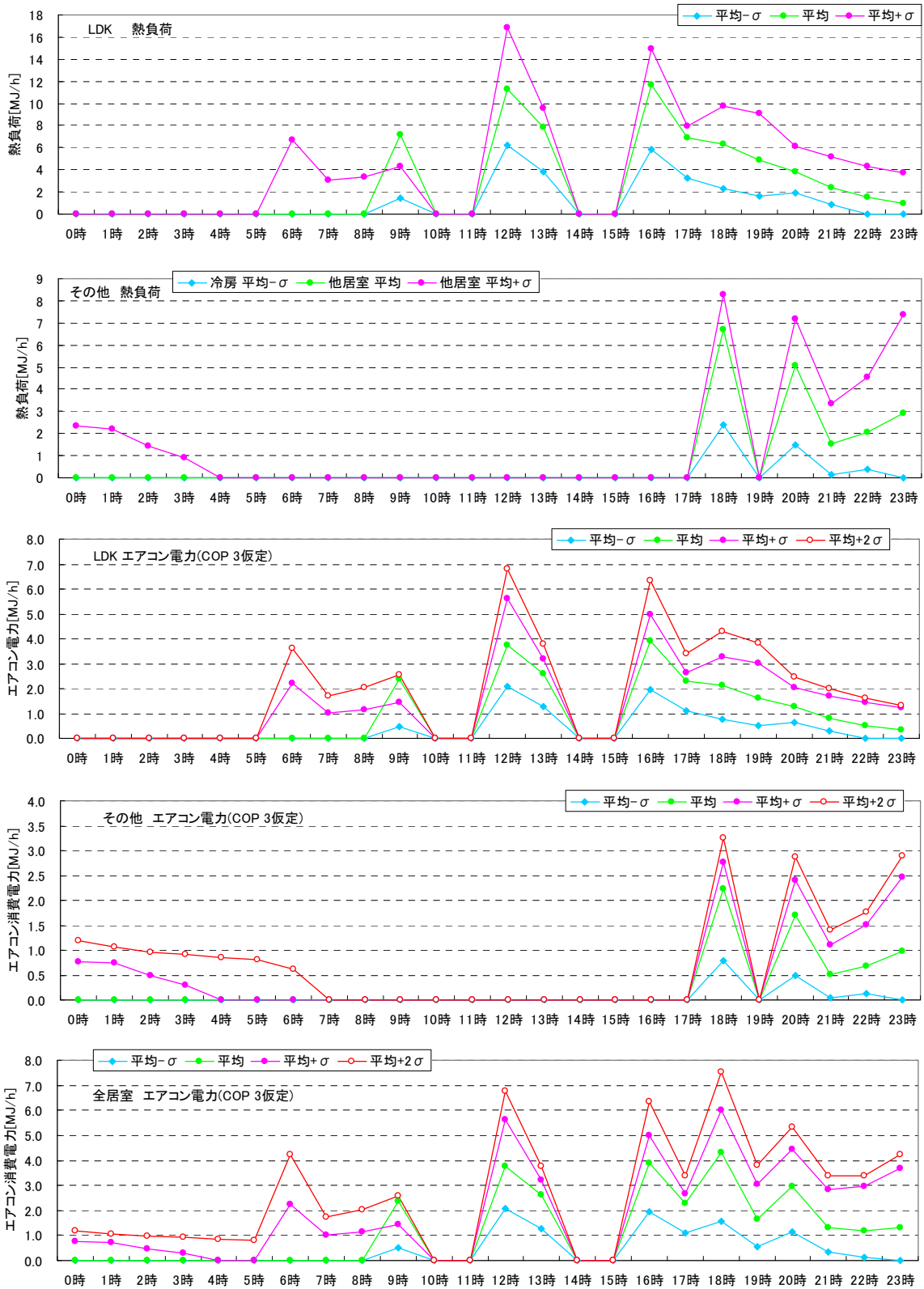
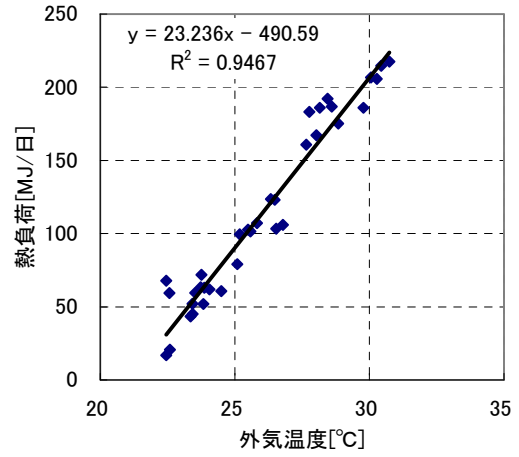
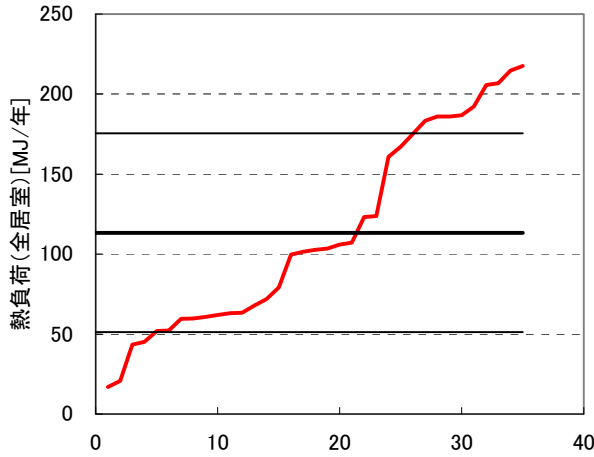


図 3.3.54 負荷時刻分布 冷房・平日

f 冷房 休日



集計値	[MJ/日]
平均	113.3
中央値	102.7
偏差	62.2

	熱負荷 [MJ/日]				外気温度 [°C]
	目標値	全居室	LDK	その他	該当日
平均-σ	51.1	51.9	36.5	15.4	06/03
平均	113.3	107.1	70.3	36.9	07/16
平均+σ	175.5	175.2	115.2	60.0	07/20

0	35
51.1	51.1
113.3	113.3
175.5	175.5

	LDK		COP=3を仮定		その他		COP=3を仮定	
	熱負荷 [MJ/日]	AC電力 [kWh/日]	熱負荷 [MJ/日]	AC電力 [kWh/日]	熱負荷 [MJ/日]	AC電力 [kWh/日]	熱負荷 [MJ/日]	AC電力 [kWh/日]
平均-σ	36.5	12.2	3.4	1.4	15.4	5.1	1.4	17.3
平均	70.3	23.4	6.5	3.4	36.9	12.3	3.4	35.7
平均+σ	115.2	38.4	10.7	5.6	60.0	20.0	5.6	58.4

	0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	合計
冷房	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	3.3	4.4	4.1	0.0	0.0	7.8	4.9	3.8	3.0	2.0	1.5	0.8	0.0	36.5
LDK	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	3.6	4.4	5.9	5.8	0.0	0.0	11.5	9.1	7.4	5.3	3.9	3.4	2.6	0.0	70.3
平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	6.6	8.5	8.9	10.4	8.2	0.0	0.0	15.8	12.6	11.3	7.7	6.2	5.8	4.0	0.0	115.2
↓COP5から修正																									
AC電力	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.1	1.5	1.4	0.0	0.0	2.6	1.6	1.3	1.0	0.7	0.5	0.3	0.0	12.2	
LDK	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	1.2	1.5	2.0	1.9	0.0	0.0	3.8	3.0	2.5	1.8	1.3	1.1	0.9	0.0	23.4
(÷3)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	2.2	2.8	3.0	3.5	2.7	0.0	0.0	5.3	4.2	3.8	2.6	2.1	1.9	1.3	0.0	38.4
冷房	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.1	1.5	0.0	0.0	0.0	3.2	1.7	1.3	0.0	3.1	1.3	1.0	0.0	15.4	
その他	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	2.2	2.8	1.5	0.0	0.0	4.8	2.4	1.9	0.0	6.1	2.6	2.4	3.8	60.0	
平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	6.6	4.9	5.3	2.8	0.0	0.0	6.9	3.4	2.8	0.0	9.8	4.4	3.3	6.4	60.0	
↓COP5から修正																									
AC電力	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.9	0.5	0.0	0.0	0.0	1.1	0.6	0.4	0.0	1.0	0.4	0.3	0.0	5.1	
その他	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.7	0.9	0.5	0.0	0.0	1.6	0.8	0.6	0.0	2.0	0.9	0.8	1.3	12.3	
(÷3)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	2.2	1.6	1.8	0.9	0.0	0.0	2.3	1.1	0.9	0.0	3.3	1.5	1.1	2.1	20.0	
↓合計を修正																									
AC電力	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.8	2.0	1.4	0.0	0.0	3.7	2.2	1.7	1.0	1.7	0.9	0.6	0.0	17.3	
全居室	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	1.9	2.4	2.5	1.9	0.0	0.0	5.4	3.8	3.1	1.8	3.3	2.0	1.7	1.3	35.7
(÷3)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	4.4	4.5	4.7	4.4	2.7	0.0	0.0	7.6	5.3	4.7	2.6	5.3	3.4	2.4	2.1	58.4

図 3.3.55 負荷条件 冷房・休日

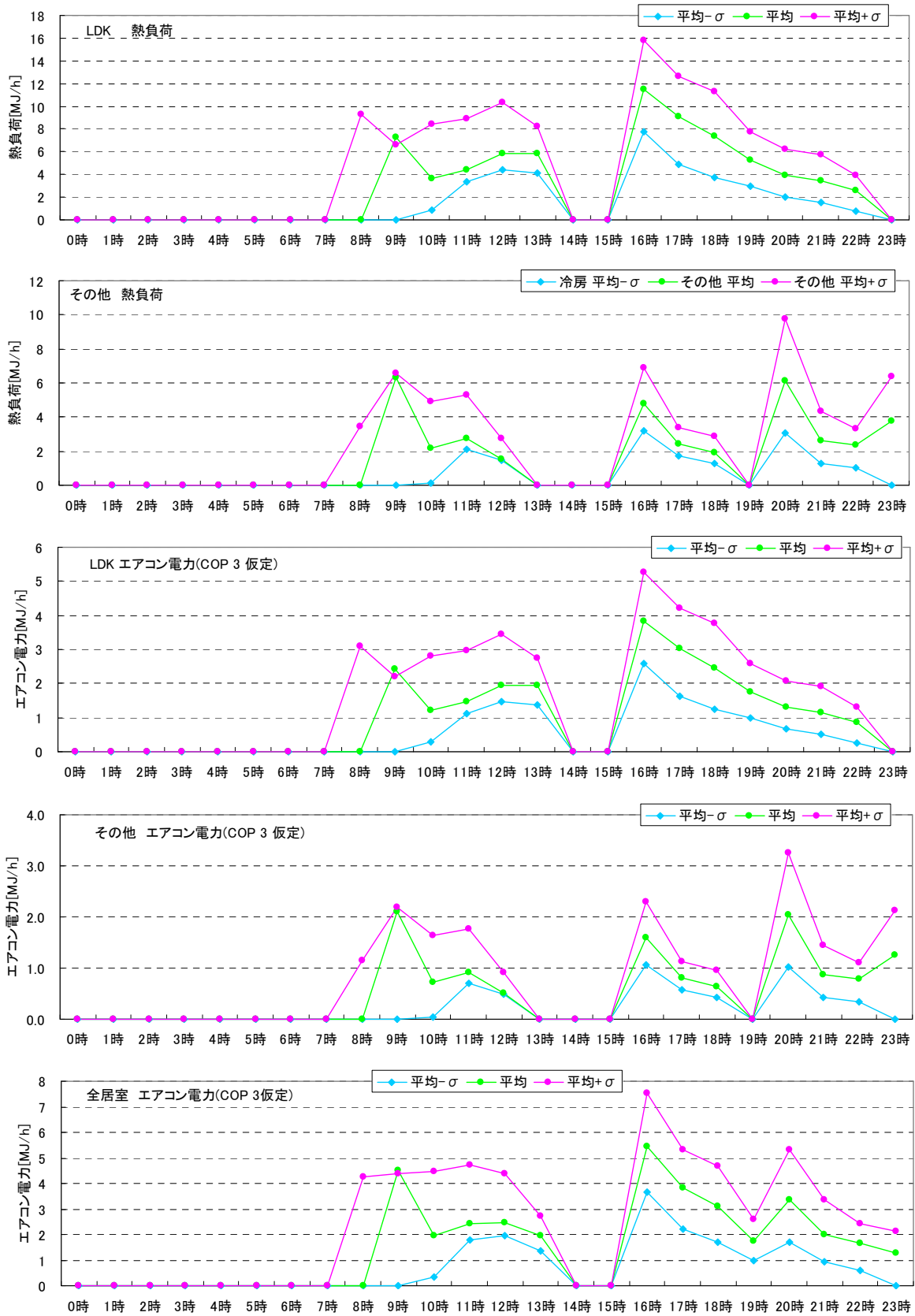


図 3.3.56 負荷時刻分布 冷房・休日

(5) M1 スタンダードモード（4人世帯）の試験時全条件

以上の検討結果をまとめ、M1 スタンダードの全負荷条件を以下のようにまとめることとする（図 3.3.57～図 3.3.62）。なお、ここでは 4 人世帯のみ扱うこととする。

- ・全期間は修正 M1 モードの 30 日より 1 日増やし、31 日とする。これは給湯部分の代表日発生頻度において、日消費量の期間平均 (μ) と偏差 (σ) の設定値に対し、 $\mu + 2\sigma : 2$ 日 $\mu + \sigma : 7$ 日 $\mu : 13$ 日 $\mu - \sigma : 7$ 日 $\mu - 2\sigma : 2$ 日の合計 31 日とすると、展開時の期間平均・標準偏差が設定値に一致するためである。また当分布は正規分布をよく近似しており、従来の修正 M1 モードの大小のアンバランスが解消されている。 μ に該当する平日（中）が新たに追加されたことで、大・中・小の 3 日を用いることができるようになり、該当日の多い平日の再現がより自然になった。
- ・給湯負荷の日の並びについては、期間の移動平均・移動偏差が比較的安定するようにした。
- ・学習機能のある機種については、実際のこの 31 日の全期間にわたり試験を行う。結果が収束しない場合は、31 日目から 18 日目に戻って繰り返す。学習機能のない機種については、代表 6 日をそれぞれ 1 回ずつ試験すればよい。
- ・給湯の個々の消費行為の時刻分布については、Ⅲ.3.1.2 の検討結果を元に設定した。M1 スタンダードモードに比べて、消費行為の回数・継続時間・停止間隔などのマイクロ特性がより実態に近づけられている。
- ・浴槽湯はり・保温は休日外出以外の日は毎日行うものとする。その際の浴槽湯はり・保温の条件については、Ⅲ.3.1.3 の検討結果を用いる。保温負荷の再現には、後述するペルチェ素子を模擬浴槽により行うこととする。
- ・暖冷房負荷は一部の試験設備の事情を勘案し、2 週間 14 日を 1 サイクルとしている。うち平日分は $\mu - \sigma : 2$ 日 $\mu : 5$ 日 $\mu + \sigma : 2$ 日 $\mu + 2\sigma : 1$ 日の 10 日、休日は $\mu - \sigma : 1$ 日 $\mu : 2$ 日 $\mu + \sigma : 1$ 日の 4 日としている。
- ・暖冷房負荷は、Ⅲ.3.1.4 の検討結果に基づき設定している。
- ・修正 M1 では給湯負荷が多い日に暖房負荷も必ず大きいようになっているが現実に即していない面があるため、給湯負荷と暖冷房負荷の相関にはある程度変化があるように調整した。
- ・電力負荷のうち家電・照明・換気部分は、従来の修正 M1 モードの値が実態と概ね整合していると考えられたため、従来の平日・休日在宅・休日在宅の値をそのまま用いることとした。
- ・季節条件については、夏期・中間期・冬期の 3 条件を基本とする。雰囲気乾球温度/湿球温度/給水温度はそれぞれ、25℃/21℃/24℃・16℃/12℃/27℃・7℃/6℃/9℃とする。これは従来の修正 M1 と同様である。今後は、より寒冷的な条件での試験条件も必要になる可能性がある。

従来の M1 スタンダードモードは制定当時の 2003～2004 年頃の最新知見に基づいたものであったが、マクロ特性・マイクロ特性ともに実態の再現に課題が見られた。今回設定された M1 スタンダードモードは、こうした修正 M1 モードの課題の多くを解消し、かつ浴槽の保温を含めた評価に発展しており、今後の給湯・コジェネ設備評価における標準的な試験モードとして用いられていくことが期待される。

給湯負荷 設定

平均 μ	450 [L/日]
偏差 σ	100 [L/日]

水栓A:水栓A:流量 5[L/min] 消費量 2[L/m台所・洗面の短時間使用を想定
 水栓B:水栓A:流量 5[L/min] 消費量 20[L/m台所・洗面の長時間使用を想定
 水栓C:水栓A:流量 10[L/min] 消費量 5[L/mシャワーの短時間使用を想定
 水栓D:水栓A:流量 10[L/min] 消費量 40[L/mシャワーの長時間使用を想定

電力負荷 設定

平均	
最小	
最大	
標準偏差	
平日	
休日在宅	
休日外出	

1ヶ月の 日数	代表日	合計 [L/日]	浴槽 [L/日]	為 合計	水栓A 水栓B 水栓C 水栓D				回数 [回/日]	水栓A 水栓B 水栓C 水栓D			
					2	20	5	40		2	20	5	40
02日	休日在宅(大)	650	180	470	110	120	40	200	74	55	6	8	5
04日	休日在宅(小)	550	180	370	90	80	40	160	61	45	4	8	4
03日	平日(大)	550	180	370	90	80	40	160	61	45	4	8	4
13日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3
07日	平日(小)	350	180	170	50	20	20	80	32	25	1	4	2
02日	休日外出	250	0	250	40	20	30	160	31	20	1	6	4

	合計	浴槽	水栓行為 1日の消費量				1日の行為回数	7間移動				給湯熱負荷 [MJ/日]						
			水栓A 2	水栓B 20	水栓C 5	水栓D 40		平均	偏差	夏期	中間期	冬期						
1日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	30.1	43.3	58.4		
2日	平日(小)	350	180	170	50	20	20	80	32	25	1	4	2	23.4	33.7	45.4		
3日	平日(大)	550	180	370	90	80	40	160	61	45	4	8	4	36.8	53.0	71.4		
4日	平日(小)	350	180	170	50	20	20	80	32	25	1	4	2	23.4	33.7	45.4		
5日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	30.1	43.3	58.4		
6日	休日在宅(小)	550	180	370	90	80	40	160	61	45	4	8	4	36.8	53.0	71.4		
7日	休日在宅(大)	650	180	470	110	120	40	200	74	55	6	8	5	478.6	111.3	84.3		
8日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	478.6	111.3	30.1	43.3	58.4
9日	平日(小)	350	180	170	50	20	20	80	32	25	1	4	2	478.6	111.3	23.4	33.7	45.4
10日	平日(大)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	464.3	106.9	30.1	43.3	58.4
11日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	478.6	95.1	30.1	43.3	58.4
12日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	478.6	95.1	30.1	43.3	58.4
13日	休日在宅(小)	550	180	370	90	80	40	160	61	45	4	8	4	478.6	95.1	36.8	53.0	71.4
14日	休日外出	250	0	250	40	20	30	160	31	20	1	6	4	421.4	95.1	16.7	24.1	32.4
15日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	421.4	95.1	30.1	43.3	58.4
16日	平日(小)	350	180	170	50	20	20	80	32	25	1	4	2	421.4	95.1	23.4	33.7	45.4
17日	平日(大)	550	180	370	90	80	40	160	61	45	4	8	4	435.7	106.9	36.8	53.0	71.4
18日	平日(小)	350	180	170	50	20	20	80	32	25	1	4	2	421.4	111.3	23.4	33.7	45.4
19日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	421.4	111.3	30.1	43.3	58.4
20日	休日在宅(小)	550	180	370	90	80	40	160	61	45	4	8	4	421.4	111.3	36.8	53.0	71.4
21日	休日在宅(大)	650	180	470	110	120	40	200	74	55	6	8	5	478.6	111.3	43.5	62.6	84.3
22日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	478.6	111.3	30.1	43.3	58.4
23日	平日(小)	350	180	170	50	20	20	80	32	25	1	4	2	478.6	111.3	23.4	33.7	45.4
24日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	464.3	106.9	30.1	43.3	58.4
25日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	478.6	95.1	30.1	43.3	58.4
26日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	478.6	95.1	30.1	43.3	58.4
27日	休日在宅(小)	550	180	370	90	80	40	160	61	45	4	8	4	478.6	95.1	36.8	53.0	71.4
28日	休日外出	250	0	250	40	20	30	160	31	20	1	6	4	421.4	95.1	16.7	24.1	32.4
29日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	421.4	95.1	30.1	43.3	58.4
30日	平日(小)	350	180	170	50	20	20	80	32	25	1	4	2	421.4	95.1	23.4	33.7	45.4
31日	平日(大)	550	180	370	90	80	40	160	61	45	4	8	4	435.7	106.9	36.8	53.0	71.4

↑ 20日~31日が評価期間 収集しない場合は、18日~31日(32~45日)を再度繰り返す(延長条件は今後検討 延長時の評価期間は、20日~45日)

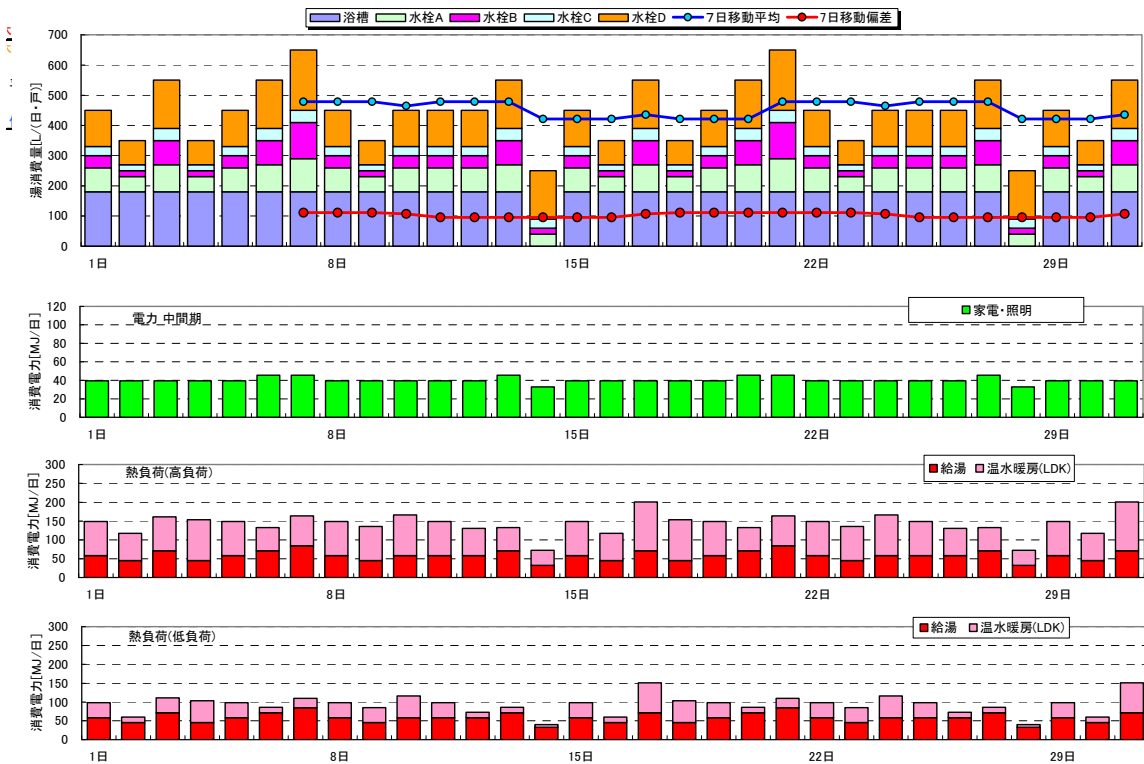


図 3.3.57 M1 スタンダードモード(試験用4人世帯)給湯部分の日並び

暖冷房負荷 設定

11.2	40.2	平均	84.3	34.1	142.7	92.5	8.4	2.2	39.8	14.6	48.6	42.5	80.0	54.8	32.2	72.4
9.1	32.9	最小	39.6	7.2	72.0	39.6	5.3	0.0	23.5	3.7	41.7	34.1	56.4	36.6	10.6	50.0
12.7	45.6	最大	129.6	79.2	201.0	150.6	15.8	6.7	57.3	35.8	61.4	51.0	96.8	75.3	64.4	104.0
0.9	3.1	標準偏差	21.4	19.8	27.3	25.2	2.7	1.8	8.2	8.5	5.3	4.2	9.4	9.0	15.8	17.3
10.96		平 $\mu-\sigma$	2	72.0	14.4		5.3	0.0	31.8	5.0					10.6	
12.68		平 μ	5	90.0	39.6		7.0	1.5	40.6	15.5					27.7	
9.15		平 $\mu+\sigma$	2	108.0	57.6		8.7	3.2	49.3	24.5					47.5	
		平 $\mu+2\sigma$	1	129.6	79.2		9.6	6.7	57.3	35.8					64.4	
		休 $\mu-\sigma$	1	39.6	7.2		8.8	1.1	23.5	3.7					17.3	
		休 μ	2	61.2	14.4		11.6	3.0	34.1	8.4					35.7	
		休 $\mu+\sigma$	1	79.2	25.2		15.8	5.4	45.8	14.7					58.4	

電力負荷 [kWh/日] [MJ/日]	暖冷房 1日頻度	冬期												夏期			
		温水暖房負荷		全熱(-給湯+暖房)		AC電力 温水あり(他居室のみAC)		温水暖房なし(全居室AC)		電力合計		AC電力		電力合計			
		高負荷	低負荷	高負荷	低負荷	高負荷	低負荷	高負荷	低負荷	高負荷	低負荷	高負荷	低負荷	高負荷	低負荷		
10.96	39.5	空12日目	平 μ	90.0	39.6	148.4	98.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空13日目	平 $\mu-\sigma$	72.0	14.4	117.4	59.8	5.3	0.0	31.8	5.0	44.8	39.5	71.3	44.5	10.6	50.0
10.96	39.5	空14日目	平 μ	90.0	39.6	161.4	111.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空01日目	平 $\mu+\sigma$	108.0	57.6	153.4	103.0	8.7	3.2	49.3	24.5	48.1	42.6	88.8	64.0	47.5	87.0
10.96	39.5	空02日目	平 μ	90.0	39.6	148.4	98.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
12.68	45.6	空03日目	休 μ	61.2	14.4	132.6	85.8	11.6	3.0	34.1	8.4	57.2	48.6	79.7	54.1	35.7	81.3
12.68	45.6	空04日目	休 $\mu+\sigma$	79.2	25.2	163.5	109.5	15.8	5.4	45.8	14.7	61.4	51.0	91.4	60.3	58.4	104.0
10.96	39.5	空05日目	平 μ	90.0	39.6	148.4	98.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空06日目	平 μ	90.0	39.6	135.4	85.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空07日目	平 $\mu+\sigma$	108.0	57.6	166.4	116.0	8.7	3.2	49.3	24.5	48.1	42.6	88.8	64.0	47.5	87.0
10.96	39.5	空08日目	平 μ	90.0	39.6	148.4	98.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空09日目	平 $\mu-\sigma$	72.0	14.4	130.4	72.8	5.3	0.0	31.8	5.0	44.8	39.5	71.3	44.5	10.6	50.0
12.68	45.6	空10日目	休 μ	61.2	14.4	132.6	85.8	11.6	3.0	34.1	8.4	57.2	48.6	79.7	54.1	35.7	81.3
9.15	32.9	空11日目	休 $\mu-\sigma$	39.6	7.2	72.0	39.6	8.8	1.1	23.5	3.7	41.7	34.1	56.4	36.6	17.3	50.2
10.96	39.5	空12日目	平 μ	90.0	39.6	148.4	98.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空13日目	平 $\mu-\sigma$	72.0	14.4	117.4	59.8	5.3	0.0	31.8	5.0	44.8	39.5	71.3	44.5	10.6	50.0
10.96	39.5	空14日目	平 $\mu+2\sigma$	129.6	79.2	201.0	150.6	9.6	6.7	57.3	35.8	49.1	46.2	96.8	75.3	64.4	103.8
10.96	39.5	空01日目	平 $\mu+\sigma$	108.0	57.6	153.4	103.0	8.7	3.2	49.3	24.5	48.1	42.6	88.8	64.0	47.5	87.0
10.96	39.5	空02日目	平 μ	90.0	39.6	148.4	98.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
12.68	45.6	空03日目	休 μ	61.2	14.4	132.6	85.8	11.6	3.0	34.1	8.4	57.2	48.6	79.7	54.1	35.7	81.3
12.68	45.6	空04日目	休 $\mu+\sigma$	79.2	25.2	163.5	109.5	15.8	5.4	45.8	14.7	61.4	51.0	91.4	60.3	58.4	104.0
10.96	39.5	空05日目	平 μ	90.0	39.6	148.4	98.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空06日目	平 μ	90.0	39.6	135.4	85.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空07日目	平 $\mu+\sigma$	108.0	57.6	166.4	116.0	8.7	3.2	49.3	24.5	48.1	42.6	88.8	64.0	47.5	87.0
10.96	39.5	空08日目	平 μ	90.0	39.6	148.4	98.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空09日目	平 $\mu-\sigma$	72.0	14.4	130.4	72.8	5.3	0.0	31.8	5.0	44.8	39.5	71.3	44.5	10.6	50.0
12.68	45.6	空10日目	休 μ	61.2	14.4	132.6	85.8	11.6	3.0	34.1	8.4	57.2	48.6	79.7	54.1	35.7	81.3
9.15	32.9	空11日目	休 $\mu-\sigma$	39.6	7.2	72.0	39.6	8.8	1.1	23.5	3.7	41.7	34.1	56.4	36.6	17.3	50.2
10.96	39.5	空12日目	平 μ	90.0	39.6	148.4	98.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空13日目	平 $\mu-\sigma$	72.0	14.4	117.4	59.8	5.3	0.0	31.8	5.0	44.8	39.5	71.3	44.5	10.6	50.0
10.96	39.5	空14日目	平 $\mu+2\sigma$	129.6	79.2	201.0	150.6	9.6	6.7	57.3	35.8	49.1	46.2	96.8	75.3	64.4	103.8

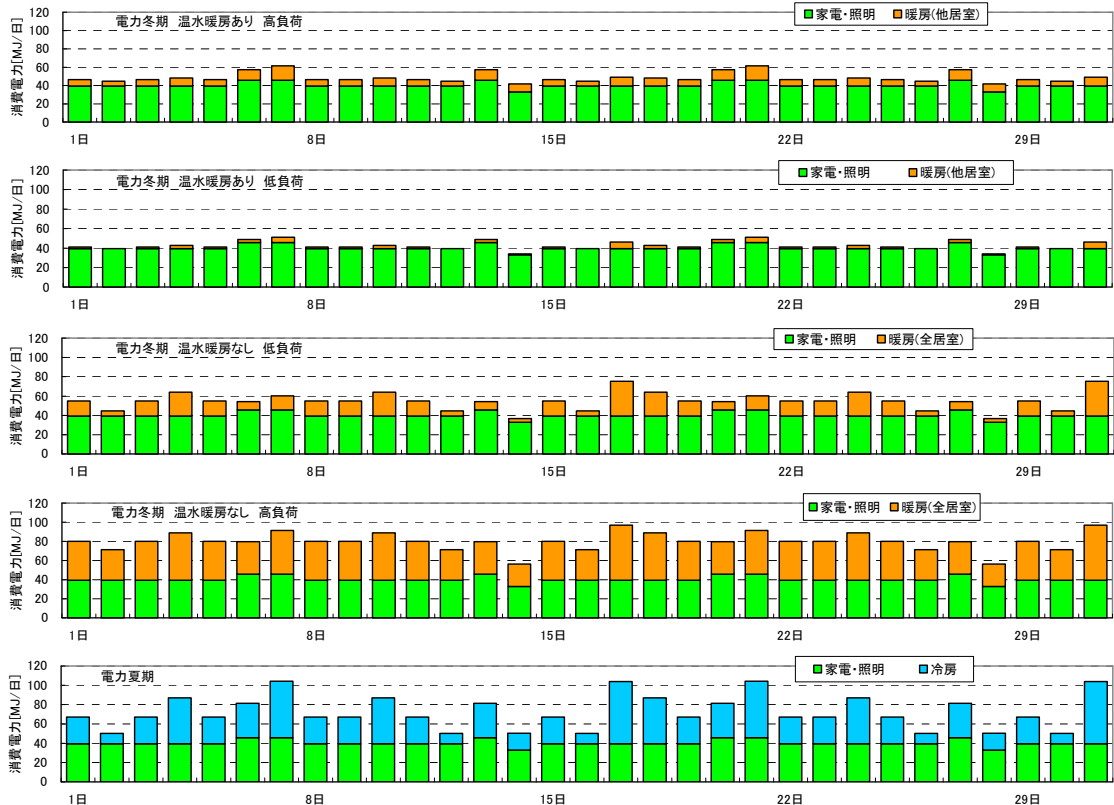


図 3.3.58 M1 スタンダードモード(試験用4人世帯)暖冷房部分の日並び

平日(大)							平日(中)						
開放時刻	用途	種類	湯量 [L/回]	流量 [L/min]	開放 [s]	停止 [s]	開放時刻	用途	種類	湯量 [L/回]	流量 [L/min]	開放 [s]	停止 [s]
06:30:00	洗面朝	A	2	5	24		06:30:00	洗面朝	A	2	5	24	
06:31:10	洗面朝	A	2	5	24	46	06:31:10	洗面朝	A	2	5	24	46
06:32:20	洗面朝	A	2	5	24	46	06:32:20	洗面朝	A	2	5	24	46
06:45:00	炊事(朝)	A	2	5	24	736	06:45:00	炊事(朝)	A	2	5	24	736
06:46:10	炊事(朝)	A	2	5	24	46	06:46:10	炊事(朝)	A	2	5	24	46
06:47:20	炊事(朝)	A	2	5	24	46	06:47:20	炊事(朝)	A	2	5	24	46
07:15:00	食器洗(朝)	A	2	5	24	1636	07:15:00	食器洗(朝)	A	2	5	24	1636
07:16:10	食器洗(朝)	A	2	5	24	46	07:16:10	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
07:17:20	食器洗(朝)	A	2	5	24	46	07:17:20	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
07:18:30	食器洗(朝)	A	2	5	24	46	07:18:30	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
07:19:40	食器洗(朝)	A	2	5	24	46	07:19:40	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
07:20:50	食器洗(朝)	A	2	5	24	46	07:20:50	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
09:30:00	群外	A	2	5	24	7726	09:30:00	群外	A	2	5	24	7726
09:45:00	群外	A	2	5	24	876	09:45:00	群外	A	2	5	24	876
10:45:00	群外	A	2	5	24	3576	10:45:00	群外	A	2	5	24	3576
11:45:00	群外	A	2	5	24	3576	11:45:00	群外	A	2	5	24	3576
12:00:00	炊事(昼)	A	2	5	24	876	12:00:00	炊事(昼)	A	2	5	24	876
12:02:50	炊事(昼)	A	2	5	24	146	12:07:10	炊事(昼)	A	2	5	24	406
12:05:40	炊事(昼)	A	2	5	24	146	12:14:20	炊事(昼)	A	2	5	24	406
12:08:30	炊事(昼)	A	2	5	24	146	12:45:00	食器洗(昼)	A	2	5	24	1816
12:11:20	炊事(昼)	A	2	5	24	146	12:47:40	食器洗(昼)	A	2	5	24	136
12:14:10	炊事(昼)	A	2	5	24	146	12:50:20	食器洗(昼)	A	2	5	24	136
12:45:00	食器洗(昼)	A	2	5	24	1826	16:00:00	群外	A	2	5	24	11356
12:47:40	食器洗(昼)	A	2	5	24	136	18:35:00	炊事(夕)1	A	2	5	24	9276
12:50:20	食器洗(昼)	A	2	5	24	136	18:36:50	炊事(夕)1	A	2	5	24	86
16:00:00	群外	A	2	5	24	11356	18:38:40	炊事(夕)1	A	2	5	24	86
18:35:00	炊事(夕)1	A	2	5	24	9276	18:40:30	炊事(夕)1	A	2	5	24	86
18:36:10	炊事(夕)1	A	2	5	24	46	18:42:20	炊事(夕)1	A	2	5	24	86
18:37:20	炊事(夕)1	A	2	5	24	46	18:44:10	炊事(夕)1	A	2	5	24	86
18:38:30	炊事(夕)1	A	2	5	24	46	19:00:00	炊事(夕)2	A	2	5	24	926
18:39:40	炊事(夕)1	A	2	5	24	46	19:01:10	炊事(夕)2	A	2	5	24	46
18:40:50	炊事(夕)1	A	2	5	24	46	19:02:20	炊事(夕)2	A	2	5	24	46
18:42:00	炊事(夕)1	A	2	5	24	46	19:03:30	炊事(夕)2	A	2	5	24	46
18:43:10	炊事(夕)1	A	2	5	24	46	19:04:40	炊事(夕)2	A	2	5	24	46
19:00:00	炊事(夕)2	B	20	5	240	986	19:05:50	炊事(夕)2	A	2	5	24	46
19:04:30	炊事(夕)2	A	2	5	24	30	19:35:00	浴槽湯はり	湯はり	180	15	720	1726
19:05:20	炊事(夕)2	A	2	5	24	26	20:15:00	入浴1人目	C	5	10	30	1680
19:06:10	炊事(夕)2	A	2	5	24	26	20:19:30	入浴1人目	C	5	10	30	240
19:07:00	炊事(夕)2	A	2	5	24	26	20:25:00	入浴1人目	C	5	10	30	300
19:07:50	炊事(夕)2	A	2	5	24	26	20:35:00	洗顔夕1	A	2	5	24	570
19:08:40	炊事(夕)2	A	2	5	24	26	20:35:30	洗顔夕1	A	2	5	24	6
19:35:00	浴槽湯はり	湯はり	180	15	720	1556	20:40:00	食器洗(夕)	B	20	5	240	246
20:15:00	入浴1人目	C	5	10	30	1680	20:44:30	食器洗(夕)	A	2	5	24	30
20:19:30	入浴1人目	C	5	10	30	240	20:45:20	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:25:00	入浴1人目	C	5	10	30	300	20:46:10	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:27:10	入浴1人目	C	5	10	30	100	20:47:00	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:29:20	入浴1人目	C	5	10	30	100	20:47:50	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:35:00	洗顔夕1	A	2	5	24	310	20:48:40	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:35:30	洗顔夕1	A	2	5	24	6	20:50:00	食器洗(夕)	B	20	5	240	56
20:40:00	食器洗(夕)	B	20	5	240	246	20:54:30	食器洗(夕)	A	2	5	24	30
20:44:30	食器洗(夕)	A	2	5	24	30	20:55:20	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:45:20	食器洗(夕)	A	2	5	24	26	20:56:10	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:46:10	食器洗(夕)	A	2	5	24	26	20:57:00	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:47:00	食器洗(夕)	A	2	5	24	26	20:57:50	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:47:50	食器洗(夕)	A	2	5	24	26	20:58:40	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:48:40	食器洗(夕)	A	2	5	24	26	21:15:00	入浴2人目	C	5	10	30	956
20:50:00	食器洗(夕)	B	20	5	240	56	21:19:30	入浴2人目	C	5	10	30	240
20:54:30	食器洗(夕)	A	2	5	24	30	21:35:00	入浴2人目	D	40	10	240	900
20:55:20	食器洗(夕)	A	2	5	24	26	21:39:30	入浴2人目	C	5	10	30	30
20:56:10	食器洗(夕)	A	2	5	24	26	21:45:00	洗顔夕2	A	2	5	24	300
20:57:00	食器洗(夕)	A	2	5	24	26	21:46:30	洗顔夕2	A	2	5	24	66
20:57:50	食器洗(夕)	A	2	5	24	26	22:00:00	入浴3人目	C	5	10	30	786
20:58:40	食器洗(夕)	A	2	5	24	26	22:15:00	入浴3人目	C	5	10	30	870
21:15:00	入浴2人目	C	5	10	30	956	22:20:00	洗顔夕3	A	2	5	24	270
21:19:30	入浴2人目	C	5	10	30	240	22:21:30	洗顔夕3	A	2	5	24	66
21:35:00	入浴2人目	D	40	10	240	900	22:30:00	入浴4人目	C	5	10	30	486
21:39:30	入浴2人目	C	5	10	30	30	22:45:00	入浴4人目	D	40	10	240	870
21:45:00	洗顔夕2	A	2	5	24	300	22:49:30	入浴4人目	C	5	10	30	30
21:46:30	洗顔夕2	A	2	5	24	66	23:00:00	洗顔夕4	A	2	5	24	600
22:00:00	入浴3人目	C	5	10	30	786	23:01:30	洗顔夕4	A	2	5	24	66
22:04:30	入浴3人目	C	5	10	30	240							
22:15:00	入浴3人目	D	40	10	240	600							
22:19:30	入浴3人目	C	5	10	30	30							
22:20:00	洗顔夕3	A	2	5	24	0							
22:21:30	洗顔夕3	A	2	5	24	66							
22:30:00	入浴4人目	C	5	10	30	486							
22:34:30	入浴4人目	C	5	10	30	240							
22:45:00	入浴4人目	D	40	10	240	600							
22:49:30	入浴4人目	C	5	10	30	30							
23:00:00	洗顔夕4	A	2	5	24	600							
23:01:30	洗顔夕4	A	2	5	24	66							

図 3.3.60 M1 スタンダードモード(試験用4人世帯) 給湯部分詳細 平日大・平日中

平日 (小)							休日外出						
開放時刻	用途	種類	湯量 [L/回]	流量 [L/min]	開放 [s]	停止 [s]	開放時刻	用途	種類	湯量 [L/回]	流量 [L/min]	開放 [s]	停止 [s]
06:30:00	洗面朝	A	2	5	24		06:30:00	洗面朝 1	A	2	5	24	
06:31:10	洗面朝	A	2	5	24	46	06:30:40	洗面朝 1	A	2	5	24	16
06:32:20	洗面朝	A	2	5	24	46	06:31:20	洗面朝 1	A	2	5	24	16
06:45:00	炊事(朝)	A	2	5	24	736	07:45:00	洗面朝 2	A	2	5	24	4396
06:46:10	炊事(朝)	A	2	5	24	46	07:45:40	洗面朝 2	A	2	5	24	16
06:47:20	炊事(朝)	A	2	5	24	46	07:46:20	洗面朝 2	A	2	5	24	16
07:15:00	食器洗(朝)	A	2	5	24	1636	08:00:00	炊事(朝)	A	2	5	24	796
07:16:10	食器洗(朝)	A	2	5	24	46	08:06:10	炊事(朝)	A	2	5	24	346
07:17:20	食器洗(朝)	A	2	5	24	46	08:12:20	炊事(朝)	A	2	5	24	346
07:18:30	食器洗(朝)	A	2	5	24	46	08:45:00	食器洗(朝)	B	20	5	240	1936
07:19:40	食器洗(朝)	A	2	5	24	46	08:49:30	食器洗(朝)	A	2	5	24	30
07:20:50	食器洗(朝)	A	2	5	24	46	08:50:20	食器洗(朝)	A	2	5	24	26
09:30:00	群外	A	2	5	24	7726	08:51:10	食器洗(朝)	A	2	5	24	26
09:45:00	群外	A	2	5	24	876	20:45:00	入浴 1 人目	C	5	10	30	42806
10:45:00	群外	A	2	5	24	3576	20:45:50	入浴 1 人目	C	5	10	30	20
11:45:00	群外	A	2	5	24	3576	20:46:40	入浴 1 人目	C	5	10	30	20
12:00:00	炊事(昼)	A	2	5	24	876	20:47:30	入浴 1 人目	C	5	10	30	20
12:07:10	炊事(昼)	A	2	5	24	406	20:48:20	入浴 1 人目	C	5	10	30	20
12:14:20	炊事(昼)	A	2	5	24	406	20:49:10	入浴 1 人目	C	5	10	30	20
12:45:00	食器洗(昼)	A	2	5	24	1816	21:00:00	洗顔タ 1	A	2	5	24	620
12:47:40	食器洗(昼)	A	2	5	24	136	21:01:30	洗顔タ 1	A	2	5	24	66
12:50:20	食器洗(昼)	A	2	5	24	136	21:20:00	入浴 2 人目	C	5	10	30	1086
16:00:00	群外	A	2	5	24	11356	21:24:30	入浴 2 人目	C	5	10	30	240
18:35:00	炊事(夕) 1	A	2	5	24	9276	21:30:00	入浴 2 人目	D	40	10	240	300
18:36:50	炊事(夕) 1	A	2	5	24	86	21:45:00	洗顔タ 2	A	2	5	24	660
18:38:40	炊事(夕) 1	A	2	5	24	86	21:46:30	洗顔タ 2	A	2	5	24	66
18:40:30	炊事(夕) 1	A	2	5	24	86	22:00:00	入浴 3 人目	D	40	10	240	786
18:42:20	炊事(夕) 1	A	2	5	24	86	22:15:00	洗顔タ 3	A	2	5	24	660
18:44:10	炊事(夕) 1	A	2	5	24	86	22:16:30	洗顔タ 3	A	2	5	24	66
19:00:00	炊事(夕) 2	A	2	5	24	926	22:35:00	入浴 4 人目	C	5	10	30	1086
19:01:10	炊事(夕) 2	A	2	5	24	46	22:36:30	入浴 4 人目	C	5	10	30	60
19:02:20	炊事(夕) 2	A	2	5	24	46	22:45:00	入浴 4 人目	D	40	10	240	480
19:03:30	炊事(夕) 2	A	2	5	24	46	23:00:00	洗顔タ 4	A	2	5	24	660
19:04:40	炊事(夕) 2	A	2	5	24	46	23:01:30	洗顔タ 4	A	2	5	24	66
19:05:50	炊事(夕) 2	A	2	5	24	46							
19:35:00	浴槽湯はり	湯はり	180	15	720	1726							
20:15:00	入浴 1 人目	C	5	10	30	1680							
20:19:30	入浴 1 人目	C	5	10	30	240							
20:25:00	入浴 1 人目	C	5	10	30	300							
20:35:00	洗顔タ 1	A	2	5	24	570							
20:35:30	洗顔タ 1	A	2	5	24	6							
20:40:00	食器洗(夕)	B	20	5	240	246							
20:44:30	食器洗(夕)	A	2	5	24	30							
20:45:20	食器洗(夕)	A	2	5	24	26							
20:46:10	食器洗(夕)	A	2	5	24	26							
20:47:00	食器洗(夕)	A	2	5	24	26							
20:47:50	食器洗(夕)	A	2	5	24	26							
20:48:40	食器洗(夕)	A	2	5	24	26							
20:50:00	食器洗(夕)	B	20	5	240	56							
20:54:30	食器洗(夕)	A	2	5	24	30							
20:55:20	食器洗(夕)	A	2	5	24	26							
20:56:10	食器洗(夕)	A	2	5	24	26							
20:57:00	食器洗(夕)	A	2	5	24	26							
20:57:50	食器洗(夕)	A	2	5	24	26							
20:58:40	食器洗(夕)	A	2	5	24	26							
21:15:00	入浴 2 人目	C	5	10	30	956							
21:19:30	入浴 2 人目	C	5	10	30	240							
21:35:00	入浴 2 人目	D	40	10	240	900							
21:39:30	入浴 2 人目	C	5	10	30	30							
21:45:00	洗顔タ 2	A	2	5	24	300							
21:46:30	洗顔タ 2	A	2	5	24	66							
22:00:00	入浴 3 人目	C	5	10	30	786							
22:15:00	入浴 3 人目	C	5	10	30	870							
22:20:00	洗顔タ 3	A	2	5	24	270							
22:21:30	洗顔タ 3	A	2	5	24	66							
22:30:00	入浴 4 人目	C	5	10	30	486							
22:45:00	入浴 4 人目	D	40	10	240	870							
22:49:30	入浴 4 人目	C	5	10	30	30							
23:00:00	洗顔タ 4	A	2	5	24	600							
23:01:30	洗顔タ 4	A	2	5	24	66							

図 3.3.61 M1 スタンダードモード(試験用4人世帯) 給湯部分詳細 平日小・休日外出

3.3.3 模擬浴槽の開発

先に定められた M1 スタンドの浴槽の自動湯はり・自動保温を再現するため、新たに高度な自動制御機能を有する模擬浴槽を2台開発した(図 3.3.63～図 3.3.66)。概要は以下の通り。

- ・ペルチェ素子により放熱量を 0～300W 弱まで任意に、かつ高い再現性で制御可能。
- ・電磁弁により自動排水を行う。攪拌装置により浴槽内湯温のムラを解消する。
- ・浴槽の熱負荷算定に必要なデータを詳細に計測する。特に浴槽還系統は、湯はり時に浴槽へ向かう一方、追焚循環時には反転して給湯機に向かう流向となる。通常のタービン式流量センサーでは流向反転を検出できないため、ここでは小型電磁流量センサーを順・逆の両方に設けることで流向の判定を行なっている。浴槽内温度や水位も詳細に計測している。
- ・浴槽制御の自動化のため、専用の PC アプリケーションを新規に開発した。
- ・試験時に給湯機と接続する配管長は、事業主基準の標準住宅プランにおける浴室と給湯機設置可能位置の関係から片側 4.5m とした。配管径は給湯機の設置仕様書の規定に従って選択。

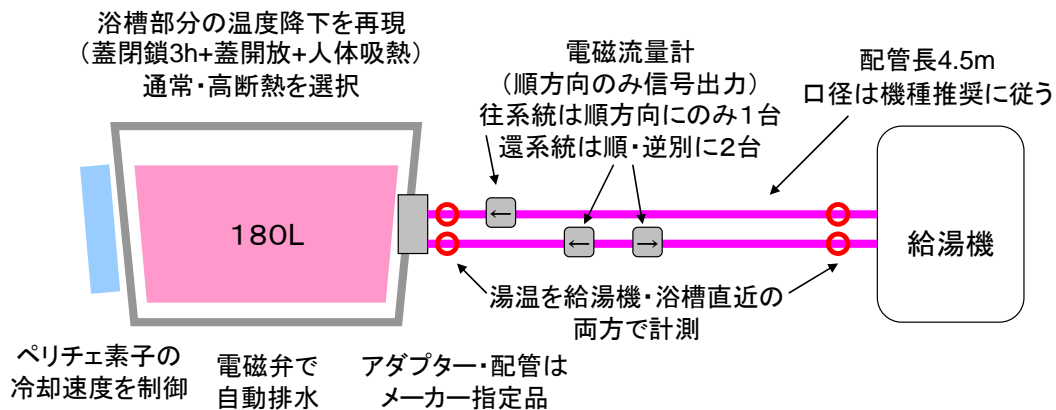


図 3.3.63 模擬浴槽の概要

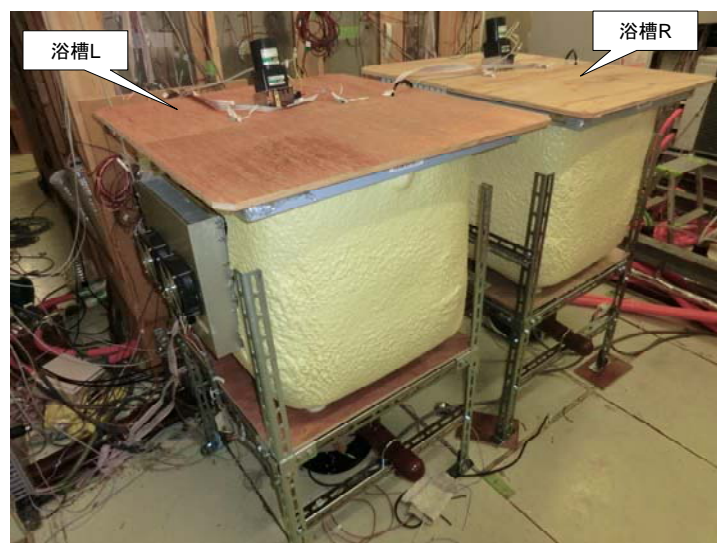


図 3.3.64 模擬浴槽の外観

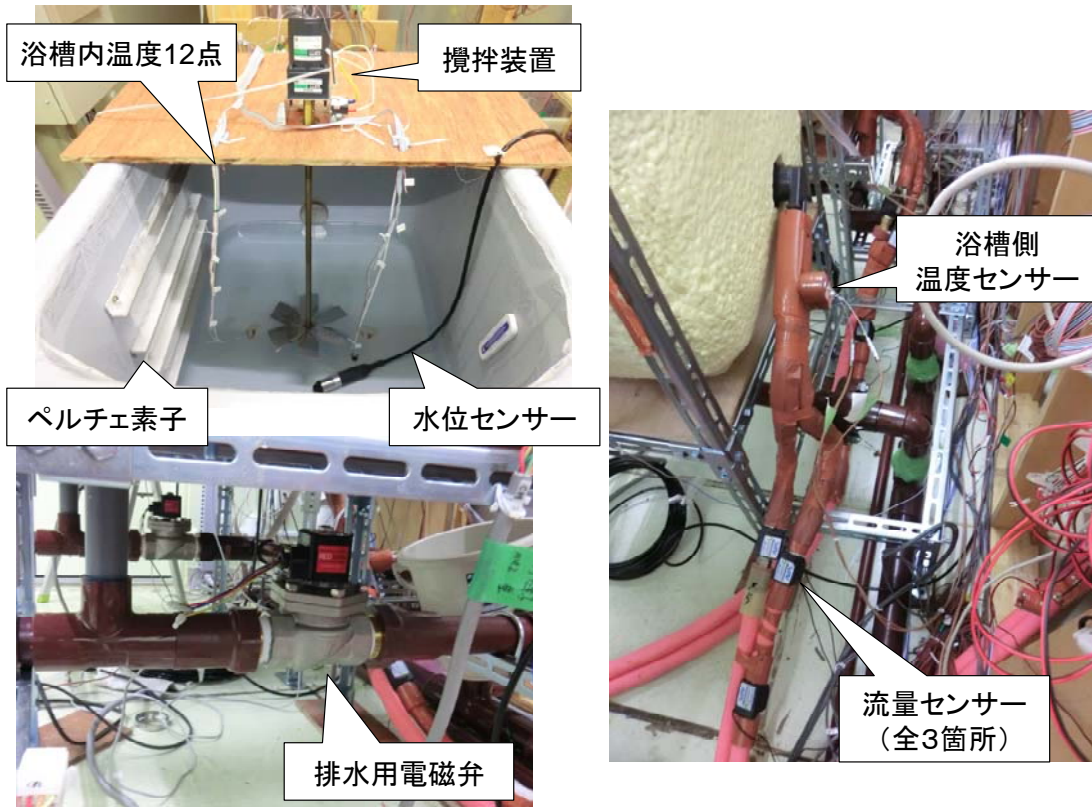


図 3.3.65 模擬浴槽の計測・制御状況



図 3.3.66 模擬浴槽の制御プログラム

3.3.4 ガス瞬間式給湯機

ここまでで新たに開発された効率試験方法に基づき、各形式の給湯機の実使用効率の評価実験を試行する。対象給湯機は、ガス瞬間式・石油瞬間式・CO2HP・コージェネレーションである。

(1) ガス瞬間式給湯機に関する効率試験方法の開発

1) 計測方法の概要

ガス瞬間式の効率特性を考慮し、以下のように計測方法を構築した(図 3.3.67～図 3.3.69)。

- ・ 学習機能などは有さず日消費量の履歴が効率に影響を及ぼさないため、M1スタンダード6日と比較用のJIS51モード1日の計7日とする。
- ・ M1スタンダードモードにより追加された浴槽保温については、給湯回路とは別の追焚回路により処理されるためシステム全体の効率に影響を及ぼさない。そのため、前述7日の試験では水栓落とし込みとして再現し、浴槽の自動湯はり・保温については別に2日の繰り返し試験を実施することとした。
- ・ 短時間の出湯を再現するため温度・流量の計測センサーは応答性の高いタイプを選び、事前の校正により精度の確保に務めた。ガス流量は応答速度の早い熱線式マスフロー計を用いた。あらかじめ湿式メーターと校正を行い、マスフロー計が十分な精度があることを確認した。
- ・ 模擬浴槽との接続配管は、内径はメーカー指定の10mm、長さは4.5mとした。

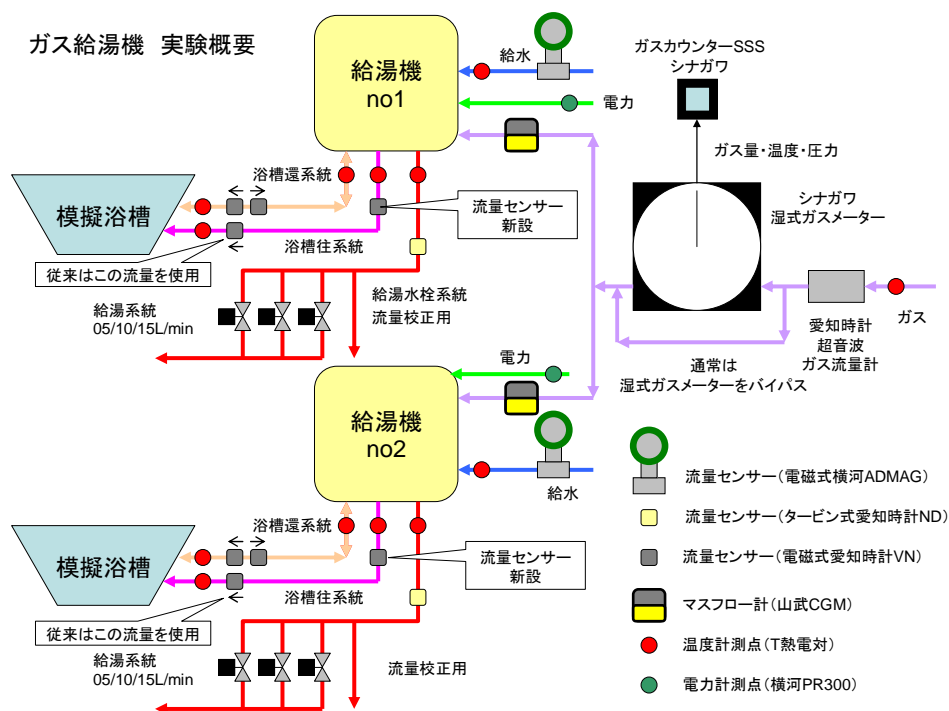


図 3.3.67 ガス瞬間式給湯機の試験システム

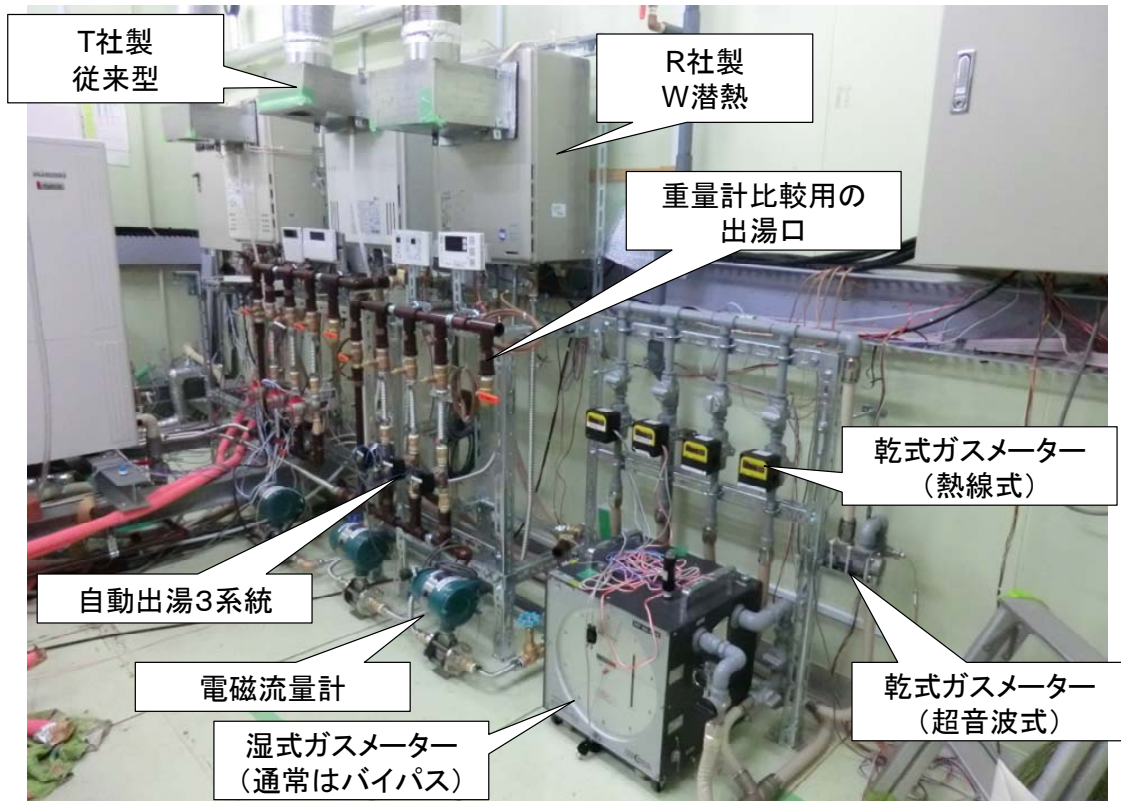


図 3.3.68 ガス瞬間式給湯機の試験状況

56°C(温水)と0°C(氷水)を交互に測定(これを×2)。
ただし、1回目と2回目の温度差が大きい場合は、3度目を計測。



Pt-100センサーの温度表示をプログラム(熱電対)の表示温度の記録者に伝える。

図 3.3.69 給湯・給水温度センサーの校正作業

2) 試験対象機種概要

試験試行の対象として、従来型 2 台・潜熱回収型 2 台の計 4 台のガス瞬間式を選定した。うち、潜熱回収型は給湯回路だけでなく追焚回路も潜熱回収を行う機種(通称 W 潜熱)と、追焚回路は潜熱回収を行わない機種(通称 S 潜熱)をそれぞれ 1 台ずつ試験している。

屋外式	13A	都市ガス用 12A
最大	61.6kW	57.4kW
ふろ	11.6kW	10.8kW
給湯	50.0kW	46.6kW
AC100V	50/60Hz	160/180W

		R 社 W 潜熱	T 社 W 従来	R 社 S 潜熱	N 社 従来
消費効率 (%)		94.3	82.1	92	87.1
最大 (kW)	13A	54	61.6	54	61.6
	12A	50.2	57.4	50.2	57.4
ふろ (kW)	13A	11.2	11.6	11.6	14
	12A	10.5	10.8	10.8	13
給湯 (kW)	13A	44.2	50	44.2	
	12A	41.2	46.6	41.2	
定格電圧		AC100V	AC100V	AC100V	AC100V
定格周波数		50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz
定格消費電力		105	160/180	110	155/180

図 3.3.70 試験対象のガス瞬間式給湯機

(2) 水栓での給湯消費に関する効率試験

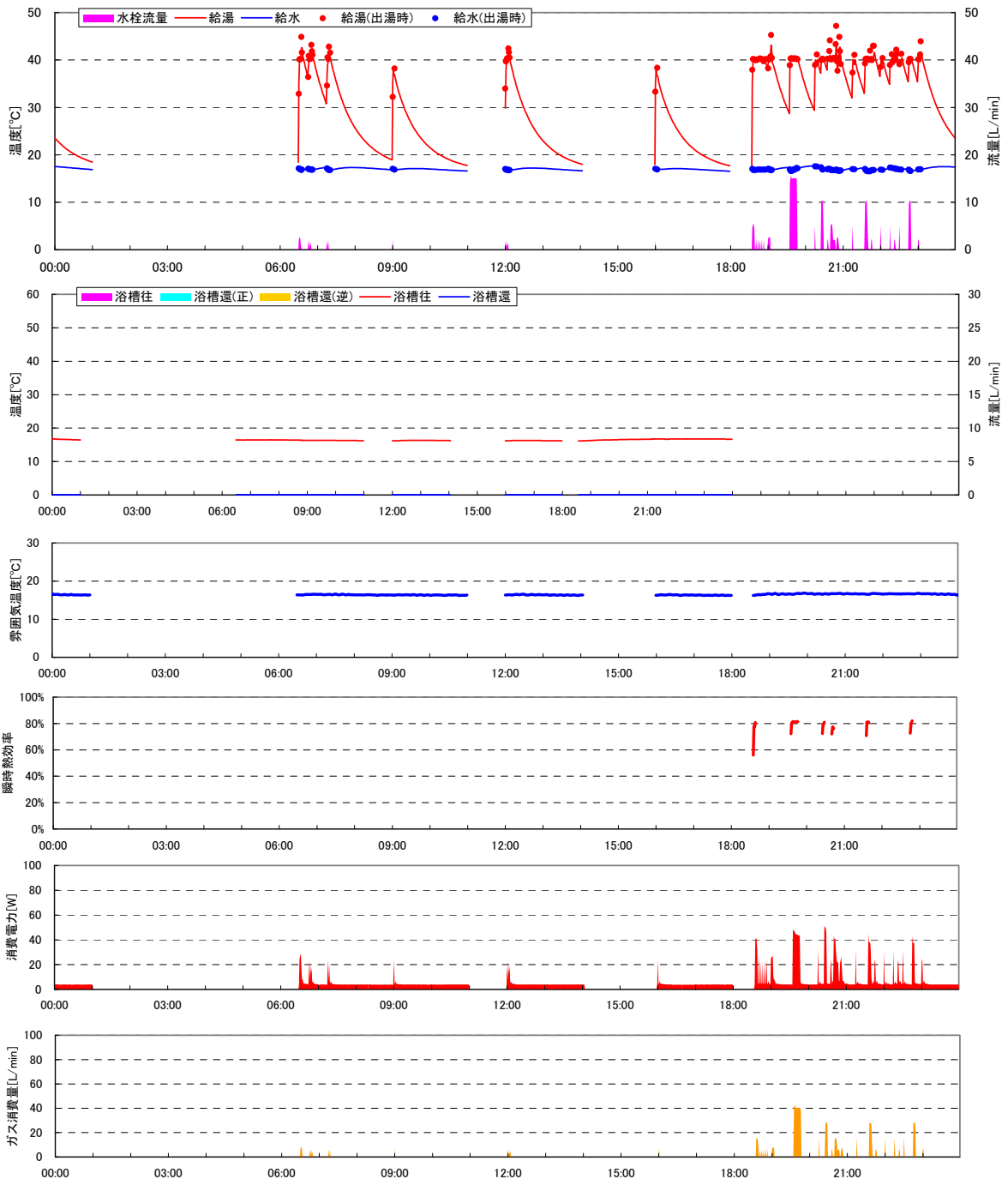
1) 試験条件

- ・ 前述のようにガス瞬間式は水栓部分と浴槽追焚部分の内部回路が分離されていることから、水栓部分を単独で試験しても効率評価に問題がないと考えられる。そのため、水栓部分の給湯消費のみを試験する試験を実施することとした。
- ・ 主な消費はシャワー(流量10L/min)と台所洗面(流量5L/min)である。
- ・ 浴槽部分については、浴槽追焚機能を持たない給湯単機能機種の効率推定のため水栓落とし込み(流量15L/min)として再現した。
- ・ 3系統の出湯システムを各用途の流量(5/10/15L/min)に予め調整した上で電磁弁により開閉した。
- ・ 停止時の冷却は2時間程度で十分行われるため、停止間隔2時間以上では2時間に短縮。これにより全7日分の試験が4日程度で終了できた。
- ・ 水栓の給湯設定温度は40℃とした。これは修正M1モードの試験と同様である。

2) 試験結果

T 社従来について中間期条件の水栓 7 日試験の結果より平日中と JIS51 モードの部分と比較する。

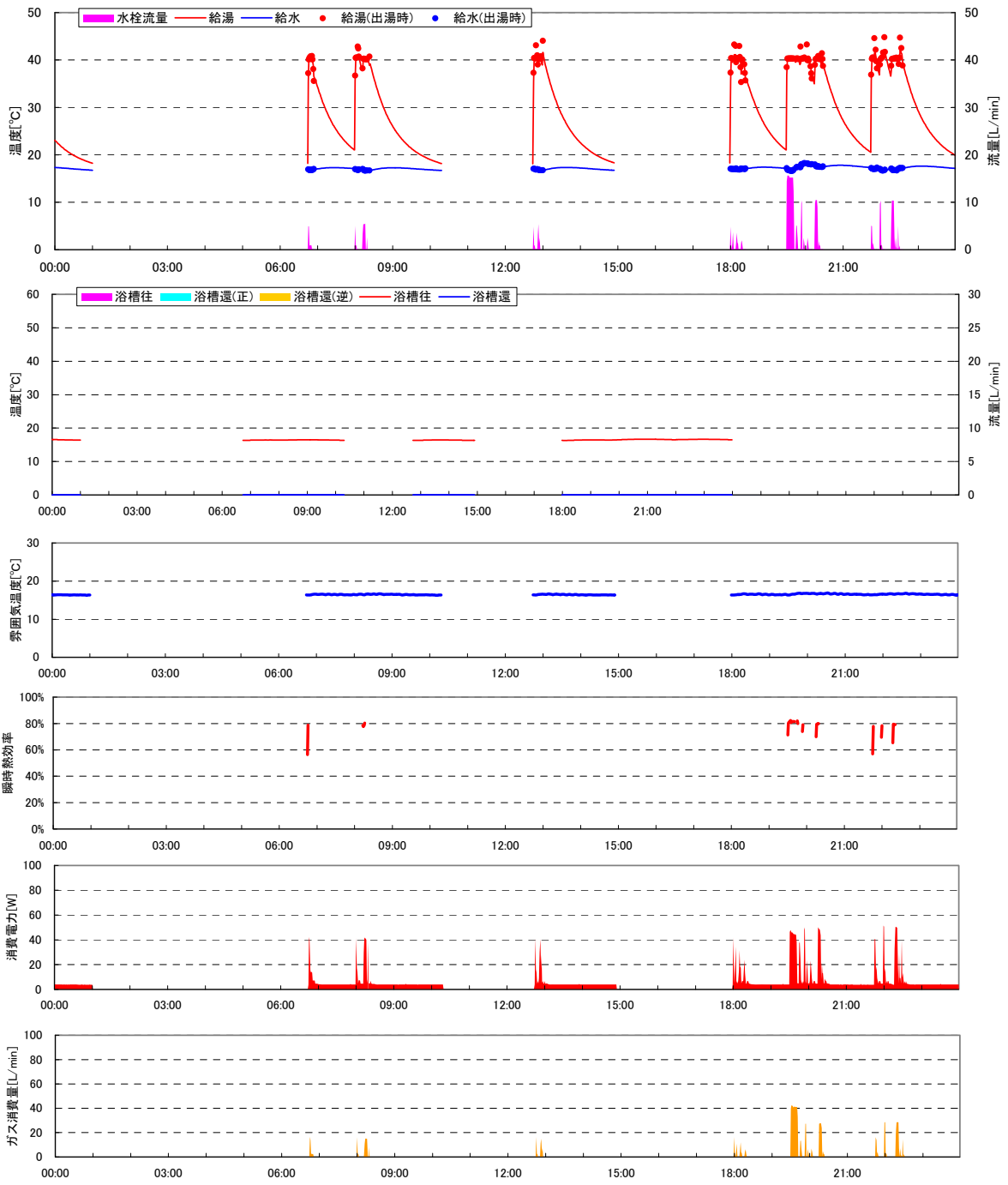
- ・ M1 スタダード平日中のガスみの効率合計は 76.8% であり、JIS51 モードの 77.4% とほぼ同等である。M1 スタダードが JIS51 モードと同様に給湯消費のマイクロ特性を良好に再現できていることが確認できた。
- ・ 用途ごとの効率は、浴槽落とし込み>シャワー>台所洗面となっており、流量が小さく断続的な出湯が多いほど効率が低下する傾向がある。



平均雰囲気 16.5 [°C] 補正前 0.35

	給湯量 [L/日]			給水		給湯		熱負荷 [MJ/日]				ガス		電力(補正済)[MJ]		全エネ	効率	
	水栓	浴槽自動	合計	熱量[MJ]	温度[°C]	熱量[MJ]	温度[°C]	水栓	浴槽自動	浴槽追焚	合計	量[NL]	熱量[MJ]	合計(2次)	除浴槽		1次	ガスのみ
合計	457.8	0.0	457.8	32.3	16.9	76.4	39.9	44.0	0.0	0.0	44.0	1274	57.3	0.40	0.37	58.4	76.8%	76.3%
台所洗面	123.1		123.1	8.7	16.9	20.3	39.4	11.6			11.6	362	16.3					71.2%
シャワー	154.6		154.6	10.9	16.9	25.8	39.9	14.9			14.9	426	19.2					77.6%
浴槽落込	180.2		180.2	12.7	16.9	30.3	40.2	17.6			17.6	486	21.9	0.03				80.4%

図 3.3.71 水栓部分の試験状況 (T社従来 中間期条件 平日中)



平均雰囲気 16.5 [°C] 補正前 0.33

	給湯量 [L/日]			給水		給湯		熱負荷 [MJ/日]				ガス		電力(補正済)[MJ]		全エネ	効率	
	水栓	浴槽自動	合計	熱量[MJ]	温度[°C]	熱量[MJ]	温度[°C]	水栓	浴槽自動	浴槽追焚	合計	量[NL]	熱量[MJ]	合計(2次)	除浴槽		1次	ガスのみ
合計	464.0	0.0	464.0	33.1	17.0	77.6	39.9	44.5	0.0	0.0	44.5	1277	57.4	0.41	0.38	58.6	77.4%	76.9%
台所洗面	139.0		139.0	9.9	17.1	23.0	39.6	13.1			13.1	401	18.0					72.6%
シャワー	144.7		144.7	10.5	17.3	24.2	40.0	13.7			13.7	389	17.5					78.5%
浴槽落込	180.2		180.2	12.6	16.8	30.3	40.2	17.7			17.7	487	21.9	0.03				80.5%

図 3.3.72 水栓部分の試験状況 (T社従来 中間期条件 JIS51 モード)

(3) 浴槽自動保温に関する効率試験

1) 試験条件

前述の通り、ガス瞬間式においては水栓部分と浴槽湯はり・保温部分を個別に実施する。浴槽部分はⅢ.3.2 で示した模擬浴槽に接続した上で、以下の条件で実施した。

- ・ 浴槽の冷却能力と保温効率を同時に検証するため、自動湯はり完了後すぐに自動保温を解除する冷却試験と、自動湯はり後にそのまま保温を続ける保温試験を交互に行うこととした。
- ・ 浴槽が十分に冷却される時間間隔を確保するため、1 試験は 6 時間、1 日で 4 回実施とした。
- ・ 冷却試験のスケジュールは各日 1 回目では、0:30 に自動湯はり開始・0:50 に自動保温解除し 3 時間の冷却後の 3:50 に排水する。
- ・ 保温試験のスケジュールは各日 1 回目では、0:30 に自動湯はり開始・0:50 ごろに湯はり完了しそのまま 3 時間の保温後、3:50 に排水する。
- ・ 放熱量を変更した場合の機器挙動を検討するため、ペルチェ素子の冷却速度を変更しながら試験することとした。今回は、0W/100W/200W/300W の 4 段階の冷却速度を用いた。
- ・ 給湯機のリモコンを改造し、自動湯ほりを外部からの短絡操作で行えるようにした。浴槽湯はりの設定温度は 40℃、浴槽湯量は 180L に最も近くなるよう設定する。
- ・ 実使用において、自動湯はり・保温は台所等の他用途と近い時間で使われることが想定される。本試験では自動湯はり・保温のみを単独で実施するため、他用途での出湯による機器の予熱が得られない状態からの開始(コールドスタート)となるため、機器効率を過小に評価する可能性が指摘された。そのため、本試験では自動湯はり開始の 5 分前に、台所を想定して 5L/min の出湯を 3 分間行うこととした。

2) 試験結果

前述の試験条件で、T 社従来型を中間期条件で実施した結果の概要は以下の通り。

- ・ 自動湯はり・自動保温の解除または継続・ペルチェ素子による冷却・排水は全て順調に行われた。なお、ペルチェ素子の冷却は設定値が 0W/100W/200W の時は実績値もほぼ一致したが、設定値が 300W の際には実績値はやや低い傾向があり、冷却能力が不足しているものと思われる。ただし、通常の浴槽試験には十分な冷却速度である。
- ・ 冷却試験(各日の 1・3 回目)では、ペルチェ素子の実績値の増加に従い浴槽内湯温の降下量が大きくなっていることを確認できた。
- ・ 保温試験(各日の 2・4 回目)では、本給湯機では頻繁に湯温確認・追焚動作を繰り返しており、湯温は安定して保たれていた。こちらもペルチェ素子の実績値の増加に従い保温熱負荷が大きくなることを確認できた。
- ・ 湯はり・保温の熱負荷算出については、浴槽系統の往・還の温度と流量が必要になる。温度については給湯機側と浴槽側の 2 箇所それぞれ計測しているが、浴槽側の方は配管径が細いことなどから、温度が過小になる傾向が見られた。そのため浴槽側で計測

された温度センサーでは熱負荷を適切に計測できない懸念があり、以下では熱負荷としては給湯機側の温度でのみ評価することとした。

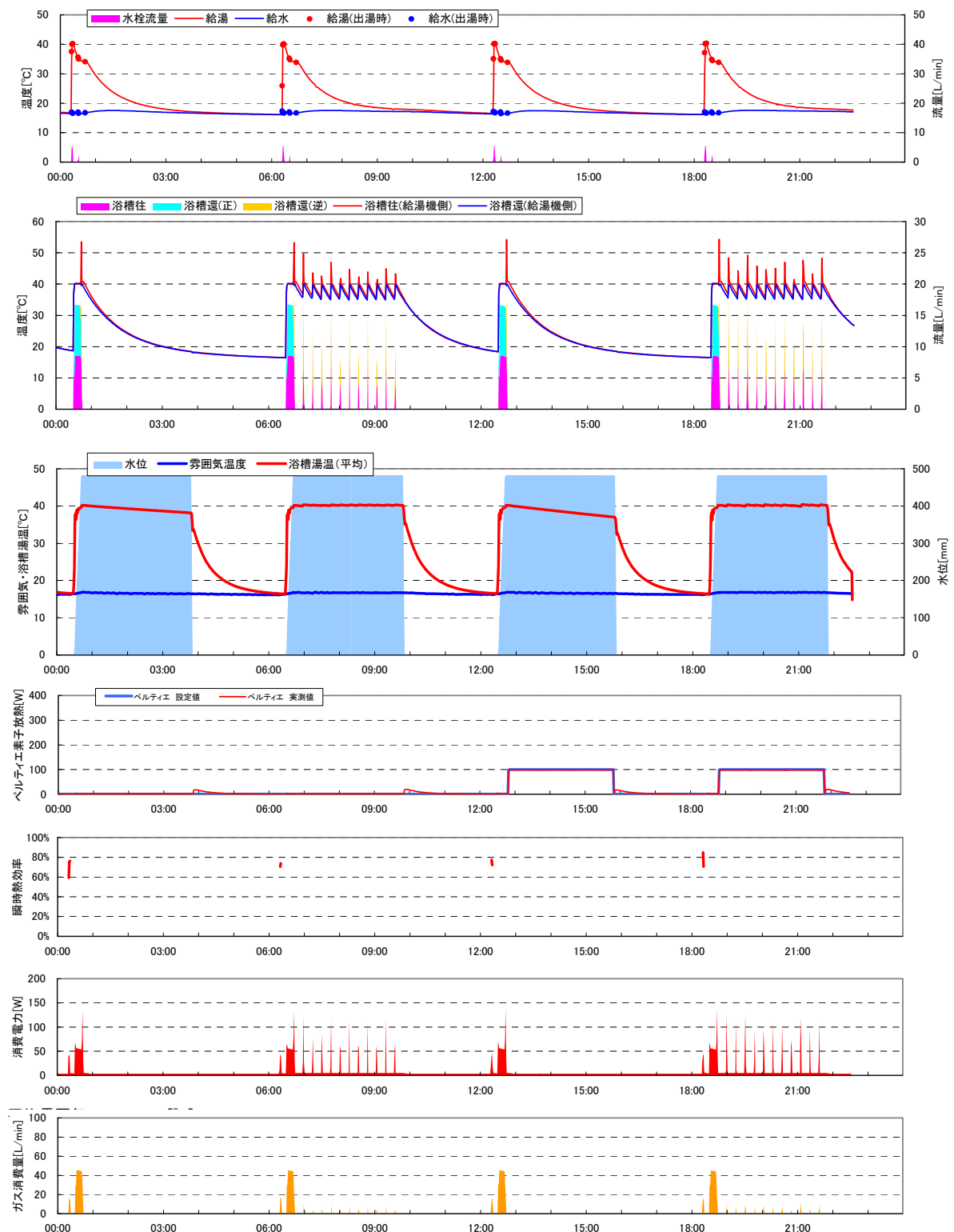


図 3.3.73 浴槽部分の試験状況 (T社従来 中間期条件 ペルチエ冷却 0~100W)
 ペルチエの冷却は 1回目・2回目は 0W 3回目・4回目は 100W
 1回目・3回目は冷却試験 2回目・4回目は保温試験

データOK!

	自動保温なし 1回目		自動保温あり 2回目		自動保温なし 3回目		自動保温あり 4回目		
	湯はり	保温	湯はり	保温	湯はり	保温	湯はり	保温	
開始時間	0:30	1:00	6:30	7:00	12:30	13:00	18:30	19:00	
終了時間	0:59	3:49	6:59	9:49	12:59	15:49	18:59	21:49	
雰囲気温度[°C]	16.9	16.8	16.8	16.9	16.9	16.8	16.8	16.9	
ペルチエ素子 [W]	設定値 1.0	実績値 1.7	1.0	1.6	100.0	98.7	100.0	98.5	
浴槽内 平均湯温度 [°C]	最高温度	40.20	39.99	40.18	40.34	40.20	39.92	40.23	40.42
	最低温度		38.15		40.07		36.99		39.92
	温度降下		1.84		0.27		2.93		0.50
湯はり	流量 [L]	193.9		194.0		193.7		194.0	
	熱量 給湯機側 [MJ]	32.50		32.51		32.43		32.52	
	熱量 浴槽側 [MJ]	30.41		30.37		30.28		30.37	
	熱負荷 給湯機側 [MJ]	19.10		19.06		19.16		19.07	
	熱負荷 浴槽側 [MJ]	17.01		16.92		17.01		16.92	
	熱ロス (熱ロス比)	2.09		2.14		2.15		2.15	
	平均温度 [°C]	11.0%		11.2%		11.2%		11.3%	
追焚	流量 [L]	15.1		16.4	81.7	15.6		15.6	102.7
	熱負荷 給湯機側② [MJ]	0.55		0.55	1.95	0.58		0.58	2.94
	熱負荷 浴槽側③ [MJ]	0.48		0.46	1.35	0.50		0.51	2.32
熱ロス [MJ]	0.07		0.09	0.60	0.08		0.07	0.62	
熱ロス比	12.7%		15.6%	30.6%	13.4%		11.9%	21.0%	
昇温 [°C]	給湯機側 8.6		給湯機側 8.0	5.7	給湯機側 8.8		給湯機側 8.9	6.8	
ΔT	浴槽側 7.5		浴槽側 6.8	4.0	浴槽側 7.6		浴槽側 7.9	5.4	
ΔT	1.09		1.25	1.74	1.18		1.06	1.43	
ガス量補正	0.98								
熱負荷合計 (給湯機側)	19.64	0.00	19.60	1.95	19.74	0.00	19.65	2.94	
ガス消費量	24.34	0.00	24.27	2.82	24.44	0.00	24.27	4.02	
効率	80.7%		80.8%	69.2%	80.8%		81.0%	73.2%	
電力 合計	0.06	0.04	0.06	0.12	0.06	0.04	0.06	0.13	
	0.06	0.02	0.06	0.10	0.06	0.02	0.06	0.11	

更新 印刷
前の日 次の日

←温度過小
←温度過小
←熱ロス過大
←過大評価
←温度過小
←過大評価

追焚部分 分析

	温度降下の差分	
	1回目	3回目
ペルチエ素子 実績値[W]	1.7	98.7
湯張り量[L]	193.9	193.7
温度降下[°C]	1.84	2.93
推定熱負荷[MJ] ①	1.49	2.37

	2回目	4回目
	追焚熱負荷[MJ] 給湯機②	1.95
熱負荷 浴槽側③	1.35	2.32
熱ロス 熱負荷②-推定①	0.46	0.57
熱ロス/追焚熱負荷	30.5%	23.9%

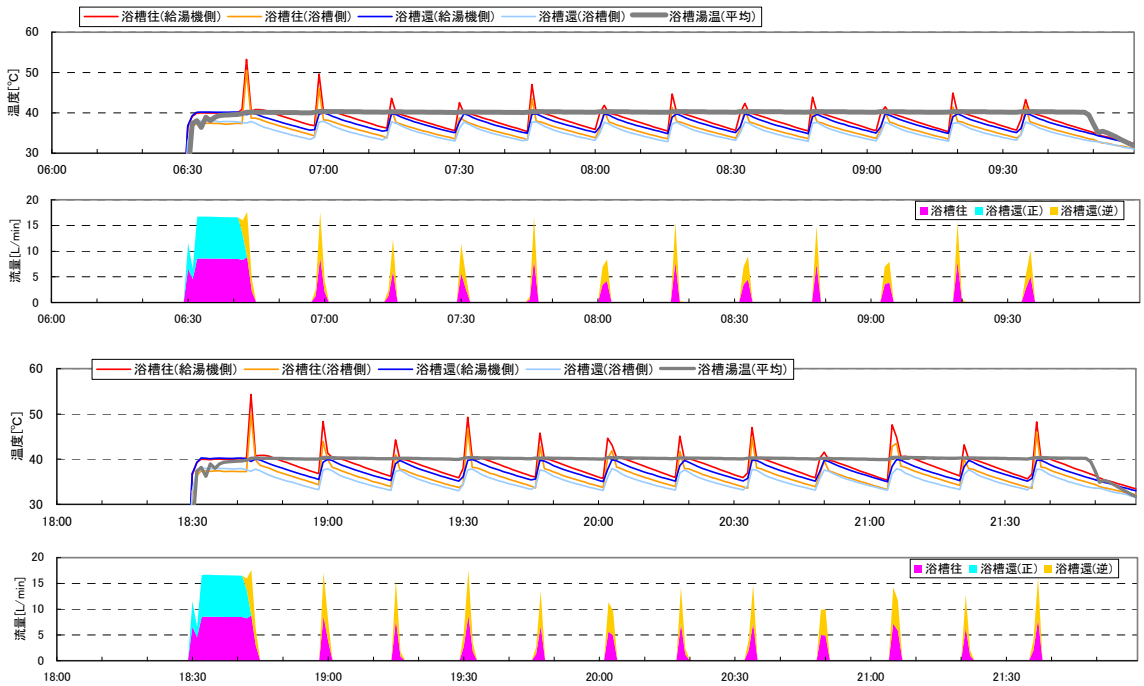


図 3.3.74 浴槽部分の試験結果 (T社従来 中間期条件 ペルチエ冷却 0~100W)

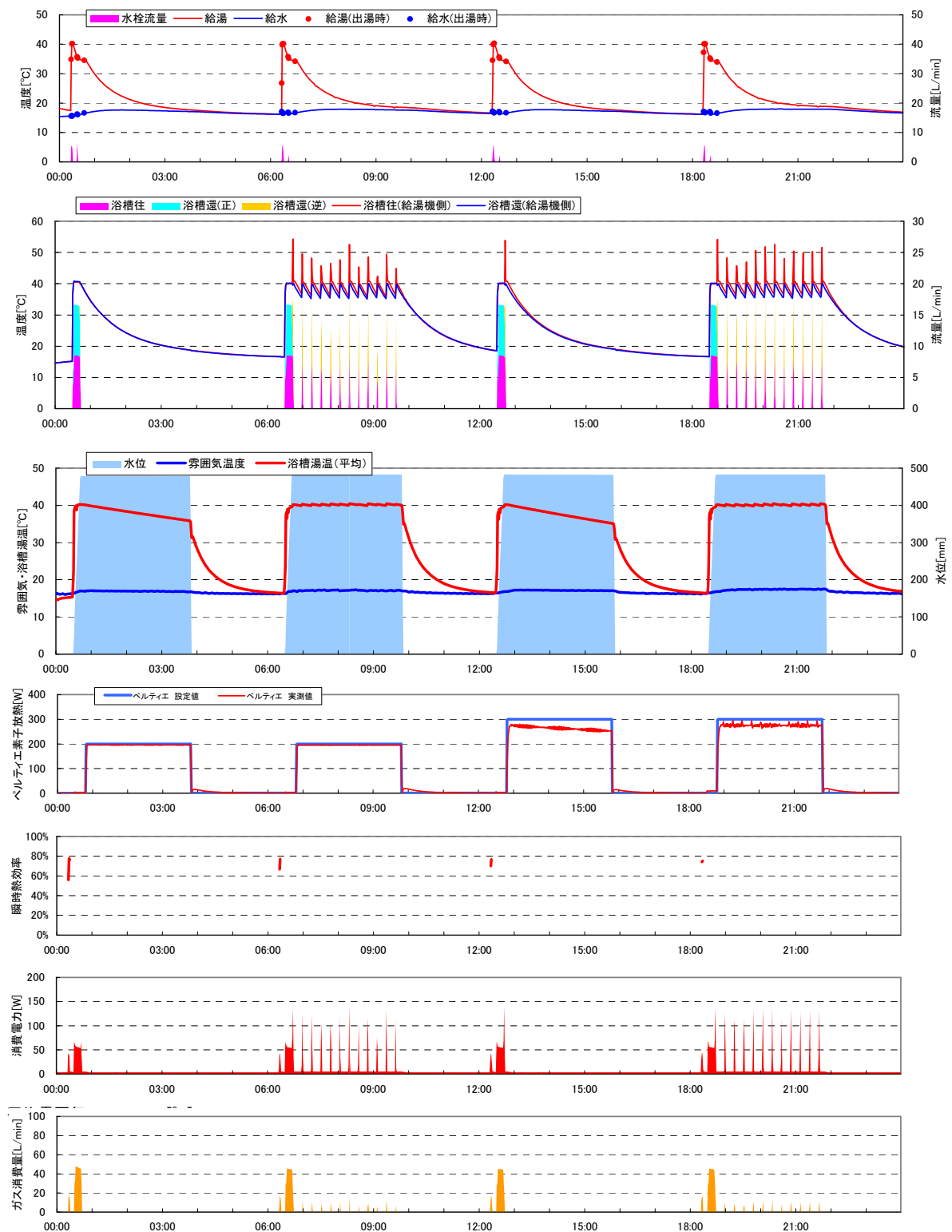


図 3.3.75 浴槽部分の試験状況 (T社従来 中間期条件 ペルチェ冷却 200~300W)

ペルチェの冷却は 1 回目・2 回目は 200W 3 回目・4 回目は 300W

1 回目・3 回目は冷却試験 2 回目・4 回目は保温試験

データOK!

	自動保温なし 1回目		自動保温あり 2回目		自動保温なし 3回目		自動保温あり 4回目		
	湯はり	保温	湯はり	保温	湯はり	保温	湯はり	保温	
開始時間	0:30	1:00	6:30	7:00	12:30	13:00	18:30	19:00	
終了時間	0:59	3:49	6:59	9:49	12:59	15:49	18:59	21:49	
雰囲気温度[°C]	17.1	17.1	17.1	17.3	17.2	17.3	17.2	17.5	
ペルチェ素子 [W]	設定値 200.0	実績値 195.5	設定値 200.0	実績値 195.0	設定値 300.0	実績値 262.9	設定値 300.0	実績値 275.7	
浴槽内 平均湯温度 [°C]	最高温度	40.24	39.85	40.20	40.45	40.21	39.80	40.18	40.46
	最低温度		35.85		39.92		35.11		39.79
	温度降下		4.00		0.53		4.70		0.67
湯はり	流量 [L]	188.2		193.8		194.2		194.2	
	熱量 給湯機側 [MJ]	31.98		32.45		32.53		32.50	
	熱量 浴槽側 [MJ]	30.40		30.69		30.37		30.34	
	熱負荷 給湯機側 [MJ]	19.22		19.08		19.10		19.23	
	熱負荷 浴槽側 [MJ]	17.64		17.32		16.94		17.06	
	熱ロス [MJ]	1.58		1.76		2.16		2.16	
	熱ロス比 (熱ロス比)	8.2%		9.2%		11.3%		11.3%	
	平均温度 給湯機側 [°C]	40.60		40.00		40.01		39.98	
	平均温度 浴槽側 [°C]	38.59		37.82		37.36		37.32	
	ΔT	2.01		2.17		2.66		2.66	
追焚	流量 [L]	7.2		16.3	114.5	15.4		15.7	131.8
	熱負荷 給湯機側② [MJ]	0.00		0.59	3.81	0.56		0.59	4.83
	熱負荷 浴槽側③ [MJ]	-0.01		0.53	3.18	0.49		0.52	4.04
	熱ロス [MJ]			0.06	0.62	0.08		0.07	0.79
	熱ロス比			10.3%	16.4%	13.7%		12.4%	16.4%
昇温 [°C]	給湯機側	0.1		8.6	7.9	8.8		9.0	8.8
	浴槽側	-0.5		7.7	6.6	7.6		7.9	7.3
ΔT	0.58		0.89	1.30	1.20		1.12	1.43	
ガス量補正	0.98								
熱負荷合計 (給湯機側)	19.22	0.00	19.67	3.81	19.67	0.00	19.82	4.83	
ガス消費量	24.59	0.00	24.40	5.10	24.32	0.00	24.50	6.36	
効率	78.2%		80.6%	74.6%	80.9%		80.9%	75.9%	
電力 合計	0.05	0.04	0.06	0.15	0.06	0.04	0.06	0.16	
	0.05	0.02	0.06	0.12	0.06	0.02	0.06	0.14	

更新 印刷
前の日 次の日

←温度過小
←温度過小
←熱ロス過大
←過大評価
←温度過小
←過大評価

追焚部分 分析

	温度降下の差分	
	1回目	3回目
ペリチェ放熱 実績値[W]	195.5	262.9
湯張り量[L]	188.2	194.2
温度降下[°C]	4.00	4.70
推定熱負荷[MJ] ①	3.15	3.82
	2回目	4回目
追焚熱負荷[MJ] 給湯機②	3.81	4.83
熱負荷 浴槽側③	3.18	4.04
熱ロス 熱負荷②-推定①	0.65	1.01
熱ロス/追焚熱負荷	20.8%	26.5%

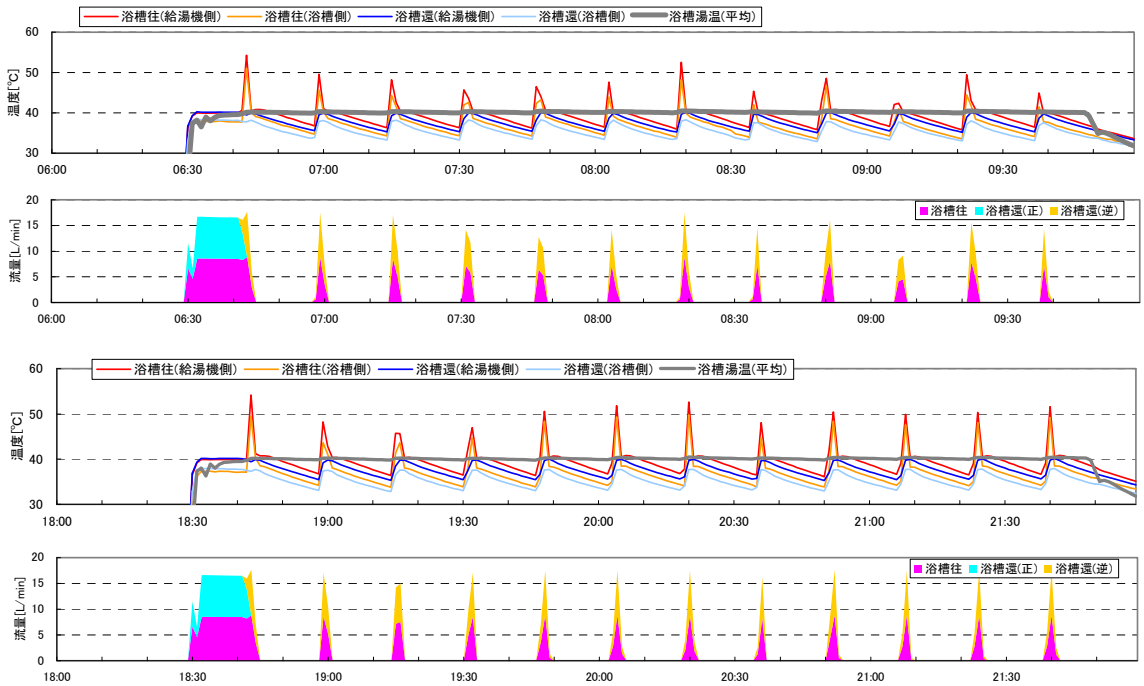


図 3.3.76 浴槽部分の試験結果 (T社従来 中間期条件 ペルチェ冷却 200~300W)

3) 浴槽保温負荷の再現性確認の検証

4機種を3季節の条件で試験した結果より、模擬浴槽の再現性を検証する。なおR社S潜熱・N社従来については、スケジュールの関係より中間期条件でペルチェ素子300Wは省略している。

- 冷却試験における浴槽内の温度降下量は、ペルチェ素子冷却の実績値と極めて高い直線的な相関を示した。これより本模擬浴槽の高い放熱量制御性を確認できた。
- 2台の模擬浴槽のうち、浴槽(L)ではR社W潜熱・R社S潜熱、浴槽(R)ではT社従来型・N社従来型の各2台による試験を行った。同一浴槽で高い再現性が確認でき、さらに浴槽(L)・浴槽(R)の間でもほぼ一致していることから、本浴槽は再現性・同一性において非常に良好であることを確認できた。
- 冷却試験の温度降下と浴槽内湯量と比重・比熱より、保温熱負荷を算出した。前述したように本計測では浴槽側の湯温が正確に計測できなかったため、保温試験において浴槽単体の放熱量を直接計測できていない。そのため、浴槽側の保温熱負荷としてはこの冷却試験の結果より推定した値を用いることとする。
- 保温試験において計測された給湯機側の保温熱負荷は、浴槽単体の熱負荷に配管熱ロスが加算されたものになる。先に推定された浴槽単体の保温熱負荷に対し20~30%程度増加して、おり概ね妥当な値と考えられる。ただし機器による差異が激しく、T社従来のように頻繁に追焚動作を行う機種ではペルチェ素子冷却実績値との相関が高いが、R社W潜熱のように追焚間隔が長い機種では相関が低い結果となっている。

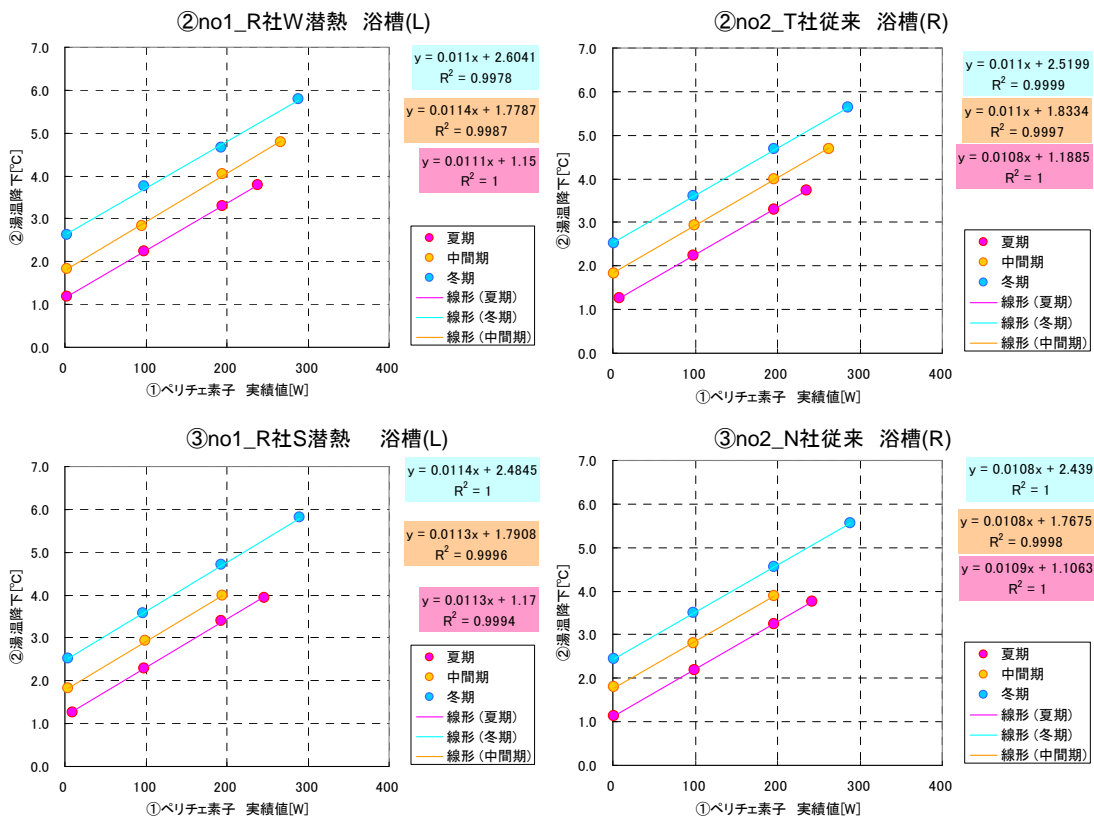


図 3.3.77 冷却試験における浴槽温度降下

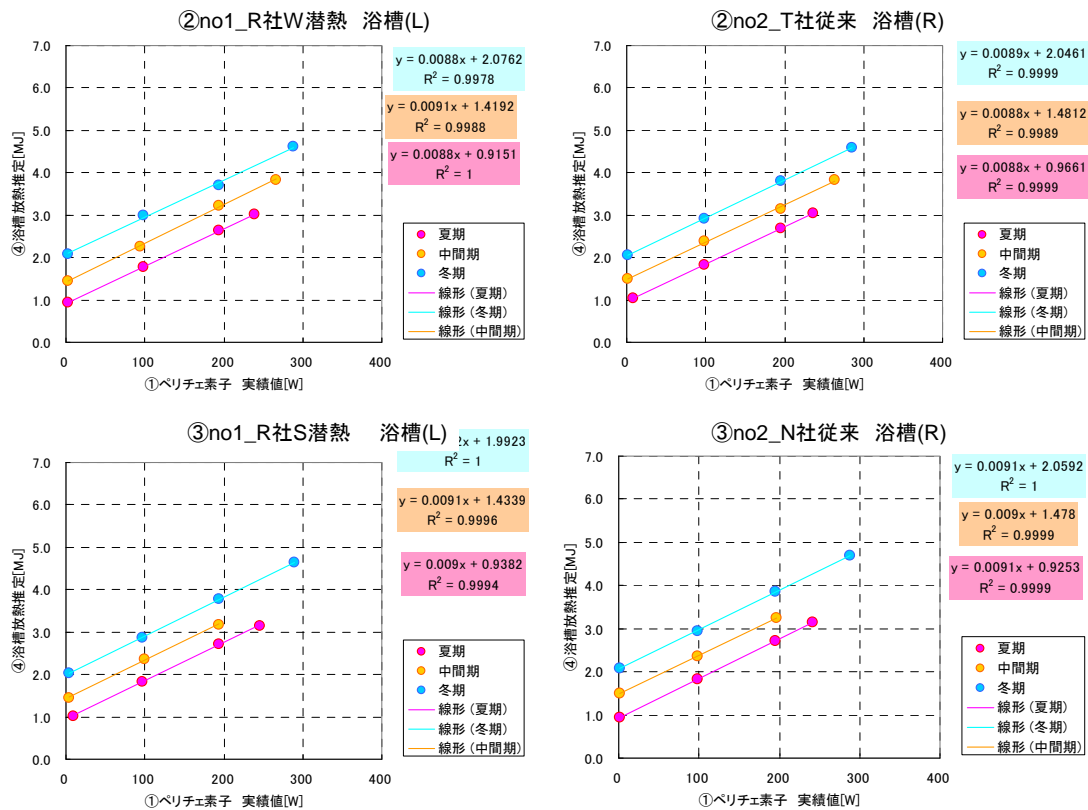


図 3.3.78 冷却試験における浴槽温度降下より推定された浴槽単体の保温熱負荷

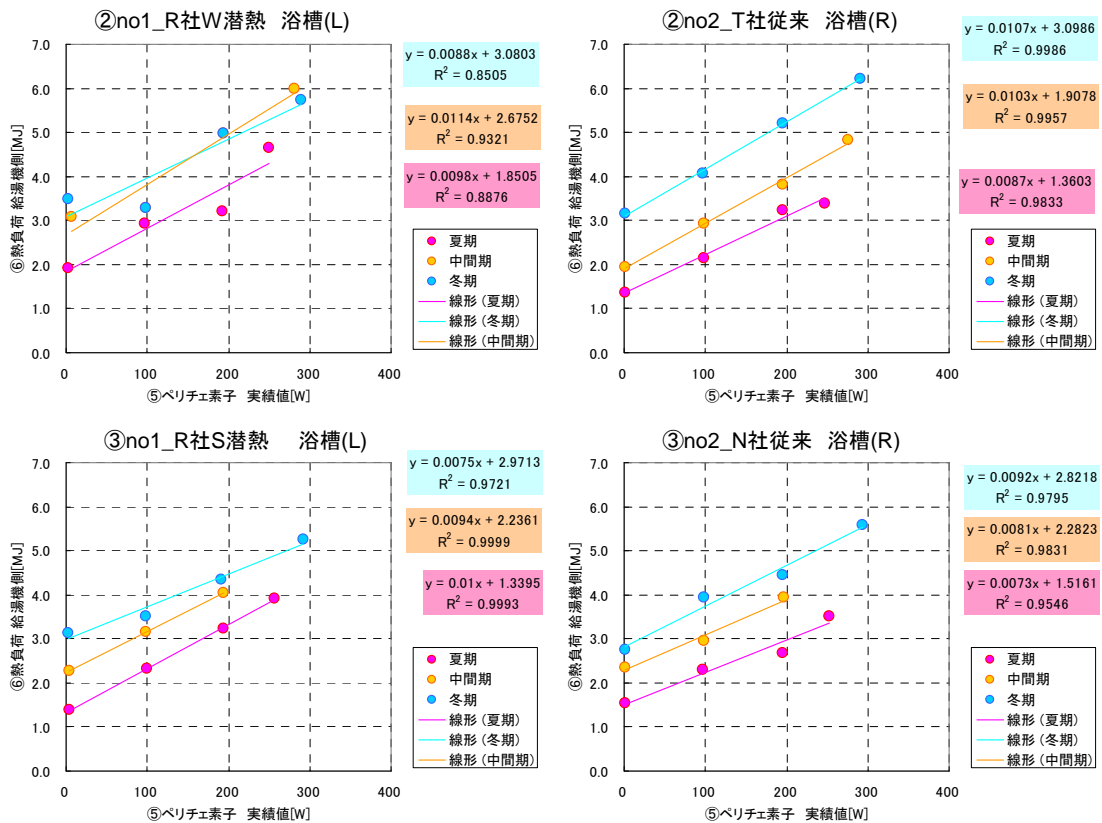


図 3.3.79 保温試験における給湯機側の保温熱負荷(浴槽単体+配管熱ロス)

3.3.5 石油瞬間式給湯機

ガス瞬間式に続き、石油瞬間式についても試験方法を開発する。水栓・浴槽部分の負荷再現についてはガス瞬間式と同様である。

(1) 石油瞬間式給湯機に関する効率試験方法の開発

1) 試験条件の概要

以下の条件より、石油瞬間式の試験を実施した(図 3.3.80～図 3.3.85)。

- ・ 試験条件の多くはガス瞬間式に準じる。給湯消費の水栓部分と浴槽部分は回路が別になっていることから、水栓試験と浴槽試験を別々に実施することとした。
- ・ 水栓試験については M1スタンダード 6 日 + JIS51 モード 1 日の計 7 日とする。停止間隔は 2 時間に圧縮することで全 4～5 日程度で終了する。
- ・ 浴槽試験については、ペルチェ素子冷却を 0/100/200/300W の 4 段階、冷却と保温を交互に繰り返す計 8 回を、3 季節ごとに実施する。
- ・ 液体燃料であることから、重量を直接計測することが最も高精度であるとして、高精度の天秤(表示単位 0.1g 標準偏差 0.1g)を用い、計測 PC と直接デジタル信号でやり取りすることで、0.1g 単位での詳細な計測を行なっている。これにより、従来は困難であった出湯ごとの効率算出が可能である。
- ・ 模擬浴槽との接続配管は、内径はメーカー指定の 10mm、長さはガスと同じ 4.5m とした。



図 3.3.80 石油重量の計測状況

石油給湯機 実験概要

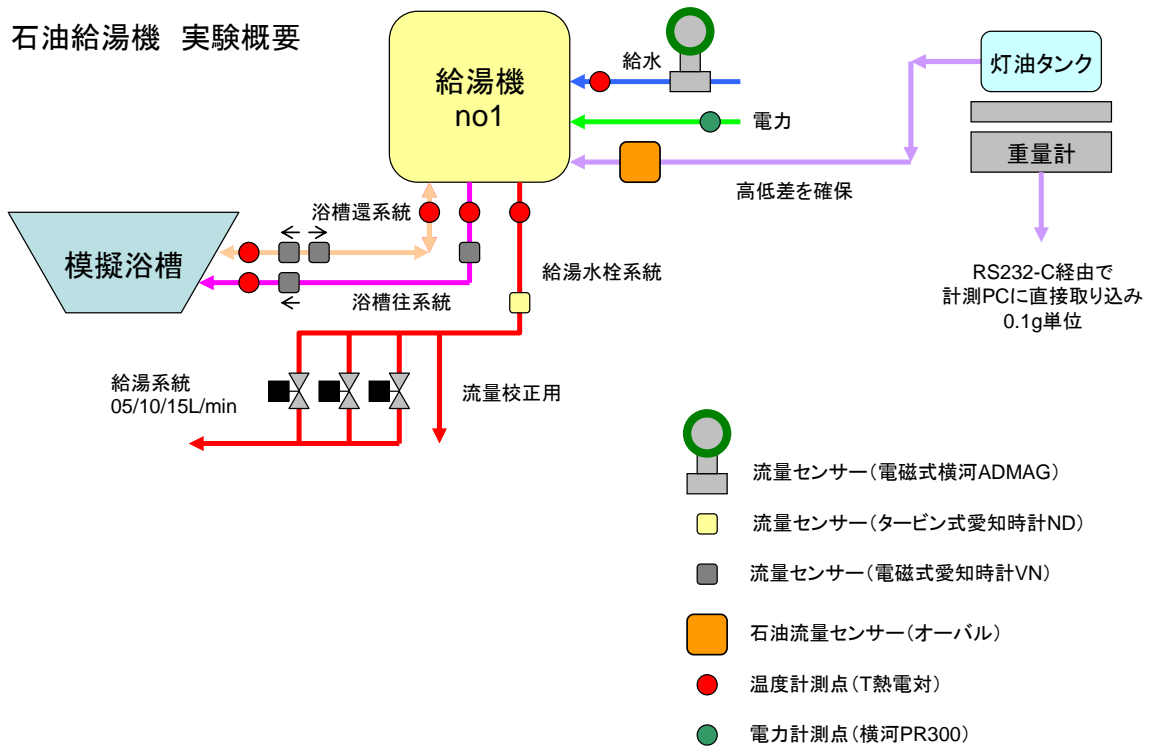


図 3.3.81 石油瞬間式の計測システム



図 3.3.82 石油瞬間式の計測プログラム

2) 試験対象機種の概要

計測対象として、潜熱回収型1台・従来型の計測を行った。

潜熱回収型

機名	石油給湯機付ふろがま
燃焼方式	圧力燃焼式
給排気方式	壁外用開放形
給水方式	水道直結式
加熱形態	瞬間形
加熱方式	2缶2水路式
循環方式	強制循環式
型式の呼び	OTG-C4703AYS (OTG-C4703AYS)
使用燃料	灯油(LIS1号灯油)
燃料消費量	49.0 kW (4.8 L/h)
連続給湯出力	46.5 kW
連続給湯効率	95.0 %
使用圧力	1 MPa 以下
給湯用貯水タンク容量	1.63 L
電源電圧	AC 100 V
周波数	50/60 Hz
定格消費電力	絶滅 ふろ 同時使用
(W) 風呂時	80 / 77 155 / 175 160 / 180
燃焼時	87 / 83 140 / 160 160 / 180
排気温度	260℃ 以下

連続給湯効率 95.0%

従来型

機名	石油給湯機付ふろがま
燃焼方式	圧力燃焼式
給排気方式	壁外用開放形
給水方式	水道直結式
加熱形態	瞬間形
加熱方式	2缶2水路式
循環方式	強制循環式
型式の呼び	OTG-4701AY
使用燃料	灯油(LIS1号灯油)
燃料消費量	54.1 kW (5.3 L/h)
連続給湯出力	46.5 kW
連続給湯効率	86.5 %
使用圧力	1 MPa 以下
給湯用貯水タンク容量	1.0 L
電源電圧	AC 100 V
周波数	50/60 Hz
定格消費電力	絶滅 ふろ 同時使用
(W) 風呂時	85 / 80 145 / 165 165 / 185
燃焼時	95 / 90 130 / 150 160 / 180
排気温度	260℃ 以下

連続給湯効率 86.5%

図 3.3.83 試験対象の石油瞬間式給湯機

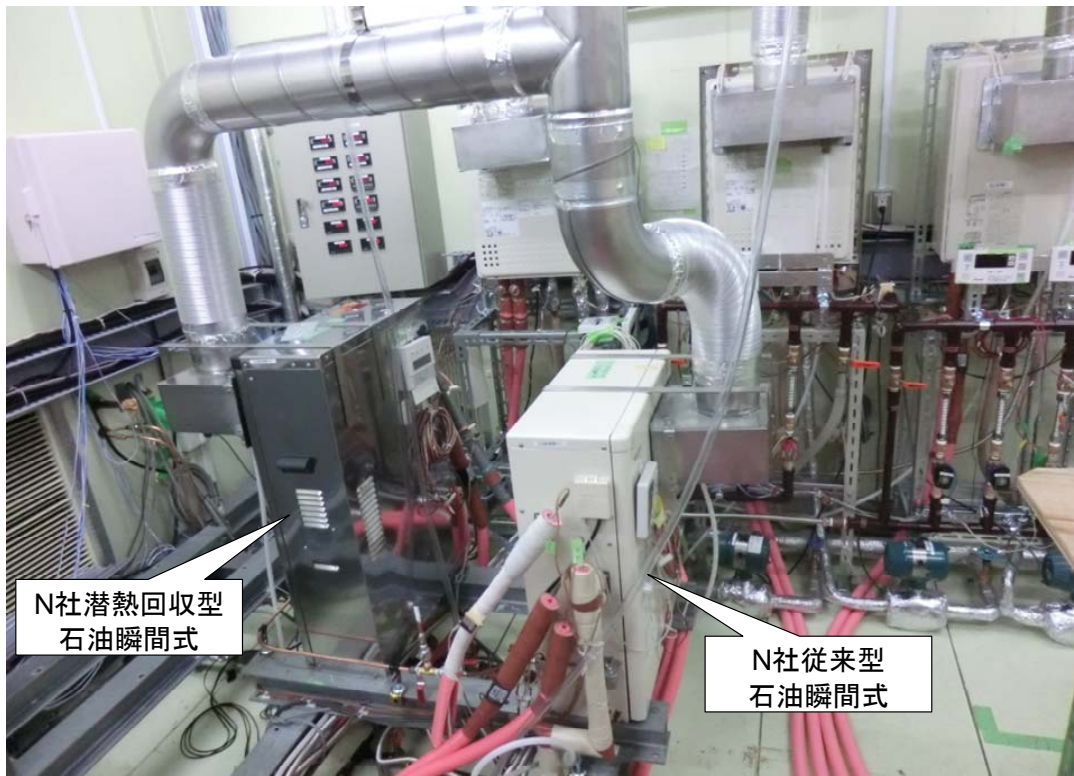
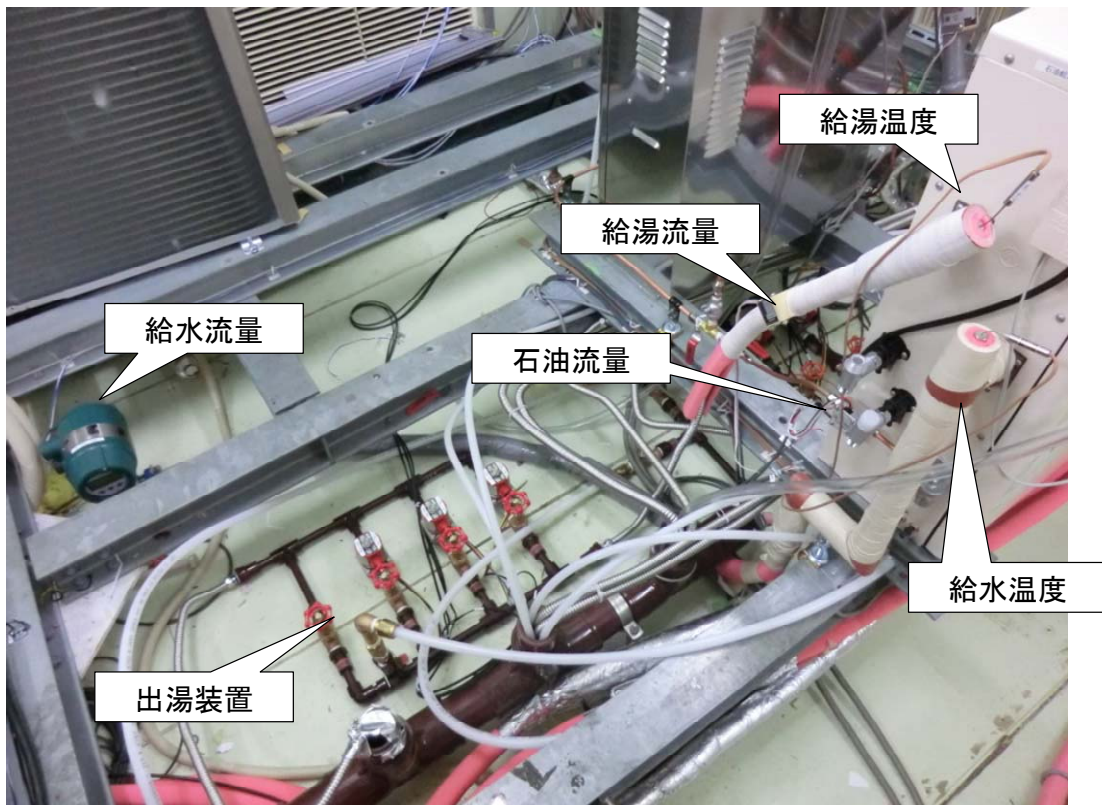


図 3.3.84 石油瞬間式石油給湯機の設置状況



N 社従来型石油瞬間式の計測ポイント

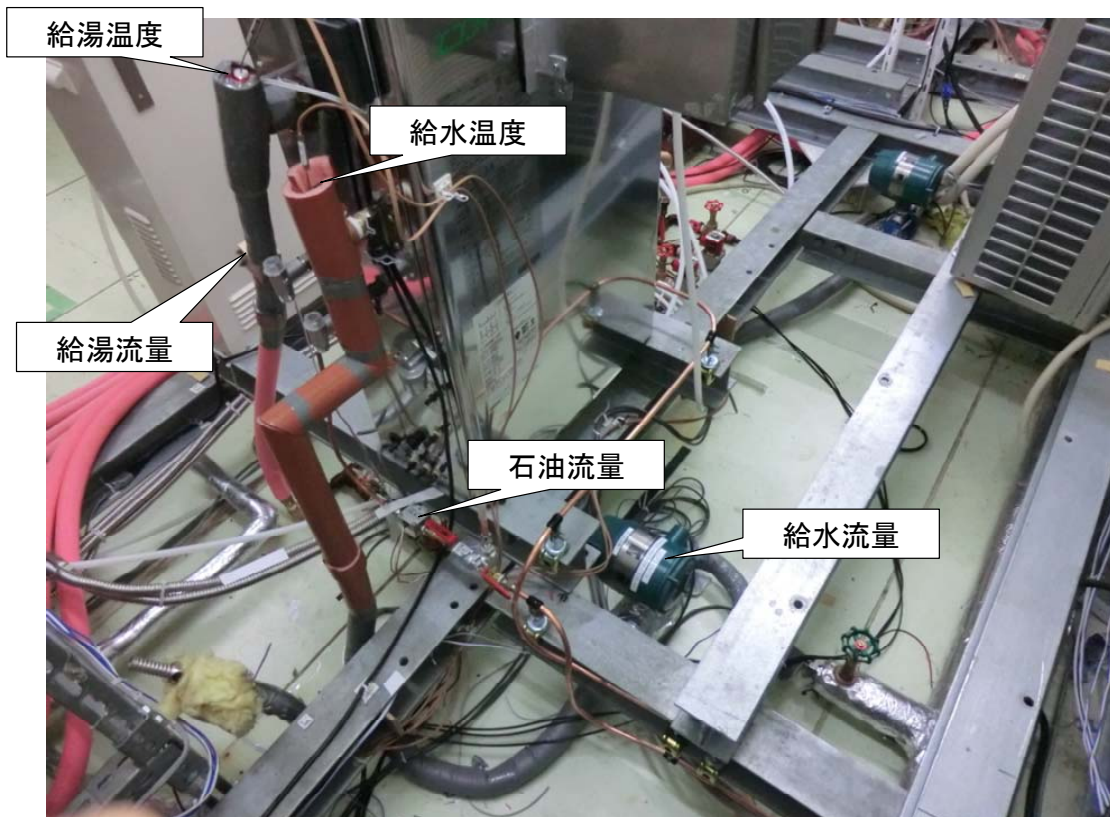


図 3.3.85 N 社潜熱回収型石油瞬間式の計測ポイント

(2) 水栓負荷に関する効率試験

石油瞬間式の水栓負荷の効率試験より、N 社従来型 中間期条件で 7 日実施した内から、平日(中)と JIS51 モードの結果を分析する。

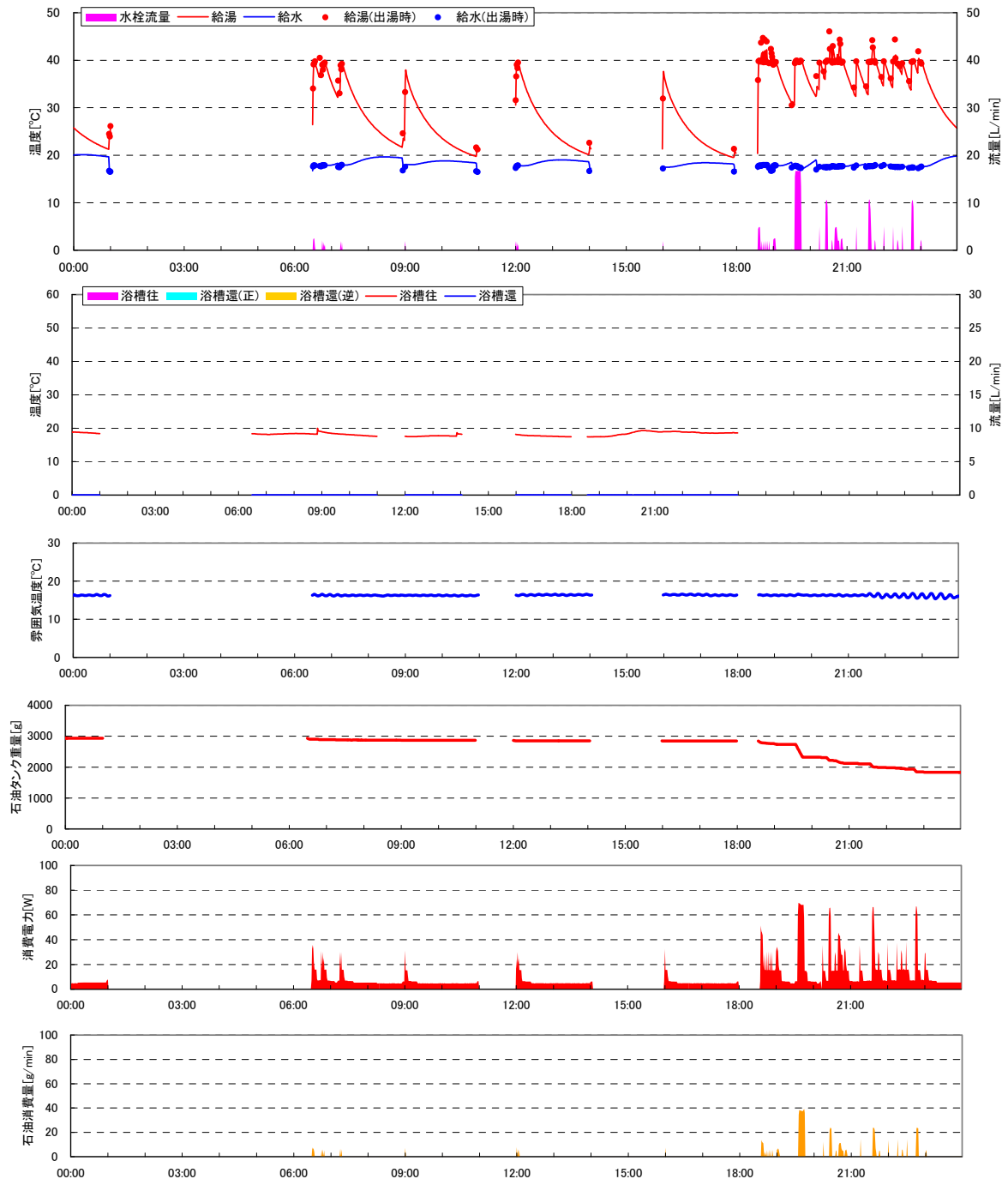
- ・ 石油熱量による効率は、全行為平均で平日(中)では 81.6%、JIS51 モードでは 82.8%となっており、連続給湯効率 86.5%からの低下はほぼ同等である。
- ・ 平日(中)における用途ごと(流量区分)の効率では、台所洗面が 71.2%・シャワーが 84.4%・浴槽湯はり(水栓落とし込み)が 87.1%となっており、流量が大きく継続時間が長い用途において効率が高くなる傾向がある。

(3) 浴槽負荷に関する効率試験

石油瞬間式の浴槽部分効率試験より、N 社従来型 中間期条件で2日実施した結果を分析する。

- ・ 自動湯はりの開始・自動保温の解除または継続・ペリチェ素子による冷却制御・排水等の制御は全て良好に行われていた。
- ・ 湯はり時の効率は、87%～88程度で比較的高い結果となった。
- ・ 本試験機種においては、保温試験時において頻繁に浴槽内湯温の確認・追焚を行っており、浴槽内湯温はほぼ一定に保たれていた。その一方で、追焚のたびに燃焼発停を繰り返すことから、保温時の効率は60%程度と低くなった。

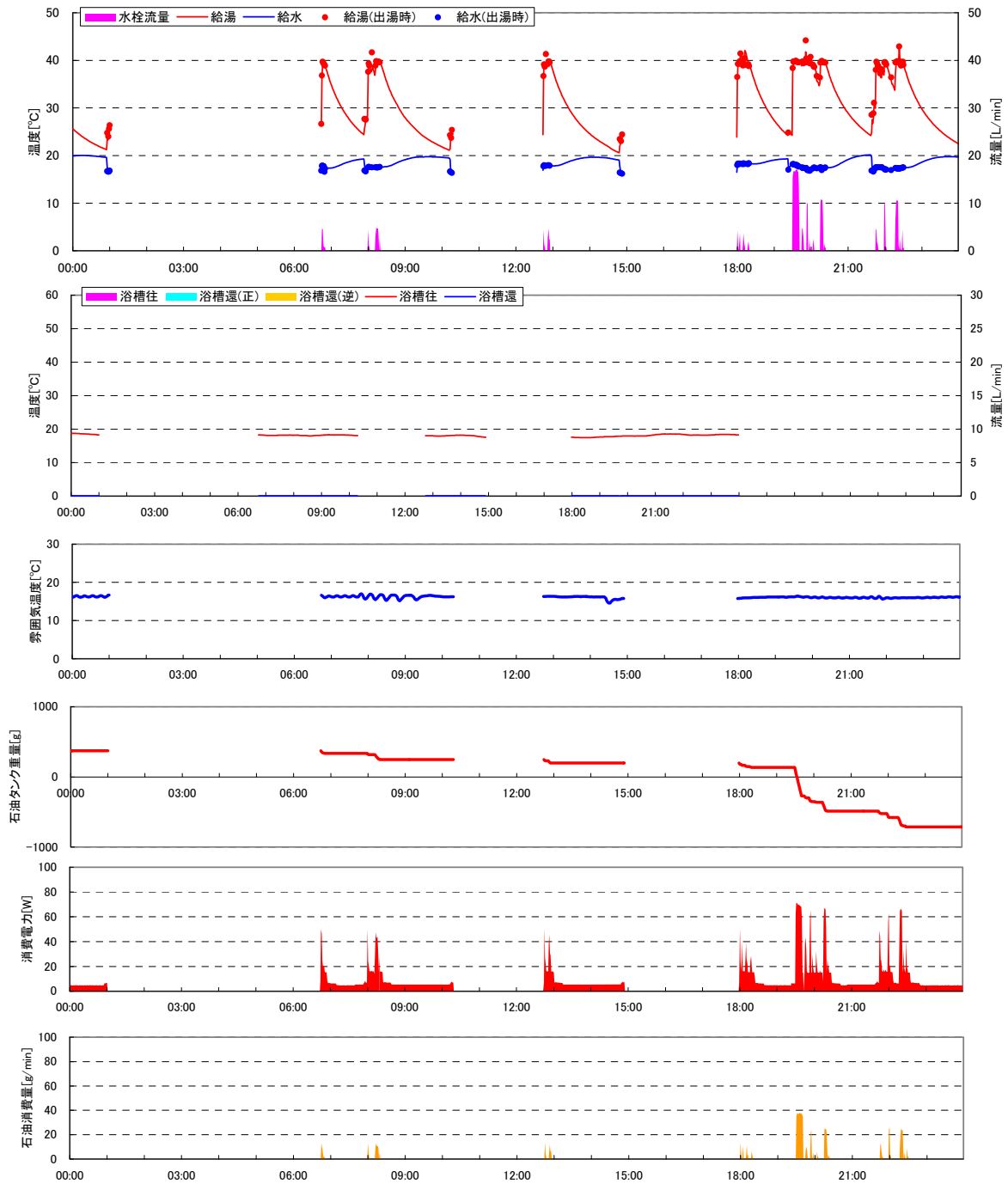
以上の結果より、3.3.3 のガス瞬間式と本項の石油瞬間式について、水栓部分と浴槽部分の負荷を実使用に即して高度に再現し効率の詳細な検証を行う本手法の有効性を検証することができた。今後は試験対象の機種数を充実させ、その挙動の共通部分と機器固有部分を整理していくことが求められる。また本手法では、水栓部分・浴槽部分を個別に試験し、かつ停止間隔を圧縮するなどすることで1季節について水栓 5 日・浴槽 2 日にまで時間を圧縮しているが、機種数の拡張や他試験室での実施を考えるとより短い期間で簡便に実施できる試験方法も必要となるであろう。



平均雰囲気 16.3 [°C] 石油 46.5kJ/g換算 補正前 0.54

	給湯量 [L/日]		給水		給湯		熱負荷 [MJ/日]				石油		電力(補正済)[MJ]		全エネ	効率		
	水栓	浴槽	熱量[MJ]	温度[°C]	熱量[MJ]	温度[°C]	水栓	浴槽	追焚	合計	量[g]	熱量[MJ]	合計(2次)	除浴槽		1次	石油のみ	全1次
合計	454.2	0.0	454.2	33.5	17.6	75.0	39.5	41.6	0.0	0.0	41.6	1098.8	51.0	0.60	0.55	52.6	81.6%	79.1%
台所洗面	118.7		118.7	8.8	17.7	19.3	38.9	10.6	0.0	0.0	10.6	319.4	14.8				71.2%	
シャワー	155.6		155.6	11.4	17.6	25.8	39.6	14.3			14.3	366.4	17.0				84.4%	
湯はり	179.9		179.9	13.2	17.6	29.9	39.7	16.7			16.7	413.0	19.2	0.04			87.1%	
設定	450.0																	
						重量計[g]	初期値	2933.0	最終値	1834.2	灯油熱量	46.39	[kJ/kg]					

図 3.3.86 水栓部分の試験状況 (N社従来 中間期条件 平日中)



平均雰囲気 16.1 [°C] 石油 46.5kJ/g換算 補正前 0.48

	給湯量 [L/日]		給水		給湯		熱負荷 [MJ/日]				石油		電力(補正済)[MJ]		全エネ 1次	効率	
	水栓	浴槽	熱量[MJ]	温度[°C]	熱量[MJ]	温度[°C]	水栓	浴槽	追焚	合計	量[g]	熱量[MJ]	合計(2次)	除浴槽		石油のみ	全1次
合計	458.5	0.0	458.5	33.9 17.7	75.7	39.4	41.8	0.0	0.0	41.8	1087.1	50.4	0.58	0.54	52.0	82.8%	80.3%
台所洗面	134.7		134.7	10.0 17.7	22.1	39.1	12.1	0.0	0.0	12.1	341.2	15.8					76.4%
シャワー	143.7		143.7	10.4 17.2	23.8	39.5	13.4			13.4	339.7	15.8					85.0%
湯はり	180.1		180.1	13.6 18.0	29.9	39.6	16.3			16.3	406.2	18.8	0.04				86.4%
設定	454.0																
					重量計[g]	初期値	373.7	最終値	-713.4	灯油熱量	46.39 [kJ/kg]						

図 3.3.87 水栓部分の試験状況 (N社従来 中間期条件 JIS51 モード)

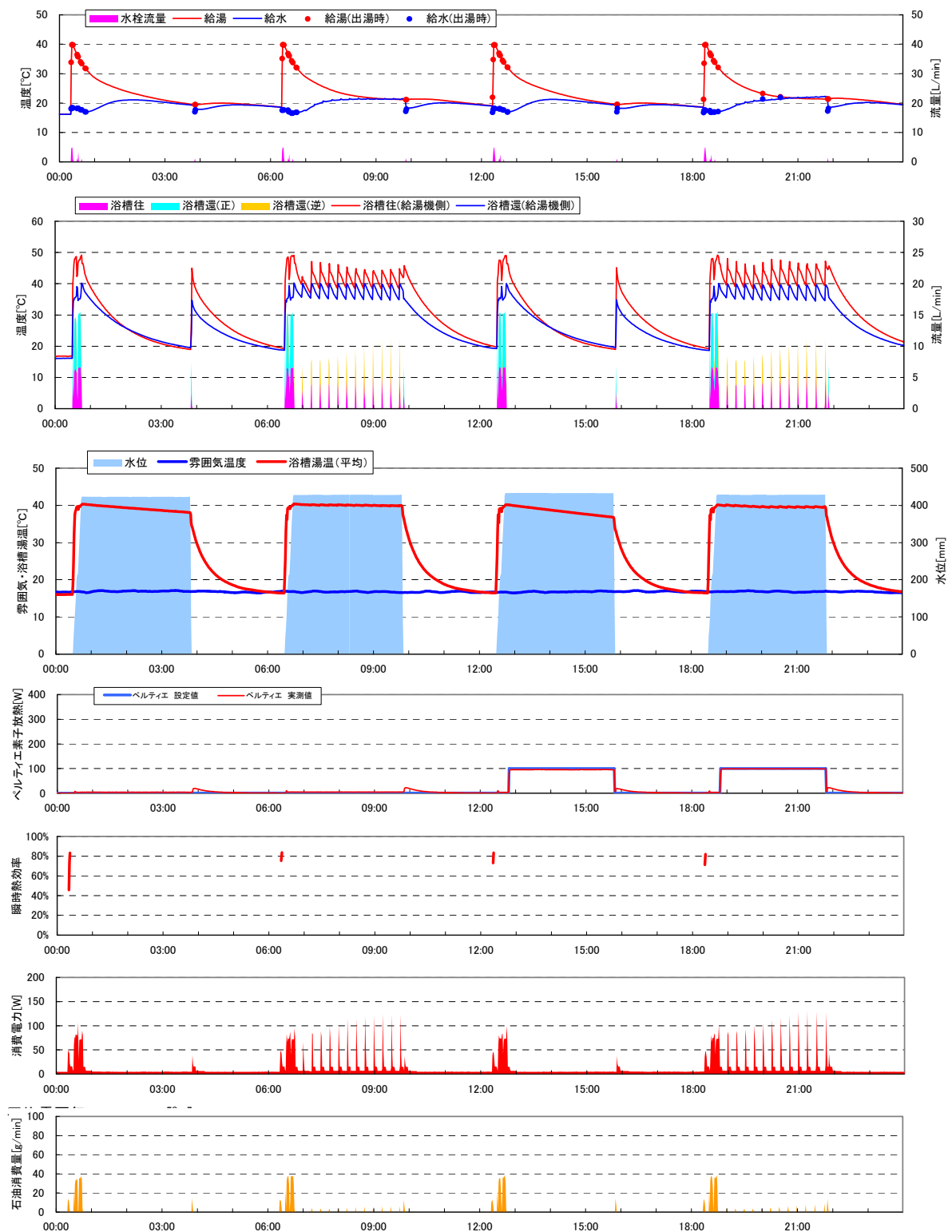


図 3.3.88 浴槽部分の試験状況 (N社従来 中間期条件 ペルチエ冷却 0~100W)
 ペルチエの冷却は 1回目・2回目は 0W 3回目・4回目は 100W
 1回目・3回目は冷却試験 2回目・4回目は保温試験

①no1.N社従来 中間期 12/02/20 1日目									
データOK!									
		自動保温なし 1回目 湯はり 保温		自動保温あり 2回目 湯はり 保温		自動保温なし 3回目 湯はり 保温		自動保温あり 4回目 湯はり 保温	
開始時間		0:30	1:00	6:30	7:00	12:30	13:00	18:30	19:00
終了時間		0:59	3:49	6:59	9:49	12:59	15:49	18:59	21:49
雰囲気温度[°C]		16.9	17.1	16.9	17.0	16.7	17.0	16.8	17.1
ペルチエ素子	設定値		1.0		1.0		100.0		100.0
	実績値		3.8		4.6		95.7		99.1
浴槽内 平均湯温度	最高温度	40.36	40.12	40.40	40.23	40.20	39.92	40.14	40.13
	最低温度		38.09		39.82		36.82		39.42
	温度降下		2.03		0.41		3.10		0.70
湯はり	流量 [L]	168.0		169.6		172.1		170.3	
	熱量 給湯機側 [MJ]	28.38		28.71		28.94		28.61	
	浴槽側 [MJ]	27.45		27.55		27.67		27.30	
	熱負荷 給湯機側 [MJ]	16.16		17.00		16.51		16.62	
	浴槽側 [MJ]	14.97		15.64		15.02		15.13	
	熱ロス (熱ロス比)	1.19		1.36		1.48		1.48	
		7.4%		8.0%		9.0%		8.9%	
	平均温度 給湯機側 [°C]	40.35		40.42		40.18		40.14	
	浴槽側 [°C]	39.04		38.79		38.41		38.31	
	ΔT	1.31		1.63		1.77		1.83	
追焚	流量 [L]	12.8		12.7	86.0	12.7		12.8	94.5
	熱負荷 給湯機側 [MJ]	0.36		0.35	1.80	0.34		0.37	2.68
	浴槽側 [MJ]	0.32		0.33	1.60	0.32		0.34	2.52
	熱ロス [MJ]	0.03		0.03	0.20	0.02		0.03	0.16
	熱ロス比	9.5%		7.6%	11.3%	5.9%		8.4%	5.8%
	昇温 給湯機側 [°C]	6.7		6.6	5.0	6.5		6.8	6.8
	浴槽側 [°C]	6.1		6.1	4.4	6.1		6.3	6.4
	ΔT	0.64		0.50	0.57	0.38		0.57	0.39
ガス量補正	0.99								
熱負荷合計(給湯機側) [MJ]		16.52	0.00	17.35	1.80	16.85	0.00	16.99	2.68
石油熱量 [MJ]		18.76	0.17	19.87	3.21	19.23	0.13	19.42	4.23
効率		88.1%	0.0%	87.3%	56.1%	87.6%	0.0%	87.5%	63.2%
電力 合計		0.08	0.05	0.08	0.20	0.08	0.05	0.08	0.21
	除待機電力(2W)	0.08	0.03	0.07	0.18	0.07	0.03	0.07	0.19

更新 印刷
前の日 次の日

←温度過小
←温度過小
←熱ロス過大
←過大評価
←温度過小
←過大評価

追焚部分 分析

	温度降下の差分	
	1回目	3回目
ペリチエ放熱 実績値[W]	3.8	95.7
湯張り量[L]	168.0	172.1
温度降下[°C]	2.0	3.1
推定熱ロス[MJ]①	1.43	2.23
	2回目	4回目
追焚熱負荷[MJ] 給湯機側	1.80	2.68
浴槽側②	1.60	2.52
残差 熱負荷②-推定熱ロス①	0.17	0.29
残差/追焚熱負荷	10.6%	11.5%

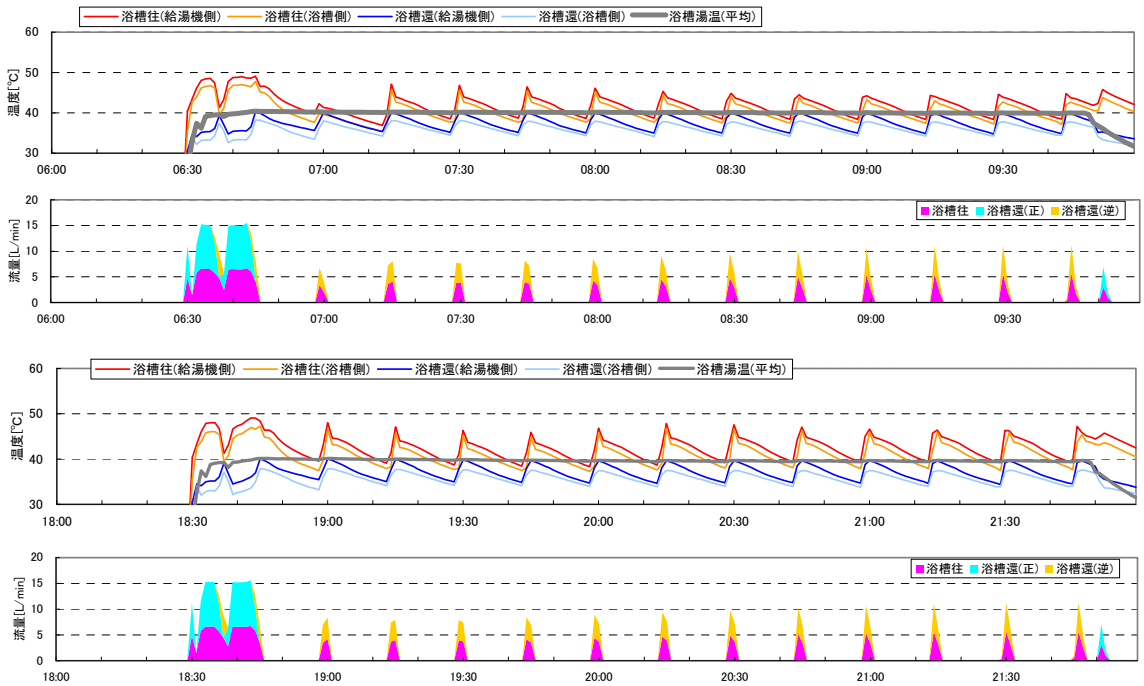


図 3.3.89 浴槽部分の試験結果 (T社従来 中間期条件 ペルチエ冷却 0~100W)

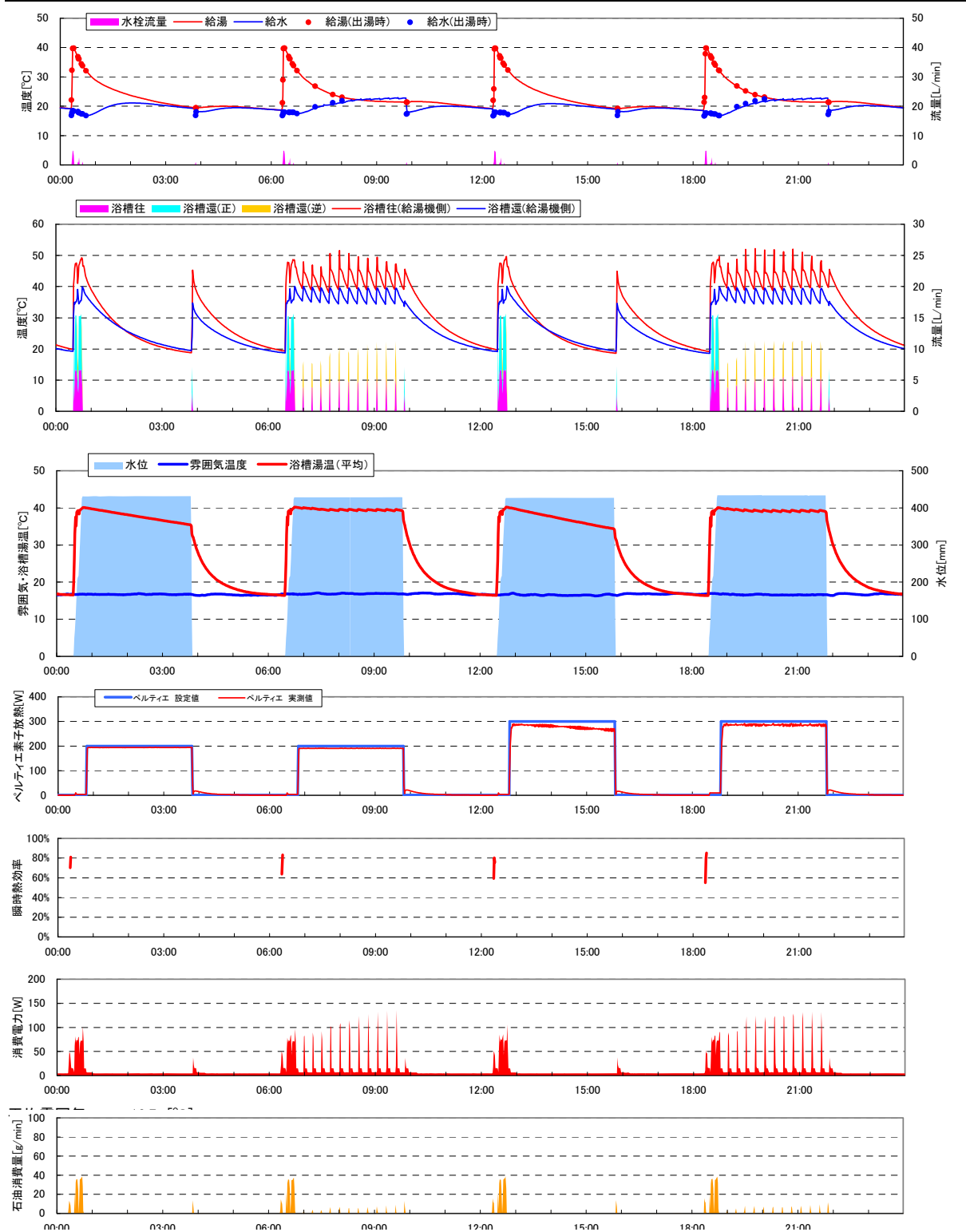


図 3.3.90 浴槽部分の試験状況 (T社従来 中間期条件 ペルチエ冷却 200~300W)

ペルチエの冷却は 1回目・2回目は 200W 3回目・4回目は 300W

1回目・3回目は冷却試験 2回目・4回目は保温試験

データOK!

	自動保温なし 1回目		自動保温あり 2回目		自動保温なし 3回目		自動保温あり 4回目	
	湯はり	保温	湯はり	保温	湯はり	保温	湯はり	保温
開始時間	0:30	1:00	6:30	7:00	12:30	13:00	18:30	19:00
終了時間	0:59	3:49	6:59	9:49	12:59	15:49	18:59	21:49
雰囲気温度[°C]	16.8	16.9	16.9	17.1	17.0	16.8	17.0	16.8
ペルチエ素子 [W]	設定値 200.0	実績値 194.1	200.0	190.8	300.0	277.0	300.0	285.6
浴槽内 平均湯温度 [°C]	40.11	39.73	40.21	40.08	40.20	39.75	40.07	39.84
最高温度		35.43		39.23		34.34		38.92
最低温度		4.30		0.85		5.41		0.92
温度降下								
湯はり 流量 [L]	171.0		169.9		169.2		172.4	
熱量 給湯機側 [MJ]	28.66		28.61		28.53		28.90	
浴槽側 [MJ]	27.52		27.65		27.43		27.86	
熱負荷 給湯機側 [MJ]	16.46		16.13		16.19		16.66	
浴槽側 [MJ]	15.12		14.88		14.82		15.35	
熱ロス [MJ]	1.35		1.26		1.37		1.32	
(熱ロス比)	8.2%		7.8%		8.5%		7.9%	
平均温度 給湯機側 [°C]	40.05		40.23		40.29		40.05	
浴槽側 [°C]	38.46		38.87		38.73		38.60	
ΔT	1.59		1.36		1.56		1.45	
追焚 流量 [L]	13.2		12.7	94.8	12.7		12.7	110.7
熱負荷 給湯機側 [MJ]	0.38		0.35	3.15	0.34		0.36	4.10
浴槽側 [MJ]	0.34		0.32	3.14	0.32		0.35	4.09
熱ロス [MJ]	0.04		0.03	0.01	0.02		0.01	0.02
熱ロス比	10.1%		9.8%	0.2%	7.0%		3.5%	0.4%
昇温 給湯機側 [°C]	6.9		6.6	7.9	6.5		6.8	8.9
浴槽側 [°C]	6.2		5.9	7.9	6.0		6.6	8.8
ΔT	0.70		0.64	0.01	0.45		0.24	0.04
ガス量補正	0.99							
熱負荷合計(給湯機側) [MJ]	16.85	0.00	16.48	3.15	16.53	0.00	17.03	4.10
石油熱量 [MJ]	19.28	0.15	18.86	4.83	18.90	0.09	19.43	5.86
効率	87.4%	0.0%	87.4%	65.2%	87.4%	0.0%	87.6%	70.1%
電力 合計	0.08	0.05	0.08	0.21	0.08	0.05	0.08	0.23
除待機電力(2W)	0.07	0.03	0.07	0.19	0.07	0.03	0.07	0.21

更新 印刷
前の日 次の日

←温度過小
←温度過小
←熱ロス過大
←過大評価
←温度過小
←過大評価

追炊部分 分析

	温度降下の差分	
	1回目	3回目
ペリチエ放熱 実績値[W]	194.1	277.0
湯張り量[L]	171.0	169.2
温度降下[°C]	4.3	5.4
推定熱ロス[MJ] ①	3.08	3.83
	2回目	4回目
追焚熱負荷[MJ] 給湯機側	3.15	4.10
浴槽側②	3.14	4.09
残差 熱負荷②-推定熱ロス①	0.07	0.25
残差/追焚熱負荷	2.1%	6.2%

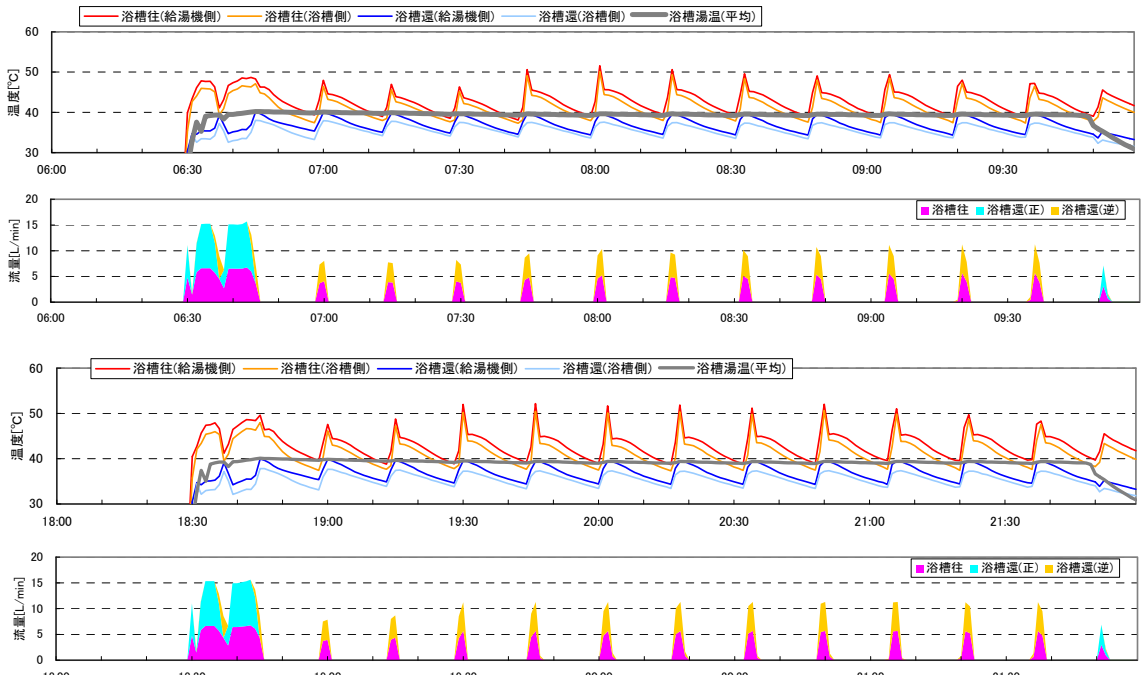


図 3.3.91 浴槽部分の試験結果 (T社従来 中間期条件 ペルチエ冷却 200~300W)

3.3.6 ヒートポンプ給湯機

ヒートポンプ式給湯機については、ガス瞬間式・石油瞬間式と異なり、1つの貯湯タンクの給湯を水栓給湯と浴槽追焚の両方に用いるため、水栓部分と浴槽部分の負荷を同時にあたえながら試験する必要がある。以下では、ヒートポンプ給湯機の試験方法と試行結果を示す。

(1) フルオート機種に関する効率評価方法の開発

1) 試験概要

- ヒートポンプ式給湯機については、模擬浴槽に接続した上で、水栓からの出湯と併せ浴槽の自動湯はり・保温の負荷を同時にかけることとする。
- ヒートポンプ式給湯機は学習による沸上量制御機能を有しており、消費の履歴により沸上量・温度のレベルを変更している。このため試験は学習期間を含める必要があるため、M1スタンダード31日の全期間に渡り試験を実施する。はじめの1～19日は学習期間として、効率評価は20～31日の12日間を用いることとする。
- 試験時間の圧縮はせず、すべて実時間で制御する。
- 浴槽の保温熱負荷はガス・石油のように変化させることはせず、浴槽入浴を行う日には毎日同じ負荷がかかるように設定する。冬期については、浴槽単体の放熱量が設定の3.48MJになるよう、ガス瞬間式での試験結果を元に175Wのペリチェ放熱量を与えることとした。
- ヒートポンプの効率特性を考慮し、雰囲気の乾球温度だけでなく湿度条件についても高度に計測・制御するように配慮した。消費電力についても高精度電力計の値をデジタル値で直接計測PCに取り込むこととした。
- 浴槽配管の口径はメーカー指定の内径13mmとし、配管長はガス・石油と共通の4.5mとした。

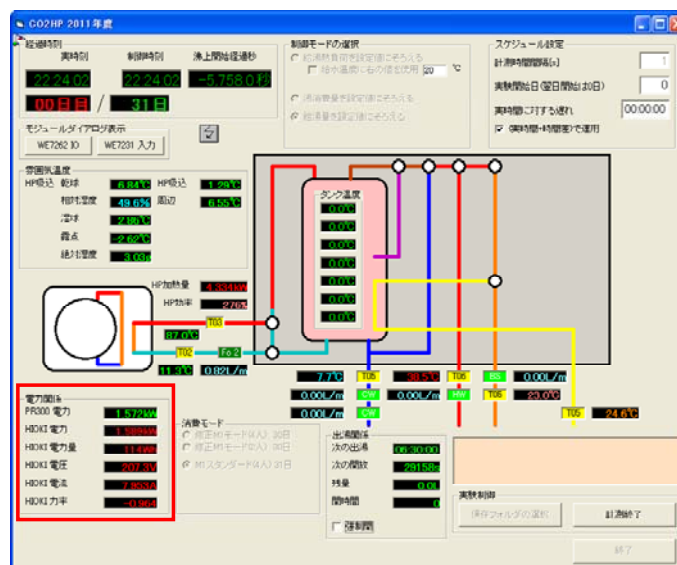


図 3.3.92 ヒートポンプ式給湯機の計測プログラム

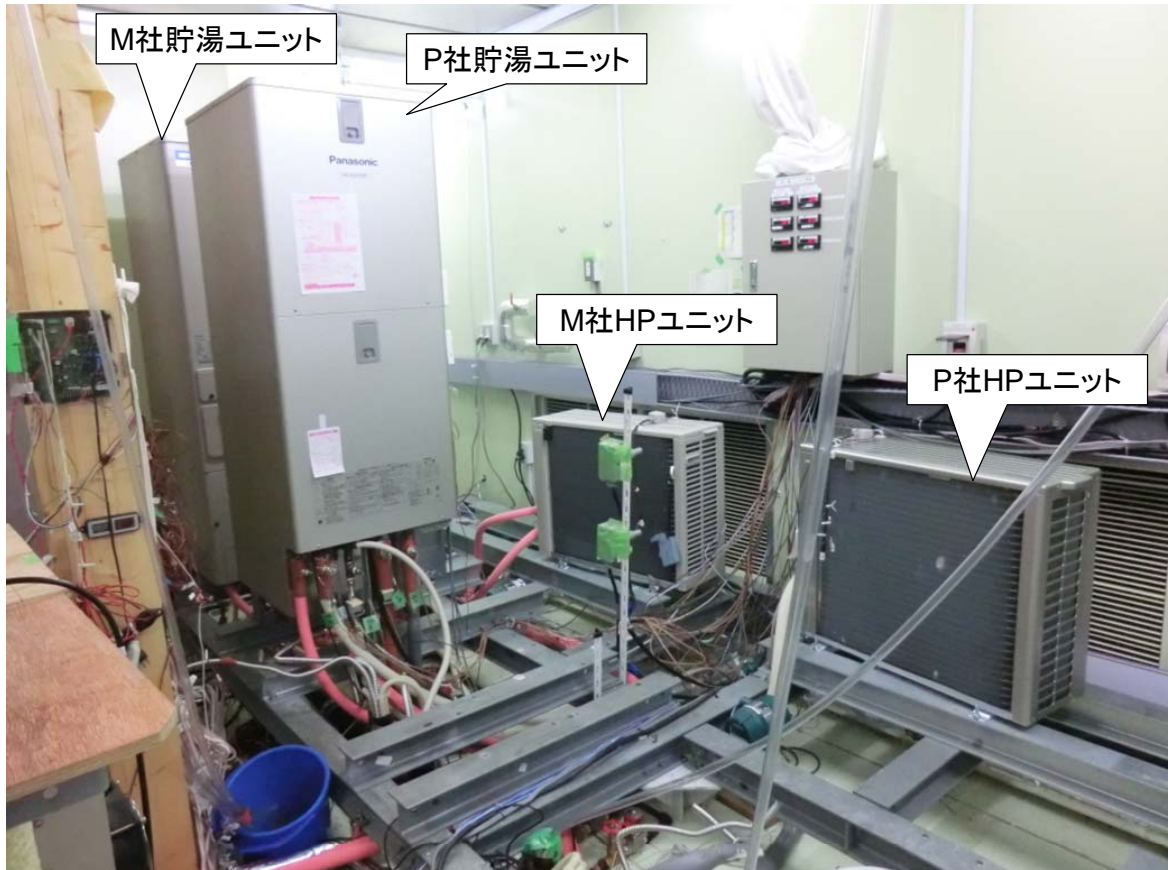


図 3.3.93 ヒートポンプ式給湯機の試験状況

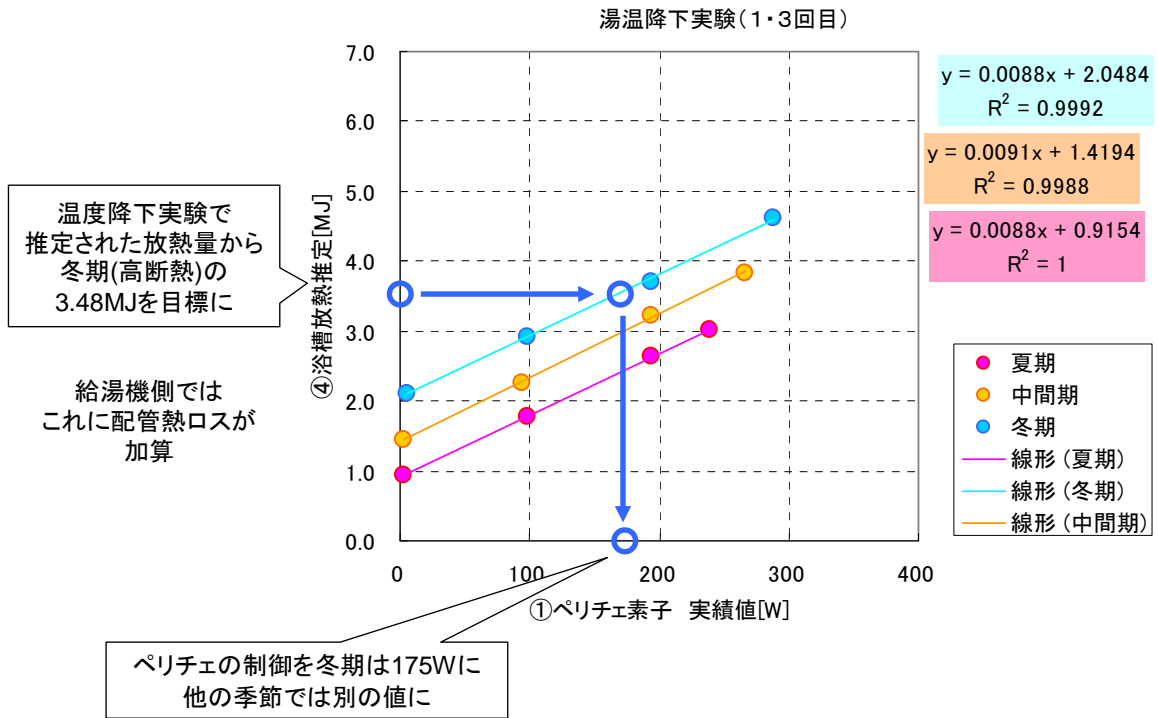


図 3.3.94 模擬浴槽のペリチェ冷却設定値(冬期条件)

高精度電力計



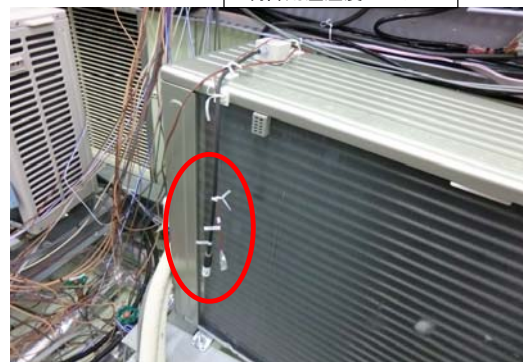
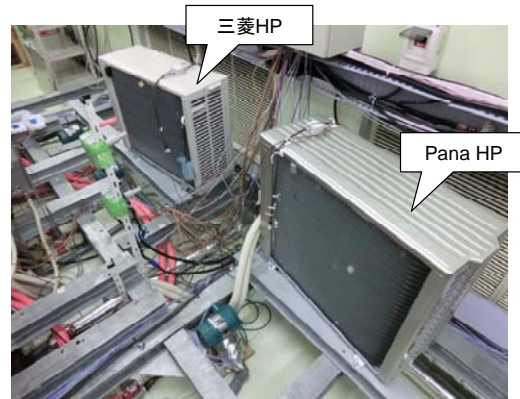
給水流量センサーの校正



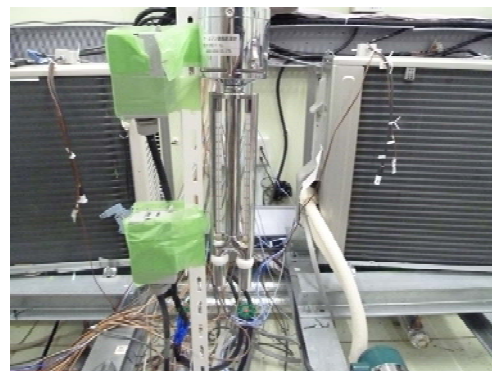
図 3.3.95 電力計測と給水流量センサーの校正



人工環境実験室の
制御用温湿度センサー



HP吸い込み空気の乾球温度・湿度計測



アスマン乾湿計による湿度確認

図 3.3.96 人工環境実験室の温湿度制御と雰囲気温度の計測状況

2) 試験対象機器

2011 年度時点で年間給湯保温効率が最も高い機種と低い機種の 2 機種を選択した。



図 3.3.97 試験対象機器 A 社 2011 年モデル(年間給湯保温効率 3.2)

運転音	貯湯ユニット(追いだき時)	40dB
中間期標準加熱能力/消費電力 ^{※2,※3}		4.5kW/1.01kW
中間期標準運転電流 ^{※3}		5.5A
冬期高温加熱能力/消費電力 ^{※1,※2,※4}		4.5kW/1.50kW
コンプレッサ出力		1.1kW
ファンモーター出力		0.050kW
冷媒名/封入量		CO ₂ (R744)/0.81kg
設計圧力		高圧:14MPa/低圧:8.5MPa
消費電力	風呂保温時(うち制御用消費電力)	0.116kW(0.005kW)
	凍結防止ヒータ	0.036kW
最大電流		16A
沸上げ温度範囲		約65℃~約90℃
冬期高温沸上げ温度		90℃
曇霧期高温沸上げ温度		90℃
給湯設定温度		35℃~48℃(1℃刻み)、50℃、60℃
風呂保温温度設定		35℃~48℃(1℃刻み)
水側最高使用圧力		193kPa(過し弁圧力)
過常使用圧力		170kPa(減圧弁圧力)
安全装置		電流動作形漏電遮断器、圧力保護弁
給水器具認証番号		W009-20020-100

図 3.3.98 試験対象機器 B 社 2011 年モデル(年間給湯保温効率 2.8)

3) 試験結果

本試験における雰囲気条件・負荷の再現状況について、B社2011年モデルの冬期条件における試験結果から検証する。なお5日目までは計測データの一部に欠測が見られたが、制御自体は正常に行われている。また、給湯・浴槽の設定温度はすべて40℃である。

- ・ 雰囲気温度の乾球温度は、冬期条件の7℃がHP稼動時も含めて維持されていた。湿度条件(湿球温度)は冬期条件では6℃であり、前半は5℃程度とやや乾燥気味であったが空調機の制御改善により後半では約6℃に達しており良好に制御されていた。
- ・ 水栓部分の出湯・自動湯はり・自動保温は、M1スタンダードモードの設定条件通りに良好に制御されていた。
- ・ 浴槽追焚の熱負荷は4.3MJ程度となっており、浴槽単体の設定熱負荷3.48MJと配管熱ロスを考慮すると妥当な値であると判断でき、良好な負荷再現ができていているものと推測された。

これより、M1スタンダードモードによりヒートポンプ給湯機の負荷再現が良好に行われていることを示した。今後は、各季節条件の試験実施、機種数の拡充が求められる。

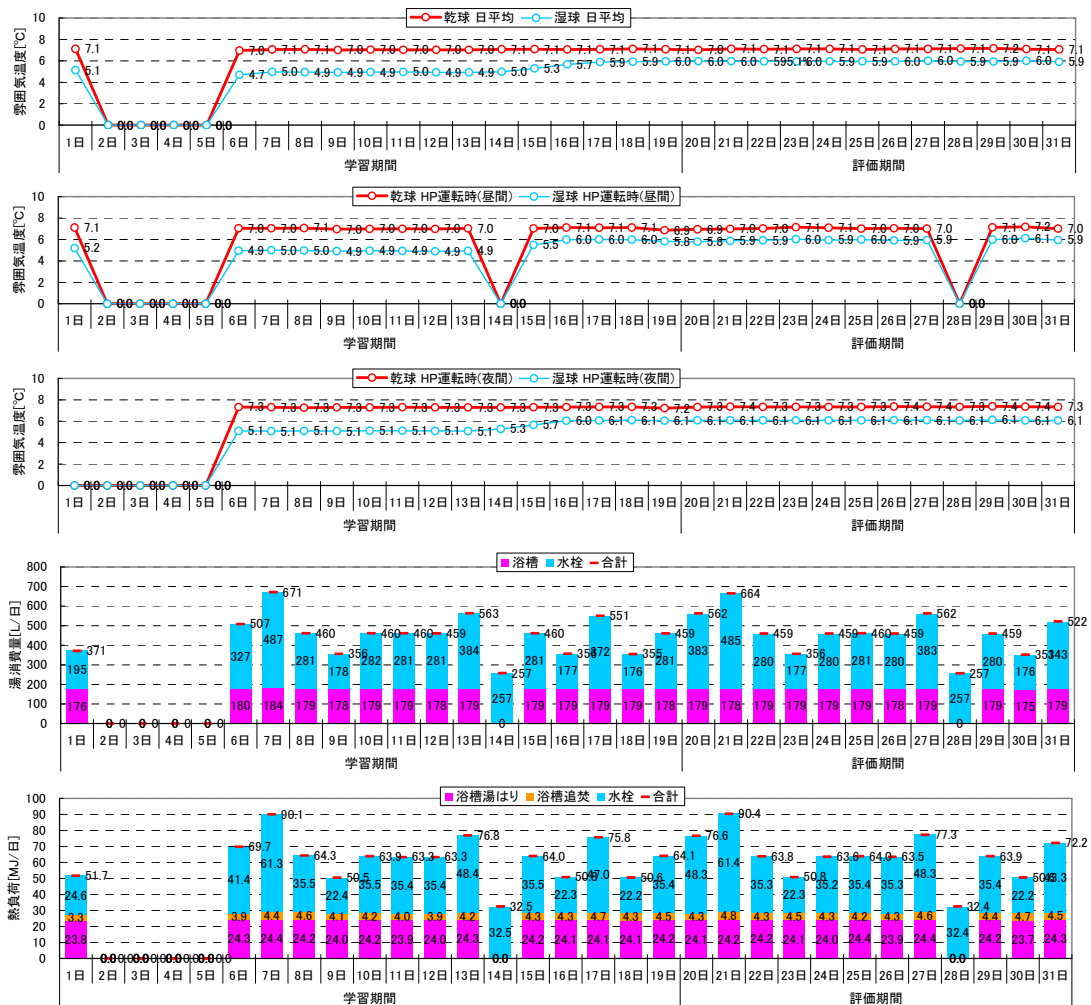


図 3.3.99 B社2011年モデル 31日間における負荷条件・雰囲気条件の推移

3.3.7 コージェネレーション

コージェネレーションは、ガスにより燃料電池またはガスエンジンユニットで発電を行い、その排熱を給湯・温水暖房に供するため、試験としては最も複雑になる。ここでは M1 スタンダードモードによる 31 日試験の概要について示す。

(1) コージェネレーションに関する効率試験方法の開発

1) 試験概要

コージェネレーションの効率特性に基づき、以下のように試験方法を構築した(図 3.3.100、図 3.3.101)。

- ・ コージェネレーションは日々の消費を学習した上で発電時間帯等を決定していくため、学習制御が重要になる。そのため前述の M1 スタンダードの全 31 日にわたる試験を実施し、学習期間終了後の後半 12 日分の効率を評価することとした。
- ・ 試験対象機は排熱を温水暖房に用いるため、冬期においては温水暖房を含めた試験とした。温水暖房負荷は、熱交換器による制御を行なっている。
- ・ 電力負荷については模擬負荷装置により 2kW までの負荷を再現した。設定負荷は 2kW 以上になる時間帯もありその場合は再現できないが、コージェネレーションの発電出力は 1kW 程度なので特に問題ないこととした。
- ・ 浴槽追焚部分は補助熱源の追焚回路で行うだけなので、追焚はシステム全体の効率に影響を与えない。そのため試験時に模擬浴槽を接続することはせず、別に補助熱源における追焚の消費エネルギーを加算することとした。



図 3.3.100 試験対象の燃料電池コージェネレーション装置と計測制御装置

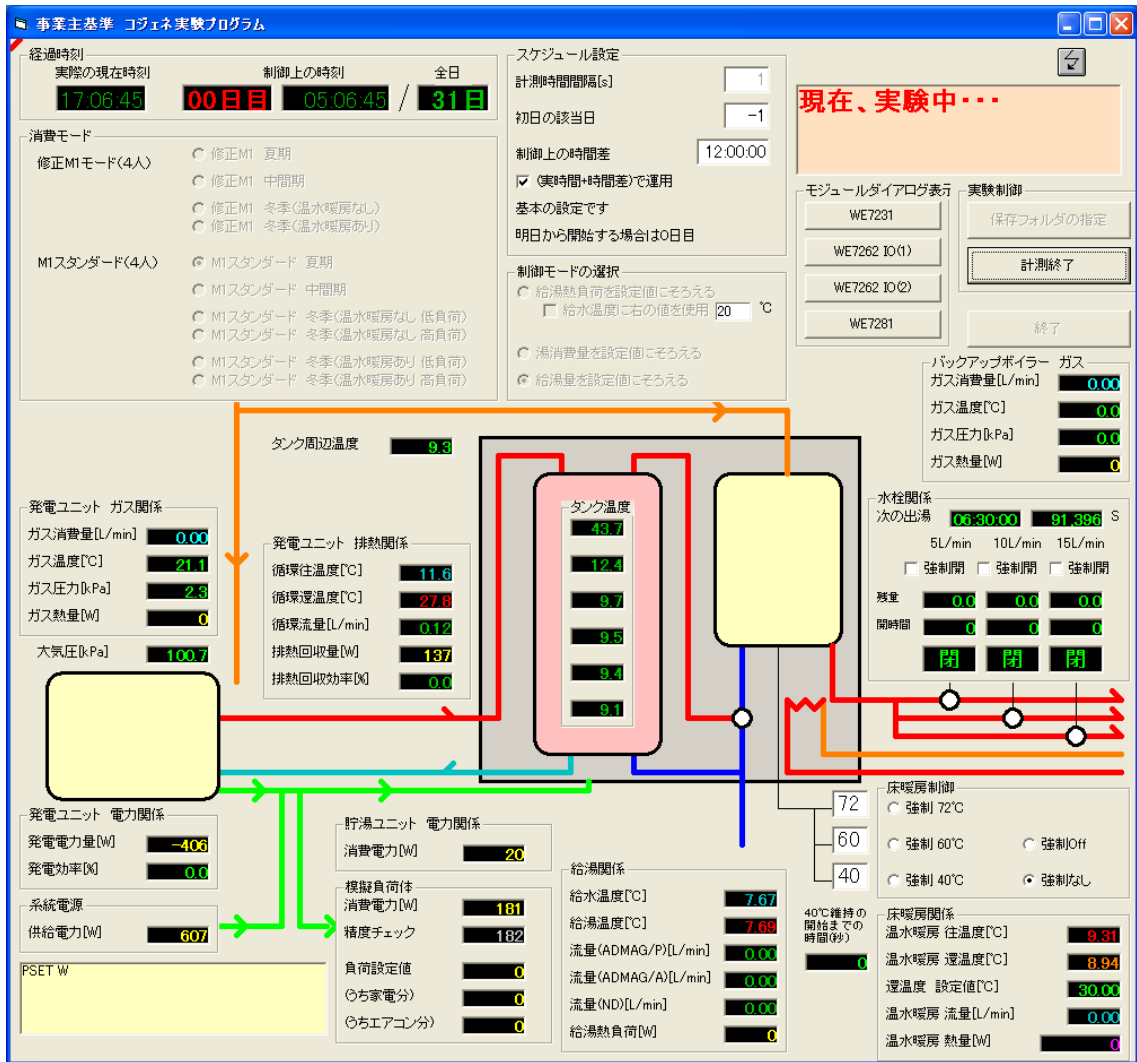


図 3.3.101 コージェネレーション 計測プログラム

2) 試験対象機器

2011年現状、市場で最も広く普及している機種を選定した。

表 3.3.3 試験対象燃料電池コージェネレーション(左側)

		新製品	現行品
発売日		2011年4月1日予定	2009年5月1日
性能	発電出力	250W~750W	300W~1.0kW
	定格発電効率	40%(LHV)	37%以上(LHV)
		36%(HHV)	33%以上(HHV)
	定格熱回収効率	50%(LHV) 45%(HHV)	52%以上(LHV) 47%以上(HHV)
	貯湯タンク容量	200リットル	200リットル
寸法	燃料電池ユニット	H1,883mm×W315mm×D480mm	H860mm×W780mm×D400mm
	貯湯ユニット	H1,883mm×W750mm×D480mm	H1,883mm×W750mm×D480mm

3) 試験結果

冬期条件・温水暖房ありで試行した際の負荷の再現状況についてについて示す。

- ・ 給湯熱負荷・電力負荷は良好に再現されていた。
- ・ 温水暖房についても設定値からの若干のズレはあるものの、概ね良好に再現されていた。

以上より、コージェネレーションまでふくめた評価方法を構築することができた。今後は SOFC などの新しいタイプの登場も予定されており、さらなる試験機種の実験が求められる。

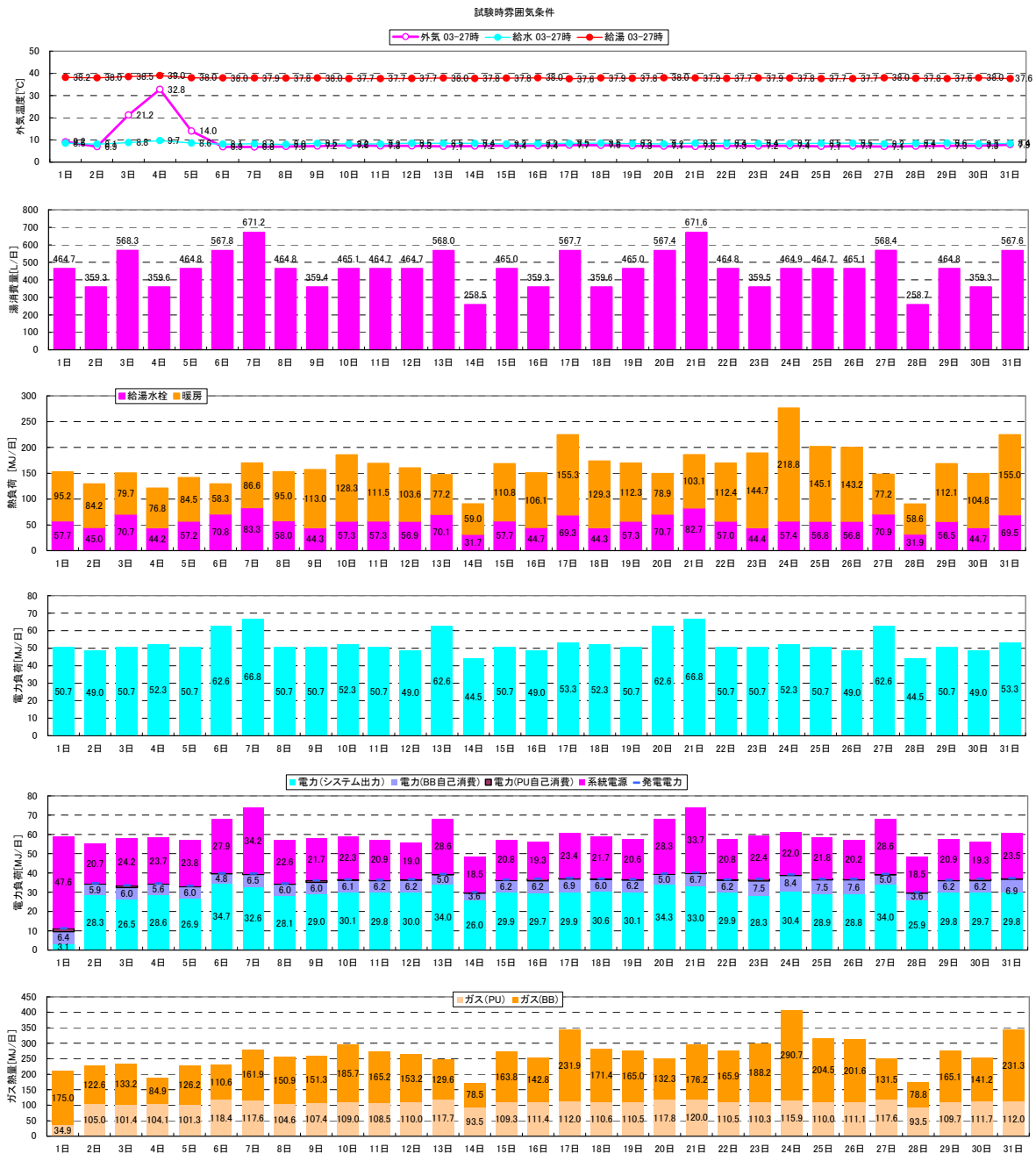


図 3.3.102 P 社燃料電池 冬期条件における負荷再現状況

3.4 家庭用コージェネレーション機器の性能評価方法に関する検討

3.4.1 はじめに

(1) 家庭用コージェネレーション機器の現状

日本における家庭用コージェネレーション機器の歴史は、2003年にガスエンジンCGSが発売されたことに始まり、2009年の固体高分子型燃料電池(PEFC-CGS)の一般販売開始を契機により広く一般に周知される状況となった。これら二つの機器は、現在まで着々と開発が進んでおり、発電効率や排熱回収効率と言った性能値の変化にその改善効果が現れている。さらに、2011年には従来の機器に比べ発電効率が高い、固体酸化物型燃料電池(SOFC-CGS)の一般販売も開始され、東日本大震災後の節電・省エネへの気運の高まりも相まって、ますます注目を集めている。

このように家庭用コージェネレーション機器は登場からまもなく約10年という歴史の浅い機器であり、新たな機種も登場するなど、現在も日々改良が加えられている過渡的状況と言える。エラー! 参照元が見つかりません。に家庭用コージェネレーション機器の分類と特徴を示す。

表 3.4.1 家庭用コージェネレーション機器の種類と特徴

種類	ガスエンジンCGS	燃料電池CGS		
発電機	ガス駆動エンジン	固体高分子形(PEFC)ユニット		固体酸化物形(SOFC)ユニット
補助熱源の種類	従来型	従来型	潜熱回収型	潜熱回収型
特徴	ガス駆動のエンジンにより発電を行い、その際の排熱をタンクに湯として貯める。排熱量が大きいため、原則として床暖房設備と併用する。	ガスを改質して水素を取り出し、空気中の酸素との化学反応により電気と熱を取り出す。学習機能を持ち家庭の電力負荷、給湯負荷に応じて自動で運転を行います。補助熱源(ガスボイラー)として従来型ボイラーを使用するものと潜熱回収型ボイラーを使用するものがある。		ガスを改質して水素を取り出し、空気中の酸素との化学反応により電気と熱を取り出す。固体高分子形燃料電池CGSに比べ、発電効率が高く、排熱効率が低い特徴がある。原則として24時間運転を行う。

※機種によってことなる。ここでは、代表的な数値を示している。

(2) 研究の目的

まだ黎明期と言える家庭用コージェネレーション機器の評価に関する研究は、自立循環型住宅に関する研究²⁾から始まった。これまでに、機器の測定法やエネルギー消費量の推定法が確立され、省エネ法の評価方法としても援用されるなど、高い成果が上げられている。

一方で、いくつかの課題も見えて来ている。例えば、現状の測定法は、1機種の測定に約3ヶ月かかることが挙げられる。現状ではコージェネレーション機器は機種が少ないため、問題にならないが、将来的に複数のメーカーから様々な機種が発売される状況を考えるとどのような評価

方法にするのがよいか、検討を進めておく必要がある。また、評価の際に与える電力や給湯の負荷についても住宅の現状を捉えられているのか見直しが必要との意見もある。

現状の評価方法はコージェネレーション機器を含む家庭全体の一次エネルギー消費量を推定するものとなっており、コージェネレーション機器においてどれだけの電気、ガスが消費されるのかという内訳を示すことができないという課題もある。CO₂ 排出量の算出というニーズに応えるためにはこの内訳を示す必要があり、新たな推計ロジックを考案する必要がある。

他にも、式に基づく推計の課題として、式を取得した実験条件から逸脱するような負荷条件となる住宅では、推計式による評価が適用できないことが挙げられる。家族人数が異なる場合や極端に省エネ型あるいは多消費型の住宅を評価する場合にはシミュレーション等による評価方法の確立が必要不可欠と言える。

さらに、運用実態および実働性能の把握には実住宅における測定が不可欠である。これまでに実際の住宅で性能測定が実施され結果が公開された事例としては、(財)新エネルギー財団による定置用燃料電池大規模実証事業が挙げられるが、個々の家庭の詳細なデータまでは公表されておらず、統計値が示されるにとどまっている。こうした現状からコージェネレーション機器に関する実測データは不足している状況であり、これも課題である。

このように、これまででできてきた課題を受けて本研究では、以下の 5 点に取り組んだ。

1. 性能評価試験方法の課題抽出
 2. 実住宅における測定
 3. 電気とガスを分離するための計算ロジックの検討
 4. シミュレーションモデルの開発
 5. シミュレーションによる学習機能の評価
- これらの取り組みの成果を以下にまとめる。

3. 4. 2 性能評価試験方法に関する検討

(1) 性能評価試験方法の課題整理

機器の代表的な性能を評価するための試験モード(省エネ法の試験モード)について課題の抽出を行った。出された意見は以下の通りで会った。全体的に大きな修正というよりは細かな点の見直しの要望が多かった。なお、これは本研究のはじめに行った検討で有り、給湯の試験負荷として修正 M1 モードを使用する旧試験モードを対象とした課題の抽出結果である。

1) 暖冷房による負荷について

- ・暖冷房モードとの整合性

暖冷房関連の検討で使用されている暖冷房スケジュールとコージェネ機器の試験における暖冷房の使用時間帯とで不整合な点がある。

- ・エアコンによる電力負荷の修正

冬期の一部の時間帯にエアコンによる過剰な電力負荷が掛かっている。

2) 家電による電力負荷について

- ・家電負荷の見直し

家電負荷が小さい、あるいは、現状と合っていないと思われる点がある。自立家電部会での検討結果との整合が必要である。

- ・待機電力の見直し

近年の機器は待機電力が減っているので、負荷を見直すべきではないか。

- ・短時間に高出力がある機器の影響

炊飯器、ポット、電子レンジ、ドライヤーなどは 5 分よりも短い間隔で高い負荷が出る。5 分で平均して負荷を与えた場合とは異なる挙動となる。

- ・エアコンによる電力負荷の修正

冬期の一部の時間帯にエアコンによる過剰な電力負荷が掛かっている。

3) 家電による電力負荷について

- ・家電負荷の見直し

家電負荷が小さい、あるいは、現状と合っていないと思われる点がある。自立家電部会での検討結果との整合が必要である。

- ・待機電力の見直し

近年の機器は待機電力が減っているので、負荷を見直すべきではないか。

- ・短時間に高出力がある機器の影響

炊飯器、ポット、電子レンジ、ドライヤーなどは 5 分よりも短い間隔で高い負荷が出る。5 分で平均して負荷を与えた場合とは異なる挙動となる。

- ・ネットワーク機器

ネットワーク機器など 24 時間稼働している機器が増加していると考えられる。

4) 給湯負荷について

評価期間直前の給湯負荷が小さく残湯を保持したまま評価期間に入る。最終日は出湯量が多く湯を使い切りやすい。多少有利な評価となる。

5) 負荷の作成法について

- ・戸建住宅での使用を想定した負荷とすべき

現状では、集合住宅での実測結果を基に電力負荷が作成されているが、戸建住宅用としては、戸建住宅での測定結果に基づいて負荷を作成すべきではないか。

6) 試験法の標準化について

- ・メーカーでの試験

試験法の標準化を図り、新機種の試験をメーカー等ができるようにするべき。

7) 評価について

- ・家電分の評価

家電分を除外する現行の評価法を是正して欲しいという要望の一方で、持ち込み家電を評価に加えるべきではないとの意見もあった。

- ・評価期間について

評価期間を9日間としているが、短いのではないか。

(2) JIS 評価試験結果からの読み替えに関する検討

省エネ法におけるエアコンの評価方法では、JIS 試験結果に基づきメーカーより公表されるA PFの数値から想定する標準住宅プランで使用した場合のエネルギー消費量がどの程度になるかを推定し、評価に代える方法が取られている。この方法の利点はすべての機器を測定する必要がなく、一部の機種を測定結果に基づいて全機種を評価することができ、測定の手間が大幅に削減される点にある。研究の目的でも述べた通り、すべての機種を測定しなければならない現状の評価方法は将来的には改善が必要となる可能性が高い。ここでは、燃料電池に関する現行のJISを調査し、読み替えの可能性について分析した。対象は、「JIS C 8823:2008 小形固体高分子形燃料電池システムの安全性及び性能試験方法」である。

1) JISの概要

a 適用範囲

PEFC 定格送電出力 10kW未満

b 運転状態の定義

定義されている運転状態について図 3.4.1 に示す。電気出力とセル温度の状態に応じて、いくつかの運転状態が定義されている。

c 性能試験項目

・燃料消費量試験

定格発電状態で30分以上経過した後、3時間以上計測する。単位時間あたりの燃料消費量を測定する。

・起動試験

停止状態から起動する。発電ユニットの起動時間、起動に必要なエネルギー、保管停止状態の受電量を測定する。

・発電効率試験

定格、70%、50%など指定された送電出力で30分以上経過した後、3時間以上計測する。この結果より発電効率を算出する。

・排熱回収効率試験

試験方法は発電効率試験に同じ。排熱回収効率を算出する。

・負荷変動特性試験

定格状態から50%、50%から定格状態に変化させ、追従する時間を計測する。

・負荷追従特性試験

あらかじめ決められた変動負荷パターンを5サイクル繰り返し、追従できない部分(発電不足、発電過剰)を計測する。

・停止試験

定格発電状態から停止させる。停止時・その他

安全性に関する試験項目は多数あった。

2) 考察

現在のJISによる試験項目の中にAPFのような性能を代表するような指標は特になく、そのため、一つの指標から実働性能を予測する手法を取り入れることは現状では困難である。今後の検討・改訂が期待される。

一方で、JIS 試験では停止、起動、待機などの試験を行うことになっており、それらから性能値に読替えることもできるのではないかと考えられる。不足していると思われる情報は、バックアップボイラーの性能、タンクの性能、学習機能などである。特に学習機能については、全く評価がなされておらず、学習機能の評価をどのように扱うかが課題と言える。

また、ガスエンジンCGSについて同様のJISがないこと、カタログ・取扱説明書等にはこれらの試験結果は記載されていないことも課題である。評価法については後述のシミュレーションに関する節の中でも検討する。

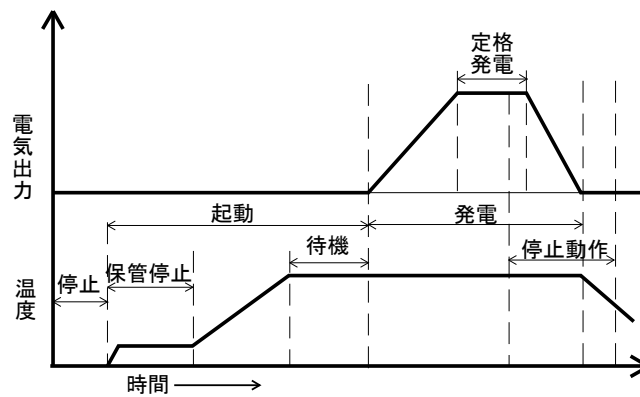


図 3.4.1 JIS における運転状態の定義

3.4.3 実機の測定による実働性能評価

(1) 測定概要

家庭用固体高分子型燃料電池(以下、PEFC)を導入している2軒の住宅を対象に実測調査を行い、PEFCの稼働実態および実働性能を調査した。測定を行った2住戸について表3.4.2に示す。A邸は4人家族、B邸は3人家族である。いずれも床暖房システムが導入されており、PEFCから温水が供給される。

表3.4.3に機器仕様を、図3.4.2に測定を行ったPEFCの機器構成と測定点を、示す。

発電は家庭の電力負荷に追従して300W～1000Wの範囲で行われる。タンク容量は200Lであり、家庭の給湯需要に合わせて出湯される。タンク内の熱が不足する場合には、補助ボイラーにより出湯設定温度まで昇温された湯が供給される。床暖房にはタンクの湯は使用されず、発電中であれば熱交換機を介して、PEFCの排熱が床暖房の循環水と熱交換され利用される。熱量が不足する場合は補助熱源により補われる。

測定はすべて2秒間隔で実施している。本報では2010年11月から2012年3月までの計測結果をまとめる。A邸では床暖房回路流量を測定するセンサーが2011年4月4日より故障し、風呂回路流量を測定するセンサーが2011年5月14日より故障した。そのため、故障以降の期間については温度条件より流量を推定する方法を作成し、推定値により分析を行った。紙面の

都合上、推定法の説明と精度確認結果は割愛するが、良好な推定精度であった

表 3.4.2 測定住戸の概要

項目	A邸	B邸
所在地	東京都小金井市	埼玉県さいたま市
家族構成	夫、妻、子(中学生)、子(小学生)	夫、妻、子(乳児)
太陽光発電	なし	3.1kW(屋根との一体型)
延床面積	112.98㎡	126.69㎡
構造	鉄骨造2階建て	木造2階建て
床暖房	リビングとキッチンで1系統	リビングとキッチンで2系統

表 3.4.3 測定した燃料電池の機器仕様

タイプ	固体高分子型	定格発電効率	33%(HHV基準)
発売年	2009年	定格排熱効率	47%(HHV基準)
定格発電出力	1000W	タンク容量	200L
最低発電出力	300W	補助ボイラー	潜熱回収型
定格ガス消費量	3000W	燃料	都市ガス(13A)

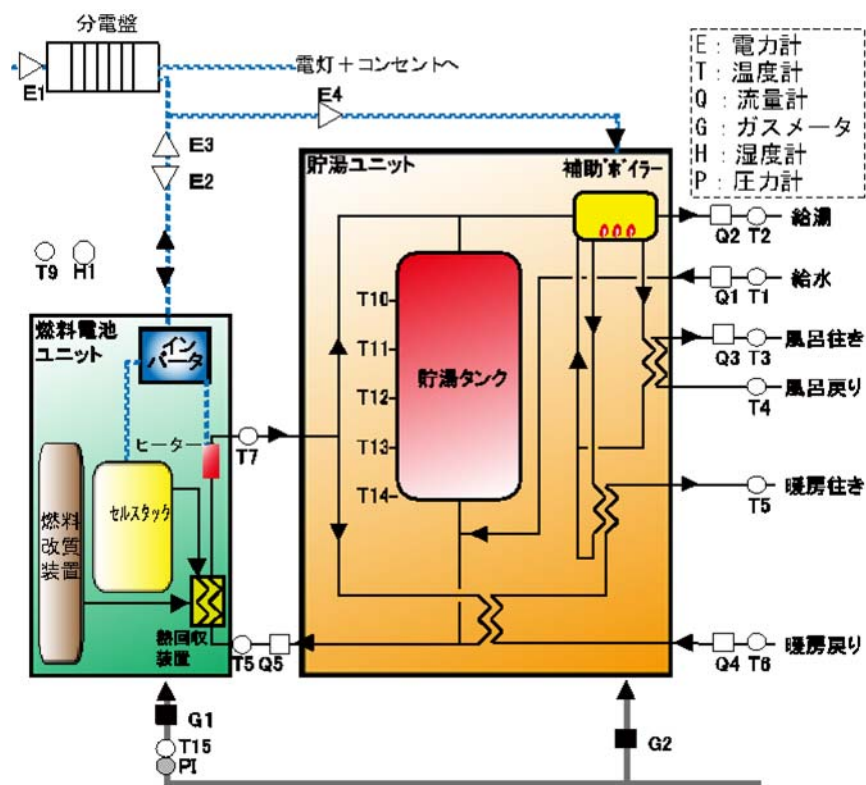


図 3.4.2 燃料電池の機器構成と測定点

(1) 測定結果

図 3.4.3、図 3.4.4 に A 邸、B 邸それぞれの測定結果(日積算値)を示す。熱負荷(グラフ(a))は一般的に A 邸の方が大きい。いずれの住宅でも 11 月から 5 月までの期間で床暖房が使用されている

る。B 邸の特徴として数日間熱負荷がほぼ 0 になっているところが散見される。家族旅行等の外出によるものと思われる。買電量と発電量(グラフ(b))を見ると発電により住宅全体の電力の 5 割弱が賄われていることが分かる。発電量は熱負荷が小さくなる夏期に発電量が小さい。B 邸については太陽光発電パネル(3.1kW)が設置されており、太陽光発電パネルから供給された自家消費分の電力も記載している。本報では太陽光発電の省エネ量の集計は行わず、PEFC の省エネ量算定の際には太陽光発電による自家消費分は買電と同等に扱う。ガス消費量と運転時間(グラフ(c))から補助ボイラーのガス消費は、床暖房使用時に特に大きく、床暖房使用時は PEFC の排熱だけでは不足しているものと推測される。いずれの住宅でも発電効率(グラフ(d))は、定格発電効率に近い数値が出ているが排熱効率については定格排熱効率より低い数値である。電力負荷が 1000W に満たず、部分負荷運転となっている時間帯が多いためこのような結果になったと考えられる。省エネ量(グラフ(e))を見ると A 邸では多くの日で 10~20MJ 程度の省エネ量が得られている。省エネ量は、PEFC を使わず電力負荷を系統電力で賄い、熱負荷を一般的なガスボイラー(効率 73.6%)で賄ったと仮定した場合の一次エネルギー消費量と実測結果の一次エネルギー消費量との差として算出している。B 邸の省エネ量は冬期に 40MJ を超える日が見られる一方で、マイナスとなっている日も多い。外出と見られる熱負荷が小さい期間に PEFC が必要以上に稼働し、生成された熱がタンクから熱損失として失われることによる。PEFC は前日までの負荷状況に基づき発電時間帯を決めるが、B 邸のような不定期な外出等があると適切な発電時間帯の予測は困難になる。図 3.4.5 に両住宅の負荷の熱電比を、図 3.4.6 に月別エネルギー消費量と省エネ率を示す。A 邸に比べ B 邸は電力負荷、熱負荷ともにやや低い。床暖房があるため両住宅とも熱電比は大きい日が多い。月別の省エネ率を見ると、A 邸では 2 ~10% の範囲で推移しており夏期に低く中間期が最も高い。2011 年 4 月からの一年間の省エネ率は 6.6%であった。一方 B 邸では省エネ率も変動が大きくなっており、夏期にはマイナスとなっている。年間では 4.9%の省エネ効果が得られている。

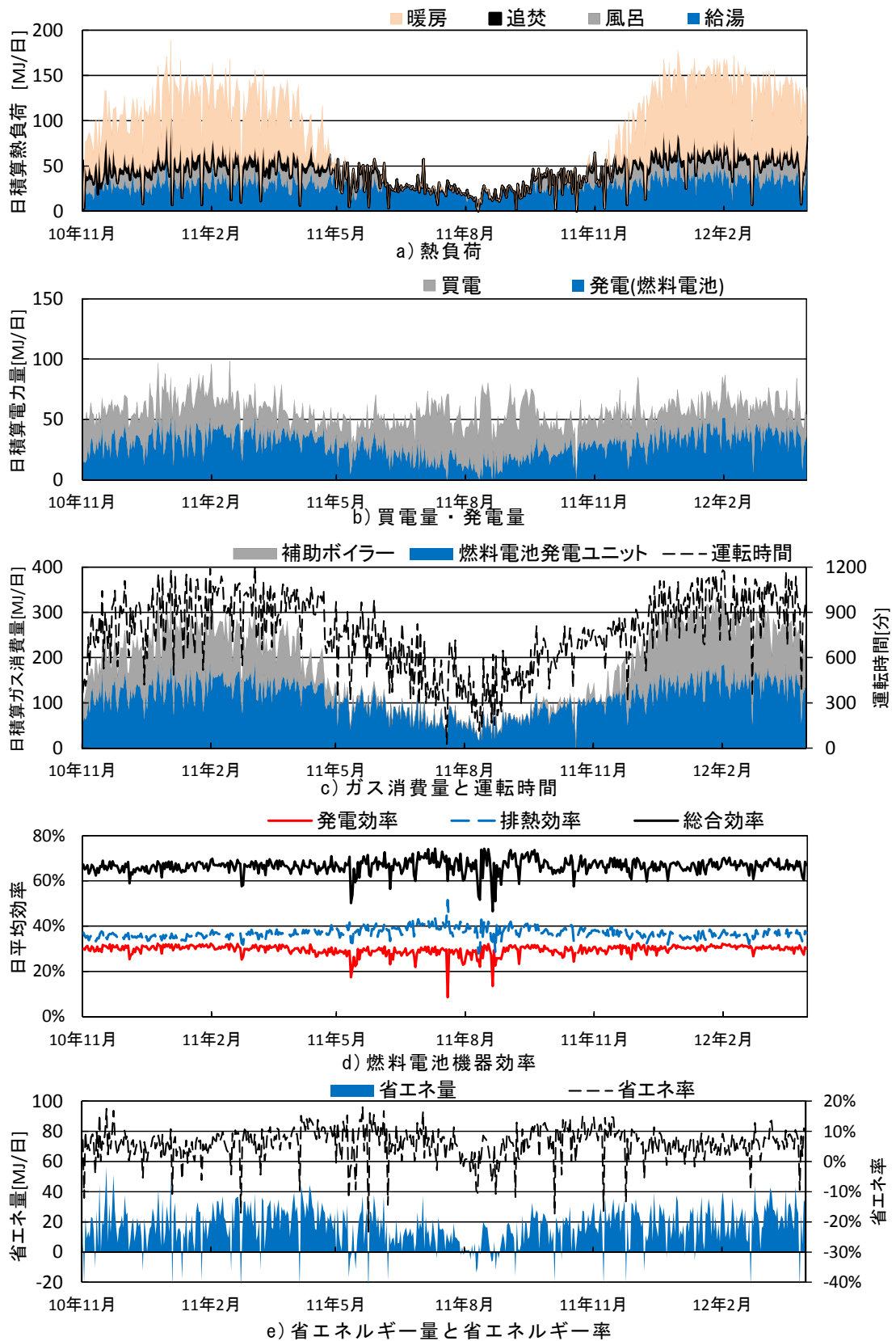


図 3.4.3 A 邸測定結果(日積算値)

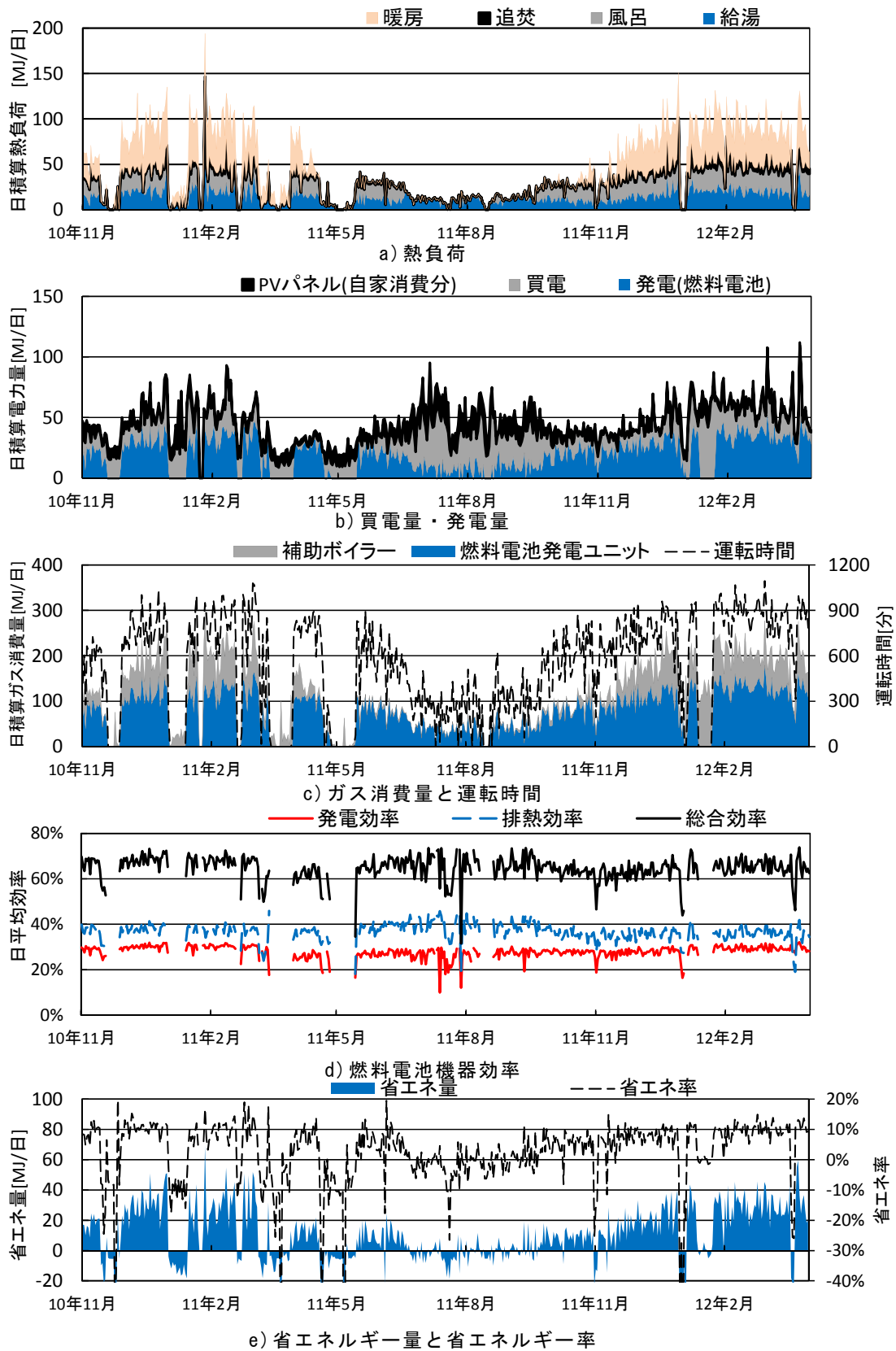


図 3.4.4 B 邸測定結果(日積算値)

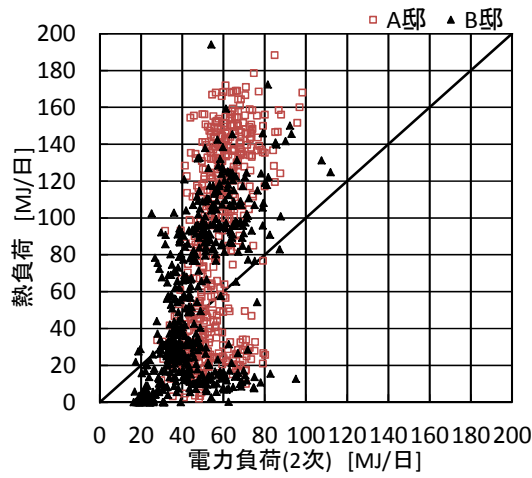


図 3.4.5 熱電比

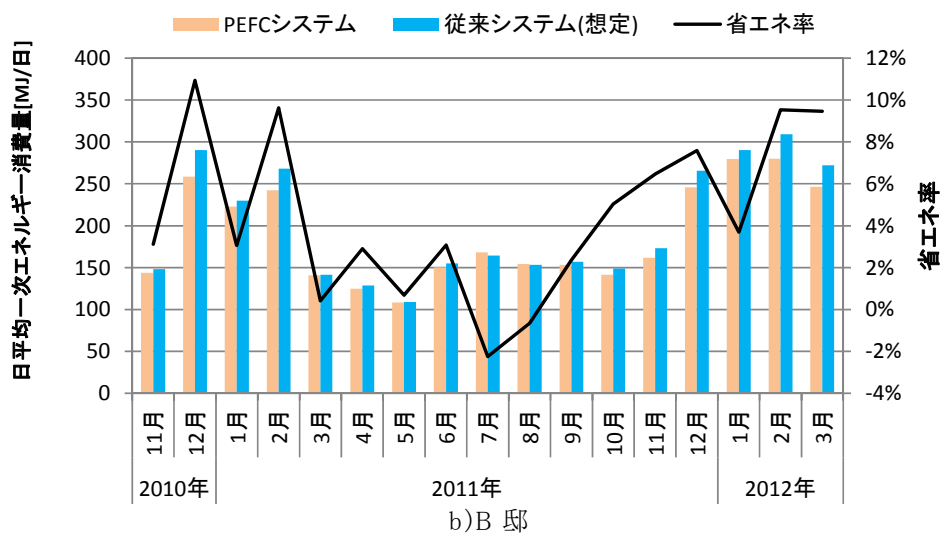
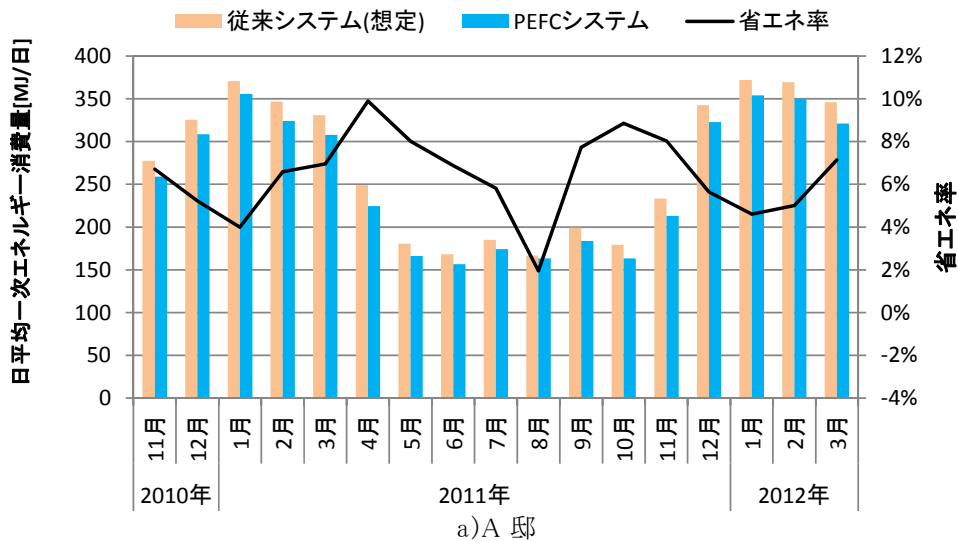


図 3.4.6 月別エネルギー消費量と省エネ率

3.4.4 ガスと電力のエネルギー消費量を分離する計算ロジックの作成

(1) 目的

PEFC やガスエンジンコジェネの省エネルギー効果は、熱需要との相関性が高いことから、これまでに実験結果より作成した熱需要と一次エネルギー削減量との関係式を用いた推定式による評価法が確立されている。しかし、この方法では、トータルのエネルギー消費量がいくらになるかは推定できるものの、ガス消費量と電力消費量それぞれがいくらになるのかは分からず、例えば CO₂ 排出量を推定したい場合などに、課題が残る。本プロジェクトにおける取り組みとして CO₂ 排出量の算定も視野に入れた WEB プログラムの開発も進められているところであり、コージェネレーション機器のエネルギー消費量をガスと電気に分離して評価する計算ロジックの確立は、重要な課題である。ここでは、ガスと電気の分離のために検討した計算ロジックについて示す。

(2) 基本となる推定式

実験結果に基づき作成された日積算熱需要と一次エネルギー削減量(省エネ量)との関係式を図 3.4.7 に示す。また、同様に日積算熱需要と発電量との関係式を図 3.4.8 に示す。図 3.4.8 中の点は測定結果である。図より、発電量についても熱需要と相関があることが確認できる。なお、図 3.4.8 中の横軸の熱負荷は燃料電池から供給される熱量を表し、電力消費量の 1.4 倍までの熱需要でかつ 120.1MJ/日までの熱需要が燃料電池でまかなえるとする制限を考慮したものである。

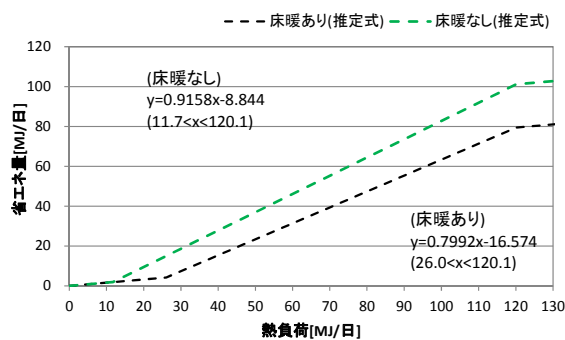


図 3.4.7 熱需要と省エネ量の関係

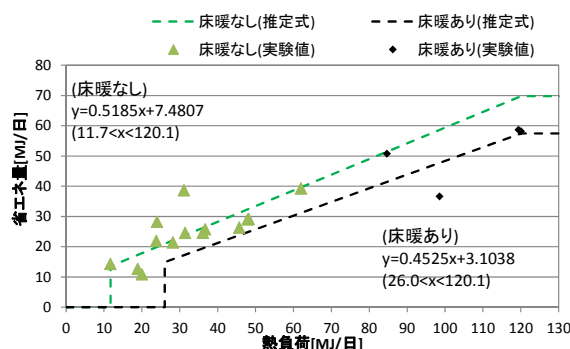


図 3.4.8 熱需要と発電量の関係

(3) 算定ロジック

これまでの省エネ量推定の計算は、図 3.4.7 に示した熱需要と一次エネルギー削減量との関係に基づくものである。ここでは、算定ロジックの検討に当たり、図 3.4.8 に示した熱需要と発電量の関係に着目し、一次エネルギー消費量をガス消費量と電力消費量に分離するロジックを作成した。以下に、燃料電池 CGS Type1 を例に作成した CO₂ 排出量の計算手順を示す。また、図 3.4.9 にガス・電気分離の模式図を示す。以下の手順解説と合わせて見て頂きたい。

[手順]

- ① 住宅における電力負荷、熱負荷(給湯・床暖房)を想定する。
- ② 電力負荷を系統電力[A]、熱負荷を従来型ガス給湯器(効率 73.6%)で処理した場合[B]を想定し、一次エネルギー消費量を求める。
- ③ 熱負荷の日積算値から推定式を用いて省エネ量 [C]・発電量(一次換算) [D]を推定する。
- ④ 手順②で求めた一次エネルギー消費量から手順③で求めた省エネ量を引き、燃料電池を使用した際のエネルギー消費量[E]を求める。さらに、手順②で求めた系統電力負荷から手順③で求めた発電量を引き、燃料電池を使用した際の電力消費量[F]が求まる。
- ⑤ 手順④で求めた燃料電池を使用した際の一次エネルギー消費量と電力消費量(一次換算)からガス消費量(一次換算) [G]を求める。

(4) 精度検証

精度検証のため、実験データを用いて本推計法による電力消費量およびガス消費量の推計を行った。表 3.4.4 に使用した実験結果および推計結果を示す。図 3.4.10 に推計結果と実験結果の比較を示す。いずれの季節でも、推計値は実験値をある程度捉えていることが確認できる。ただし、夏期や中間期の休日不在(小)の日には、発電量の推計値と実験値に大きな差があり、電力とガスの割合が大きくずれている日も見受けられる。

図 3.4.11 に電力消費量とガス消費量について実測値と推計値の散布図を示す。電力消費量、ガス消費量ともばらつきはあるものの全体的には傾向を捉えていると言える。

図 3.4.11 に電力消費量とガス消費量について実測値と推計値の散布図を示す。電力消費量、ガス消費量ともばらつきはあるものの全体的には傾向を捉えていると言える。

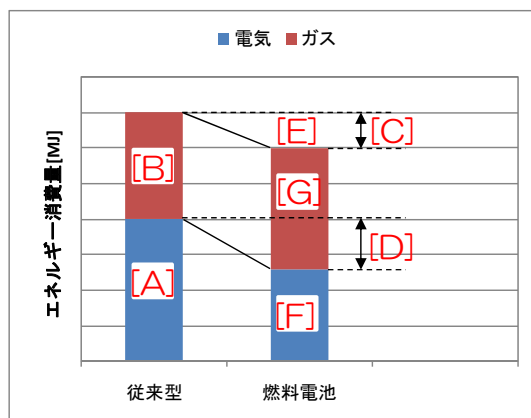


図 3.4.9 電気及びガスのエネルギー消費量推定

表 3.4.4 電力・ガス消費量の推計結果

[MJ/日]	実験負荷			実験結果								推計結果					
				電力(二次)		ガス消費量		一次エネルギー消費量		省エネ量	発電量	省エネ量	一次エネルギー消費量	買電量(二次)	ガス消費量合計(発電ユニット+補助熱源)		
	電力需要	給湯負荷	暖房負荷	買電量	発電量	燃料電池受電量	発電ユニット	補助熱源	燃料電池システム							従来システム(想定)	燃料電池システム
夏期	平日(小)	62.6	18.9	0.0	50.0	15.3	2.7	51.1	0.0	186.7	195.4	8.7	17.3	8.5	186.9	45.3	64.1
	平日(大)	85.3	23.8	0.0	63.4	24.3	2.4	76.1	1.7	249.7	263.6	13.9	19.8	13.0	250.6	65.5	73.1
	休日不在(大)	35.5	20.0	0.0	24.7	13.6	2.8	43.5	0.0	110.5	123.4	13.0	17.9	9.5	113.9	17.6	66.1
	休日在宅(小)	93.7	28.2	0.0	72.3	24.1	2.7	71.2	0.5	267.7	292.3	24.6	22.1	17.0	275.4	71.6	81.3
	休日在宅(大)	108.7	31.4	0.0	84.2	26.9	2.4	82.2	0.4	310.9	337.4	26.5	23.8	19.9	317.4	84.9	87.2
	休日不在(小)	49.8	11.7	0.0	35.5	16.9	2.6	54.8	0.4	151.4	150.9	-0.5	0.0	1.9	149.0	49.8	14.0
中間期	平日(小)	42.7	36.7	0.0	17.0	28.1	2.4	88.9	8.5	143.5	165.6	22.1	26.5	24.8	140.9	16.2	97.0
	平日(大)	42.9	45.7	0.0	16.6	28.5	2.2	89.8	13.4	148.2	178.4	30.2	31.2	33.0	145.4	11.7	113.6
	休日不在(大)	33.8	36.1	0.0	9.2	26.5	1.9	90.1	5.9	120.9	140.7	19.7	26.2	24.2	116.5	7.6	95.9
	休日在宅(小)	46.1	48.2	0.0	17.0	30.7	1.6	100.4	0.4	146.9	190.5	43.6	32.5	35.3	155.2	13.6	118.2
	休日在宅(大)	47.8	62.0	0.0	8.6	40.9	1.7	126.2	12.6	162.1	213.8	51.7	39.6	47.9	165.9	8.2	143.7
	休日不在(小)	35.7	24.0	0.0	7.5	29.7	1.5	103.1	0.8	124.2	129.4	5.2	19.9	13.1	116.3	15.8	73.5
冬期	平日(小)	60.5	47.5	61.9	9.8	54.2	3.5	163.6	72.8	263.0	312.7	49.7	41.4	77.7	235.0	19.1	183.3
	平日(大)	70.4	59.1	96.4	33.8	43.1	6.5	132.5	124.3	348.4	402.1	53.7	47.7	85.1	317.0	22.7	255.5
	休日不在(大)	46.9	47.9	0.0	8.3	39.8	1.2	130.3	14.3	167.1	192.2	25.1	32.3	35.0	157.2	14.6	117.7
	休日在宅(小)	85.3	69.5	145.8	26.7	64.1	5.5	184.2	166.7	423.3	523.8	100.5	57.1	94.8	429.0	28.2	352.6
	休日在宅(大)	98.0	81.4	156.2	39.9	63.8	5.7	185.4	196.8	490.4	588.5	98.1	57.5	98.4	490.1	40.6	380.1
	休日不在(小)	46.5	31.1	0.0	17.5	30.5	1.5	107.7	1.8	156.9	168.3	11.4	23.6	19.6	148.7	22.9	86.6

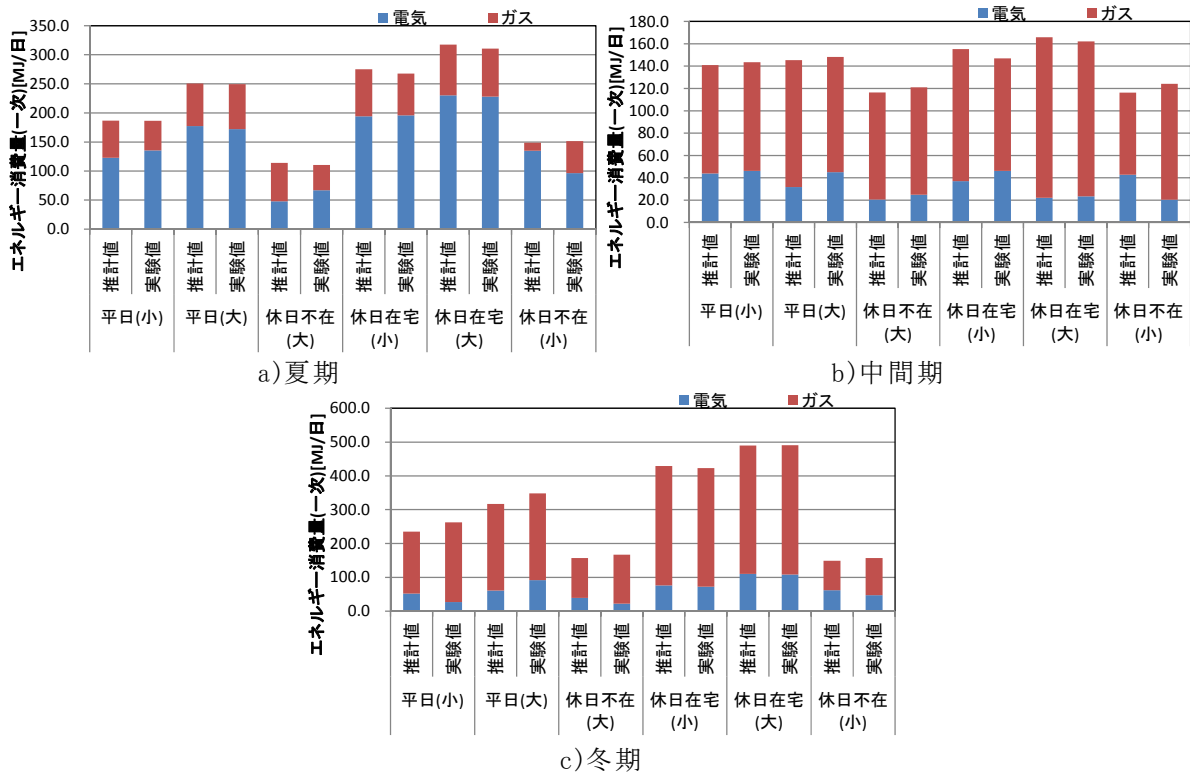


図 3.4.10 推計結果と実験結果の日積算値比較

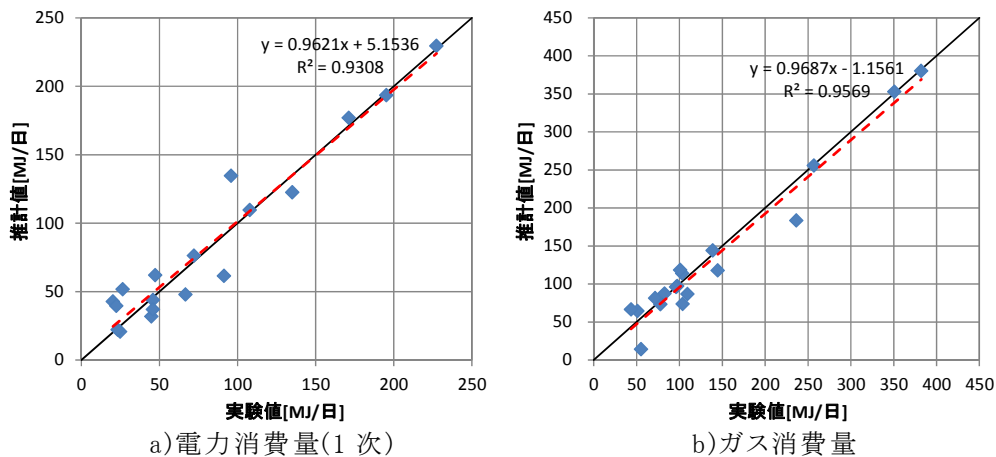


図 3.4.11 推計結果と実験結果の散布図

3.4.5 シミュレーションによる評価

(1) シミュレーション開発の目的

コージェネレーション機器による省エネ効果を評価するとき、これまでの推定式を用いた手法だけでは限界がある。推定式は実験結果に基づき作成されているため、極端に低い電力負荷などは想定されておらず、推定式の適用範囲外である。また測定点が少ない範囲、例えば給湯負荷が非常に大きい場合などでは誤差が大きくなることが予想される。したがって、推定式による省エネ量計算は標準的な負荷範囲に対して簡易に省エネ量を試算するには適しているが、さまざまな負荷条件に対するエネルギー消費量を試算するには不向きである。そのため、様々な条件下におけるコージェネレーション機器の省エネ効果を評価するためには、シミュレーションモデルの開発が必要である。

さらに、実験結果に基づく推定式による評価は、ガスエンジン CGS や PEFC-CGS などの学習機能を持つ機器については、1 季節当たり約 1 ヶ月 × 3 季節(夏期、冬期、中間期) = 3 ヶ月の長期に亘る試験が必要であるが、将来的に販売機種が増えてきた場合に試験施設の不足などの問題が発生することが懸念される。これは 3 週間の学習期間を設け、負荷の出現状況を学習させた上で 4 週目に評価を行うためである。学習機能では過去の電力・給湯負荷の発生状況から、将来の負荷発生状況を予測し、予想された負荷に対する最適な運転時間帯を計算し、運転を行う。

こうした評価の課題に対してもシミュレーションの活用による解決策が考えられる。学習機能をシミュレーション上に完全に再現することは困難であるが、学習機能による負荷予測の誤差によりどの程度省エネ効果が低減するかは、評価できる。すなわち、負荷データから最適な運転スケジュールを割り出し、エネルギー消費量を計算して、実際の運転状態との比較を行えば、学習機能の誤差による省エネ効果の低減率(ここでは学習係数とする)が分かる。こうすれば、学習機能のある機種をすべて詳細に測らずとも、学習係数を想定して、機器特性さえ測定すればエネルギー消費量が推計できることになる。

(2) モデル概要

PEFC を対象にモデルを作成した。シミュレーションモデルの概要図を図 3.4.12 に示す。モ

デルは発電ユニットモデルおよびタンクユニットモデルで構成され、本体部分には「部分負荷特性」「起動特性」「停止特性」「待機特性」が含まれる。これらの特性は実機の運転データ(建築研究所集合住宅実験棟における2006年製機種の実験データ)から抜き出し使用した。対象機器の仕様を表3.4.5に示す。

計算時間ステップは1分としており、入力にはON/OFFスケジュール、外気温度、給水温度、電力負荷、給湯量である。今回のモデルでは床暖房の負荷および風呂の追焚き負荷については考慮していない。対象機は学習機能を有しON/OFFスケジュールは学習機能により決定されるが、前述の通り学習機能の再現は困難なため、本モデルではON/OFFスケジュールは入力データとした。計算の際は、実機の運転データよりON/OFFスケジュールを抜き出して使用している。なお、燃料電池の運転段階として、待機、起動、安定運転、停止の4段階を設定しているが、これらの時間帯は発電時間帯をONとするON/OFFスケジュールデータから割り出すプログラムとしている。具体的には、ONの時間帯は安定運転段階とし、起動時間については前回の発電時間からの待機状態の継続時間が影響するため、これに基づいて計算する。停止時間はOFFになってから20分とし、残りは待機時間としている。

モデルでは、定格発電効率、定格排熱効率、タンク容量、補助熱源効率、沸き上げ温度、タンク満蓄判定温度などを機器の仕様としてあらかじめ設定している。これらは実機のカatalog仕様および運転データに基づいて設定した。タンクモデルには温度成層型蓄熱槽の計算モデルを適用し、タンクを7層に分割して計算を行った。出湯の際には最上層から必要量の湯が放出され、同量の水が最下層から供給される。出湯時にタンク内の湯が出湯温度に満たない場合は、補助熱源により出湯温度まで加熱して出湯される。発電時の排熱回収は、最下層の水が排熱回収回路に送られ、暖められて最上層に戻される。タンクには断熱性能を設定しており、外気温度と各層の湯温との差に応じて熱損失が発生し、各層の湯温が下がる計算としている。

今回作成したモデルはPEFCを想定したものであるが、SOFCやガスエンジンでも特性式を変更することで適用可能と考えられる。

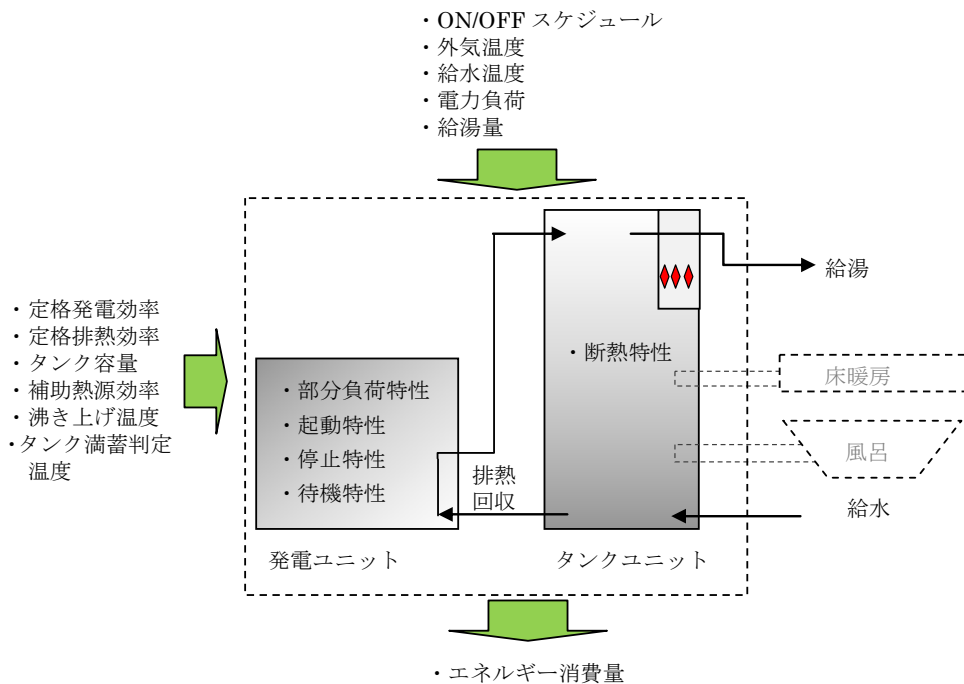


図 3.4.12 シミュレーションモデルの概要

表 3.4.5 特性を取得した燃料電池(2005年製)の機器仕様

タイプ	固体高分子型	定格発電効率	31%(HHV基準)
定格発電出力	1000W	定格排熱効率	40%(HHV基準)
最低発電出力	300W	タンク容量	200L
定格熱出力	1300W	補助ボイラー	潜熱回収型
定格ガス消費量	3200W	燃料	都市ガス(13A)

(3) 計算精度の検証

1) 計算の概要

作成したモデルの計算精度の検証を行った。検証には、建築研究所集合住宅実験棟での実験結果のうち、中間期データとして2007年9月20日～10月14日、冬期データとして2007年1月24日～2月17日、夏期データとして2008年7月31日～8月24日のデータを使用した。使用した実験期間では約1ヶ月の連続試験を実施しており、平日(大)、平日(小)、休日外出(大)、休日外出(小)、休日在宅(大)、休日在宅(小)の6パターンの負荷(電力・給湯)を与え、実機の挙動、エネルギー消費量等を測定した。6パターンの負荷の並びを表3.4.6に示す。

検証では実測データより燃料電池のON/OFFスケジュール、外気温度、給水温度、電力負荷、給湯量を抜き出し入力データとした

表 3.4.6 試験負荷の並び

試験日	中間期データ (電力:標準) (給湯:修正M1) 2007年	冬期データ (電力:L) (給湯:L) 2008年	夏期データ (電力:L) (給湯:L) 2008年	負荷パターン
1	9月20日	1月24日	7月31日	平日(大)
2	9月21日	1月25日	8月1日	外出(大)
3	9月22日	1月26日	8月2日	在宅(小)
4	9月23日	1月27日	8月3日	在宅(大)
5	9月24日	1月28日	8月4日	外出(小)
6	9月25日	1月29日	8月5日	平日(大)
7	9月26日	1月30日	8月6日	平日(小)
8	9月27日	1月31日	8月7日	平日(大)
9	9月28日	2月1日	8月8日	外出(大)
10	9月29日	2月2日	8月9日	在宅(小)
11	9月30日	2月3日	8月10日	在宅(大)
12	10月1日	2月4日	8月11日	外出(小)
13	10月2日	2月5日	8月12日	平日(大)
14	10月3日	2月6日	8月13日	平日(小)
15	10月4日	2月7日	8月14日	平日(大)
16	10月5日	2月8日	8月15日	外出(大)
17	10月6日	2月9日	8月16日	在宅(小)
18	10月7日	2月10日	8月17日	在宅(大)
19	10月8日	2月11日	8月18日	外出(小)
20	10月9日	2月12日	8月19日	平日(大)
21	10月10日	2月13日	8月20日	平日(大)
22	10月11日	2月14日	8月21日	平日(小)
23	10月12日	2月15日	8月22日	在宅(小)
24	10月13日	2月16日	8月23日	外出(大)
25	10月14日	2月17日	8月24日	外出(小)

1) 計算結果

b) 実測値

図 3.4.13、b) 実測値

図 3.4.14、b) 実測値

図 3.4.15 に中間期代表日(2007年10月8日～10月14日)、冬期代表日(2008年2月11日～2月17日)、夏期代表日(2007年8月8日～8月14日)における計算結果と実測値の発電状況の比較を示す。ON/OFF スケジュールを入力としているため、発電の時間帯は一致していることが確認できる。また発電量についても電力負荷に追従して決定されるため概ね一致している。ただし、例えば8月19日の20時～24時などの時間帯では、電力負荷が1000W以上あるにもかかわらず、発電量が1000Wに満たない時間帯も見られ、計算値との乖離がある。実機では発電量が電力負荷の変化に追従するまでにやや時間がかかることや運転状態によっては負荷に追従できない状況があると考えられ、こうしたことが計算における誤差要因となっている。

b) 実測値

図 3.4.16、b) 実測値

図 3.4.17、図 3.4.18 に中間期代表日、冬期代表日、夏期代表日における発電量・排熱回収量・ガス消費量の比較を示す。発電時間帯については概ね傾向を捉えられていることが確認できる。ただし、8月19日の20時～24時など、前述した発電量が再現できていない時間帯では、排熱量・ガス消費量ともに誤差が大きい時間帯も見られる。

計算では、発電が開始される直前の時間帯(例えば10月9日12時前後など)に一定時間、一定のガス消費が見られる。これは起動にかかるガス消費特性を平均的な数値として一定に与えているためである。ただし、このガス消費量の数値と起動にかかる時間については、前述のように待機時間がどれだけ継続しているかによって決定される。実測では、起動時のガス消費量は変動しており、起動時のガス消費量の変動までは再現できていない。また、10月11日の12時前後の実測値には発電前の起動時間帯に排熱回収は見られるが、発電が行われていない時間帯がある。他の日の実測値と比較すれば分かるようにイレギュラーな運転であり、大きな誤差要因となっていると考えられる。こうしたイレギュラーな運転は発電を行うセルスタックの状態などが影響して引き起こされると考えられ、セルの状況を再現しない特性式を用いたモデルではこれを再現することは困難である。

待機の時間帯についても実測値では時折ガス消費が見られるが、計算値では再現していない。

図 3.4.19 に中間期代表日、冬期代表日、夏期代表日における燃料電池受電量の比較を示す。実測では待機時に燃料電池自体で消費される電力消費量が細かく変動している。計算ではこれを平均的な数値として再現している。計算では、受電量は外気温度の関数として特性式を作成し、使用している。

図 3.4.20 に中間期代表日、冬期代表日、夏期代表日における補助熱源機のガス消費量の比較を示す。補助熱源のガス消費量を再現するにはタンクでいつ熱量不足が発生するかを正確に把握する必要があるため、補助熱源のガス消費量は計算誤差が出やすい項目の一つであると考えられる。中間期においては計算値の方が実測値に比べ、補助熱源の稼働が多いものの、全般的に出湯のタイミングと熱量を再現できており、タンクモデルは妥当なものと考えられる。

図 3.4.21 に発電効率の比較を、図 3.4.22 に排熱回収効率の比較を示す。発電効率は実測値の傾向を良く捉えている。排熱回収効率については発電効率に比べ実測値のばらつきが大きい。計算ではどの季節においても排熱回収効率の平均的な数値を概ね捉えられていると言えるが、冬期は実測値よりもやや高め、夏期・中間期はやや低めにでる傾向がある。



a) 計算値



b) 実測値

図 3.4.13 発電状況の比較(中間期)

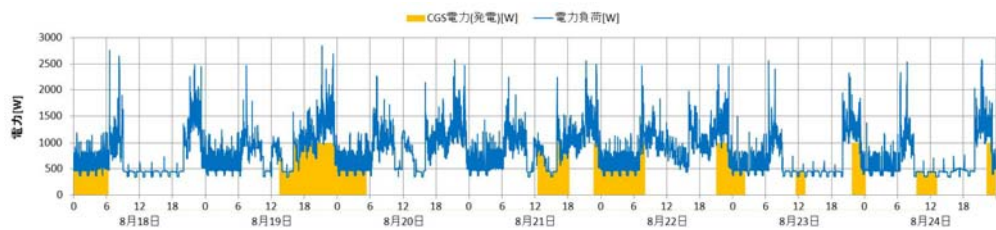


a) 計算値

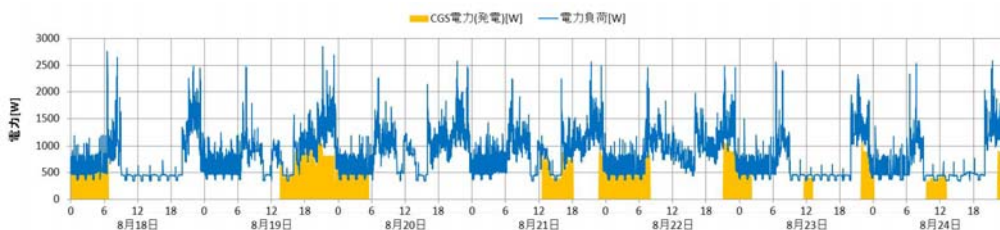


b) 実測値

図 3.4.14 発電状況の比較(冬期)

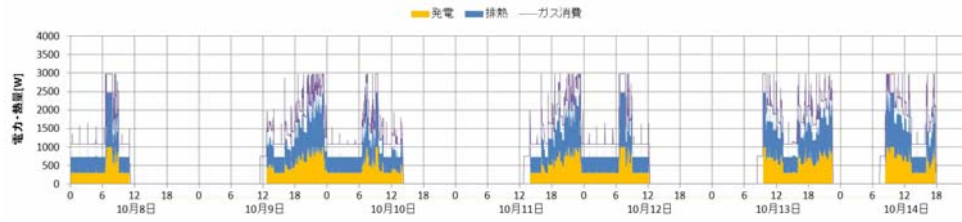


a) 計算値

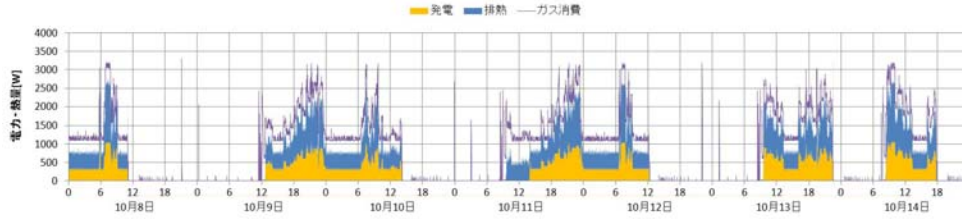


b) 実測値

図 3.4.15 発電状況の比較(夏期)

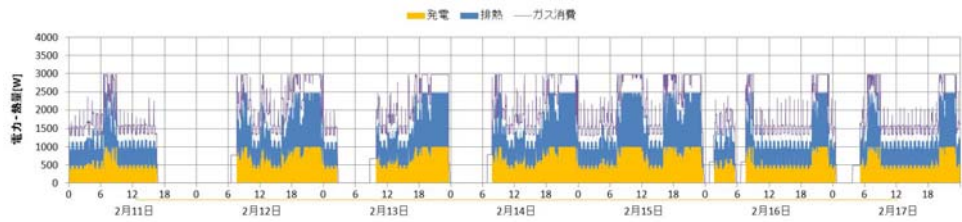


a) 計算値

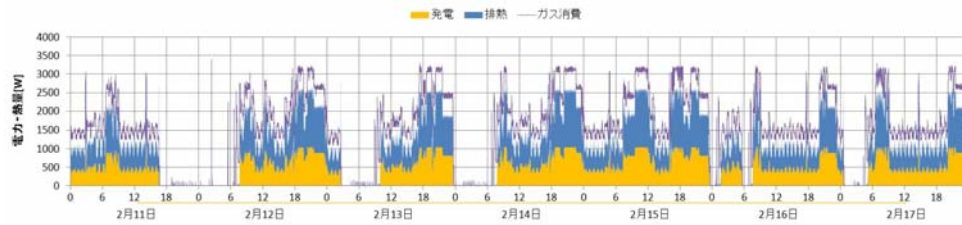


b) 実測値

図 3.4.16 発電量・排熱回収量・ガス消費量の比較(中間期)

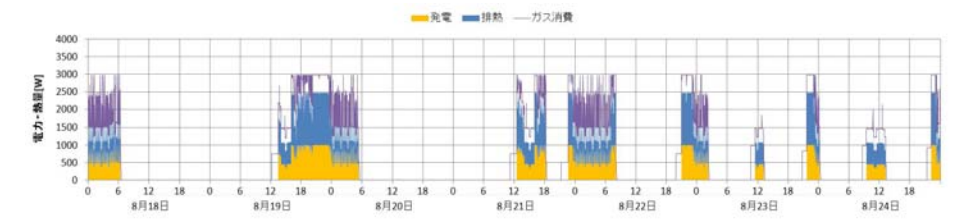


a) 計算値

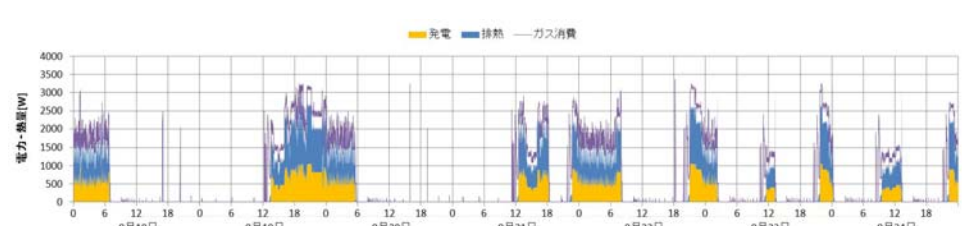


b) 実測値

図 3.4.17 発電量・排熱回収量・ガス消費量の比較(冬期)

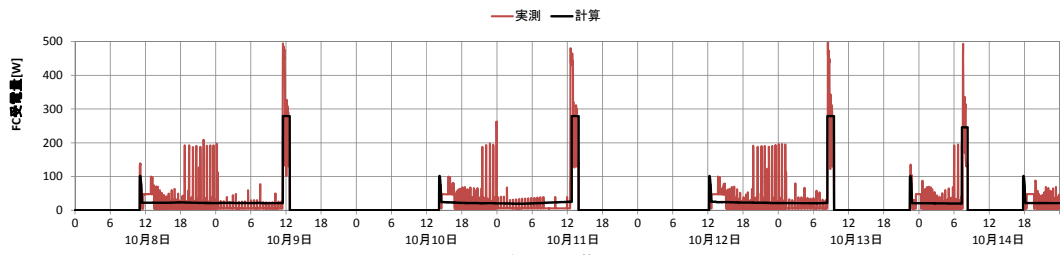


a) 計算値

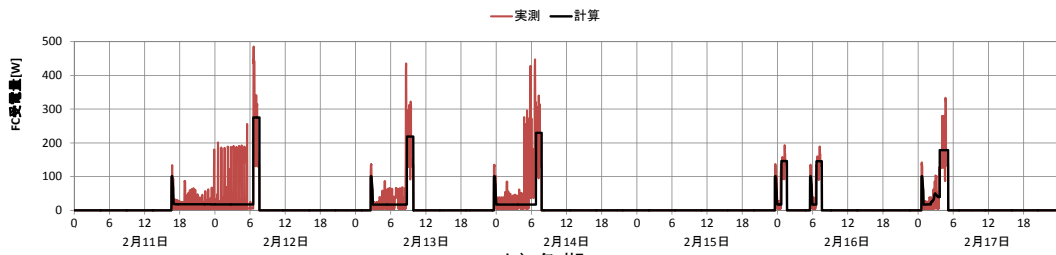


b) 実測値

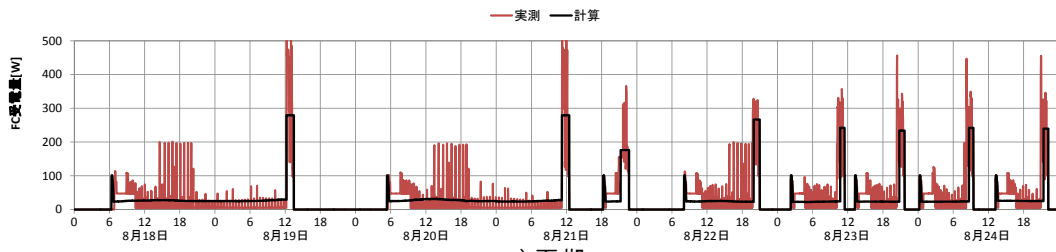
図 3.4.18 発電量・排熱回収量・ガス消費量の比較(夏期)



a) 中間期

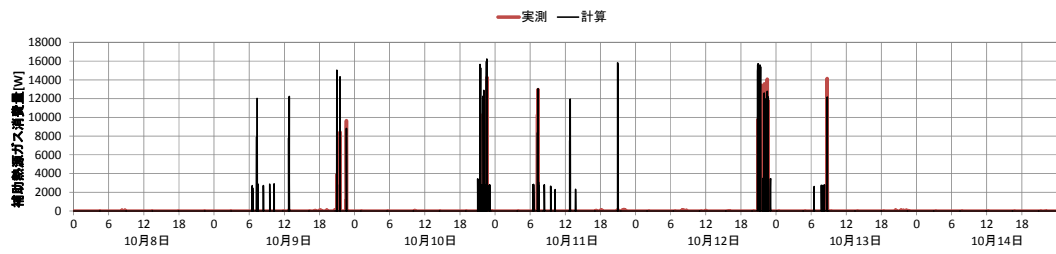


b) 冬期

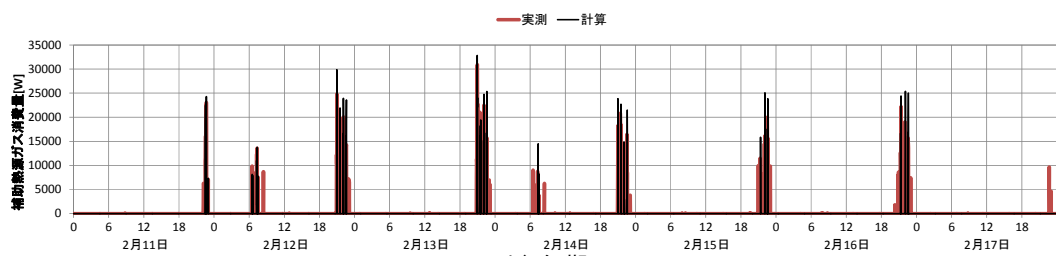


c) 夏期

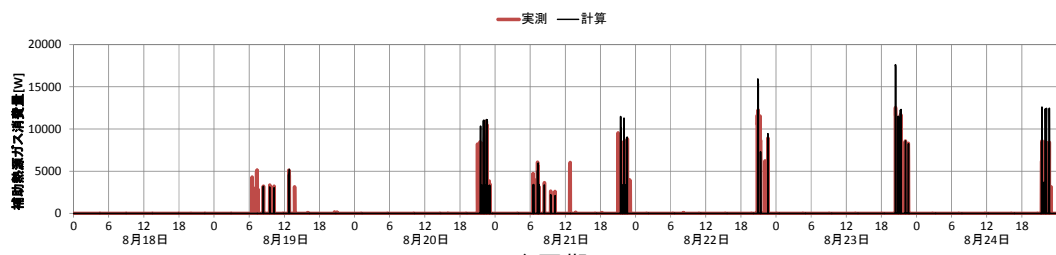
図 3.4.19 燃料電池受電量の比較



a) 中間期

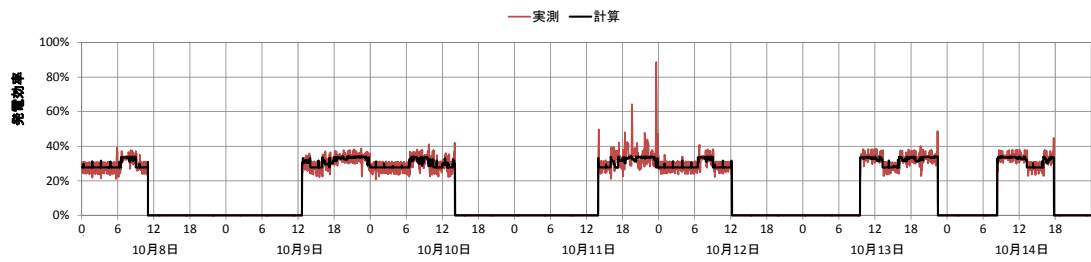


b) 冬期

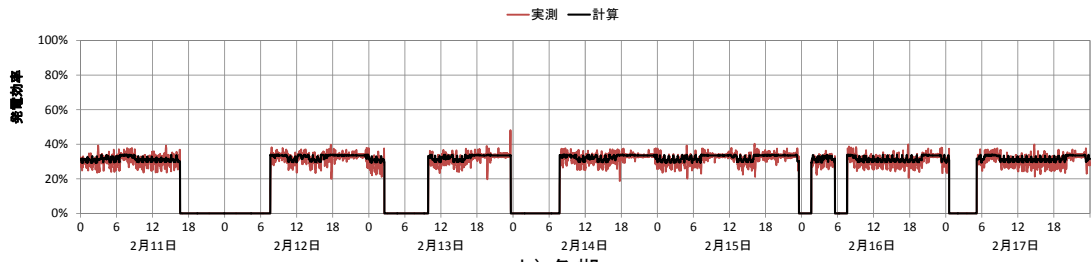


c) 夏期

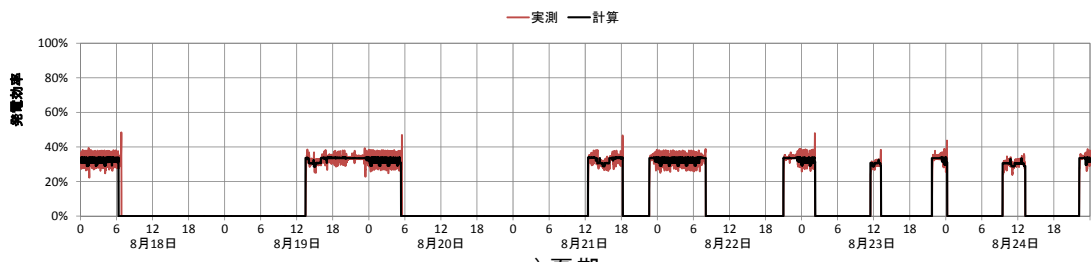
図 3.4.20 補助熱源機ガス消費量の比較



a) 中間期

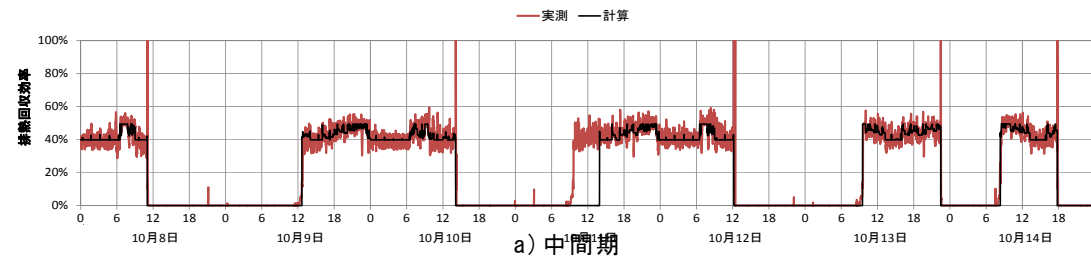


b) 冬期

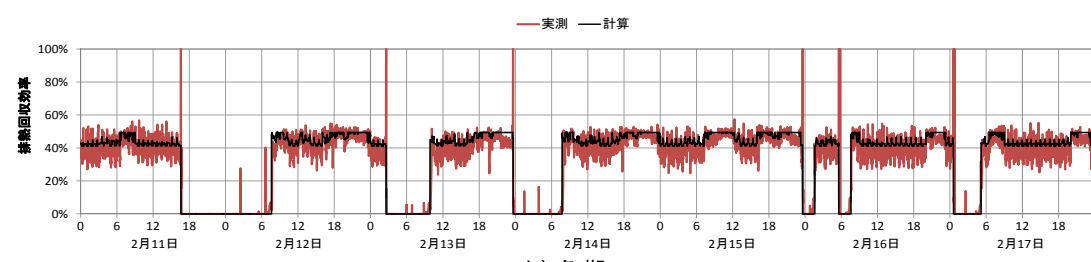


c) 夏期

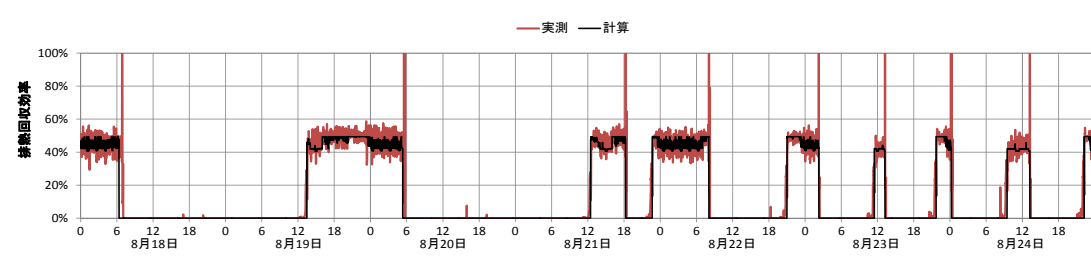
図 3.4.21 発電効率の比較



a) 中間期



b) 冬期



c) 夏期

図 3.4.22 排熱回収効率の比較

次に日積算値および期間全体の積算値による計算精度の検証を行う。図 3.4.23、図 3.4.24、図 3.4.25 に中間期、冬期、夏期のそれぞれにおける日積算値の比較を示す。

ON/OFF スケジュールを入力としているため、どの季節においても計算値の発電量(グラフ a))は概ね実測の傾向を捉えている。冬期や夏期では計算値の方が実測値を僅かに上回っている日が多い。実測では電力負荷が 1000W 以上あるにもかかわらず発電量が 1000W となっていない時間帯が時折見られ、これを計算値では再現できていないためと考えられる。

排熱回収量(グラフ b))についても概ね傾向を捉えている。冬期に計算値の排熱回収量が実測値よりも大きい日が見られるが、図 3.4.21 で示したように排熱回収効率が冬期には実測値よりも高めに計算されており、このことが影響している。

燃料電池受電量(グラフ c))は実測値と計算値で比較的乖離が大きい。計算では待機時の平均的な電力消費量を外気温度と相関のある特性式として表現しているが、その誤差が大きいものと考えられる。待機時の消費電力の特性式については見直しが必要である。特に中間期と夏期には計算値の方が大きく、冬期には実測値の方が大きいこと、また夏期よりも中間期により計算値の方が大きくなっていることから、単に外気温度との相関だけで特性を表現するには不適である可能性もある。ただし、燃料電池受電量はガス消費量などに比べ、絶対値が小さいため、全体のエネルギー消費量の誤差に与える影響は小さい。

燃料電池ガス消費量(グラフ d))は夏期にやや計算値の方が大きくなっているものの、全体的には実態をよく捉えていると言える。中間期の 22 日目に大きな乖離が見られるが、これは b) 実測値

図 3.4.16 で示した発電が行われずに排熱回収だけが行われた日であり、他の日のガス消費量の状況から考えてイレギュラーな運転であったことが分かる。

補助熱源ガス消費量(グラフ e))は全般的に誤差が大きい。前述の通り、補助熱源が動くかどうかはタンクの蓄熱状況によるため、タンクの状態を正確に再現する必要があり、補助熱源ガス消費量を正確に計算することはシミュレーションにおける最も難しい点の一つと言える。計算開始時のタンクの状態をどのようにあたえるかによっても結果が変わるため、出来るだけ計算の初期条件としてタンクの実際状況に近い初期条件を与えることも重要となる。

出湯熱量(グラフ f))については夏期に乖離が大きい。今回の計算では、出湯量だけを入力とし、出湯温度については設定温度(実験を行った際は 40℃と設定していたが、本計算では実際の出湯温度の測定結果から 38.5℃と設定)になるものとして計算を行った。設定温度ではなく実際の出湯温度を入力とすればより計算精度は向上するものと考えられる。

発電効率(グラフ g))については、図 3.4.21 でも示したとおり、よく傾向を捉えている。排熱回収効率(グラフ h))については、冬期は実測値よりも計算値が高く、夏期は逆になる傾向がある。特性式に外気温度に関する因子を取り込むなどすれば、より精度を向上できる可能性がある。

一次エネルギー消費量(グラフ i))は冬期に実測値よりも計算値の方が小さい日が多い。その他の季節では概ね傾向を捉えられており、特に夏期に良く一致している。

最後に省エネ量(グラフ j))についてみると、一次エネルギー消費量と同様に中間期・夏期はよく傾向を捉えており、冬期に誤差が大きい結果であった。なお、省エネ量は従来型ガス給湯器(効率 0.736)と系統電力により住宅のエネルギーを賄ったと仮定した場合のエネルギー消

費量と計算結果あるいは実測結果のエネルギー消費量との差を取ったものである。給湯負荷が実測と計算とで異なるため、比較対象となる従来システムのエネルギー消費量も実測と計算とで異なる。

中間期、冬期、夏期のそれぞれにおける期間通算の日平均値の実測値と計算値の比較を表 3.4.7 に示す。中間期、冬期では燃料電池受電量および補助熱源機ガス消費量の誤差が大きい。燃料電池受電量については待機時の特性式の見直しによって改善される可能性がある。また、燃料電池受電量はエネルギー消費量の全体に占める割合が小さいため、誤差は大きいものの全体に対する影響は小さい。補助熱源機のガス消費量の誤差については排熱回収量の誤差が強く影響しているものと考えられる。排熱回収量について各季節で計算値から実測値を引くと、中間期-0.36、冬期 0.93、夏期 0.07 となるが、補助熱源機ガス消費量について同様の数値を計算すると中間期 0.47、冬期 1.01、夏期-0.07 となり、絶対値はほぼ同じで符号が逆転していることが分かる。これは排熱回収効率の計算誤差により排熱回収量が減った(増えた)分、補助熱源機のガス消費量が増えた(減った)ことを表している。したがって、排熱回収効率の誤差を小さくすることが、補助熱源機のガス消費量の誤差を小さくすることに寄与すると考えられる。補助熱源機は熱負荷が大きい冬期により稼働し、夏期は稼働が少ないため、誤差の絶対値は冬期ほど大きく、夏期は小さい。そのため、一次エネルギー消費量の誤差も冬期ほど大きく夏期に小さい結果となっている。このことから、現状の計算プログラムは給湯負荷が大きい場合に誤差が大きくなり、給湯負荷が小さければ誤差も小さいことが予想される。一次エネルギー消費量の誤差は中間期で-1.9%、冬期で-3.6%、夏期で-1.1%となり、エネルギー消費量を推計する上では十分な精度を持っていると言える。一方で、従来システムと比較した省エネ量で見ると誤差は中間期に 14.7%、冬期に 20.9%と大きかった。

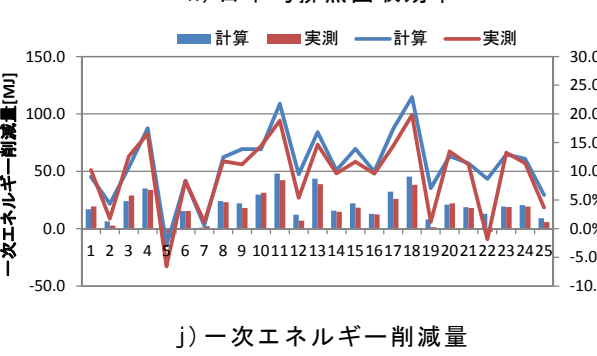
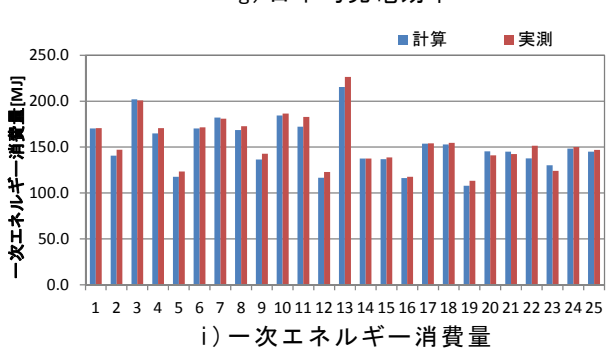
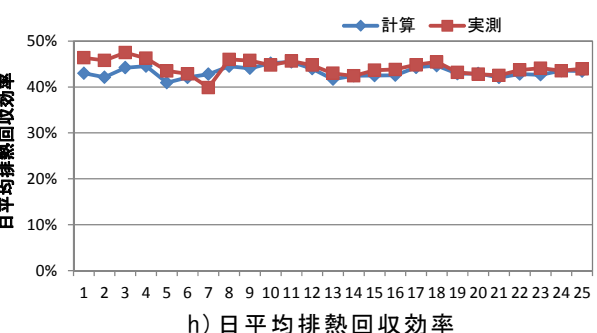
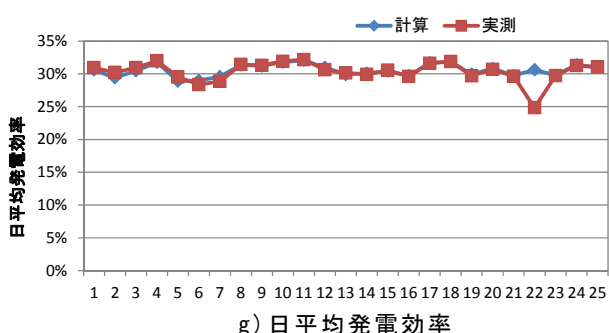
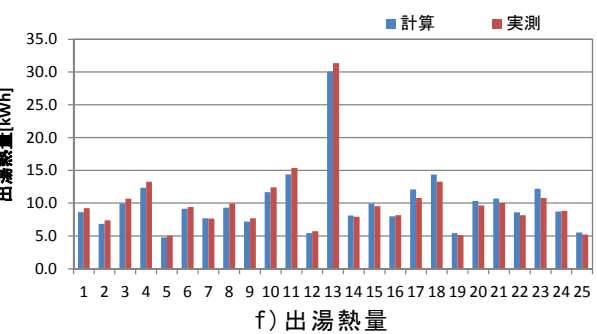
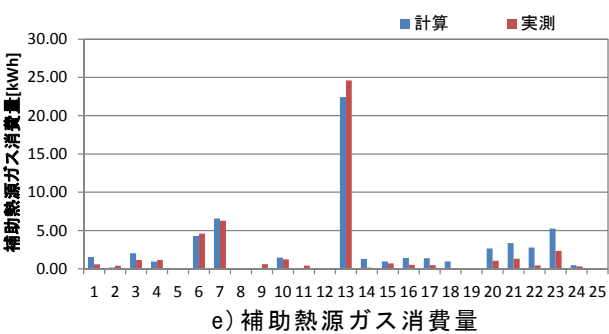
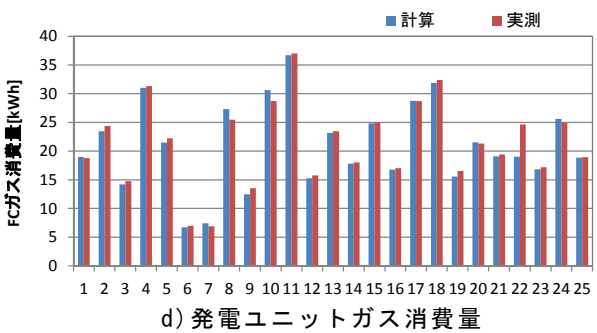
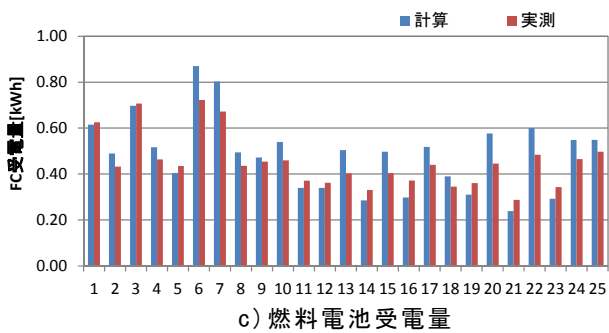
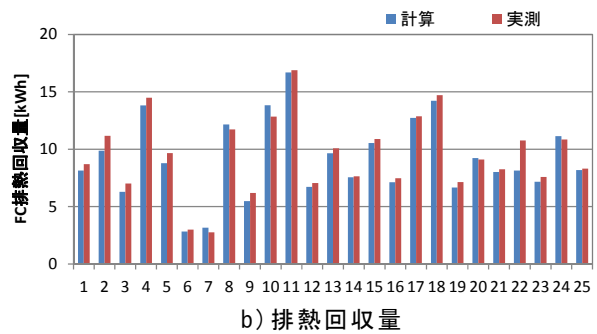
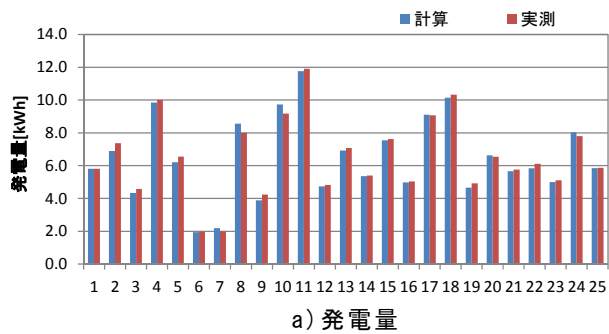
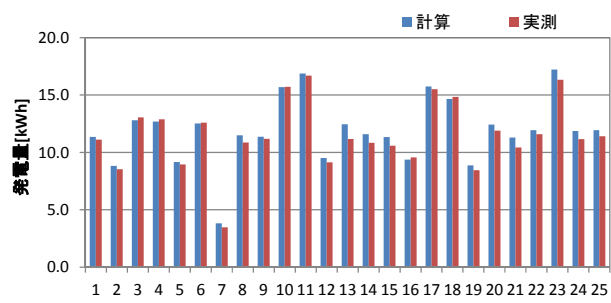
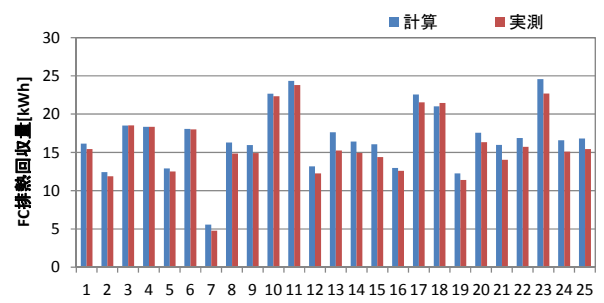


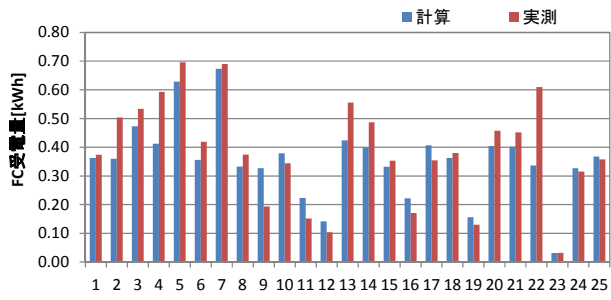
図 3.4.23 日積算値による実測値と計算値の比較(中間期)



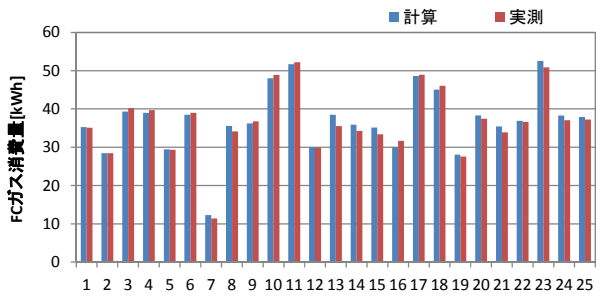
a) 発電量



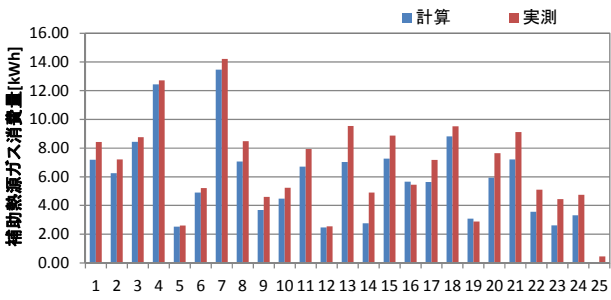
b) 排熱回収量



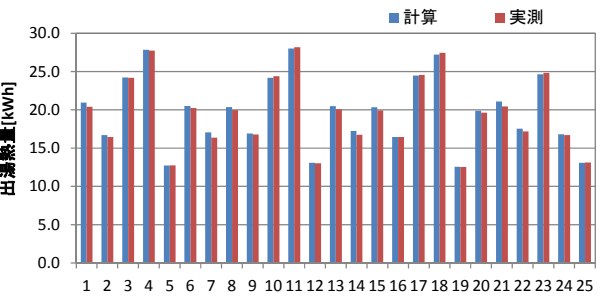
c) 燃料電池受電量



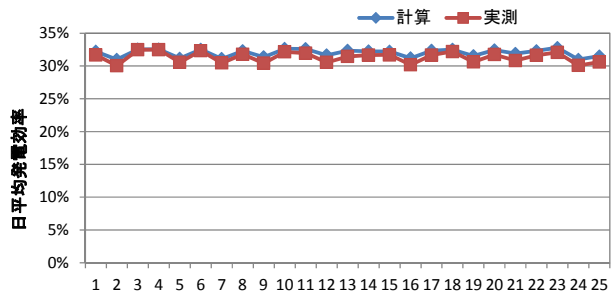
d) 発電ユニットガス消費量



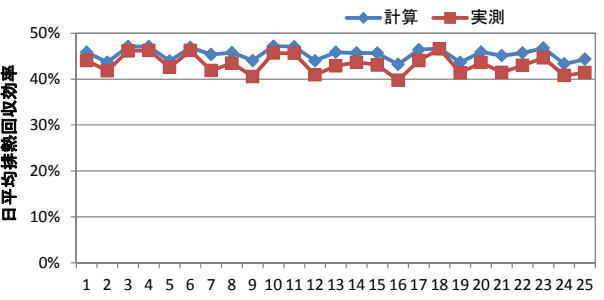
e) 補助熱源ガス消費量



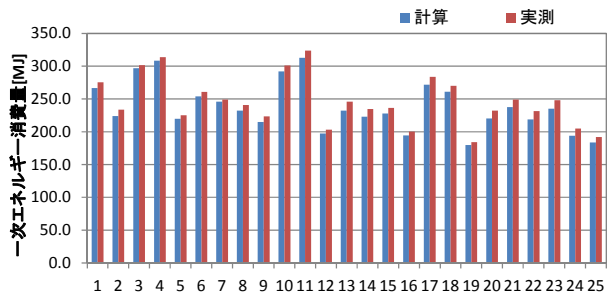
f) 出湯熱量



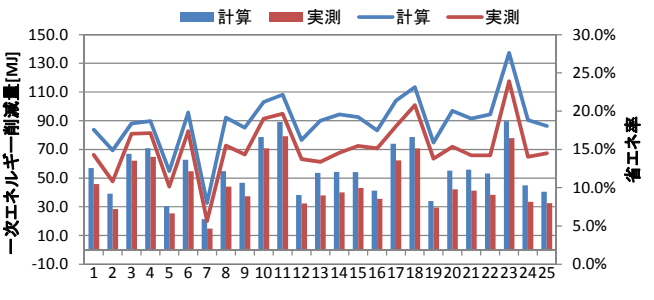
g) 日平均発電効率



h) 日平均排熱回収効率

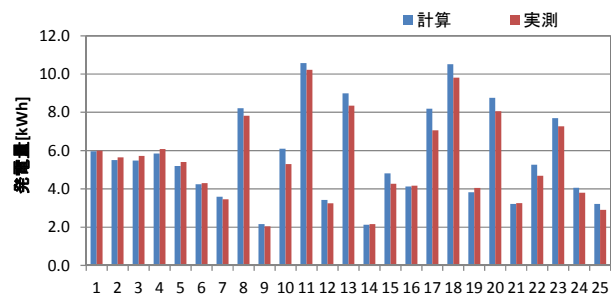


i) 一次エネルギー消費量

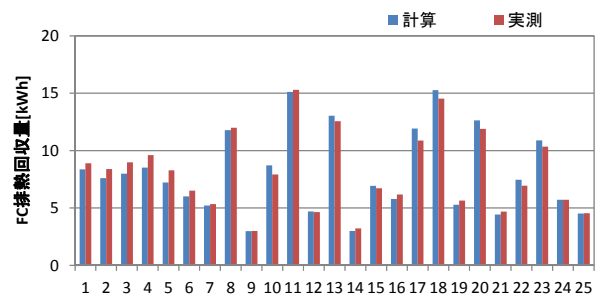


j) 一次エネルギー削減量

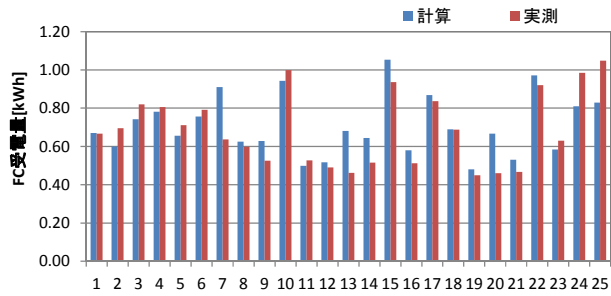
図 3.4.24 日積算値による実測値と計算値の比較(冬期)



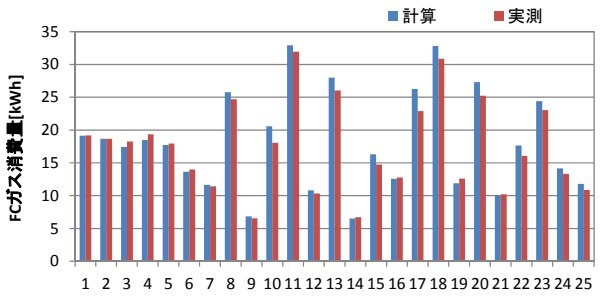
a) 発電量



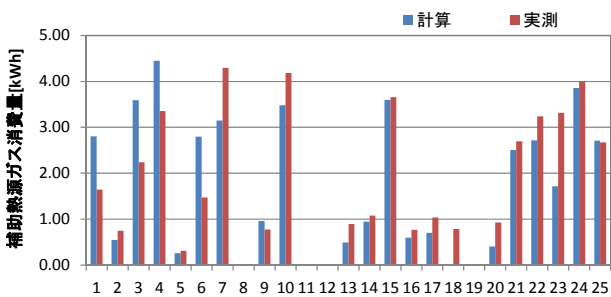
b) 排熱回収量



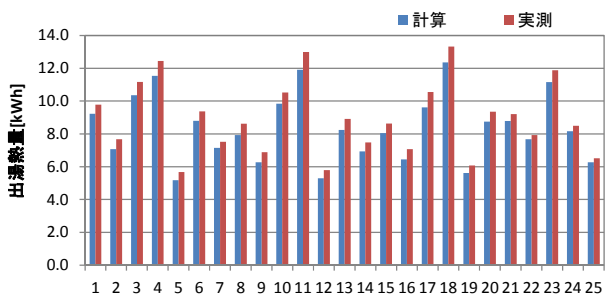
c) 燃料電池受電量



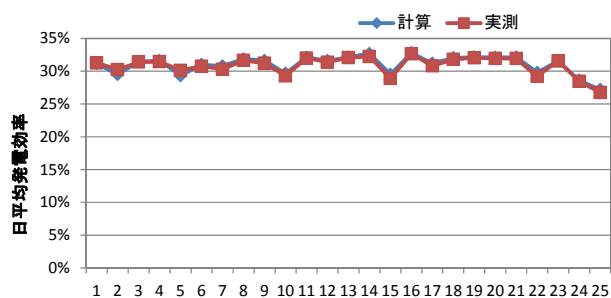
d) 発電ユニットガス消費量



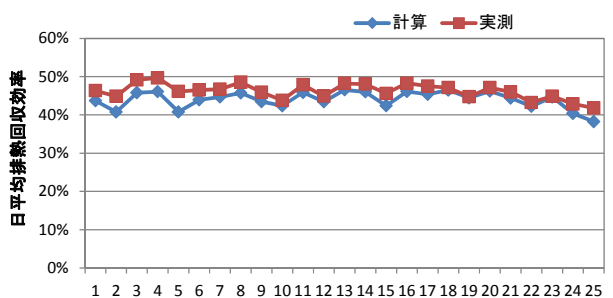
e) 補助熱源ガス消費量



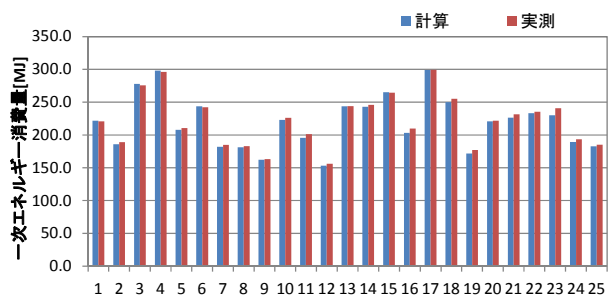
f) 出湯熱量



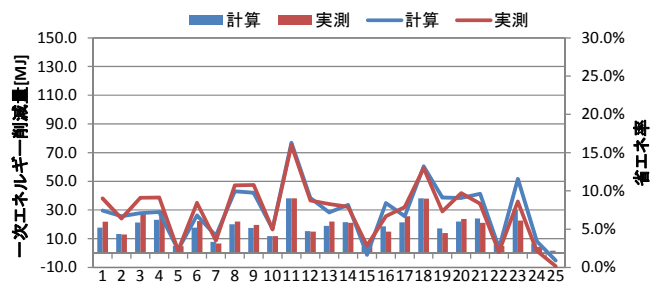
g) 日平均発電効率



h) 日平均排熱回収効率



i) 一次エネルギー消費量



j) 一次エネルギー削減量

図 3.4.25 日積算値による実測値と計算値の比較(夏期)

表 3.4.7 日平均値の比較

期間日平均値		中間期			冬期			夏期		
		計算	実測	誤差	計算	実測	誤差	計算	実測	誤差
電力負荷	[kWh]	12.63			20.13			20.12		
給湯熱量	[kWh]	10.06	10.11	-0.5%	19.77	19.61	0.8%	8.35	8.96	-6.8%
発電量	[kWh]	6.47	6.52	-0.9%	11.87	11.52	3.0%	5.64	5.40	4.5%
排熱回収量	[kWh]	9.13	9.49	-3.8%	16.87	15.94	5.8%	8.04	8.11	-0.8%
燃料電池受電量	[kWh]	0.49	0.45	7.7%	0.35	0.39	-8.3%	0.71	0.69	3.1%
燃料電池ガス消費量	[kWh]	21.02	21.34	-1.5%	36.98	36.63	1.0%	18.14	17.43	4.1%
補助熱源機ガス消費量	[kWh]	2.40	1.93	24.2%	5.70	6.71	-15.1%	1.69	1.76	-4.1%
発電効率	[%]	0.31	0.31	0.6%	0.32	0.31	2.0%	0.31	0.31	0.4%
排熱回収効率	[%]	0.43	0.44	-2.3%	0.46	0.44	4.8%	0.44	0.47	-4.7%
一次エネルギー消費量	[MJ]	151.93	154.80	-1.9%	237.79	246.58	-3.6%	219.63	222.10	-1.1%
一次エネルギー消費量 (従来システム想定)	[MJ]	172.44	172.69	-0.1%	293.20	292.40	0.3%	237.23	240.22	-1.2%
省エネ量	[MJ]	20.51	17.89	14.7%	55.42	45.82	20.9%	17.60	18.12	-2.9%
省エネ率	[%]	0.12	0.10	14.8%	0.19	0.16	20.6%	0.07	0.08	-1.7%

(4) 遺伝的アルゴリズムを用いた最適スケジュール計算による学習機能の評価

PEFC やガスエンジン CGS は、学習機能によって ON/OFF スケジュールが決定されるため、学習機能の良し悪しが機器の省エネ性の評価に含まれる。学習機能の性能を評価する方法として、与条件となる負荷に対する最適な運転スケジュールとその際のエネルギー消費量を算出し、学習機能の予測が外れることによってどれだけエネルギー消費量がどれだけ増えるのかを割り出す方法が考えられる。この学習機能によるエネルギー消費量の増加率を学習係数とし、シミュレーションによる学習係数の算出を試みた。エネルギー消費量が最適値と比べて 10% 増えている場合には学習係数 1.1 と表記する。

1) 計算の概要

最適スケジュールの算出は遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて行った。図 3.4.26 に最適スケジュール適用の模式図を示す。燃料電池がタンクを有し、タンクの状態が翌日のエネルギー消費量に影響することから、最適化は計算対象日とその翌日の 2 日分の負荷データを入力として 2 日分の最適スケジュールを算出した上で、計算対象日のスケジュールのみを適用する方法を取った。スケジュールの遺伝子表現について図 3.4.27 に示す。遺伝子 1 で始めの運転開始時刻を 10 分刻みで指定し、遺伝子 2~4 は残り時間に対する比率で運転停止あるいは運転開始時刻を表現する。2 日間で最大 2 回起動されるが、遺伝子 2 が 200 となる場合など、遺伝子に選択された数値によっては運転が 1 回となることもある。また、図は 1 日目開始時点で燃料電池が停止している状態を想定したものであり、1 日目開始時点で燃料電池が運転中である場合には、図中の ON と OFF が逆転することになる。この遺伝子表現による組み合わせは 2 億 8800 万通りとなる。なお、ON と OFF の時間が非常に短い選択肢となることも考えられるが、遺伝子からスケジュールを作成する際に起動時間および停止時間が確保されるよう補正をかけている。1 日分の計算は、1 世代 80 個体として 500 世代計算した。

計算対象日は中間期として 2007 年 10 月 8 日~10 月 14 日、冬期として 2008 年 2 月 11 日~2 月 17 日、夏期として 2008 年 8 月 18 日~8 月 24 日とした。いずれも前節の精度検証

で使用した期間の一部となっている。入力データの項目は図 3.4.11 で示したのものから、運転スケジュールを除いたものである。また、各期間の初日の計算の際は、前節での計算で算出した計算開始時点の運転状態を与えて、計算した。2 日目以降は最適スケジュールを適用した後の最終時刻の運転状態を翌日の最初の時刻に引き継ぎ計算を行った。

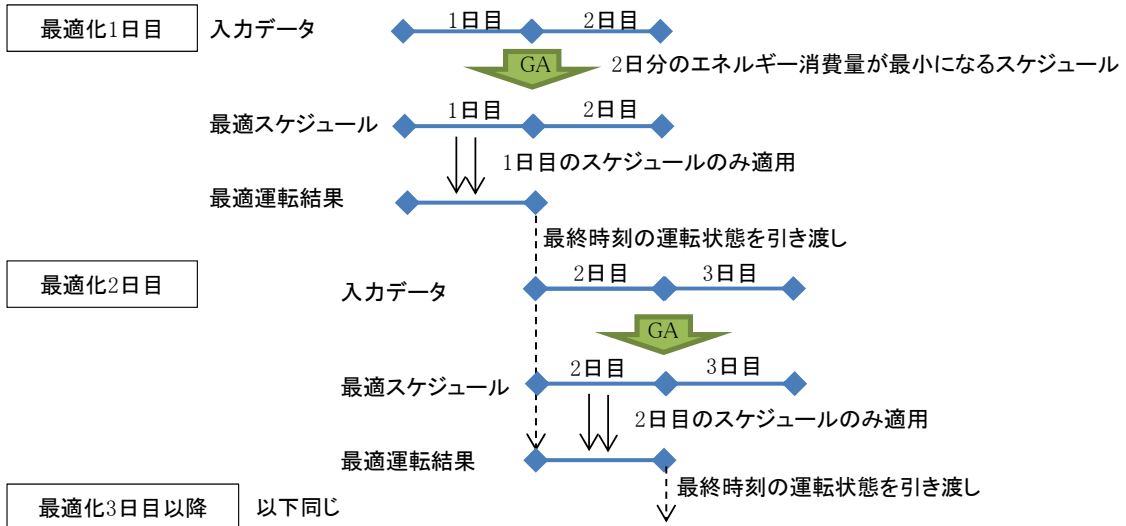


図 3.4.26 最適スケジュール適用の模式図

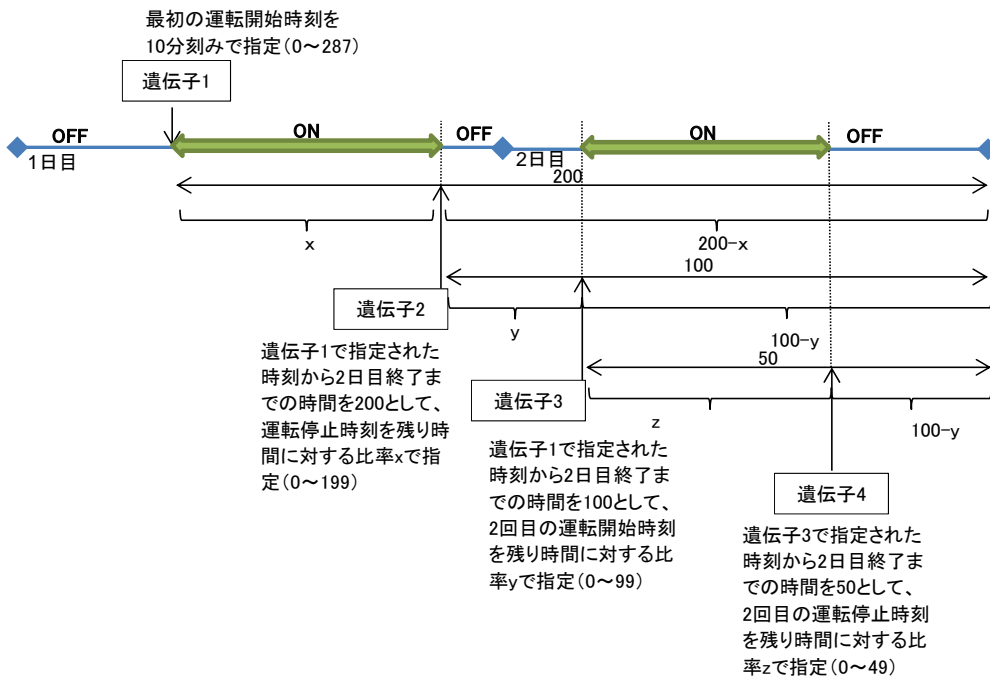


図 3.4.27 スケジュールの遺伝子表現

1) 計算結果

図 3.4.28、図 3.4.29、図 3.4.30 に各季節の実測スケジュールと最適スケジュールにおける発電状況の比較を示す。実測スケジュールとは、実測結果より算出したスケジュールを適用

して計算を行った場合を表し、前節の精度検証で示した「計算」の結果と同一である。したがって、実測スケジュール、最適スケジュールとも計算結果である。

中間期の最適スケジュールでは実測スケジュールに比べ、起動回数が増加している。実測スケジュールでは2日に1回程度起動し、夜間も連続して運転を行っている日が多いが、最適スケジュールでは一日一回起動し、電力負荷が小さい夜間は停止する日が増えている。負荷率が低下すると効率が低下することが要因と考えられる。

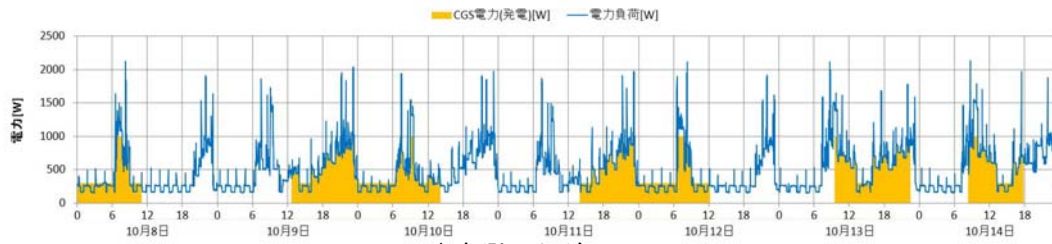
冬期の最適スケジュールは実測スケジュールに近いが、運転時間が増加していることが確認できる。給湯負荷が大きい冬期は、運転時間を延ばして燃料電池から供給する熱量を増やすことで効率が上がるものと考えられる。

夏期の最適スケジュールでは、起動回数はやや減少している。特に、実測スケジュールにみられる短時間の運転(例えば8月23日12時前後)がなくなり、まとまった運転となっていることが特徴である。こうした短時間の運転は学習による負荷予測がうまくいかずに起こったものと考えられ、最適スケジュールではまとまって運転できる時間帯が選択される結果となった。

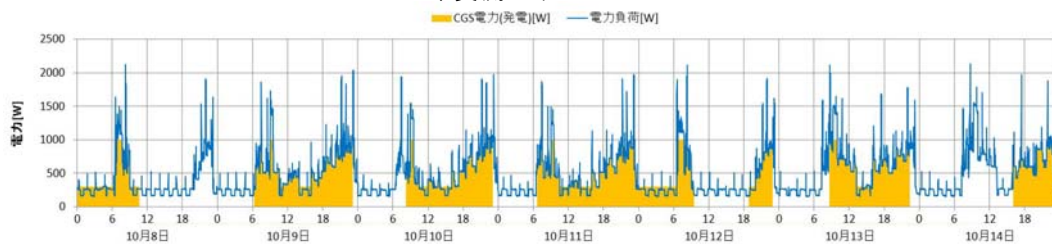
図 3.4.31 に中間期における給湯負荷・排熱回収量・貯湯タンク熱量の比較を示す。最適スケジュールにおける貯湯タンク熱量をみると風呂の湯張りが行われる20時前後の時刻に11kWh程度になっている日が多い。また、排熱回収がなされる時間帯は風呂でのシャワー出湯が終わる23時30分頃に終了している日が多く、出湯の多い夜に向けて午前中から発電及び排熱回収を行い、風呂の湯張り前に満蓄として、その後シャワー出湯まで運転するスケジュールが最適となっている。なお、10月8日および10月14日は湯張りを行わないスケジュールであり、他の日とは傾向が異なる。図 3.4.32 に補助熱源ガス消費量の比較を示す。補助熱源ガス消費量は実測スケジュールに比べて大幅に減少していることが確認できる。湯張り開始前に満蓄とする運転により、最適スケジュールでは補助熱源ガス消費量を減らすことができている。

図 3.4.33 に冬期における給湯負荷・排熱回収量・貯湯タンク熱量の比較を、図 3.4.34 に補助熱源ガス消費量の比較を示す。冬期においても風呂の湯張り開始前に満蓄とする運転が最適スケジュールとして選択されていると言える。最適スケジュールにおける補助熱源ガス消費量は中間期に比べれば多いものの、実測スケジュールと比べ減らすことができている。

図 3.4.35 に夏期における給湯負荷・排熱回収量・貯湯タンク熱量の比較を、図 3.4.35 に補助熱源ガス消費量の比較を示す。夏期においても風呂の湯張り開始前に満蓄とする最適スケジュールの傾向は変わらない。給湯負荷が小さいため運転時間は短くなっている。また、湯張りが行われないうちタンクに熱を蓄え昼間は運転しないスケジュールが選択されている。給湯負荷が小さくなると、起動・停止にかかるエネルギーの影響が大きくなり、運転回数を減らす運転が選択されたものと考えられる。最適スケジュールにおける補助熱源ガス消費量は中間期と同様に実測スケジュールと比べ少ない



a) 実測スケジュール



b) 最適スケジュール

図 3.4.28 発電状況の比較(中間期)

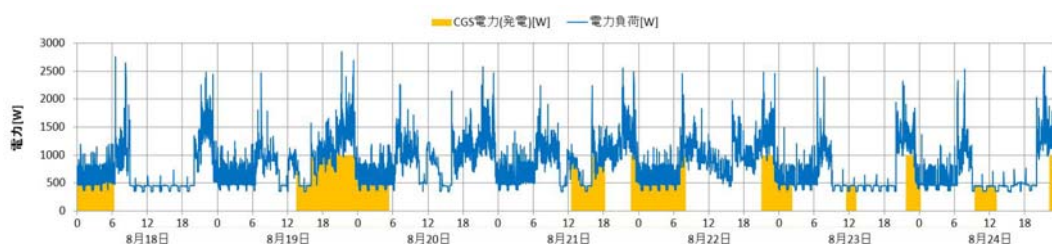


a) 実測スケジュール

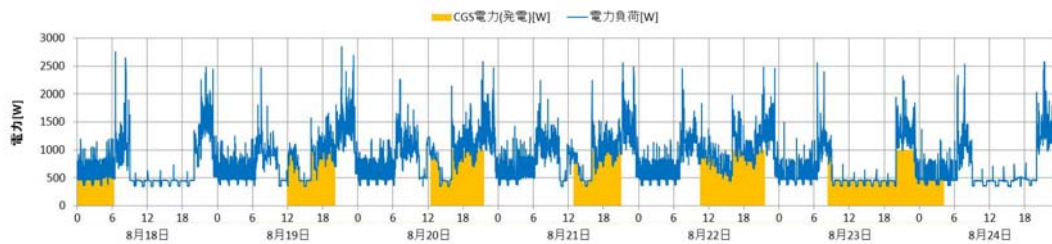


b) 最適スケジュール

図 3.4.29 発電状況の比較(冬期)

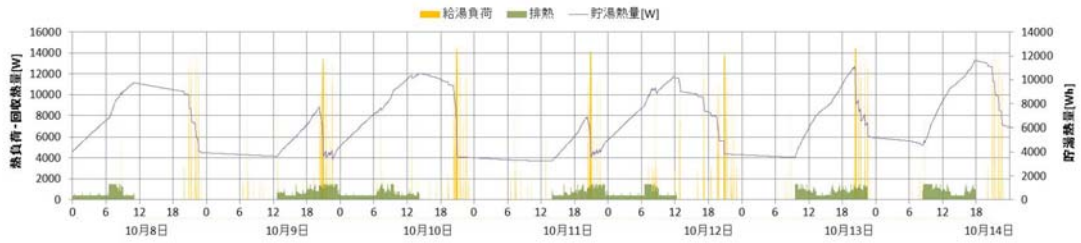


a) 実測スケジュール

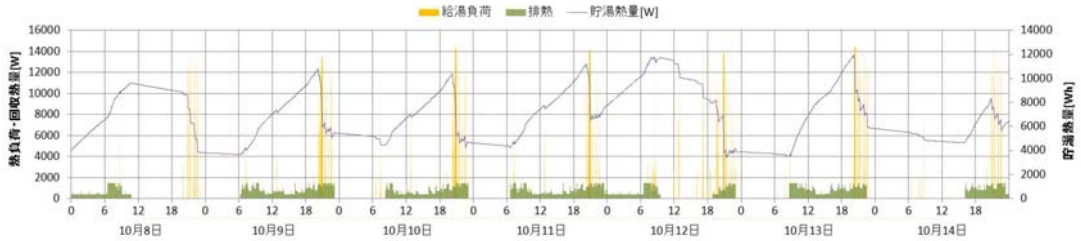


b) 最適スケジュール

図 3.4.30 発電状況の比較(夏期)



a) 実測スケジュール



b) 最適スケジュール

図 3.4.31 給湯負荷・排熱回収量・貯湯タンク熱量の比較(中間期)

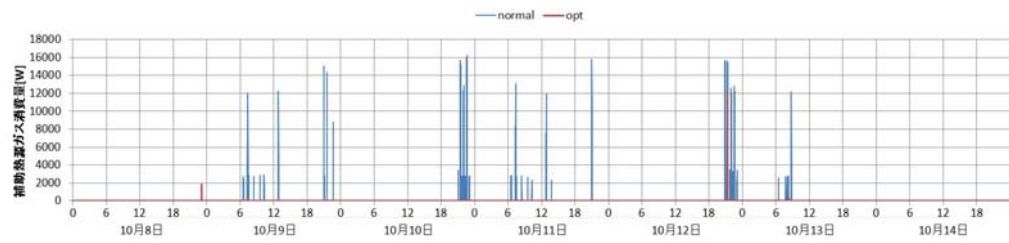
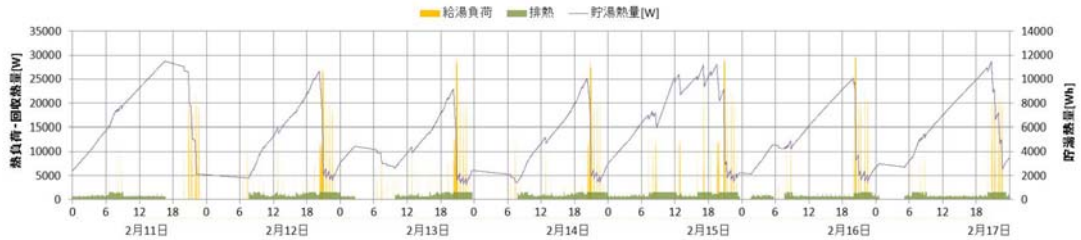
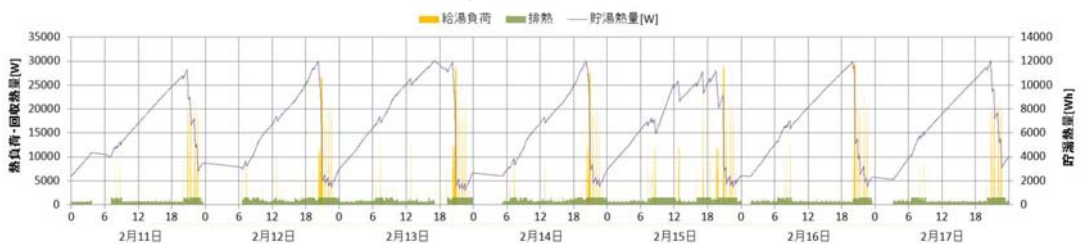


図 3.4.32 補助熱源ガス消費量の比較(中間期)



a) 実測スケジュール



b) 最適スケジュール

図 3.4.33 給湯負荷・排熱回収量・貯湯タンク熱量の比較(冬期)

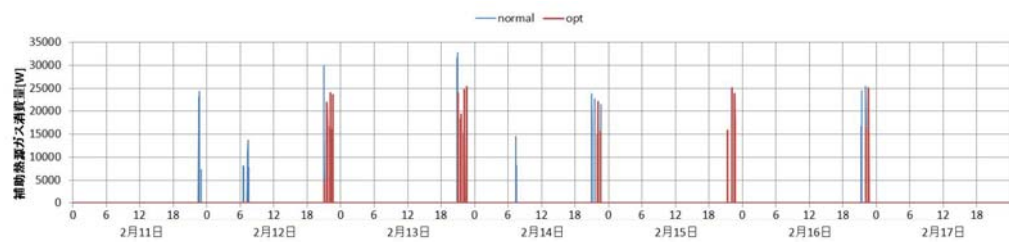
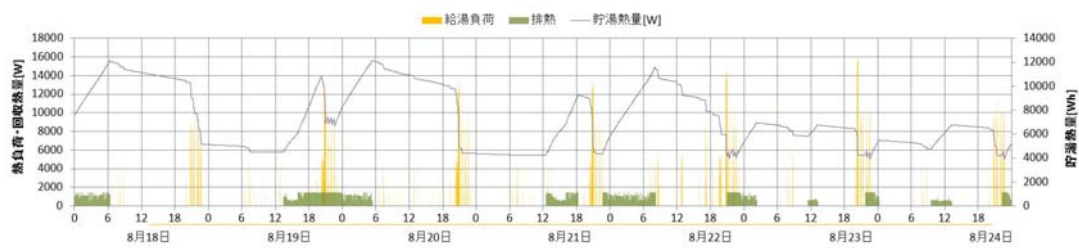
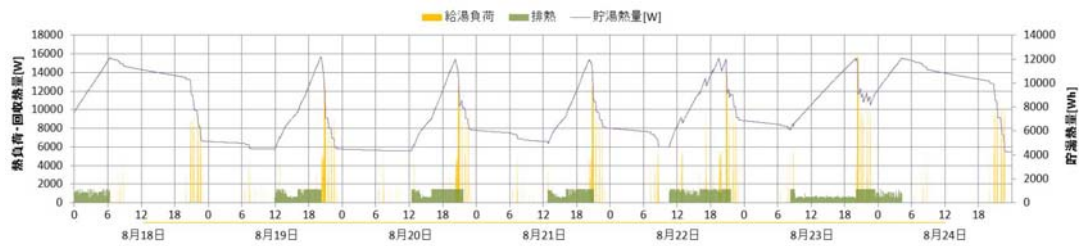


図 3.4.34 補助熱源ガス消費量の比較(冬期)



a) 実測スケジュール



b) 最適スケジュール

図 3.4.35 給湯負荷・排熱回収量・貯湯タンク熱量の比較(夏期)

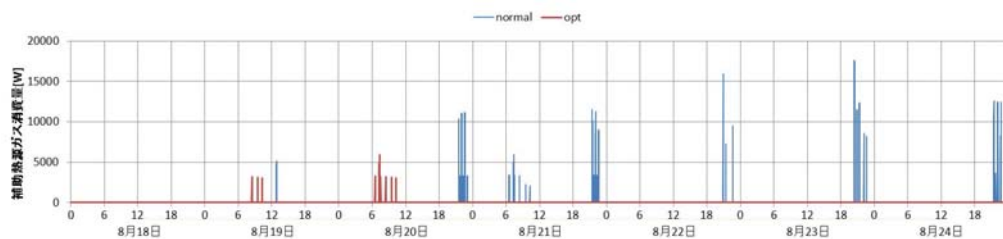


図 3.4.36 補助熱源ガス消費量の比較(夏期)

中間期における最適スケジュールと実測スケジュールの計算結果の日積算値比較を図 3.4.37 に示す。発電量(グラフ a))は、実測スケジュールに比べ最適スケジュールでやや増加している。それに伴い排熱回収量(グラフ b)) および燃料電池ガス消費量(グラフ d))も最適スケジュールの方が多し。受電量については、運転時間が増加した場合、待機時間が減少し待機電力削減に繋がるため、減少することになる。しかし、起動にかかる電力消費があるため起動回数が増えれば、電力消費量は増加することになる。その結果、運転時間が減少した 8 日と 14 日、および起動回数が増えた 10 日および 12 日において受電量が増加する結果となった。補助熱源ガス消費量(グラフ e))は最も顕著な違いが現れ、最適スケジュールでは実測スケジュールに比べ大幅に減少していることが分かる。できるかぎり燃料電池の排熱で給湯負荷を賄うことが省エネルギーに繋がるものと推測される。発電効率(グラフ g))および排熱回収効率(グラフ h))については、最適スケジュールと実測スケジュールでほとんど差がない。発電時間帯が変わっているものの負荷率はほとんど変わらなかったものと考えられる。一次エネルギー消費量(グラフ i))はやや最適スケジュールのほうが少なく、省エネルギー量(グラフ j))から 8 月 9 日～12 日の減少が大きいことが確認できる。これは補助熱源ガス消費量(グラフ e))が大きく減少した日に一致する。

冬期における最適スケジュールと実測スケジュールの計算結果の日積算値比較を図 3.4.38 に示す。冬期においても、発電量(グラフ a))は実測スケジュールに比べ最適スケジュールでやや増加しているが、増加した比率は中間期ほどではない。図 3.4.28 から分かるように、実

測スケジュールにおいてもほとんどの時間運転している状況であり、増加できる余地が非常に少ないためと考えられる。発電量の増加に伴って、排熱回収量(グラフ b)) および燃料電池ガス消費量(グラフ d))は最適スケジュールでやや増加している。受電量については、起動回数がほぼ変わらないため、運転時間が増加し待機電力が削減されて減少している。補助熱源ガス消費量(グラフ e))については中間期ほど顕著ではないものの、すべての日で最適スケジュールの方が実測スケジュールよりも減少している。図 3.4.34 より、最適スケジュールにおける補助熱源の稼働時刻がすべて風呂の湯張り後のシャワーの時間帯であり、この時間帯はいずれも発電を行っていることから、タンク容量の不足により湯張り前に満蓄としていても給湯負荷をすべて賄うことができないものと考えられる。このことからできるかぎり燃料電池の排熱で給湯負荷を賄うことが省エネルギーに繋がるという中間期の検討で得られた結論と同様、冬期においても補助熱源の稼働を極力減少させるスケジュールが選択されているものと推測される。中間期同様、発電効率(グラフ g))および排熱回収効率(グラフ h))については、最適スケジュールと実測スケジュールでほとんど差がない。一次エネルギー消費量(グラフ i))はやや最適スケジュールのほうが少なく、省エネルギー量(グラフ j))から 2 月 15 日と 17 日を除いて省エネ効果が得られていることが確認できる。15 日と 17 日以外は補助熱源ガス消費量(グラフ e))が最適スケジュールにおいて減少しており、やはり補助熱源による出湯を減らすことが省エネに繋がると言える。

夏期における最適スケジュールと実測スケジュールの計算結果の日積算値比較を図 3.4.39 に示す。発電量(グラフ a))は、実測スケジュールに比べ最適スケジュールで増加している日が多く、中間期、冬期の傾向と一致する。受電量(グラフ c))については、運転時間が増加し、待機時間が減少したことにより最適スケジュールの方が少ない日が多い。中間期と同様、最も顕著な違いが現れたのは補助熱源ガス消費量(グラフ e))であり、最適スケジュールでは実測スケジュールに比べ大幅に減少している。発電効率(グラフ g))および排熱回収効率(グラフ h))については、中間期や冬期と異なり、やや最適スケジュールで向上が見られる。発電時間帯が変わり負荷率が上昇したことが影響しているものと考えられる。一次エネルギー消費量(グラフ i))はやや最適スケジュールのほうが少なく、特に後半の日程でより減らすことができている。発電効率(グラフ g))をみると、実測スケジュールでは後半の日程で前半に比べ低下しており、最適スケジュールでは前半同様の効率を維持していることが分かる。このことと、補助熱源ガス消費量を減少できたことにより、より高い省エネルギー効果を得られたと言える。なお、8 月 20 日において最適スケジュールよりも実測スケジュールの方がエネルギー消費量が少ない要因として、2 点上げられる。一つは、最適化を行う際に 2 日分のデータから 2 日合計のエネルギー消費量が最小となるスケジュールを選択するようにしたことである。8 月 20 日のスケジュールは 8 月 20 日および 21 日のエネルギー消費量が最小となるものが選択されるようになるため、20 日にエネルギー消費量が増加したとしても、21 日によりエネルギー消費量がより削減されれば、そのスケジュールが最適と判断される。実際、21 日のエネルギー消費量は 20 日の増分以上に減少している。もう一つは、図 3.4.35 から分かるように実測スケジュールでは、19 日の夜間から 20 日の深夜にかけての発電により蓄えられたタンクの熱量により、20 日の出湯の多くが賄われたことである。19 日に蓄えられた熱を 20 日に消費したことにより 20 日のガスのエネルギー消費量が減少し、実測スケジュールの一次エネルギー消費量が少なくなっている。

以上の結果より、最適スケジュールの計算結果には一定の傾向が見られた。すべての季節に共通に見られたのは、補助熱源ガス消費量を減少させることにより省エネ効果が得られるこ

とである。補助熱源ガス消費量を減少させるには、学習によりどの時刻にどれだけの出湯があるかを正確に予測することが必要であるがそれは困難である。また、起動停止に関する制約として、エネルギーの浪費を防止する観点から対象としたPEFCは満蓄になると運転を停止する仕様となっていること、起動回数は機器劣化の防止や省エネ性などの観点から原則一日一回となっていることが挙げられる。そのため、学習の予測がはずれ早めに満蓄となると、その後起動できないという制約がある。これにより出湯時刻が予測よりも遅くなったとしても機器を停止せずに運転を続けることができる。こうした制御方法を取ることは予測が外れる可能性がある学習機能にとって不可避であるが、省エネルギー効果が低減する要因となる。

また、省エネルギー効果が得られるもう一つの要因として、夏期に見られたように発電効率を上げることが挙げられる。夏期のように給湯負荷が小さく、短時間の運転となると発電を行う時間帯をある程度選択できるようになる。極力電力負荷が高い時間帯に運転を行い、負荷率を上げることで高効率な運転が可能となるため、発電時間帯の選択も重要である。実測スケジュールでは、夏期において比較的電力負荷の小さい時間帯に運転することが多く、そのことが発電効率の低下に繋がっている。最適スケジュールではこれを改善したことにより省エネ効果が得られている。

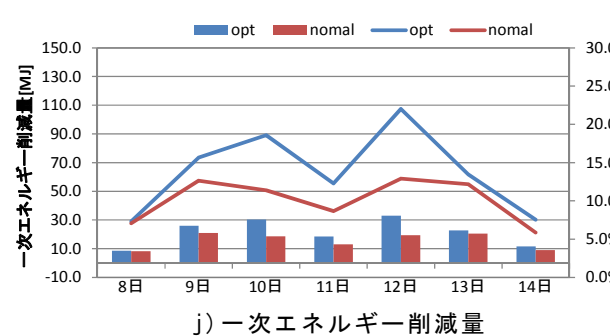
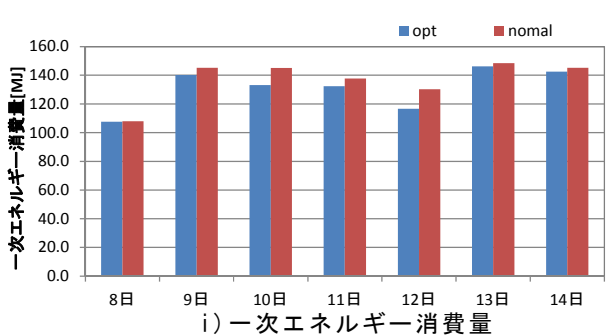
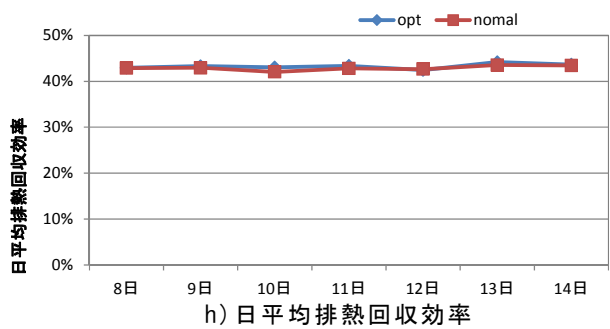
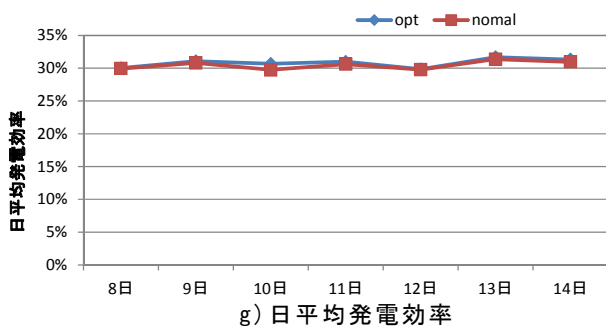
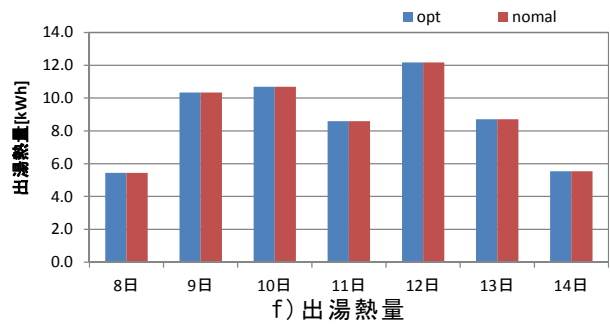
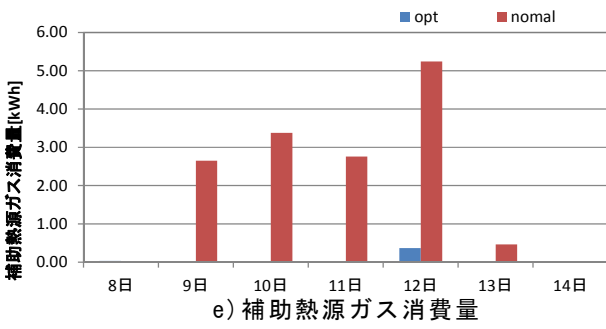
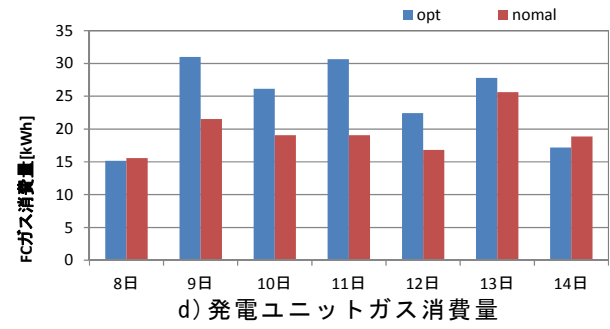
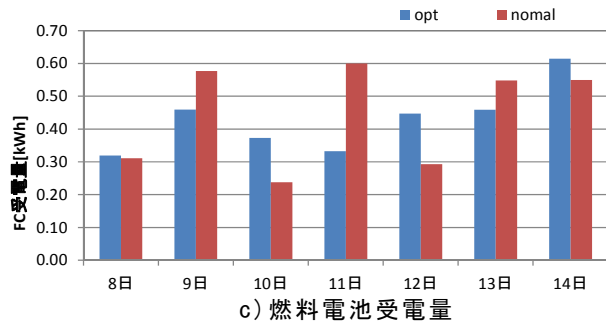
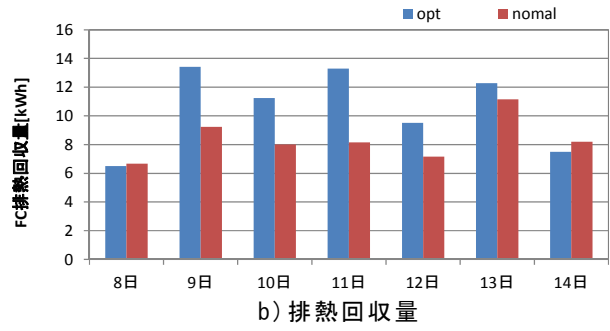
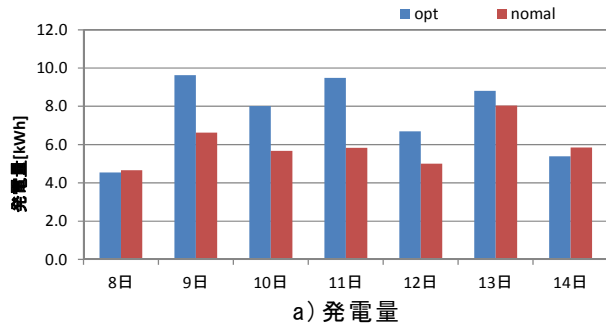


図 3.4.37 日積算値の比較(中間期)

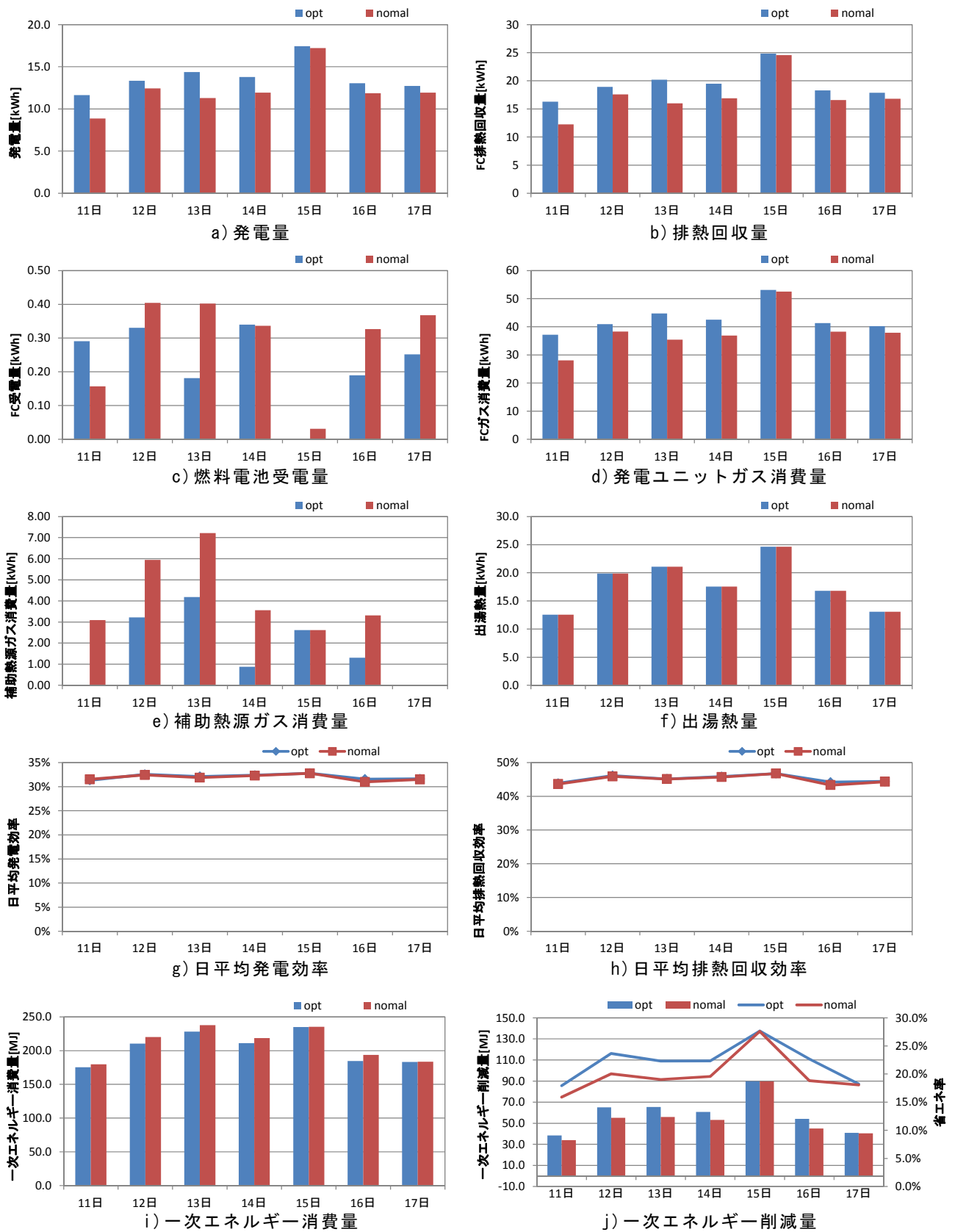


図 3.4.38 日積算値の比較(冬期)

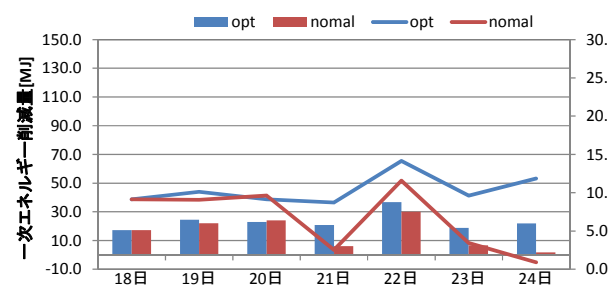
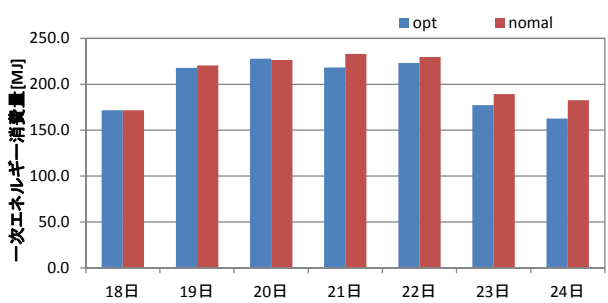
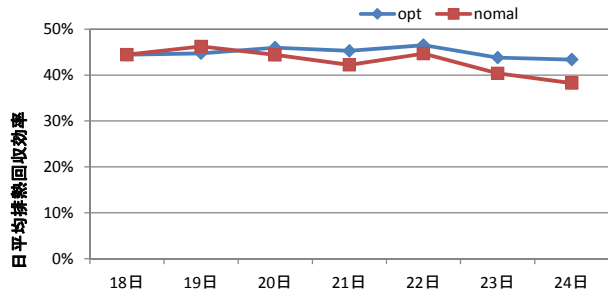
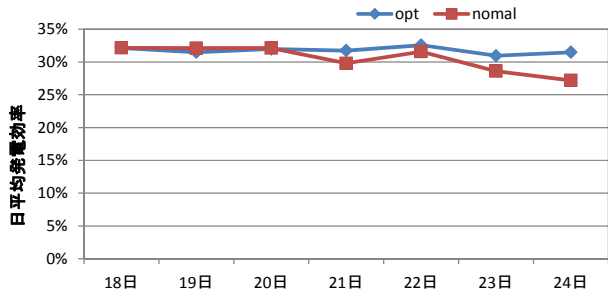
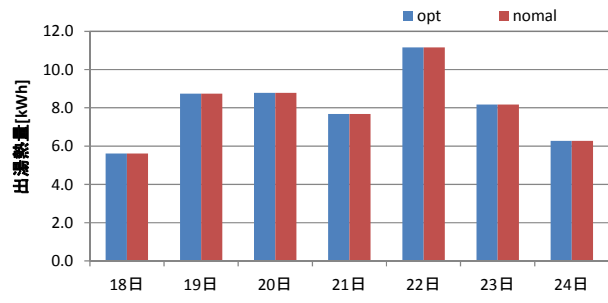
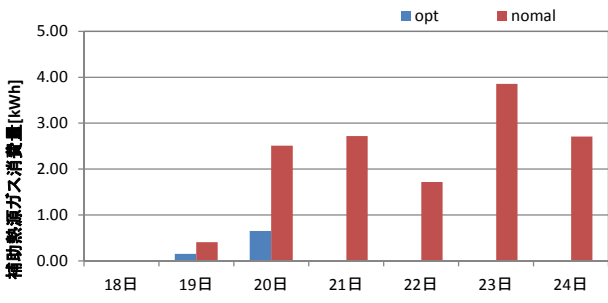
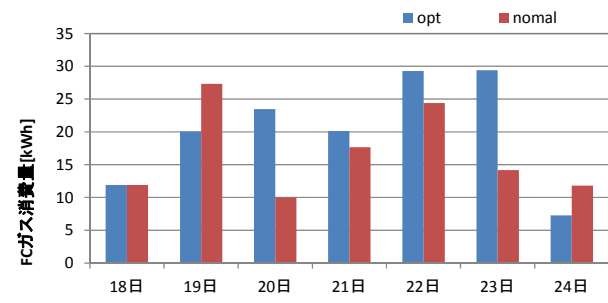
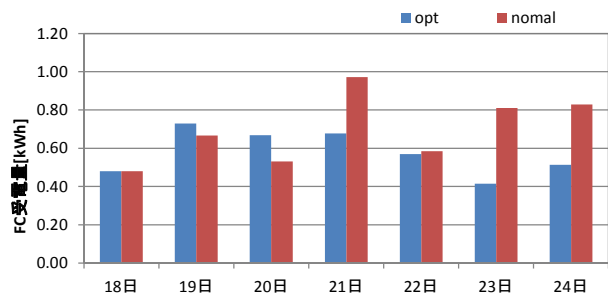
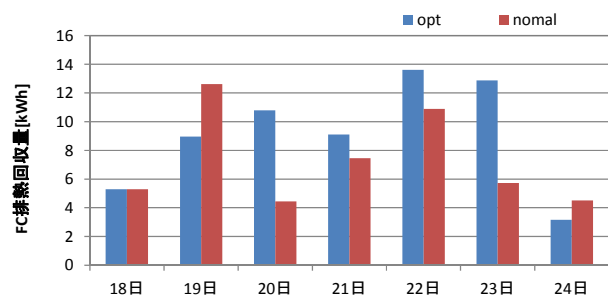
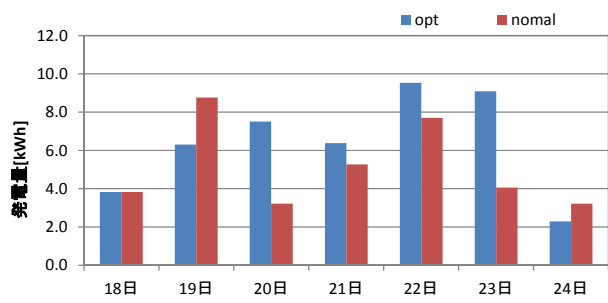


図 3.4.39 日積算値の比較(夏期)

表 3.4.8 に計算期間における日平均値の比較を示す。中間期および夏期には、最適スケジュールにおいて実測スケジュールと比べ、発電量および排熱回収量が 25%程度増加している。これに伴い、燃料電池ガス消費量も中間期で 25%程度、夏期で 20%程度増加するものの、補助熱源機ガス消費量をほぼゼロにまで減らすことができている。冬期では、最適スケジュールにおいて発電量および排熱回収量は 12.6%の増加となり、補助熱源機ガス消費量は約 50%削減される結果となった。この結果、最適スケジュールの発電寄与率は実測スケジュールと比べ中間期で 13.8 ポイント、冬期で 8.6 ポイント、夏期で 6.8 ポイントの向上となった。同様に給湯寄与率は、中間期で 20.6 ポイント、冬期で 9.7 ポイント、夏期で 20.9 ポイントの向上となり、中間期・夏期ではほぼ 100%、冬期でも 91.3%とかなり高い数値となった。一次エネルギー消費量は、中間期に 4.3%、冬期に 2.8%、夏期に 3.8%削減の余地があるという計算結果であった。一次エネルギー消費量の削減量では中間期・冬期は 1.7kWh/日であり、夏期が 2.2kWh/日で最も大きい結果となった。補助熱源消費量の削減量はいずれの季節でもほぼ同程度(0.5kWh/日)であることから、発電効率および排熱回収効率にも大きな改善が見られた夏期のエネルギー消費量が最も削減される結果となっている。

以上の結果より、各季節の学習係数は中間期、冬期、夏期の順に、1.046、1.030、1.039 であり、いずれの季節でも最適運転から 3~5%エネルギー消費量が増加しているという結果であった。予測機能を含む制御としては大きな損失なく、非常に高い水準で運転されていると考えられる。これは、今回使用したデータが実験データであることにも影響されているものと考えられる。一日の電力負荷の発生傾向や給湯の出湯時刻などは、意図的にばらけさせてあるもののある程度傾向があり、比較的予測が行いやすいものと考えられる。実際の住宅では、旅行による外泊など、極端に傾向の違う負荷が発生することも考えられ、学習係数はもう少し悪化する可能性がある。今後、検証を進めたい。

表 3.4.8 計算期間における日平均値の比較

期間日平均値		中間期			冬期			夏期		
		opt	normal	増減	opt	normal	増減	opt	normal	増減
電力負荷	[kWh]	3.15			5.04			5.27		
給湯熱量	[kWh]	2.46			5.02			2.26		
発電量	[kWh]	2.10	1.67	26.1%	3.85	3.42	12.6%	1.80	1.44	24.7%
排熱回収量	[kWh]	2.95	2.34	25.9%	5.43	4.83	12.6%	2.55	2.04	25.2%
燃料電池受電量	[kWh]	0.12	0.12	-3.6%	0.06	0.08	-21.7%	0.16	0.19	-16.8%
燃料電池ガス消費量	[kWh]	6.81	5.46	24.8%	12.00	10.70	12.2%	5.66	4.69	20.7%
補助熱源機ガス消費量	[kWh]	0.02	0.58	-97.2%	0.49	1.03	-52.6%	0.03	0.56	-94.2%
発電効率	[%]	30.9%	30.5%	0.3p	32.1%	32.0%	0.1 p	31.8%	30.7%	1.0 p
排熱回収効率	[%]	43.3%	42.9%	0.4p	45.3%	45.1%	0.2 p	45.1%	43.5%	1.6 p
発電寄与率	[%]	66.7%	52.9%	13.8p	76.5%	67.9%	8.6 p	34.1%	27.4%	6.8 p
給湯寄与率	[%]	99.4%	78.8%	20.6p	91.3%	81.6%	9.7 p	98.7%	77.8%	20.9 p
一次エネルギー消費量	[MJ]	36.7	38.4	-4.3%	57.1	58.8	-2.8%	56.0	58.2	-3.8%
一次エネルギー消費量 (従来システム想定)	[MJ]	42.8	42.8	0.0%	73.7	73.7	0.0%	62.5	62.5	0.0%
省エネ量	[MJ]	6.0	4.4	37.3%	16.6	14.9	11.0%	6.5	4.3	50.9%
省エネ率	[%]	14.1%	10.3%	3.8p	22.5%	20.3%	2.2 p	10.4%	6.9%	3.5 p

※増減率の「p」はポイントを表す。

3.4.6 まとめ

本研究では、家庭用コージェネレーション機器の評価及び適切な普及のため、性能評価試験方法の課題の抽出、実住宅における実働性能測定、電気とガスを分離するための計算ロジックの検討、シミュレーションモデルの開発、シミュレーションによる学習機能の評価に取り組んだ。いずれも十分に遂行できたとは言えず、残された課題も多い。例えば、評価試験法については新たに簡略な試験方法を提案するには至らなかった。電気とガスを分離するための計算ロジックの検討やシミュレーションプログラムの作成では、一機種の結果の検証にとどまり、現行のいくつかの機種で評価法、計算法を確立するには至っていない。また、シミュレーションプログラムには床暖房負荷や追焚き負荷の影響を反映しておらず、今後追加が必要である。

一方で、シミュレーションプログラムが完成し、高精度にエネルギー消費量が予測可能であることを示せたことは、大きな成果である。他機種への展開を考えた場合、その機器を代表する起動・停止・部分負荷・待機の各特性を取得すればよく、これは学習の影響がないため、非常に短期間の試験で機器性能を評価できる可能性がある。また、様々な負荷条件に対するエネルギー消費量の予測も可能になり、コージェネレーション機器の導入に適した住宅であるかどうかを判断するための基準作成などにも使用できる。

「はじめに」で述べたとおり、コージェネレーション機器はまだ進化途中の発展途上の機器であり、今後も新たな機器が出てくると考えられる。特にタンク容量の違いや発電出力の違いなどにより、個々の住宅に合わせることが出来る豊かな商品ラインナップとなることが予想され、こうした機器を適切に評価・普及させることが今後の課題といえる。東日本大震災後の状況から、エネルギーの効率的な利用は最重要課題となったが、コージェネレーション機器はその切り札の一つである。今後、益々コージェネレーション機器が発展し、適切に普及が進むことが期待される。

参考文献

- 1) (財)新エネルギー財団、平成21年度定置用燃料電池大規模実証事業報告書 2010.3
- 2) (財)建築環境・省エネルギー機構、住宅事業建築主の判断の基準におけるエネルギー消費量計算方法の解説 2009.3
- 3) (財)日本規格協会、JIS C 8823 : 2008 小形固体高分子形燃料電池システムの安全性及び性能試験方法 2008.7
- 4) 黒木洋ほか、各種家庭用電熱源機器の導入効果について--家庭用分散型電熱源の導入効果に関する研究(その2) 日本建築学会環境系論文集 75(647) 2010.1 p43-50
- 5) 大阪ガスホームページ、2012年5月時点
http://home.osakagas.co.jp/search_buy/ecowill/lineup/1193293_3133.html
http://home.osakagas.co.jp/search_buy/enefarm/about/lineup.html
- 6) 東芝燃料電池システム株式会社、2012年5月時点
<http://www.toshiba.co.jp/product/fc/products/index.htm>
- 7) JX 日鉱日石エネルギーホームページ、2012年5月時点
<http://www.noe.jx-group.co.jp/lande/product/fuelcell/spec.html>

3.5 暖冷房機器の効果的使用方法に関する検討

3.5.1 はじめに

暖冷房機器選定方法を提案する。機器の容量選定方法を作成するために、気候・暖房面積・隣室条件など条件を変えた SimHeat による負荷計算をパラメトリックに行う。使用するソフトウェアについては、熱負荷計算プログラムとして市販されているソフトウェアは各種あるが、出力される計算結果の信頼性、出力データ書式改造等のカスタマイズ性、入力ファイル作成の手間の軽減等の観点から、AE-Sim/Heat とし、必要に応じて改造を行った。検討ケースは、表 3.5.1 に示す検討項目の組合せとする。

表 3.5.1 検討ケース概要

項目	ケース数	備考
計算地点と暖冷房条件	15	5地点、暖房・冷房、間欠・連続の組合せの中から選択した
室用途	2	LD・子供室
室モデル	6	1階・2階、1面外気・2面外気、腰窓・掃出し窓の組合せの中から選択した
断熱仕様	3	S55仕様・H04仕様・H11仕様
床面積とエアコン能力	31	床面積6畳～20畳、エアコン2.2kW～7.1kWの組合せの中から選択した
設定温度	3	(暖房のみ) 18℃・20℃・22℃
通風量	3	(冷房のみ) 20回/h・5回/h・2回/h
方位	4	東・西・南・北(2面外気モデルは45度回転)
隣室温度	8	外気温と計算対象室の重みづけ平均として設定
室の熱容量	3	

3.5.2 暖冷房機器の容量選定方法の提案

(1) 検討ケースの詳細

検討するケースは、以下の条件を組み合わせたものとする。なお、各ケースに対して計算結果ファイル名等と一意に対応させるために ID を設定している。

1) 計算地点と暖冷房条件

計算地点と暖冷房条件は表 3.5.2 に○で示した 15 ケースとする(カッコ内がケース ID)。なお、各地点に対応する気象データは拡張アメダス気象データ(旧版)で作成した 1980～1995 年の標準年データ(SMASH 形式)とする。

表 3.5.2 計算地点と暖冷房条件

計算地点	暖房		冷房	
	間欠	連続	間欠	連続
札幌		○(SA01)		
仙台	○(SE02)	○(SE03)	○(SE04)	○(SE05)
新潟	○(NI06)	○(NI07)	○(NI08)	○(NI09)
東京	○(TO10)	○(TO11)	○(TO12)	○(TO13)
那覇			○(NA14)	○(NA15)

※カッコ内はケース ID

2) 室用途

熱負荷算出の対象となる室の想定用途は、表 3.5.3 に示す LD と寝室の 2 ケースとする。

表 3.5.3 室用途

室用途	ケースID
LD	1
子供室	2

室用途に応じて、暖冷房スケジュール設定や発熱設定が異なり、それぞれ図 3.5.1、図 3.5.2 のように設定する。

			時刻: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24																									
連続	LD・子供室共通	平日・休日共通	ON																									
間欠	LD	平日								ON				ON														
		休日											ON				ON											
	子供室	平日																			ON		ON					
		休日								ON				ON				ON										

図 3.5.1 室用途ごとの暖冷房スケジュール設定

			時刻: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24																														
在室者 単位[人]	LD	平日			1	2	1						1					1	2	3		2	1										
		休日							3	2				1					2	3	4	2		1									
	子供室	平日	1																		1						1						
		休日	1														1		1														
照明 単位[%]	LD (100%=137.5W)	平日			16.4	70.9	38.2	83.6	12.7			49.1	38.2			25.5	50.9	58.2	87.3	50.9													
		休日							87.3	100.0	50.9		74.5	29.1			50.9	58.2	90.9	50.9													
	子供室 (100%=70.0W)	平日								50.0															75.0		25.0	100.0					
		休日								75.0		100.0															100.0		50.0			100.0	25.0
家電機器 単位[%]	LD (100%=385.08W)	平日	1.8		54.3	54.7	28.0	14.9	1.8	28.0	41.2	1.8	28.0	41.2	54.3				47.5														
		休日	1.8				54.3		100.0	93.2	54.3	14.9	1.8	28.0	54.3	28.0	54.3	28.0	54.3	47.5	1.8												
	子供室 (100%=80.0W)	平日	18.8																		75.0		37.5	100.0		43.8							
		休日	18.8						79.7		100.0	18.8				25.0		21.9	18.8	100.0		39.1	100.0		18.8								

図 3.5.2 室用途ごとの在室者・機器スケジュール設定

3) 室モデル

表 3.5.4 に示す検討モデルで計算を行う。計算対象室周囲に隣室想定室を設置するが、計算対象室の 1 面を外皮面とするケースと 2 面を外皮とするケースの 2 ケースを設ける。熱負荷算出の対象となる室と、周囲の空間(床下・階間・天井裏等)や外気との位置関係、窓形状との組合せをまとめて 6 ケースに設定する。

表 3.5.4 室モデル

ケース概要	ケースID	平面形状	断面形状
1階 1面外気 腰窓	1		
1階 1面外気 掃出し窓	2		
1階 2面外気 腰窓	3		
1階 2面外気 掃出し窓	4		
2階 1面外気 腰窓	5		
2階 2面外気 腰窓	6		

ケースの設定にあたっては、以下の点に留意している。

- 負荷計算対象室はいずれのモデルも1室とする。ケースに応じて床下・隣室・天井裏・階間等の空間も設定するが、それらの空間では熱負荷は算出しない。
- 外気条件は気象データに従うものとし、床下・隣室・天井裏・階間等の室温は一定のルールで設定する
- 負荷計算対象室は1階または2階に位置するものとし、1階の場合は外壁および床を断熱部位とし、2階の場合は外壁および天井を断熱部位とする。
- 外気に面する面は1面または2面とする。2面の場合、その2面は隣接する2面とする。また、外気に面する面には必ず窓を設ける。
- 1階の場合、窓は腰窓と掃出し窓の2ケースとし、2階の場合は腰窓のみとする。
- 腰窓の高さ寸法は1,350mmとし、床から窓下端までの高さは900mmとする。掃出し窓の高さ寸法は2,250mmとし、窓下端高さは床面に一致するものとする。なお、窓幅は室サイズに応じて変化させる。

4) 断熱仕様

断熱仕様は省エネルギー基準(仕様基準)の変遷に応じて設定する。昭和55年・平成4年・平成11年にそれぞれ省エネ基準が強化されたのに対応し、計算地点(省エネ地域区分)ごとに以下のように3ケースを設定する。

表 3.5.5 断熱仕様 (I 地域)

対応する省エネ基準	ケースID	I 地域用			
		外壁	床(1階モデル用)	天井(2階モデル用)	窓
S55仕様	1	住宅用GW16K 100mm	住宅用GW16K 大引間450mm+根太間50mm	住宅用GW10K 140mm	金属製熱遮断サッシ 普通複層ガラス(AS12) U=3.49
H04仕様	2	住宅用GW16K 100mm	住宅用GW16K 大引間60mm+根太間50mm	吹込みGW13K 210mm	樹脂製サッシ 低放射複層ガラスA(AS12) U=2.33
H11仕様	3	押出法ポリスチレンフォーム3種 200mm(外張) +住宅用GW16K 100mm(充填)	住宅用GW16K 大引間100mm+根太間50mm	吹込みGW13K 300mm	樹脂製サッシ 低放射複層ガラスA(AS12) U=2.33

表 3.5.6 断熱仕様 (II 地域)

対応する省エネ基準	ケースID	II 地域用			
		外壁	床(1階モデル用)	天井(2階モデル用)	窓
S55仕様	1	住宅用GW10K 40mm	住宅用GW10K 40mm	住宅用GW10K 65mm	金属製サッシ 普通複層ガラス(AS6) U=4.51
H04仕様	2	住宅用GW10K 90mm	住宅用GW16K 85mm	住宅用GW10K 145mm	金属製熱遮断サッシ 普通複層ガラス(AS12) U=3.49
H11仕様	3	住宅用GW16K 100mm	住宅用GW16K 大引間100mm+根太間50mm	吹込みGW13K 210mm	樹脂製サッシ 低放射複層ガラスA(AS12) U=2.33

表 3.5.7 断熱仕様(Ⅲ地域)

対応する省エネ基準	ケースID	Ⅲ地域用			
		外壁	床(1階モデル用)	天井(2階モデル用)	窓
S55仕様	1	住宅用GW10K 40mm	住宅用GW10K 40mm	住宅用GW10K 65mm	金属製サッシ 普通単板ガラス U=6.51
H04仕様	2	住宅用GW10K 90mm	住宅用GW16K 85mm	住宅用GW10K 95mm	金属製サッシ 普通複層ガラス(AS6) U=4.51
H11仕様	3	住宅用GW16K 100mm	住宅用GW16K 100mm	吹込みGW13K 210mm	金属製熱遮断サッシ 普通複層ガラス(AS12) U=3.49

表 3.5.8 断熱仕様(Ⅳ地域)

対応する省エネ基準	ケースID	Ⅳ地域用			
		外壁	床(1階モデル用)	天井(2階モデル用)	窓
S55仕様	1	住宅用GW10K 30mm	住宅用GW10K 25mm	住宅用GW10K 45mm	金属製サッシ 普通単板ガラス U=6.51
H04仕様	2	住宅用GW10K 60mm	住宅用GW16K 45mm	住宅用GW10K 95mm	金属製サッシ 普通単板ガラス U=6.51
H11仕様	3	住宅用GW16K 100mm	住宅用GW16K 100mm	吹込みGW13K 210mm	金属製サッシ 普通複層ガラス(AS6) U=4.51

表 3.5.9 断熱仕様(Ⅴ地域)

対応する省エネ基準	ケースID	Ⅴ地域用			
		外壁	床(1階モデル用)	天井(2階モデル用)	窓
S55仕様	1	無断熱	無断熱	住宅用GW10K 25mm	金属製サッシ 普通単板ガラス U=6.51
H04仕様	2	無断熱	無断熱	住宅用GW10K 95mm	金属製サッシ 普通単板ガラス U=6.51
H11仕様	3	住宅用GW16K 100mm	無断熱	吹込みGW13K 210mm	金属製サッシ 普通単板ガラス U=6.51

上記のほか、断熱等の仕様に関しては以下のように設定する。

- 外壁の17%は間柱等による熱橋(断熱材を木材・空気層で置き換え)とする。
- 床面積の20%は根太等による熱橋(断熱材を天然木材1類で置き換え)とする。
- 外壁外側には通気層18mmおよび外装材(木片セメント板20mm)を設ける。
- 外壁の室内側仕上げは石膏ボード9.5mmとする。
- 床の室内側仕上げは合板12mmとする。
- 天井の室内側仕上げは石膏ボード9.5mmとする。

5) 床面積と暖冷房能力

負荷計算対象室の床面積と、エアコンの能力を以下のように設定する。

表 3.5.10 床面積とエアコン能力の組合せ

床面積		負荷計算対象室の 一辺長[m]	窓幅	エアコン冷房定格能力								
				2.2kW (6畳用)	2.5kW (7畳用)	2.8kW (8畳用)	3.6kW (10畳用)	4.0kW (11畳用)	5.0kW (14畳用)	6.3kW (17畳用)	7.1kW (20畳用)	
[m ²]	[畳]	[m]	[mm]									
9.94	6	3.152	1275	○(01)								
13.25	8	3.640	1700	○(02)	○(05)	○(09)						
16.56	10	4.070	2125	○(03)	○(06)	○(10)	○(14)					
19.87	12	4.458	2550	○(04)	○(07)	○(11)	○(15)	○(20)				
23.19	14	4.815	2975		○(08)	○(12)	○(16)	○(21)	○(25)			
26.50	16	5.148	3400			○(13)	○(17)	○(22)	○(26)			
29.81	18	5.460	3825				○(18)	○(23)	○(27)	○(29)		
33.12	20	5.755	4250				○(19)	○(24)	○(28)	○(30)	○(31)	

※カッコ内はケース ID

ここで、計算対象室の平面形状は正方形としている。また、窓幅は床面積に応じて変化させる(腰窓・掃出し窓共通)。

窓幅については、外壁が1辺の場合、8畳間における標準的な窓サイズ(幅1700 高さ1350:6尺幅肘掛窓)の窓/床面積比率が17.3%であり、他の床面積の計算ケースも一律で窓/床面積比率が17.3%になるように窓幅を設定した。外壁が2辺の場合も同様の方法で下表のように定めた。

外接壁	1辺の場合	部屋規格		窓サイズ[m]		窓数	窓面積[m ²]	窓/床面積比率		
		面積[m ²]	1辺の長さ[m]	幅	高さ					
		6畳間	9.94	3.152	1.275	1.35	1	1.72125	17.3%	
		8畳間	13.25	3.640	1.7	1.35	1	2.295	17.3%	6尺幅の肘掛窓
		10畳間	16.56	4.070	2.125	1.35	1	2.86875	17.3%	
		12畳間	19.87	4.458	2.55	1.35	1	3.4425	17.3%	
		15畳間	24.84	4.984	3.1875	1.35	1	4.303125	17.3%	
外接壁	2辺の場合	部屋規格		窓サイズ[m]		窓数	窓面積[m ²]	窓/床面積比率		
		面積[m ²]	1辺の長さ[m]	幅	高さ					
		6畳間	9.94	3.152	1.275	1.35	2	3.4425	34.6%	
		8畳間	13.25	3.640	1.7	1.35	2	4.59	34.6%	6尺幅の肘掛窓
		10畳間	16.56	4.070	2.125	1.35	2	5.7375	34.6%	
		12畳間	19.87	4.458	2.55	1.35	2	6.885	34.6%	
		15畳間	24.84	4.984	3.1875	1.35	2	8.60625	34.6%	

上表にエアコンの具体的な能力は以下のとおりとする。冷房 COP=6.0、暖房 COP=6.30 のものを想定している。

表 3.5.11 エアコン機種ごとの能力設定

冷房定格能力	冷房		暖房	
	定格能力 [kW]	最大能力 [kW]	定格能力 [kW]	最大能力 [kW]
2.2kW機種	2.20	3.02	2.41	4.97
2.5kW機種	2.50	3.43	2.95	6.09
2.8kW機種	2.80	3.84	3.43	7.07
3.6kW機種	3.60	4.94	4.49	9.26
4.0kW機種	4.00	5.49	4.93	10.18
5.0kW機種	5.00	6.86	5.88	12.12
5.6kW機種	5.60	7.68	6.36	13.11
6.3kW機種	6.30	8.64	6.85	14.14
7.1kW機種	7.10	9.74	7.36	15.18

※5.6kW は今回の条件では使用しない

上表の能力等の決定については、以下の式を用いた。

$$COP_H = 0.8311 \times COP_C + 1.3164 \quad (3.5.1)$$

$$r_H = 0.6154 \times \exp(0.1919 \times COP_H) \quad (3.5.2)$$

$$r_c = 0.8181 \times \exp(0.0861 \times COP_C) \quad (3.5.3)$$

$$Q_H = 4.2217 \times \ln(Q_L) - 0.9179 \quad (3.5.4)$$

ここで、

COP_H : 暖房定格 COP

COP_L : 冷房定格 COP

r_H : 暖房定格能力に対する暖房最大能力の比

r_c : 冷房定格能力に対する冷房最大能力の比

Q_H : 暖房定格能力 (kW)

Q_L : 冷房定格能力 (kW)

6) 設定温度

設定温度は、暖房負荷計算の場合のみ変化させる。

表 3.5.12 暖房設定温度

暖房設定温度	ケースID
18℃	1
20℃	2
22℃	3

冷房負荷計算時の設定温度は 27℃とし、相対湿度は後述の *SHF* を用いた計算で決定する。

7) 通風設定

通風は、冷房負荷計算時のみ考慮することとし、以下のように設定する。

表 3.5.13 通風設定

通風量	ケースID
20回/h	1
5回/h	2
2回/h	3

なお、通風を行う条件は以下のとおりとする。

- 間欠冷房負荷計算の場合のみ通風を行う。連続冷房、および暖房負荷計算時は考慮しない。
- 在室スケジュール等を参照し、「在室している」「起床している(6時～24時)」「室温 27℃未満」をすべて満たす場合に通風を行う。

8) 方位

モデルの外気方向を4方向に変化させる。1面が外気に面するモデルは各面が東西南北を向く設定とし、2面が外気に面するモデルは45度角度を振る設定とする。

表 3.5.14 方位設定

1面外気モデル	2面外気モデル	ケースID
南	南東・南西	1
西	南西・北西	2
北	北西・北東	3
東	北東・南東	4

9) 隣室温度

外気に面する方向の外界条件には気象データを用いるが、その他の方向の条件は外気温と負荷計算対象室との重みづけ平均で決めるものとし、以下のように設定する。

表 3.5.15 1階モデルの隣室温度設定

上部(階間)および隣室	下部(床下)	ケースID
外気温×0.0+室温×1.0	外気温×0.3+室温×0.7	1
外気温×0.3+室温×0.7	外気温×0.3+室温×0.7	2
外気温×0.5+室温×0.5	外気温×0.3+室温×0.7	3
外気温×0.7+室温×0.3	外気温×0.3+室温×0.7	4
外気温×0.0+室温×1.0	外気温×0.7+室温×0.3	5
外気温×0.3+室温×0.7	外気温×0.7+室温×0.3	6
外気温×0.5+室温×0.5	外気温×0.7+室温×0.3	7
外気温×0.7+室温×0.3	外気温×0.7+室温×0.3	8

表 3.5.16 2 階モデルの隣室温度設定

下部(階間)および隣室	上部(天井裏)	ケースID
外気温×0.0+室温×1.0	外気温×0.3+室温×0.7	1
外気温×0.3+室温×0.7	外気温×0.3+室温×0.7	2
外気温×0.5+室温×0.5	外気温×0.3+室温×0.7	3
外気温×0.7+室温×0.3	外気温×0.3+室温×0.7	4
外気温×0.0+室温×1.0	外気温×0.7+室温×0.3	5
外気温×0.3+室温×0.7	外気温×0.7+室温×0.3	6
外気温×0.5+室温×0.5	外気温×0.7+室温×0.3	7
外気温×0.7+室温×0.3	外気温×0.7+室温×0.3	8

これらの設定は、外気および負荷計算対象室から隣室等に強制的に大風量の送風を行うことにより実現する。

10) 室の熱容量

暖冷房の立ち上がり負荷は熱容量(顕熱・潜熱)の影響を受けることから、以下の3ケースを設定する。

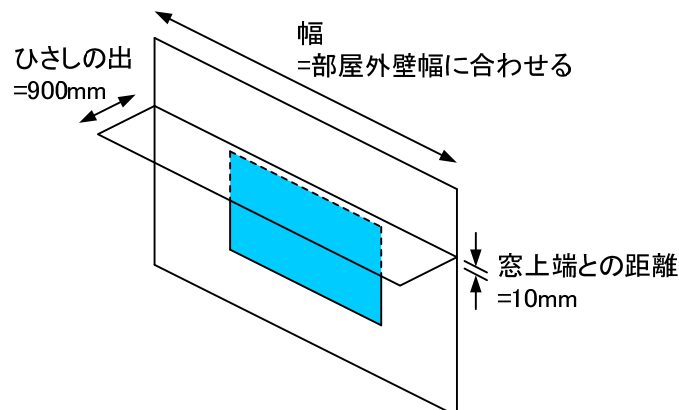
表 3.5.17 室の熱容量設定

顕熱容量 [kJ/m ³ K]	潜熱容量 [kJ/m ³ (g/kgDA)]	ケースID
6.3	12.6	1
12.6	25.1	2
18.9	37.7	3

11) その他の設定

各ケースに共通の設定として主なものを以下に示す。

- 計算対象室の天井高は 2,400mm とする。
- 常時換気を 0.5 回/h 行う。
- 窓上部の外気側に日よけを設ける。2 面が外気に面する場合は 2 面とも設ける。日よけの幅は負荷計算対象室と同じとし、庇の出は 900mm、窓上端から 10mm 高い位置に設置するものとする。計算上は、直達日射のみを遮蔽する効果を持つ。



(2) 既存ソフトウェア (Sim-Heat) の改造

1) 出力間隔の修正

SimHeat の出力間隔は 1 時間間隔であったのを 1 分間隔にした。計算時間間隔も 1 分である。

2) SHF (顕熱比) の設定

冷房負荷計算においては湿度もエアコンによる制御の対象となる。エアコンの能力を顕熱・潜熱にそれぞれどれだけ振り分けるかを決定するため、以下の方法を用いた。

SHF (顕熱比) [-] が次式で定まるものと仮定する。

$$SHF = 1.0 \quad (R_h < 0.385)$$

$$SHF = 1.1774R_h^2 - 2.9042R_h + 1.9427 \quad (0.385 \leq R_h \leq 0.900)$$

$$SHF = 0.28 \quad (0.900 < R_h)$$

ここで、 R_h は吸い込み空気の相対湿度 (= 室空気相対湿度) [-] である。

冷房負荷計算の各ステップにおいて、前時刻に算出された室相対湿度を用いて SHF を決定し、室空気を設定温度に維持するための負荷 (顕熱負荷) を先に算出し、除湿量が顕熱負荷と SHF から定まることから湿度は成り行きで決定するものとする。除湿量が潜熱負荷となる。また、顕熱負荷と潜熱負荷の和が機器の最大冷房能力を超えないよう配慮している。

3) 最大能力の設定

従来の処理では、最大暖房能力および最大冷房能力をユーザーが設定し、その値を常に一定の最大処理熱量として扱っていた。

今回はこれを改造し、「(定格の) 最大能力」および「定格能力」を暖冷房それぞれに設定し、「最大能力と定格能力の比」と「外気温」の関数として時々刻々の「(実際の) 最大能力」を与え、それを当該時刻の最大処理熱量とする形とした。

(3) ケースごとのファイル名

ここまでに示したケースごとのケース ID を用いて、各ケースの計算結果等のファイル名を以下のように一意に定める。文字はすべて半角とし、5 桁目と 6 桁目の間および 9 桁目と 10 桁目の間に目印として_(アンダースコア)を使用する。

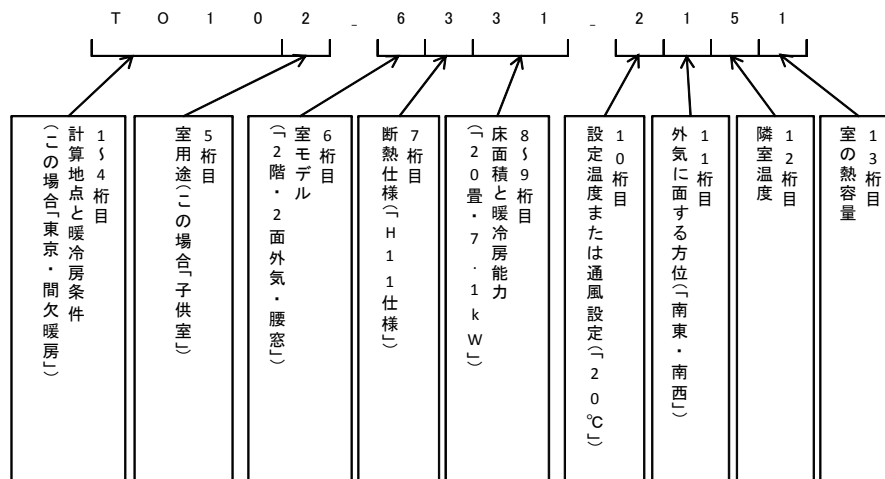


図 3.5.3 ケース ID とファイル名の対応づけ

(4) 出力ファイル書式

暖冷房負荷計算結果は CSV 形式のテキストファイルで出力するものとし、以下の書式とする。なお、ファイルは1つのケースにつき1つとし、ファイル名はケース名に拡張子.csvを付加したものとする。

表 3.5.18 負荷計算結果書式

分類	項目	列番号	列名
出力時点	月	1	A
	日	2	B
	時刻	3	C
	分	4	D
外気	温度[°C]	5	E
	絶対湿度[g/kg(DA)]	6	F
	相対湿度[%]	7	G
下部隣接室 (床下または階間)	温度[°C]	8	H
	絶対湿度[g/kg(DA)]	9	I
	相対湿度[%]	10	J
負荷計算対象室	温度[°C]	11	K
	絶対湿度[g/kg(DA)]	12	L
	相対湿度[%]	13	M
	OT[°C]	14	N
	暖冷房スケジュール設定	15	O
	SHF(*1)	16	P
	表面温度(床)[°C]	17	Q
	表面温度(主方位)[°C]	18	R
	表面温度(主方位+90°)[°C]	19	S
	表面温度(主方位+180°)[°C]	20	T
	表面温度(主方位+270°)[°C]	21	U
	表面温度(天井)[°C]	22	V
	表面温度(窓1)[°C]	23	W
	表面温度(窓2)[°C](*2)	24	X
暖房顕熱処理量[kJ]	25(24*3)	Y(X)	
暖房潜熱処理量[kJ]	26(25)	Z(Y)	
冷房顕熱処理量[kJ]	27(26)	AA(Z)	
冷房潜熱処理量[kJ]	28(27)	AB(AA)	
下部隣接室 (階間または天井裏)	温度[°C]	29(28)	AC(AB)
	絶対湿度[g/kg(DA)]	30(29)	AD(AC)
	相対湿度[%]	31(30)	AB(AD)

(*1) SHFは冷房負荷計算時のみ有効とする。暖房負荷計算時は0を出力する。

(*2)表面温度(窓2)は、2面外気モデルのみ出力する。1面外気モデルの場合は列ごと出力しない。以降の列番号は繰り上げ。

図 3.5.4 出力ファイル例

(5) 取りまとめファイル書式

負荷等を取りまとめた結果は CSV 形式のテキストファイルとし、以下の書式とする。ファイルは 1 ケースにつき 1 つとし、ファイル名はケース名に「_r1.csv」を付加したものとする。

表 3.5.19 とりまとめ結果書式

項目	列番号	列名	書式等
月	1	A	
日	2	B	
平日・休日区分	3	C	
暖冷房開始時刻	4	D	
気温=設定温度 となるまでの到達時間[min]	5	E	開始時に暖冷房が不要だった場合は 0とする(以下同様)。
60分以内に到達したかどうか	6	F	○: 到達した、×: 到達しなかった、-: 開始時に暖冷房不要(以下同様)
気温=設定温度-1 となるまでの到達時間[min]	7	G	※冷房時は(気温=設定温度+1)と読み替え
60分以内に到達したかどうか	8	H	
気温=設定温度-2 となるまでの到達時間[min]	9	I	※冷房時は(気温=設定温度+2)と読み替え
60分以内に到達したかどうか	10	J	
OT=設定温度-1 となるまでの到達時間[min]	11	K	※冷房時は(OT=設定温度+1)と読み替え
60分以内に到達したかどうか	12	L	
OT=設定温度-2 となるまでの到達時間[min]	13	M	※冷房時は(OT=設定温度+2)と読み替え
60分以内に到達したかどうか	14	N	
OT=設定温度-3 となるまでの到達時間[min]	15	O	※冷房時は(OT=設定温度+3)と読み替え
60分以内に到達したかどうか	16	P	
暖冷房運転状態	17	Q	スケジュールONと同時に暖冷房した場合は1、スケジュールONより遅れて暖冷房開始の場合は2、一連のスケジュールON時間帯に暖冷房不要の場合は0
未処理負荷発生時間[min]	18	R	気温が設定温度に到達していない時間数
処理負荷[kJ]	19	S	

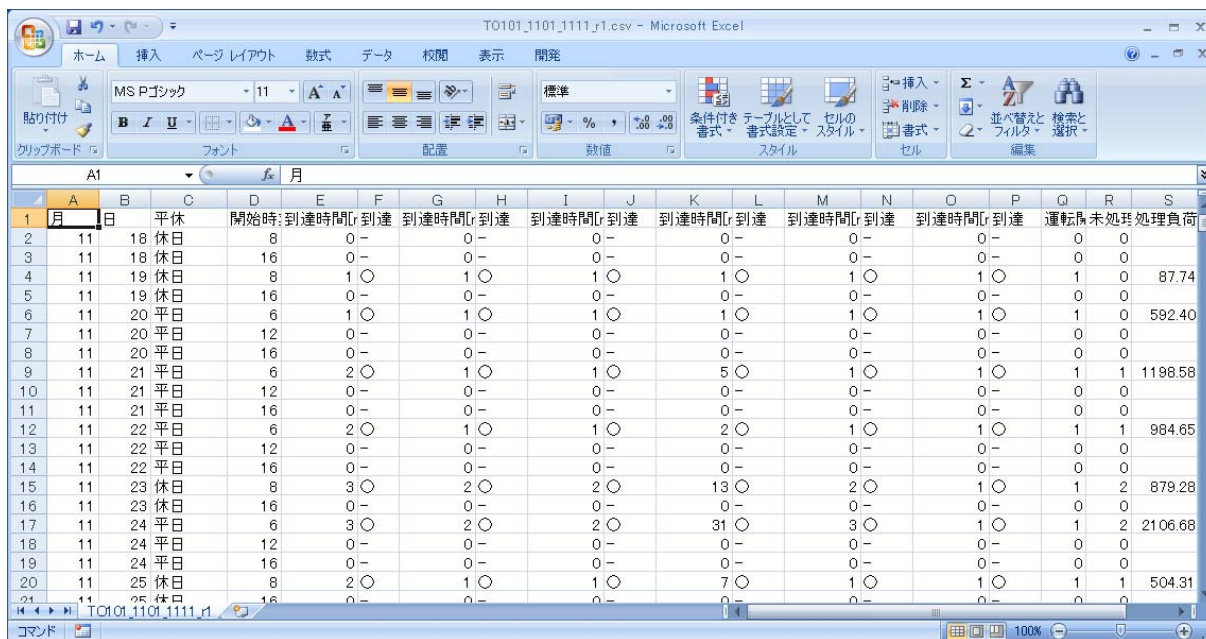


図 3.5.5 取りまとめファイル例

3.5.3 暖冷房機器使い方

(1) 床暖房とエアコンの併用実験

暖房機器を併用した場合の暖房負荷の処理がどのように行われるか、言い換えると暖房負荷の分担方法について建築研究所の集合住宅実験棟3階を使用して床暖房とエアコンを併用しそれらの設定を変えながら実測し、実験結果をもとに整理した。

1) 実験の設定パターン

実験の設定パターンを表 3.5.20 に示す。

表 3.5.20 実験設定パターン

No.	パターン	床暖		エアコン	表示
		温度目盛り	ホットダッシュ	設定温度	
1	床暖とエアコンの併用	4	ON	18	床暖(4_ON)_AC(18)
2		4	OFF	18	床暖(4_OFF)_AC(18)
3		4	ON	20	床暖(4_ON)_AC(20)
4		4	OFF	20	床暖(4_OFF)_AC(20)
5		4	ON	22	床暖(4_ON)_AC(22)
6		4	OFF	22	床暖(4_OFF)_AC(22)
7		5	ON	18	床暖(5_ON)_AC(18)
8		5	ON	22	床暖(5_ON)_AC(22)
9	床暖のみ	4	ON	-	床暖(4_ON)
10		4	OFF	-	床暖(4_OFF)
11		5	ON	-	床暖(5_ON)
12		5	OFF	-	床暖(5_OFF)
13	エアコンのみ	-	-	20	AC(20)
14		-	-	22	AC(22)

* メーカーにより、床暖温度目盛り4:20℃相当、目盛り5:22℃相当

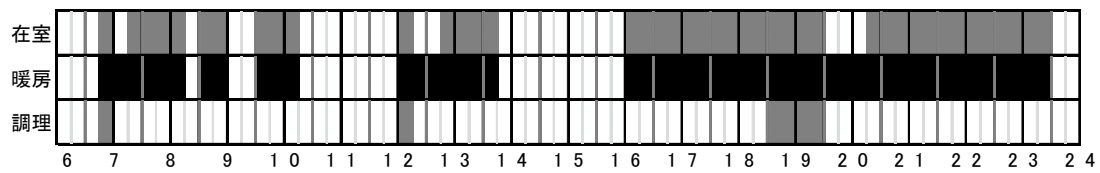
2) 運転スケジュール

運転スケジュールを表 3.5.21に示す。

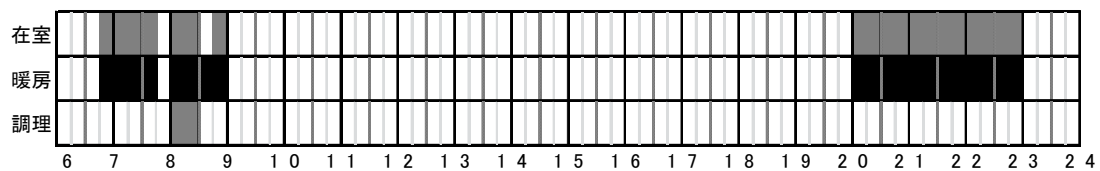
・対象部屋:リビング・ダイニング

表 3.5.21 在室と暖房運転スケジュール

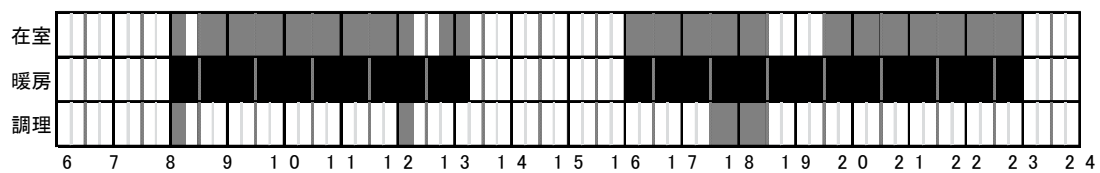
平日のスケジュール



外出(休日)のスケジュール



在宅(休日)のスケジュール



3) 実験実施日

2010年2月17日～4月10日

2010年12月1日～2月13日

4) 投入熱量の日積算値

図 3.5.6 (上:平日、中:在宅、下:外出)に床暖とエアコンからの投入熱量の日積算値を示す。

同じ設定温度同士を比較すると、床暖とエアコンからの投入熱量の合計値は外気温の影響を受け、外気温が低くなるほど多くなる。

同じ運転スケジュール同士を比較すると、エアコンからの投入熱量は設定温度が高くなるほど多くなり、外気温の変動によって激しく増減するが、床暖からの投入熱量は外気温による影響が小さい。

床暖かエアコンの単独使用に比べ、両者を併用する場合の投入熱量の日積算値が多い。

平日と在宅パターンに比べ、外出パターンは運転時間が短いため、投入熱量が平日と在宅より少ない。一方、平日は在宅より運転時間がやや短いものの、投入熱量が多い結果となって

いる。

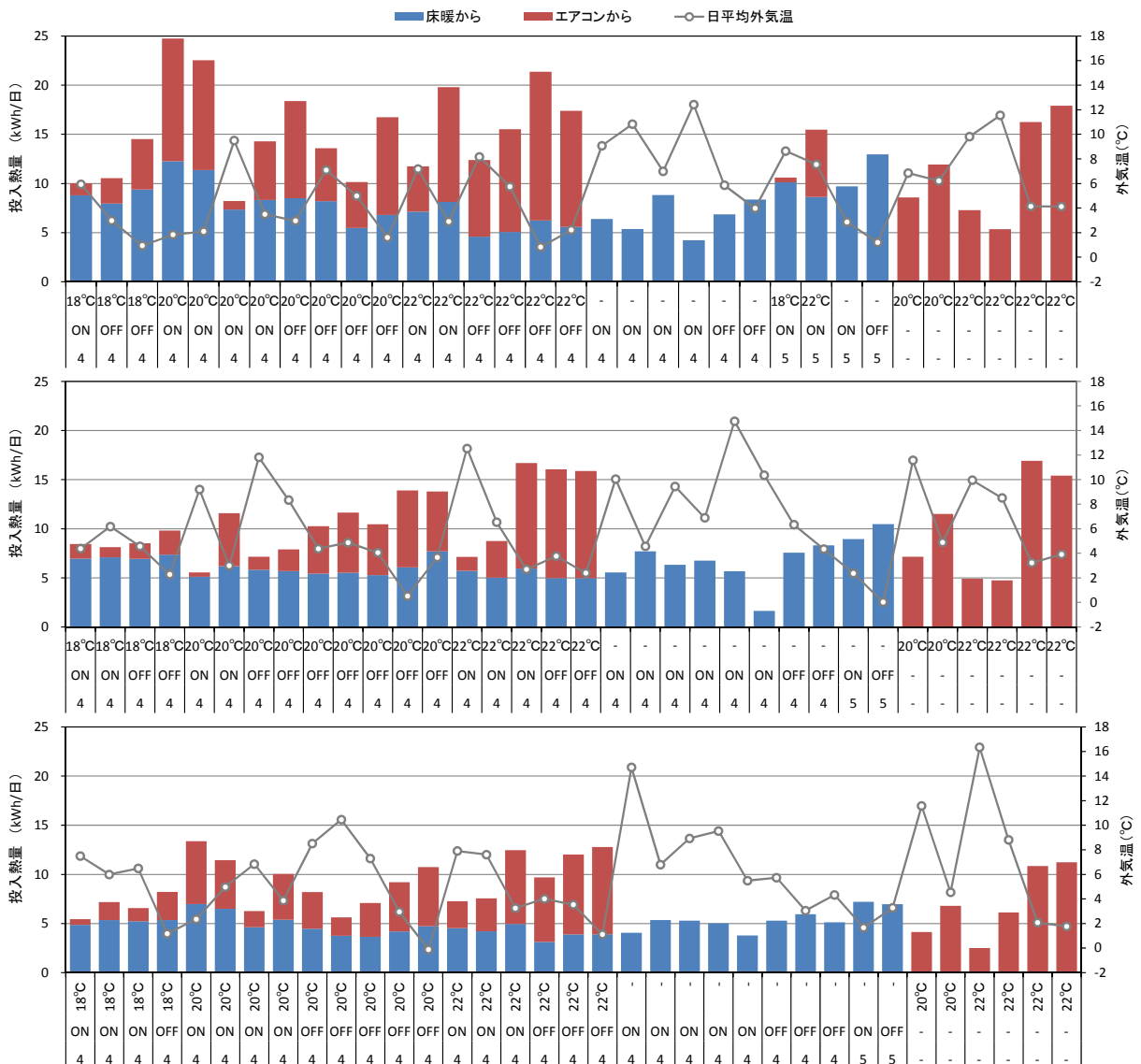


図 3.5.6 投入熱量の日積算(上:平日、中:在宅、下:外出)

5) 床暖とエアコンを併用する場合の運転特徴

a 時系列変動

床暖とエアコンを併用する場合の運転特徴を明らかにするため、図 3.5.7 ~ 図 3.5.9 に投入熱量の時系列変動を示す。(図 3.5.7 : 平日、図 3.5.8: 在宅、図 3.5.9: 外出)

- ・床暖: 温度目盛り 4、ホットダッシュ機能入り
- ・エアコン: 20°C 設定

エアコンは立ち上がり時に全力で運転するのに対し、床暖は徐々に熱を投入する。

投入熱量の絶対値から見ると、エアコンからの投入熱量は運転し始めた直後にピークに到達し、その後室温の上昇に従い投入熱量が減少し、室温が設定温度を超えるところに運転を停止する。一方、床暖からの投入熱量は運転し始めてから約 20 分を経過するところにピーク値に到達し、その後は室温が設定温度を越えても、床表面温度を保つため、熱を投入しつづである。

投入熱量の割合から見ると、立ち上がり時に負荷のほぼ 100%がエアコンに処理され、その後床暖からの投入熱量が増加し、両者が処理負荷を奪い合う。

運転期間中の室温から見ると、室温は運転し始めてから上昇し、日中において、外気温が高くなるにつれ、負荷が小さくなり、室温がオーバーヒートする状況となった。実際の住宅において、居住者は日中にある時点で暖房を切る可能性も考えられる。一方、夜には、室温が設定温度前後に安定している。

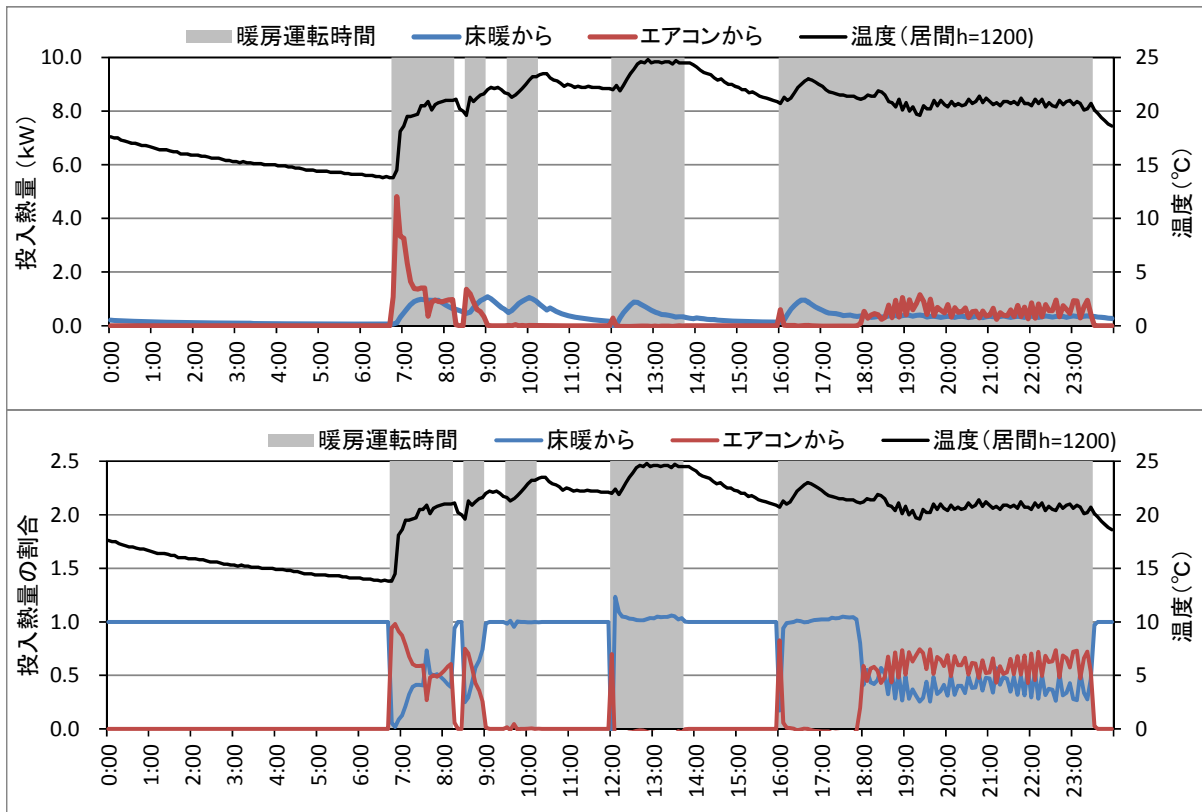


図 3.5.7 平日 床暖(4_ON)_AC(20)の場合の時系列変動(2011/1/22)

上:投入熱量の絶対値、下:投入熱量の割合)

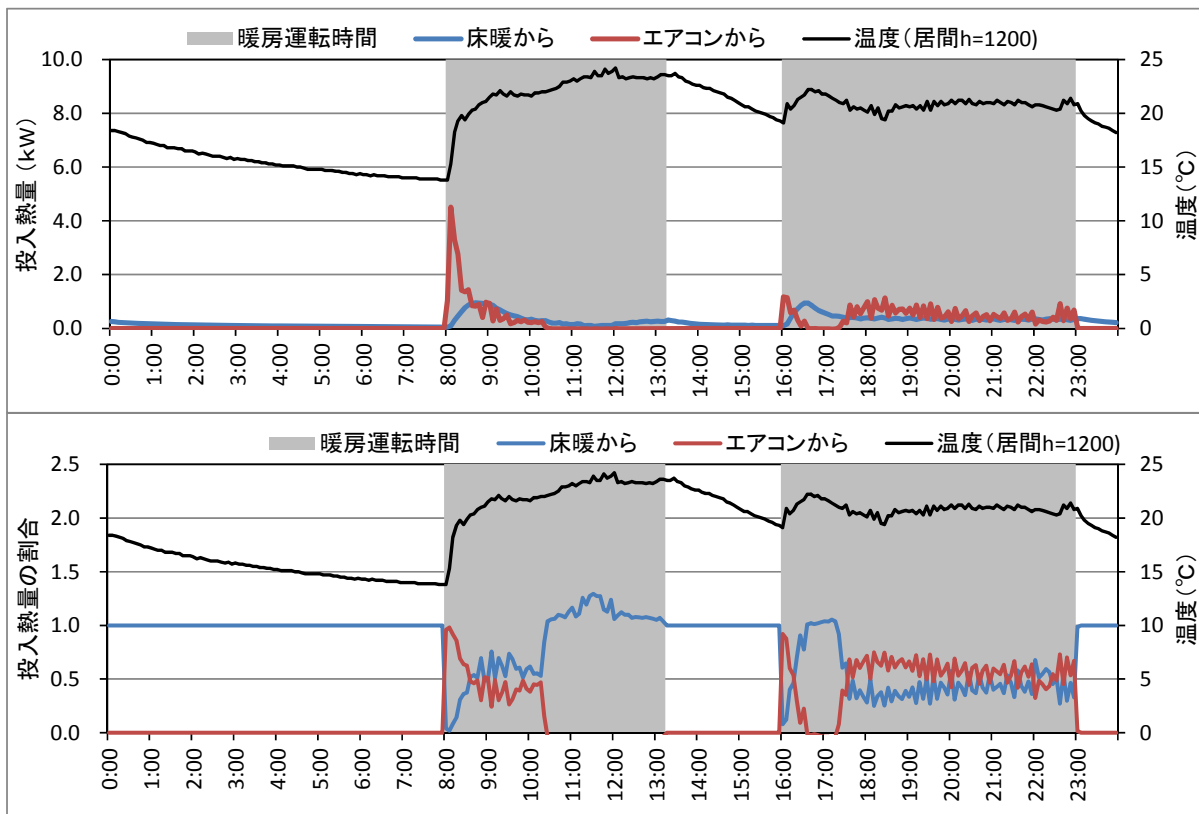


図 3.5.8 在宅 床暖 (4_ON) _ AC (20) の場合の時系列変動 (2011/1/23)

(上: 投入熱量の絶対値、下: 投入熱量の割合)

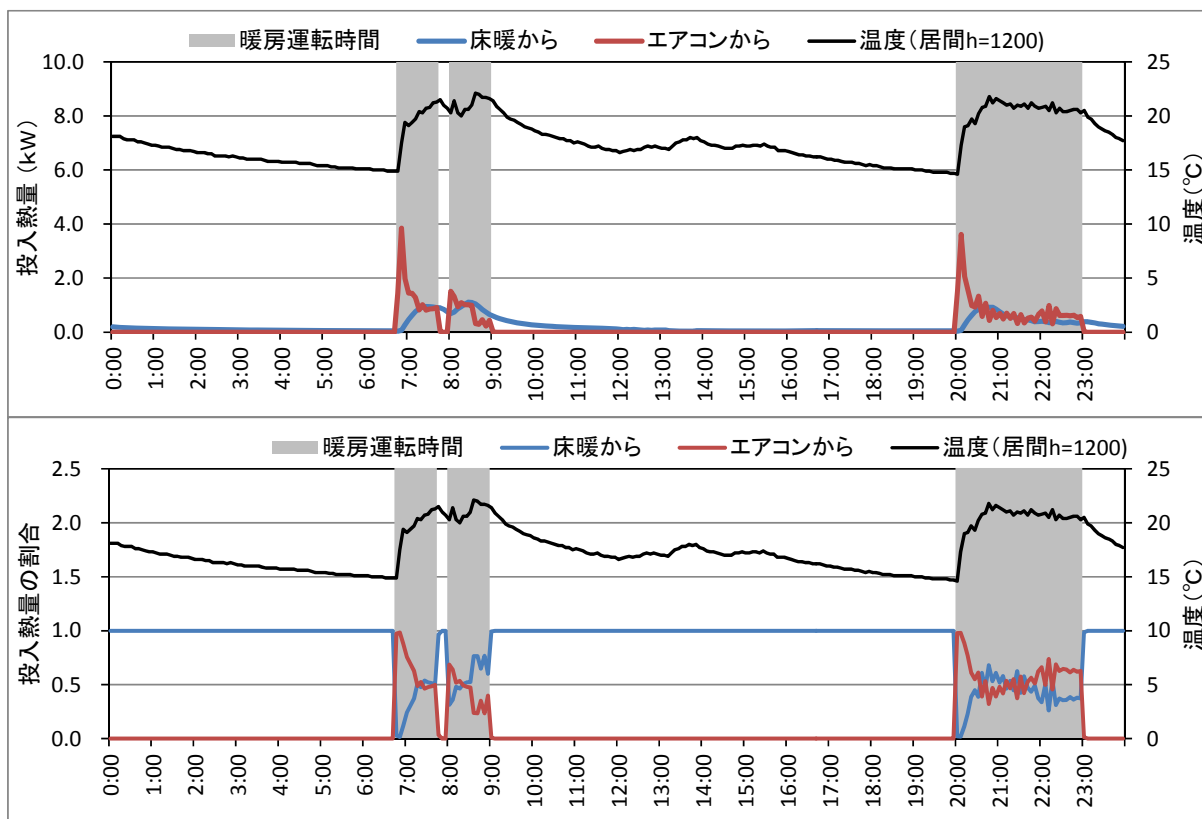


図 3.5.9 外出 床暖 (4_ON) _ AC (20) の場合の時系列変動 (2011/1/24)

(上: 投入熱量の絶対値、下: 投入熱量の割合)

b 日積算

表 3.5.22 に図 3.5.7 ～図 3.5.9 における投入熱量の日積算を示す。外出パターンの運転時間(180 分)は在宅(735 分)と平日(720 分)に比べて短いため、投入熱量が少ない。在宅パターンの運転時間は平日よりやや長い、在宅パターンの立ち上がり時は 2 回に対し、平日は 5 回もあるため、平日の方が立ち上がり時に投入した熱量が多く、日積算値も在宅より多くなっている。また、投入熱量の割合から見ると、床暖は運転時間外にも床表面の温度を維持するため運転しつつであるため、エアコンより多い熱量を投入している。

表 3.5.22 投入熱量の日積算

床暖(4_ON)_AC(20)	1日中平均		1日中投入熱量の積算			投入熱量の割合	
	室温	外気温	床暖	エアコン	合計	床暖	エアコン
	°C	°C	kWh	kWh	kWh	-	-
2011/1/22 平日	19.8	3.5	8.3	6.0	14.3	58.2%	41.8%
2011/1/23 在宅	19.3	3.0	6.2	5.4	11.6	53.5%	46.5%
2011/1/24 外出	17.5	3.9	5.4	4.7	10.0	53.6%	46.4%

6) 床暖とエアコンを併用する場合の負荷分担率

床暖とエアコンを併用する場合の処理負荷分担率(=投入熱量/投入熱量の合計)に影響する要因を把握したいため、朝 1 回目の運転を対象に分析した。

a 床暖とエアコンからの投入熱量

図 3.5.10～図 3.5.12 に平日、在宅と外出の朝 1 回目の運転における床暖とエアコンからの投入熱量を示す。

各スケジュールパターンにおいて、床暖の温度目盛り設定が同じ同士を比較すると、床暖からの投入熱量の絶対値は変化が小さいのに対し、エアコンからの投入熱量はエアコンの設定温度が高くなるに従って多くなり、エアコンの設定温度が同じであってもばらつきが大きい。また、床暖からの投入熱量はホットダッシュ機能の有無による差が殆ど見られなかった。

投入熱量の割合から見ると、運転時間の短い平日(90 分)と外出(60 分)では、殆どの実験日においてエアコンの投入熱量の割合が半分以上を占めている。一方、運転時間が 6 時間半もある在宅では、エアコンの設定温度が床暖より高い実験日(床暖 4、エアコン 22°C 設定)にはエアコンの投入熱量の割合が半分以上を占めるが、それ以外の実験日には両者からの投入熱量の割合が半々であるか、床暖の投入熱量の割合が大きい。

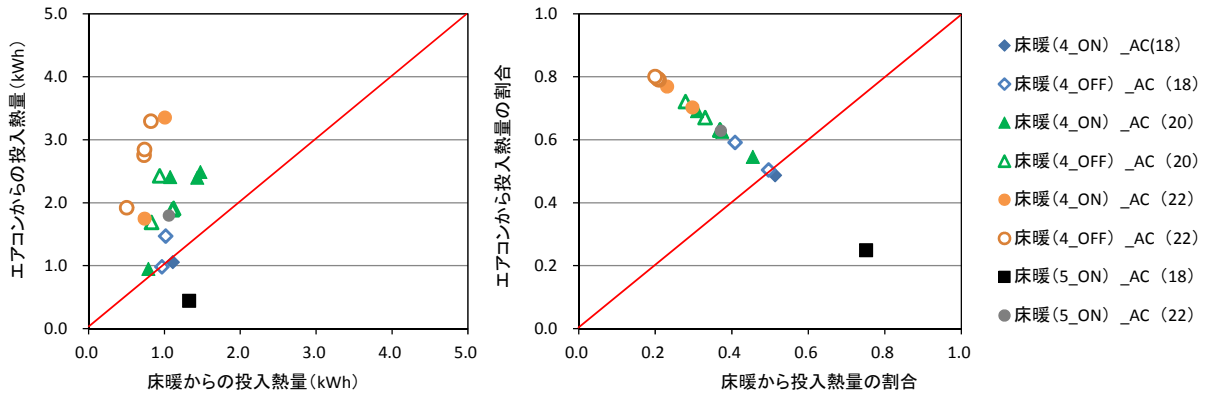


図 3.5.10 平日の朝 1 回目の運転(6:45~8:15)における床暖とエアコンからの投入熱量
(左:投入熱量の絶対値、右:投入熱量の割合)

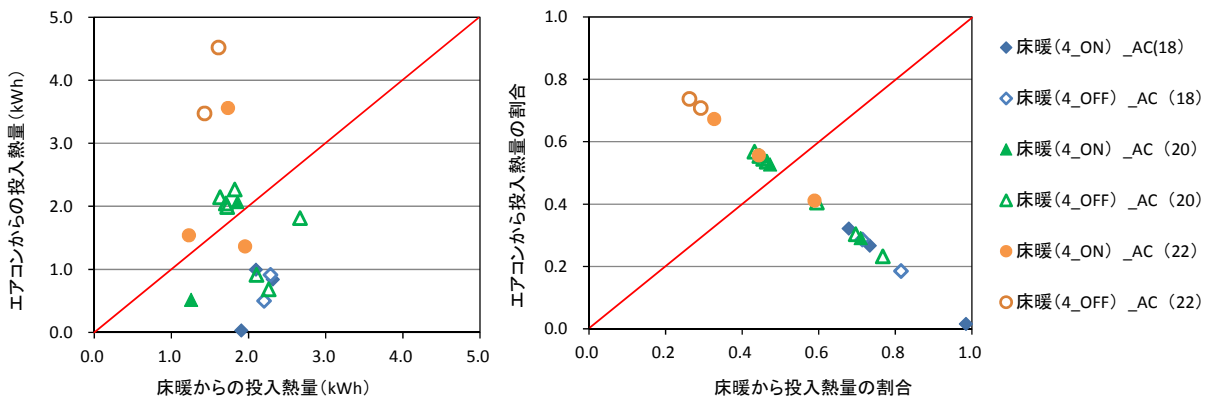


図 3.5.11 在宅の朝 1 回目の運転(6:45~13:15)における床暖とエアコンからの投入熱量
(左:投入熱量の絶対値、右:投入熱量の割合)

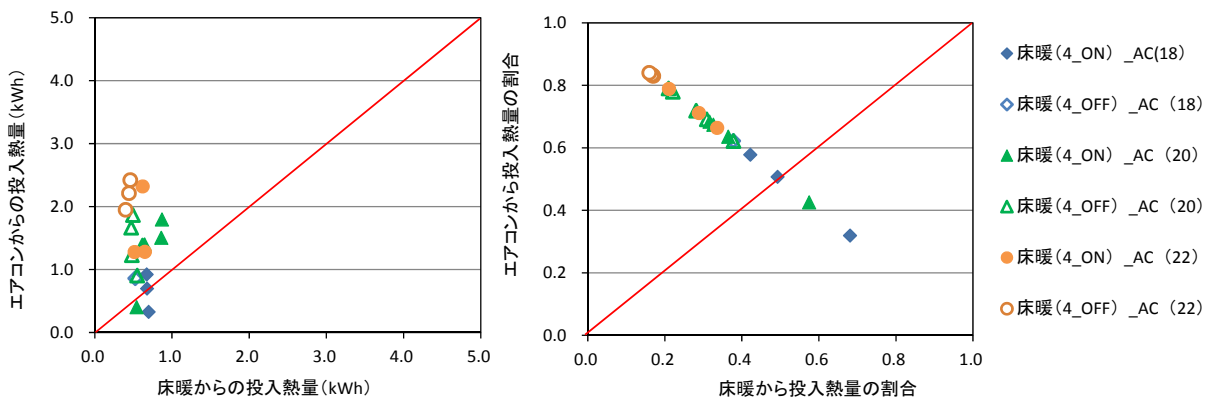


図 3.5.12 外出の朝 1 回目の運転(6:45~7:45)における床暖とエアコンからの投入熱量
(左:投入熱量の絶対値、右:投入熱量の割合)

b 負荷分担率とスタート時室温の関係

図 3.5.13、図 3.5.14 と図 3.5.15 にそれぞれ外出、平日と在宅の朝 1 回目の運転における投入熱量とスタート時室温の相関を示す。

投入熱量の絶対値から見ると、エアコンからの投入熱量はスタート時の室温が高くなるほど多くなる傾向が見られたが、床暖からの投入熱量はスタート時の室温による影響が小さかった。また、併用時の床暖とエアコンからの投入熱量は単独時より少なく、運転時間の最も短い外出

パターンではその差はわずかであったが、運転時間の最も長い在宅パターンでは、スタート時の室温が低い場合において併用時のエアコンからの投入熱量は単独時より大幅に少なかった。

投入熱量の割合から見ると、運転時間の最も短い外出パターンでは、床暖からの投入熱量の割合がスタート時の室温が高くなるほど大きくなる傾向が見られるが、運転時間が長いほうの平日と在宅パターンでは同じような傾向が見られなかった。

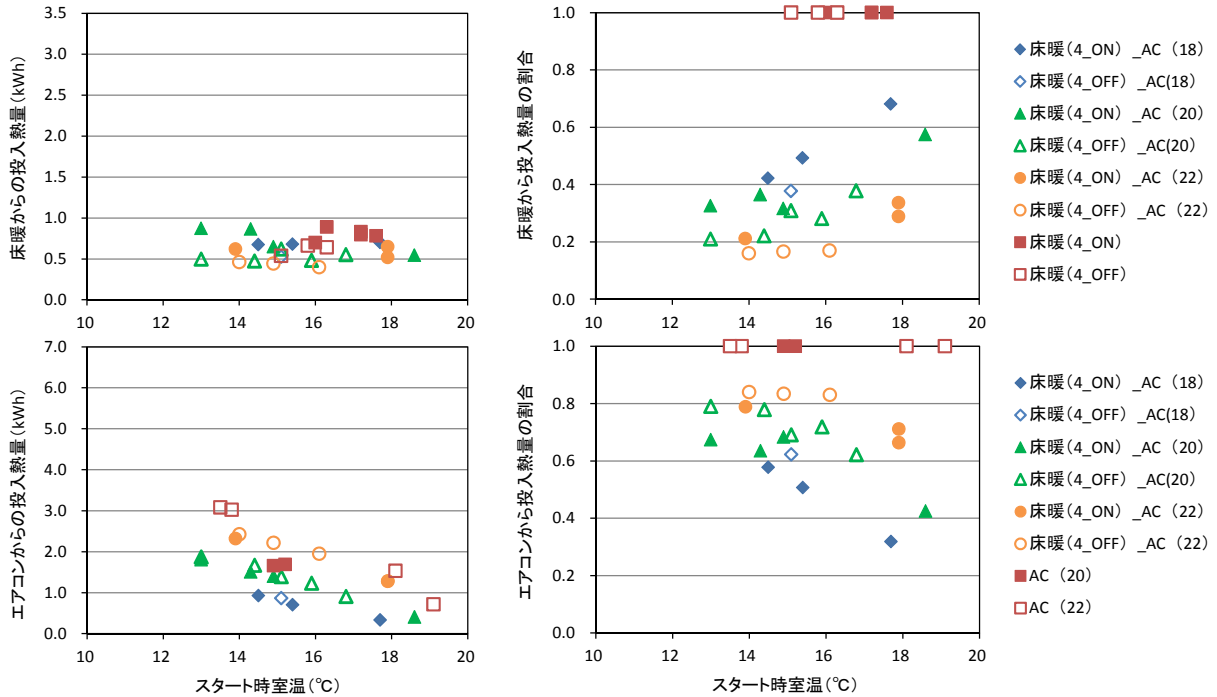


図 3.5.13 外出の朝 1 回目の運転 (6:45~7:45) における投入熱量とスタート時室温の相関

(左: 投入熱量の絶対値、右: 投入熱量の割合)

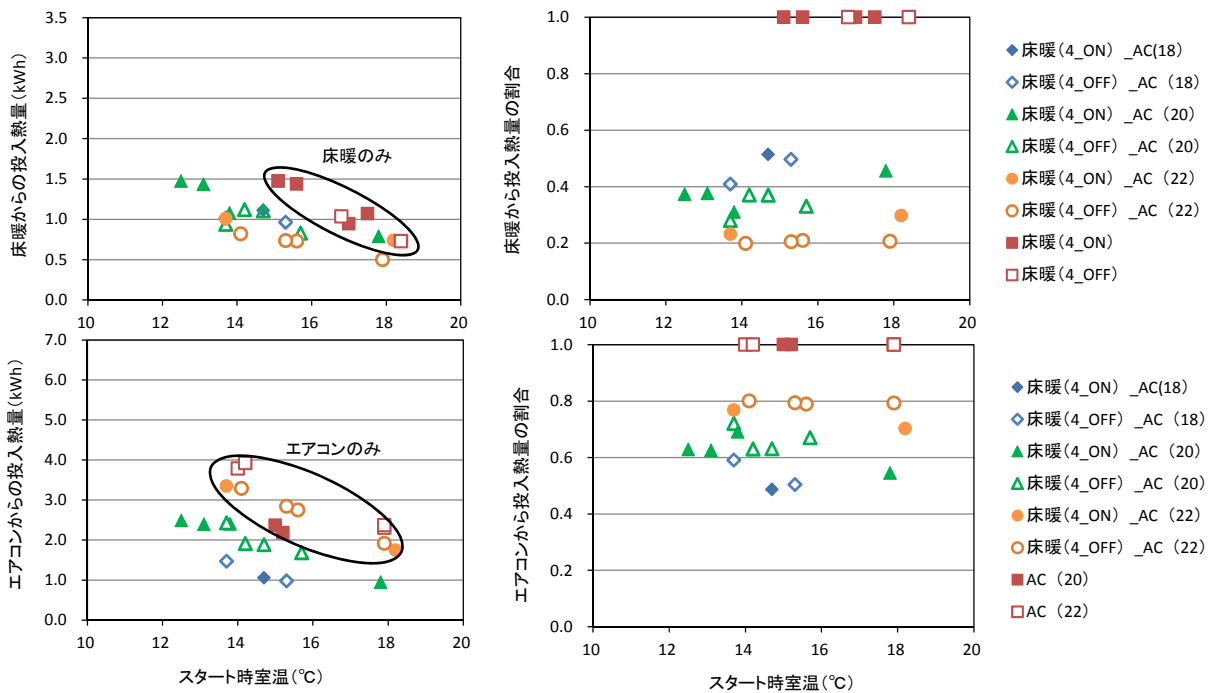


図 3.5.14 平日の朝1回目の運転 (6:45~8:15) における投入熱量とスタート時室温の相関

(左: 投入熱量の絶対値、右: 投入熱量の割合)

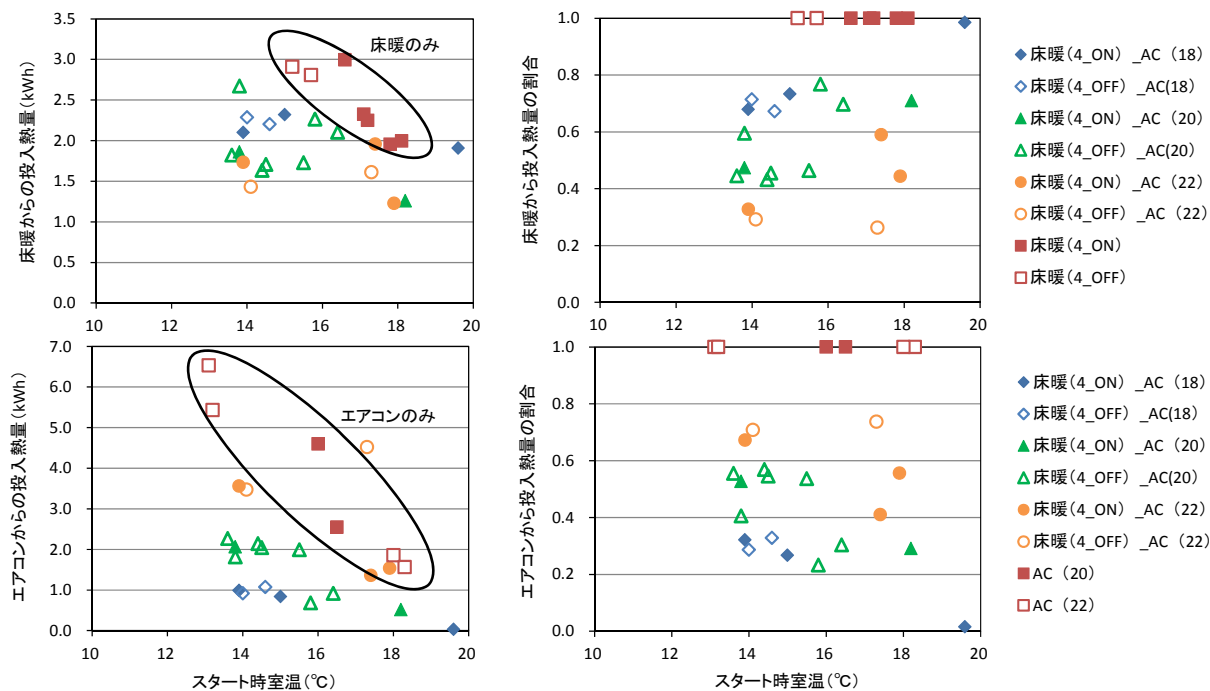


図 3.5.15 在宅の朝 1 回目の運転(8:00~13:15)における投入熱量とスタート時室温の相関
(左:投入熱量の絶対値、右:投入熱量の割合)

c 負荷分担率とスタート時外気温の関係

図 3.5.16、図 3.5.17 と図 3.5.18 にそれぞれ外出、平日と在宅の朝 1 回目の運転における投入熱量とスタート時外気温の相関を示す。

投入熱量の絶対値から見ると、床暖からの投入熱量はスタート時の外気温による影響が小さいが、エアコンからの投入熱量は外気温が低くなるほど多くなる傾向が見られる。

投入熱量の割合から見ると、床暖からの投入熱量の割合は外気温が低くなるにつれ大きくなる傾向が見られる。

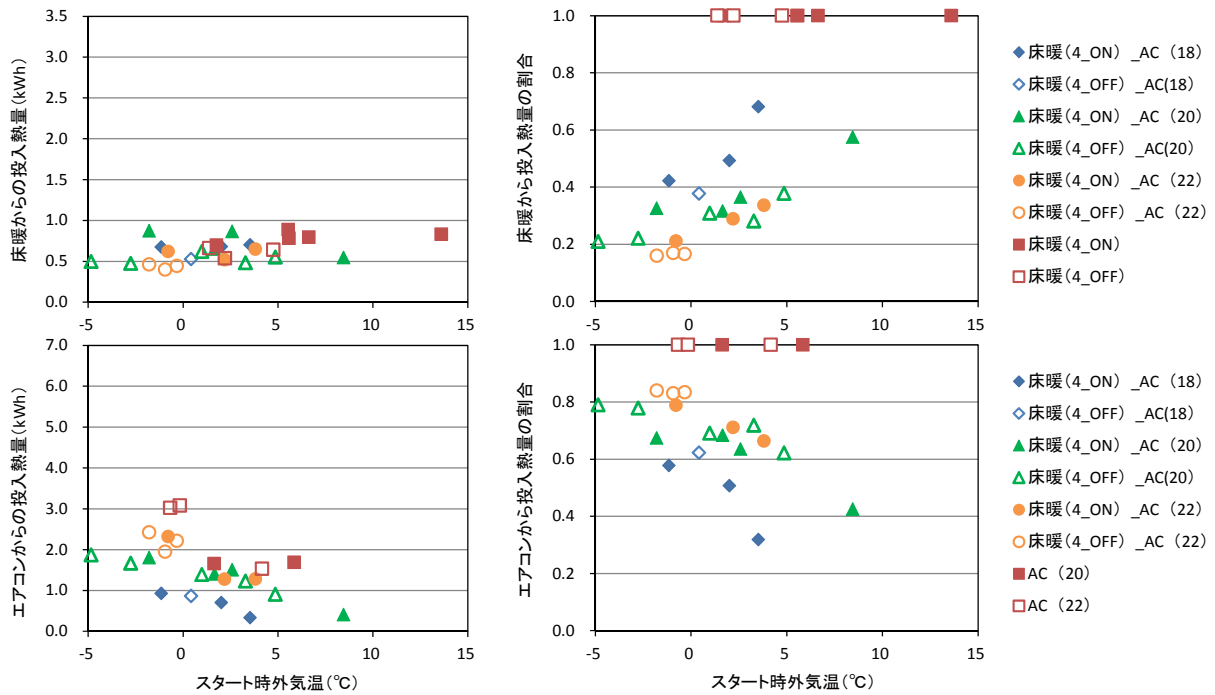


図 3.5.16 外出の朝 1 回目の運転 (6:45~7:45) における投入熱量とスタート時外気温の相関
(左: 投入熱量の絶対値、右: 投入熱量の割合)

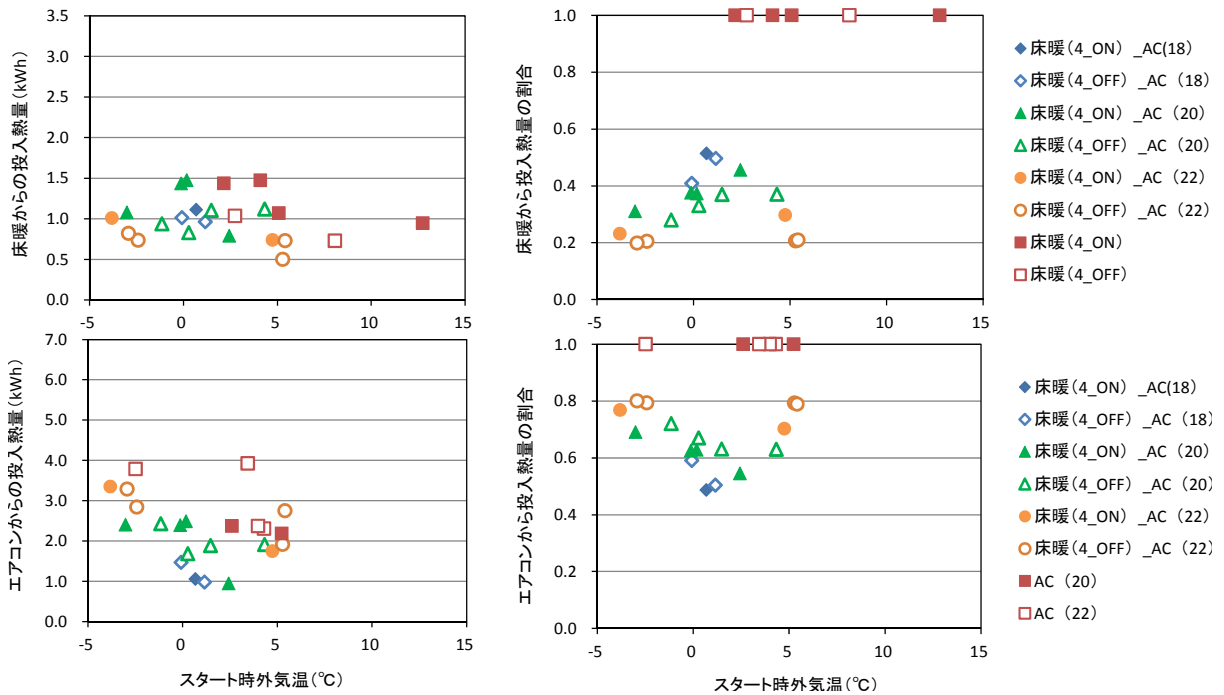


図 3.5.17 平日の朝 1 回目の運転 (6:45~8:15) における投入熱量とスタート時外気温の相関
(左: 投入熱量の絶対値、右: 投入熱量の割合)

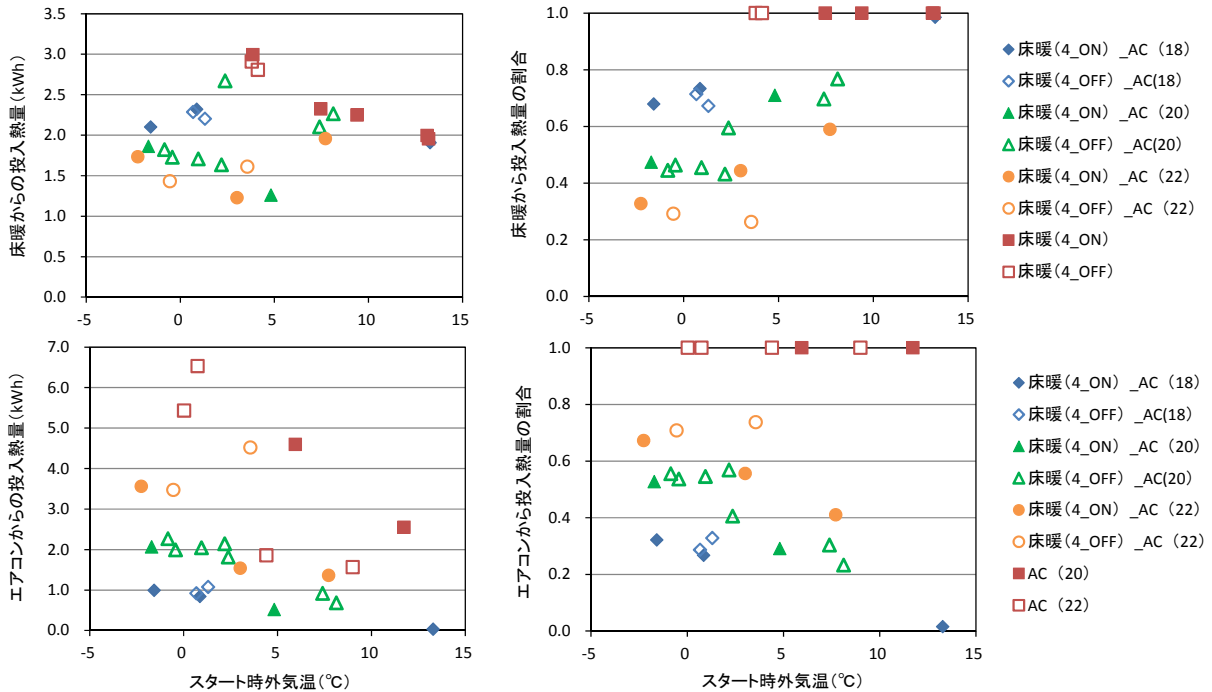


図 3.5.18 在宅の朝 1 回目の運転(8:00~13:15)における投入熱量とスタート時外気温の相関
(左:投入熱量の絶対値、右:投入熱量の割合)

3.5.4 まとめ

まず、暖冷房機器の容量選定方法を作成するために、気候・暖房面積・隣室条件など条件を変えた SimHeat による負荷計算をパラメトリックに行い、計算結果をまとめた。また、暖房機器を併用した場合の暖房負荷の処理がどのように行われるか、言い換えると暖房負荷の分担方法について、建築研究所の集合住宅実験棟3階を使用して床暖房とエアコンを併用しそれらの設定を変えながら実測し、実験結果をもとに整理した。

3.6 昼光利用及び照明機器利用の高度化に関する検討

3.6.1 はじめに

自立循環型住宅において、光環境に関する省エネルギーの実現は、自然エネルギーである昼光の利用と人工照明の効率化の両側面から、人工照明による消費エネルギーを削減することによってなされる。自立循環型住宅における光環境、すなわち昼光利用及び照明に関する技術は、この「省エネルギー」を基本に据えながらも、快適性に結びつく視覚的な「質」を、居住者の生活スタイルを踏まえて実現する「調和技術」であると考え、既往研究では、その基本的要件を示してきた。

既往研究では、昼光利用について蒸暑地域や準寒冷地などの地域性の考慮や、輝度対比などの省エネ設計上の効果などについて検討し、照明に関しては、多灯分散照明のLED対応や、明るさ知覚による考慮など、照明の省エネルギーと光環境の質両立のための根拠の明確化に努めてきた。

そして、本研究では、更なる昼光利用技術及び照明設備技術の高度化、実用性の向上を目的として、既往研究における検討過程で新たに得られた技術開発の視点に基づく要素技術に関する個々の検討とともに、実際の設計へ反映していくための設計法として昇華させるための検討を試みた。

以下、要素技術に関する検討、設計技術に関する検討について示していくが、あわせて、既往研究で提案してきた内容が実際の住宅における実例として反映された例についても示すこととした。

3.6.2 要素技術の検討

(1) 昼光利用技術の高度化の検討

1) 人工天空による住宅昼光利用手法の基礎的検討

a はじめに

採光による室内の視環境を評価する上で、安定した条件による評価が重要となる場合がある。例えば、採光による快適性を被験者実験より検討するためには、変動の激しい実際の昼光ではなく再現可能な光源、つまり人工天空による再現性を重視した評価が必要となる。

住宅の採光を考える際、省エネルギー性と快適性を両立する照明方式の検討が重要であることは間違いない。そこで、本研究では昼光を効果的に採り入れながら人工照明の点灯を減らし、かつ快適な視環境を実現するため、人工天空を用いた評価とシミュレーションを用いた試行的な評価実験を示すことを目的とする。

b 既往状況からみた新たな室内環境実験の必要性

既報(2001)¹⁾で、曇天空を模擬した人工天空(図3.6.1)を用いた昼光環境の予測・評価シス

テムについて考察している。そこでは、室内の印象評価実験に耐えうる天空の見えを有する人工天空を用いた縮尺／実大模型評価実験は、室内輝度分布の計測・予測との対応という点で有効ということを示している。しかしながら昨今、積極的な昼光利用という観点から、直射光を含めた室内視環境の予測評価技術確立の重要性が高まりつつある。

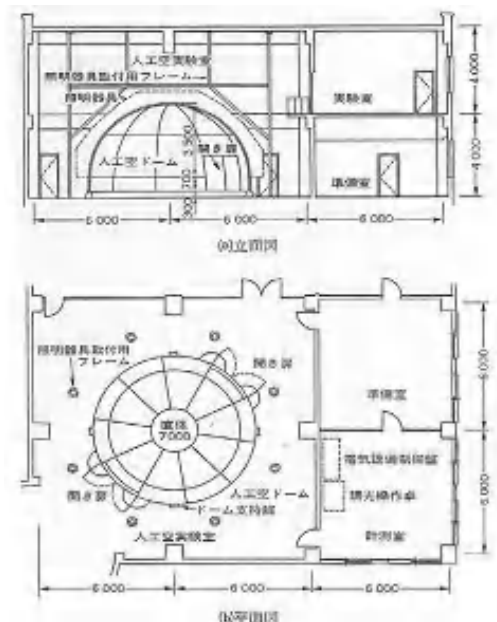


図 3.6.1 建築研究所の人工天空(曇天を対象)

昼光を取り入れた室内環境の評価技術としては、明るさ知覚画像による室内環境の評価技術²⁾、不快グレア評価技術³⁾の提案がなされている。また、室内環境の予測技術としては、例えば、様々な天空に対応するシミュレーション技術として Radiance を用いた輝度シミュレーションの精度が向上している⁴⁾。

しかしながらこれらの昼光環境の評価技術では、その精度向上のレベルに比して、特に変動の大きい実際の直射光を考慮した場合、評価実験はケーススタディ的な位置付けに止まっており、再現性を有していないという大きな問題点がある。さらにシミュレーションによる予測と評価の関連性も十分確認がとれていない。

そこで、1) 直射光を含む人工天空とシミュレーションによる室内環境予測精度の相互補完、2) 再現性の高い人工天空による直射光を含む室内環境評価、により新たな室内環境予測実験および評価法の確立が重要となってきた。

c 新たな人工天空環境構築の試行

ア 既存の人工太陽と本研究の人工太陽

再現性を有する形で直射光を実験的に導入する場合、人工太陽を考える必要がある。既存の人工太陽は、建築研究所の人工太陽(図 3.6.2)⁵⁾や、直接照射型人工空⁶⁾がある。前者は人工空とは独立しており、台の角度が可変式であるという制約から被験者による室内環境評価には適さないという問題点がある。後者は人工天空と人工太陽が統合された設備であるが、その主眼が太陽位置・高度と拡散光・直射光の比を確保することにあり、グレア等の評価に影響する光量は確保できないことや、窓面からの人工天空の見え方に問題を有していた。

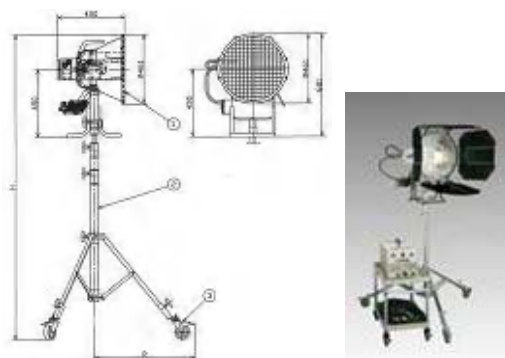


図 3.6.2 建築研究所にかつて導入された人工太陽

そこで本研究では、上記既存の直射光実験環境の問題点を鑑み、図 3.6.2 の拡散光を模擬する人工空内に、明るさや不快グレアの評価実験に耐える光量を確保可能な簡易な人工太陽(図 3.6.3)を導入し拡散光を模擬する直径 7m の人工天空内の端部に高さ 3m に設置し、評価実験環境について検討した。

用いた人工太陽は直射・拡散光を合わせて 120,000lx を超える水平面照度を有し、明るさ知覚やグレア等の評価に対して十分な光量が確保できる。しかしながら、簡易な配光制御のため光線の平行度が低いこと、構造上太陽高度・位置の頻繁な変更が難しいこと、室内模型の窓面正面に三脚が位置するような太陽位置・角度の評価は難しい、といった問題もある。従って、直射光下の午前の中頃、午後の西日の指す時間帯における明るさや眩しさのような光量に依存し、夕方などを除く光色的に不具合のない条件を対象とした評価実験が有効となる。



図 3.6.3 導入した直射光を模擬する人工太陽用光源⁷⁾

d 人工天空とシミュレーションとの対応評価

本研究では人工天空内に 1/5 サイズの住宅室内模型を設置し(図 3.6.4)、室内の輝度分布及び被験者による官能評価を行う。本研究で用いた人工天空は CIE 標準曇天空⁸⁾を精度よく再現できる。照明シミュレーションソフトの一つである Radiance は CIE 標準天空を標準的に利用できるため、本報では人工天空と比較するためのシミュレーションとして Radiance を用いる。Radiance の計算精度は様々に報告されている。しかしながら、人工天空内で主観評価できる程度大型の模型を設置する場合、天空と模型の位置関係や人工天空内にある実験に必要な機材の影響が無視できない可能性がある。

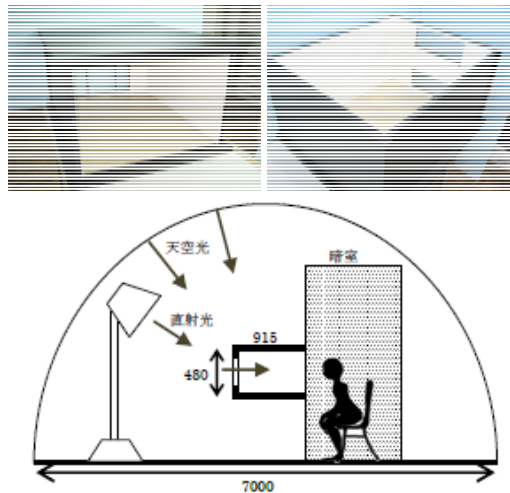


図 3.6.4 1/5 サイズ模型と人工天空の関係

そこで、まず人工天空に設置した模型の輝度分布と Radiance による計算結果との対応の確認を行った。人工天空の条件は模型前水平照度 A)3、650、B)9、370、C)122、400lx の3条件とした。なお、C)はその1で紹介したメタハラ 2kW による直接光とした。模型内の輝度分布は主観評価実験で被験者の眼の位置となる点からデジタルカメラ (Nikon D300+ Tokina AT-X 116 PRO DX 画角 104°) を用い、予め輝度校正したシャッタースピード、絞りで撮影した複数枚のデジタル画像を合成することで作成した。Radiance のシミュレーション精度に関するパラメーターは Parametric Study を行いその結果から -av 0 -ab 6 -st 0 -sj1 -aa 0.08 -ad 1024 -as 512 -ar 256 とした。Radiance の天空条件は条件 A、B は CIE 標準曇天、条件 C は CIE 標準曇天+人工太陽相当の光源とし、模型窓前照度を設定した。反射率は測定値及びメーカー値を使用した(壁天井反射率 0.72、床反射率 0.41、窓アクリル透過率 94%)。

図 3.6.5 に実測による模型の輝度画像(左)とシミュレーションによる輝度画像(右)を示した。比較の結果、人工天空内の模型の輝度と Radiance の計算結果は条件 A、B の CIE 標準曇天では、高い精度で輝度分布を再現できることが分かった。また、条件 C では直射光による高輝度部分の精度がやや低いものの明るさや不快グレアを検討する上で十分実用的な結果が得られた。このことから、再現性の高い人工天空を用いた主観評価実験で得られた知見を用いることで、シミュレーションによる室内環境を予測することが可能となると考えられる。

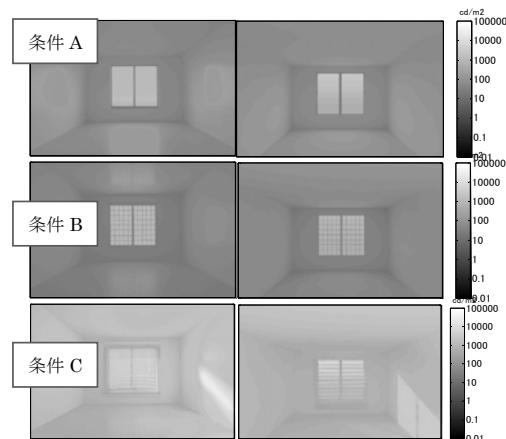


図 3.6.5 実測(右)とシミュレーション(左)

e 主観評価実験

被験者による主観評価実験は、図 3.6.4 に示した 1/5 の住宅室内模型(732(W)×915(D)×480(H) [mm])を用いて行った。人工天空内に遮光された前室と実験室を設置し、被験者は前室で眼を順応させた後、実験室に設置した模型前に座り、アンケートに回答する、という形式を採用した。前室と実験室は連続した部屋とした。被験者は 23 歳～47 歳の合計 18 名(平均 35 歳)とした。採光条件は表 3.6.1 に示した条件で全 87 パターンとした。アンケートは図 3.6.6 に示した 9 項目とした。眩しさの程度と形容詞は 0～4.5 まで 0.5 刻みで 9 段階とし、Q2、Q4～Q8 は 1～7 までの 7 段階で評価した。物理量は、窓外側の水平面照度、窓際の床水平照度、被験者位置での床水平照度及び被験者眼の位置での鉛直照度及び被験者目の位置での輝度画像とした。図 3.6.6 に実験条件の一例と実験風景を示した。主観評価と物理量の対応において例えば不快グレアは窓面の輝度分布が大きな影響をおよぼす。中村らは輝度画像から明るさ知覚を計算した明るさ画像 5)やグレア画像 6)の提案している。例えばこのグレア評方法を用いることでこれまで複雑な手続きを要した Radiance シミュレーション結果から不快グレアの程度を算出することが容易になる。また、昼光による不快グレア分析において本実験は非常に有用であり、今後はこの実験結果をもとに、これらの手法を用いて解析を進めていく。

表 3.6.1 実験パターンとアンケート項目

実験パターン				
天空条件	屋外設備	窓条件	屋内設備	実験パターン
A	無し ルーバー	腰高窓 上下窓	無し 障子 ブラインド レースカーテン	25 パターン
B	無し ルーバー	腰高窓 上下窓	無し 障子 ブラインド レースカーテン	25 パターン
C	無し ルーバー 庇	腰高窓 上下窓	無し 障子 ブラインド レースカーテン	37 パターン

被験者へのアンケート項目	
Q1. 眩しさの程度	0 感じない～4.5 ひど過ぎる。耐えがたい
Q2. プライバシーの流入出の程度	1 非常に流出する～7 全く流出しない
Q3. 不快な暗さ部分	絵にチェック
Q4. 不快な明るさ部分	絵にチェック
Q5. 明暗のメリハリの程度	1 全くメリハリがない～7 非常にメリハリがある
Q6. 開放感の程度	1 全く開放感がない～7 非常に開放感がある
Q7. 人工照明必要さの程度	1 非常に必要～7 全く必要ない
Q8. 光環境の好き嫌いの程度	1 非常に好ましくない～7 非常に好ましい
Q9. Q8. の理由	フリーアンサー

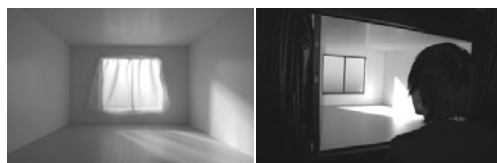


図 3.6.6 実験条件 C(レースカーテン)及び実験風景

2) 季節・方位・時刻に応じた住宅昼光利用手法

a 目的、背景

これまでの検討において、第1フェーズの温暖地版の設計ガイドラインでは、開口部の配置による昼光の量の導入に加え、日照調整による光量の調節が快適な視環境と昼光導入による照明エネルギー削減効果を向上させる重要な点であるとの考えのもと、日照調整装置毎の光・視環境的な観点での基本的な機能及び性能の分類を表として示した。また、第2フェーズの蒸暑地版の設計ガイドラインでは、花ブロックのような日射遮蔽効果が非常に強い建築的日

照調整装置について、輝度対比の抑制による室内の相対的な暗さ感を減らし、無駄な照明を減らす可能性について示した。

これらの検討を通じ、日照調整装置のより有効な設置と運用を実現するためには、日照調整装置の種類毎に、方位・季節・時刻を考慮した視環境に及ぼす特性を定量的に検討しておくことが必要と考えられた。

そこで、第3フェーズでの本検討では、これらのパラメーター相互を考慮した検討として、日照調整装置の種類及びその方位・季節・時刻等を変化させた輝度分布のシミュレーションとその考察を行った。

b シミュレーション概要

シミュレーションは、昼光環境の予測ソフトウェアである Inspirer を用いて行い、モンテカルロシミュレーション(精度1%収束)により、室奥から窓方向に向けた輝度画像(パース)および輝度値データ、床面の輝度画像(水平投影面)および輝度値データ取得した。室の性状・周辺状況及び日照調整装置仕様は以下である(図 3.6.7)。

- ① 部屋形状: 階高 3.5m、床高さ GL+0.5m (2階建ての1階部分)
D×W×H=4.5m×3.6m×2.5m
- ② 窓: 壁厚さ 150mm、壁厚中央にガラスを設置(透明ガラス 80%透過)。
- ③ 前面遮蔽物: 窓面から 10m、反射率: 15%
- ④ 横ブラインド: 幅 25mm、ピッチ 20mm (スラット角水平)、反射率 80%
- ⑤ スクリーン: 窓枠内に設置(枠内寸法同寸)。透過率 10%、透過拡散率 70%
- ⑥ 地面: 反射率 15%
- ⑦ 内装反射率: 床、壁、天井 30%、50%、70% (低反射率)、50%、70%、90% (高反射率)

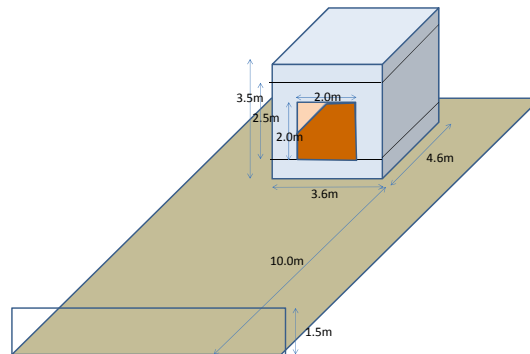


図 3.6.7 設定モデルの形状及び周辺状況

これらの条件で、季節は春分、夏至、冬至、方位は南、東、西、時刻は 9 時、12 時、15 時、天空条件は、晴天、曇天の場合について組み合わせを考え、全 120 通りについてデータを取得した。また、地域は東京を想定した。表 3.6.2 に、各季節の時刻別の直射照度と全天空照度を示す。

表 3.6.2 季節・時刻毎の直射照度及び全天空照度

季節	時刻	直射照度	全天空照度	グローバル照度
春分	9:00	42000	17000	59000
	12:00	68000	22000	90000
	15:00	38000	16000	54000
夏至	9:00	67000	21000	88000
	12:00	88000	25000	113000
	15:00	56000	19000	75000
冬至	9:00	16000	12000	28000
	12:00	37000	15000	52000
	15:00	13000	9000	22000

以下の結果考察は、傾向を明確に示すために、夏至・冬至の南・東、時刻は9時・12時、低反射率内装の場合に絞って行った。

c シミュレーション結果

シミュレーション結果の一例として方位：南、季節：夏至と冬至、時刻：9時と12時の輝度分布とそのヒストグラム(全体と開口部)を示す。開口部と背景の輝度が不快グレアや明るさ感、日照調整装置前後の輝度のヒストグラム(日照調整装置前のヒストグラムをどの程度維持しているか)が景観の見えに主に関係している。

ア 日照調整装置なし

図 3.6.8 に日照調整装置なしの場合のシミュレーション結果を示す。窓面の平均輝度は冬至の12時で最も高く8852cd/m²であった。室内の直射日光照射部は高輝度となっており、窓面だけでなくグレア源となることが考えられる。日照調整装置により、高輝度部の輝度及び出現範囲を抑制する必要がある。ヒストグラムよりいずれの条件でも天空部と地表部の輝度比があり、十分な景観の見えが確保されている。

イ ブラインド

図 3.6.9 にブラインド装着時のシミュレーション結果を示す。スラット角水平の場合、太陽高度が高い夏至では直射日光の室内への入射を防いでおり、室内の高輝度部は見られない。しかし、太陽高度が低くなり夏至では9時、12時とも室内へ直射日光が入射している。窓面平均輝度は本計算条件では日照調整装置なしの場合よりも高くなっている。これは直射日光がブラインドのスラットで反射しているためであり、不快グレア抑制を考えた場合、スラット角は直射日光遮蔽角よりもさらに閉める必要となる場合がある。ヒストグラムよりブラインドのスラット間から屋外が望めるため、日照調整装置なしの場合の輝度分布をある程度保持しており、いずれの条件においても天空部と天空部と地表部の輝度比がある。

ウ スクリーン

図 3.6.10 にスクリーン装着時のシミュレーション結果を示す。窓面平均輝度はスクリーンを直射日光が拡散透過したために高くなっている。ヒストグラムよりいずれの条件において天空部と地表部の輝度比が小さく、景観の見えが見込めない。これは上記に示したとおり直射日光がスクリーンで拡散透過する光が外部景観からの光よりも十分に高いことが原因である。

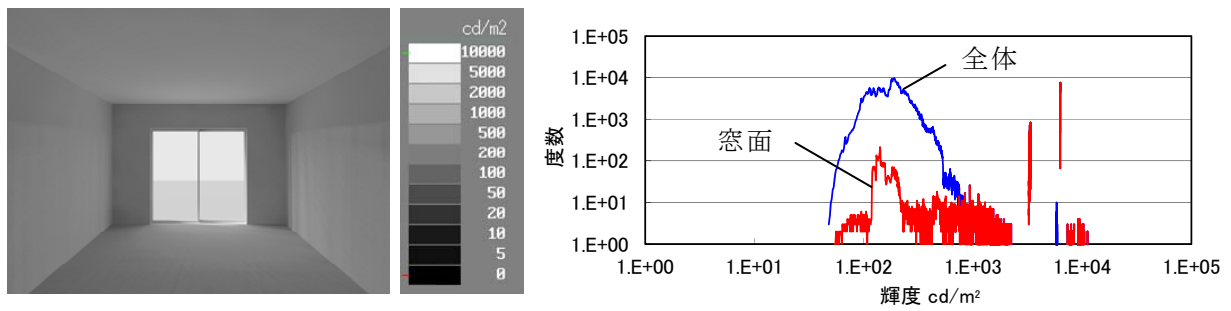
スクリーンの表面輝度は輝度は空隙部を通過する光、繊維部分を拡散透過する光、室内から繊維部分を拡散反射する光によって構成される。今回のスクリーンは、拡散透過率70%と高いため高輝度となっているが、繊維部分の透過率や空隙率といった光学特性値を調整することによって、輝度や景観の見えをある程度改善することができる。

d まとめ

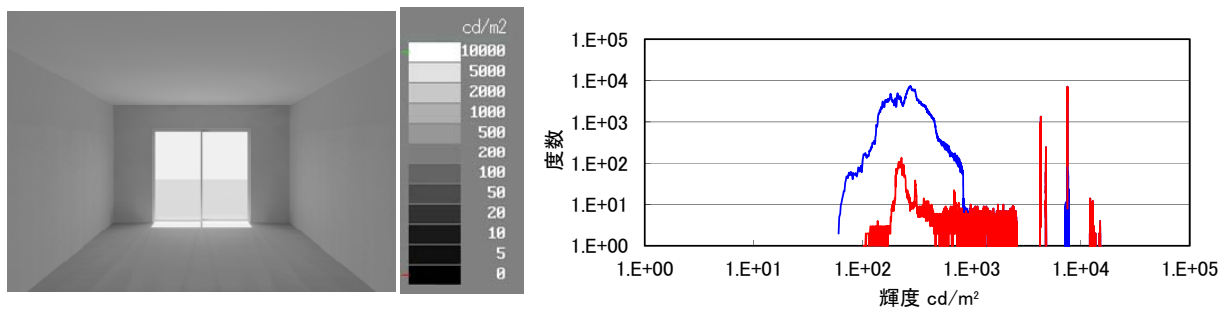
本検討では、省エネルギーと快適性の両立のための日照調整装置のより有効な設置と運用を目的として、基本的な日照調整装置の種類毎の方位・季節・時刻を考慮した視環境に及ぼす特性について、系統的な輝度分布のシミュレーションとその考察を行った。

その結果、輝度分布の分析により、不快グレアや明るさ感、景観の見えに及ぼす影響が判断できそうであること、方位・季節・時刻によって日照調整装置を設置した場合でもその効果は変化し、日照調整装置がプラスの効果だけでなく、設置しない条件よりも窓面輝度を高くし、グレア発生の可能性を高め、同時に、景観の見えが失われるケースがあることなどが分かった。また、それらは、開口部と背景の輝度の関係や、窓面の平均輝度、開口部内の天空部と地表部の輝度比等によって判断できることなどが分かった。

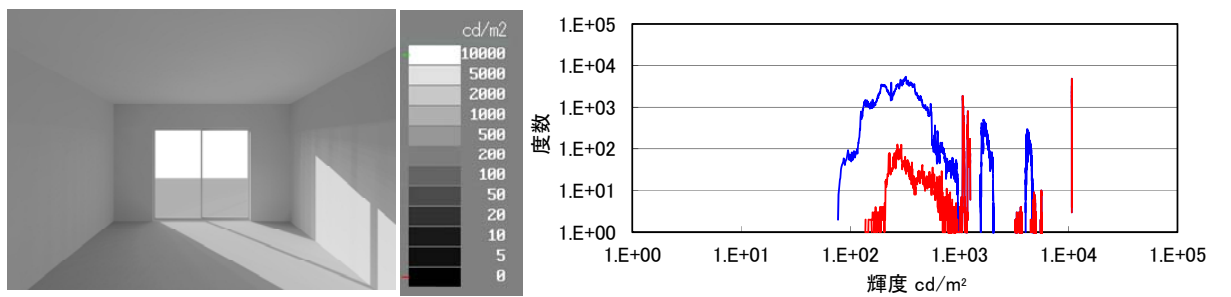
なお、第3フェーズの外皮部会における検討において、熱的な側面を含めた実空間での日照調整装置の実測を行っており、これらの結果との対応についてはそちらを参照されたい。



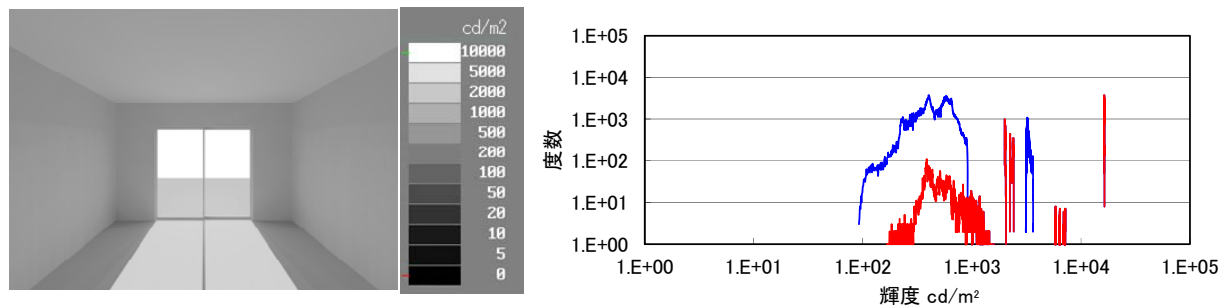
方位：南面、季節：夏至、時刻：9 時 窓面平均輝度：4502cd/m²



方位：南面、季節：夏至、時刻：12 時 窓面平均輝度：5591cd/m²

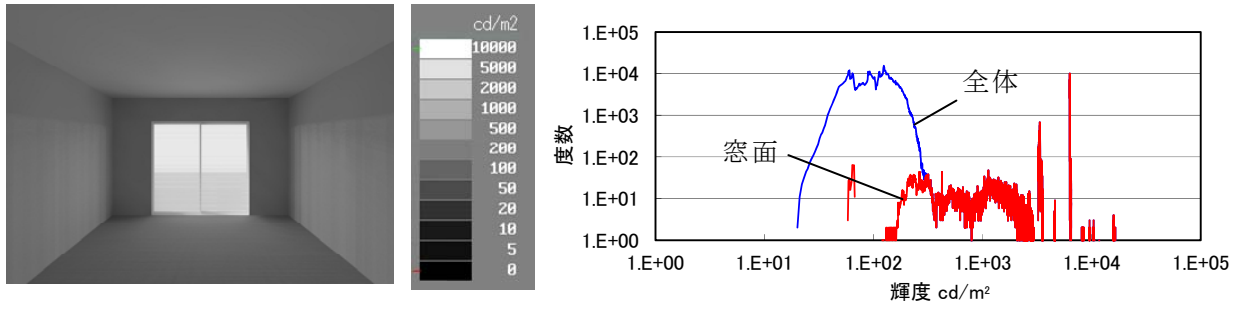


方位：南面、季節：冬至、時刻 9 時 窓面平均輝度：5706cd/m²

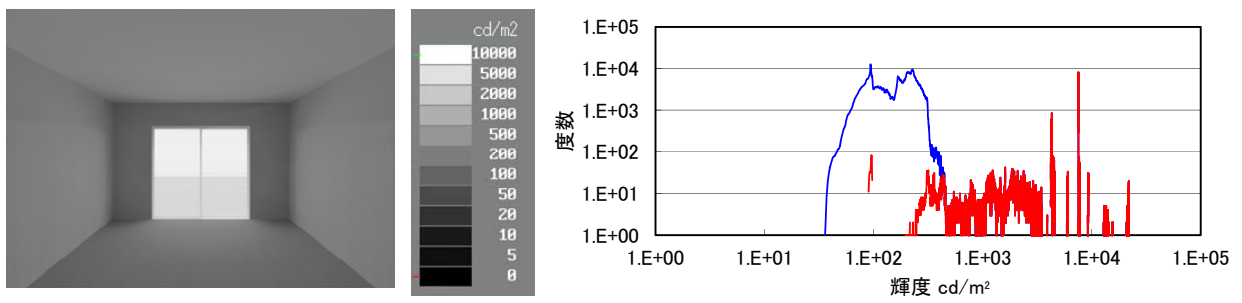


方位：南面、季節：冬至、時刻 12 時 窓面平均輝度：8852cd/m²

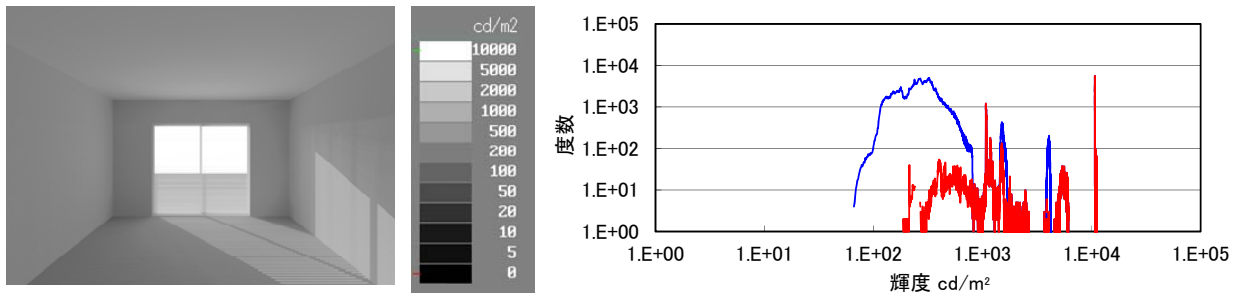
図 3.6.8 日照調整装置なしのシミュレーション結果



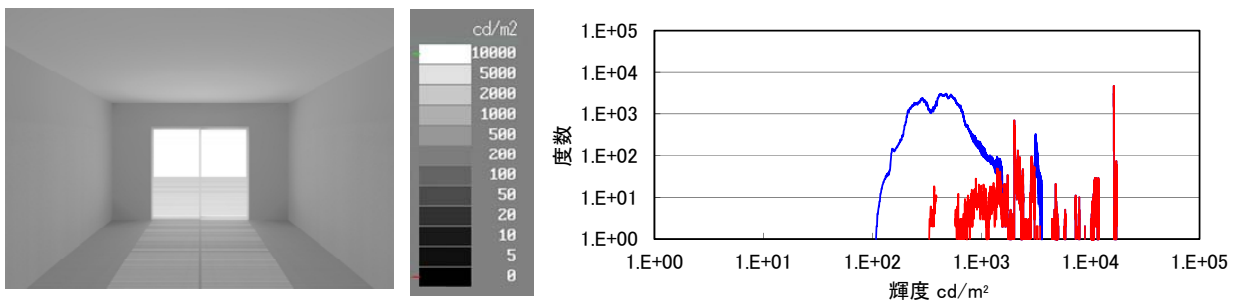
方位：南面、季節：夏至、時刻：9 時 窓面平均輝度：4192cd/m²



方位：南面、季節：夏至、時刻：12 時 窓面平均輝度：5693cd/m²

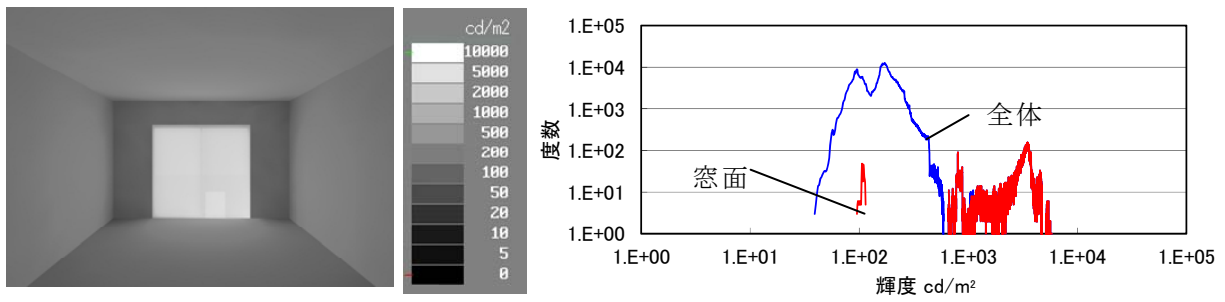


方位：南面、季節：冬至、時刻 9 時 窓面平均輝度：6129cd/m²

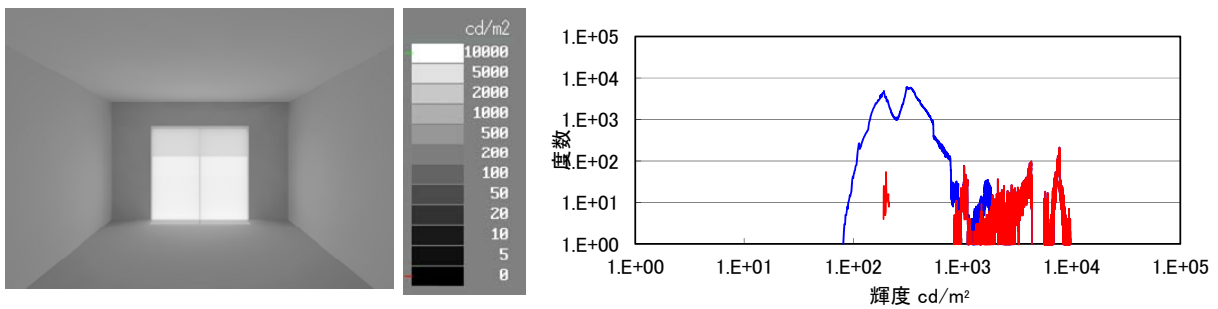


方位：南面、季節：冬至、時刻 12 時 窓面平均輝度：9982cd/m²

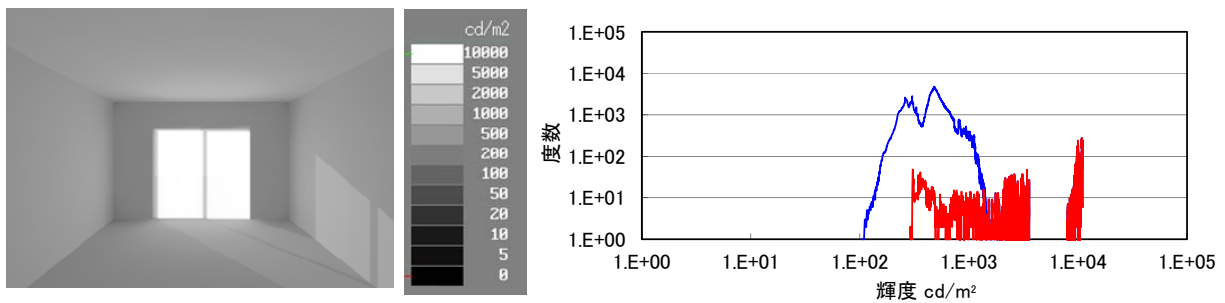
図 3.6.9 ブラインド装着時のシミュレーション結果



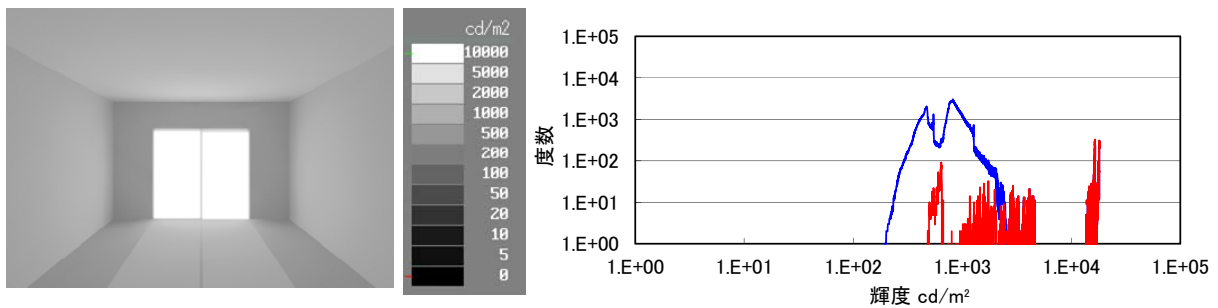
方位：南面、季節：夏至、時刻：9 時 窓面平均輝度：3201cd/m²



方位：南面、季節：夏至、時刻：12 時 窓面平均輝度：6034cd/m²



方位：南面、季節：冬至、時刻 9 時 窓面平均輝度：9004cd/m²



方位：南面、季節：冬至、時刻 12 時 窓面平均輝度：15388cd/m²

図 3.6.10 スクリーン装着時のシミュレーション結果

(2) 戸建て住宅の昼光連動照明制御システムの検討

戸建て住宅における昼光連動照明制御システムを開発した。窓からの昼光に連動して照明器具が自動的に調光し、室内の床面照度を均一に近づけるように調節する仕様となっている。

システム概要図を図 3.6.11 に示す。パソコン上で床面照度を設定すると、床面に設置した照度センサーが昼光および人工照明による床面照度を検知し、設定照度に足りなければ照明器具を点灯および調光し、設定照度以上であれば調光および消灯する。

光源がLEDであるため、専用の制御装置が必要になるが、新光源としてのLEDと昼光利用との組み合わせは、今後の住宅照明における省エネルギー手法の主流になると考えられる。

対象となる居室は、リビングダイニングと寝室となっている。各室の回路分け(ゾーニング)は図 3.6.12 の通り。

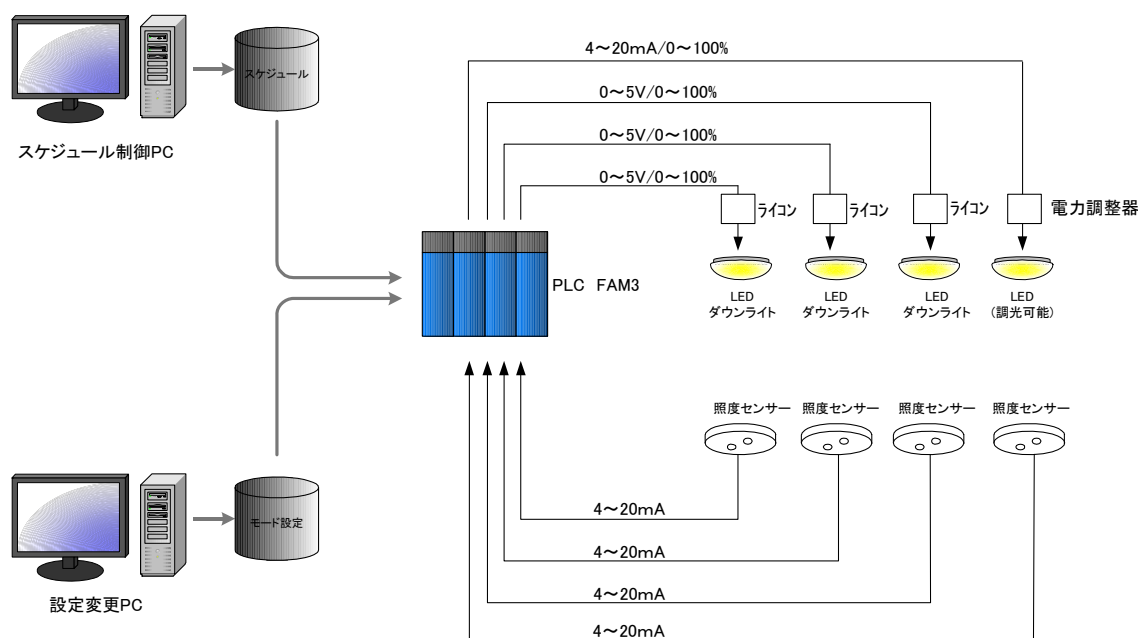


図 3.6.11 システム概要図

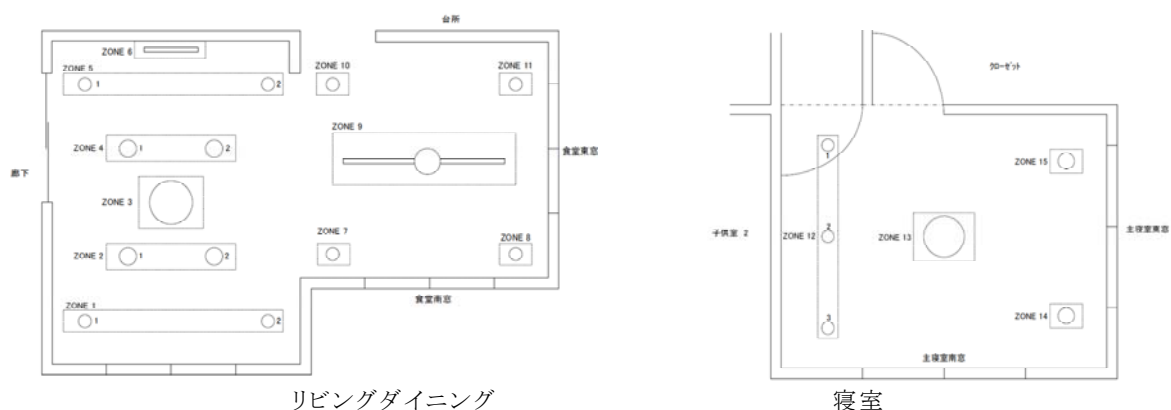


図 3.6.12 照明制御のゾーニング

図 3.6.13 に現地写真を示し、図 3.6.14 に各室の多灯分散プランを示す。写真ではリビングおよび寝室は中央にシーリングライトが設置されているが、これは一室一灯プランに対応するための照明器具である。多灯分散プラン時にはシーリングライトは設置しない。ダイニングは配線ダクトにペンダントライトを吊り下げるが、一室一灯プランでは1灯、多灯分散プランでは3灯を設置する。

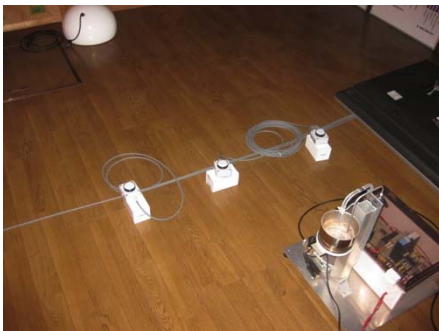
現在はまだ内装材が貼られていないことから省エネルギーの程度を検証できていないが、内装材の施工後に検証を開始する予定である。



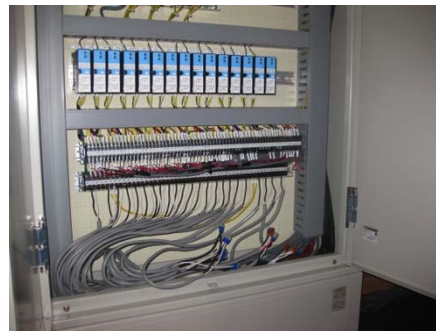
リビング



寝室

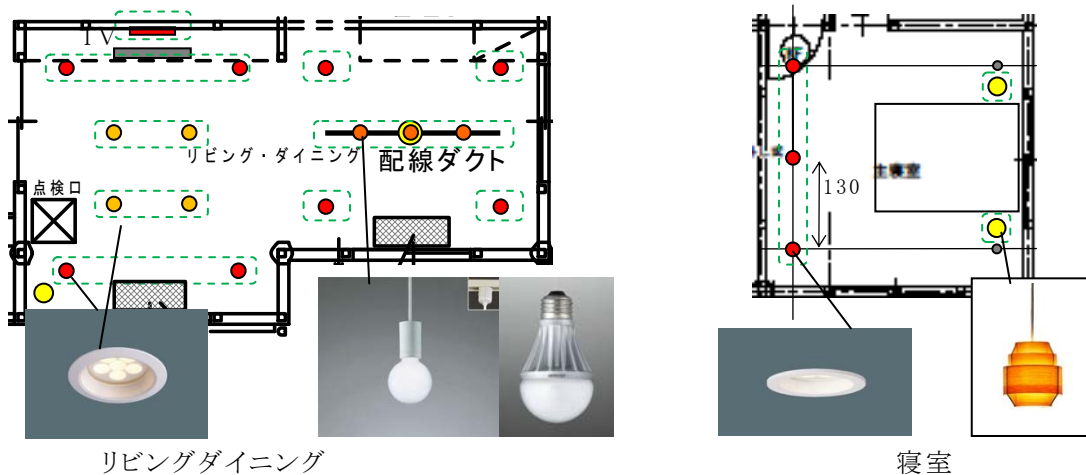


照度センサ



照明制御装

図 3.6.13 現地写真



リビングダイニング

寝室

図 3.6.14 多灯分散照明プラン

参考文献

- 1) 三木保弘：人工天空を用いた昼光環境の予測・評価システムの構築、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1、pp. 401-402、2001.7
- 2) 中村芳樹、輝度画像と「見え方」；照明学会誌（特集新しい光環境の評価手法について）、Vol. 93 No. 12、pp. 879-884、2009.12
- 3) 岩田利枝；不快グレア評価法、照明学会誌（特集新しい光環境の評価手法について）、Vol. 93. No. 12、pp. 897-901、2009.12
- 4) 菊地卓朗、黒木友裕：光環境における「物理」評価の高度化と「心理・生理」評価の導入、照明学会誌、Vol. 93. No. 12、pp. 917-921、2009.12
- 5) 宮田紀元：：昼光利用とアトリウム、建築技術 No. 429、pp. 195-196、1987.5
- 6) 大門昌昭、河崎由美子、中村洋、古賀靖子、後藤浩一：直接照射型人工天空の製作、日本建築学会研究報告(九州支部)2、環境系、第32号、pp. 17-20、1991.3
- 7) http://www.iwasaki.co.jp/product/applied_optics_field/environment_sim_system/
- 8) Spacial distribution of daylight-CIE standard overcast sky and clear sky、CIE、No. S003、1996

3.6.3 設計法の提案

(1) 多灯分散照明方式の簡易設計フローの提案

今後の省エネルギー評価法を検討する上で、現在の住宅照明計画の設計方法を把握しておく必要がある。従来は一室一灯照明方式が主流であったが、自立循環型住宅設計ガイドラインなどの普及に伴い、多灯分散照明方式が主流になりつつある。

1) 照明設計フロー

多灯分散照明方式の照明設計フローには、現在大きく分けて3パターンあると考えられる(図 3.6.15)。照度分布図を作成しない方法(照度設計簡易法)、照度分布図を作成する方法(照度設計詳細法)及び輝度分布図を作成する方法(輝度設計法)であり、この順に高度化する(図 3.6.16)。

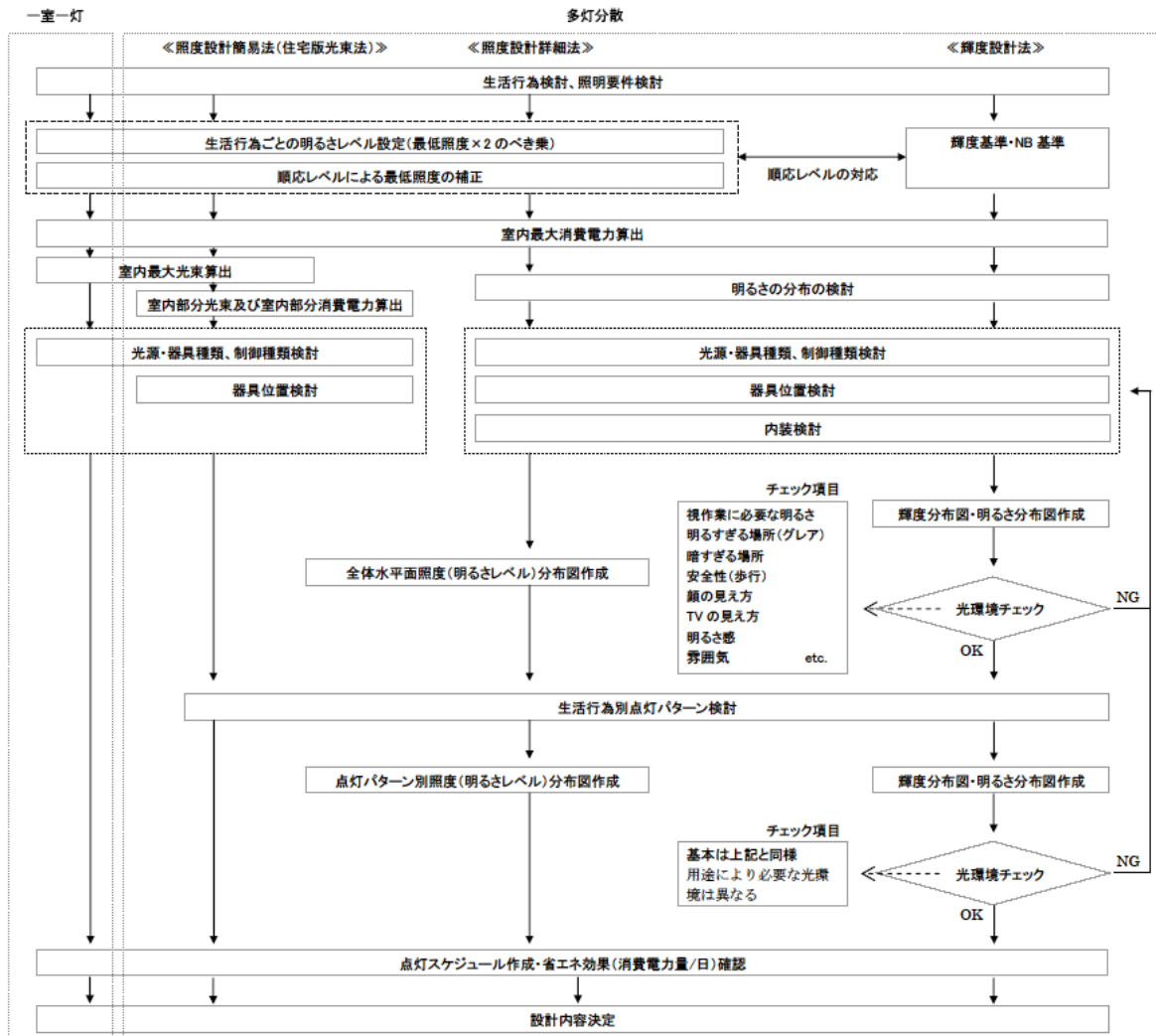


図 3.6.15 多灯分散照明方式の照明設計フロー

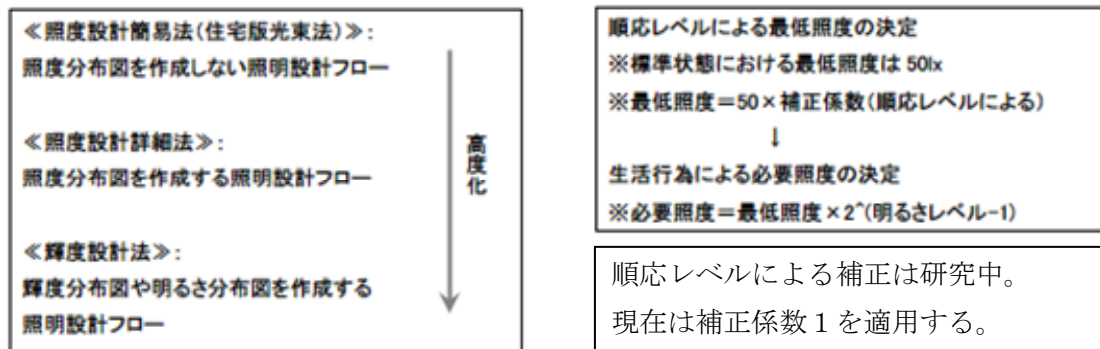


図 3.6.16 照明設計フローの高度化

全体的な照明設計の流れであるが、まずその空間における生活行為や照明要件を検討する。次に具体的な明るさの検討を行う。照度設計を行う際には明るさの基準として JIS 照度基準があるが、より簡易的な基準として、明るさレベルの考え方を提案している。輝度設計を行う際には、現在輝度による基準がないため、照度から換算した輝度値を用いる。

次に室の大きさに応じて室内最大消費電力を算出する。これにより、省エネルギー性の確保を行っている。

その後、具体的な照明設計に進むが、ここで三つの照明設計法に違いが出てくる。照度設

計簡易法では、室内最大光束を算出後、室を生活行為に応じて部分に分け、その部分ごとに必要な光束(室内部分光束)と必要な消費電力(室内部分消費電力)を算出し、その値に見合う照明器具を選定し、器具配置を検討する。照度設計詳細法では、室の明るさの分布を主に水平面照度を用いて検討し、その分布を実現する照明器具の選定と器具配置の検討を行う。輝度設計法では、同様に明るさの分布を検討するが、壁面や天井面を含めた室内全体の輝度を用いる。

多灯分散照明方式では、生活行為別に点灯パターンを変えるため、点灯パターンごとの光環境を検討するプロセスが必要となる。照度設計簡易法では、室内部分光束を検討する際にその部分の明るさも検討しているために生活行為と明るさとの関係を確認するだけでよいが、照度設計詳細法では点灯パターンを変えた状況での水平面照度分布図を作成する必要がある。ここで照度設計詳細法と輝度設計法の大きな違いが出る。照度設計詳細法では照度基準との整合性を確認するために、基本的に水平面照度分布しか作成しない。これは明視照明に関する光環境をチェックしているだけに止まり、雰囲気照明に関する光環境はほとんど考慮していないことになる。これに対して、室全体の輝度分布図を作成する輝度設計法では、明視照明及び雰囲気照明の双方の光環境をチェックすることが可能となる。そのため設計時に、ある程度正確な光環境が把握できることになり、もし不具合が見つければフィードバックして仕様を変更することでさらに質の高い設計内容とすることができる。

但し現在、輝度設計は照明設計の専門家には可能であるが、一般の建築設計者にはやや敷居が高い。従来は一室一灯照明方式が多く、明るさを決定する際にも、照度や光束といった測光量を用いずに、消費電力を用いていたことから、まず測光量を用いた照明設計法に移行させる必要があると考えられる。これは LED が消費電力だけでは明るさが判断できなくなって全光束を表示するようになってきたことも影響している。そこでまず敷居の低い照度設計への誘導が適切と考えられるが、照度設計詳細法では照度分布図を作成するために照明器具の配光データ及び照度分布図作成ソフトが必要となり、心理的な抵抗があることが予想される。そのため、それらがなくてもある程度の明るさを検討できる照度設計簡易法がスムーズな移行には適切であり、省エネルギー評価用の照明設計法としても適切であると考えられる。

2) 照明設計プログラム

住宅照明において省エネルギーと光環境の向上を誘導する上で、現在の建築業界を鑑みると照度設計簡易法が適切であると前述したが、その設計法を普及させるためには、その設計法を反映させた簡易な照明設計プログラムの作成が有効と考えられる。そこで、まずその照明設計プログラムのフローを作成した(図 3.6.16-2)。

このプログラムフローの見方であるが、表の中央にある二重枠のフローは、設計者の入力項目となっている。その右側の一重枠は具体的な入力データの内容である。さらに右側の図は画面表示の際のイメージであり、二次元の場合と三次元の場合を併記している。設計者の入力項目である二重枠のフローの左側に位置する一重枠のフローは、データを入力後に自動的に算出される消費電力の項目である。また途中の段階でいくつかチェック項目があり、要件を満たしていないと前のステップにフィードバックする。設計が完了すると器具一覧表や器具配置が出力され、同時にエネルギー計算書も出力される。

照度計算を行わないため、正確な明るさは算出できないが、多灯分散照明方式を用いる際の大まかな光環境の検討が容易に行えることに加え、同時に消費電力量を算出できることから、照明設計の知識が乏しい建築設計者にも使いやすいプログラムになっていると考えられる。

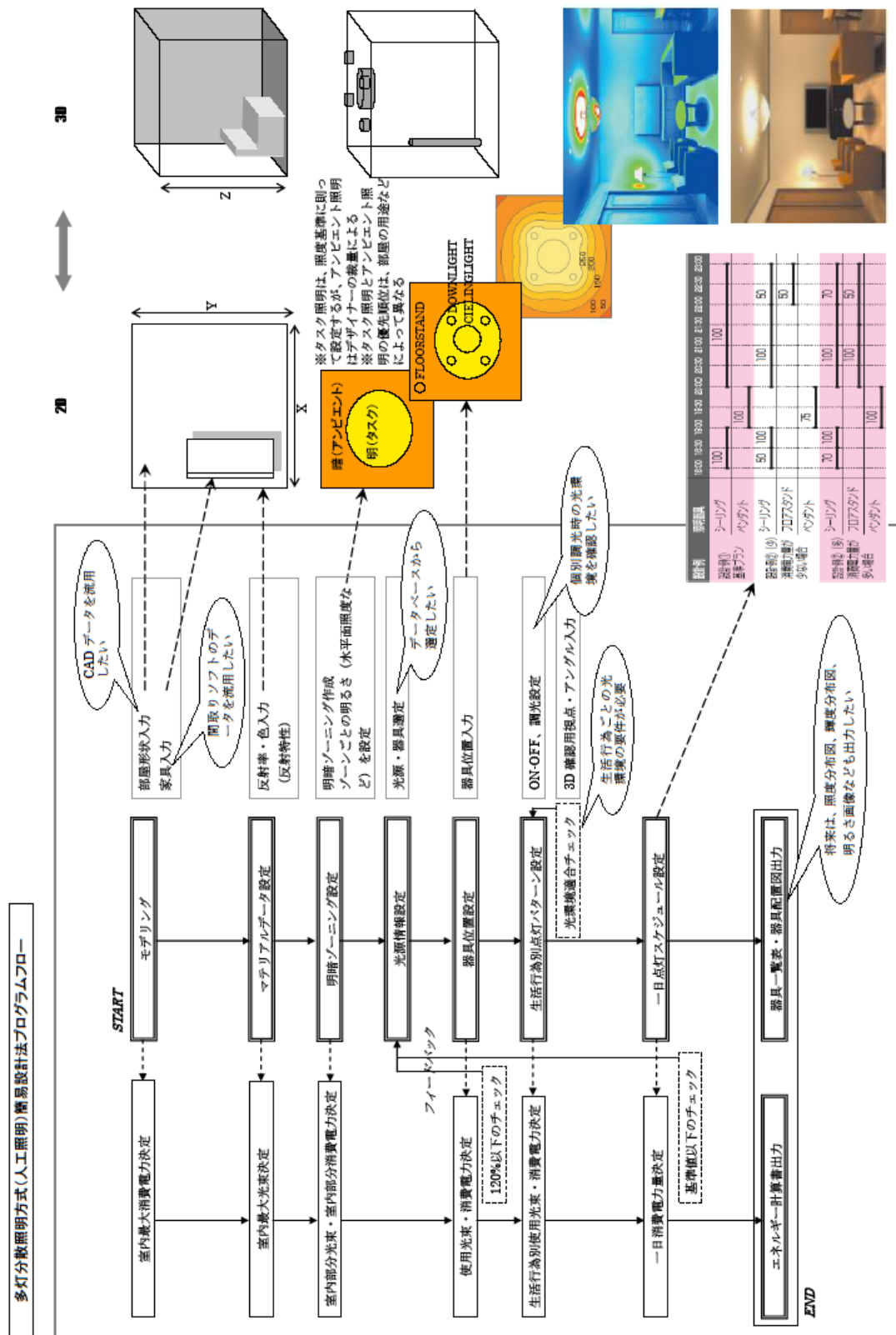


図 3.6.16-2 照明設計フローの高度化

(2) 光束に着目した住宅用照明設計法の検討

住宅の照明設計における照度設計においては、照度分布図の作成の有無により、簡易法と詳細法に分けられる。簡易法の一つとして、光束に着目した設計法(単位光束法)を考案した。

1) 考え方

照明設計の基本として知っておくべき照明設計法の一つに光束法がある。これは、全般照明を想定して、天井に均等配置された照明器具による作業面の平均照度を算出する設計法である(図 3.6.17)。オフィスなど均一な光環境を得たい場合に用いる。

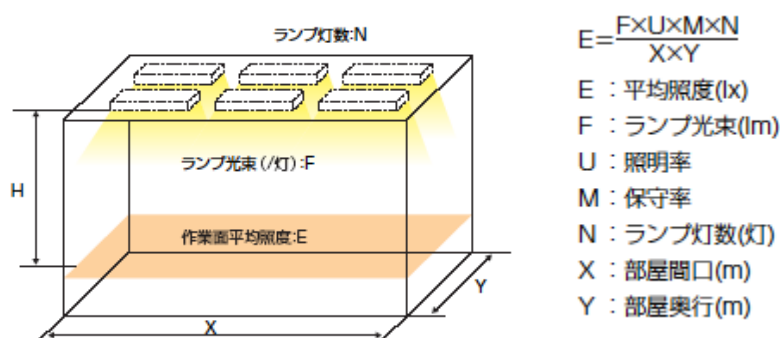


図 3.6.17 光束法

この設計法は大まかにいうと、ランプの全光束のうち、どの程度作業面に入射するかを室の形状や内装反射率及び照明器具の配光などから導き、その作業面に入射する光束を作業面の面積で割って平均照度を算出する方法である。ちなみにランプの全光束のうち、作業面に入射する光束の割合を照明率と呼んでおり、照明メーカーが照明器具ごとに照明率表を作成している。

また一般的には、光束法は平均照度を算出する数式となっているが、照明設計者は設計照度が決まっています、必要な照明器具の灯数を算出するために用いることが多いことから、光束や灯数を算出するために、次のように数式を変形して用いている。

$$F \times N = E \times X \times Y / (U \times M)$$

住宅においても設計者が対象であることから、上記の数式を参考に、設計照度を得るために必要な光束をできるだけ簡易に求めることを最優先して、住宅の照明設計に適した設計法を単位光束法として考案した。次節に詳細を述べる。

2) 設計手順

3.6.3(1)-1) 照明設計フローにて示した照明設計のプロセスを具体的に記し、その中で単位光束法の詳細を述べる。

Process 1) 各室で行われる作業・生活行為の検討

住宅内の各室で行われる作業や生活行為を時間別に考え、照明要件を検討する。

Process 2) 生活行為に必要な明るさの確認

夜間において各室で行われる作業・生活行為をもとに光環境を検討する。まず、自立循環型住宅のコンセプト(省エネルギー性を向上させつつ快適性を損なわない)に基づき作成した生活行為と光環境に関する表(表 3.6.3)を用い、計画する住宅の各室で想定される生活行為の種類と明るさレベルを確認する。ここでの明るさレベルとは、照度のような物理量でなく、人の感覚に近い明るさの目安であり、居室における明るさの最低レベル(歩行に支障のない明るさ)をまず設定し、生活行為に必要な明るさがその最低レベルの何倍程度かによって決めた数値となっている。これは人の感覚が、物理量の対数に比例することを応用した考え方である。具体的には、床面照度 50 ルクス程度を明るさレベル 1 に該当させ、その照度の 2 倍を明るさレベル 2、次にその照度の 2 倍を明るさレベル 3、さらにその照度の 2 倍を明るさレベル 4 と設定したものである。照度と明るさレベルとの関係は表 3.6.3 の通り。

主に明視照明を対象としているが、明るさレベル 3 までを主にシーリングライトやダウンライトなどの天井照明によって得ることを想定しており、明るさレベル 4 以上の明るさが必要な場合は、スタンドなどの補助照明にて対応するという考え方になっている。

表 3.6.3 明るさレベルを用いた生活行為と光環境の関係

室	生活行為	光環境		備考 多灯分散照明の適用可能性
		照明部分	明るさレベル	
リビング	読書	テーブル面	4	◎
	TV、ゲーム	-	-	
	団欒	テーブル面	2	
	パソコン	テーブル面	3	
	くつろぐ	-	-	
	音楽鑑賞	-	-	
ダイニング	食事	テーブル面	3	△
	飲酒	-	-	
キッチン	調理	手元	3	
	片付け	手元	3	
主寝室	睡眠	-	-	○
	読書	手元	4	
	化粧	顔面	4 (鉛直面)	
	身支度	収納内部 全身	2 (鉛直面)	
	音楽鑑賞	-	-	
子供室 (洋室)	睡眠	-	-	○
	勉強	手元	4	
	読書	手元	4	
	遊び	手元	3	
和室	睡眠	-	-	○
	接客	テーブル面	3	
	TV	-	-	
	読書	手元	4	
	音楽鑑賞	-	-	
玄関	接客	顔面	2 (鉛直面)	△
	身支度	全身	2 (鉛直面)	
	移動	通路	1	
廊下・階段	移動	通路	1	
	洗面所	洗面所		
洗面所	洗顔	顔面	3 (鉛直面)	
	化粧	顔面	3 (鉛直面)	
浴室	入浴	-	-	
	洗髪等	顔面や体	2	
便所	排泄	便器周辺	2	
納戸・収納	物の出し入れ	収納内部	2	

表 3.6.4 明るさレベルと照度の関係

明るさレベル:BL	1	2	3	4※
照度(lx)	50	100	200	400※

※明変換式:照度 = $50 \times 2^{(\text{明るさレベル}-1)}$

明るさレベル4は、高齢者など特に明るさを必要とする場合を除き、通常は天井照明でなく、補助照明にて対応する。

Process 3)各室を利用する住まい手の視覚能力の確認

各室を利用する住まい手の年齢や視覚能力を確認する。視覚能力は加齢とともに低下するとされており、住まい手の現状把握と将来変化の予測を行い、生活行為に対する必要な明るさを補正する。

例えば、高齢者の居室で明るくしたい場合は、明るさレベルを1上げるようにする。これにより、照度は約2倍になる。但し、必要な部分のみとする。

Process 4) 昼光利用の範囲と程度の確認

各室における昼間の太陽光の状況把握と昼光利用計画を踏まえ、昼間の暗い時間帯や夕方に照明が必要になるに部分を予め把握する。

Process 5) 室内最大消費電力の算出

各室の消費電力の上限値を設定する。この上限値は、一室一灯照明方式を用いた場合のシーリングライトの消費電力を目安とする。この上限値を室内最大消費電力 W_{\max} と呼ぶこととする。

Process 6) 室内最大光束、室内部分光束および室内部分消費電力の算出

室内の明るさは天井照明を用いる場合、概ね室内の光束によって決まるため、室内の光束を用いて明るさを検討する。そこで室全体の光束の上限値を予め算出しておき、その室で用いる照明器具の光束の合計値がその上限値以下になるように器具配置を工夫する。この上限値を室内最大光束と呼ぶこととする。

ここで室内最大光束は以下の式(1)により算出する。単位光束 F_u と畳数 S_u は表 3.6.5 内の値を用い、明るさレベル BL は表 3.6.3 内の値を用いる。表 3.6.4 内の単位光束 F_u は、室の各条件において平均床面照度50ルクスを得ることのできる光束となっている。設計面積が表3内にある面積に当てはまらない場合は、表中にあるその前後の面積における光束を用いて内分し、必要な光束を求める。

$$F_{\max} = F_u \times 2^{(BL-1)} \quad \dots(1)$$

F_{\max} : 室内最大光束(lm)、 F_u : 単位光束(lm)、BL: 明るさレベル

表 3.6.5 単位光束一覧表



光束算出用器具：86WHf 蛍光ランプシーリングライト
ランプ光束：7980 lm、カバー：乳白アクリル、器具効率：56%

●拡散配光器具

面積(畳)		2	4.5	6	8	10	12.5
間口(m)×奥行(m)		1.82×1.82	2.73×2.73	2.73×3.64	3.64×3.64	3.64×4.55	4.55×4.55
単位 光束 (lm)	室内反射率(%) 70 30 10	2050	2750	3150	3650	4100	4650
	室内反射率(%) 70 50 10	1600	2300	2700	3200	3650	4200
	室内反射率(%) 70 70 10	1150	1850	2200	2700	3150	3700

●広照配光器具



光束算出用器具：9.4W 電球形 LED ランプダウンライト
ランプ光束：650 lm、反射板：鏡面、器具効率：69%、1/2 ビーム角 85°

面積(畳)		1	2	4.5	6	8	10
間口(m)×奥行(m)		0.91×1.82	1.82×1.82	2.73×2.73	2.73×3.64	3.64×3.64	3.64×4.55
単位 光束 (lm)	室内反射率(%) 70 30 10	950	1150	1550	1800	2100	2400
	室内反射率(%) 70 50 10	700	950	1400	1600	1950	2250
	室内反射率(%) 70 70 10	500	750	1200	1450	1750	2050

●中照配光器具



光束算出用器具：6.9W LED 一体型ダウンライト
ランプ光束：305 lm、反射板：鏡面、器具効率：90%、1/2 ビーム角 44°

面積(畳)		0.5	1	2	4.5	6	8
間口(m)×奥行(m)		0.91×0.91	0.91×1.82	1.82×1.82	2.73×2.73	2.73×3.64	3.64×3.64
単位 光束 (lm)	室内反射率(%) 70 30 10	280	360	460	750	920	1170
	室内反射率(%) 70 50 10	250	330	430	720	890	1140
	室内反射率(%) 70 70 10	210	290	390	680	850	1100

※天井高さは、2.4m と想定

※室内反射率は、天井反射率(%）、壁反射率(%）、床反射率(%）を示す

※保守率は、0.7 に設定

※光の広がり大きい器具は広い室に、光の広がり小さい器具は狭い室に用いるようにし、各器具は表中の面積の範囲内で適用する

室内最大光束を算出する手順であるが、まず設計する室の用途により、一室一灯照明方式と多灯分散照明方式のどちらを採用するかを決める。

●一室一灯照明方式を採用する場合

室の条件に合う単位光束 F_u を表 3.6.5 から選択する。室の大きさが表 3.6.5 内の設定条件と異なる場合は、室の大きさの前後の単位光束を内分して F_u を算出する。次に明るさレベル BL を決定する。標準は床面の水平面照度が100ルクス程度となる明るさレベル2となっている。これらの値を式(1)に代入すると、その室における室内最大光束 F_{max} が得られる。

●多灯分散照明方式を採用する場合

生活行為に応じて明るくしたい部分と暗くてもよい部分を分けて考えること(ゾーニング)が可能なので、室全体と部分の両方の光束及び消費電力を考える。

最初に室全体を均一の明るさに照明すると仮定して、室内最大光束 F_{max} を算出する。これらの値が、室内で採用する照明器具のランプ光束の合計の上限値となる。

次にこの光束を、集中させて明るくするゾーン(明視照明)とそれ以外の暗いゾーン(雰囲気照明)に分配する。本来は明視照明の明るさを得るために、高さも考慮した空間内の最適な位置に照明器具を配置することが理想だが、現在は空間内に自由に照明器具を配置することは難しく、建築設計時には天井照明を主体に検討していることから、天井照明を用いた単位光束法を用いる。

まず明視照明用に明るくしたいゾーンの光束(室内部分光束 F_t)を算出する。やはり式(1)を用いる。ここで例えば、リビングのテーブルでのパソコン使用を想定し、テーブル周辺のやや明るくしたいゾーンをゾーン1と設定すると、表1から明るさレベルは3となる。そしてゾーン1の面積から表 3.6.5 を用いて単位光束を選択すると、式(1)より室内部分光束 F_t が算出できる。これは概ねこの光束があれば、部分に必要な明るさを得ることができるということなので、多少増加しても問題ない。

ここで消費電力の目安とするために、式(2)を用いて室内部分光束 F_t から室内部分消費電力 W_t も算出しておく。

$$W_t = F_t / LE \quad \dots(2) \quad W_t: \text{室内部分消費電力(W)}、LE: \text{総合効率}$$

総合効率 LE はその部分で用いる光源が決まっている場合は、その光源の総合効率を用い、光源が決まっていない場合などは標準である 70lm/W を用いる。これは電球色の電球形蛍光ランプの総合効率に近い値である。

また、ゾーン1とは別に明るさレベルの高い部分をさらに設定することも可能だが、室内部分光束や部分消費電力の合計が室全体の上限値を超えてしまわないように注意する。

明視照明用器具の室内部分光束の算出後、雰囲気照明用器具の室内部分光束を算出する。その際、室内最大光束 F_{max} から、明視照明用器具の室内部分光束 F_t を減じる。これにより得られた雰囲気照明用器具の室内部分光束 F_a が、雰囲気照明用器具の合計光束の上限値である。室内最大消費電力 W_{max} から室内部分消費電力 W_t を減じた室内部分消費電力 W_a が雰囲気照明用器具の合計消費電力の上限値となる。

住宅においては室の大きさが小規模であるため、明視照明と雰囲気照明を明確に区別できない場合がある。そのため、まず明視照明用器具の検討を行い、その照明器具が雰囲気照明を兼ねることも想定しながら、雰囲気照明用器具の検討を行う。例えば、テーブル面を照らす

ための明視照明用のダウンライトが壁面も明るくしている場合などは、ダウンライトが雰囲気照明の一部を担当していると考えられるため、ダウンライトで照らされていない壁面を雰囲気照明用器具であるフロアスタンドで補うといった考え方である。明視照明用器具の室内部分消費電力 W_t 及び雰囲気照明用器具の室内部分消費電力 W_a は、実際に採用する器具の合計消費電力が室内最大消費電力 W_{max} 以下になっていればよく、それぞれの室内部分消費電力は目安と考えてよい。

また吹き抜けは照明の対象となる空間の容積が大きいため、上限値を 1.5 倍程度に計画する。一時的な視作業のみを目的とするデスクスタンドなど、設計段階で通常除かれる局部照明器具は、光束や消費電力の合計を算出する際の器具に含めない。

Process 7) 照明配置計画と器具の選定

●一室一灯照明方式を採用する場合

Process 5)で得られた室内最大消費電力や Process 6)で得られた室内最大光束に近い仕様の照明器具を選択する。通常、和室など広い室であれば室天井の中央にシーリングライトを一灯設置し、トイレなど狭い室であれば室天井の中央に広照配光形ダウンライトを配置する。シーリングライトは、照明メーカーのカタログなどで主流となっている照明器具の畳数表示を参考に照明器具を選択しても問題ない。この畳数表示は、およそ $10 \text{ W/畳} \times \text{畳数}$ 程度で床面 100 ルクス 程度 (明るさレベル2) が得られる設定となっている。

●多灯分散照明方式を採用する場合

多灯分散照明方式では、その室で使用する照明器具の消費電力や光束の合計が、室全体では室内最大消費電力や室内最大光束以下になるように、ゾーンでは室内部分消費電力や室内部分光束程度になるように計画する。ここでの光束はその器具で用いられている光源のランプ光束である。LED 一体型ダウンライトにおいて、器具光束のみが分かっている場合は、器具光束の一割増しをランプ光束とみなして計算する【ランプ光束 = 器具光束 \times 1.1】。

明るくしたい部分を効率的に照明するためには、中照配光形ダウンライトなどあまり光の広がらない照明器具を選ぶ。その際、光源はできるだけ総合効率が 70 lm/W 以上のものを選択する。

住まい手の要望などで、雰囲気を重視したり、いろいろなシーンを作れるように多数の器具を計画する場合は、室内最大消費電力や室内最大光束を超えることがあるが、できるだけ設計時に消費電力や光束の合計が大きくなるように十分検討するとともに、運用時に各シーンに応じて点灯する照明器具の消費電力や光束の合計が上限値を超えないように設定することにより、省エネルギー性を確保することができる。

そのため多灯分散照明方式を用いる居室においては、通常は設計時に全ての照明器具の消費電力やランプ光束の合計が上限値を超えないようにし、照明器具が多い場合でも上限値の 1.2 倍以下に抑えることが重要となる。

(3) 多灯分散照明方式におけるタスク照明とアンビエント照明の考え方に関する考察

1) はじめに

自立循環型住宅の照明設備手法では、①機器効率、②運用・制御、③設計手法の総合的な検討によって、省エネ効果と光環境の質向上を実現する。この③設計、すなわち、室内形状や内装面の反射等、生活行為なども考慮して適切な配置を行うために有効な方法として、多灯分散照明方式が提案されている。

多灯分散照明方式は、『様々な行為が想定される多目的な住宅居室において、一室一灯の標準的 W 数を目安として、各生活行為に適切に対応できるよう、小型で高効率な複数の照明機器を必要箇所に分散して配置し、なるべく目安を超えない総 W 数の点灯状況を設定する』と定義され、従来天井中央から万遍なく照らす一室一灯照明方式と対比させて考案された方式である。

一方、オフィス照明では、同様に従来一般的であった全般照明方式に対し、手元と周辺の照明の配置を考慮したタスク・アンビエント照明方式が、省エネ性と光環境の質を向上させる有効な手法として用いられつつあるが、分散配置による効果が類似していることから、多灯分散照明方式は、タスク・アンビエント照明方式とほぼ同じであると誤解されやすい。

しかし、住宅では、手元のタスク照明、周辺のアンビエント照明を個々には考えることができるが、具体的に照明の配置を考えようとすると、執務環境のようにに居住者の行為や位置が固定されておらず、手元の照明を考えようとした場合、室内表面の距離が近く、手元の照明が周辺を照らすアンビエント照明の効果を含む場合が多く見られる。

これらを鑑みると、住宅の多灯分散照明方式のより実効的な設計の考え方を明確にするためには、オフィスとの違いをもとに、タスク照明、アンビエント照明などの住宅での位置づけを整理しておくことが有効と考えられる。

2) 照明方式と照明機能による分類の検討

そこで、住宅及びオフィスのそれぞれについて、その室性状や居住形態の違いと照明方式、タスク照明とアンビエント照明の位置づけについて整理することを試みた。

その前提として、タスク照明、アンビエント照明とは、個々は「照明の機能」と考えられ、それら有する器具の配置の集合体が「照明方式」と考えられるとした。このような基本的な前提によって整理したものが表1である。

室規模では、室内表面との距離による反射効果の大小、行為種類・行為位置では、その多さと位置の定・不定で2つに分類し、これらに該当する照明方式を住宅、オフィスそれぞれ位置づけた。多灯分散照明方式は、この室内表面の反射効果が大、行為種類は多、行為位置は不定となる。

また、照明方式毎に、タスク照明とアンビエント照明の組みあわせ及び包含関係、それらによる照明範囲(ゾーン/室全体)を整理した。多灯分散照明は、基本的にゾーンで照明する手法であり、タスク照明、アンビエント照明、タスク照明+アンビエント照明の場合の組みあわせで構成されると整理された。

これらより、住宅では、多灯分散照明方式の設計とは、生活行為及び生活位置の整理が前提として必要であり、これを合理的に設計するために、タスクとアンビエントの機能の組み合わせ

せと包含関係を構築していく作業である、と位置づけることが可能であろう。

表 3.6.6 照明方式と機能分類の整理

対象	室規模	行為種類 行為位置	照明方式分類	照明の機能分類
住宅	小 室内表面との距離による反射効果大	行為種類多 行為位置不定	多灯分散照明方式	タスク照明(ゾーン) アンビエント照明(ゾーン) タスク照明+アンビエント照明(ゾーン/室全体)
			一室一灯照明方式	タスク照明アンビエント照明一体(室全体単独)
オフィス	大 室内表面との距離による反射効果小	行為種類少 行為位置定	タスク・アンビエント照明方式	タスク照明(ゾーン) アンビエント照明(ゾーン/室全体)
			全般照明方式	タスク照明アンビエント照明一体(室全体均等配列)

3.6.4 まとめ

本研究では、既往研究での検討の成果を、昼光利用技術と照明設備技術において高度化するため、主として個別の具体的な要素技術の開発と、それらを設計時にどのように使っていくかという設計法に関する検討を主として行い、あわせて既往研究で開発した内容がモデルハウス等の実住宅に反映された例についても検討してきた。これらの検討により得られた内容及び今後に向けた課題をそれぞれまとめると以下ようになる。

要素技術の開発では、まず、昼光利用技術の高度化として、人工天空による住宅昼光利用手法の基礎的検討と、季節・方位・時刻に応じた住宅昼光利用手法の検討を行った。これらに共通するのは、昼光利用手法の高度化は、昼光の調整性能の有無によってなされるという仮説であり、手法としては、前者は、実際の居住者の評価を想定した直射光も含む模型実験、後者は、屋外状況を系統的に考えたシミュレーションとなっており、これらの相互補完によって、日照調整装置の種類及び運用の仕方が昼光利用効果に大きな影響を与えることを示すことができた。今後、これらの結果をさらに検討し、設計ガイドライン等へ反映することが考えられる。

ついで、照明設備技術の高度化として、戸建て住宅の昼光連動照明制御システムの実験住宅における検討を行った。これは LED の個別制御を住宅で採用したものであり、多灯分散照明の昼間と夜間の効果を検討できる点で意味あるといえるが、その効果の計測は十分ではなく、今後、季節毎の実測を行うことで、住宅での昼間の制御の効果を明らかにする必要がある。

設計法の検討では、多灯分散照明の設計法としての実用性の検討として、まず、多灯分散照明方式の簡易設計フローの提案を行った。これをもとに、今後、簡易に設計を行うためのソフトウェア

などのツールを開発していく必要があると考えられる。

ついで、LED 等の、同じ消費電力でも光量や配光が異なる光源が住宅で用いられるようになった現状から、光束に着目した住宅用照明設計法の検討を行った。今後、この設計法の検証や、適用範囲の拡大の検討を行い、設計法としての実用性を高めていく必要がある。また、住宅におけるタスク照明とアンビエント照明の関係についても整理も行っているが、これは、上記の設計法の具体として応用が考えられる。

省エネ照明設備を導入した住宅事例では、主に、多灯分散照明や、LED の可能性、昼光利用効果、有機 EL 等の新光源の採用など、省エネ照明と光環境の質の両者を考慮した事例が多くなっていることが確認された。今後、上記、第3フェーズで行った要素技術開発及び設計法を普及させることで、このような実住宅への応用事例がさらに増えてくると考えられ、それらについて、光環境的な検証が必要となろう。

