

第4章 換気・通風システム (A3)

4.1 自然風の利用

温暖地域のエネルギー消費量の中で冷房の占める割合は必ずしも大きくはないが、高断熱・高気密住宅のようなシェルター性能が高い住宅が普及するにつれて、空調に依存したライフスタイルが定着し、常に窓を閉鎖して空調する居住者が増えてくることが懸念される。冷房の多用は排熱の増加を意味し、ヒートアイランドを助長する恐れがあるとの観点からも望ましくない。そこで、夏季夜間や中間期など、気象条件が体感の改善に有効な場合には外気を通風という形で積極的に取り入れることが考えられる。本章では、通風により冷房負荷の低減を計るための住宅の設計方法、窓の開放方法について検討する。以下に、通風を活用するための建物周囲状況、建物形態、開口部形態、開口部操作方法、防犯性の規格、換気駆動力の制御方法などの概略を示す。

4.1.1 自然風利用の目的と効果

換気通風は、換気量や室内風速によって表 4.1.1 に示すようにその用途が変化する。0.5～1.0 回/h の換気回数では、気流速度は室内の大半で 0.25m/s 以下となり、この範囲の換気通風は、室内で発生する居住者や建築材料などからの空気汚染対策として必要となるレベルである。10 回/h の換気回数では室内温熱環境への影響が現

れるが、これは室温より低温の外気流入による室や建物躯体の冷却によるものが主体であり、気流感が得られる 0.5m/s 以上の領域は限られる。

表 4.1.1 換気回数による室内環境改善の用途

目的	換気回数・風速
室内空気質の維持	0.5～1.0回/h
建物・室の冷却	10回/h～
温熱環境の改善	10～100回/h

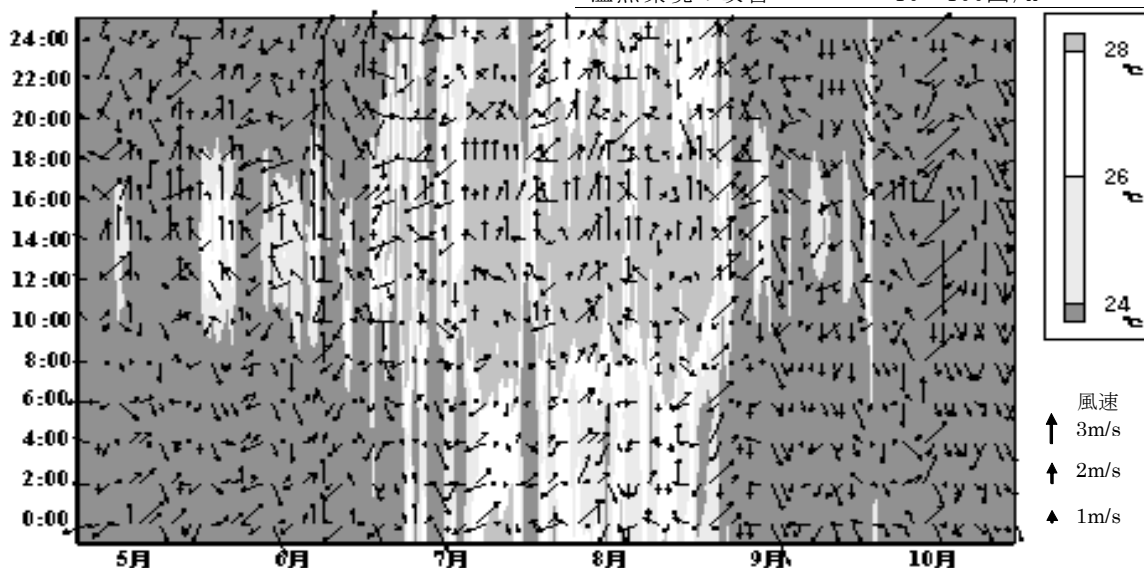


図 4.1.1 東京のアメダス標準年気象データ

蒸暑期の夜間、睡眠中に換気通風を利用する場合の換気回数として適当なレベルといえる。100回/hの換気回数になると、気流速度が1~2m/sに達する領域が出現し、体表面からの顕熱・潜熱移動による冷却作用が現れ、空気温度が比較的高い場合でも快適感が得られる。このように、1回/h程度の換気回数を「換気」というのに対し、10回/h以上の換気回数を、「通風」として区別する。

自然風を室内環境調整のために活用していくためには、住宅建設地域の気象状況を綿密に調査し、住宅の形態や開口部位置の設計に反映させることが重要である。このためには、拡張アメダス気象データ¹⁾などの気象データを利用するとよい。図4.1.1に東京・標準年の中間期・夏期に相当する5月~10月の温度、気流速度(高さ6.

5m換算)、風向を図示した結果を示す。図では矢印の方向が風向を(上向きが南風)、大きさが風速を表しており、色が温度を表している。図からは、東京ではある程度気流速度が確保される状況では風向は南ないし北となる場合が多いことがわかる。また、通風の活用が難しい外気温28度以上となるケースは、主に7月半ばから9月上旬までの8:00から20:00までとなっている。夏の夜間から早朝にかけての外気温は意外なほど低い場合が多い。このように、住宅建設地域の気象特性を把握して、通風を活用する季節、時間帯、建物配置を検討する必要がある。

(倉淵 隆)

参考文献

1. 拡張アメダス気象データ, 日本建築学会, 2000年

4.1.2 建物に作用する風圧力の推定

1) 気象データの利用

建物を設計する際には風圧力の分布を考慮し、気流を室内へ効果的に取り込めるような工夫が必要である。「室内の汚染物排除」や「夏期における室温上昇の抑制」には、通風は効果的であると考えられるため、最適な換気・通風設計を行うためには建物に対する風圧力の様子について知る必要がある。一般的な住宅では、風に対して直角となっている壁面や斜めとなっている屋根面など様々な面が想定され、それぞれの風圧値も異なる値となる。これらを得るためには風洞実験や数値計算(CFD)を実施する必要があるが、一般的には容易ではないため、典型的な住宅の風圧係数分布の一覧表を資料として添付する(後述)。設計時には風向の発生頻度も考慮する必要がある。地域の風向の発生頻度は拡張アメダスなどで調べる事が可能である。

効率の良い換気・通風設計を行うためには設計対象建物が立地する地域の風向・風速の

特徴を知る必要がある。資料1に省エネルギー基準で第IV地域と定められている地域における夏期および中間期の気象データの主要項目の値をまとめて記すが、一例として東京のデータを表4.1.2に示す。

表中の気温等はそれぞれ当該時間内の平均値であり、風向は最も発生頻度の高い風向を示している。都道府県名の下括弧内は観測点の地域名であり、地域名の下数字は風速観測点の高さである。

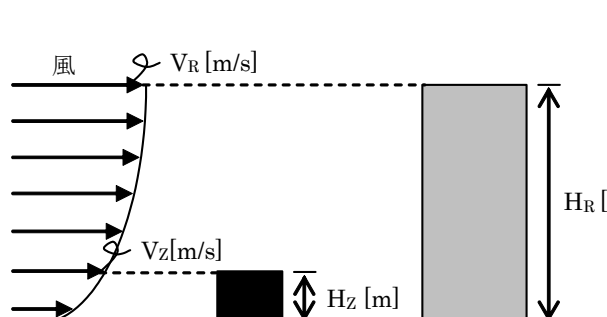
東京では地上74.5mの地点に風速計が設置されていることがわかる。風速観測点の高さは地域により異なり、統一されていないため、風速測定値を利用するためには、観測点の高さによる影響のないように、ある一定の高さへと換算して示す必要がある。

拡張アメダスの風速データは図4.1.2の式(1)により、観測点での風速を地上高さ6.5mにおける風速に換算したものである。式(1)中の

表 4.1.2 東京における夏期および中間期の気象データ

		5月		6月		7月		8月		9月		10月	
		覚醒時	就寝時	覚醒時	就寝時	覚醒時	就寝時	覚醒時	就寝時	覚醒時	就寝時	覚醒時	就寝時
東京 (東京) 74.5[m]	気温[°C]	20.3	17.3	21.9	19.6	27.6	24.8	28.2	25.4	23.8	21.6	18.8	15.9
	相対湿度[%]	55.6	69.5	69.7	79.6	66.1	76.0	68.5	79.5	72.5	81.5	61.4	71.9
	風速[m/s]	2.0	1.5	2.0	1.6	1.8	1.4	1.9	1.6	1.9	1.6	1.9	1.5
	風向[-]	南	西	東南東	北北東	南南東	東南	南南東	北東	北北東	北	北	北北西

覚醒時 7:00～23:00 就寝時 23:00～7:00



$$V_Z = V_R \times \left(\frac{H_Z}{H_R} \right)^n \quad (1)$$

 V_Z …換算値を求めたい高さにおける風速[m/s] V_R …各地域の観測点における風速[m/s] H_Z …換算値を求めたい地上高さ[m] H_R …各地域の観測点の地上高さ[m] n …対象建物の周辺状況を表すパラメータ[-]

$$P_{wi} = C_{pi} \times 0.6 \times V^2 \quad (2)$$

 P_{wi} …壁面や屋根面中の任意位置*i*における風圧力[Pa]、 C_{pi} …任意位置*i*における風圧係数[-]、 V …軒高における風速[m/s]

図 4.1.2 風速値の高さ方向の換算方法

n は対象となる地点の周辺状況を表し、住宅地では0.20程度、中層市街地では0.25程度となる。図のように高いところほど風速は強く、地上

付近では建物の影響などにより弱くなる。この減少の様相を表しているのが式(1)中の n である(拡張アメダスでは0.25を使用)。

2) 風圧力の推定

実際に通風設計を行うためには風圧力差を利用する。風圧力は式(2)より求まる。式(2)中の風速 V は対象建物の軒高における風速(基準風速という)を用いるのが一般的である。地上6.5mの風速換算値が資料1に記されているので、式(1)を用いることにより軒高における風速は算出可能となる(V_R に資料中の風速を、 H_R に6.5mを代入)。本来、風圧力算出に用いる風速は、対象建物の周辺が開けている状態での建物軒高におけるものを用いる。東京における拡張アメダスのデータは地上74.5mでの風速測定値からの換算値のため、この状況に近い値と考えられる。しかし、風速の観測点が地上10m程度の高さに設定されている地域

もあり、この場合には資料1中の風速へ換算する際に使用した風速値(式(1)中の V_Z)が周辺建物の影響を受けていることが考えられ、換算後の地上付近における風速値が過小評価される可能性があるため注意が必要となる。式(2)中の風圧係数 C_{pi} は、壁面や屋根面への風のあたり方を示す数値となる。 $C_{pi}=1$ の場合には基準風速が壁面に垂直に衝突した際の風圧力(基準動圧または基準風圧などという)を示す。このように、基準風速で風圧力を整理すると、建物の高さや地域が異なる場合での対応が容易になる。

(倉淵 隆・遠藤 智行)

4.1.3 通風性能確保のための外部開口部計画

1) 通風の原理と卓越風に配慮した計画

通風量は(通風経路の有効開口面積¹⁾)×(外部風速)×(開口部に作用する風圧力差)0.5 によって決まるので、有効開口面積をなるべく大きく設定し、風圧力差の大きい開口部を

選択するとよい。また、通風を用いたい室が外気の流入側に位置するようにできれば、外気温に近い温度の気流が室内を流れるので、通風による冷却効果が一層増すことになる。

最近の話題

風向角が大きい時など風上開口部付近の壁に沿って強い気流がある条件で、大きさの異なる開口部により通風を行う場合、風上側に小さい開口部を用いた方が通風量は大きくなる。風上側開口部の流量係数 α が大きくなるため、このメカニズムは最近の研究で、かなり明らかとなっている。流入開口部における流れを模式的に図

4.1.3 に示す。流入気流を特徴づけているのは、①法線方向の動圧 P_n 、②接線方向の動圧 P_t 、③開口部静圧基準の室圧 ($P_R - P_S$) であるが、③については③' = ③ - ① = $P_R - (P_n + P_S)$ とするのが便利である。③' の $P_n + P_S$ は、通風量 0 のときは風圧力となるが、通風時もほぼ一定で換気駆動力である風圧と室圧の差 (の逆符号) を表す。これらは相互に関連しており 2 つが決まると残りは自動的に決まってしまう。

流量係数 α は① P_n の③' 換気駆動力に対する比から求められるが一般に一定とならない。② P_t が流量係数 α に影響するため、① P_n の② P_t に対する比、または③' 換気駆動力の② P_t に対する比により変化する。前者は流量係数 α が流入角に依存することを意味する。但し、流入角は通風量によって変化するので後者の関係を用いると、流量係数 α は無次元室内圧 $PR^*(=③' / ②)$ に依存して変化するようになる。この関係を実験的に検証した結果の例を図 4.1.4 に示す。開口形状が一定であれば、風向角や開口位置によらず α は PR^* で一意に決まる。 $PR^* > -5$ で 0 に近づくほど、② P_t が相対的に大きくなり、流量係数 α は小さくなる。気流が開口部にまっすぐ流入する状況では、② P_t は相対的に小さく、流量係数 α は大きくなる。なお、② P_t は α が変化する範囲でほぼ一定となることから、開口部固有の値とみなしてよい。したがって、開口部の風圧と② P_t が分かっているならば、 PR^* は室圧 P_R から計算できる。

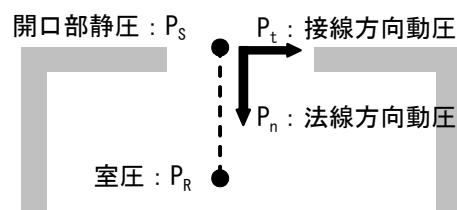


図 4.1.3 流入通風気流を特徴づけるパラメータ

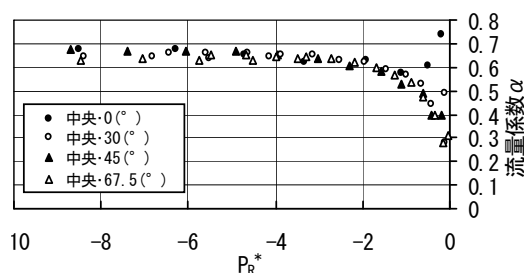


図 4.1.4 P_R^* と流量係数の関係

1)有効開口面積:

換気上有効な面積を表す。開口前後の圧力差を ΔP [Pa]、空気密度を ρ [kg/m³]とした場合の風量 Q [m³/s]は、

$Q = \alpha A \sqrt{2\Delta P / \rho}$ と表されるが、このときの αA を本書では有効開口面積と呼ぶ。流量係数 α に実開口面積 A [m²]を乗じた値である。

流入開口部の上流側の周辺状況も重要で、気流が植栽などによる木陰を通過しながら住宅に接近するような配置とすると、流入空気温の低下が期待できる。郊外の住宅地など、周囲の開けた状況では、風圧係数は風上面で大きくなるので、通風を活用する季節の気象条件を参考に、風上面を通風経路の最上流側に設置する。風下面は風上面以外でなるべく風圧係数の低い面を選べばよいが、通風経路の距離や直線性、同一階にあるかどうか、などは気にしなくても良い。このような条件に開口部を

設定できない場合、または密集住宅地などでは、風洞実験を参考に次善の通風経路を探るか、風圧係数をコントロールする対策を取る。

(倉渕 隆・遠藤 智行)

(1) 戸建住宅の風圧係数分布

東京に建つ図 4.1.5 の住宅に対して(1)建物周辺に十分なスペースがある場合(寄棟屋根)、(2)住宅地のような密集地に建つ場合(寄棟屋根、棟換気口付き片流れ屋根)における風圧係数一覧を資料 2、資料 3 に記す。

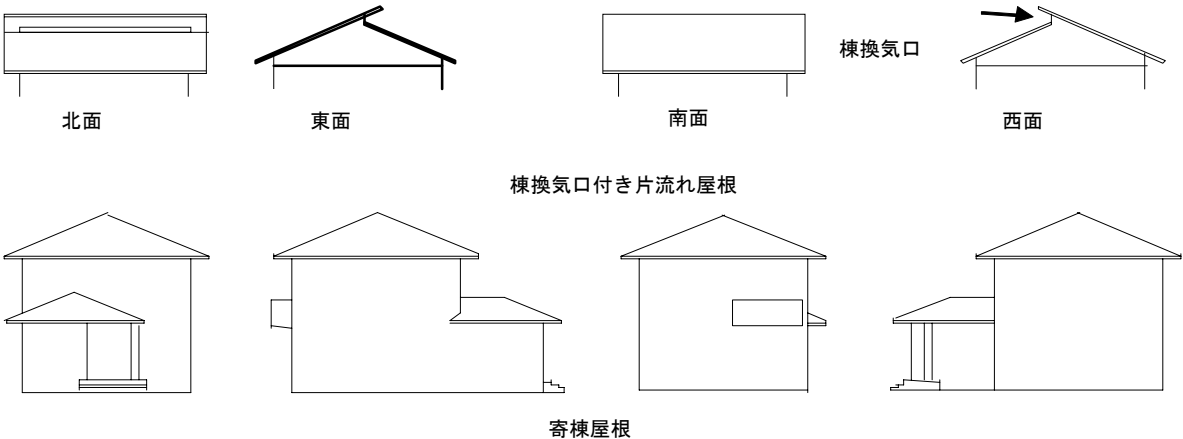


図 4.1.5 風圧係数一覧(資料2、3)の対象住宅

		面のある方向							
		北面		東面		南面		西面	
風向	北	-0.37	0.01	-0.32	-0.04	-0.33	-0.18	-0.40	-0.19
			-0.70		-0.67		-0.70		-0.77
		0.51	0.82	-0.24	0.16	-0.07	-0.01	-0.02	0.30
			0.24		-0.58		-0.13		-0.62

a) 建物の周辺に十分なスペースがある場合(寄棟屋根、風向:北)

		面のある方向							
		北面		東面		南面		西面	
風向	北	0.34936	0.3781	0.03	0.14	0.03	0.12	0.06	0.13
			0.318						
		0.35	0.38						
			0.32						
	南	0.11	0.17	0.13	0.17	0.18	0.22	0.11	0.16
			0.06						
		-0.01872	-0.0007						
			-0.0523						
	南	-0.02	-0.001	0.02	0.08	0.07	0.12	0.05	0.14
			-0.05						
		0.19	0.24						
			0.10						

b) 建物が密集地にある場合(寄棟・棟換気口付き片流れ屋根、風向:北、南)

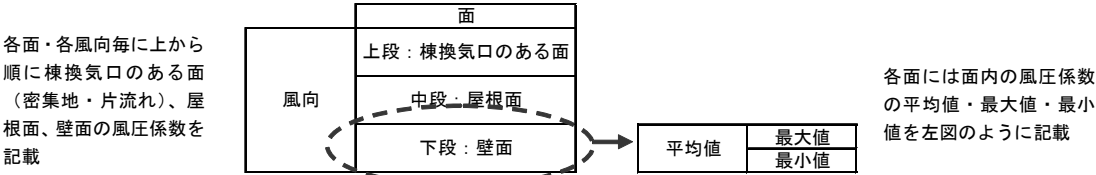


図 4.1.6 戸建住宅の風圧係数一覧の例

東京を想定しているが、建物周辺状況は式(1)中の n で決定されるため、一般的な住宅地や市街地を想定される場合には他の地域においてもこの風圧係数の結果を利用することが可能である。なお、資料中の風圧係数は壁面全体の値として算出しており(図 4.1.5 の北側面など凹凸のある面も 1 つの面と想定)、1 階部分の屋根は考慮していない。図 4.1.6 に各ケースにおける風圧係数の一例を示す。各面において面平均値、面内の最大値、面内の最小値を記している(棟換気口のある場合には屋根面と壁面は寄棟の値を使用)。住宅の周辺が開けている時には風圧係数に大きな差が見られ、特に風向に正対する面では最大で 0.8 程度、平均でも 0.5 程度となる。屋根面に注目すると全ての面において負圧(風に引っ張られる方向への力)となることがわかる。このような状況では屋根面に開口を設け、風圧係数差を大きくとれるような設計を行うことで、十分な通風効果が得られる可能性がある。密集地に建つ

場合には、寄棟屋根の場合には壁面、屋根面で分布がなく風圧係数も小さな値となる。棟換気口のある面では風向と正対しない時に負圧になる場合があり、密集地においては棟換気口を設置するなどの工夫が必要となる。このように、戸建て住宅においては屋根面を上手に利用することで、効果的な換気・通風設計が可能になると考えられる。屋根換気口の利用については後述する。

(2) 高層住宅の風圧係数分布

戸建て住宅と同様に高層集合住宅の風圧係数一覧を資料 4 に記す。対象建物は図 4.1.7 のような 15 階建て、45m 高さを想定した集合住宅である。風圧係数一覧の一例を図 4.1.8 に示す。表の見方は戸建住宅のときと同様で、高層集合住宅の場合には各壁面を図 4.1.7 のように 3 等分割している。図 4.1.8 より、風向が北の場合には北側壁面の風圧係数が大きくなるがわかる。また、図 4.1.2 で示したよう

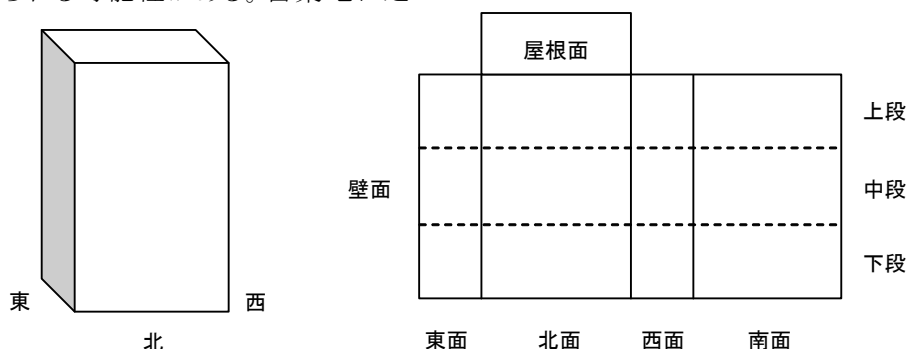
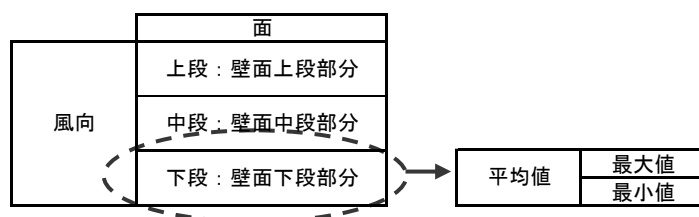


図 4.1.7 資料4の風圧係数一覧を求めた高層集合住宅

		面のある方向									
		北面		東面		南面		西面		屋根面	
風向	北	0.69	0.94	-0.80	-0.57	-0.53	-0.50	-0.76	-0.64	-0.86	-0.65
			0.41		-0.91		-0.57		-0.86		
		0.57	0.89	-0.79	-0.71	-0.50	-0.41	-0.75	-0.67		-1.02
			0.17		-0.83		-0.56		-0.79		
		0.40	0.72	-0.72	-0.51	-0.49	-0.44	-0.66	-0.52		
			0.01		-0.81		-0.54		-0.76		

各壁面を図 4.1.7 のように 3 等分割し、各風向毎に上から順に上段部分、中段部分、下段部分の風圧係数を記載、屋根面は分割なし



各面には面内の風圧係数の平均値・最大値・最小値を左図のように記載

図 4.1.8 高層集合住宅の風圧係数一覧の一例

に、一般には高い位置ほど風速が大きくなり、風圧力も大きくなる。このような高層集合住宅の場合には周囲に同程度の高さの建物がない状況も多いことから、比較的大きな風圧力差を

得られることも多く、効果的な換気・通風設計を行うことが充分可能であると考えられる。

(丸田 榮蔵・遠藤 智行)

2) ウィンドキャッチャーの利用

図 4.1.9 の住宅を対象に、通風経路の選択と改善方法について検討する。周囲の開けた敷地に建てられ、赤で示した LDK 部分で通風を活用するとする。卓越風向が南であったとすると、風上面に位置する A ないし B 開口と、風上面以外に位置する開口部 C を開放するのが効果的である。建物配置を卓越風向に対して通風に最適に設定できないケースも少なくない。例えば図 4.1.10 は、風向が西の場合で、この風向では窓を開放しても作用する風圧力差は小さく、通風量は風向が南の場合の 2 割にしかない。このような場合でも、建物に沿った外部気流がある場合は、建物側の工夫で通風量を大きくすることができる。図 4.1.11 は、開口部の風下部分にフェンスを設けて風圧力を高めた例である。この場合、気流が外壁に沿って流れている部分にフェンスを設置しないと効果は薄い。図 4.1.11 では、風上面となる西面の上流側が開けているので、西面で受け止められた風が、隅角部分ではく離して南北面の西側に循環域を形成する。はく離した気流は下流側で再付着し、再付着点以後は建物に沿って流れる。従って、再付着点の下流側にフェン

スを設けると、フェンスの上流の風圧を高め、下流の風圧を引き下げることが可能となる。図 4.1.11 の場合は、フェンスのない場合に比べて通風量を 2 倍以上に高めることが可能となる。

次に図 4.1.12 は LDK 外部に平面形が三角のサンテラスを設けた例である。サンテラスは 1、2 階部分で上下に仕切られており、外面を別々に開放したり閉鎖したりすることが可能となっている。

風上面を開放し、風下面を閉鎖するとウィンドキャッチャーとしてテラス内部の風圧力を高め、風上面を閉鎖し、風下面を開放すると風圧力が低下する。図 4.1.13 は風向が西の場合にサンテラスを通風促進のために活用した例である。(a)はサンテラスの 1 階部分の風上側を開放、建物側を B-C 開口とした場合の結果である。(b)は 1 階部分の風上側を開放し、2 階部分の風下側を開放した上で、1 階から 2 階に至るドアを開放して B-D 開口とした結果である。これらの場合では、図 4.1.9 に示した風向が南で通風に有利な条件に対し、7 割から 5 割の通風量が確保できている。

3) 屋根面の活用

都市域の住宅地などでは住宅が他の建物に取り囲まれており、外壁に直接気流が衝突することがないため、通風を活用しにくい場合が多い。このような場合、屋根面に換気口を設置することを試みるとよい。屋根や開口部形状を工夫すると、風向によらず安定した負圧を得ることができるため、排気用の換気口として利用できる。

陸屋根の場合は、図 4.1.14 に示すように風

向によらず屋根面全面が負圧となることが多く、排気用換気口として活用できるため、トップライトと換気口を併用するなどの工夫が有効である。このような状況は、図 4.1.15 に例示するように屋根勾配が 20° 程度まで持続する。図 4.1.15 は屋根勾配 15° の場合であるが、開口部が風下面にあつて、その点が負圧となる状況でも、屋根面での負圧の方が大きいので、風下面から屋根開口部への気流が生じている。屋根勾

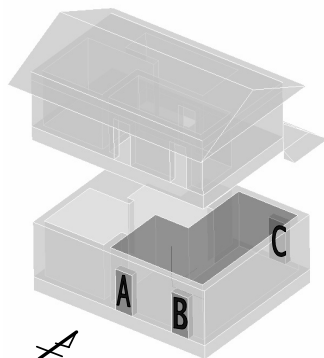


図 4.1.9 検討対象住宅

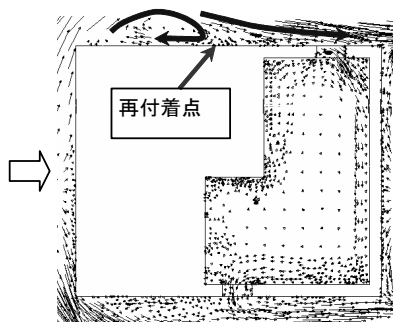


図 4.1.10 風向：西、A-C開口の場合

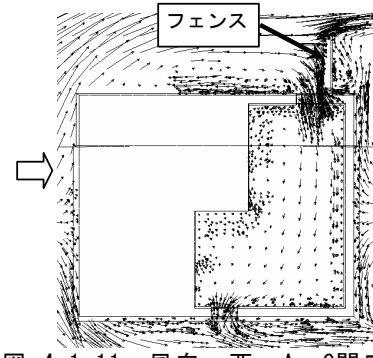


図 4.1.11 風向：西、A-C開口の場合（開口Cの下流側にフェンスを設置）

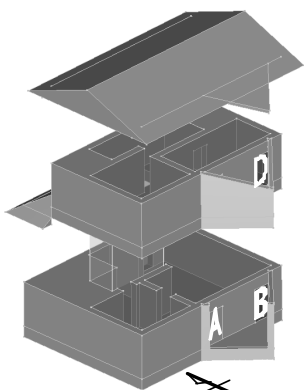
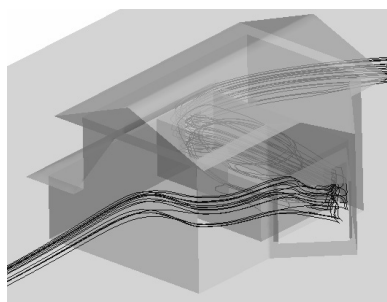
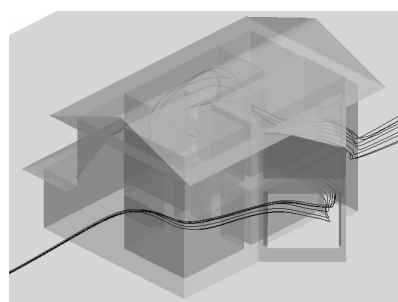


図 4.1.12 サンテラスによる通風促進の工夫



(a) B-C 開口



(b) B-D 開口

図 4.1.13 風向：西の条件でサンテラスを活用した結果

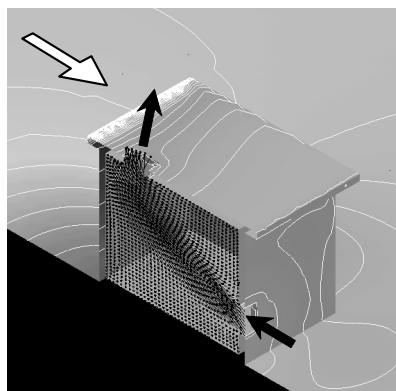


図 4.1.14 陸屋根の場合

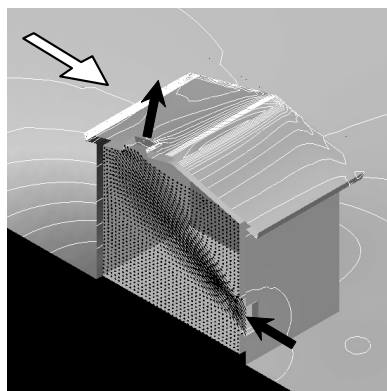


図 4.1.15 屋根勾配15°の場合

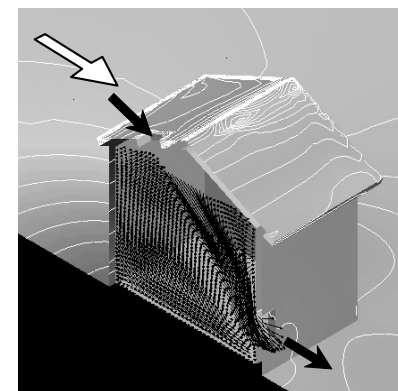


図 4.1.16 屋根勾配25°の場合

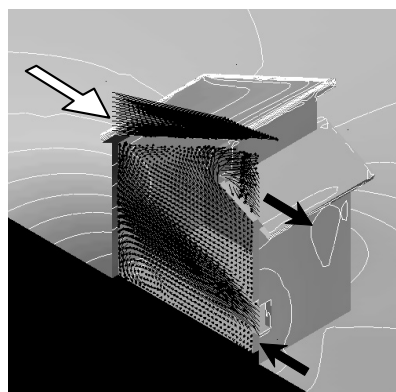


図 4.1.17 棟換気口（片流れ屋根）の場合

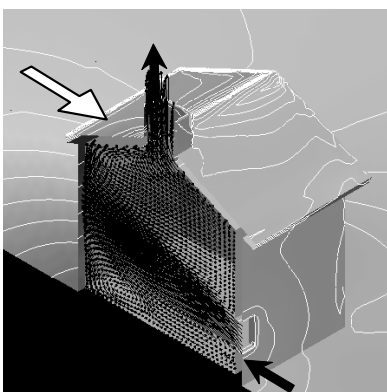


図 4.1.18 棟換気塔の場合

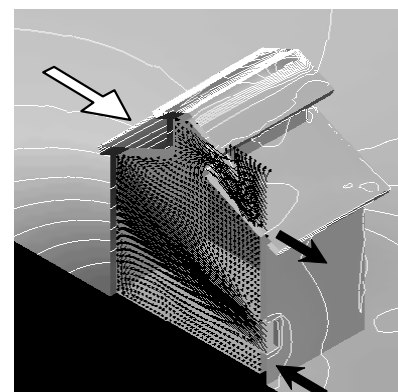


図 4.1.19 越屋根＋開閉システムの場合

配が 20° を大きく超えると風上の屋根面では正圧となる。図 4.1.16 は屋根勾配 25° の結果である。屋根に排気用換気口を設ける他の方法としては、棟部分に生じる負圧を利用することが考えられる。図 4.1.17 に片流れ屋根の間に換気口を設けた結果を示し、図 4.1.18 に棟部分に換気塔を設置した場合の結果を示す。

風圧を検知して風上面を閉鎖、風下面を開放するシステムなども開発されており、安定した排気用換気口として活用できる(図 4.1.19 に越屋根にシステムを導入した場合の結果を示す)。

(倉渕 隆、遠藤 智行)

4) 温度差換気の利用

夏期に室内の温熱環境を快適に保つためには、外界からの熱を遮断することが第一であるとともに、室内で発生する熱は拡散させずに速やかに排出することが大事である。非拡散排熱手法は、屋根窓や高窓の利用が一般的であり、こうした上方開放は町家をはじめとする伝統的民家の典型的な防暑の工夫でもある。

空気は暖められると軽くなる性質があるので、屋根や棟など、できるだけ高所から排熱するのが効率的である。また、密集住宅地に立つ都市型住宅では、窓を開けても十分な通風が得られない場合も多く、その意味でも上方開放による排熱手法は今後重要性を帯びてくものと考えられる。温度差排熱の手法には、大きくわけて「上方開放のみによる方法」と「高窓と下窓を開放する方法」の2種類がある。

(1) 上方開放のみによる方法

図 4.1.20 は高窓や排気塔を利用する熱対流型換気のイメージ図である。気密性の高い住宅に高窓が設置されていることで、同一開口部の中央に中性帯ができ、温度の高い室内空気は室外へ、室温よりも温度の低い外気は室

内側へと流入する流れが形成される。この方法は日中外気温度が高く、低温な外気を導入できないときに効果的であり、また防犯上も優れた対応である図 4.1.21 は上方開放による自然排熱の例である。

(2) 高窓と下窓を開放する方法

建物北側などに滞留している低温外気の導入が可能な場合や内外温度差が形成される夜間は、住宅のできるだけ高い位置と可能な限り低い位置に開口を設けることで、効果的な温度差換気を行うことができる。この場合、室内はできるだけ開放的なプランニングとすると、より効果的である。図 4.1.22 に示すような単純な住宅モデルで温度差換気のシミュレーションを行った。パターン1とパターン2は夜間の温度状態を、パターン3とパターン4は日中の温度状態を想定し、屋根窓の αA をパラメータとしてシミュレーションした結果が図 4.1.23 である。小屋裏温度をある程度高温に保つ工夫をし、かつ屋根窓開口 αA をある程度確保できれば、無風状態でもある程度の温度差換気の効果が見込める。(本間 義規)

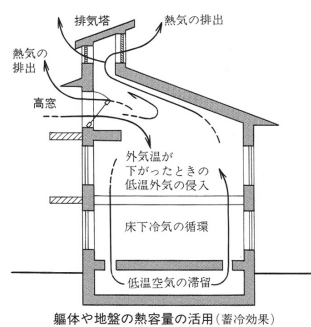


図 4.1.20 上方開放による熱対流方換気



(日本建築学会編, 建築教材, 雪と寒さと生活 I 発想編, 彰国社)

図 4.1.21 上方開放による自然排熱例 (岩手県立大学)

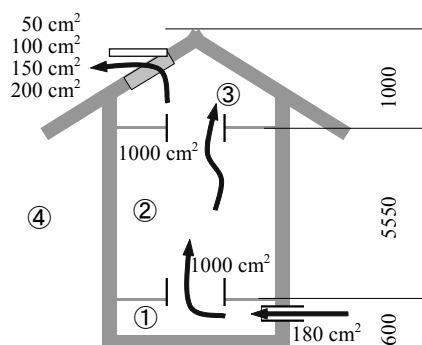


図 4.1.22 計算モデル

	室	室	室	外気
パターン 1	24	28	40	20
パターン 2	24	28	30	20
パターン 3	25	28	40	28
パターン 4	25	28	30	28

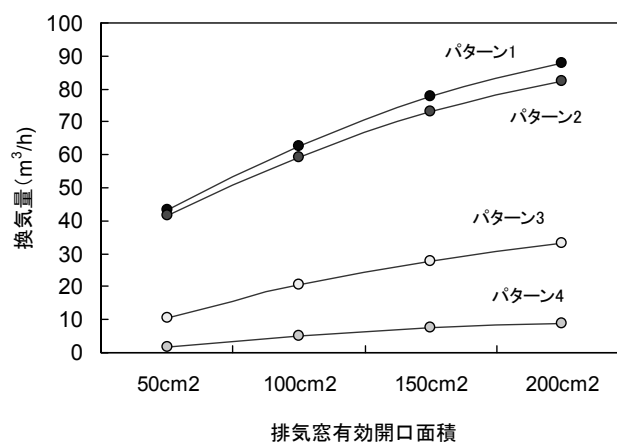


図 4.1.23 排気窓と下窓を開放したときの換気量

4.1.4 開口部付属物や内部建具の影響

1) 網戸・シャッターの影響

外界から室内にスムーズに風を取り入れることを考えると、開口部の抵抗は小さい方が有利である。しかし、開口部には、防虫のための網戸、遮光やプライバシー保護のためのカーテン、ブラインド、すだれ、防犯のための面格子や外付ブラインドシャッターといった窓周り部材を設置することが普通であり、これらの選択によっては通風性能を著しく損ねることになりかねない。開口部に要求される防犯、採光／遮光、視線透過／遮断等の性能とともに、通風性に及ぼす影響を考慮して開口部計画を行うことが必要である。

開口部の抵抗は、流量係数 α (開口面積に対する通風換気に有効な面積の割合)で評価される。流量係数 α が大きいほどスムーズに風が通過し、小さいほど流れづらくなる(=抵抗が大きくなる)ことを表し、流量係数 α を実際の開口面積 $A[\text{m}^2]$ にかけた有効開口面積 $\alpha A[\text{m}^2]$ が通風換気に有効な開口面積となる*)。

流量係数 α は、一般に開口面に垂直に流入する時に最も大きく(スムーズに流れ)、流入する角度が斜めになるにつれ小さくなる(抵抗が大きくなる)性質をもつ。引違窓単独(図 4.1.24a)では、流入時に最大 0.6 程度(0.6 は開口部の流量係数 α の一般的な値)となる。網戸を閉めると流量係数 α が 1～2 割程度小さくなる

が(図 4.1.24b)、実際の窓開口面積が網戸によって 68%になっていることを考えると、網戸により通風性能が大きく損なわれる結果とはなっていない。

網戸と外付ブラインドシャッターを併用する(図 4.1.25)と流量係数 α がさらに 1～2 割程度低下する(図 4.1.24c)。しかし、これはブラインドシャッターのスラット(羽根板)より、袖壁状のガイド部分が抵抗として働いている影響が大きく現れたものである。スラット角度が水平～30°の範囲では、スラット自体はほとんど抵抗になっていない。

一方、カーテンや内ブラインドを使用すると、風向によっては通風を大きく妨げることがある。網戸とレースカーテンの組み合わせ(図 4.1.26)では、流出時にはカーテンが網戸に密着してしまい、流量係数 α が 0.2～0.3 に低下してしまう(図 4.1.26b)。逆に、通過風速が大きい流入時にはカーテンが大きくあおられることになり、外付ブラインドシャッターと同程度の流量係数 α ($\alpha=0.4\sim0.5$)となる(図 4.1.26a)。

また、すだれを使用する時には、開口部に近接して吊す(図 4.1.27b: サッシ枠から 5cm 離して霧除庇から吊し、下端を固定)より、離して吊す(図 4.1.27a: サッシ枠から 30cm 離してすだれを設置している)方が、隙間を開口部

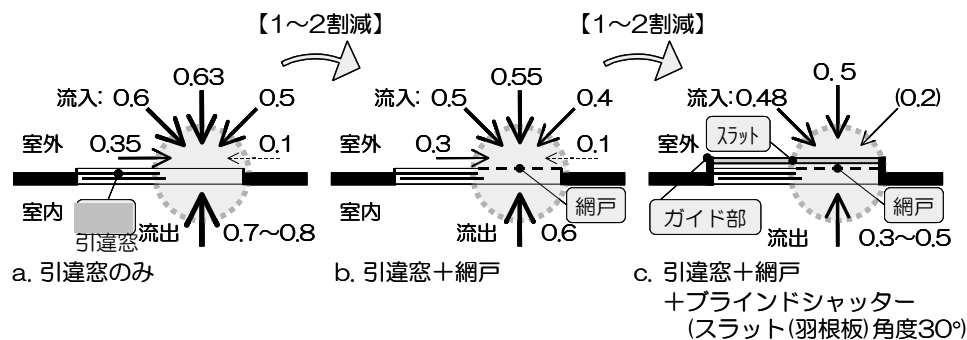


図 4.1.24 引違窓の流量係数の風向による違い

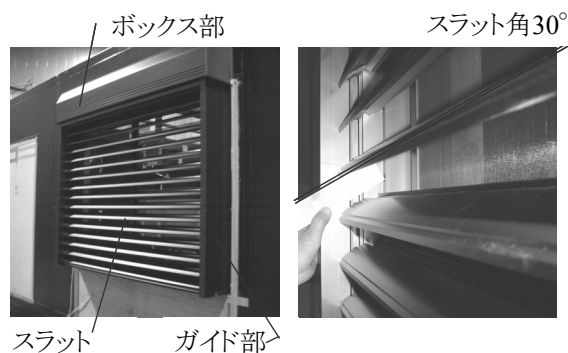
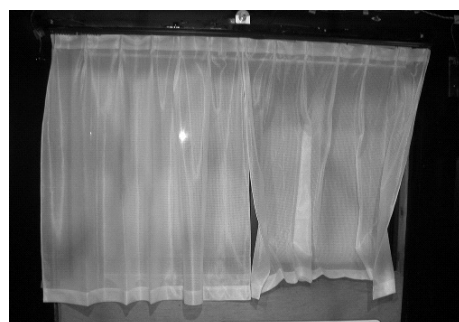


図 4.1.25 網戸+ブラインドシャッター
(スラット角度30°)の状況

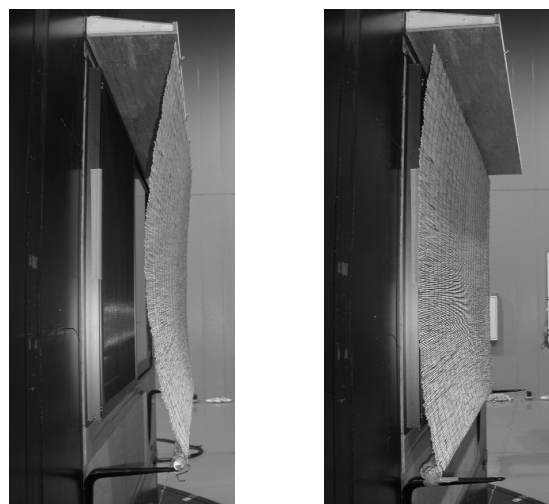


a. 流入→流量係数 $\alpha = 0.4 \sim 0.5$



b. 流出時→流量係数 $\alpha = 0.2 \sim 0.3$

図 4.1.26 引違窓+網戸+レースカーテン



a. サッシ枠から30cm
流入時: $\alpha = 0.4$

b. サッシ枠から5cm
流入時: $\alpha = 0.3$

図 4.1.27 引違窓+網戸+すだれ

との間に確保することができ、大きな流量係数 α を確保できる。日射や視線を遮りつつ風を効果的に通すためには、すだれを開口から離れた位置に、あおられないように設置することが有効と言える。

(西澤 繁毅)

〔*本節実験に用いた引違窓の開口面積 A について〕

本節での流量係数 α の算出には、開口面積 A に実開口面積(図 4.1.28①)を使用している。これは実際に開いている面積であり、窓サッシの規格寸法(外寸幅と高さ)から求めた面積(図 4.1.28②)とは異なることに注意が必要である。規格寸法から求めた面積 $A' = 0.99[m^2]$ (図 4.1.28②)を基準として考えると、本節で示した流量係数 α の値はそれぞれの 83%となる。

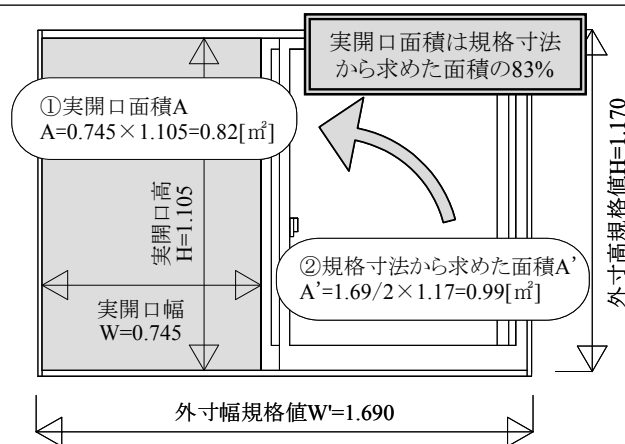


図 4.1.28 開口面積

2) 内部建具計画

卓越風を利用するために、室の配置を開放的にしても、室の間でうまく風が通らないとその効果は半減する。そのため、内部の建具にも工夫が必要である。

(1) 引戸の採用

引戸は片開きに比べ、開放時にも邪魔にならず、さらに必要に応じて開放寸法を調整できることから、通風に対しては有効な建具といえる。さらに引戸の高さを天井一杯に広げること（動く間仕切といったイメージ）で開放時の空間の連続性を持ちながらも、必要に応じて開口の調整ができる。図 4.1.29 の引戸は天井までの高さをとっているため、開け放つと通風の経路を大きく確保できる。引戸の幅を 0.95m、高さを 2.3m、流量係数 α を一般的な値と想定すると、有効開口面積は $1.3 \text{ m}^2 (=0.95 \times 2.3 \times 0.6)$ となり、表 4.1.3 の試算で想定したドアの有効開口面積より 3 割ほど大きくなる。



図 4.1.29 引戸の例（有効開口面積約 1.3 m^2 ）

(2) 欄間の採用

昔ながらの欄間は、視覚的な区画を確保しながら、空気の流れも確保できるという優れたものである。この考え方は現代の住宅にも十分に応用できる。最近では片開き建具上部に欄間機能を付加した建具も見受けられる。

図 4.1.30 の欄間機能を付加した建具は、図面のように欄間部を持ち上げて開くことがで

きる。開放時の欄間部分の幅 0.86m、欄間下側の高さを 0.23m、上側隙間の高さを 0.05m、流量係数を欄間上下で 0.6、0.3 と想定すると、有効開口面積は $0.13 \text{ m}^2 (=0.86 \times 0.23 \times 0.6 \text{ [上]} + 0.86 \times 0.05 \times 0.3 \text{ [下]})$ となり、表 4.1.3 の試算で想定した通風欄間の面積の 6 割にとどまる。

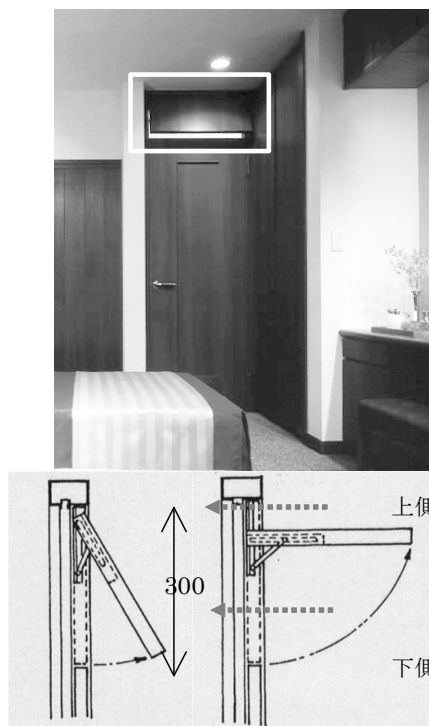


図 4.1.30 欄間の例（有効開口面積約 0.13 m^2 ）

(3) 格子戸、格子間仕切

格子戸は格子ピッチによっては、視線をある程度カットしながらも通風に対しては非常に有効に活用することができる。格子戸と引戸(FIX)を組み合わせることで、完全にプライベートな状態をたもつことと積極的な通風状態を適宜使い分けることが可能となる。

図 4.1.31 の格子戸の空隙率は 0.4、格子戸は幅を 0.9m、高さを 1.8m、流量係数を 0.6 と想定すると、有効開口面積は約 $0.4 \text{ m}^2 (=0.9 \times 1.8 \times 0.4 \times 0.6)$ となり、表 4.1.3 の試算で想定した通風欄間の約 2 倍の面積が確保できる。

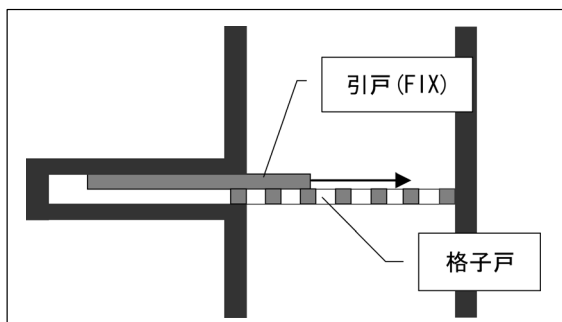


図 4.1.31 格子の例

(4) 開口付建具の採用

廊下などで、引戸が採用できず、建具を設置する場合、扉の開放状態を保つことが寸法的に難しい場合、建具内に開閉可能な開口を設けることも有効である。

(5) ドアストッパー

廊下などで、引戸が採用できず、開き戸を設置する場合ドアストッパーを採用することで通風のための開放状態を保つことが可能である。歩行時の障害となることを考えると床からの出っ張りが少ないタイプが推奨される。

(6) 内部建具設計のポイント

内部建具がどの程度通風に影響するかは、風が通ってくる開口部の面積と流量係数から得られた有効開口面積を合算した「合成 αA

(m^2)」によって決まってくる。つまり、間仕切りの開口が流入口より小さい場合は、その影響を大きく受けてしまう。表 4.1.3 に 9 パターンの通風経路について、立地条件ごとにどの程度の換気回数が確保できるかを試算したものを示す。

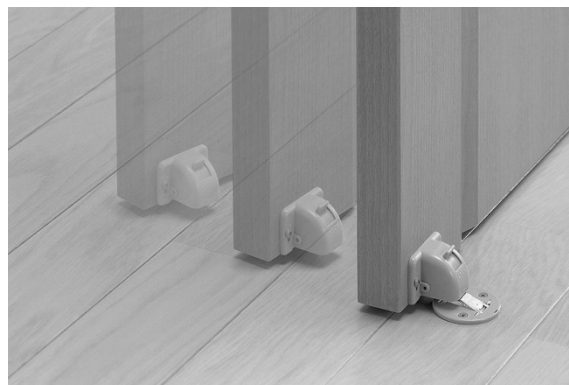


図 4.1.32 ドアストッパー

(7) 昼間の通風

昼間の在宅状態で、防犯上の対策があまり必要でない場合には、窓全開→内部開口全開→窓全開が想定できる。この場合、どのような敷地条件であっても、換気回数が 50 回程度は確保でき、十分な効果が期待できる(表の上段)。

(8) 夜間の通風

夜間、防犯対策が必要な状態では、夜間開放可能窓→通風欄間→夜間開放可能窓が想定される。この場合、どのような敷地条件であっても、換気回数が 10 回程度は確保でき、十分な効果が期待できる(表の下段)。

(吉田 元紀、七岡 寛)

表 4.1.3 合成 αA の算出と換気回数の試算

日中・在宅時		窓全開 ドア全開 窓全開	窓全開 欄間 窓全開	窓全開 ドア閉 窓全開
合成 αA [m ²]		0.49	0.20	0.015
換気回数 [回/h]	立地2	36	15	1.1
	立地2～3	51	21	1.6
	立地1	72	29	2.2
夜間就寝時 ※夜間開放とは、ドレーキップ窓等、 防犯に配慮し開口面積を抑えた窓 の開放をイメージしている。		夜間開放 ドア全開 窓全開	夜間開放 欄間 窓全開	夜間開放 ドア閉 窓全開
合成 αA [m ²]		0.21	0.15	0.015
換気回数 [回/h]	立地2	16	11	1.1
	立地2～3	22	16	1.6
	立地1	31	23	2.2
夜間就寝時 ※夜間開放とは、ドレーキップ窓等、 防犯に配慮し開口面積を抑えた窓 の開放をイメージしている。		夜間開放 ドア全開 窓全開	夜間開放 欄間 窓全開	夜間開放 ドア閉 窓全開
合成 αA [m ²]		0.16	0.15	0.015
換気回数 [回/h]	立地2	11	9	1.1
	立地2～3	17	14	1.6
	立地1	23	19	2.2

※計算条件:外部風1.5m/s

※有効開口面積(αA)の算出

	流量係数	×	幅[m]	×	高さ[m]	=	有効開口面積[m ²]
窓全開(網戸入り)	: 0.5	×	0.9	×	1.8	=	0.81
夜間開放(網戸入り)	: 0.5	×	0.25	×	1.8	=	0.225
ドア全開	: 0.6	×	0.9	×	1.8	=	0.972
通風欄間	: 0.6	×	0.9	×	0.4	=	0.216
ドア閉(アンダーカット)	:	×		×		=	0.015

※合成 αA の算出方法

合成 αA とは、複数の開口部が連続してある場合に、それらを一つにまとめた場合の有効開口面積 αA である。ここでは、風上、間仕切、風下の有効開口面積 αA を、その以下の合成公式に従って求めている。

$$\frac{1}{(\text{合成}\alpha A)^2} = \frac{1}{(\text{風上}\alpha A)^2} + \frac{1}{(\text{間仕切}\alpha A)^2} + \frac{1}{(\text{風下}\alpha A)^2}$$

※立地の考え方

立地条件によって、風圧係数差(ΔC)を以下のように想定している。

立地2	:	$\Delta C=0.1$	密集住宅地の通常条件
立地2～3	:	$\Delta C=0.2$	密集住宅地で工夫した場合
	:	$\Delta C=0.3$	郊外住宅地で条件の悪い場合
立地1	:	$\Delta C=0.4$	郊外住宅地で条件の良い場合

※換気回数の算定

換気回数は3.6m×2.7m×2.4mの室に対する換気回数[回/h]で表す。

4.1.5 通風窓の事例と防犯・騒音への配慮

1) 通風窓に求められる性能と窓の事例

一般の開閉窓は、一部の小窓を除き、通風に十分な開口面積が確保できるので、窓開け時に要求される通風以外の性能の検討も重要になる。通風を行うケースには、家人が在宅で適宜に窓の開閉調整をする場合、昼間家人が留守で室内のオーバーヒート防止等の目的で窓開けをしておく場合、また夜間に無冷房就寝等の目的で窓開けをしておく場合等があげられ、それぞれ窓に要求される「遮断性能」が異なる。以下本項では、夜間就寝時の窓開けを可能にするために「遮断性能」をいかに満足するかに的を当てて解説し、合せて通風窓の事例を紹介する。

(1) 夜間通風窓に求められる遮断性能

夜間通風窓は、通風を満足できる性能が重要であるが、一方、窓を開けることにより、防犯や防音等の遮断性能が損なわれてしまうことがあるので、「通風性能」と「必要な遮断性能」が両立できるものを選定することが肝要になる。窓が夜間通風目的で使用される時に、必要性が高い性能を「○」、必要とされることがある性能を「△」、必要性があまりない性能を「－」の印で整理すると表 4.1.4 のようにあらわせる。各性能に対する必要性は、家の立地、部屋の位置、個人差等により異なり、かならずしも表のとおりでない場合もあるが参考にしてもらいたい。

各遮断性能は、窓本体の開閉方式、窓開放時の施錠機構、窓サイズ及びガラスの品種等により変化し、加えて窓周りに取付けられる庇、シャッター、面格子、網戸等の窓周り部材により性能が向上するので、これらを効果的に併用して通風窓の性能向上を計画する。

通風窓の選定では、意匠性や操作性また予

表 4.1.4 「夜間通風窓」に求められる透過性能と遮断性能の例

性能		必要性	(各用語の本項での意味)
透過性能	採光	－	採光：外光を取り入れられる
	採熱	－	採熱：太陽熱を取り入れられる
	透視	－	透視：屋外が見通せる
	通風	○	
	通行	－	通行：人や物の出入りができる
遮断性能	断熱	－	断熱：熱の貫流を低減できる
	遮熱	－	遮熱：日射熱の侵入を緩和できる
	遮光	△	遮光：外光の侵入を緩和できる
	遮透視	△	遮透視：外から覗かれ難くできる
	防雨	△	防雨：小降りの雨の吹込を防げる
	防塵	△	防塵：塵・埃のひどい吹込を防げる
	防音	△	防音：騒音の侵入を緩和できる
	防虫	○	防虫：蚊や蠅等の侵入を防げる
	防犯	○	防犯：侵入盗の侵入を防げる

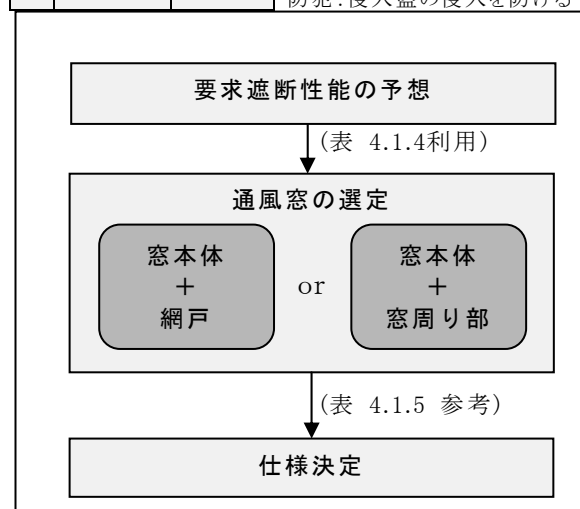


図 4.1.33 窓の遮断性能計画手順

算等との兼ね合いで「窓本体と網戸だけで計画」する場合と、その他の「窓周り部材も併用して計画」する場合(窓本体+窓周り部材)があり、いずれも図 4.1.33 のように、要求遮断性能を予想し、それを満足する通風窓を選定する。

(2) 通風窓の事例

通風窓の選定の参考に、表 4.1.5 に住宅用窓の主な開閉方式とその特長を示す。

また、「窓本体＋各種窓周り部材」で採用を検討する場合、主要な窓周り部材による一般

開閉窓の性能改善具合は、表 4.1.6 のような傾向になるので、これら窓周り部材を効果的に併用して通風窓の遮断性能向上を計画する。

(福永 充保)

表 4.1.5 通風窓の事例と性能の特長

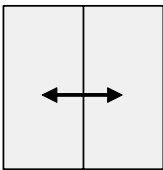
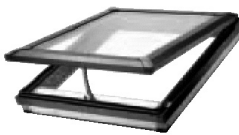
		通風窓の事例と性能の特長	
		窓 全 景	性能の特長
面 内 開 閉		引き違い窓  ダブルハング 	開放面積が自由にとれるが、遮断性能が比較的低く、特に開放状態で防犯性を満足するものは少ないので、窓周り部材を併用して性能向上を計画するのが適当である。
	面 外 開 閉	横 開 き 系	オーニング窓  ルーバー窓  内倒し窓  ドレーキップ窓  横すべりだし窓 
縦 開 き 系		縦すべりだし窓  縦すべりだし窓(連窓) 	横開き系(回転軸が横方向のもの)は、窓本体の防雨性が比較的高い開閉方式である。 高窓等高所取付け用に遠隔操作で開閉できるものが品揃えされている。 開き系の開閉方式の窓は、開放時に不意の強風に対するあおり止め機構があるものの採用が必要である。
そ の 他		押出し窓  天窓 	押出し窓は、出幅が少ないので通風効果は小さいが、型板ガラス等を使用すると遮透視効果が期待できる。 天窓は、屋根面が負圧になる部分に配置すると排気効果が期待できる。開放状態で防雨効果は期待できないが、雨センサーにより自動閉機構を備えた機種もある。
		障子部が屋外側に 40mm 程度平行に押出される	

表 4.1.6 窓周り部材による性能改善具合の例

		性能が上がる		性能が下がる		あまり変わらない			
		↑		↓					
性能の種類		必要性の例	窓周り部材						
			庇	通風雨戸	通風シャッター	面格子	網戸	カーテン	ベネシャンブラインド
通風性能		○					注1	↓	
遮断性能	遮光	△		↑	↑			↑	↑
	遮透視	△		↑	↑			↑	↑
	防雨	△	↑	↑	↑				
	防塵	△					(↑)		
	防音	△							
	防虫	○					↑		
	防犯	○		↑	↑	↑			

・網戸(注1):20メッシュ程度の防虫網を使用した一般の網戸は、あまり通風の障害にならない

(窓周り部材の用語の意味)

- ・庇：窓がある階の出幅の深い軒や庇および窓のすぐ上に取付けられる付庇等
- ・雨戸：施錠の状態で通風ができる通風ガラリ付きのもの(通風雨戸)
- ・シャッター：シャッター部が屋外から引き上げられ難い機構で通風スラット付きのもの(通風シャッター)

(通風雨戸、通風シャッターは、引き違い窓に取り付けられるタイプが品揃えされている)

- ・面格子：防犯用のもの(「忍び込み犯」対応と「破壊侵入犯」対応とがある)
- ・網戸：20メッシュ程度の一般の網戸(ほとんどの開閉窓に標準的に準備されている)
- (↑)：極細メッシュ(200メッシュ程度)のものは防塵効果があるが、通風や透視が大幅に妨げられるで通風窓用には実用的でない
- ・カーテン：一般のカーテンを閉めた場合(レースのカーテンでないもの)
- ・ブラインド：スラットを30～45度程度の角度にした場合

2) 防犯性に配慮した夜間開放可能窓

侵入盗の手口は色々あり、通風窓は、その取り付け部位等により、防犯性能の要求レベルが異なると予想される。ここでは、素手もしくは小型のネジ回し等を使用して、ほとんど音も立てないでそっと侵入する「忍び込み犯」及びバールや金きり鋏等の工具を使用し窓を破壊して侵入する「破壊侵入犯」(注)を想定して、それら手口に対応できると予想される窓の事例を表 4.1.7 にあげた。近年、侵入盗の手口が激しくなっているため、安全を期する部位の窓には、防犯性に十分配慮が必要である。尚、戸建住宅の場合、2～3階に取付けられる窓は、ベランダや下階の屋根等の足がかりが無ければ、あまり高い防犯性が必要とされないため、このような部位の窓を通風窓として利用する計画も防犯上有効である。

警察庁の調査によると、侵入盗は、侵入に時間を要するほど侵入をあきらめる傾向にあるため、開口部の防犯性能強化には、侵入抵抗時間を長くすることが有効であり、官民合同会議による「建築物品の防犯性能の試験に関する規則」では、5分間以上と規格している。また、家人が在宅で、侵入口確保のための破壊音等が感知できれば、通報等による対策もとれるため、侵入口確保の時に発生音が大きくなるようにすることも強化の一部となる。

(注)「破壊侵入犯」

警察庁ホームページにある「防犯性の高い建築物品の開発・普及に関する官民合同会議」を参考にしている。
尚、防犯規格の詳細は、末尾の補足資料集にある「防犯に関する規格検討」を参照願う。

表 4.1.7 防犯性を配慮した通風窓の事例

「忍び込み犯」対応の通風窓の事例	「破壊侵入犯」対応の通風窓の事例
○開放ストッパー付き窓 開放ストッパー付き窓の例 (窓を閉めないとストッパーが 外せない)  写真は窓の一部 ○通風雨戸や通風シャッター付き窓 通風雨戸  通風シャッター  通風状態でシャッター部が屋外から引き上げ 難いもの(電動タイプが一般的) ○普通面格子付き窓  面格子付き窓	○防犯面格子付き窓 ・防犯性の高い面格子は、警察庁ホームページ 生活安全の確保 → 住まいの防犯110番 「防犯性の高い建築物品目録」の中に紹介されて いる  ステンレス製面格子付き窓 外開き窓用に内付けタイプのものもある ○細幅窓 外枠の短辺内法寸法が25cm以下のもの  細幅縦すべり出し窓 (人が通り抜けられない)

(福永 充保、佐藤 昌幸)

3) 遮音性能の確保

通風を妨げる一つの要因として、窓開放時の騒音の問題がある。ここでは夜間の就寝時に焦点を絞り、遮音性に配慮した開口部についての可能性を検討する。

外部から室内への騒音の侵入は図 4.1.34 の様に考えることが出来る。①「求められる屋内騒音レベル」がわかり、②「一般的な屋外騒音レベル」がわかれば、③「開口部に必要な遮音性能」が導き出される。

(1) 開いている窓の遮音性能について

通常窓を開けると外の音そのまま入ってくるようなイメージがある。しかし実際に測定してみると、窓を開けていても多少の遮音性能があることがわかる。図 4.1.35 は片開き窓について2方向からそれぞれ音を発生させて室内の音を測定し、窓の遮音性能を測定した例を表したものである。①は音が直接室内に入ってくるような状態だが、それでも 10dB(デシベル)程度の遮音性能がある。さらに、開いたガラスが音を遮る壁のようになる②の状態では 15dB 程度の遮音性能が得られた。つまり、

- ・窓を開けていても多少の遮音性能がある(10 dB)
- ・道路などの音源に対して、開く方向を工夫すればさらに遮音性能が高くなる(15dB)

ということがわかる。

(2) 外部騒音と室内騒音許容レベルについて

図 4.1.36 は夜間の住居地域における室外での騒音レベルの実測値と、夜間の住宅室内で推奨される騒音レベルを表したものである。室外では平均値として 44~45dB という測定結果となっている。一方室内で推奨される騒音レベルは 35dB である。

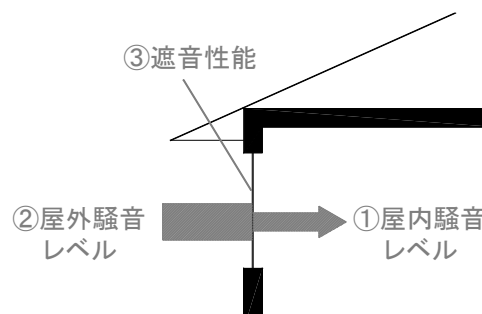
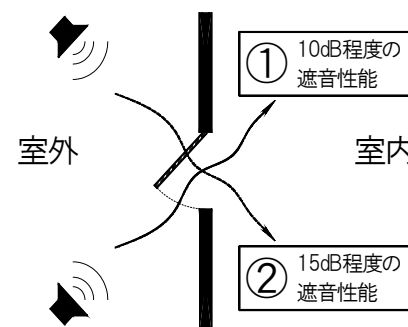


図 4.1.34 開口部の遮音イメージ



【測定対象の詳細】

対象室:実住宅主寝室(12.5畳)

対象窓:片開き腰窓(サッシ外枠内法幅400mm×高さ1125mm)

室内仕様:ベッド2台+布団、椅子1脚(吸音性あり)

図 4.1.35 水平断面イメージ(片開き窓, 開き角度45°, 家具等による吸音性あり)

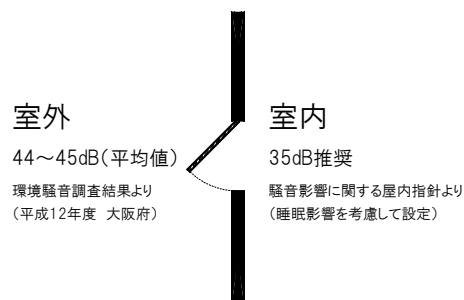


図 4.1.36 室外の騒音レベル実測値と室内の推奨騒音レベル

当然地域によって異なるが、遮音性能が 10 dB 程度あれば、室内での騒音を推奨レベルよりも低く抑えながら通風を行える可能性が高くなる。さらに先述のように開き方向を設計段階から工夫すれば、より音の侵入を防ぐことができ、静かな環境で通風を図れる。

(3) まとめ

以上、外部騒音、窓の遮音性能の実測値及び室内騒音許容レベルの指針値を考えると、

騒音に配慮しながら通風を確保することは十分に可能と言える。図 4.1.37 は一例として音源(この場合は前面道路)との位置関係を考慮

して、開いた状態での遮音性能を高めるように窓の設置を工夫したものである。

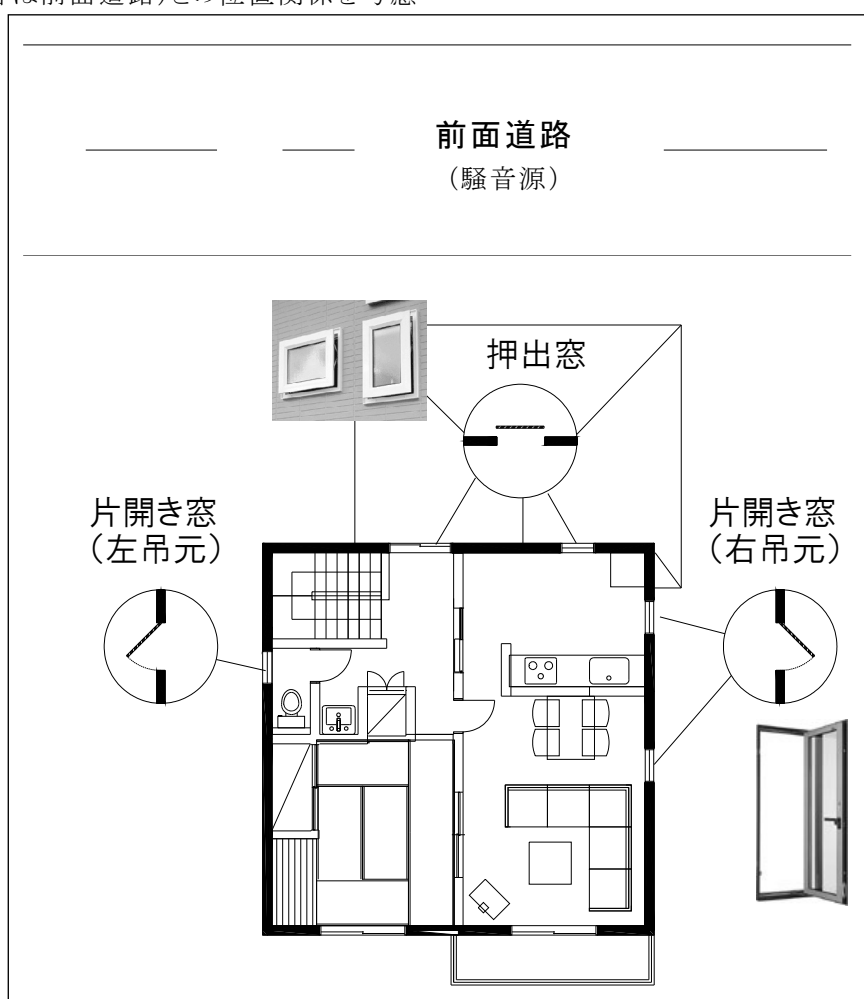


図 4.1.37 遮音に配慮した窓の設置例

(七岡 寛)

4.1.6 省エネルギー効果の確認

この項では、通風の採用により、省エネルギー効果、すなわち冷房負荷の削減がどの程度になるのかをコンピュータシミュレーションと実験住宅の実測により検証する。

1) シミュレーションによる検討

通風による省エネルギー効果は敷地の条件によって変化する。ここでは、

- ・過密地域 → 図 4.1.38 参照
- ・郊外 → 図 4.1.39 で周囲の建物を全て取り払って更地にしたと仮定

という2つの敷地条件で試算する。いずれも地域は東京（拡張アメダス気象データを使用）とし、6～9月の時々刻々の通風量と窓の開閉、冷房の負荷（設定 28℃）を求める。対象建物は延床面積 122m² の2階建の戸建住宅（図 4.1.39 参照）で次世代省エネルギー基準相当の断熱・気密性を有するものとする。また、家族人員は4人で専業主婦の世帯を想定する。

省エネルギー手法としては、3つのレベルを想定し、

- ・レベル0 → 通常の窓開け（就寝中や部屋に人がいないときは窓を閉める）
- ・レベル1 → 積極的な窓開け（就寝中や部屋に不在の時でも窓開けを図り、更に冷房中でも室内外の温度に気を配り冷房停止・窓開けに努める）
- ・レベル2 → レベル1＋屋根面開口の利用

というように段階的に省エネルギー手法を強化した場合の、冷房負荷の削減率を求める。ただしレベル2については過密地域のみ試算する。

(1) 窓の開閉方法による省エネ効果の違い

「積極的な窓開け（レベル1）」では、

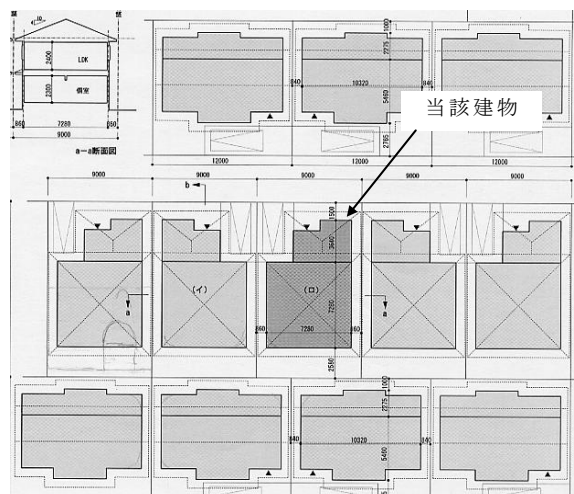


図 4.1.38 立地条件（過密地域）

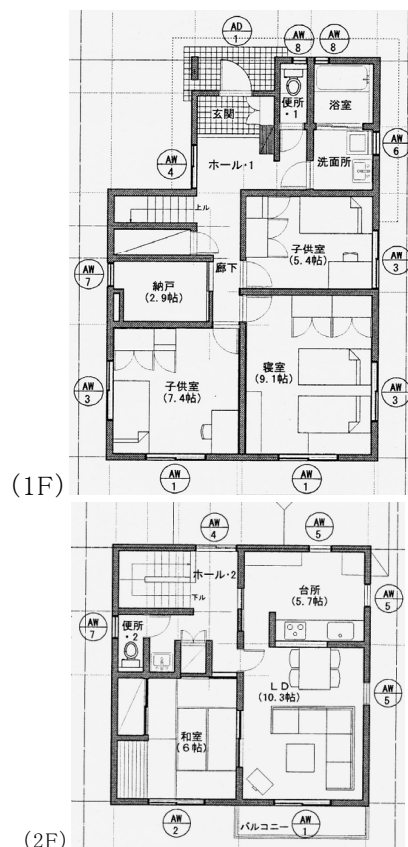


図 4.1.39 対象住戸平面図

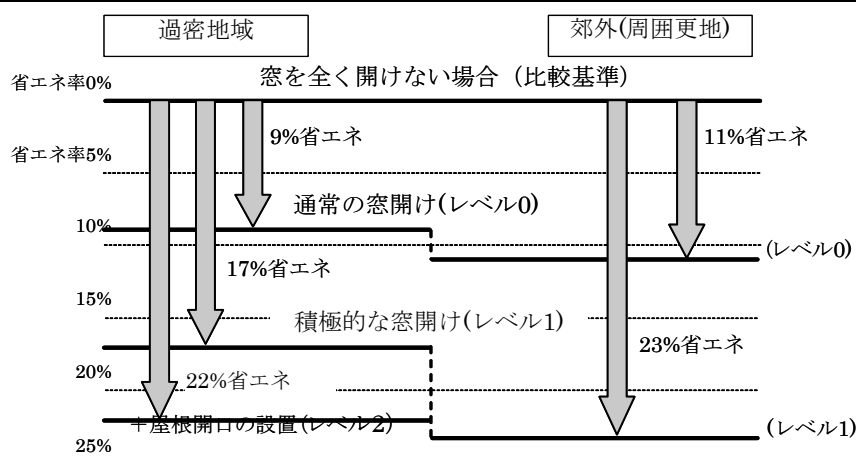


図 4.1.40 通風による省エネルギー効果の試算結果

- ・室内が適温であれば日中のみならず、就寝時についても窓を開ける。
- ・それぞれの部屋に人がいなくても、誰かが在宅していれば、一定時間(2時間)おきに窓開閉判断を行う。
- ・冷房中であっても、一定時間おき(日中2時間、就寝中4時間)に室内外の気温をチェックし、外の気温の方が室温より低いときは一旦、冷房を停めて15分間窓を開けてみる。冷房する必要がなければそのまま窓を開けておき、室温が許容温度(28℃)を上回る場合は再び窓を閉めて冷房する

という条件を設定している(詳細な窓開閉・冷暖房判断フローを図4.1.41に示す)。日中、在室しているときのみ窓を開ける「通常(レベル0)」でも通風の効果は見られるが、図4.1.41に示すように、外の状態を気に掛けながら小まめに窓を開閉する工夫により、省エネ効果が2倍程度になることが分かる。

図4.1.42によれば、6月の居間(左列)において、窓を常時閉めた場合には冷房が必要(例えば図中a, bの部分)であっても、この期間は外気温度が冷涼であるため、レベル0あるいは1の窓開放により冷房が不要となっている(上段の図の横棒は、レベル0, 1の窓開閉判断に従って窓を開けたことを示す)。さらに、図中c, dの部分(夕方から夜間にかけての食事・団欒の時間帯)においては、レベル0の窓

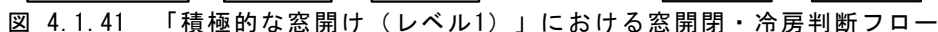
開閉判断では窓が閉められ冷房している。これは、夕方、買い物から帰った(と想定した)主婦が居間の冷房を稼働させてより、全員が居間を離れるまで窓を閉めたまま冷房を継続したためである。ところが、この間の外気温変動をみると、冷房開始時には26~27℃だったものが、深夜には21℃程度まで下がっている。レベル1の窓開閉判断では、定期的(日中2hおき)に窓開放の試行を行なうため、この外気温低下を「察知」することが可能となり、冷房を停めることが可能となった。

また、8月の主寝室(右列)においては、日中、部屋に在室者がいないため、レベル0の窓開閉方法では窓を閉めている。この間、外気温の上昇に加えて日射の侵入により、最高で34℃程度の高温となっている。これに対して、レベル1においては、部屋に在室者がいなくても在宅者によって窓開閉を行なうため(図中e)、室温は3℃程度低下しており、その蓄冷効果により就寝時の負荷(図中f)がかなり削減されている。加えてレベル1では、就寝中も1回は窓開放の試行を行なうため、図中gの部分のように就寝途中から窓開放・冷房停止というモードに切り替えられる日もある。

このように、外気条件に気を配り、自室あるいは在室者のいない他室についても窓を開放してみる、といった生活上の細かな工夫が、通風利用による省エネルギー効果を高めることが分かる。

この試算では、右のような2種類の屋根形状を仮定した。右側の図のような屋根開口を設けた場合、風が南側(図の左下側)から吹く状態で開口部に負圧(室内から吸い出す力)が発生し、通風を促進する効果がある。また、屋根に設ける開口は、必然的に高所に設置されるので、温度差換気の利用による効果も期待できる。

図 4.1.44 は、両者の屋根形状(ともに過密地域に立地)について、風向別の外気侵入量を侵入先の部屋別に示したものである。通常の、



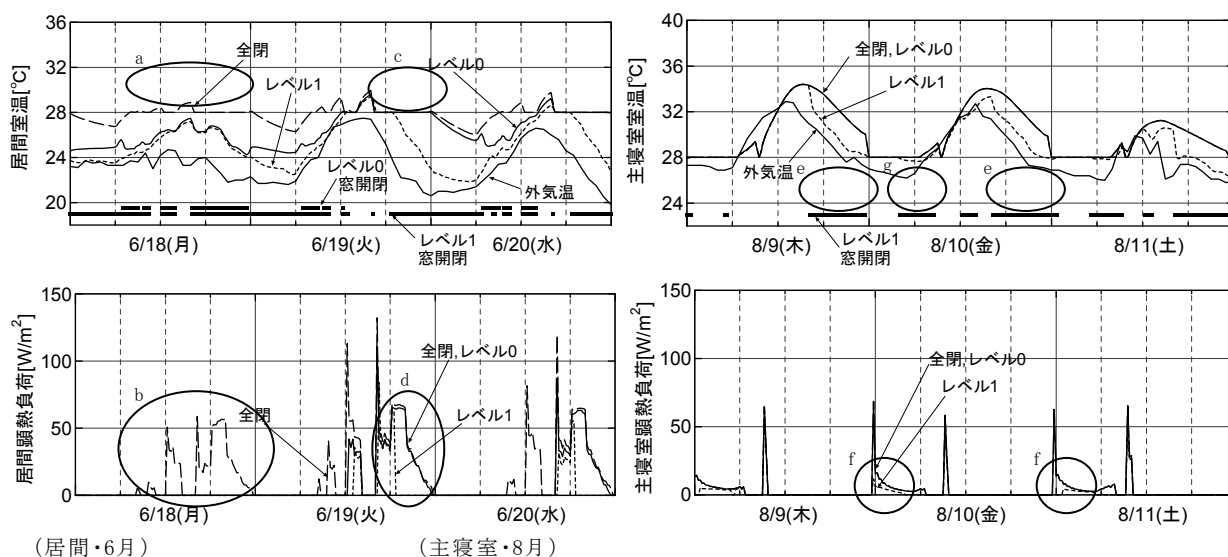


図 4.1.42 窓の開閉方法の違いによる居間・主寝室の室温変動・顕熱負荷への影響（過密地域）

屋根形状では、風向によってばらつきはあるが概ね $1000\text{m}^3/\text{h}$ (建物全体の容積で割ると換気回数 3~4 回/h) 程度の外気侵入量であるのに対して、屋根形状を変えて開口 (有効開口面積 $1.1\text{m}^2 \times 2$) を設けることにより、 $2000\text{m}^3/\text{h}$ (7 回/h 程度) に及ぶ外気侵入量となっている。

部屋別にみると特に 2F の居間 (食堂を含む)・和室とホールの侵入量が大幅に増加しており (居間と和室は開放された襖によって繋がっている)、居間・和室については北~東~南西の風において、また 2F ホールにおいては西~北~北東の風向の場合にその傾向が顕著である。これらは建物外皮の風圧係数の分布の変化に対応したものであり、例えば、同じ南寄りの風であっても、やや東寄りの風の場合に居間・和室の侵入量が大きいのは、屋根開口の東側 (居間・食堂上部) において負圧がより大きくなるためである。北風の場合には、屋根開口部が風を受けて正圧となり、ここから室内に外気が侵入していると考えられる。

このように、屋根形状を工夫して屋根開口を設けることにより、通風量が大幅に増加することが分かったが、図 4.1.40 の試算結果では、この通風量の増大に見合うほどの冷房負荷削減は得られていない。冷房負荷の削減のためには窓を開けたときの通風量だけではなく、そも

そも窓を開けるための条件が揃わなければ通風の利用が不可能である。

図 4.1.45 は、窓を開けたときに期待される冷却量 (冷却ポテンシャルと呼ぶことにする) と常に窓を閉めたときの顕熱負荷との関係を居間・食堂についてみたものである。

「冷却ポテンシャル」は、具体的には、居間・食堂の外気侵入量 (室内外温度差がないと仮定して全ての居室の窓・室内ドアを開放したときに得られるもの) に、内外温度差 (室温から外気温度を引いたもの。室内は冷房設定温度 28°C とする) と空気の容積比熱を掛けたものである。

通風量が得られる条件であっても、以下のような要因によって冷房負荷の削減が図られない場合が生じる。

① 外気温の方が室温よりも高い (図中「a」で示す冷却ポテンシャルが負の領域の一部)、② 窓を閉めているときでも負荷が発生しないほど涼しい (図中 b の一部)、③ 冷却ポテンシャルが正で、かつ窓を閉めている状態で負荷は発生しているが、冷却ポテンシャルが十分ではなく室温を許容範囲まで下げるには至らない、あるいは通風だけで凌げることに気づかず窓を閉めて冷房する (図中 c の×印の一部)。8 月はもともと負荷の大きい季節であるが、外気温度も高いため通風の機会が少ない。6 月は通

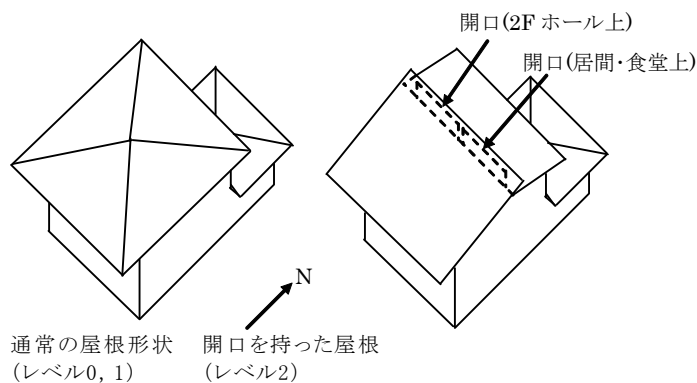
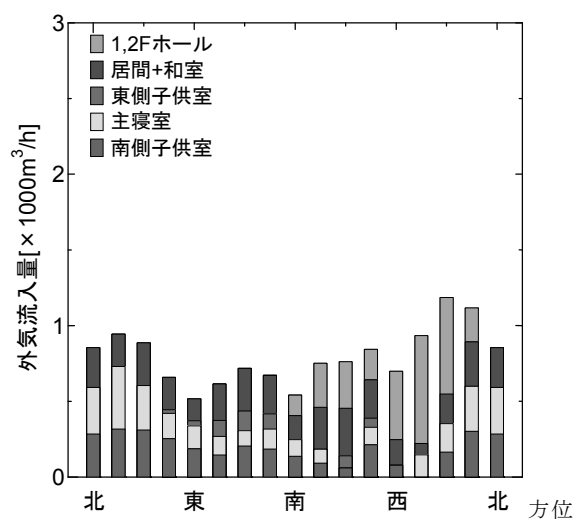


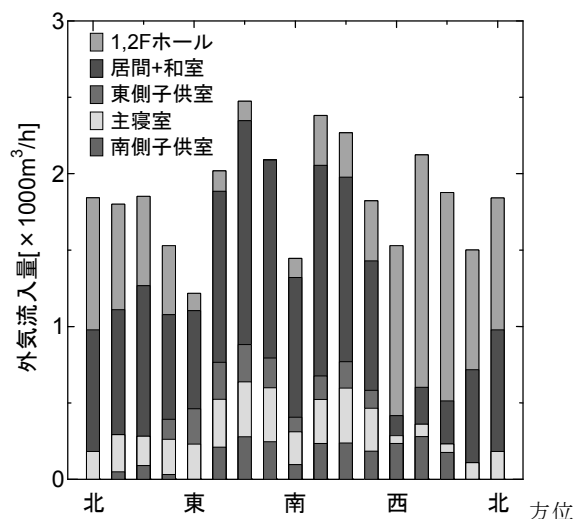
図 4.1.43 試算に用いた屋根形状

風ポテンシャルは大きい、もともと負荷が小さく、削減効果が小さい。このように通風による冷房負荷の削減効果には自ずと限界があり、その可能削減量は、建物の構造種別・断熱度、日射侵入・内部発熱、可能通風量、地域などに依存する。対象となる建物の条件が通風利用に適合しているかどうかを見極めて必要な投資を行なうことも大切と考えられる。

（長井 達夫）



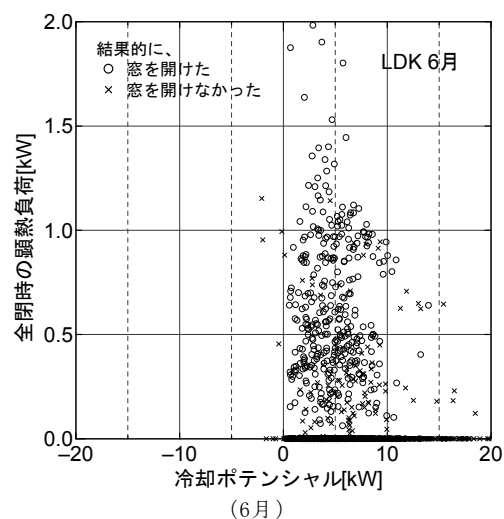
（レベル1:通常の屋根形状）



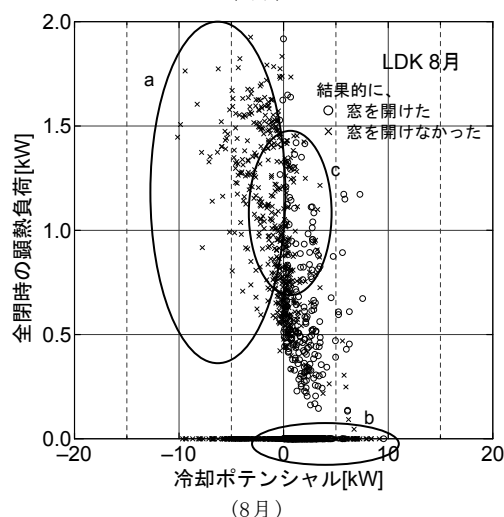
（レベル2:開口を持った屋根）

図 4.1.44 屋根形状の違いによる風向別外気侵入量への影響（過密地域）

（外部軒高風速1.0m/sにおける値。室内外温度差はなく、全ての居室・ホールの窓・室内ドアを開放させた状態）



（6月）



（8月）

図 4.1.45 居間・食堂における「冷却ポテンシャル」（本文参照）と窓を常時閉めているときの顕熱負荷との関係

（過密地域における開口を持った屋根の場合。窓の開閉の区別はレベル2の開閉方法に従った場合の結果を示す）

2) 実測による検討

冷房期において、屋外のほうが室内より低温である場合に通風を行って室内を冷却することは、ごく自然な行動である。しかしながら、通風を行うことによる室内温熱環境への影響については、未だ不明な点が少なくない。そこで、実住宅を用いた実験により通風の効果を確認したので、ここに報告する。

(1) 実験対象住宅

実験は、千葉県野田市に建築された住宅(図 4.1.46)を用いて行った。住宅の諸元を表 4.1.8 に、平面図を図 4.1.47 に示す。当該住宅には排気セントラルの換気システム(排気量 $175\text{m}^3/\text{h}$)が設置されており、外気は外壁内の通気層を通じて室内に供給される(平面図中の矢印の位置)。排気は平面図中に点で示す位置で行っている。1 階は LDK となっており、台所及び階段室と空間が連続している。2 階の子供室(東子供室、中子供室)は勾配天井で上部がロフトとなっている。また 2 階居室(子供室及び主寝室)と階段室はドアによって仕切られている。なお、当該住宅の周辺に高層建築物はなく、北側及び南側は駐車場、東側は道路に面していることから、通風においては良好な条件といえる(図 4.1.48)。なお住宅の南側には生垣(高さ 1.5m)、北、東および西側にはフェンス(高さ 1.2m(東側)、0.93m(北、西側))が設置されている。



図 4.1.46 調査対象住宅

延床面積	137.21 m ²
相当隙間面積	1.07 cm ² /m ²
熱損失係数	2.23 W/m ² K
換気システム	排気セントラル換気システム (1階洗面所に排気ユニット)
換気量	175 m ³ /h
冷房器具	エアコン 設定温度 28 °C LDK : 3.6 kW 主寝室、中子供室 : 2.8 kW 東子供室 : 2.5 kW

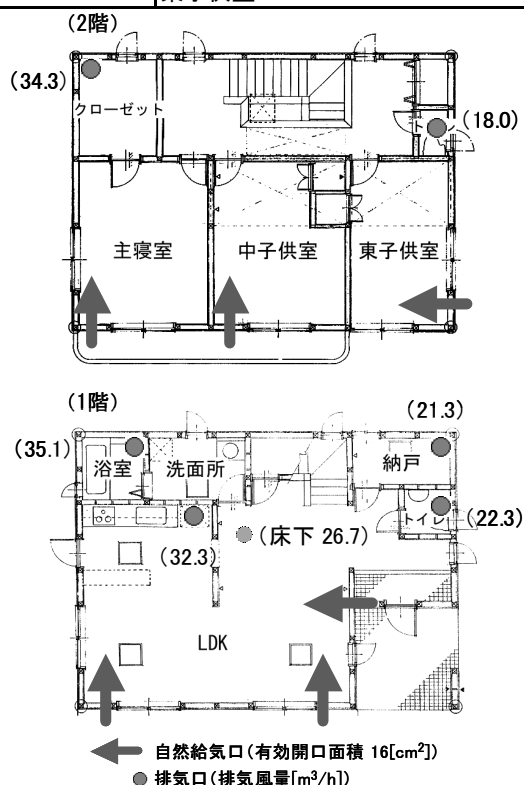


図 4.1.47 平面図および給排気口位置



図 4.1.48 測定対象住宅周辺の状況
〔()内は階数〕

(2) 実験方法

実験は、午前 7 時から翌日の午前 7 時までを 1 サイクルとし、3 サイクル毎に窓の開閉条件を変更した。実験期間は 2004 年 7 月 16 日～8 月 19 日とした。当該住宅は非居住であったため、発熱や冷房については実際の生活を模したスケジュールを組み運転を行った。これらの条件の詳細については後述する。

(3) 実験条件

a窓の開閉条件

窓は、屋外気温が 28°C 以下となったときに開放して通風を行い、 28°C を上回った時点で閉鎖した。開放、閉鎖共に手動で行った。また、通風時は防犯を考慮し、引違い窓は片側を 20 cm 開放、縦すべり窓は開口幅を 10 cm とした。20 時の時点で外気温が 28°C を下回らなかった場合は、夜間の通風を行わず、スケジュールに従って冷房を運転した。なお 1 階部分については防犯上、18 時 30 分から翌日午前 7 時まで外気温に関わらず窓を閉鎖し、シャッターを閉じた。また午前中の通風時には、納戸、1 階トイレ、2 階トイレ、押入を除く全ての間仕切ドア及び窓を開放した。2 階における窓開けの状況を図 4.1.49 に示す。

以上に示す開閉条件を「通風パターン」とし、これを含めて 3 つのパターンで実験を行った。

実験 1：通風パターン

実験 2：開放パターン(外気温に関わらず、2 階部分の窓及び間仕切ドアを開放(トイレ、納戸及び押入を除く)。但し、間仕切ドアは 18:30 に閉鎖する。)

実験 3：閉鎖パターン(外気温に関わらず、終日窓を閉鎖する。冷房は終日停止する。)

各実験条件における窓・ドアの開閉状況及び冷房の運転状況を図 4.1.50 に示す。なお、実験 1 は 8 月 11 日～12 日、実験 2 は 8 月 5 日～6 日、実験 3 は 8 月 18 日～19 日の測定値を採用した。

b発熱スケジュール

発熱スケジュールは、日本建築学会標準問題に倣い設定した。本来であれば顕熱と潜熱の両方を再現すべきであるが、今回の実験では顕熱のみの発熱とし、白熱電球を用いて発熱を行っている。室内における発熱の状況を図 4.1.53 に、発熱スケジュールを図 4.1.51 に示す。なお、居住者からの発熱は $90\text{W}/\text{人}$ とした。

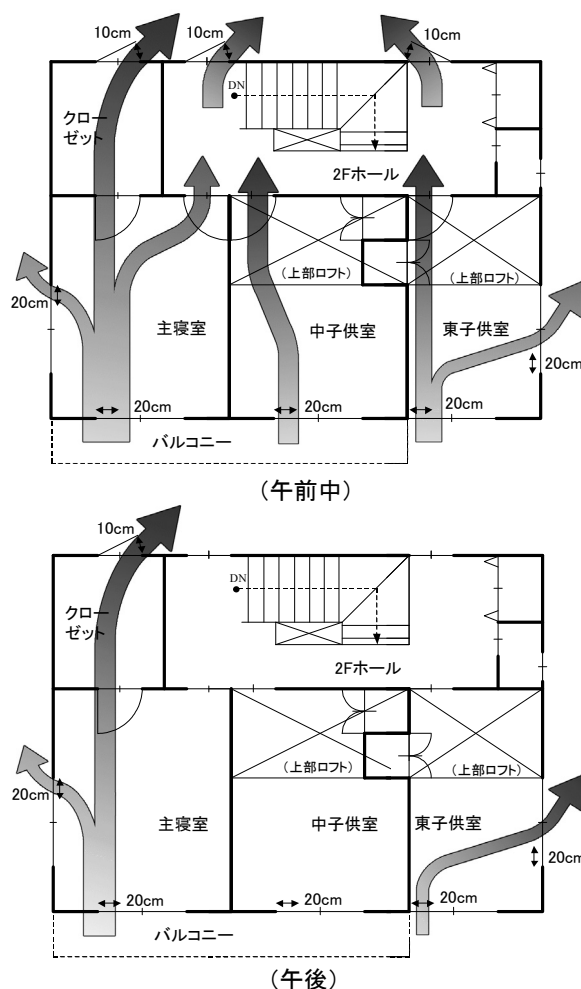


図 4.1.49 2階における窓開けの状況

c冷房スケジュール

冷房スケジュールは在室スケジュールと同一とし、各居室に在室者がいる時間帯は冷房を運転することとした。各居室における冷房のスケジュールを図 4.1.52 に示す。冷房はエアコン(表 4.1.9)により行い、設定温度は 28°C とした。

				(時)																											
				7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7			
実験1	2階	主寝室 クローゼット	冷房窓																								on				
		open																	windows open							on					
	子供室	冷房窓																								on					
		open																	windows open							on					
	階段室	ドア窓																								on					
		open																								on					
1FLDK	冷房窓	A/C on										A/C on										A/C on									
	open																								on						
実験2	2階	主寝室 クローゼット	冷房窓																												
																										windows open					
	子供室	冷房窓																													
																										windows open					
	階段室	ドア窓	doors open																												
																										windows open					
1FLDK	冷房窓																														
			A/C on										A/C on										A/C on								
実験3	2階	主寝室 クローゼット	冷房窓																								op				
		open																								op					
	子供室	冷房窓																								op					
		open																								op					
	階段室	ドア窓																								op					
		open																								op					
1FLDK	冷房窓	on																								op					
	open																								op						
				7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7			

図 4.1.50 窓・ドアの開閉状況及び冷房の運転状況

		(時)																									
		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	
LDK	人数×90W	0	0	0	0	0	0	90	360	90	90	90	90	90	90	0	0	270	270	270	270	270	270	90	0		
	照明/LD	0	0	0	0	0	0	180	180	180	0	0	0	0	0	0	0	270	270	270	270	270	270	270	0		
	発熱機器/LD	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90		
	照明/K	0	0	0	0	0	0	54	54	54	0	0	0	0	0	0	0	0	54	54	54	54	0	0	0		
	調理/K	0	0	0	0	0	0	540	0	0	0	0	0	270	0	0	0	0	540	540	0	0	0	0	0		
	冷蔵庫/K	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	
MBR	人数×90W	180	180	180	180	180	180	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	180			
	照明	0	0	0	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	90	0		
CCR	人数×90W	90	90	90	90	90	90	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	90	90	90		
	照明	0	0	0	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	180	0	0		
1FHL	照明	0	0	0	0	0	0	54	54	54	0	0	0	0	0	0	0	54	54	54	54	54	54	54	0		
UT	照明	0	0	0	0	0	0	36	36	36	0	0	0	0	0	0	0	0	36	36	36	36	36	36	0		
	発熱機器	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	90	0			
BATH	照明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	54	0			
2FHL	照明	0	0	0	0	0	0	54	54	54	0	0	0	0	0	0	0	54	54	54	54	54	54	54	0		

図 4.1.51 発熱スケジュール 単位:[W]

			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
LDK	(0)								(1)	(4)				(1)				(0)						(3)		(1)	(0)
	(2)								(1)																	(1)	(2)
主寝室	(1)																										
	(0)																										
子供室	(1)																										
	(0)																										

図 4.1.52 冷房スケジュール (()内は在室人数)

なお通風時(窓開放時)には冷房を停止している。また実験 1、実験 2 では窓の開閉に関わらず、1 階の冷房を図 4.1.52 に示すスケジュールに従い稼動し、実験 3 では全ての冷房を停止した。

d その他の条件

当該住宅の 2 階居室では日射遮蔽を行っている(図 4.1.54)。東子供室の東面、中子供室の南面、主寝室の南面及び西面にシェード(布地の日射透過率: 13%)が設置されており、これをオーニングのように前方へ突き出して日射を遮っている。

突き出す角度は、東西面は水平面に対し約 45° 、南面は水平面に対し約 25° とした。なお東子供室の南面については、窓が床上 1.2m の位置に設置されており、底によって日射が遮られていることからシェードは用いていない。

(4) 測定項目

測定項目の一覧及び測定間隔を表 4.1.10 及び表 4.1.11 に示す。室内外温湿度は温湿度センサ(神栄株式会社 THP-B3T)を用いて計測した。室温は床上 1200mm の位置にて測定した。屋外の風向、風速及び水平面全天日射量は、当該住宅の屋根上 2.0m(地上 10.8m)に設置された風向計(牧野応用測器研究所 光電風向発信機 VF-516)、風速計(牧野応用測器研究所 光電風速発信機 AF-540)、及び日射量計(英弘精機 ネオ日射計 MS-43F 型)により計測した。室内気流速度の測定には微風速計(DANTEC 54R10, 54T21)を用いた。これらの測定値はデータロガー(江藤電気 CADAC 100, KEYENCE NR-1000)にて 1 分おきに記録した。また、エアコンの消費電力量は電力量計からのパルス発信を 60 分毎に積算して求めた。



図 4.1.53 室内における発熱の状況

表 4.1.9 冷房(エアコン)の仕様

		主寝室 中子供室	東子供室	LDK
冷媒		R410A		
COP	冷房時	5.83	5.26	4.62
	暖房時	5.97	5.86	5.27



図 4.1.54 日射遮蔽の状況(左:南面 右:東面)

表 4.1.10 室内測定項目

測定項目	使用器具	測定間隔
温度・湿度	温湿度センサ THP-B3T(神栄)	1分
室内気流速度	微風速計 54R10, 54T22(DANTEC)	
エアコンの消費電力量	(電力量計よりパルス発信)	60分

表 4.1.11 屋外測定項目

測定項目	使用器具	測定間隔
温度・湿度 (百葉箱内)	温湿度センサ THP-B3T(神栄)	1分
屋外風向 風速	光電風速発信器 AF-540 光電風向発信器 VF-516 (牧野応用測器)	
水平面全天日射量	ネオ日射計 MS-43F型 (英弘精機)	

(5) 実験結果

a 外気温度及び風向・風速

実験期間中における外気温の推移を図 4.1.55 に示す。外気温は実験期間を通して高く、平均値は 29.6°C であった。当該住宅付近のアメダス観測所(越谷)における拡張アメダス気象データの、標準年データの平均値(7月16日～8月19日)が 25.5°C であることから、2004年の夏は猛暑であったことが伺える。屋外風向、風速の出現頻度を図 4.1.56、図 4.1.57 に示す。

風向は南が最も多く(49.4%)、次いで東(26.0%)となっていた。風速は $1.5\sim 2.0\text{m/s}$ が全体の 12.5%となっているが、 0.0m/s が全体の 38%を占めていることから、当該住宅付近の風は比較的静穏であることが確認できる。

b 室内気温

2階居室における室温の推移を実験毎にまとめ、図 4.1.58～図 4.1.60 に示す。

通風パターン(図 4.1.58)を見ると、窓を開放した時点(午後8時)から室温が低下しており、通風によって室内の熱が屋外へ排出されていることが確認できる。

また、主寝室の室温低下が最も大きく、東子供室、中子供室と続いている。これは、主寝室には南、西、北の3面に開口があり、より風が通りやすい状態であった反面、中子供室は開口が南面の1箇所のみで、風が通りにくい状態であったことが起因していると考えられる。

開放パターン(図 4.1.59)では、間仕切ドアを開放している

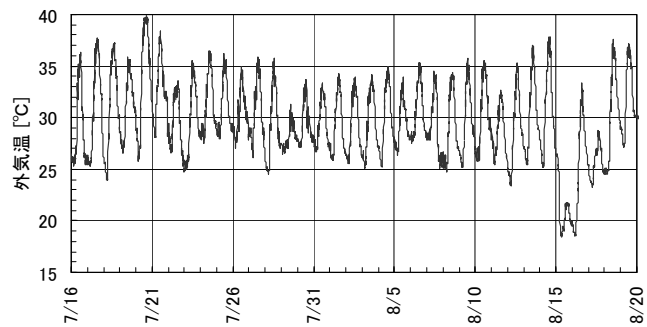


図 4.1.55 外気温の推移

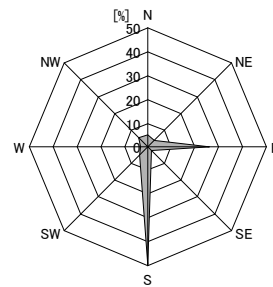


図 4.1.56 風向の出現頻度

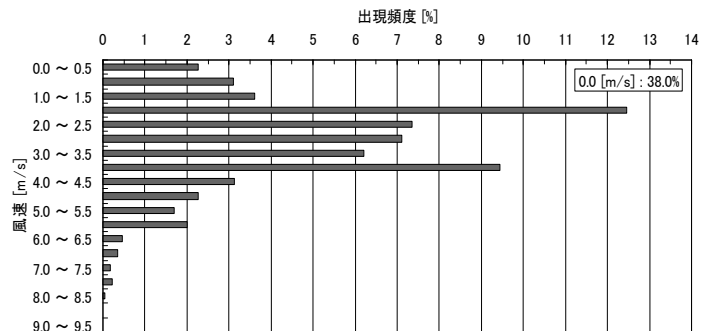


図 4.1.57 風速の出現頻度

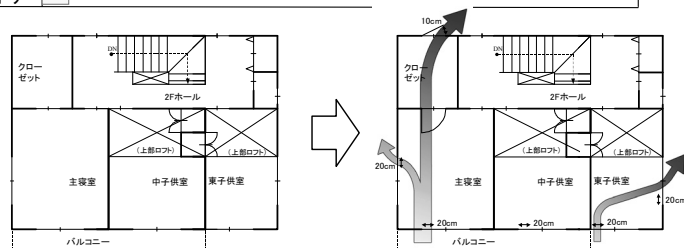
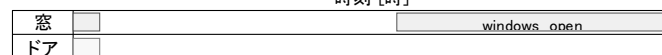
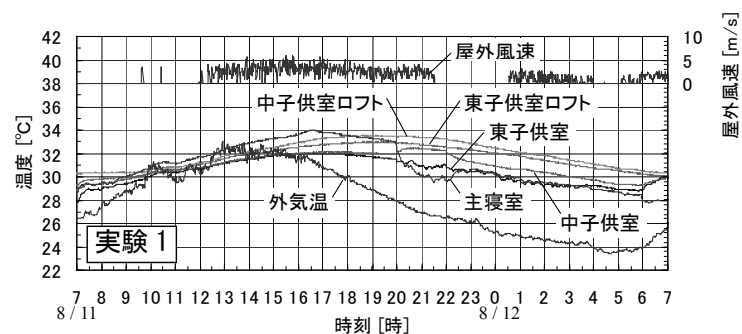


図 4.1.58 2階居室における温度の推移 (実験1)

時間帯(午前7時～午後6時30分)において各室の気温は外気温に近くなっている。この間の屋外における平均風速は約4.5 m/sであったことから、通風量が十分である場合、室温は外気温に近づくと考えられる。また、間仕切ドアを閉鎖した直後(午後6時30分)から東子供室、中子供室の気温が横這いとなり、午後8時以降は発熱等の影響を受け子供室の気温が上昇している。

これは間仕切ドアによって通気輪道(風の通り道)が遮られたことに起因していると考えられ、十分な通風量を得るためには通気輪道を遮断しないことが重要であるといえる。

また実験1、実験2の両方において、通風が行われている状態にあっても、ロフト部分(東子供室、中子供室)の気温が高いまま推移している。

これは図4.1.61に示すように、開口から流入した空気が間仕切ドアに向かって(或いは間仕切ドアから開口に向かって)流れ、ロフト部分の換気がなされず熱が篋ってしまったためであると考えられる。

ロフト部分に篋った熱は天井表面の温度を上昇させ、天井からの熱放射によって室内における温熱感に悪影響を及ぼす恐れがあるため、ロフト部分においても熱の篋らない工夫を施すことが重要であると考えられる。

閉鎖パターン(図4.1.60)では、室内から排出される熱が少ないため、日没後も気温は高い

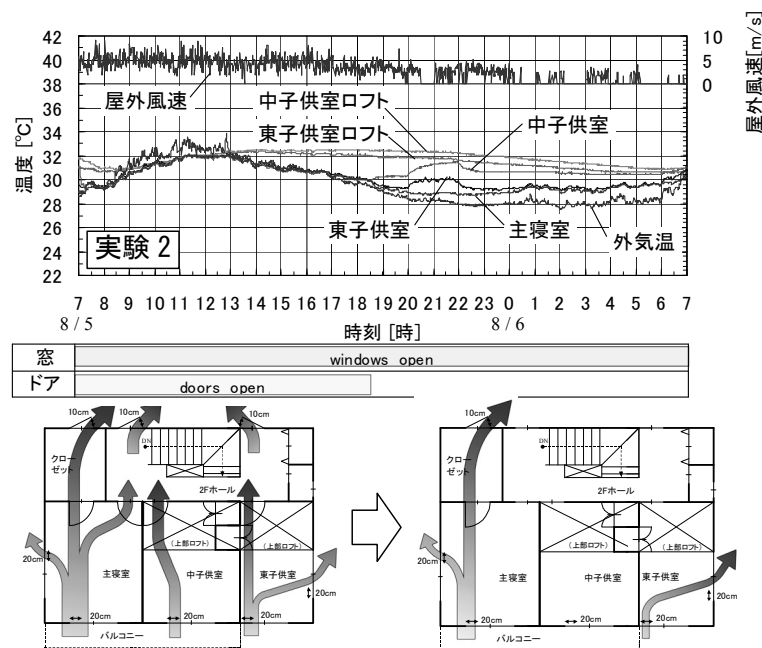


図 4.1.59 2階居室における温度の推移 (実験2)

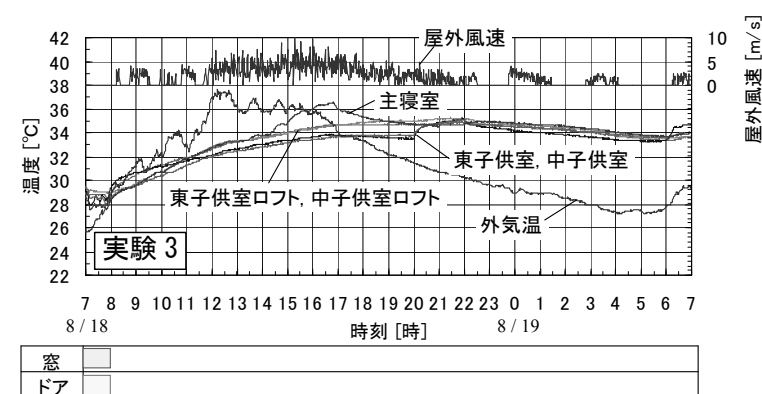


図 4.1.60 2階居室における温度の推移 (実験3)

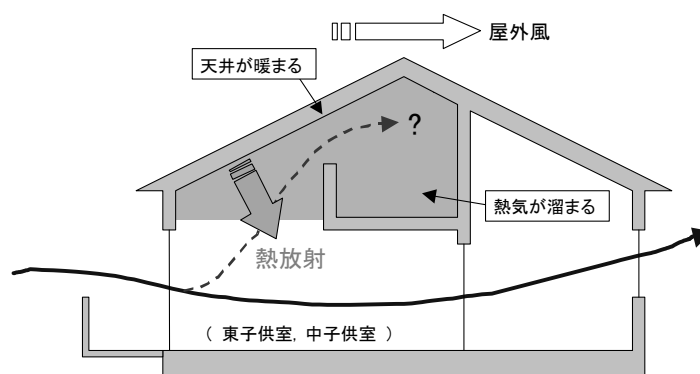


図 4.1.61 熱の篋る様子

まま推移していることが確認できる。

c消費電力量

実験1及び実験2では、2階居室において通風を行っているため冷房を稼動していない。一方、夜間に冷房を稼動した場合(図4.1.62, 2004年8月12日～13日)、午後8時から翌日の午前7時までにおける消費電力量の積算値は、主寝室で0.51kWh、東子供室で0.69kWh、中子供室で0.68kWhとなり、合計で1.88kWhとなった。

(6) まとめ

実験により、以下の4点を確認することができた。

・通風時における居室の温度低下は、開口が南北にある主寝室が最も大きく、南面のみに開口がある中子供室が最も小さかった。

- ・通風量が十分に多い場合、室内気温は外気温に近づく。
- ・窓を開放していても、間仕切ドアなどによって通気輪道が遮断されると室内の熱が十分に排出されなくなる。
- ・通風を行っている状況においても、ロフト部分の気温は高いまま推移していた。

(野中 俊宏)

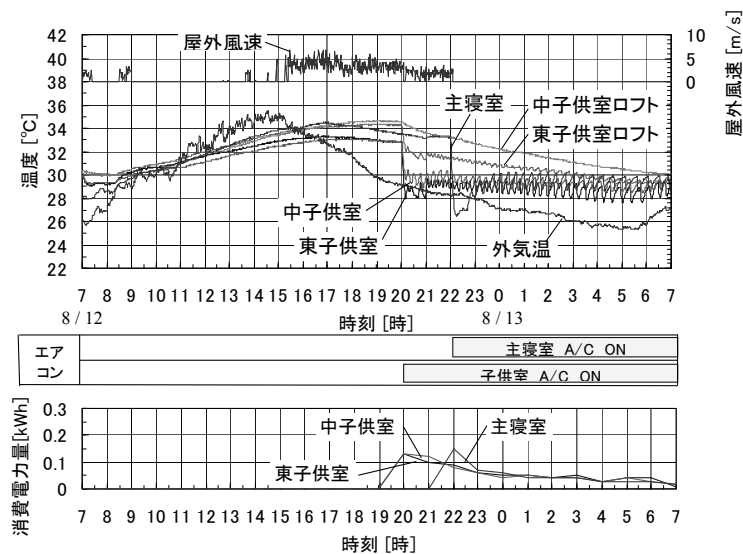


図 4.1.62 2階居室における温度及び消費電力量の推移

4.1.7 窓開閉に関する実態調査

1) 窓開閉の要因と就寝・通風時の温熱環境

この項では、実態調査のための基礎資料として、窓開閉行為への影響要因を整理し、一方で非覚醒状態である就寝時の温熱環境について検討を行った結果について報告する。

(1) 窓開閉の要因

窓の開閉行為に関する既往研究をレビューし、窓開閉の要因を紹介する。石井ら¹⁾が「通風利用に対する影響要因」として、図 4.1.63 に示す気象条件、地理的条件、周辺環境要因などの外部風や外部気象と関連した要因と建築的要因、および生活要因を挙げている。山中ら²⁾や梅宮ら^{3),4)}の調査によると、窓を開ける目的や理由として、汚れた空気や湿気の除去のための「換気・通風」因子が最も多いことを挙げており、次いで涼しい外気の導入や風で涼しさを得るなどの「室内温熱環境」因子を挙げており、外界へのつながりの要求などの「心理的外向」因子もあることを指摘している。一方、窓を閉める因子として、「クーラーの使用」が挙げられ、「室内温熱環境維持」因子と、雨や風、虫や鳥、および大気汚染物質や埃などの「侵入防止」因子などが挙げられている。菅原ら⁵⁾は「防犯」や夜間における「プライバシーの確保」を指摘している。この他に、居住者の年齢・性別・体質・習慣・嗜好、家族構成、および就労や就学などの生活状況も窓開閉の影響要因としてあると考える。これらの要因や因子をまとめたものが表 4.1.12 である。

窓開閉と温度との関係に関する実測調査から、山中⁶⁾らは室内温度が 20～30℃で窓開放行為の頻度が多いこと、梅宮ら^{7)～9)}は時刻別の窓開放率と外気温との関係は中間期に最も相関が高いこと、窓の開放時と閉鎖時における室温のピークはほぼ一致し中間期 23℃、冷房期に 25℃、暖房期に 22℃付近にピークがくる

表 4.1.12 窓開閉の要因

窓を開ける要因	窓を閉める要因
・通風による排熱効果を期待 ・室内空気汚染物質の排除 ・湿気の排除 ・経済的事情 ・気分転換 ・居住者の生活・習慣・嗜好	・クーラーの使用 ・雨や雪の侵入防止、強風 ・虫や鳥の侵入防止 ・大気汚染や埃の侵入防止 ・防犯 ・プライバシーの確保 ・騒音防止 ・居住者の生活・習慣・嗜好

こと、およびグローブ温度が高い時に窓開閉の生起率が高いことなど、を明らかにしている。

(2) 就寝・通風時の温熱環境

就寝時に室内温熱空気環境の快適性を保つためには、代謝量が小さい、臥位である、自発的に環境調整行動を起こすことができない、という点へ細心の注意が必要である。ここでは、夏季における就寝時の条件として代謝量、着衣量、MRTを下記のように設定し、相対湿度 50%および 90%における気温、風速と SET*の関係性を求めた(図 4.1.64)。

例えば、風速が 0.5m/s 以上得られれば、相対湿度 50%のときで 28℃以下、90%のときでも 27℃以下であれば SET*の快適範囲(22.4～25.6℃)となることが分かる。

- ・代謝量：就寝時であるので、基礎代謝のみ(0.7met=40.6W/m²)。
- ・着衣量：盛夏で上掛けが無く、ブリーフ+Tシャツ+半袖パジャマ(薄手)の成人男性(ASH RAE55-92 より、0.04+0.08+0.42=0.54clo)。
- ・MRT：気温と等温。

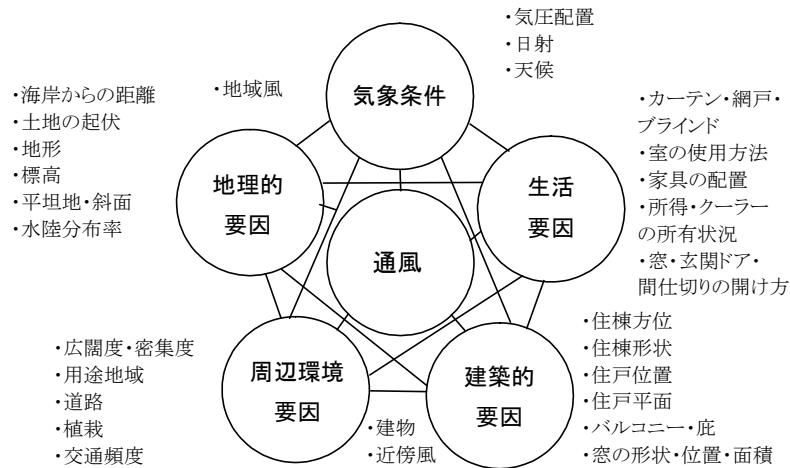


図 4.1.63 通風利用に対する影響要因

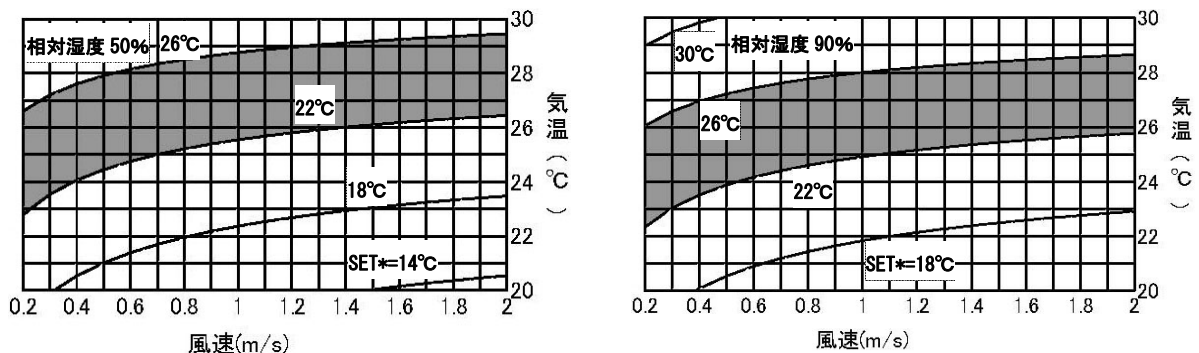


図 4.1.64 就寝時における風速、気温とSET*

(飯野 由香利、菅原 正則)

参考文献

- 1) 科研報告書『住宅における通風の計画および温熱効果に関する総合的研究』(課題番号 59350040、代表 九州芸術工科大学 石井昭夫教授)
- 2) 松井静子、佐藤隆二、山中俊夫: 住宅における通風に関する調査研究 (その1) 通風に対する意識、日本建築学会近畿支部研究報告集、pp.177~180、1995 年
- 3) 鈴木玉美、吉田治典、梅宮典子: 夏から秋にかけての窓開閉行為の要因に関する申告調査の分析、日本建築学会近畿支部研究報告集、pp. 325~328、2000 年
- 4) 鈴木玉美、梅宮典子、吉田治典: 夏季から秋季にかけての窓開閉行為の要因に関する研究 大学キャンパスにおける学生を対象とした調査、日本建築学会計画系論文集、第 556 号、pp.91~98、2002 年
- 5) 菅原正則、本間博文、梅干野 晃、飯野由香利: 夏季の自然通風時における住居平面と住まい方の室内気候への影響に関する調査研究、空気調査・衛生工学会論文集、第 57 号、pp.117~127、1995 年
- 6) 山中俊夫: 住宅における通風行為と通風環境に関する基礎的研究 5階建て集合住宅の一住戸における秋季の通風環境調査、日本建築学会近畿支部研究報告集、pp. 77~80、1996 年
- 7) 鈴木玉美、吉田治典、梅宮典子: 観察調査に基づ
- く窓開放率と外気温の関係、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、pp. 589~592、2001 年
- 8) 渋川宗宏、梅宮典子、西岡利晃、大倉良司: 窓の開放時間帯、閉鎖時間帯における室温と外気温の実態—大学の研究室における測定—、日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)、pp. 609~610、2002 年
- 9) 井上銀次郎、梅宮典子、鈴木玉美、吉田治典、西岡利晃、大倉良司: 窓開閉行為が生起するときの温熱環境の条件に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)、pp. 625~624、2003 年

2) 窓開閉に関する意識調査

窓開閉に対し、居住者がどのような意識を持っているのか。窓開閉に関連した調査2件の結果を紹介する。

(1) 冷房に関するアンケート調査結果より

住宅メーカー居住体験展示施設の来館者を対象に実施した「冷房について」のアンケート結果より、窓の開閉に関わる項目について抜粋を行った。同施設は住宅に興味のある人を対象に住宅に関わる体験学習を行える施設である。

a調査対象

調査は1999年7～8月に実施したものである。N数631件で男女・年齢構成等は表4.1.13に示す通りである。

b調査結果

「現在のお住まいの風通しがよいと思っているか？」の問いには「よい」、「まあよい」を合わせると77%の人が満足しているとの結果であった。

「窓を開けて涼をとらない理由」としては図4.1.66の通り「虫が入ってくる」、「外の音が気になる」、「風通しが悪い」といった理由が多い。周辺環境別では、市街地では郊外と比べ、音の問題が多く、虫の問題は少ないのが特徴的である。「防犯上気になる」との理由は、約6年前(1999年)の調査結果であることが影響してか、さほど多くの割合をしめていない。

「夏の就寝時の冷房」については図4.1.67の通り、「エアコンのタイマーをセットしている」、「一晩中エアコンをつける」を合わせると、75%がエアコンを使用している。本調査では「窓を開けて」という回答例がないので窓開けの実態はわからないがエアコンの使用が多いことから、窓開けだけによって涼をとる人は多くないと予想される。

(2) 「夏の涼の取り方」に関するアンケート調査結果より

鉄骨プレハブ系住宅メーカー既客を対象としてインターネットを用いて行った「夏の涼の取り方」に関するアンケートより、窓の開放や通風に

表 4.1.13 調査対象

分類	構成
男女	男55.5% 女44.5%
年齢	10代:0.7% 20代:7.3% 30代:38.8% 40代:25.5% 50代:18.9% 60代以上:8.8%
住居形態	戸建:60.9% 集合:30.7% 社宅:6.8% その他0.5% 無回答1.1%
周辺環境	市街地:27.9% 市街地周辺34.7% 郊外34.2% 無回答3.0%

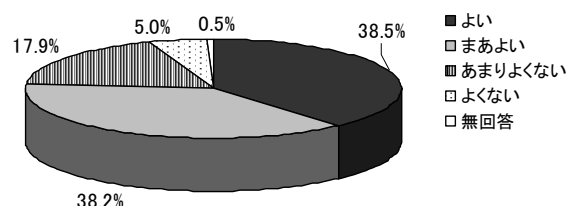


図 4.1.65 風通しのよさ

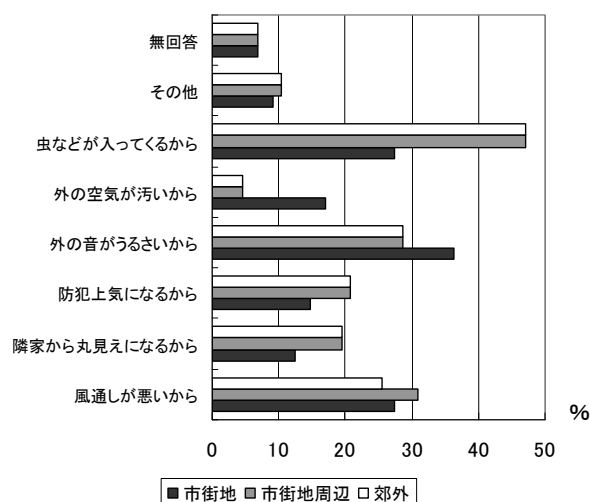


図 4.1.66 窓を開けて涼をとらない理由

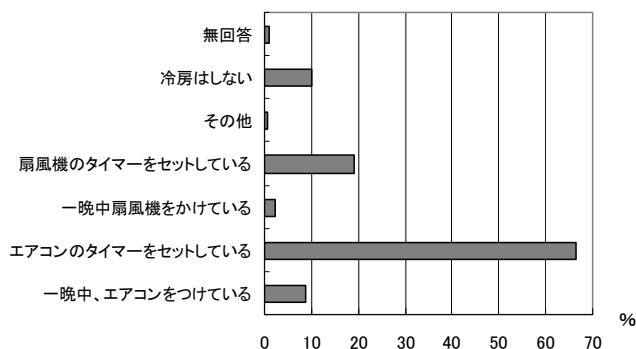


図 4.1.67 夏の就寝時の冷房

関わる項目について抜粋を行った。

a調査対象

調査は2002年11月に実施したものである。N数1514件で男女・年齢構成等は表4.1.14に示す通りである。

b調査結果

図4.1.68の通り、「就寝時に窓を開けるか？」という問いに対しては「ほとんど毎日」、「時々」を合わせると63%の人が開けているという結果であった。また図4.1.69では「窓を開けにくい頻度はどれくらいあるか？」という問いに対して、「よくある」、「たまにある」を合わせると同様に63%となっている。

「窓を開けにくい理由」としては図4.1.70の通り、「防犯」が圧倒的に多く(626件)、「虫が入る」(392件)、「外の音がうるさい」(322件)、「室内が見える」(224件)という順になっている。「防犯」については7.(1)のアンケート結果(1999年実施)では見られなかった傾向であり、近年の世相を反映していると思われる。

また「理想とする涼の取り方は何か？」という問いに対して「通風のみ」との回答が43%を占めており、決して少なくない。「理想」であるからもっと多くてもいいと思われるのだが、実際には回答者が外気温度、上記の開けにくい理由などといった現実の状況を認識してこの程度の回答に落ち着いているのではなかろうか。

その他夏の暑さに関して困ることとして「最上階に熱気が溜まる」という回答が799件見られた。日射遮蔽手法の検討は別途必要であろうが、通風も熱気を排出するという意味でこれに答え得るものであろう。

(3) まとめ

以上2種の異なるアンケートから窓の開放に関する部分を抽出した。積極的な窓開放による提案を行う上では、

①虫の侵入 ②外部騒音 ③防犯対策
などを考慮した提案が不可欠と思われる。

(七岡 寛、吉田 元紀)

表 4.1.14 調査対象

分類	構成
男女	男75.4% 女24.6%
年齢	10代:0.1% 20代:2.5% 30代:35.1% 40代:33.3% 50代:17.4% 60代:9.8% 70代:1.8%
省エネ地域区分	I:2.0% II:2.2% III:5.0% IV:87.7% V:2.8% VI:0.2%

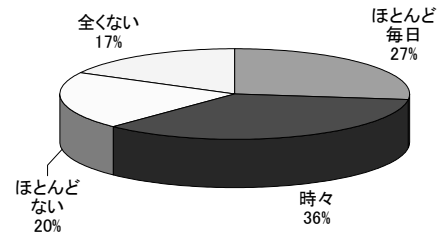


図 4.1.68 就寝時に窓を開ける頻度

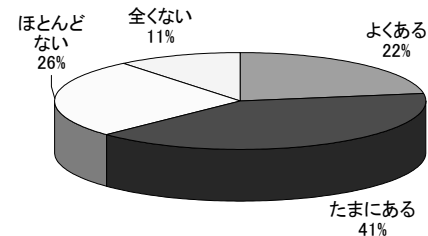


図 4.1.69 窓を開けにくい頻度

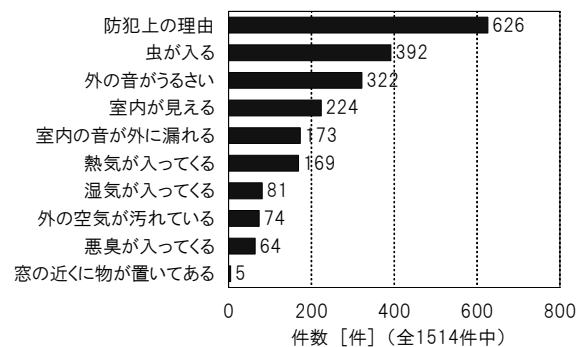


図 4.1.70 窓を開けにくい理由

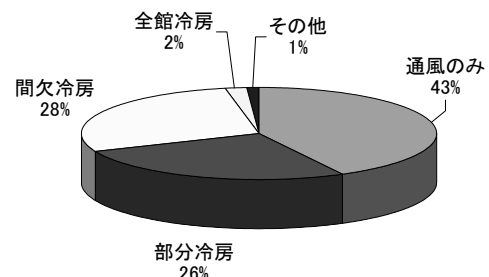


図 4.1.71 理想の涼の取り方

参考文献

- 1) 澤島智明、松原斎樹、藏澄美仁:戸建住宅における夏期の涼の取り方に関する調査研究、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海) D2 pp. 764~765、2003年

3) 窓開放状況に関する実態調査

窓開放による通風換気は、夏期の屋内環境維持や室内空気汚染の対策として従来一般的に用いられているが、外部環境の悪化、生活習慣の変化、冷房機器の普及に伴って、居住者の開放習慣が変化し、開放時間が減少傾向にあると言われている。これらは、冷房依存によるエネルギー消費増大やシックハウス問題等の室内空気汚染の一因となっていると指摘されている。この改善のために、周囲環境、生活スタイルに適合した窓開放機能と居住者の開放習慣の再構築が必要である。

この基礎として、居住状態での窓の開閉及び調整の状況の把握が必要であり、この把握に基づく窓開放スケジュールのモデル化は、エネルギー消費や室内空気汚染に関する実態認識や改善効果予測の実効性を高めることにもなる。これまでに、窓の開閉状況やその要因に関する基礎検討が行われているが、上記の検討に必要な居住状態の窓開閉状況が詳細に把握できる連続データが無い場合、窓の開放巾を連続的に記録する計測器（以下、窓開巾計と記す）の開発を行った。

窓開巾計は、図 4.1.72 に示すように、窓を開けると糸がバネに連結されたプーリーに巻き取られ、プーリーに連結されたポテンションメーターが回転し数値が出力される機構となっている。記録計（TR-72S）を使い、湿度用チャンネルにポテンションメーターの出力を記録し、温度も同時に記録する。開巾を計算する実験式を作成して記録値から窓開巾を算出した。

表 4.1.15 に示す北海道から四国までの全 13 件の住宅を対象に、窓開巾計による窓の開閉、室内外温湿度の測定を約 1 年間行った。夏期に主に開放される居室の窓についてみると、1 日の窓開閉状況は多様である。

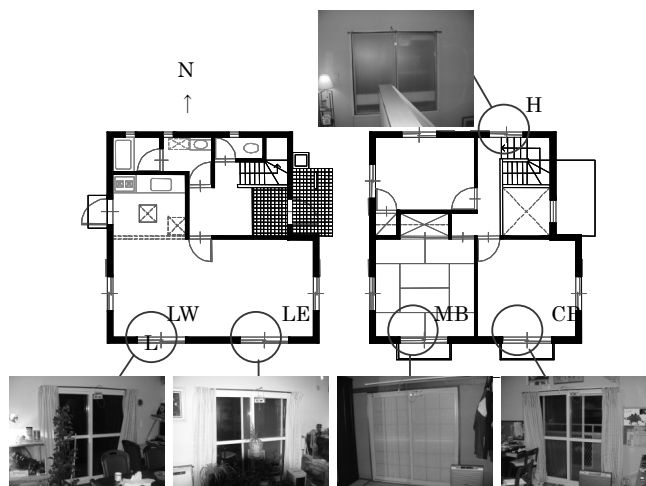


図 4.1.72 窓開巾の測定器設置（南東北1）

表 4.1.15 測定住宅の概要

地域	年/工法	居住人数	暖房器具	冷房器具
北海道	1 1988年、2003年増改築/在来木造	2人	FF式ストーブ、床暖房	
	2 2002年/鉄骨系プレハブ	4人	空気暖房（温風）	
北東北	1 2003年/鉄筋コンクリート	2人	FF式ストーブ、エアコン	エアコン
	2 2003年/在来木造	3人	蓄熱暖房機	エアコン
南東北	1 1986年/木質パネル	4人	温室暖房システム、FF式ストーブ、温水暖房システム	エアコン、扇風機、クーラー
	2 1979年/鉄骨系プレハブ	4人	こたつ、石油ストーブ	クーラー、扇風機
	3 1972年/鉄筋コンクリート	3人	ファンヒーター、ラジエーター型	エアコン、扇風機
	4 1986年/軽量鉄骨造	4人	パネルヒーター、電気ストーブ	エアコン
北陸	1 2003年/2×4	4人	FF式ストーブ	エアコン、扇風機
関東	1 1986年/軽量鉄骨プレハブ	4人	石油ストーブ	クーラー、扇風機
	2 1979年/在来木造	2人	FF式ストーブ、電気ストーブ、オイルヒーター	エアコン、扇風機、クーラー
関西	1 1999年/軽量鉄骨プレハブ	4人	エアコン、ホットカーペット、電気毛布	エアコン、扇風機
	2 2001年/軽量鉄骨プレハブ	2人	パネルヒーター	エアコン、扇風機
	3 1991年/軽量鉄骨プレハブ	3人	ガスファンヒーター、エアコン	エアコン、扇風機
四国	1 1995年/在来木造	2人	灯油、電気ストーブ、オイルヒーター	エアコン、扇風機

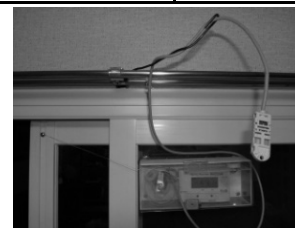
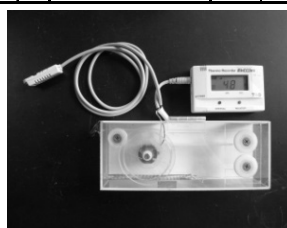


図 4.1.73 窓開巾計 図 4.1.74 窓開巾計設置状況



図 4.1.75 測定住宅の例

(北海道1、南東北1、北東北2、南東北1、南東北2、関東1、関東2、関西1、関西2、関西3、四国1)

北海道2は、2002年築、北海道札幌市にある鉄骨系プレハブ構造の戸建住宅である。一週間を通して、夜間の開放は見られないが、7時から9時の間に開放し、21時には閉鎖する習慣が見られる。

北東北1は、2003年築、岩手県盛岡市にある鉄筋コンクリート造の集合住宅であるが、終日

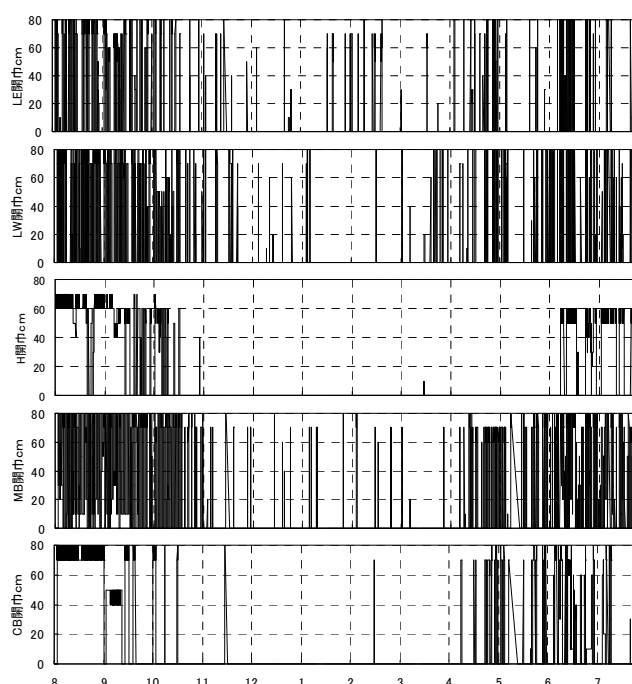


図 4.1.76 窓開巾の測定結果の例(南東北1)

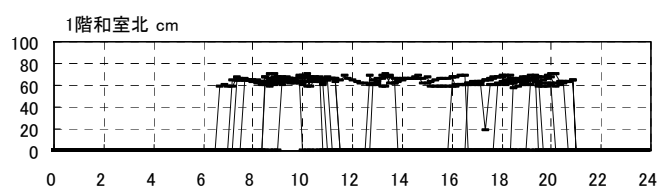


図 4.1.77 北海道2 (7月25日～7月31日)

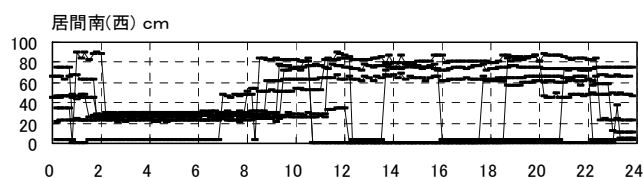


図 4.1.78 北東北1 (8月8日～8月14日)

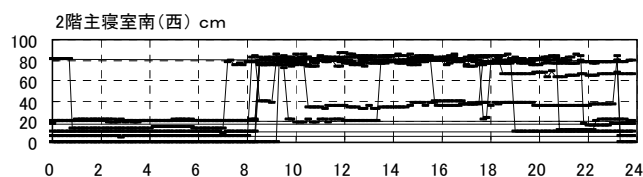


図 4.1.79 南東北1 (7月4日～7月10日)

開放が見られる。

南東北1は、1986年築、宮城県仙台市にある木質パネル構法の戸建住宅である。毎日、8時30分頃に開放し、0時前には1階居間では閉鎖されるが、2階の寝室では夜間の開放が見られる。

関東 1 は、1986 年築、神奈川県平塚市の軽量鉄骨プレハブ構造の戸建住宅である。

朝から開放し、0 時前に閉鎖している日や、夜間開放の日、4 時頃から開放し始めている日がある。関西 1 は、京都市にある 1999 年築の軽量鉄骨プレハブ構造の戸建住宅である。習慣的な終日開放が見られる。関西 2 は、京都市にある 2001 年築の軽量鉄骨プレハブ構造の戸建住宅であるが、朝開放し、0 時過ぎの閉鎖が見られ、夜間就寝時の開放は行われていない。

住宅によって、夏期の開閉状況に違いが見られるが、夏期以外の状況を含めると、さらに多様な状況がある。北海道の事例では春期、夏期ともに終日閉鎖が多く、開放しても一時的である。夏期になると開放が多くなる部屋もあるが、春期と夏期の開放パターンには大きな違いは見られない。北東北の事例では、集合住宅では秋期と春期に一時的開放が見られるが、秋期の開閉時間はまばらであり、春期には朝開放される習慣が見られる。

北東北の戸建住宅では、春期と夏期に閉鎖が多く、秋期になると頻繁に開放されるようになる。南東北の事例では、秋期、春期にほとんど開放は見られないが、夏期になるとどの部屋でも頻繁に開放されるようになり、終日開放される部屋もある。関東の事例では、秋期、春期に一時的開放が多く、夏期には開放時間が長くなり、夜間開放も見られ、全ての部屋で開閉が頻繁に行われている。関西の事例では、秋期、春期とも終日閉鎖や一時的開放があるが、夏期には夜間開放など、開閉が頻繁になる。関西の事例では、夏期の解放の頻度が高いが、開閉の習慣は事例によって異なる。関西 1 では、秋期には 8 時頃から開放し始め、春期には 9 時頃から開放が始まる。夏期には 0 時から 7 時頃まで開放されている。関西 2 では、秋期は 10 時前後から開放が始まり、春期にはほとんど開

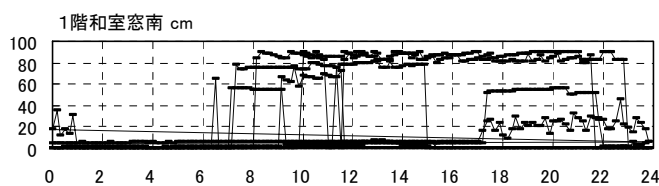


図 4.1.80 関東1 (8月22日～8月28日)

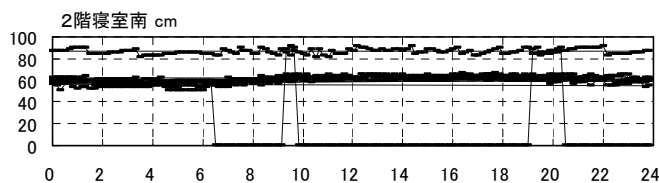


図 4.1.81 関西1 (6月13日～6月19日)

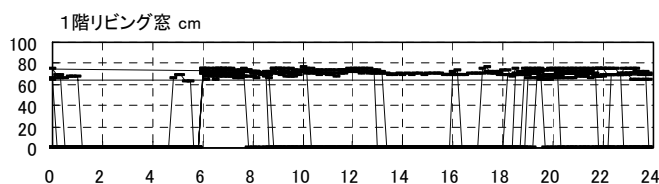


図 4.1.82 関西2 (7月18日～7月24日)

放されない。夏期には 6 時頃から開放が始まり、0 時から夜間開放される。関西 3 は、開放開始時間はあまり決められていない。四国 1 では春期に終日閉鎖や一時的開放が多く、夏期には頻繁に開放されるようになり、春期よりも開放される時間が早くなる。

1 日の中での窓の開閉時間は、外気温及び室内温度以外の要因ばかりではなく、居住者の生活習慣に左右されているが、総じて夜間就寝時における閉鎖傾向が見られた。

1 年間の窓開放状況には、気象の年変化に対応した共通の変化が見られる。まず、外気温と室温の年推移の状況を見ると図 4.1.83 及び図 4.1.84 の事例のように、一時的に外気温と同程度の室温になる月が見られるが、ほとんどの場合に室温は外気温よりも高く推移している。この傾向は全事例に見られるが、冬期の暖房、春期から秋期の終日の窓閉鎖、夏期における窓閉鎖傾向が主な要因となっていると考えられる。

1 年間の窓開放状況には、気象の年変化に対応した共通の変化が見られる。図 4.1.85、図 4.1.86 は各住宅における複数の窓の窓開

巾平均値の月平均値の年推移を示している。総じて4月から5月に窓の開放が始まり、6月から8月の窓開巾が大きい。また、11月になるとほとんどの住宅が窓を閉鎖している。開巾が最も大きい事例は関東1であるが、それ以外は夏期においても平均で15cm程度に止まっている。

これは、開放時の開放巾が小さいのではなく開放時間が少ないためである。

窓を全開にした状態を100%とした場合の月平均開放率を見ると、主に夏期に見られる月

平均開放率の最大値は、関東の1事例のみが70%と高かったが、他の場合は5%から30%の範囲にあり、ほとんどの住宅において20%程度以下となっており、窓が有効に活用されていない状況が見られる。

以上のように、夏期における窓の開放状況を見ると、開放行為は見られるものの夜間を中心に閉鎖傾向が強く、開放時間が短いために、窓全開に対して20%程度の開放に止まっていることが示された。

(林 基哉)

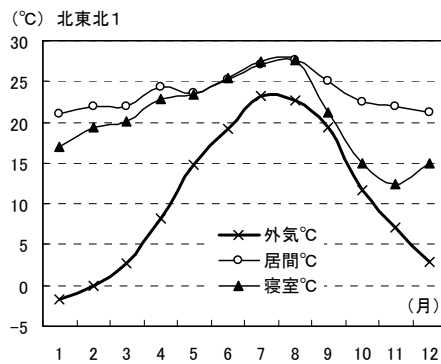


図 4.1.83 外気温と室温の年推移(北東北1)

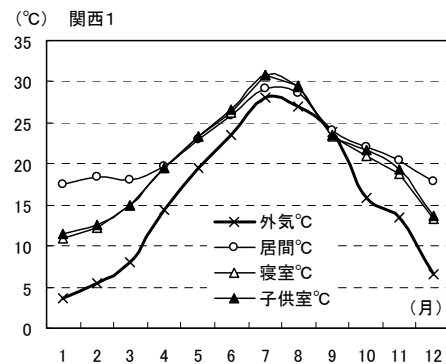


図 4.1.84 外気温と室温の年推移(関西1)

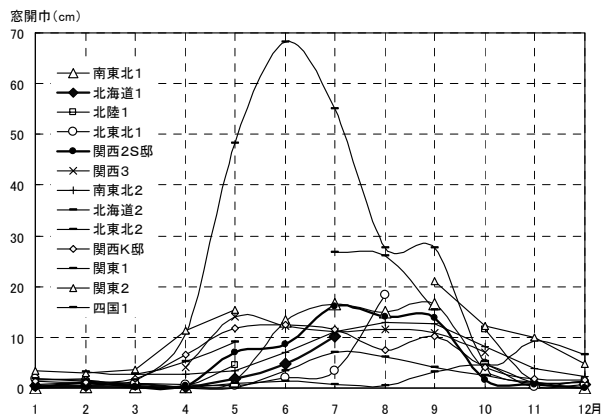


図 4.1.85 月平均窓開巾の年間推移

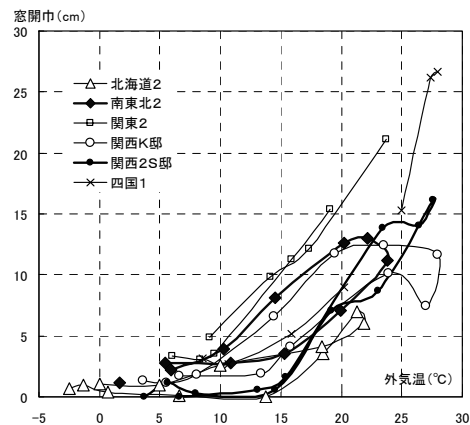


図 4.1.86 外気温と月平均窓開巾の関係

4.2 適切な換気設備

平成 15 年 7 月より建築基準法の換気基準が改正され、建材の使用面積制限、常時換気設備の設置、小屋裏等からの汚染空気の流入防止を柱としたシックハウス対策が施行された。建材の使用面積制限は、建材からのホルムアルデヒド発散速度によるものであるが、シックハウスの原因物質はホルムアルデヒドとは限らないので、シックハウス防止の観点からは換気設備を効果的に利用することが重要である。そこで、以下ではまず、前提条件として各種機械換気設備をいかに、その目的に合致するように計画し、使用すべきかについて述べることにする。各種換気設備の得失と適切な計画方法、局所換気との関係、メンテナンス、ダクトシステム、自然給気口の影響の概要について説明する。

これらを踏まえた上で、常時換気の省エネルギーのために配慮すべき換気設備計画として、ハード面での選択と適切なダクトシステム計画について検討する。常時換気に要するエネルギーは一般に少ないが、今後のすべての住宅に換気設備の設置が義務付けられることを考慮すると、その効果を損なわないことを前提に、可能な限りエネルギー消費量を抑えるための配慮が必要である。また、全熱交換換気扇が建物建設地域と関連して、どの程度省エネルギー効果が上がるかについて、精密なシミュレーションによって評価する。

さらに、常時換気の換気駆動力として内外温度差による浮力や、外部風による風力を限界まで活用し、換気のためのエネルギー消費量を最小化するハイブリッド・ベンチレーション・システムに着目して検討する。戸建て住宅、集合住宅への具体的な適用方法を例示し、その有効性、省エネルギー効果について実験・シミュレーションにより検討する。

(倉淵 隆)

4.2.1 換気設備計画の留意点

1) 換気設備の種類と得失

一般的に機械換気はその室内外圧力差の性状や、対象となる部屋に対する換気の確実性といった観点から第一種、第二種、第三種といった 3 つの換気方式に分類され各々の換気方式で特徴がある。例えば、第一種換気方式では排気空気から熱回収ができる熱交換型換気を選択することによりコールドドラフトの防止や空調負荷低減効果が期待できる。また、第三種換気方式では室内外の圧力差により給気がなされる為、換気計画どおりの給気経路が確保できるかどうか住宅気密性能、自然給気口の相当隙間面積、室内外温度差に起因する浮力の影響などを考慮した検討が必要と

なってくる。

住宅に用いられる換気システムとしては、各居室に設けられる吹出し口や吸込み口と換気設備をダクトで分岐配管し一括的に換気を行なうダクト式と、居室毎に換気設備を設ける個別式(居室設置型)が一般的に用いられることが多い。両者を簡単に比較すると、換気設備の台数やダクトの有無、そして換気機器の露出といった違いにより、居室における運転騒音の発生やメンテナンスの難易度、室内インテリアへの影響などの点で個々に得失がある。ただし個別式(居室設置型)に関しては、廊下やホールなどの非居室部分の換気ができないの

表 4.2.1 代表的な住宅用換気システム

	利点	注意点	設計時の留意事項
ダクト式 一種換気 居室機械給気 集中機械排気	- 各居室で確実な換気が可能 - 居室における運転騒音が小 - インテリアデザインが良い - 熱交換型の場合、コールドドラフト防止と空調負荷低減効果が期待できる。	- 各室へダクト配管が必要 - 機器のメンテナンスに注意が必要	- 計算により適切な送風機を選ぶ必要がある - 各居室の必要換気風量を考慮して、ダクトの本数や長さを決める - 排気経路を水廻り室に設ける場合は、換気機器の仕様書にてその可否を確認
ダクト式 二種換気※ 居室機械給気	- 各居室で確実な換気が可能 - 居室における運転騒音が小 - 天井裏や壁体内からの流入を抑制するので、シックハウス対策として有効 - インテリアデザインが良い - 排気用ダクトが不用	- 各居室の排気口から屋外騒音の侵入の可能性あり - 外壁穴が多数存在する為、外観が良くない - 各室へダクト配管が必要	壁体内結露防止に配慮した排気口が必要
ダクト式 三種換気 居室機械排気	- 各居室で換気が可能 - 居室における運転騒音が小 - インテリアデザインが良い - 扉のアンダーカットを要しないので、プライバシーが確保できる	- 給気口から屋外騒音の侵入の可能性あり - 給気口のコールドドラフトへの配慮が必要 - 各室へダクト配管が必要 - 外壁穴が多数存在する為、外観が良くない。	- 扉のアンダーカット等を設けると、冬期等において居室への新鮮空気の供給が減少する - 水廻り室からも排気する場合は、浴室の排気量が確保できる風量設計とする。
居室設置型 一種換気 居室機械給排気	- 各居室で確実な換気が可能 - 施工が簡単 - 扉のアンダーカットを要しないので、プライバシーが確保できる - 有効換気量率の高い熱交換型の場合、コールドドラフト防止と空調負荷低減効果が期待できる。	- 運転騒音が居室で発生 - 機器が露出する為、インテリア性が良くない - 外壁穴が多数存在する為、外観が良くない。 - 熱交換型でない場合、給気によるコールドドラフトへの配慮が必要	廊下やホールなど非居室の換気は、局所換気の常時換気運転等で対応する。
居室設置型 二種換気※ 居室機械給気	- 各居室で確実な換気が可能 - 天井裏や壁体内からの流入を抑制するので、シックハウス対策として有効 - 施工が簡単 - 扉のアンダーカットを要しないので、プライバシーが確保できる	- 排気口から屋外騒音の侵入の可能性あり - 機器が露出する為、インテリア性が良くない - 外壁穴が多数存在する為、外観が良くない。 - 運転騒音が居室で発生 - 給気によるコールドドラフトへの配慮が必要	壁体内結露防止に配慮した排気口が必要
局所換気利用 三種換気 集中機械排気	- 費用が安価 - 施工が簡単	- 給気口から屋外騒音の侵入の可能性あり - 外壁穴が多数存在する為、外観が良くない。 - 給気口のコールドドラフトへの配慮が必要	気密住宅でない場合、各居室の確実な換気を確保する為、上階の居室への給気ファンの追加で対応。

※二種換気(機械給気方式)は普及段階にはないが、新鮮空気を確実に居室に供給することができる方式であるため、上表に含めて整理した。

で、局所換気の常時運転で対応することが望ましい。表 4.2.1 には代表的な住宅用の換気システムを 6 種取り上げ、各換気システムの特徴とともに設計時の留意事項をまとめている。

システムによっては換気経路として機能させることが一般的になっている内壁扉のアンダーカットなどを設けない方が換気システムの性能を発揮できるものや、住宅気密性能の優劣で換気システムの換気性能が左右されるものがあり、換気計画時には各々のシステムの特徴をよく把握した上で、換気機器の性能を最大限に引き出す為の検討や工夫が必要であるといえる。

(1) 局所換気と常時全般換気の関係

局所換気設備の中でも特に大きな排気風量を必要とする台所には、換気扇と捕集フードが一体となったレンジフードが設置されることが一般的となっているが、居室における温熱環境や全般換気の換気経路への影響を考慮し、できる限り同時給排気型のレンジフードを用いるか、レンジフードの運転と連動制御できる専用の給気口を設置することが望ましい。また、数多くのレンジフードの中から排気捕集性能の高い機器を選択することにより、調理に伴う汚染空気を少ない排気風量で効率的に排出することが可能となり室内の温熱環境に対する影響や空調負荷などの点でメリットが生じる。

また、局所換気装置の運転停止時において外気が排気経路を通じて室内に逆流してくることを防止する為に、気密性能の優れた逆流防止シャッターが装備されているものが望ましい。特に第三種換気で全般換気を行う場合には、各居室へのバランスの良い給気を確保する為にも注意すべき項目と言える。

(2) メンテナンスを意識した換気設備計画

常時換気設備の連続使用に伴う経年変化としては、換気扇本体各部への汚れ付着による換気風量低下が懸念される。例として、一般家庭のトイレにて二年間使用したパイプファン

(フィルターが装備されていない機種)の汚れ付着状態を写真1に示している。この状態において風量性能の測定結果によると、初期性能に対して25%程度の風量低下が認められており、計画された換気風量が確保されておらずメンテナンスの重要性が示唆されている。また、フィルターが設けられている場合であっても、そのフィルターに汚れが付着したままの運転では風量の低下が生じると言える。

換気システムの種類や使用状況、設置場所によってその汚れ付着や性能劣化のレベルは異なるが、少なくとも換気システムに対してメンテナンスが必須条件という認識を居住者に持っていただくということが大切と言える。しかし、ダクト式の換気システムなどに代表されるような天井裏などに隠蔽されるタイプの機器では、メンテナンスの困難性や居住者がその汚損状況を容易に認識できないといった問題点があり、今後の改善課題としてあげられる。とりあえず現状での対応策としては、次の3点が考えられる。

①<換気機器機種選定>

換気機器本体内部にフィルターが装着されているものや、清掃メンテナンスが簡易におこなえる機種を選択する。また、ダクトシステムの場合は、換気ユニット以外の部材にフィルターの装着を要する場合もあるので、同等品を使用する場合は注意が必要である。

②<設置位置の工夫>

天井に埋め込むタイプの換気ユニットを納戸やなどの収納空間や、小屋裏などへ露出設置することにより、メンテナンス作業が容易にできる工夫をする。また、現在では数少ないタイプであるが縦置き型の換気機器はメンテナンス作業が容易にできるようになっており、今後増えていくことを期待したい。

③<エンドユーザーへの啓発>

居住者に対して定期的な清掃を託することが必要と言える。例えば、引渡し後に定期訪問時に、換気設備の状態をチェックすると共に、メンテナンスの方法を知らせるなどの必要性

がある。

また、屋外フード(外気取り入れ口)の選択についてもメンテナンスへの配慮が必要である。

一般的に屋外フードには虫の混入や防虫網(虫の混入を防止する為の 1mm程度の網)や防鳥網(鳥の混入を防止する為の 10mm間隔程度のガラリ)が設けられており、その用途に応じ適切な選択が必要である。常時運転を前提とした換気システムの場合では、屋外フードもしくは換気ユニット設けられるフィルターにおいて虫の混入を防止する方法があるが、メンテナンスの観点からすると、換気ユニットに設けられるフィルターで捕捉する方法が望ましいといえる(もちろんフィルター性能が確保できていることは必須条件である)。屋外フードに防虫網を設け、メンテナンスが可能な位置に設置することで対応が可能となるが、作業に脚立が必要であり不安定な作業であることことや、2 階の場合にはバルコニーと屋外フードの設置位置が必ずしも一致しないので素人が簡単に行える作業ではない場合が多い。場合によっては、転落などの事故を招く恐れも考えられる。

(3) ダクトシステムにおける適正な換気計画

ダクト式換気システムは、住宅の気密性能や変動する外界条件によらず各室に一定の換気量が常に確保できるので、住宅全体の換気計画を達成するのに最適なシステムである。ただし各室へ新鮮空気を給気するダクト圧損にバラツキがあると、各室への給気風量にバラツキが生じ、部屋によっては適正な風量を確保することが困難となる。よってダクト計画を立案する際は、各経路の圧損を同程度にするため、なるべく各経路のダクト長さを揃えることが重要である。例えば図 4.2.4 のような各枝ダクト長が不揃いなダクティングAを、図 4.2.5 のように各枝ダクト長をある程度揃えたダクティングBにすることで、図 4.2.6 に示すように各室への風量を同程度にすることができる。

(尾本 英晴、大西 茂樹)

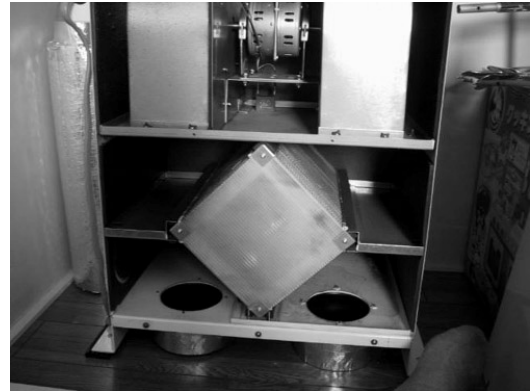


図 4.2.1 縦置き型の換気装置



図 4.2.2 熱交換素子の点検

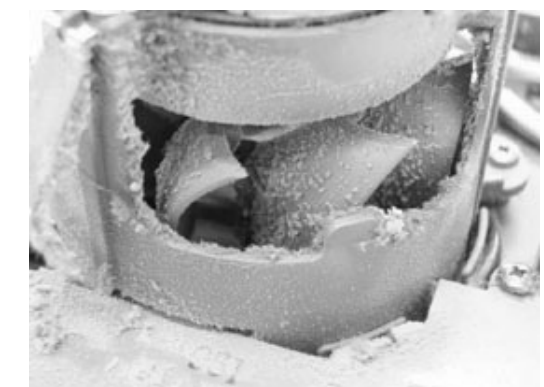
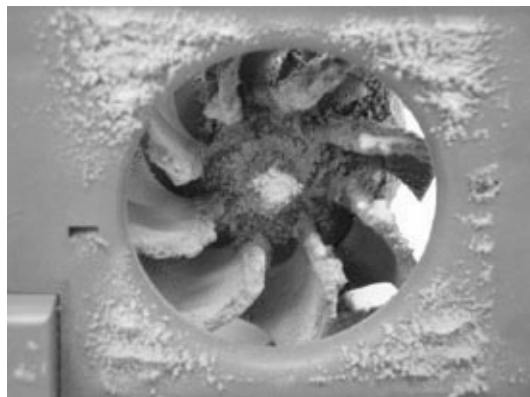


図 4.2.3 一般家庭のトイレで2年間使用したパイプファン（フィルターなしの機種）

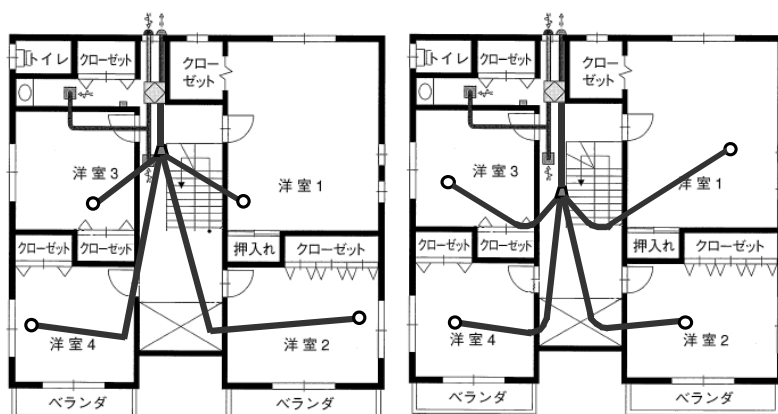


図 4.2.4 ダクティング A

図 4.2.5 ダクティング B

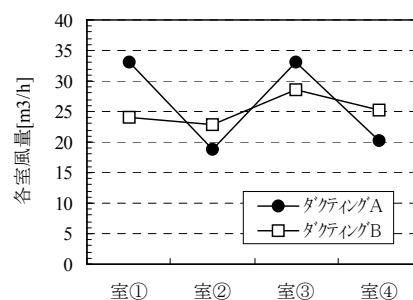


図 4.2.6 各室風量

2) 自然給気口の室内温熱環境への影響

第3種換気など、自然給気口から外気が侵入する場合の室内温熱環境への影響を把握した。給気口設置高さ、給気口形状、暖房方式の違いによる影響を実験により検討した。

(1) 実験概要

実験は神奈川大学の実験チャンバーで行った。実験チャンバー平面図を図 4.2.7 に示す。実験チャンバーは16m²の実験室と間仕切壁を挟んで4m²の前室から構成されている。実験室を集合住宅の居室、間仕切壁を外壁、前室を

外気と想定し実験を行った。前室を 0℃となるように冷却し、実験室は室中央高さ1100mmにおける PMV が 0 となるように、温水式床暖房（床暖房）またはエアコンで暖房した。間仕切壁には実住宅の外壁の隙間を模擬した隙間を設け、窓や外壁の隙間からの外気侵入も考慮した。

実験は給気口形状、設置高さ、暖房方式を変更した表 4.2.2 に示す 10 ケース行った。合計給気量は換気回数 0.5 回/h を想定して 30 m³/h とした。給気口からの給気量（給気口風量）と壁や窓の隙間からの風量（隙間風量）の比率は 1:1 となるように制御した。給気口は丸

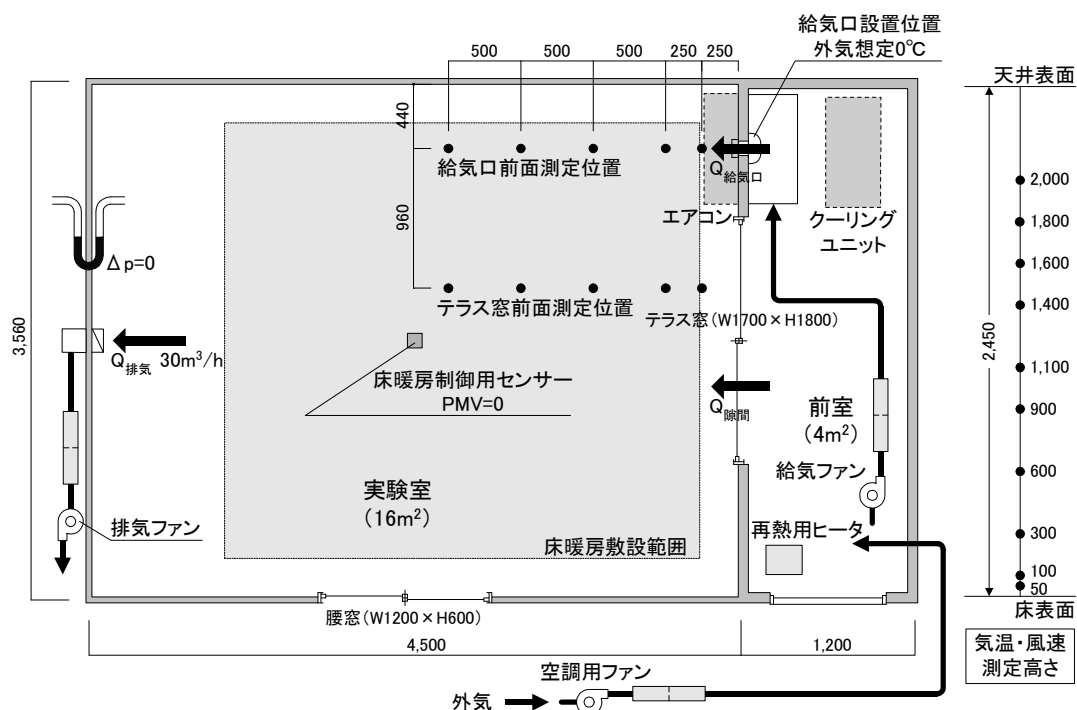


図 4.2.7 実験チャンバー平面図

表 4.2.2 実験ケース

No.	ケース名称	給気口形状	設置高さ	暖房設備
1	RH04F	丸型	FL+400	床暖房
2	RH16F		FL+1600	
3	RH20F		FL+2000	
4	RH04A		FL+400	エアコン
5	RH16A	角型	FL+1600	
6	SH04F		FL+400	床暖房
7	SH16F		FL+1600	
8	SH20F		FL+2000	
9	SH04A		FL+400	エアコン
10	SH16A		FL+1600	

型または角型形状の自然給気口を使用し、間仕切壁袖壁部中央の高さ 400mm,1600mm または 2000mm に設置した。丸型は袖壁に沿って放射状に吹出し、角型は上・左右方向に吹出すタイプである。

測定は給気口前面測定位置とテラス窓前面測定位置の間仕切壁から 250,500,1000,1500,2000mm の位置において行った。各位置における気温分布、風速分布は図 4.2.7 に示す上下に 10 点測定した。

測定時間間隔は 10 秒とし、気温は T 型熱電対、風速は熱線風速計で測定した。床暖房の場合は 10 分間の平均値、エアコンの場合は制御周期 1 周期分の平均値にて解析を行った。

(2) 実験結果

表 4.2.3 にテラス窓前面測定位置における気温分布を示す。給気口の設置高さが低いほど床近傍気温は低下している。給気口設置高さ 400mm では、床近傍の気温低下が著しい。床暖房時の給気口設置高さ 1600 mm,2000mm では、床近傍の気温低下緩和されている。給

気口設置高さ 2000mm は気温低下がより少ない。エアコンでは給気口設置高さ 1600mm でも壁面に近い位置では、床近傍の気温低下が見られる。給気口の形状では、エアコンの場合に、下方にも吹出す丸型の方が床面近傍の温度低下が大きい、床暖房では差異は見られない。

局所環境として、上下温度差を図 4.2.8、ドラフトの影響を評価する有効ドラフト温度(EDT^{注)})を図 4.2.9 に示す。壁面に近い位置においては、上下温度差も大きく、EDT^{注)}も快適域下限以下であるが、壁面から離れると緩和される。給気口設置位置 400mm では、上下温度差も大きく、EDT^{注)}低下しており、特にエアコンのケースでその影響が大きい。給気口の形状では、丸型給気口、設置高さ 400mm 時に、壁面に近い位置において EDT^{注)}低下が見られる。

給気口設置高さ 1600mm,2000mm においては、給気口形状による差異は見られない。

これらの結果より、給気口を腰窓下など低位置に設置する場合は、給気により床近傍の気温低下が懸念される。特に丸型給気口において、その傾向が強い。給気口設置高さ 1600mm では床暖房よりもエアコン、給気口設置高さでは、2000mm より 1600mm の方が、壁面に近い位置で床近傍気温低下が見られるものの、その影響は僅かである。

【注記】有効ドラフト温度 EDT (Effective Draft Temperature)

$EDT = (TX - TAV) - 7.66(VX - 0.15) \dots (1)$

TX:各測定点の気温[℃]

TAV:室中央の平均気温[℃]

VX:各測定点の風速[m/s]

EDT快適域:EDT=-1.67~1.11[℃]

(近藤 武士)

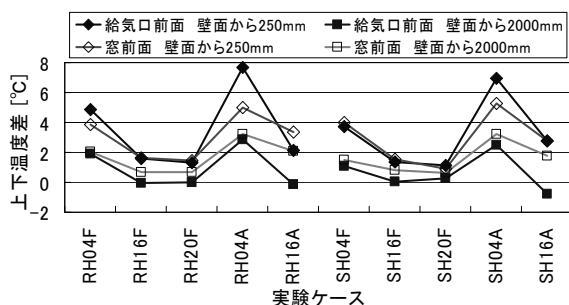


図 4.2.8 上下温度差

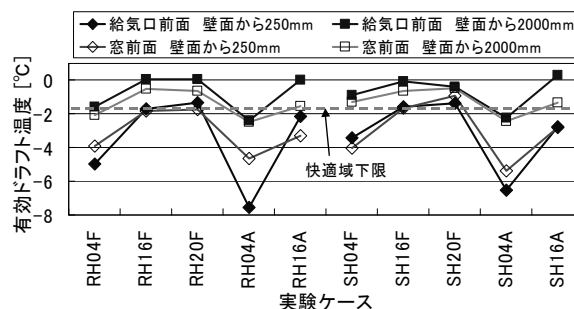


図 4.2.9 有効ドラフト温度

表 4.2.3 テラス窓前面測定位置気温分布

暖房方式		床 暖 房	
給気口		丸型	角型
FL+2000			
	FL+1600		
FL+400			
	FL+1600		
FL+400			
	FL+1600		

4.2.2 省エネルギーに配慮した換気設備計画

1) 高効率機器の導入

(1) 換気装置における対策

換気機器として高効率化の要素技術としてはモーター効率とファン効率の向上があげられ、各換気機器メーカーにて研究開発がすすめられている。ここでは、換気設備の選定時に、省エネルギーの観点における設計者の判断基準となる技術的内容を示した。

電力消費を抑える一般的な手法として、ブラシレスDCモーターを搭載した換気機器の選定が考えられる。DCモーターとACモーターの電力消費比較として、図4.2.10にダクト式熱交換器、図4.2.11に天井埋込形換気扇を示した。いずれの場合も同一メーカーの同等仕様品(2004年度製)を比較したものであり、これら図によると、DCモーターにより電力消費は1/4～3/4に低減するが、風量や圧力損失などの動作条件によりその効果が異なる点で注意が必要といえる。

また、ACモーターを搭載した換気機器であっても、モーター効率とファン効率や風路設計の工夫により、各メーカーおよび新旧機種で消費電力に差が見られ、カタログ等で比較して機器選定することが望ましいといえる。一例として、天井埋込形換気扇の新旧比較(1996年製と2004年製)を図4.2.12に示しているが、8年間

で消費電力が約40%減少していることがわかる。

なお、常時使用する換気設備を優先的に高効率機器とする方が、省エネルギーの観点からは望ましいと言える。

(2) 用途に応じた換気機器の選択

壁取り付け型換気扇(パイプファン)のうち局所換気用に設計された機種を常時換気として用いる場合は、省エネルギーの観点から別途注意が必要といえる。このような換気扇の中には排気経路に電動式の気密シャッターが付属しているものがあり、開放している時間帯に電力消費が生じることとなる。気密シャッターは、換気停止時における隙間風や屋外騒音の浸入などの防止対策として用意されているのであるが、電動式シャッターが付属しない機種と比べると消費電力が2倍近くに達するものもある(図4.2.13参照)。常時運転を想定する場合には電動式気密シャッターが付属しない機種を選択することにより、省エネルギーの実現が可能である。

ただし、冬期に換気風量低減のため運転を停止することも考えられるので、その場合には電動式気密シャッター附属機器を選ぶこともあり得る。

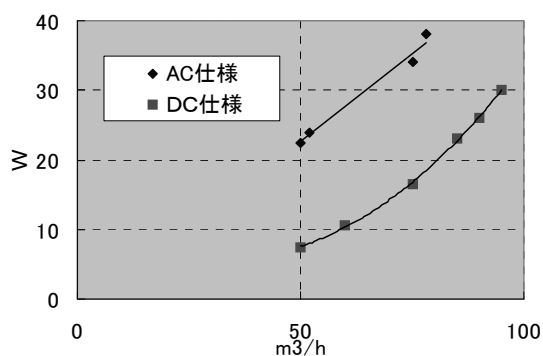


図 4.2.10 モーターの違いによる消費電力比較
—ダクト式熱交換器

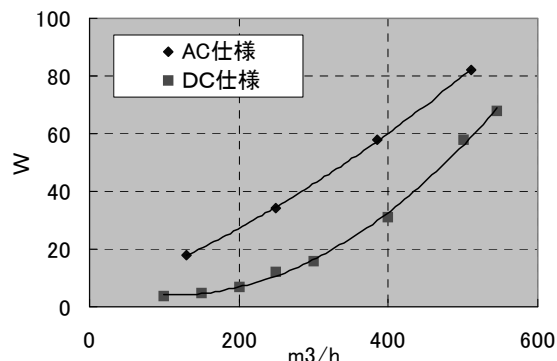


図 4.2.11 モーターの違いによる消費電力比較
—天井埋込形換気扇

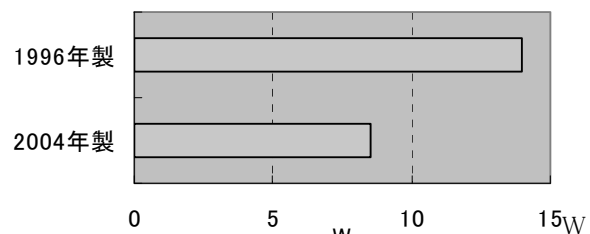


図 4.2.12 天井埋込形換気扇の新旧電力消費比較

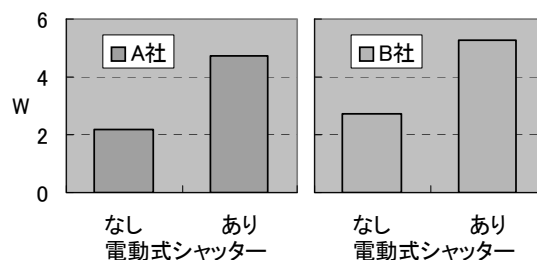


図 4.2.13 電動式シャッター有無の電力消費比較

2) 適切なダクト計画

前述のようにダクト式換気システムは、住宅の気密性能や変動する外界条件によらず一定の換気量が常に確保できるので、住宅全体の換気計画を達成するのに最適なシステムであるが、新鮮外気をダクトで各室に搬送するためダクトによる圧力損失が生じ、大きな搬送動力を必要とする。

よって適切なダクト計画で少しでも消費電力を低減させることが重要であり、例えばダクト圧損が少なくなるようなダクト設計をすることで、換気装置を1ランク風量の小さい機種に下げることができ、省エネルギーに配慮することが可能となる。

(1) ダクト圧損の低減

ダクト計画をする際、なるべくダクト圧損を小さくすることが重要である。建築躯体側からの要求に従うとダクト径は小口径が望まれるが、省エネの観点からは風量に見合ったダクトサイズを選択することが重要である。一般的に主ダクトには $\phi 100 \sim 150\text{mm}$ 、分岐後の枝ダクトには

$\phi 50 \sim 75\text{mm}$ が用いられるが、当然のことながらサイズの大きいダクトの方が圧損は小さい。又ダクト長も短く、急な曲りを避け曲り回数も少なくした方が圧損は小さくてすみ、より省エネに繋がる。

(2) ダクト圧損の計算例

一般的に住宅に用いられる例として主ダクトに $\phi 100\text{mm}$ 、枝ダクトに $\phi 50\text{mm}$ を用いたダクト計画と圧損計算の例を以下に示す。ダクトの摩擦係数 λ は、実使用風量域で概ねフレキシブルダクトで $0.03 \sim 0.04$ 、塩ビ管で $0.01 \sim 0.02$ 程度である。ここでは $\lambda_{\phi 100} = 0.031$ 及び $\lambda_{\phi 50} = 0.023$ を用いて、ダクト圧損計算を行った。

図 4.2.14 は戸建住宅の2階部分にダクト式第一種換気を施工した場合のダクティング例(ダクティングA)である。給気は洋室1～4に4分岐し、設計換気量は各室 $25\text{m}^3/\text{h}$ (合計 $100\text{m}^3/\text{h}$)とした。このダクティングAでダクト圧損が最大となる洋室1のダクト圧損を計算した例が表 4.2.4 である。換気量 $25\text{m}^3/\text{h}$ を実現する

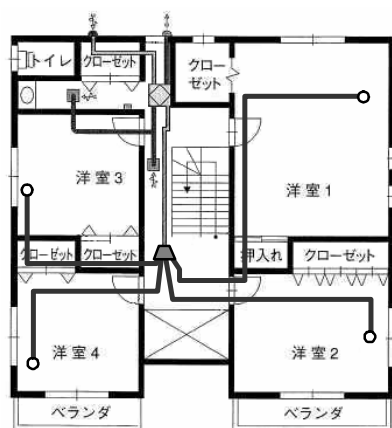


図 4.2.14 ダクティングA

表 4.2.4 ダクティングAの圧損計算

	Q [m ³ /h]	ダクト径 [mm]	ダクト長 [m]	個数	圧損 係数 ζ	摩擦 係数 λ	圧力損失 [Pa]
屋外フード	100	100		1	1.85		14.0
OAダクト	100	100	5			0.031	11.7
OA主曲がり90°	100	100		2	0.642		9.7
本体	100	—	—	—	—	—	—
SA主ダクト	100	100	5			0.031	11.7
SA主曲がり90°	100	100		2	0.642		9.7
分岐チャンバ	100	100→50			0.81		6.1
SA枝ダクト	25	50	10			0.023	34.8
SA枝曲がり90°	25	50		4	0.827		25.0
吹出しグリル	25	50		1	0.74		5.6
圧損の合計							128.5

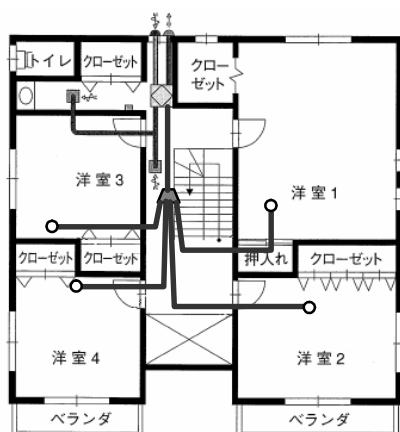


図 4.2.15 ダクティングB

場合の圧力損失は128.5Paとなっている。図 4.2.14 と同一の住宅プランに対し、ダクティングAよりもダクト長を短く、曲り回数も少なくしたダクティング例(ダクティングB)を図 4.2.15 に、最大圧損となる洋室1のダクト圧損計算例を表 4.2.5 に示す。各部材の圧損係数及び摩擦係数は、ダクティングAと同じ値を用いている。

この結果よりダクト計画を適切に、すなわちダクト長を短く曲り数も減らすことで、同一換気量に対する最大経路のダクト圧損が 128.5Pa から65.1Paと、およそ半減していることが明らかである。

ダクト計画を適正化することで(この場合ダクティングBを採用することで)圧力損失は低減する。これによって換気装置の送風能力を1ランク小さい機種に変更することができ、省エネに繋がる。圧損低減と換気装置選定について図 4.2.16 に示す。100m³/h時にダクティングAの圧損に対応する圧力差を有する機種Aは、100m³/h時で入力67.9Wである。一方ダクティングBに対応する機種Bでは、同じ100m³/hに対して入力が48.7Wと、およそ3割減となっている。よってこの例では適切なダクト計画をすることで換気装置を1ランク低風量の機種に下げることができ、3割の省エネ効果があるといえる。

なお図 4.2.14、図 4.2.15 は共に2階建住宅の2階部分のみを示しており、この場合1階は別の換気システムが必要となる。

住戸全体を1つの換気システム(1台の熱交

表 4.2.5 ダクティングBの圧損計算

	Q [m ³ /h]	ダクト径 [mm]	ダクト長 [m]	個数	圧損 係数 ζ	摩擦 係数 λ	圧力損失 [Pa]
屋外フード	100	100		1	1.85		14.0
OAダクト	100	100	2			0.031	4.7
OA主曲がり90°	100	100		0	0.642		0.0
本体	100	—	—	—	—	—	—
SA主ダクト	100	100	2			0.031	4.7
SA主曲がり90°	100	100		0	0.642		0.0
分岐チャンバ	100	100→50			0.81		6.1
SA枝ダクト	25	50	5			0.023	17.4
SA枝曲がり90°	25	50		2	0.827		12.5
吹出しグリル	25	50		1	0.74		5.6
圧損の合計							65.1

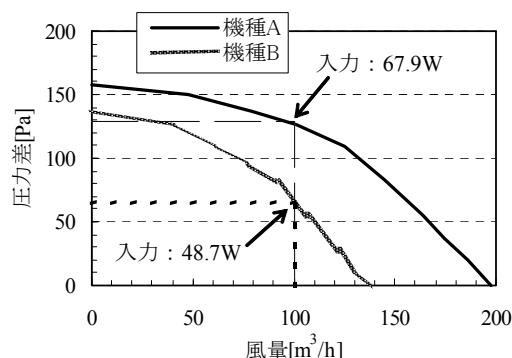


図 4.2.16 圧損低減と入力

換器)で賄えば熱交換器が1台で済むが、1階天井から2階天井への立上げダクトの設置スペースを要することや、ダクト長が長くなって圧力損失が過大となることなどから、2階建住宅の場合は1フロアに1システムが一般的であり、ここではそれに従って計算例を示した。

(3) その他の留意事項

ダクトは一度施工してしまうと清掃などのメンテナンスが困難であるが、特に給気系統のダクトは住宅各室に新鮮空気を搬送しているため、汚れ対策は重要な課題である。例えば屋外給気口を、2階建の場合はベランダ部などメンテナンス可能な個所に設置して屋外フードに防虫網を用い、定期的なメンテを行えば、ダクトの防塵の面でも有効である。

またOAダクト(屋外フードから換気装置本体まで)をなるべく短くしたり、曲り個所を減らしたり、できるだけダクト内表面が荒いものは避けることで、ダクト内部へのホコリや塵埃の付着を、少しでも抑制することができる。更にこれらダク

ト部材の防塵対策は、そのまま圧損低減にも繋がるメリットがある。また OA ダクトが直管であれば屋外フード側から清掃ブラシ等でダクト内

部を清掃することも可能といえる。

(尾本 英晴、大西 茂樹)

3) 全熱交換ユニットの効果

日本の住宅用エネルギー消費の内、暖冷房による消費が約 1/3 を占めている。次世代省エネルギー基準レベルの高断熱戸建住宅では、換気による熱損失は換気回数 0.5 回/h の条件下で、温暖地域(省エネルギー基準の IV 地域)においては暖房熱負荷の 15%程度、寒冷地域(同基準、I・II 地域)においては 25%程度と試算される。

また、住宅の気密性を向上させれば隙間風(漏気)量が減り、住宅全体の換気量の内、換気システムを通過する空気の割合が大きくなることから、断熱性能・気密性能を向上すれば、給気の予熱や熱負荷低減などの熱交換の効果が高まる。暖冷房を行わない場合は熱回収を行う必要はないので、給気または排気側だけのファンを運転することや、積極的に通風をとるなどの工夫が消費エネルギーの削減につながる。

(1) 省エネルギー効果の検討

セントラル換気型全熱交換器の設置を想定した戸建住宅の省エネルギー効果について検討し、全熱交換器を採用する場合の留意点と判断基準について解説する。対象建物の平面図兼換気設備図を図 4.2.18 に、建物・計算概要を図 4.2.19 に示す。

換気回路網に熱回路網および水蒸気流動を加えて、建物と全熱交換器をモデル化した。全熱交換器を使用する計算モデルとして、立地条件などから清掃以外は通風を行わない「設備依存型」、暖冷房に標準的と思われる窓開け換気(通風)を加えた「一般型」を作成した(表 4.2.6)。また、「設備依存型」において、全熱交換器内の給気ファンを停止させた計算モデルを「第三種換気モード」とした(図 4.2.17)。暖冷房運転の設定に関して、温湿度設定は

表 4.2.7 に従い、発停スケジュールは「在室・内部発熱スケジュール」に基づき、在室時に在室している室のみとし、内部発熱(顕熱・潜熱)や浴室・台所の局所換気についても考慮に入れモデル化した。なお、札幌では在室時に全ての居室、ホール 1・2、洗面所、便所 1・2 を暖房する設定とした。

全熱交換器の省エネルギー効果としては、1)外気負荷の軽減と本体消費電力から算出する節約消費電力、2)機械換気設備の給気によって生じるコールドドラフトによる不快感の軽減、3)非冷暖房空間の温熱環境改善、4)冬季の加湿効果・夏季の除湿効果などが考えられる。

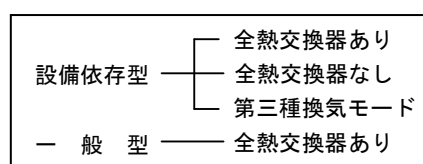


図 4.2.17 計算モデル

(2) 冬季・夏季の地域別暖冷房負荷にみる全熱交換器の省エネルギー効果

暖冷房の検討ケースと地域別の月平均外気温度を表 4.2.8 に示す。計算モデルは「設備依存型」を使用し、9 月を除く各ケースについて、「全熱交換器あり」(熱交あり)と「全熱交換器なし」(熱交なし)の冷暖房負荷を計算し比較する。3 地域(札幌、東京、鹿児島)において、次世代省エネルギー基準に適合する断熱・気密性能を設定した(表 4.2.9)。

各検討ケースにおける暖冷房負荷を図 4.2.20 に示す。暖房負荷は顕熱負荷のみで、冷房負荷は顕熱負荷と潜熱負荷の合計値を表している。

地域別では寒冷地域である札幌の暖房負荷低減率が最も大きい、温暖地域である東

京でも 10%程度の暖房負荷低減効果が見られる。各地域において、暖房負荷に比べて冷房負荷の低減率が小さい。東京における設定室温(表 4.2.7)と月平均外気温(表 4.2.8)の差を見ると、冷房時の 1.3℃に対し暖房時は 15.5℃であることから、暖房時の方が冷房時より熱回収の余地が大きいことが一因と考えられる。東京の 2/1(水)における全熱交換器内の外気(OA)、給気(SA)、還気(RA)の時間ごとの温度変化を図 4.2.22、図 4.2.21 に示す。全般換気を行う建物全体の気積に対して冷暖房を行う居室の気積が小さいこと、在室スケジュールから暖房制御をしている時間が少ないこと、全館暖房ではないことなどから RA の温度が暖房された居室と比較して小さいためと思われる。換気計画は各階のホールから還気をとるため、RA の温度を見るとホールなどの非暖房空間の室温が外気に対して高くっており、換気による温熱環境の悪化を緩和する点での効果が大きいと言える。

(3) 中間期の冷房負荷にみる通風の効果と省エネルギーの工夫

「設備依存型」における「全熱交換器あり」と、全熱交換器内の給気ファンを停止させた「第三種換気モード」、暖冷房に標準的と思われる窓開け換気(通風)を加えた「一般型」の東京における9月の冷房負荷を図 4.2.22 に示す。

「全熱交換器あり」と「第三種

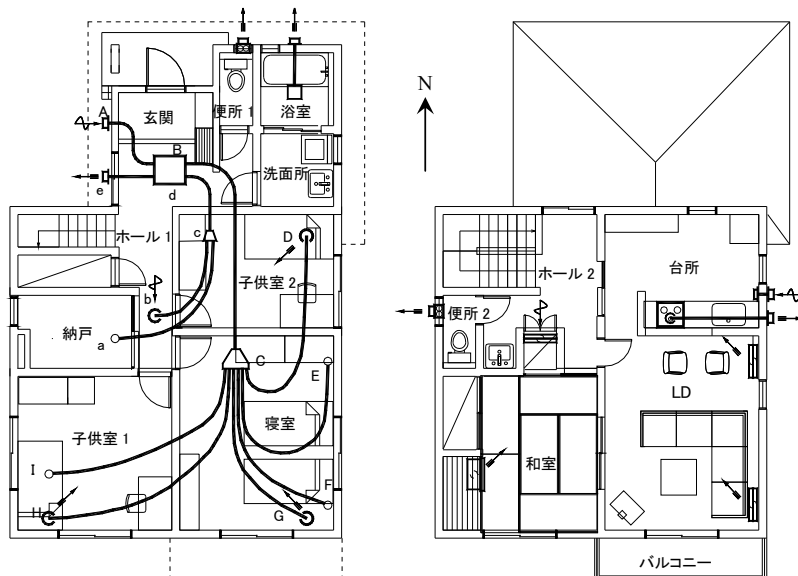


図 4.2.18 平面図兼換気設備図(左側1階、右側2階)

延床面積:122.14m²(居室部分79.5m²)
 家族構成:4人(夫婦+子供2人)
 気象データ:拡張AMeDAS標準年気象データ
 在室・内部発熱スケジュール:平日・休日に分け、部屋別の在室スケジュール、顕熱発熱量、水蒸気発生量を設定
 換気計画:1階天井裏をダクトスペースとし、給気は1階が天井吹き出し、2階が床吹き出しとし、各階のホールから還気
 全熱交換器:エンタルピー交換効率(暖房時71%;冷房時63%)の定格値を再現できる演繹的モデル、給気風量(SA)=130m³/h、排気風量(EA)=127m³/h(共に変動風量)
 機械換気による各居室給気量:0.5~1.0回/h
 計算ソフト:熱・換気回路網プログラム「NETS」

図 4.2.19 建物・計算概要

表 4.2.6 通風時における開口部の組合せ

	一般型			設備依存型		
	通常	掃除	就寝	通常	掃除	就寝
風上開口	窓全開	窓全開	就寝開放	窓閉	窓全開	窓閉
間仕切り	ドア閉	ドア閉	ドア閉	ドア閉	ドア閉	ドア閉
風下開口	窓全開	窓全開	就寝開放	窓閉	窓全開	窓閉

注1) 「風上開口」、「風下開口」ともに同一居室の開口

注2) 「掃除」とは、LDおよび寝室の清掃を指す

注3) 台所の窓は、清掃時は「開」、通風時は「閉」とする

注4) 「就寝開放」とは、窓を片側 25cm 開けた状態とする

注5) 窓に関しては、開口面積に網戸の流量係数 0.5 を乗じ、清掃時の流量係数は 1.0

注6) 通風に関しては就寝時を除き、冷房期間は外気温が 16~25℃の時に窓を開け、暖房期間は外気温が 18~26℃の時に窓を開け通風をとることにする

注7) 冷房期間の就寝時の通風に関しては、外気温が 25~28℃の時に進行

表 4.2.7 暖冷房設定温湿度

	設備依存型	一般型
暖房(11/2~4/22) (就寝時)	22℃ 18℃	22℃ or 通風 —
冷房(4/23~11/1) (就寝時)	26℃, 60%RH 28℃, 70%RH	26℃, 60%RH or 通風 28℃, 70%RH or 通風

注1) 暖房時の相対湿度はなりゆき

注2) 札幌における非居室の暖房設定温度は終日 18℃とする

換気モード」において積算冷房負荷に顕著な差は見られないが、「第三種換気モード」は「全熱交換器あり」と比較して、顕熱負荷が減少し、潜熱負荷が増加していることがわかる。

夏季は外気の絶対湿度が高いため、全熱交換器の除湿による冷房負荷の低減効果が表れている。冷房負荷の小さい日は、冷房負荷が「全熱交換器あり」>「第三種換気モード」となっており、「一般型」の冷房負荷が極端に小さい。9/7(木)の全熱交換器内のエンタルピー変化を図 4.2.23 に示す。暖房時と比較して冷房時は外気と還気のエンタルピー差が小さいため熱回収効果が低い。

さらに、時間帯によっては内部発熱や日射受熱等の影響により、還気エンタルピーが外気エンタルピーを上回る場合があることから、全熱交換器運転が逆効果となる恐れがある。

夏季の夜間や中間期において全熱交換器が逆効果にならないように、外気と還気のエンタルピー比較により全熱交換器を運転判断し、給気または排気ファンを停止することにより、暖冷房負荷と換気ファンの消費電力を同時に節約できる。また、積極的に通風をとることも消費エネルギーの削減につながるという。

(4) IV地域における全熱交換器の省エネルギー効果

IV地域(東京)における2月の暖房時を対象に、全熱交換器の消費電力量を、「設備依存型」の「熱交あり」と「熱交なし」の場合で比較した。全熱交換器の性能・効果計算例を表 4.2.10 に示す。暖房用消費電力削減量は、COP=4.0 と想定し、図 4.2.20 に示す暖房負荷低減

表 4.2.8 検討ケースと外気温度

	検討ケース			外気温度(月平均)[°C]		
	暖房(2月)	冷房(8月)	冷房(9月)	2月	8月	9月
札幌	○			-3.3	27.3	23.1
東京	○	○	○	6.5	28.4	
鹿児島		○				

表 4.2.9 地域別の断熱・気密性能

	地域区分	次世代省エネルギー基準		熱損失係数 計算値* [W/mK]
		相当隙間面積 [cm ² /m ²]	熱損失係数 [W/mK]	
札幌	I	2.0以下	1.6以下	1.5
東京	IV	5.0以下	2.7以下	2.3
鹿児島	V			

* 換気回数0.5回/hにおける値で、全熱交換器の換気回数の低減効果に関しては評価していない

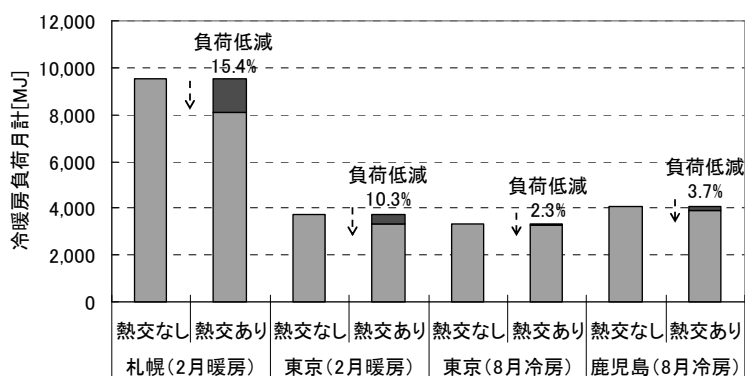


図 4.2.20 冬季・夏季の暖冷房負荷

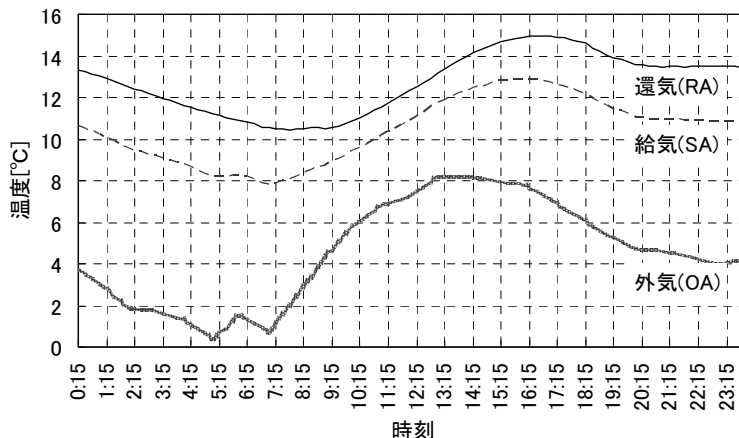


図 4.2.21 2/1の全熱交換器内の温度変化(東京)

効果 10.3%(384MJ/月)からエアコン消費電力削減量を推定した。消費電力の削減量は、変動 COP 値で計算した時と比較して、外気温の高い日は大きくなり、外気温の低い日は小さくなる傾向が予想される。全熱交換器の加湿効果は各居室において、水蒸気の蒸発潜熱に、熱回収の対象となる換気量(今回の検討では、ダクトの吹き出し風量とした)と、「熱交あり」と「熱交なし」の居室の絶対湿度差を乗じて

回収される潜熱量に、暖房の運転時間に乗じて算出した。全熱交換器の熱交換素子による換気用消費電力の増分に関しては式(1)を用いて、給気ファンおよび排気ファンの時刻ごとの換気用消費電力の増分量 ΔF を算出し平均値を使用した。全熱交換器の負荷低減効果によりエアコン消費電力は削減されるが、ファン動力が増加するため、電力削減効果は20.733kWh/月となった。

このように、ファン動力は負荷低減効果を相殺するので、ファン動力が小さく効率のよい機種を選択することが望ましい。

(5) 全熱交換器を採用する場合の留意点と判断基準

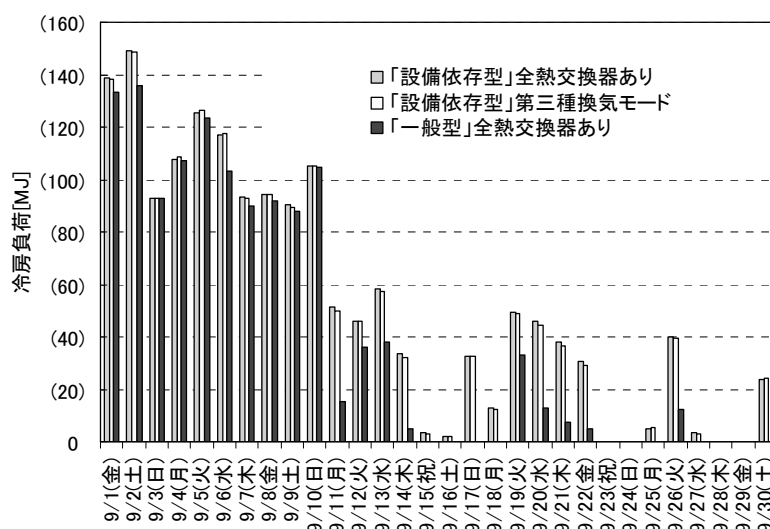
今回の検討をまとめると以下のようなになる。

Ⅳ地域(東京)においても全熱交換器の設置により、外気温度が低く室内外温度差の大きい2月で暖房負荷が約1割削減できる。

Ⅳ・Ⅴ地域において、夏季の冷涼な日や夜間、中間期など、還気エンタルピが外気エンタルピより高くなるような状況では、全熱交換器が内部発熱や日射による受熱を熱回収することにより全熱交換器が逆効果となる。

そのため、全熱交換器の運転判断を外気と還気のエンタルピ比較により行い、給気または排気側だけのファンを運転することが消費エネルギーの削減につながる。同様に、積極的に通風をとることも消費エネルギーの削減につながる。

今回のような想定では、Ⅳ地域でも全熱交換器の冬季運用でエアコン消費電力削減量が換気ファ



	顕熱[MJ]	潜熱[MJ]	冷房負荷[MJ]	顕熱比	負荷比[%]
「設備依存型」全熱交換器あり	1242	349	1591	0.78	100.0
「設備依存型」第三種換気モード	1224	356	1580	0.77	99.4
「一般型」全熱交換器あり	971	265	1236	0.79	77.7

図 4.2.22 9月の冷房負荷(東京)

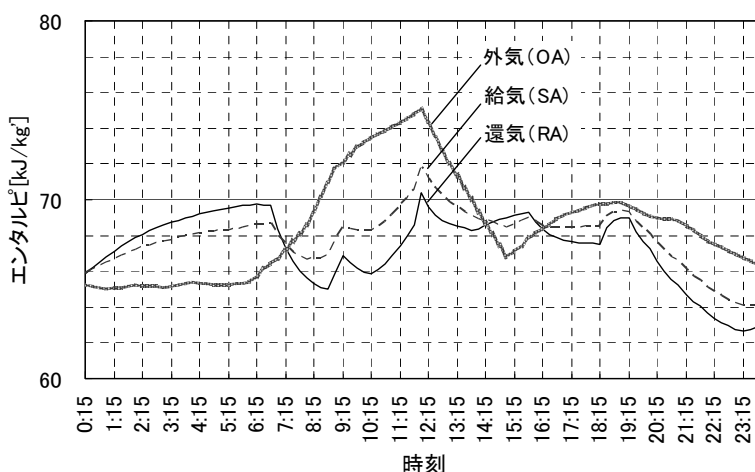


図 4.2.23 9/7の全熱交換器内のエンタルピ変化(東京)

表 4.2.10 全熱交換器の性能・効果計算例(東京2月)

項 目	消費電力 [kWh/月]	備 考
①暖房用消費電力の削減量	26.640	負荷低減量/COPより、COP=4.0として算出
②熱回収による加湿効果	7.227	暖房時に暖房室のみ算出
③熱交換素子による消費電力の増分	13.134	式(1)より、 $\eta_v=0.25$ として算出
削減消費電力 ①+②-③	20.733	削減分を正の数値とする

$$\Delta F = V_F \Delta P / \eta_v \quad (1)$$

ΔF : 換気用消費電力の増分量[W]

V_F : 熱交換素子の通過風量[m³/s]

ΔP : 通過風量での静圧差[Pa]

η_v : 送風機の総合効率[-](電動機効率とファン効率による)

ン消費電力増加分を上回った。

(鳥海 吉弘、奥山 博康)

(4) 測定概要

冬期(2003/11/21~12/21)および夏期(2004/7/23~8/6)に表 4.2.11 に示す項目について測定を行った。図 4.2.24 で濃いグレーで示される部分は、面積に含むが測定対象外とした。

表 4.2.12 にトレーサガス一定発生法による SRF' 値の測定時に想定した次世代省エネルギー基準に準拠した必要新鮮空気量を示す。また、トレーサガス測定時には、図 4.2.24 で薄いグレーの部分で 1 室として扱った。

冬期の測定条件を表 4.2.13 に示す。第 2 種換気は 0.5ACH での運転を行い、暖房設定温度は 20℃とした。また夏期の測定条件を表 4.2.14 に示す。第 2 種換気は 0.5ACH と 0.3ACH の 2 条件を設定し、冷房設定温度は 25℃とした。

(5) 実験結果

実験結果のまとめを以下に示す。

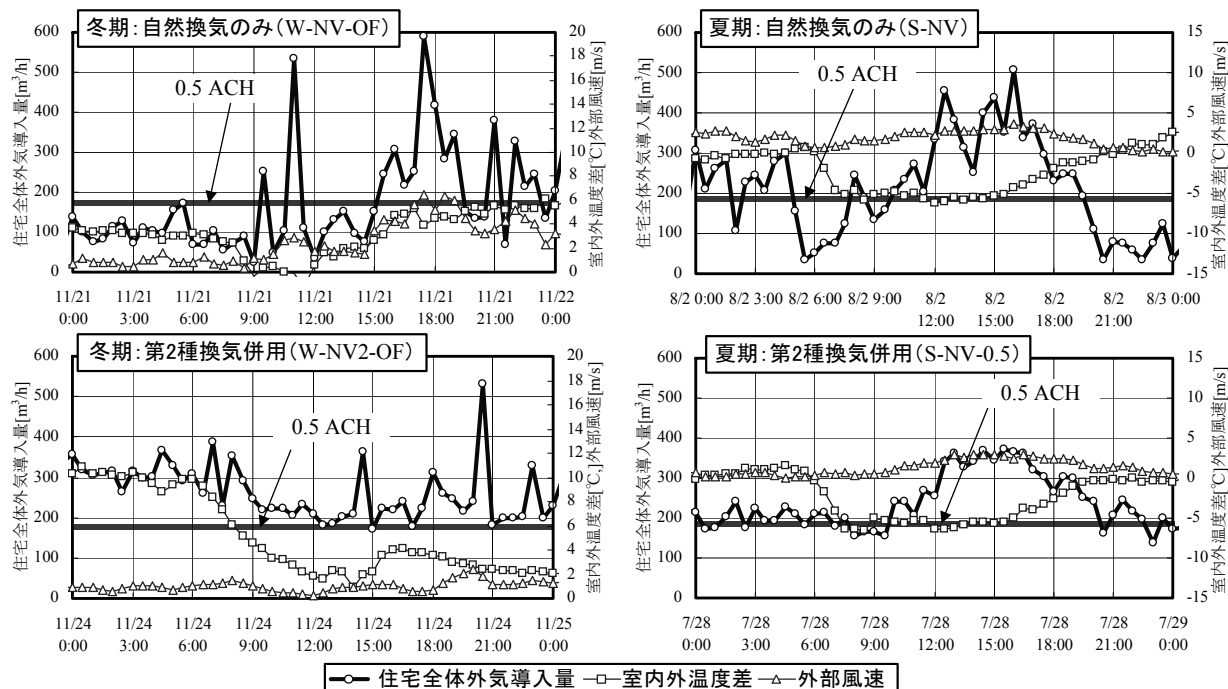


図 4.2.25 住宅全体外気導入量と室内外温度差と外部風速の関係

a 住宅全体外気導入量の変動

住宅全体の外気導入量と室内外温度差および外部風速の関係を図 4.2.25 に示す。風速の測

表 4.2.11 測定項目

外気導入量	: 一定濃度法(SF ₆ を使用)
SRF' 値	: 一定発生法(N ₂ Oを使用)
温度	: 熱電対(各室および外気)
風向・風速	: 超音波式3次元風向風速計
壁面差圧	: 微差圧計

表 4.2.12 必要新鮮空気量設定値

LDK	J	MB	S	N
50m ³ /h	20m ³ /h	40m ³ /h	20m ³ /h	20m ³ /h
合計:150m ³ /h				

表 4.2.13 冬期測定条件

測定ケース	換気条件	暖房条件
W-NV-OF	外壁給排気口	停止
W-NV-AL	↑	全居室連続
W-NV-II	↑	個別間欠
W-NV-IC	↑	個別連続
W-NV2-OF	↑ + 第2種換気(0.5 ACH)	停止

表 4.2.14 夏期測定条件

測定ケース	換気条件	冷房条件
S-NV	外壁給排気口	全居室連続
S-NV-0.3	↑ + 第2種換気(0.3 ACH)	↑
S-NV-0.5	外壁給排気口 + 第2種換気(0.5 ACH)	↑

定は、夏期は前述の住宅上部に設置した風速計を用いているが、冬期は、一部期間を除いてデータが得られなかったため、彦根の気象データを高

さ補正（べき数を 0.25 として補正後の高さを 10 m）し使用した。図 4.2.25 で影響を受け変動している結果となった。これは外気条件として外部風と温度差が複雑に関係し合っているため、これら測定結果について以下のように整理を行い、ハイブリッド制御のための温度差を算定した。

b 自然換気量予測のための外乱条件整理

既往の研究において回路網計算の結果整理により得られた温度差換気システムの住宅全体換気量予測式（式 1）をもとに、外部風の影響を温度差として考慮できる実効温度差 ΔT_E が式 2 のように定義できる。

$$Q = 1.06 \times (C \times S)^{0.857} (0.0092 |\Delta T| + 0.0357 R v^2)^{0.621} \quad (\text{式 1})$$

$$\Delta T_E \equiv |\Delta T| + 3.88 R v^2 \quad (\text{式 2})$$

C: C 値 [cm²/m²]
S: 床面積 [m²]
Q: 住宅全体換気量 [m³/h]
R: 風圧補正係数 [-]
v: 風速 [m/s]
 ΔT : 室内外温度差（外気温基準） [K]

冬期の実験では前述のように住宅直近での風向・風速測定が十分にできなかったため式 1、および式 2 を用いて外部風の影響を実効温度差として整理を行った。一方、夏期の実験では詳細に風向・風速および住宅外壁面における風圧のデータが取得できたため、より詳細な実効温度差を式 3 のように定義して検討した。式 3 は、自然換気の駆動力となる室内外温度差と外部風の圧力の関係を整理したもので、住宅外壁面の隙間が各階の中央に集中していると仮定している。式 3 に実測から得られた風圧データをを用いて整理した実効風圧係数差 $C p_{Ed}$ を代入し、各方位の ΔT_{Ed} を算定した。また換気回路網による理論計算の結果を基に住宅全体の換気量 Q と ΔT_{Ed} の関係を整理すると式 4 が導出される。

$$\Delta T_{Ed} \equiv \text{sgn}(\Delta T) \times \left(|\Delta T| + \frac{T_r \Delta C p_{Ed} v^2}{2gh} \right) \quad (\text{式 3})$$

$$Q = 38.36 (\Delta T_{Ed})^{1/1.72} \quad (\text{式 4})$$

ΔT_{Ed} : 風向 d における実効室内外温度差（外気温基準） [K]
 T_r : 室内空気温度 [K]
 $\Delta C p_{Ed}$: 風向 d 時の実効風圧係数差
d : 風向（1～16 方位）
g : 重力加速度 [m/s²]
h : 階高 [m]

※sgn は符号を示す関数で $x > 0$ であれば $\text{sgn}(x) = 1$ となり、 $x < 0$ であれば $\text{sgn}(x) = -1$ を示す。

これらの関係式（式 1 および式 4）により算出された外気導入量を実測された外気導入量と比較したものを図 4.2.26 に示す。特に各方位の風圧係数を考慮した式 4 では計算値と実測結果が、ほぼ直線関係にあり、式 3 の仮定が一定精度を有する結果を得た。なお式 1 では実測データの整理から $R = 0.73$ と設定している。

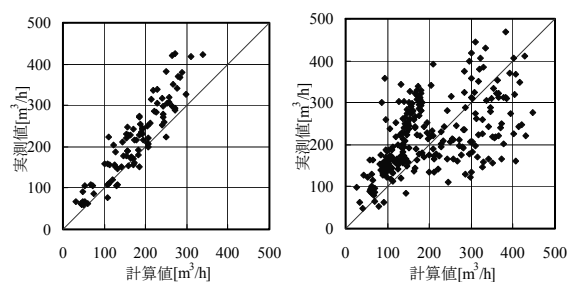


図 4.2.26 住宅全体外気導入量の測定値と関係式による計算値の比較（左：式4による導出（夏期）右：式1による導出（冬期））

c ハイブリッド制御のための室内外温度差の選定

b で整理をした ΔT_{Ed} を用いてハイブリッド制御を行うための室内外温度差の選出を行った。

図 4.2.27 にに実効室内外温度差と実験で得られた住宅全体の換気性能評価値 OSRF の関係を示す。この図における OSRF 値は、定常状態に近いと考えられる期間のデータを選出した物である。これら結果より、室内外温度差の絶対値が約 10℃あれば、ほぼ OSRF=1 を示すため温度差換気のみで住宅内各室に設定した外気導入量が十分得られる結果となった。よって本住宅では室内外温度差の絶対値が 10℃以下で機械ファンを稼働させることがハイブリッド制御の条件となる。

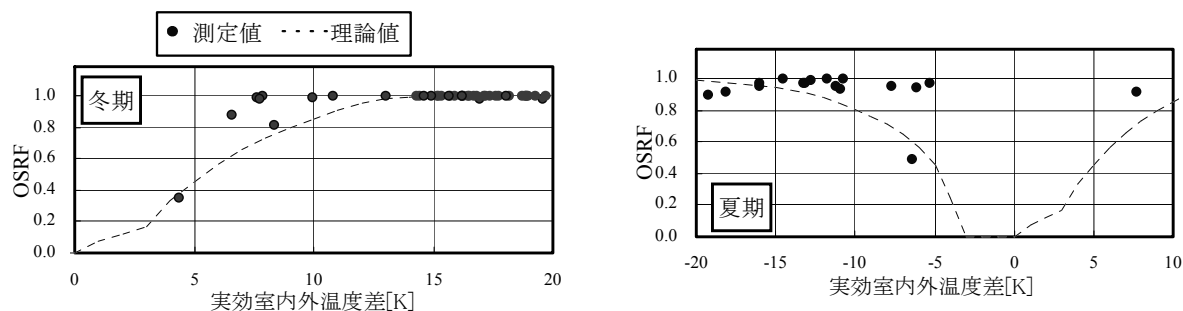


図 4.2.27 実効室内外温度差とOSRFの関係

(6) 理論計算によるハイブリッド制御の換

気性能評価および省エネルギー性の検討

ここでは、回路網計算により自然換気システムと様々な形式の機械換気システムと組み合わせた場合の換気性能に関する検討および省エネルギー性能について試算した結果を示す。

a 換気回路網計算と実測外気導入量比較

実験住宅の外壁隙間が外壁面に均等に分布しているとしてモデル化し、換気回路網計算を行った結果と実測された外気導入量と比較した結果を図 4.2.28 に示す。実測の外気導入量は外部風や室内外温度差が比較的安定していた期間のデータを選出した物で、外乱条件が安定していれば理論計算が一定の精度を持つ結果となった。

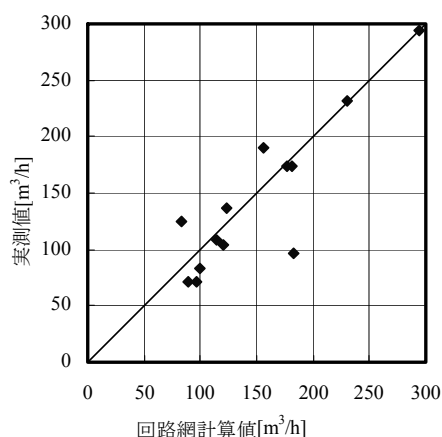


図 4.2.28 住宅全体外気導入量の測定値と回路網計算値の比較

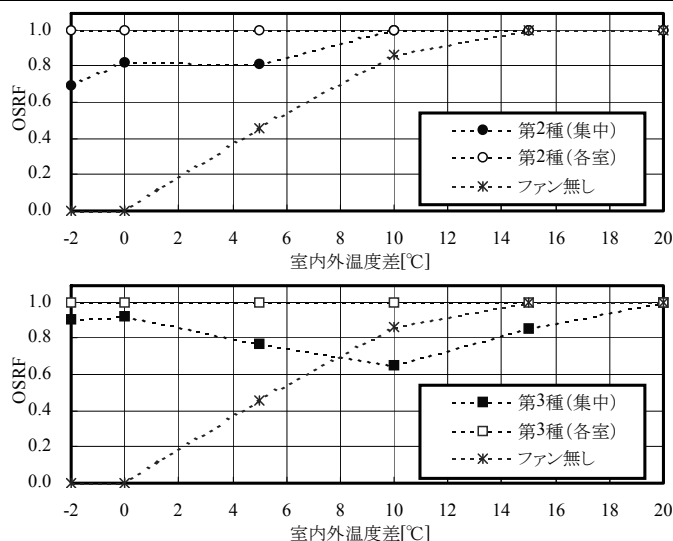
b 温度差利用型ハイブリッド換気システムに適切な換気設計の検討

a の実験住宅モデルに表 4.2.15 に示す計算条件を設定し、換気回路網計算 (計 270 ケース) を行い、換気性能評価を行った。各室の必要新鮮空気量は次世代省エネルギー基準に準拠し表 4.2.12 に示す値を用いた。

結果を以下に示す。機械換気は住宅の

表 4.2.15 計算条件

計算項目	計算水準
住宅の相当隙間面積 cm^2/m^2	1, 2, 5(実験条件)
換気口の開口面積 cm^2	32.5, 65(実験条件), 135
換気システム	・第2種 (給気量 m^3/h) 集中: LDK(90), SC(100) 各室: LDK(65), MB(50), S(25), N(25), J(25)
	・第3種 (排気量 m^3/h) 集中: SC(190) 各室: LDK(65), MB(50), S(25), N(25), J(25)
	・ファン無し
室内外温度差 $^{\circ}\text{C}$	20, 15, 10, 5, 0, -2
外部風速 m/s	0

図 4.2.29 換気性能計算結果 ($C=5\text{cm}^2/\text{m}^2$ の住宅に $4\text{cm}^2/\text{m}^2$ の外壁換気口を設置した条件)

隙間や換気口の面積によらず各居室に給気を行う第2種換気と排気を行う第3種換気を設定した条件でよい換気性能を示した。またファン無しの場合、実験住宅と同等の隙間があれば、室内外温度差が約10℃換気性能をほぼ満たし、実測と同様の結果となった。計算結果のうち室内外温度差とOSRFの関係を図4.2.29に示す。

c ハイブリッド制御の性能推定

b) における検討で換気性能の高かった各室に給気する第2種換気設備と各室から排気を行う第3種換気設備を室内外温度差が10℃以下の場合に稼働

させ、それ以外の条件で自然換気システムのみとした場合に予想される換気性能について整理したものを図4.2.30に示す。室内外温度差10℃以下の自然換気駆動力が不足する条件で機械ファン併用で、どの温度差においてもOSRFをほぼ満たすことができる結果を得た。

d 省エネルギー性検討

室内外温度差の検知によるハイブリッド制御時の省エネルギー性を検討するため、代表都市の拡張アメダス標準年データをもとに、外気温が18℃以下の条件を暖房期間と想定し、室内温度を20℃とした場合に温度差換気のみで換気性能を満たす条件である室内外温度差10℃以上が得られる時間を算定した。結果を

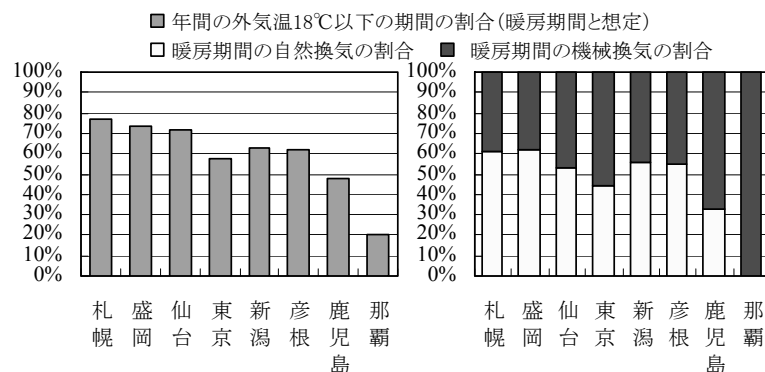


図 4.2.31 連続暖房条件で室内外温度差10℃により自然換気(温度差換気)が利用できる時間の割合

($C=5\text{cm}^2/\text{m}^2$ の住宅に $4\text{cm}^2/\text{m}^2$ 相当の外壁換気口を設置した条件)

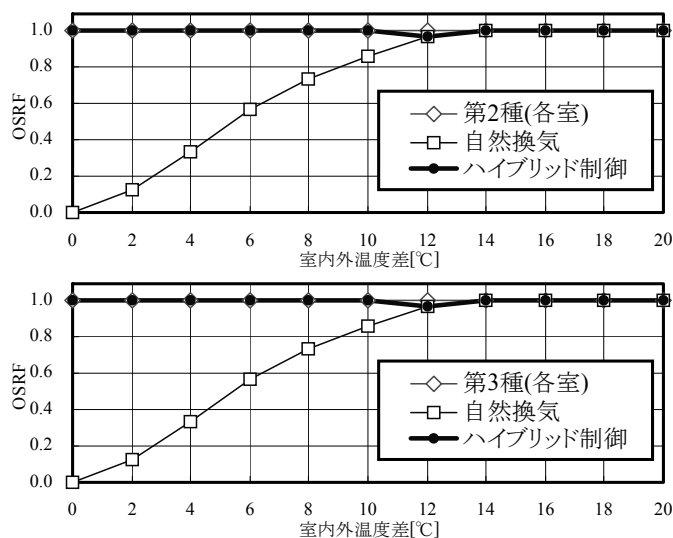


図 4.2.30 ハイブリッド制御時の換気性能

($C=5\text{cm}^2/\text{m}^2$ の住宅に $4\text{cm}^2/\text{m}^2$ の外壁換気口を設置した条件)

図4.2.31に示す。九州以北の代表的な都市では暖房期間中に温度差換気のみでの換気が可能な時間帯が30～50%である結果となり、外気温が18℃以下になる条件のうち一定期間において機械ファンの動力を削減できる可能性が確認された。また、4人家族が居住し朝と夜に設定温度20℃にて部分間欠暖房を行うスケジュールを想定し、東京の気象データを用いて負荷計算試算すると、冬期に10%程度の時間で室内外温度差が10℃となる結果となった。なおより寒い地方や暖房設定温度が高い場合はファン停止の時間が20%以上となる。しかしながら、これら結果は特に居住者の生活スタイルによって左右されるためより詳細な検討が必要と考える。

(7) おわりに

室内外温度差を検知してハイブリッド制御を行う換気システムについて、次世代省エネルギー基準で認められていた自然換気システムに準ずる換気口を有する実験住宅を対象として、実測と理論計算を行い以下の結果を得た。

$C=5\text{cm}^2/\text{m}^2$ の住宅に $4\text{cm}^2/\text{m}^2$ 相当の外壁換気口を設置した条件で温度差換気を行う場合、次世代省エネルギー基準に準拠した各室の新鮮外気量に対する換気性能を得るために必要な室内外温度差は約 10°C である。室内外温度差 10°C の条件でハイブリッド制御を行う場合、暖房温度を 20°C と設定した連続暖房条件で暖房期間（外気温度が 18°C 以下と想定）の 30～50% の時間で温度差換気が全般換気に利用できる。また個別間欠暖房を想定した場合は、暖房期間の 10～20% の時間で温度差換気が利用できる。

（中川浩、辻正雄、田島昌樹）

2) 通風式集合住宅用ハイブリッド換気システム

(1) 研究の目的

2003 年の建築基準法の改正に伴い、多くの住宅で機械式の換気システムが選択・導入されることになると考えられる。しかし一定の建物高さを有する集合住宅では、機械換気システムを常時運転する以外にも自然風を利用した換気システムを導入する可能性もあると考えられる。そこで自然風を利用した換気システムの換気性能を測定し、自然風を利用した換気システム導入の可能性と、無風状態における機械ファンの併用（つまりハイブリッド運転）の頻度を推定することを目的として実験および性能の試算を行った。

(2) 想定するシステム

ここで考えるハイブリッドシステムは、集合住宅を対象として外壁部分に図 4.2.32 に示すような自然換気装置を設置して、外部風がある場合には外部風を利用し、無風時及び弱風時にはファンを稼働させて外気導入を得るものである。また当該装置は、流量制御機構を有し、強風時には



図 4.2.32 換気装置風量制御部
（左：開放、右：風量制御時）

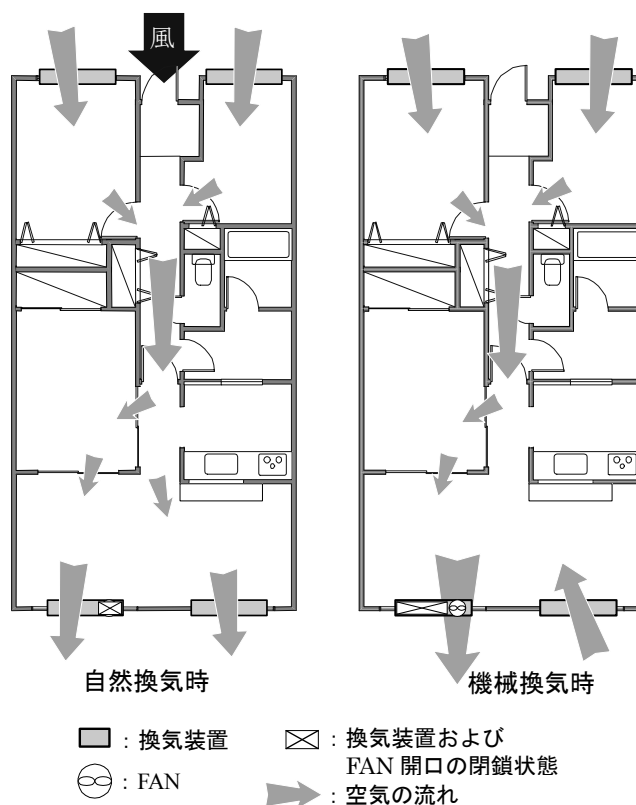


図 4.2.33 各換気条件時の換気性状



図 4.2.34 換気装置設置状況（現場実測のため既存開口部をつぶして換気装置のみ設置。）

給気量を制限することにより過換気を防ぐことが可能である。図 4.2.33 に各換気条件時の換気性状を示す。自然換気時には、外壁面風圧の高い室から空気を導入し、外壁面風圧の低い室から排気を行う。一方機械換気時には、各室の自然換気装置から給気し、自然換気装置に並列に設置されたファンより排気を行う。ファンの作動は、自然換気装置に設けた風量センサもしくは、玄関袖壁部に設置した風圧センサで外部風の有無を判断して行う。なお、使用するファンは住戸に既設の換気設備（サニタリー換気扇等）を流用する方法も考えられる。

(3) ハイブリッド換気システムの可能性についての検討

a集合住宅実験棟における自然換気システムに関する実験

建築研究所内にある集合住宅実験棟（図 4.2.35）の1住戸において、現象を単純化して確認するため、風上室、風下室ができる様2室の空間を設け（図 4.2.36）、自然換気システム及び機械ファン併用時の換気性能評価を行った。換気性能評価指標としてSRF用い、2種のトレーサガスをを用いた実験により換気性能及び新鮮外気導入量を評価した。その結果、住戸の前後差圧（南北面圧力差）が $\pm 2\text{Pa}$ の範囲でファンを稼動し、それ以外の条件で自然風を用いることで、高い換気性能が得られ、かつ必要な新鮮外気を確保できる事が確認された（図 4.2.37）。

b一般的な集合住宅を想定したシミュレーションによる評価

先述した2室での実験結果をより一般的な見解にするため、図 4.2.38 に示した標準的な平面を持つ集合住宅について、住戸全体の換気性能評価指標であるOSRFを用い、シミュレーションによる検討を行った。

図 4.2.39 に示した様に、2室での実験結果と同様、住戸の前後差圧 $\pm 2\text{Pa}$ をハイブリ



図 4.2.35 集合住宅実験棟外観

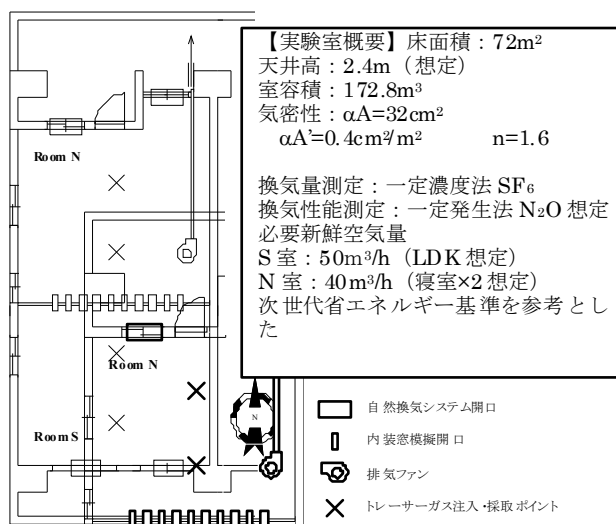


図 4.2.36 実験室平面図及び実験概要

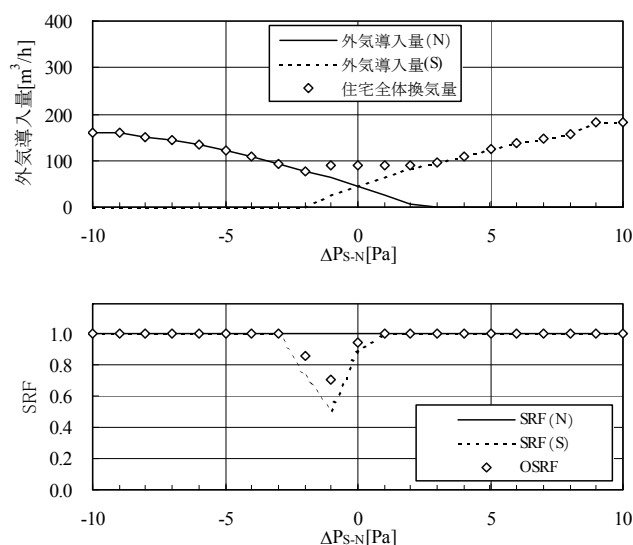
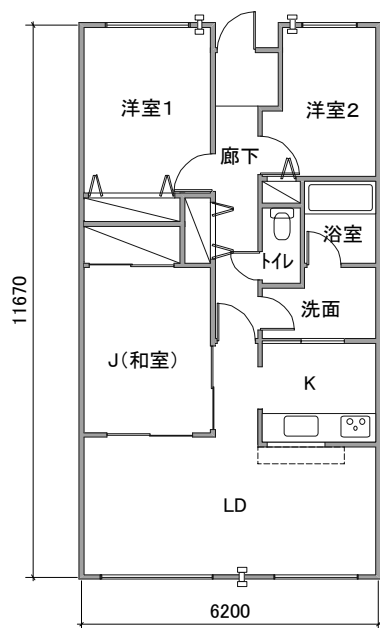


図 4.2.37 ハイブリッド運転で予測される外気導入量及びSRF値（実験結果をもとに定常計算）

ッド運転の閾値にした場合、OSRF の値を高く維持することが可能であるという結果を得た。また、拡張アメダス気象データの東京標準年を用い、



【対象住宅】

3LDK・片廊下式 延床面積72m²

窓・玄関ドア: JISの気密性: A-4等級線に従う
 内装ドア: 開き戸 $\alpha A' = 100 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$
 引き戸 $\alpha A' = 50 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$ (共に $n = 1.87$)
 横軸回転窓(室間開口): $\alpha A = 450 \text{ cm}^2, n = 2.0$
 外壁レジスタ: $\alpha A = 10 \text{ cm}^2, n = 2.0$
 周辺温度: 室内外とも20.0℃
 想定必要新鮮空気量:
 LDKJ 50m³/h, 洋室1,2 各20m³/h

図 4.2.38 計算室平面図とシミュレーション条件

高層集合住宅の中層階を想定した年間シミュレーションを行った場合も同様の結果が得られ、自然換気利用率も76%となった(図 4.2.40)。

(4) 年間自然換気利用率の検討

ハイブリッド運転閾値の2Paを元に表 4.2.16 に示す条件にて各都市における自

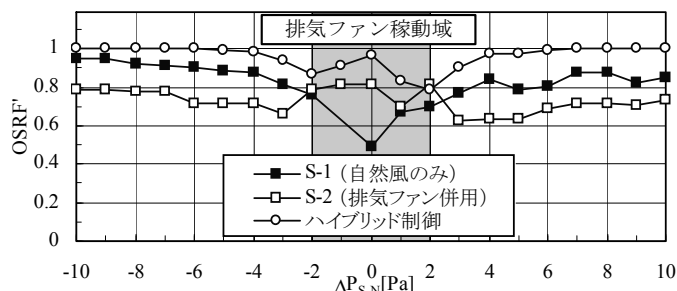


図 4.2.39 各換気システムの差圧毎のOSRF'

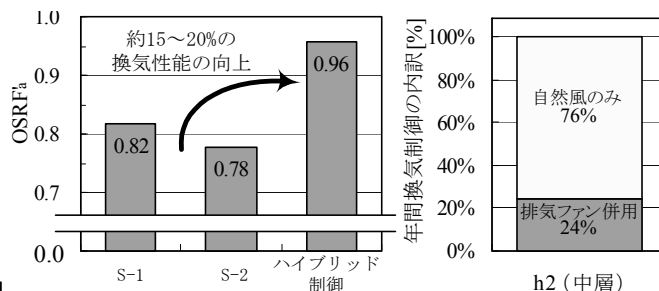


図 4.2.40 各換気システム年間OSRF (OSRFa') と自然換気利用率

然換気の利用頻度を求めた。一例として図 4.2.41 に東京における自然換気利用率(自然風のみで換気が行える割合)を示す。図の1つの長方形は1住戸を表し、図中数値はその住戸における自然換気利用率を示す。同一高さでも、建物規模が大きい場合での利用率が高く、低層部分の端部を除けば、ほとんどの住戸で、概ね年間50%程度自然風のみでの換気可能である。他の地域についても、風の弱い松山を除けば、おしなべて年間50%程度の自然換気利用率を確保できる結果が得られた。

(5) 実住宅モデルにおける換気性能評価

集合住宅実験棟の1住戸にハイブリッド換気システム(自然換気装置、排気ファン及び制御システム)を設置し、先述した実験での評価手法にて、システムとしての換気性能評価を実施中である。対象

表 4.2.16 検討対象と条件

検討対象	建物規模	右図参照		建物規模 高さ: 低層:15m 中層:30m 高層:45m 幅:30m(共通) 奥行:15m(共通)
	地域	省エネ地域区分Ⅳ:東京、千葉、横浜 静岡、神戸、大阪、松山 省エネ地域区分Ⅴ:鹿児島		
検討条件	風速	拡張アメダス気象データ、標準年		
	風圧係数	丸田委員のデータを使用		
	地表面粗度区分	Ⅳ(東京はⅤであるが、Ⅳに補正した)		

5F	43.8%	52.2%	61.8%	57.7%	52.7%
4F	47.8%	56.7%	61.8%	58.2%	50.9%
3F	45.1%	51.5%	56.7%	53.0%	48.2%
2F	36.5%	47.5%	51.1%	49.0%	42.1%
1F	35.9%	47.5%	51.1%	49.0%	39.7%

低層建物

10F	55.3%	63.1%	64.8%	63.1%	57.3%
9F	61.4%	64.5%	64.8%	63.4%	60.4%
8F	57.7%	64.5%	64.8%	63.4%	58.1%
7F	57.7%	64.5%	64.8%	63.4%	58.1%
6F	57.7%	64.5%	64.8%	63.4%	58.1%
5F	55.0%	63.7%	64.8%	62.3%	55.1%
4F	52.4%	62.9%	64.8%	61.1%	52.2%
3F	52.4%	62.9%	64.8%	61.1%	52.1%
2F	52.4%	62.9%	64.8%	61.1%	52.1%
1F	52.4%	61.2%	61.5%	59.5%	52.2%

中層建物

15F	64.1%	67.1%	69.0%	67.1%	66.8%
14F	72.3%	74.8%	75.5%	75.6%	72.1%
13F	69.6%	74.5%	75.5%	74.2%	71.1%
12F	69.1%	74.5%	75.5%	74.2%	70.2%
11F	68.6%	74.5%	75.5%	74.2%	69.4%
10F	67.4%	74.0%	75.5%	73.2%	67.2%
9F	66.1%	73.6%	75.5%	72.1%	65.0%
8F	64.8%	73.2%	75.5%	71.1%	62.9%
7F	62.1%	69.6%	70.4%	68.5%	62.2%
6F	59.4%	66.1%	65.3%	65.9%	61.6%
5F	59.5%	65.5%	65.3%	64.9%	60.7%
4F	59.6%	64.9%	65.3%	63.9%	59.8%
3F	59.6%	64.9%	65.3%	63.9%	59.8%
2F	63.0%	70.1%	75.5%	69.0%	60.2%
1F	59.5%	70.1%	75.5%	69.0%	58.8%

高層建物

図 4.2.41 東京における自然換気利用率

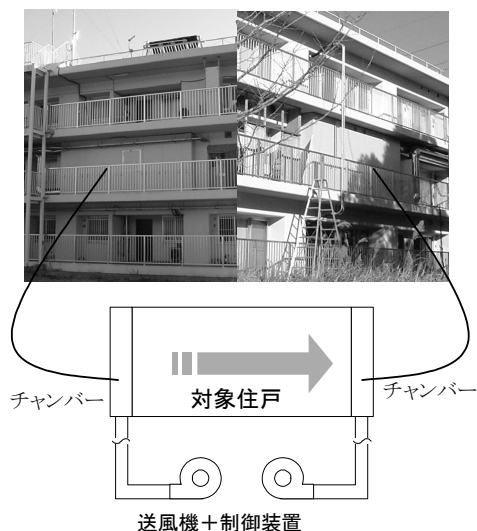


図 4.2.42 集合住宅に設置されているチャンパー

住戸南北各面には、各々の面で圧力制御が可能なチャンパーが設置されており(図 4.2.42)、定常的な実験が可能である為、定常実験とシミュレーションの整合を行い、その後チャンパーを撤去した自然風下の状態での評価、シミュレーションを進める。なお、制御システムは、2 タイプ

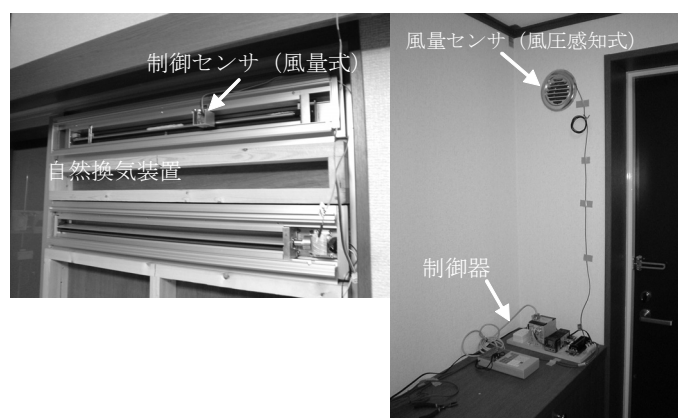


図 4.2.43 設置した換気装置及び制御機器

設置しており(図 4.2.43)、両システムについて、ハイブリッド制御に関するパラメータの検証を実施する予定である。

(6) まとめ

本部会での検討により、自然風を利用したハイブリッド換気システムは、風量感知等による制御を上手く行った場合、必要な外気導入量を得られることが分かった。また、その自然換気利用率からも省エネルギーに、寄与するものと考え。

(高橋 泰雄、田島 昌樹)

3) 集合住宅用ダクト式ハイブリッド換気システム

(1) はじめに

自然風とファンを併用して全般換気を行う集合住宅用ダクト式のハイブリッド換気システムを対象として下記の事項を実施した。

- ①外壁面差圧と補助ファン稼働率の関係の把握
- ②風力換気時の外気導入量予測手法の精度確認
- ③矩形およびボイド型建物の風洞実験により求めた外壁面風圧係数と、気象データを用いた自然換気利用率予測
- ④実用化のための検討

(2) 換気システムの概要

風力により居室の常時換気を行い、無風時は補助ファン(浴室換気乾燥暖房機または便所天井扇)による第3種換気を行う。

共用廊下側が風上の場合には図 4.2.44 に示すようにダクトから給気を行い、バルコニー側換気口より排気する。風量調整ダンパーが給気量(バルコニー側風上時は排気量)を制御し、住宅全体の過換気を防止する。バルコニー側が風上の場合には反対向きの風の流れとなる。無風時はダクトおよびバルコニー側換気口から給気を行い、補助ファンにて排気する。表 4.2.17 にシステムを構成する部材一覧を示す。

風量調整ダンパーの動作原理を図 4.2.45 に示す。給排気時とも通過風量が過大になると羽根の開度が小さくなり、風量を抑制する。また、無風時の換気不足を補うための補助ファンの制御方法を図 4.2.46 に示す。ダクト内風速が閾値を下回ると補助ファンを自動的に起動し、ダクト内風速が一定時間閾値を超えると停止

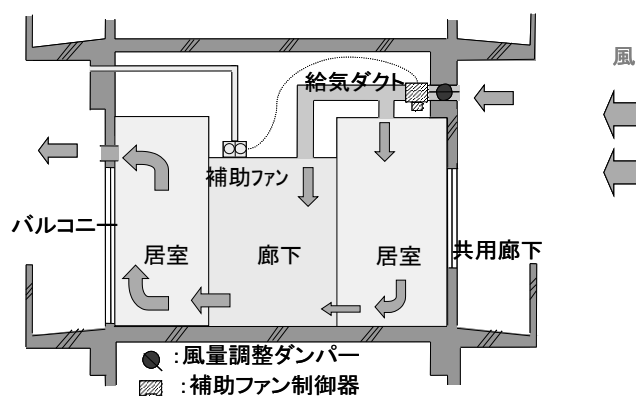


図 4.2.44 共用廊下側風上時の風の流れ

表 4.2.17 システム構成部材と構造

名 称	構造等
外気取入口	平型ガラリ、#10メッシュ付
風量調整ダンパー	過換気防止ダンパー
補助ファン制御器	風速感知式
室内換気口	開閉式換気口
補助ファン	浴室乾燥機または便所天井扇

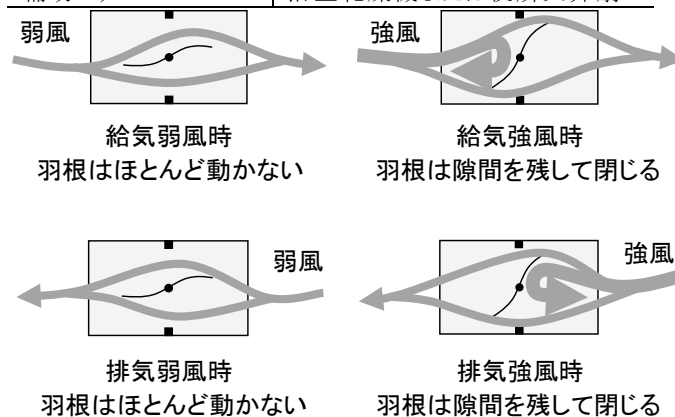


図 4.2.45 風量調整ダンパーの動作原理

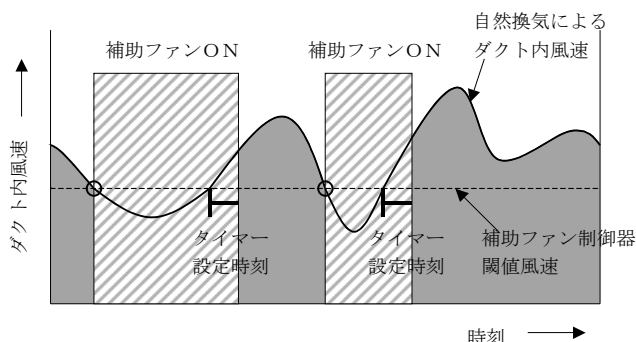


図 4.2.46 補助ファン制御方法

(3) 補助ファン稼働率および外気導入量実測

一定差圧条件下で外気導入量を実測し、過換気防止について確認した。図 4.2.47 に外壁面差圧と外気導入量の関係を示す。強風時に過換気防止していることがわかる。

また、自然風条件下で建築研究所の実験住宅において屋上風向風速、外壁面差圧、補助ファン稼働率、外気導入量を実測した。

外壁面差圧と補助ファン稼働率の関係を図 4.2.48 に、外壁面差圧と外気導入量の関係を図 4.2.49 に示す。

(4) 換気回路網による外気導入量予測

換気回路網により、外気導入量予測を行い、実測値を比較したものを図 4.2.50 に示す。

(5) 年間自然換気利用率予測（矩形建物）

東京の気象データと模型風洞実験による風圧係数を用いて建物外壁面に発生する差圧を予測し、図 4.2.48 の関係をもとに年間自然換気利用率を予測したものを図 4.2.51 に示す。予測の条件は通風式住宅用ハイブリッド換気システムと同様とした。

低層建物では自然換気利用率は低い、中層建物および高層建物では低層部分も含めて50%程度の自然換気利用率であると予測された。主要都市における年間平均自然換気利用率を表 4.2.18 に示す。

(6) ボイド型超高層建物の自然換気利用率

ボイド型超高層建物(30階建、各階10戸を想定)の模型風洞実験を行い、同様の方法で主要都市における超高層ボイド型建物における年間自然換気利用率を予測したものを表 4.2.19 に示す。上下階による差は小さく、自然換気利用率は50%程度と予測された。

また、一般的にボイド内に建物から排熱があり煙突効果が働くと考えられる。

1階付近の開口を大きくしない場合には煙突効果によりボイド内は負圧になる。建物から

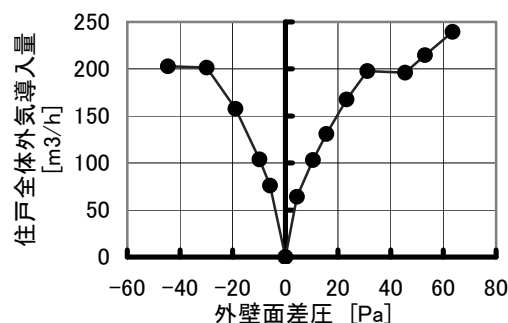


図 4.2.47 外壁面差圧と外気導入量（風力換気時）

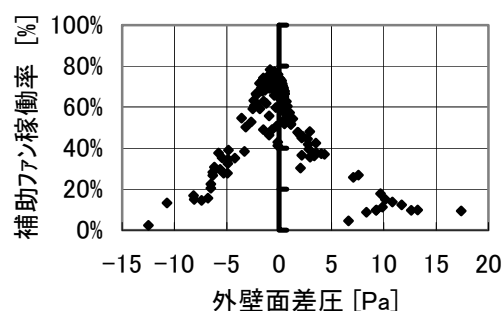


図 4.2.48 差圧と補助ファン稼働率（ハイブリッド換気時）

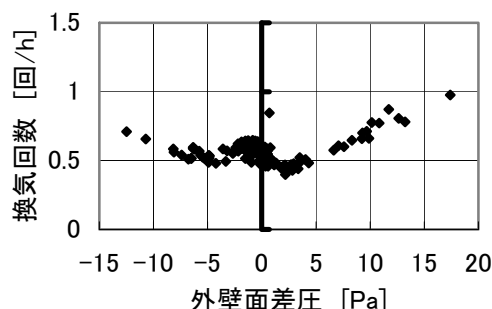


図 4.2.49 差圧と換気回数（ハイブリッド換気時）

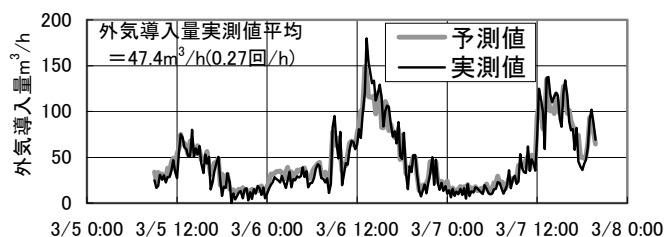


図 4.2.50 外気導入量予測精度の検証

表 4.2.18 年間自然換気利用率（全住戸平均）

	東京	横浜	名古屋	大阪	神戸	福岡
高層	51	65	60	51	57	56
中層	44	61	58	46	52	54
低層	29	55	51	38	45	49

5F	33.0%	37.0%	42.0%	38.0%	37.0%
4F	31.0%	36.0%	32.0%	40.0%	38.0%
3F	22.0%	30.0%	22.0%	34.0%	31.0%
2F	12.0%	24.0%	15.0%	30.0%	23.0%
1F	15.0%	26.0%	16.0%	33.0%	25.0%

低層建物

10F	39.0%	42.0%	45.0%	43.0%	43.0%
9F	45.0%	50.0%	51.0%	51.0%	49.0%
8F	43.0%	48.0%	51.0%	50.0%	48.0%
7F	41.0%	48.0%	50.0%	49.0%	47.0%
6F	39.0%	47.0%	48.0%	49.0%	45.0%
5F	38.0%	47.0%	47.0%	48.0%	43.0%
4F	33.0%	44.0%	45.0%	46.0%	40.0%
3F	31.0%	43.0%	47.0%	45.0%	37.0%
2F	31.0%	44.0%	47.0%	45.0%	37.0%
1F	34.0%	46.0%	50.0%	48.0%	39.0%

中層建物

15F	45.0%	48.0%	47.0%	48.0%	48.0%
14F	51.0%	56.0%	55.0%	57.0%	55.0%
13F	49.0%	55.0%	55.0%	57.0%	54.0%
12F	50.0%	56.0%	55.0%	57.0%	55.0%
11F	49.0%	55.0%	55.0%	57.0%	54.0%
10F	48.0%	55.0%	57.0%	56.0%	53.0%
9F	47.0%	54.0%	56.0%	55.0%	52.0%
8F	46.0%	53.0%	55.0%	54.0%	51.0%
7F	43.0%	51.0%	53.0%	52.0%	48.0%
6F	41.0%	50.0%	53.0%	51.0%	46.0%
5F	43.0%	51.0%	53.0%	52.0%	48.0%
4F	41.0%	50.0%	53.0%	51.0%	46.0%
3F	40.0%	51.0%	52.0%	52.0%	44.0%
2F	42.0%	51.0%	55.0%	52.0%	45.0%
1F	42.0%	53.0%	55.0%	52.0%	46.0%

高層建物

図 4.2.51 自然換気利用率（矩形建物）

の排熱を仮定し、風力にこの負圧を加えた場合の各地の年間自然換気利用率を表 4.2.20 に示す。煙突効果による負圧は下階ほど大きいので、下階ほど自然換気利用率が高くなっている。

表 4.2.19 年間自然換気利用率（各階住戸平均）

	東京	横浜	名古屋	大阪	神戸	福岡
30階	43	58	47	45	52	42
25階	49	63	53	50	57	46
20階	48	62	52	49	56	46
15階	46	60	50	48	55	45
10階	44	58	49	46	53	43
5階	45	61	49	47	54	44
1階	46	59	50	49	55	44
MIN	37	46	36	30	41	38
MAX	51	68	59	58	65	49
AVE	46	61	51	48	55	44

MIN: 間自然換気利用率が最も低い住戸の値

MAX: 間自然換気利用率が最も高い住戸の値

AVE: 住戸の平均

表 4.2.20 年間自然換気利用率（煙突効果考慮）

	東京	横浜	名古屋	大阪	神戸	福岡
30階	43	58	47	45	52	42
25階	52	62	56	53	58	51
20階	56	64	60	57	61	56
15階	59	66	61	60	63	58
10階	61	66	63	61	64	61
5階	63	66	65	64	65	63
1階	66	68	67	65	67	65
MIN	38	55	37	33	44	40
MAX	68	72	70	72	72	67
AVE	58	65	60	58	62	57

MIN: 間自然換気利用率が最も低い住戸の値

MAX: 間自然換気利用率が最も高い住戸の値

AVE: 住戸の平均

(7) 浴室乾燥機を用いた換気システムの開発

浴室換気乾燥暖房機を補助ファンとして、起動停止するハイブリッド換気システムを開発した。図 4.2.52 にその概要を示す。

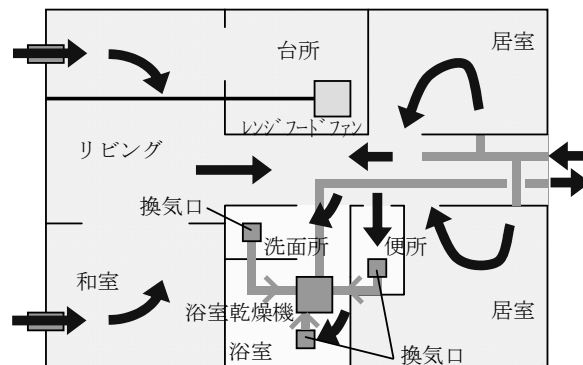


図 4.2.52 浴室換気乾燥機を利用した換気システム

(8) 耐久性の確認

約 400 万回にわたり補助ファン制御器の接点の開閉を行い、耐久性を確認した。テストの状況を図 4.2.53 に示す。

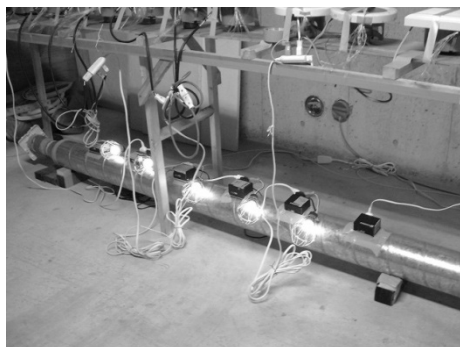


図 4.2.53 補助ファン制御器 耐久テスト状況

(9) まとめ

集合住宅用ダクト式ハイブリッド換気システムについて、外壁面差圧と補助ファン稼働率の関係を把握し、風洞実験により求めた風圧係数と気象データを用いて自然換気利用率予測を行った。その結果、高層建物を想定した場合に理論上50%程度の換気用電力削減が可能であることがわかった。

また、浴室換気乾燥機との連動型の開発や、耐久性に関する実験など実用化のための検討を行った。

(佐藤 健一)

第Ⅳ地域にある都市の夏季および中間期における気象データ平均値

		5月		6月		7月		8月		9月		10月	
		覚醒時	就寝時	覚醒時	就寝時	覚醒時	就寝時	覚醒時	就寝時	覚醒時	就寝時	覚醒時	就寝時
茨城 (水戸) 14.1[m]	気温[℃]	18.0	13.7	19.8	16.7	24.2	21.5	26.3	23.1	22.3	19.3	17.0	12.6
	相対湿度[%]	66.0	85.1	77.1	90.5	77.1	89.0	77.1	91.7	77.1	89.3	71.6	88.4
	風速[m/s]	2.3	1.1	2.3	1.4	2.2	1.1	2.4	1.2	2.2	1.4	1.8	1.4
	風向[-]	東南東	北北西	東	北北東	東	北北東	東南東	北東	北東	北北西	北北東	北北西
群馬 (前橋) 17.2[m]	気温[℃]	20.0	14.7	21.6	17.7	26.2	22.4	27.4	23.8	22.8	19.5	16.9	13.3
	相対湿度[%]	53.9	71.2	66.3	81.3	68.8	81.1	72.2	85.9	72.8	84.5	63.4	77.0
	風速[m/s]	2.3	1.8	1.9	1.5	1.9	1.5	2.0	1.3	1.7	1.6	2.0	1.8
	風向[-]	東北東	北西	東南東	北北西	東南東	北	東南東	北北西	北北西	北北西	北北西	北西
埼玉 (浦和) 6.5[m]	気温[℃]	19.8	15.3	22.3	19.0	26.4	22.2	27.4	23.8	23.2	20.2	17.2	13.5
	相対湿度[%]	58.9	78.6	72.1	86.3	69.5	87.5	70.4	86.6	73.8	85.8	65.3	79.4
	風速[m/s]	2.1	1.2	2.1	1.5	1.7	1.0	1.8	0.9	1.5	1.0	2.0	1.4
	風向[-]	南南東	北西	東南	東北東	東南東	北東	東南	東北東	北	北北西	北北西	北北西
千葉 (千葉) 47.7[m]	気温[℃]	18.6	15.8	21.1	18.6	25.9	23.4	27.4	24.7	23.5	21.1	18.5	15.5
	相対湿度[%]	65.6	76.6	73.6	83.7	71.9	82.4	75.3	86.7	75.1	84.2	65.3	76.5
	風速[m/s]	3.0	2.4	2.8	2.3	2.8	2.2	2.8	2.5	2.6	2.2	2.5	2.3
	風向[-]	東南	北北東	東	東北東	東南	東	南	東	北東	北北東	北	北
東京 (東京) 74.5[m]	気温[℃]	20.3	17.3	21.9	19.6	27.6	24.8	28.2	25.4	23.8	21.6	18.8	15.9
	相対湿度[%]	55.6	69.5	69.7	79.6	66.1	76.0	68.5	79.5	72.5	81.5	61.4	71.9
	風速[m/s]	2.0	1.5	2.0	1.6	1.8	1.4	1.9	1.6	1.9	1.6	1.9	1.5
	風向[-]	南	西	東南東	北北東	南南東	東南	南南東	北東	北北東	北	北	北北西
神奈川 (横浜) 19.6[m]	気温[℃]	19.3	16.6	21.5	18.8	25.6	22.9	27.5	24.9	23.2	21.1	18.4	15.6
	相対湿度[%]	66.3	77.1	75.3	86.3	75.7	86.3	76.2	86.0	74.0	82.1	67.6	78.1
	風速[m/s]	3.0	2.3	2.6	1.9	2.2	1.6	2.7	2.3	2.6	2.3	2.8	2.5
	風向[-]	南南東	西北西	東南東	北	南南東	南	南	北西	北東	北	北北東	北北西
富山 (富山) 20[m]	気温[℃]	17.7	14.3	21.1	18.5	25.5	22.1	27.0	24.1	22.7	19.9	17.2	14.1
	相対湿度[%]	68.0	81.1	76.3	87.7	79.4	92.1	73.7	82.1	76.4	87.8	73.2	84.1
	風速[m/s]	2.5	1.7	2.4	1.6	1.9	1.4	2.2	1.6	2.1	1.5	2.1	1.6
	風向[-]	北北西	南西	北北西	西南西	北北西	南西	北北東	南西	北	南西	西	南西
石川 (金沢) 48.4[m]	気温[℃]	18.9	14.2	21.9	18.6	26.6	23.1	27.6	24.3	23.5	20.0	17.0	13.1
	相対湿度[%]	59.9	75.3	72.3	86.0	72.4	85.5	73.1	84.9	67.3	81.0	67.1	81.8
	風速[m/s]	1.8	1.1	1.8	1.2	1.9	1.1	1.7	1.1	1.8	1.1	1.6	1.2
	風向[-]	西北西	北北西	東南東	西南西	北北西	東南東	北東	東南東	北東	東	東	東南東
福井 (福井) 26.2[m]	気温[℃]	18.3	14.4	22.3	18.7	26.5	22.7	27.9	24.2	23.5	19.7	17.6	14.3
	相対湿度[%]	64.2	80.7	68.3	83.0	68.3	85.4	69.1	86.1	70.4	87.1	71.8	86.4
	風速[m/s]	2.5	1.9	2.1	1.6	1.9	1.3	1.9	1.2	2.1	1.4	1.9	1.4
	風向[-]	西	南南西	西	南南西	西南西	南	西	南	西北西	南南西	南西	南南西
山梨 (甲府) 26.8[m]	気温[℃]	20.1	15.2	22.9	19.2	27.0	23.1	27.2	23.2	23.4	20.1	17.0	12.8
	相対湿度[%]	56.8	75.6	66.7	83.0	67.7	83.7	67.5	84.7	71.0	83.4	64.6	82.7
	風速[m/s]	2.0	1.0	1.7	0.7	1.6	0.8	1.7	0.8	1.4	0.7	1.4	0.8
	風向[-]	西南西	西北西	西南西	西	西	西	南西	西	南西	西南西	西南西	西南西
岐阜 (岐阜) 22.8[m]	気温[℃]	20.1	15.8	23.7	20.2	27.7	24.2	29.1	25.4	24.9	21.1	18.7	14.5
	相対湿度[%]	59.5	74.4	66.4	80.6	69.0	82.3	65.8	80.4	64.5	79.2	59.3	75.1
	風速[m/s]	2.3	1.5	2.0	1.1	2.0	1.1	2.1	1.3	2.0	1.2	1.7	1.0
	風向[-]	西南西	北	南西	北	西南西	北	南西	北東	西南西	北北西	北西	北北西
静岡 (静岡) 16.2[m]	気温[℃]	20.0	16.0	22.2	19.3	26.6	24.3	28.2	24.7	24.8	21.6	19.3	16.1
	相対湿度[%]	66.8	81.3	73.6	85.5	73.2	83.0	73.4	85.4	66.7	79.3	65.8	77.4
	風速[m/s]	2.0	1.0	2.1	1.3	1.8	1.0	2.4	0.9	2.2	1.4	1.8	1.0
	風向[-]	南	北北西	東南東	北	南南東	北北西	南	北北西	東北東	北	北東	北北西
愛知 (名古屋) 17.8[m]	気温[℃]	20.1	16.0	23.3	19.7	26.6	23.1	29.0	25.4	24.8	21.2	18.9	14.9
	相対湿度[%]	56.7	73.1	64.6	78.3	73.4	86.5	63.0	77.9	62.8	76.5	62.5	78.2
	風速[m/s]	2.9	1.9	2.5	1.5	2.4	1.5	2.4	1.5	2.3	1.6	2.2	1.6
	風向[-]	西南西	北北東	南南西	北東	南	東北東	南	東北東	西北西	北北東	北北西	北
三重 (津) 39.5[m]	気温[℃]	19.2	15.5	22.9	19.8	27.6	24.9	28.1	24.8	24.5	21.6	19.0	15.4
	相対湿度[%]	66.0	77.7	70.1	81.0	72.5	82.9	70.9	82.9	68.5	80.3	63.7	77.0
	風速[m/s]	2.6	1.6	2.7	1.8	2.4	1.7	3.0	1.8	2.9	2.0	2.4	1.8
	風向[-]	東南東	西北西	東南	西	南	北西	東南	西南西	東南東	西北西	西北西	西北西
滋賀 (大津) 6.5[m]	気温[℃]	19.1	15.1	22.9	19.2	26.8	23.5	27.8	23.9	24.6	20.7	17.8	14.6
	相対湿度[%]	61.7	77.5	66.2	79.9	73.5	85.6	68.1	82.1	64.5	79.3	70.2	82.1
	風速[m/s]	1.2	0.5	0.8	0.5	1.1	0.4	0.7	0.5	1.2	0.7	1.1	0.7
	風向[-]	北	南西	北北東	南	西	南	東北東	南	北北東	南	北	南南東
京都 (京都) 16.2[m]	気温[℃]	20.0	15.7	23.2	19.2	28.2	24.9	28.9	25.4	24.8	21.0	19.0	14.9
	相対湿度[%]	57.6	73.4	63.0	77.9	66.5	79.1	65.1	78.2	61.9	76.6	61.4	79.0
	風速[m/s]	1.6	0.8	1.7	0.9	1.9	1.0	2.1	1.3	1.7	0.8	1.5	0.7
	風向[-]	西南西	北北東	北東	北北東	東北東	北北東	東	北東	北北東	北	北	北
大阪 (大阪) 94.1[m]	気温[℃]	20.3	16.3	23.7	20.9	27.4	24.4	28.9	25.9	25.5	22.4	19.0	15.5
	相対湿度[%]	56.8	71.1	68.0	78.5	69.8	81.4	65.7	78.1	57.5	68.6	60.6	75.2
	風速[m/s]	2.3	1.7	2.0	1.6	2.2	1.4	2.2	1.7	2.2	1.5	2.0	1.6
	風向[-]	北西	北北東	西北西	北	西	北	北	北東	北	北	北北東	北北東

覚醒時 7:00～23:00 就寝時 23:00～7:00

第Ⅳ地域にある都市の夏季および中間期における気象データ平均値

		5月		6月		7月		8月		9月		10月	
		覚醒時	就寝時	覚醒時	就寝時	覚醒時	就寝時	覚醒時	就寝時	覚醒時	就寝時	覚醒時	就寝時
兵庫 (神戸) 21.8[m]	気温[℃]	19.2	16.1	23.2	20.2	27.4	24.5	28.2	25.6	24.0	21.4	19.3	16.3
	相対湿度[%]	64.4	76.9	66.4	78.1	72.5	85.6	71.5	82.7	68.8	75.3	64.6	73.3
	風速[m/s]	2.4	1.6	2.3	1.8	2.6	1.7	2.5	1.6	2.4	1.9	2.4	2.3
	風向[-]	西	北	南西	北	西南西	西北西	西南西	北西	北北西	北北東	北	北
奈良 (奈良) 11.1[m]	気温[℃]	19.7	14.0	23.2	18.4	26.5	22.3	28.3	23.4	23.6	19.4	17.0	12.6
	相対湿度[%]	63.5	85.7	66.9	83.3	73.1	89.9	65.1	84.1	71.5	88.1	72.8	91.7
	風速[m/s]	1.5	1.0	1.5	1.2	1.3	0.7	1.6	1.0	1.5	1.0	1.1	0.6
	風向[-]	北北西	北東	北	北東	西南西	北東	北北東	北東	北北東	北北東	北北西	北東
和歌山 (和歌山) 38.9[m]	気温[℃]	19.9	16.6	23.2	20.1	27.3	24.7	29.2	25.4	25.0	21.4	19.3	15.3
	相対湿度[%]	63.0	75.4	66.8	79.0	70.8	81.7	66.5	80.6	63.7	77.6	64.9	80.4
	風速[m/s]	2.6	1.8	2.4	1.9	2.7	1.9	2.9	1.6	2.4	1.9	2.0	2.0
	風向[-]	西南西	東北東	西北西	東北東	西南西	東南東	西南西	東北東	北	北東	北北東	北東
鳥取 (鳥取) 32[m]	気温[℃]	19.2	14.1	22.6	18.5	26.7	22.7	28.2	24.4	23.4	19.0	17.8	13.8
	相対湿度[%]	62.0	79.5	69.2	84.7	72.7	87.1	71.4	84.9	68.9	85.9	69.6	85.0
	風速[m/s]	2.4	2.0	1.9	1.4	1.8	1.4	2.1	1.8	1.9	1.8	2.0	1.6
	風向[-]	北北西	東南	北北西	東南東	北	東南東	南南東	東南	東南東	東南東	東北東	東南東
島根 (松江) 26.7[m]	気温[℃]	18.3	14.4	21.8	19.2	26.0	23.6	27.9	24.1	23.5	20.3	17.7	14.2
	相対湿度[%]	68.4	85.6	78.4	87.9	82.0	89.3	70.1	85.9	69.9	82.4	69.0	84.3
	風速[m/s]	2.7	1.5	2.8	1.8	3.1	2.1	2.4	1.2	2.5	1.3	2.4	1.2
	風向[-]	北東	東	南南西	東南東	西南西	南西	東	東南東	東北東	東	北北西	北東
岡山 (岡山) 70.9[m]	気温[℃]	19.9	15.6	24.4	20.7	28.3	24.9	28.7	25.4	24.7	21.1	18.5	14.5
	相対湿度[%]	59.0	77.6	63.9	78.1	69.2	81.9	69.0	84.3	65.5	79.9	63.1	80.2
	風速[m/s]	1.6	1.0	1.5	0.9	1.6	0.9	1.5	0.9	1.3	0.9	1.3	0.9
	風向[-]	東南東	北北東	東南	北東	南西	北北東	東南東	北北東	北東	北	北	北
広島 (広島) 94.9[m]	気温[℃]	20.4	16.4	23.1	19.9	27.7	25.1	28.2	25.0	25.2	21.7	18.1	14.5
	相対湿度[%]	58.4	74.6	73.1	84.4	72.1	83.2	70.7	82.6	62.9	77.4	68.5	82.6
	風速[m/s]	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.4	1.9	1.7	2.1	2.1	2.1	2.5
	風向[-]	西南西	北	南西	北北東	西南西	北	南南西	北北東	北	北北東	北北東	北北東
山口 (山口) 15.3[m]	気温[℃]	19.7	14.9	23.5	19.7	27.1	23.5	27.4	23.7	24.9	20.9	18.0	13.0
	相対湿度[%]	61.2	81.3	71.5	87.5	74.6	88.9	72.8	88.0	70.7	87.0	66.7	86.5
	風速[m/s]	1.8	1.0	1.7	0.8	1.4	0.6	1.8	0.9	1.8	0.7	1.4	0.7
	風向[-]	東北東	東北東	南南西	東北東	西南西	東	南南東	東	東	東北東	北北西	東北東
徳島 (徳島) 17.5[m]	気温[℃]	19.9	16.8	23.2	20.6	27.0	24.0	28.7	25.5	25.1	22.1	19.1	16.0
	相対湿度[%]	63.9	76.2	72.7	83.5	73.4	84.5	68.9	80.3	67.2	77.3	64.5	75.3
	風速[m/s]	2.9	1.6	2.7	1.8	2.3	1.2	3.3	2.1	2.1	1.8	2.2	1.9
	風向[-]	東南東	西北西	東南東	西	東	西	南南東	南	北北西	西北西	北西	西北西
香川 (高松) 16.6[m]	気温[℃]	19.9	15.9	24.2	20.2	27.7	24.1	27.9	24.2	24.9	21.2	18.8	14.2
	相対湿度[%]	63.4	81.0	65.1	81.4	68.3	84.1	74.0	88.1	70.0	84.5	65.8	81.1
	風速[m/s]	2.0	1.3	2.1	1.1	2.2	1.2	2.1	1.1	1.7	1.2	1.9	1.2
	風向[-]	北	南西	北北東	南西	西北西	南西	東	南南西	西	南西	北西	南西
愛媛 (松山) 20.3[m]	気温[℃]	19.5	15.6	23.8	20.3	27.7	25.0	28.6	24.7	24.7	21.3	19.6	15.7
	相対湿度[%]	62.7	75.8	67.4	80.3	72.5	83.0	64.8	79.3	69.3	82.0	61.7	76.8
	風速[m/s]	1.7	1.1	1.6	1.0	1.7	1.2	1.8	1.0	1.7	1.0	1.7	1.2
	風向[-]	西北西	東	西	東南東	西南西	東南東	西	東南東	南西	東南東	北	東南東
高知 (高知) 15.3[m]	気温[℃]	20.5	16.1	23.8	20.1	27.2	24.2	28.5	25.0	25.2	21.4	20.3	15.6
	相対湿度[%]	63.7	80.5	71.7	87.2	76.5	89.6	69.1	83.0	64.1	78.6	57.8	76.0
	風速[m/s]	1.8	1.4	1.5	0.9	1.5	0.7	1.8	1.2	1.6	1.3	1.7	1.4
	風向[-]	南南西	西北西	南南東	西	東南	西	南南東	西北西	南南西	西北西	西北西	西北西
福岡 (福岡) 24.5[m]	気温[℃]	20.5	17.1	23.1	20.2	28.2	25.8	28.2	25.2	25.5	22.5	19.8	15.9
	相対湿度[%]	62.9	76.3	74.1	84.6	71.4	80.8	73.1	83.7	66.9	77.3	62.9	77.2
	風速[m/s]	2.3	1.3	2.4	1.3	2.4	1.5	2.5	1.5	2.6	1.3	2.3	1.3
	風向[-]	北北西	南	北北西	東南	南南西	南南東	北北西	東南	北北東	南南東	北	南南東
佐賀 (佐賀) 56.2[m]	気温[℃]	20.8	16.1	23.8	21.2	28.3	25.2	29.2	25.5	25.0	21.5	19.5	15.2
	相対湿度[%]	63.6	80.9	76.9	86.5	75.2	88.4	68.2	81.1	73.2	86.8	62.8	79.1
	風速[m/s]	1.8	1.2	2.2	1.6	2.5	1.8	2.5	1.6	2.1	1.2	2.0	1.3
	風向[-]	南西	北北東	南	南西	南南西	南南西	北東	北北東	北北東	北	北北東	北北東
長崎 (長崎) 18.7[m]	気温[℃]	20.0	16.7	23.2	20.6	27.0	24.9	28.6	26.0	25.8	23.1	20.8	17.3
	相対湿度[%]	69.2	82.3	77.4	87.1	81.5	89.9	72.4	81.2	66.4	78.7	64.0	77.4
	風速[m/s]	1.9	1.0	1.9	1.3	2.2	1.5	2.0	1.2	2.0	1.4	1.8	1.1
	風向[-]	西	北東	西南西	北東	南西	南南西	西北西	北東	北	北東	北	北東
熊本 (熊本) 14.8[m]	気温[℃]	21.1	16.2	24.1	20.9	27.8	24.7	28.4	24.5	25.4	21.6	20.2	15.3
	相対湿度[%]	63.1	83.3	74.5	86.9	77.0	89.6	70.3	86.6	71.1	86.1	60.4	80.6
	風速[m/s]	1.7	1.1	1.8	1.2	1.9	0.9	2.2	1.2	1.6	0.9	1.7	1.2
	風向[-]	西南西	北西	西北西	北北西	南西	南西	南西	北西	北北西	北	北北西	北
大分 (大分) 19.7[m]	気温[℃]	19.6	15.8	22.9	19.1	26.8	23.9	27.5	24.0	24.3	21.2	19.1	14.9
	相対湿度[%]	65.7	80.9	70.6	84.9	77.6	89.8	73.4	86.9	73.9	85.8	65.8	81.3
	風速[m/s]	1.9	1.5	1.9	1.3	1.7	1.1	2.2	1.5	1.9	1.4	2.0	1.8
	風向[-]	北北東	南	北東	南	北北東	南	東北東	南	北北東	南南西	北	南

覚醒時 7:00~23:00 就寝時 23:00~7:00

資料 2
戸建住宅（単独タイプ、寄棟屋根） 風圧係数一覧表

		面のある方向							
		北面		東面		南面		西面	
風の吹いてくる方向	北	-0.37	0.01 -0.70	-0.32	-0.04 -0.67	-0.33	-0.18 -0.70	-0.40	-0.19 -0.77
		0.51	0.82 0.24	-0.24	0.16 -0.58	-0.07	-0.01 -0.13	-0.02	0.30 -0.62
	北北東	-0.36	-0.01 -0.77	-0.23	0.05 -0.42	-0.44	-0.18 -0.80	-0.62	-0.23 -1.19
		0.39	0.88 -0.14	0.16	0.43 -0.05	-0.15	-0.07 -0.20	-0.27	-0.02 -0.63
	北東	-0.35	-0.02 -0.65	-0.29	0.06 -0.60	-0.53	-0.22 -0.98	-0.67	-0.30 -1.23
		0.15	0.51 -0.32	0.45	0.70 0.04	-0.21	-0.13 -0.28	-0.33	-0.18 -0.52
	東北東	-0.32	-0.10 -0.56	-0.37	0.06 -0.77	-0.50	-0.21 -0.95	-0.47	-0.23 -0.86
		-0.15	0.08 -0.38	0.54	0.85 0.15	-0.27	-0.19 -0.37	-0.23	-0.12 -0.30
	東	-0.42	-0.17 -0.84	-0.40	0.05 -0.83	-0.39	-0.17 -0.82	-0.36	-0.18 -0.72
		-0.31	-0.13 -0.74	0.47	0.87 0.07	-0.25	-0.08 -0.52	-0.14	-0.08 -0.21
	東南東	-0.58	-0.27 -1.18	-0.42	0.06 -0.91	-0.36	-0.11 -0.79	-0.51	-0.22 -1.01
		-0.33	-0.13 -0.57	0.41	0.92 -0.02	0.09	0.22 -0.02	-0.19	-0.15 -0.27
	南東	-0.66	-0.31 -1.28	-0.40	0.07 -0.84	-0.42	-0.01 -0.74	-0.65	-0.32 -1.31
		-0.30	-0.15 -0.52	0.26	0.65 -0.05	0.41	0.67 0.10	-0.26	-0.17 -0.40
	南南東	-0.57	-0.30 -1.07	-0.38	-0.06 -0.68	-0.54	-0.14 -1.04	-0.65	-0.35 -1.27
		-0.19	-0.08 -0.37	0.03	0.33 -0.31	0.63	0.90 0.24	-0.29	-0.12 -0.52
	南	-0.43	-0.24 -0.74	-0.41	-0.14 -0.82	-0.51	-0.20 -0.99	-0.49	-0.27 -0.96
		-0.09	0.00 -0.23	-0.15	0.04 -0.68	0.62	0.88 0.23	-0.24	-0.11 -0.56
	南南西	-0.58	-0.28 -1.06	-0.53	-0.25 -1.06	-0.40	-0.05 -0.81	-0.35	-0.08 -0.74
		-0.20	-0.05 -0.36	-0.24	-0.11 -0.44	0.57	0.87 0.00	-0.18	0.09 -0.36
	南西	-0.70	-0.30 -1.36	-0.53	-0.27 -1.05	-0.30	0.06 -0.58	-0.39	0.04 -0.84
		-0.29	-0.14 -0.54	-0.23	-0.06 -0.34	0.37	0.67 -0.10	-0.01	0.62 -0.47
	西南西	-0.58	-0.20 -1.24	-0.39	-0.18 -0.80	-0.27	-0.09 -0.51	-0.39	-0.04 -0.84
		-0.26	-0.01 -0.61	-0.15	0.04 -0.23	0.01	0.12 -0.13	0.27	0.84 -0.22
	西	-0.40	-0.16 -0.81	-0.34	-0.17 -0.76	-0.43	-0.20 -0.80	-0.40	-0.11 -0.67
		-0.15	0.38 -0.45	-0.12	0.08 -0.20	-0.31	-0.11 -0.53	0.49	0.89 0.22
	西北西	-0.35	-0.11 -0.58	-0.46	-0.21 -0.92	-0.57	-0.27 -1.12	-0.42	-0.07 -0.78
		0.02	0.67 -0.59	-0.23	-0.05 -0.28	-0.34	-0.25 -0.43	0.58	0.88 0.15
	北西	-0.39	-0.04 -0.71	-0.57	-0.19 -1.06	-0.55	-0.26 -1.05	-0.37	-0.03 -0.62
		0.28	0.72 -0.31	-0.42	-0.17 -0.52	-0.23	-0.17 -0.29	0.48	0.71 0.05
	北北西	-0.39	-0.01 -0.75	-0.52	-0.12 -1.06	-0.43	-0.21 -0.83	-0.30	-0.13 -0.61
		0.46	0.85 -0.06	-0.50	-0.10 -0.71	-0.14	-0.08 -0.19	0.26	0.59 -0.28

風向	面	
	上段：屋根面	
	下段：壁面	

各面・各風向に対して上段に屋根面の風圧係数、
下段に壁面の風圧係数を記載

平均値	最大値
	最小値

それぞれの面においては上記の様に
平均値、最大値、最小値を記載

戸建住宅（密集地タイプ、寄棟屋根・片流れ屋根） 風圧係数一覧表

		面のある方向							
		北面		東面		南面		西面	
風の吹いてくる方向	北	0.34936	0.3781	0.03		0.03		0.06	
			0.318						
		0.10	0.16						
			0.02						
	北北東	0.11	0.17	0.13		0.18		0.11	
			0.06						
		0.29774	0.3763						
			0.2613						
	北東	0.06	0.11	0.06		0.01		0.02	
			-0.02						
		0.09	0.14						
			0.05						
	東北東	0.33202	0.5179	0.18		-0.02		0.02	
			0.2289						
		0.12	0.20						
			-0.05						
	東	0.12	0.39	0.16		0.21		0.16	
			0.01						
		0.2264	0.2975						
			0.18						
	東南東	0.11	0.20	0.27		0.01		0.06	
			-0.10						
		0.18	0.43						
			0.03						
	東	0.01256	0.109	0.29		0.06		0.09	
			-0.2133						
		0.05	0.21						
			-0.27						
	東南東	0.17	0.24	0.18		0.19		0.18	
			0.05						
		-0.17522	0.0403						
			-0.5778						
	南東	0.01	0.22	0.23		0.08		0.05	
			-0.35						
		0.17	0.24						
			0.09						
	南南東	-0.28298	-0.0446	0.14		0.10		-0.01	
			-0.6131						
		-0.03	0.20						
			-0.42						
	南	0.21	0.34	0.23		0.21		0.18	
			0.11						
		-0.1459	-0.0536						
			-0.2398						
	南南西	-0.03	0.17	0.08		0.10		-0.01	
			-0.32						
		0.22	0.35						
			0.10						
	南	-0.01872	-0.0007	0.02		0.07		0.05	
			-0.0523						
		0.04	0.20						
			-0.13						
	南南西	0.19	0.24	0.13		0.14		0.17	
			0.10						
		-0.22664	-0.046						
			-0.4299						
	南	-0.02	0.11	-0.02		0.09		0.08	
			-0.29						
		0.22	0.42						
			0.06						
	南	-0.2392	0.0022	-0.02		0.09		0.15	
			-0.6547						
		-0.02	0.14						
			-0.35						
	西南西	0.23	0.43	0.19		0.20		0.29	
			0.07						
		-0.06396	0.0676						
			-0.3378						
	西	0.01	0.14	0.03		0.06		0.24	
			-0.32						
		0.18	0.31						
			0.10						
	西北西	0.17012	0.2104	0.06		0.03		0.30	
			0.1193						
		0.05	0.17						
			-0.25						
	北	0.18	0.43	0.16		0.17		0.27	
			0.00						
		0.25794	0.4105						
			0.1518						
	北北西	0.10	0.24	0.03		0.00		0.26	
			-0.10						
		0.20	0.62						
			-0.10						
	北	0.263	0.4477	-0.02		-0.03		0.18	
			0.1658						
		0.09	0.23						
			-0.05						
	北北西	0.16	0.58	0.12		0.19		0.35	
			-0.08						
		0.2631	0.3058						
			0.2332						
	北	0.06	0.11	0.00		0.00		0.07	
			-0.03						
		0.11	0.25						
			0.03						

面	
風向	上段: 棟換気口のある面
	中段: 屋根面
	下段: 壁面

各面・各風向に対して棟換気口のある面（北側面のみ）、屋根面、壁面の風圧係数を上記のように記載。

平均値	最大値 最小値
-----	------------

それぞれの面においては上記の様に平均値、最大値、最小値を記載

資料 4
高層集合住宅 風圧係数一覧表

		面のある方向									
		北面		東面		南面		西面		屋根面	
風の吹いてくる方向	北	0.69	0.94	-0.80	-0.57	-0.53	-0.50	-0.76	-0.64	-0.86	-0.65
			0.41		-0.91		-0.57		-0.86		
		0.57	0.89	-0.79	-0.71	-0.50	-0.41	-0.75	-0.67		
	北北東	0.40	0.17		-0.83		-0.56		-0.79	-0.86	-1.02
			0.72	-0.72	-0.51	-0.49	-0.44	-0.66	-0.52		
			0.01		-0.81		-0.54		-0.76		
	北北東	0.64	0.94	-0.53	-0.18	-0.46	-0.41	-0.57	-0.53	-0.86	-0.49
			0.20		-1.07		-0.52		-0.61		
		0.55	0.89	-0.62	-0.39	-0.46	-0.43	-0.57	-0.53		
	北北東		0.05		-0.88		-0.51		-0.61	-0.86	-1.56
		0.39	0.68	-0.50	-0.32	-0.50	-0.47	-0.56	-0.52		
			-0.02		-0.72		-0.54		-0.59		
	北東	0.37	0.87	0.33	0.52	-0.52	-0.42	-0.45	-0.43	-0.86	-0.39
			-0.06		0.05		-0.59		-0.48		
		0.36	0.74	0.19	0.40	-0.51	-0.44	-0.44	-0.42		
	北東		-0.14		-0.12		-0.60		-0.48	-0.86	-2.73
			0.50	0.03	0.14	-0.57	-0.52	-0.47	-0.45		
		0.27	-0.14		-0.13		-0.63		-0.52		
	東北東	-0.07	0.13	0.68	0.89	-0.66	-0.59	-0.30	-0.27	-0.65	-0.31
			-0.47		0.32		-0.71		-0.35		
		-0.03	0.13	0.56	0.82	-0.63	-0.48	-0.33	-0.30		
	東北東		-0.29		0.18		-0.71		-0.37	-0.65	-1.39
			0.20	0.25	0.39	-0.61	-0.38	-0.32	-0.28		
		0.03	-0.17		0.06		-0.76		-0.38		
	東	-0.51	-0.19	0.77	0.97	-0.52	-0.19	-0.21	-0.20	-0.55	-0.15
			-0.97		0.58		-0.98		-0.23		
		-0.48	-0.16	0.64	0.92	-0.48	-0.16	-0.20	-0.17		
	東		-0.82		0.31		-0.85		-0.22	-0.55	-1.19
			-0.09	0.30	0.47	-0.34	-0.10	-0.17	-0.12		
		-0.34	-0.80		0.03		-0.81		-0.19		
	東南東	-0.66	-0.59	0.68	0.89	-0.07	0.13	-0.30	-0.27	-0.65	-0.31
			-0.71		0.32		-0.47		-0.35		
		-0.63	-0.48	0.56	0.82	-0.03	0.13	-0.33	-0.30		
	東南東		-0.71		0.18		-0.29		-0.37	-0.65	-1.39
			-0.38	0.25	0.39	0.03	0.20	-0.32	-0.28		
			-0.76		0.06		-0.17		-0.38		
	南東	-0.52	-0.42	0.33	0.52	0.37	0.87	-0.45	-0.43	-0.86	-0.39
			-0.59		0.05		-0.06		-0.48		
		-0.51	-0.44	0.19	0.40	0.36	0.74	-0.44	-0.42		
	南東		-0.60		-0.12		-0.14		-0.48	-0.86	-2.73
			-0.52	0.03	0.14	0.27	0.50	-0.47	-0.45		
		-0.57	-0.63		-0.13		-0.14		-0.52		
	南南東	-0.46	-0.41	-0.53	-0.18	0.64	0.94	-0.57	-0.53	-0.86	-0.49
			-0.52		-1.07		0.20		-0.61		
		-0.46	-0.43	-0.62	-0.39	0.55	0.89	-0.57	-0.53		
	南南東		-0.51		-0.88		0.05		-0.61	-0.86	-1.56
			-0.47	-0.50	-0.32	0.39	0.68	-0.56	-0.52		
			-0.54		-0.72		-0.02		-0.59		
	南	-0.53	-0.50	-0.80	-0.57	0.69	0.94	-0.76	-0.64	-0.86	-0.65
			-0.57		-0.91		0.41		-0.86		
		-0.50	-0.41	-0.79	-0.71	0.57	0.89	-0.75	-0.67		
	南		-0.56		-0.83		0.17		-0.79	-0.86	-1.02
			-0.44	-0.72	-0.51	0.40	0.72	-0.66	-0.52		
		-0.49	-0.54		-0.81		0.01		-0.76		
	南南西	-0.46	-0.41	-0.57	-0.53	0.64	0.94	-0.53	-0.18	-0.86	-0.49
			-0.52		-0.61		0.20		-1.07		
		-0.46	-0.43	-0.57	-0.53	0.55	0.89	-0.62	-0.39		
	南南西		-0.51		-0.61		0.05		-0.88	-0.86	-1.56
			-0.47	-0.56	-0.52	0.39	0.68	-0.50	-0.32		
			-0.54		-0.59		-0.02		-0.72		
	南西	-0.52	-0.42	-0.45	-0.43	0.37	0.87	0.33	0.52	-0.86	-0.39
			-0.59		-0.48		-0.06		0.05		
		-0.51	-0.44	-0.44	-0.42	0.36	0.74	0.19	0.40		
	南西		-0.60		-0.48		-0.14		-0.12	-0.86	-2.73
			-0.52	-0.47	-0.45	0.27	0.50	0.03	0.14		
			-0.63		-0.52		-0.14		-0.13		
	西南西	-0.66	-0.59	-0.30	-0.27	-0.07	0.13	0.68	0.89	-0.65	-0.31
			-0.71		-0.35		-0.47		0.32		
		-0.63	-0.48	-0.33	-0.30	-0.03	0.13	0.56	0.82		
	西南西		-0.71		-0.37		-0.29		0.18	-0.65	-1.39
			-0.38	-0.32	-0.28	0.03	0.20	0.25	0.39		
		-0.61	-0.76		-0.38		-0.17		0.06		
	西	-0.51	-0.19	-0.21	-0.20	-0.52	-0.19	0.77	0.97	-0.55	-0.15
			-0.97		-0.23		-0.98		0.58		
		-0.48	-0.16	-0.20	-0.17	-0.48	-0.16	0.64	0.92		
	西		-0.82		-0.22		-0.85		0.31	-0.55	-1.19
			-0.09	-0.17	-0.12	-0.34	-0.10	0.30	0.47		
		-0.34	-0.80		-0.19		-0.81		0.03		
	西北西	-0.07	0.13	-0.30	-0.27	-0.66	-0.59	0.68	0.89	-0.65	-0.31
			-0.47		-0.35		-0.71		0.32		
		-0.03	0.13	-0.33	-0.30	-0.63	-0.48	0.56	0.82		
	西北西		-0.29		-0.37		-0.71		0.18	-0.65	-1.39
			0.20	-0.32	-0.28	-0.61	-0.38	0.25	0.39		
		0.03	-0.17		-0.38		-0.76		0.06		
	北西	0.37	0.87	-0.45	-0.43	-0.52	-0.42	0.33	0.52	-0.86	-0.39
			-0.06		-0.48		-0.59		0.05		
		0.36	0.74	-0.44	-0.42	-0.51	-0.44	0.19	0.40		
	北西		-0.14		-0.48		-0.60		-0.12	-0.86	-2.73
			0.50	-0.47	-0.45	-0.57	-0.52	0.03	0.14		
		0.27	-0.14		-0.52		-0.63		-0.13		
	北北西	0.64	0.94	-0.57	-0.53	-0.46	-0.41	-0.53	-0.18	-0.86	-0.49
			0.20		-0.61		-0.52		-1.07		
		0.55	0.89	-0.57	-0.53	-0.46	-0.43	-0.62	-0.39		
	北北西		0.05		-0.61		-0.51		-0.88	-0.86	-1.56
			0.68	-0.56	-0.52	-0.50	-0.47	-0.50	-0.32		
		0.39	-0.02		-0.59		-0.54		-0.72		

風向	面	
	上段：壁面上段部分	
	中段：壁面中段部分	
	下段：壁面下段部分	

各面・各風向に対して建物壁面上の各段・中段・下段部分の風圧係数を上記のように記載。但し、屋根面は分割なし。

平均値	最大値
	最小値

それぞれの面においては上記の様に平均値、最大値、最小値を記載

