

3 章 暖冷房熱負荷計算

3章 暖冷房熱負荷計算

3.1 計算条件

暖冷房熱負荷計算を行うにあたり、自立循環型住宅開発プロジェクト^{注1)}において設定された計算条件を採用した。以下に計算プラン、居住者のスケジュール等を示す。

(1) 計算プラン

負荷計算に用いる戸建住宅のプランは、延べ床面積 120.07m² の木造 2 階建てで、居室は主に 1 階に LDK と和室、2 階に寝室と洋室 2 室の計 5 室から成る。地域によってプランは異なり、平面プランは同じで開口部比率が異なる寒冷地モデルと温暖地モデルの 2 種類を設定した。

図 3.1.1 に、a、b、地域の計算に用いた温暖地モデルプラン、表 3.1.1 に寒冷地及び温暖地のプランの概要、表 3.1.2 に開口部の仕様を示す。

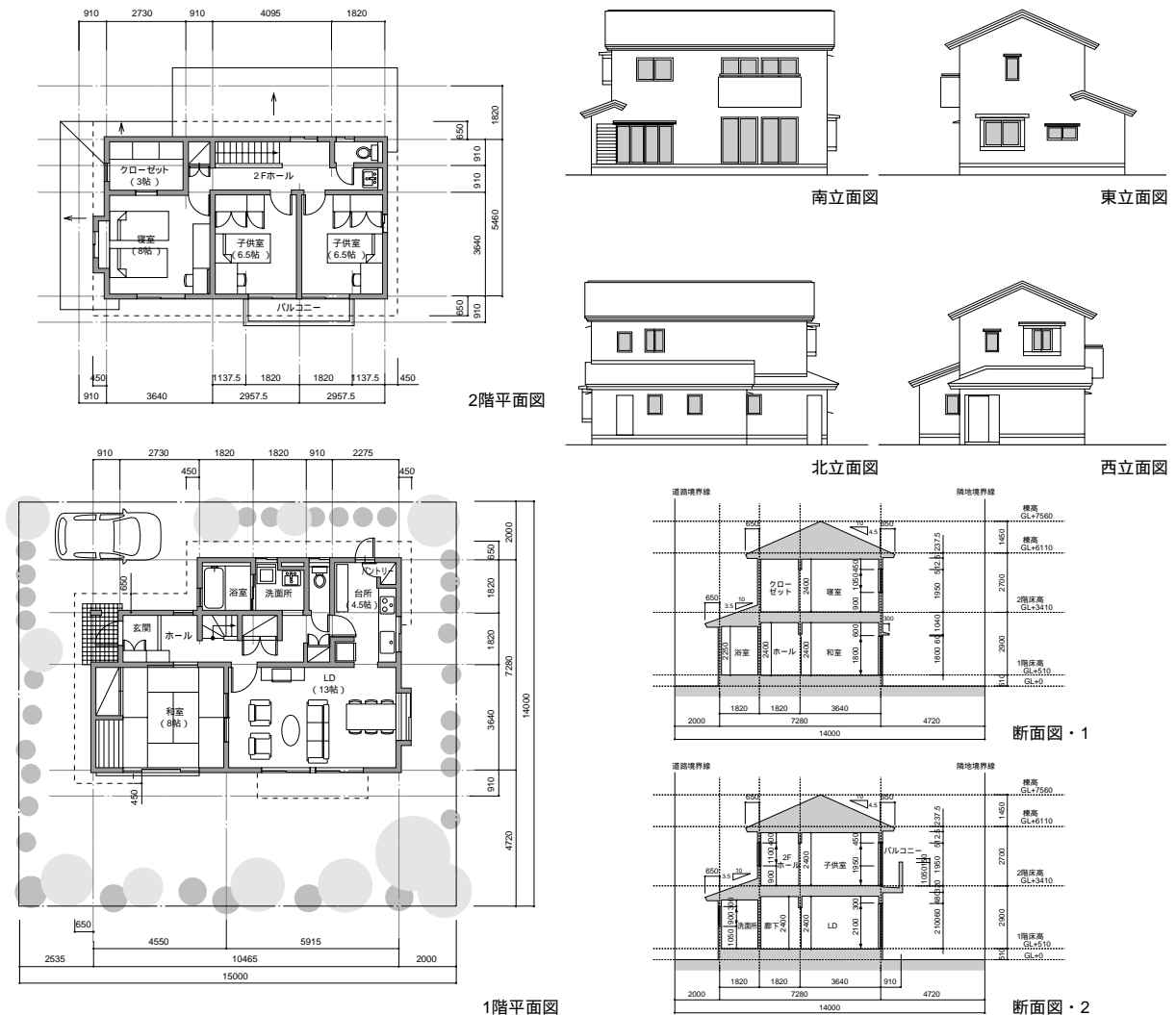


図 3.1.1 温暖地用計算プラン

表 3.1.1 プランの概要

	寒冷地(、地域)モデル	温暖地(～地域)モデル
プラン適用地域	a、b、地域	、a、b、地域
延べ床面積	120.07m ²	120.07m ²
階高	2.825 m	2.825 m
開口比率	21.0%	26.8%
開口面積	25.22 m ²	32.20 m ²

表 3.1.2 開口部の仕様

階	部屋	方位	寒冷地(、地域)モデル			温暖地(～地域)モデル		
			窓サイズ[m]		窓面積 [m ²]	窓サイズ[m]		窓面積 [m ²]
			幅	高さ		幅	高さ	
1F	和室	南	1.650	1.300	2.15	2.550	1.800	4.59
	LD	南	1.650	1.800	2.97	1.650	2.100	3.47
		南	1.650	1.300	2.15	1.650	2.100	3.47
		東	1.650	1.300	2.15	1.650	1.300	2.15
	台所	東	1.195	0.500	0.60	1.400	0.700	0.98
		北 勝手口ドア	0.750	1.800	1.35	0.900	1.800	1.62
	トイレ	北	0.690	0.500	0.35	0.600	0.900	0.54
	洗面所	北	0.690	0.500	0.35	0.600	0.900	0.54
	浴室	西	0.690	0.500	0.35	0.600	0.900	0.54
ホール	北	0.690	0.500	0.35	0.600	0.900	0.54	
	西 玄関ドア	0.900	2.100	1.89	0.900	2.100	1.89	
2F	寝室	南	1.650	1.100	1.82	1.650	1.050	1.73
		西	1.195	1.100	1.31	0.900	1.100	0.99
	子供室 1	南	1.650	1.800	2.97	1.650	1.950	3.22
	子供室 2	南	1.650	1.800	2.97	1.650	1.950	3.22
		東	0.690	0.500	0.35	0.600	1.100	0.66
	ホール	北	1.195	0.700	0.84	0.900	1.100	0.99
	クローゼット	西			0.00	0.600	0.900	0.54
2Fトイレ	北	0.690	0.500	0.35	0.600	0.900	0.54	
開口面積					25.22	開口面積		
開口/床比率					21.0%	開口/床比率		
						32.20		
						26.8%		

(2) 断熱性能

暖冷房負荷の計算は、地域ごとに表3.1.3に示す断熱性能及び日射遮蔽性能を設定して行った。

表 3.1.3 熱損失係数 (Q 値) と夏季日射取得係数 μ の設定

地域区分		等級3 相当	平成 11 年基準相当 (等級 4)	平成 11 年基準 を上回る仕様
熱損失係数 Q [W/K・m ²]	a	1.8	1.6	1.4
	b			
		2.7	1.9	1.4
		3.3	2.4	1.9
	a	4.2	2.7	1.9
	b			
		4.6	2.7	1.9
		8.1	3.7	3.7
夏季日射 取得係数 μ	a	-	0.08	0.08
	b			
		-	0.08	0.08
		0.1	0.07	0.07
	a	0.1	0.07	0.07
	b			
		0.1	0.07	0.07
		0.08	0.06	0.04

日本住宅性能表示基準 (平成 13 年国土交通省告示 1346 号) における「省エネルギー対策等級」

表 3.1.4 負荷計算における設定値 (躯体 R 値及び開口部 K 値)

地域	等級 3 仕様				等級 4 仕様				等級 4 を超える仕様			
	R 値			K 値	R 値			K 値	R 値			K 値
	天井	壁	床	開口部	天井	壁	床	開口部	天井	壁	床	開口部
a	4.4	2.8	5.8	2.33	5.8	4.2	5.0	2.33	5.8	5.6	8.3	1.90
b												
	1.7	1.1	1.1	3.49	4.1	2.0	5.0	2.33	5.8	5.6	8.3	1.90
	1.3	1.1	1.1	4.65	4.1	2.0	2.5	3.49	4.1	2.0	5.0	1.90
a	1.3	0.7	0.5	6.51	4.1	2.0	2.5	4.65	4.1	2.0	5.0	1.90
b												
	1.3	0.4	0.3	6.51	4.1	2.0	2.5	4.65	4.1	2.0	5.0	1.90
	1.0	-	-	6.51	4.1	2.2	-	6.51	4.0	2.2	-	6.51

(3) スケジュール

暖冷房負荷計算に用いた居住者のスケジュールは自立循環型住宅開発プロジェクトの実証実験により設定されている生活スケジュールを 1 時間ごとにまとめ直して作成した。以下に詳細を示す。

1) 想定した家族構成

エネルギー消費量を評価するには、家族構成や生活スケジュール等を規定する必要がある。本基準は建築竣工時点で評価を行うため、それ以後に実際にどういった家族構成の顧客が入居する

かはわからないが、評価のためには一定の家族構成を想定し生活スケジュールを定める必要がある。ここでは、比較的一般的と思われる家族構成とライフスタイルとして、世帯の構成人員に関する統計を参考に、人口及び世帯数構成の点から最も比率の高い4 人家族を採用した。世帯主の年齢、夫婦間の年齢差、初子及び第二子出産年齢統計を基に、家族構成を下表のように想定した。生活スケジュールは、平日と休日の2つのスケジュールを作成した。在室者スケジュールを表3.1.6に示す。

表 3.1.5 想定した家族構成

世帯主（男性 46 歳、会社員）
 配偶者（女性 44 歳、専業主婦）
 第一子（女性 16 歳、高校生）
 第二子（男性 14 歳、中学生）

表 3.1.6 在室者スケジュール

	居室名		在室人数[人]													
			AM	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	
			PM	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	
在室者	居間台所 (LDK)	平日	AM							1	2	1	1			
			PM	1	1				1	2	2	3	2	1	1	
		休日	AM									3	2	2	2	
			PM	2	1				2	3	3	4	2	2	1	
	子供室1	平日	AM	1	1	1	1	1	1	1						
			PM										1		1	1
		休日	AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
			PM						1	1	1		1	1	1	1
	子供室2	平日	AM	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1
			PM											1	1	1
		休日	AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1
			PM	1									1	1	1	1
	寝室	平日	AM	2	2	2	2	2	2	2	1					
			PM													1
		休日	AM	2	2	2	2	2	2	2	2	1				
			PM													2

2) 内部発熱

発熱機器と照明設備の顕熱量及びスケジュールは、在室者スケジュール同様に、自立循環型住宅開発プロジェクトの実証実験により設定されたデータをもとに作成した。表 3.1.7 に発熱機器スケジュール、表 3.1.8 に照明設備スケジュールを示す。なお、照明設備の消費電力及びスケジュールは在室者スケジュールに基づき、熱負荷計算用に設定したものである。

表 3.1.7 発熱機器スケジュール

	居室名		単位: 顕熱[W]、潜熱[g/h]															
			AM	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12			
			PM	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24			
発熱機器	居間台所 (LDK) 顕熱	平日	AM	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
			PM	107.8	158.7	6.9	6.9	107.8	158.7	209.1	209.1	209.1	209.1	182.9	182.9			
		休日	AM	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	209.1	209.1	385.1	358.9			
			PM	209.1	57.4	6.9	6.9	107.8	209.1	209.1	107.8	209.1	209.1	182.9	6.9			
	台所 顕熱	平日	AM	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
			PM	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0		
		休日	AM	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0		
			PM	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0			
	台所 顕熱	平日	AM									17.4						
			PM	17.4							34.8							
		休日	AM										17.4					
			PM	17.4						34.8								
	台所 潜熱	平日	AM									25.0						
			PM								50.0							
		休日	AM										25.0					
			PM							50.0								
	1F便所 顕熱	平日	AM	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	
			PM	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0		
		休日	AM	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0		
			PM	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0			
	洗面脱衣 顕熱	平日	AM	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	65.1	27.0	11.5	11.5	11.5	
			PM	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	118.8	11.5	65.1		
		休日	AM	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	65.1	80.5	11.5	11.5	11.5		
			PM	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	65.1	11.5	11.5	11.5	65.1	11.5	65.1			
	子供室1 顕熱	平日	AM	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0		
			PM	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	60.0	30.0	80.0	35.0		
		休日	AM	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	63.8	80.0	80.0		
			PM	15.0	15.0	15.0	15.0	20.0	20.0	17.5	15.0	80.0	31.3	80.0	15.0			
子供室2 顕熱	平日	AM	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0			
		PM	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	38.3	14.8				
	休日	AM	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0			
		PM	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	50.0	50.0	50.0	3.0				
寝室 顕熱	平日	AM											275.1					
		PM																
	休日	AM											412.5					
		PM																

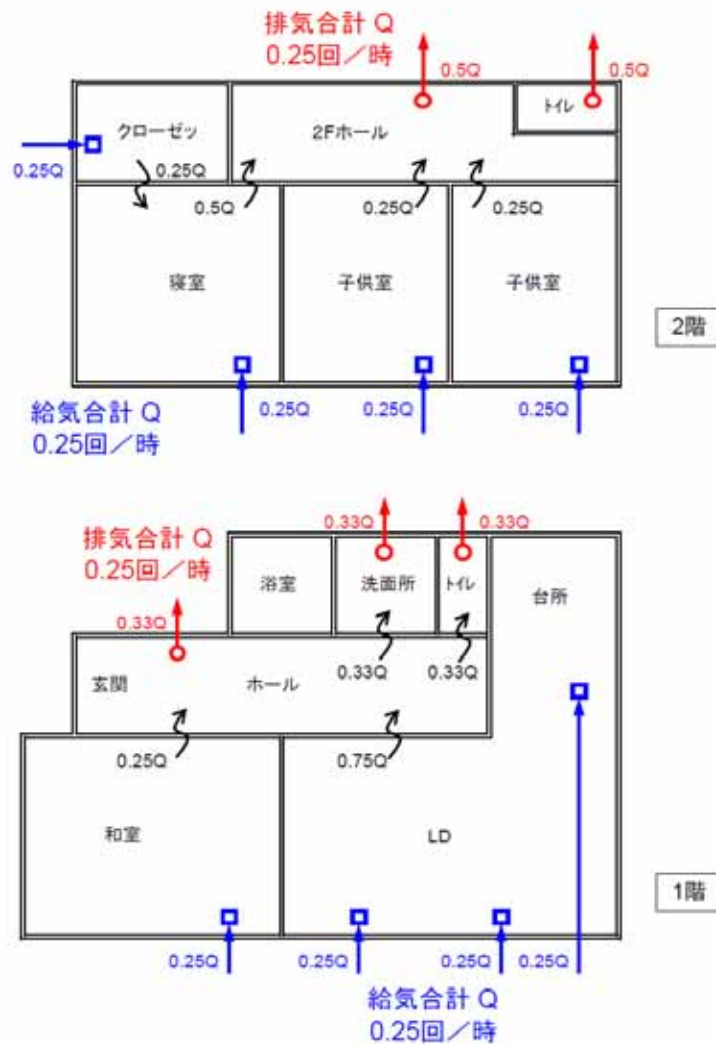


図 3.1.2 全般換気モデル

局所換気設備

局所換気設備は、表 3.1.9 に示すスケジュールに基づいて以下の図 3.1.3 のような風量を与えている。

表 3.1.9 局所換気設備スケジュール

	室		給排量[m ³ /h]												
			AM	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
			PM	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
換気設備	台所	平日	AM							75.0					
			PM	75.0						150.0	150.0				
		休日	AM									75.0			
			PM	75.0						150.0	150.0				
	1F便所	平日	AM							6.0	2.0		0.8		
			PM	0.8					0.8	0.8	0.8	0.8	2.0		2.8
		休日	AM								4.0	4.0		1.2	1.2
			PM						2.0	0.8		2.0	0.8		2.0
	浴室	平日	AM												
			PM										50.0	25.0	100.0
		休日	AM												
			PM							75.0	25.0			25.0	25.0

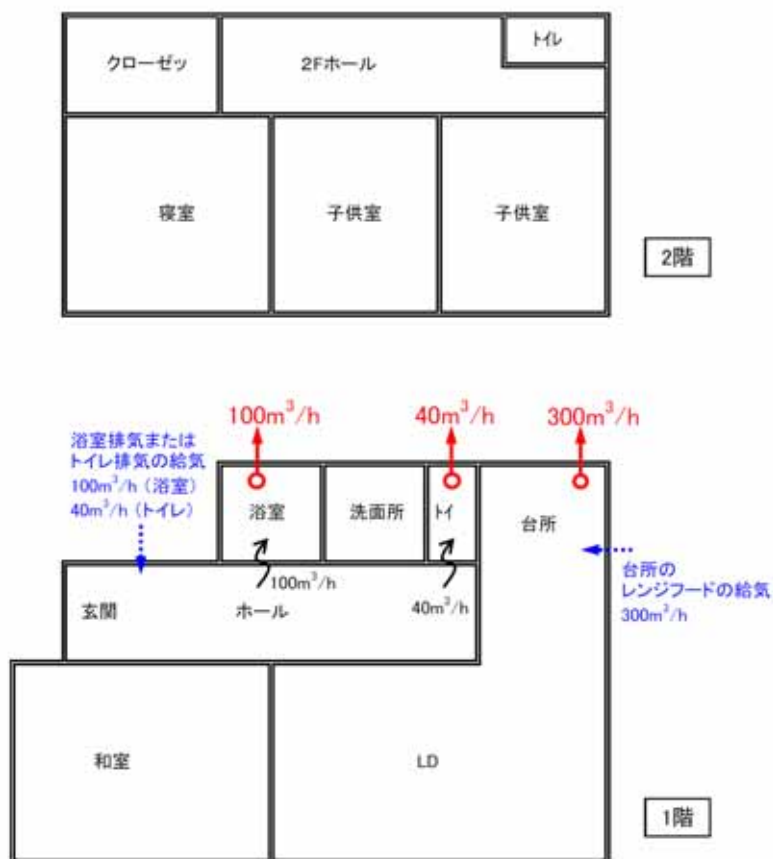


図 3.1.3 局所換気

近年においては特別な気密施工のなされない在来木造住宅であっても合板等の面材の普及等によって躯体漏気量が減少する傾向にあり、断熱水準が異なっても、躯体漏気量は大きく変わらない状況となっている。暖房エネルギー消費量を含む複数用途のエネルギー消費量を絶対値で評価する本基準においては、換気熱負荷の推定を安全側（多め）に行うよりもむしろ中庸に行うべきであると判断した。したがって、本基準においては住宅の断熱水準（性能表示上の等級）に係らず、漏気による換気量を全般換気 0.5 回/時に加算することはしないこととした。また、その点は算定用 Web プログラムにおける熱損失係数の計算においても一貫しており、換気量については 0.5 回/時で一定としている。

表 3.1.11 地域ごとに想定した暖冷房運転モード

地域区分	暖房			冷房	
	全館連続				
a	全館連続	-	-	-	-
b	全館連続	-	-	-	-
	全館連続	全居室連続	部分間欠	全館連続	部分間欠
	全館連続	全居室連続	部分間欠	全館連続	部分間欠
a	全館連続	-	部分間欠	全館連続	部分間欠
b	全館連続	-	部分間欠	全館連続	部分間欠
	全館連続	-	部分間欠	全館連続	部分間欠
	-	-	-	全館連続	部分間欠

全館連続 = 非居室を含む全館連続運転、

全居室連続 = LDK、和室、寝室、子供室 2 室の連続運転

部分間欠運転 = 居住者がいるスペースのみ空調（LDK、寝室、子供室 2 室）の間欠運転

2) 設定温度

暖冷房方式により、居室（起床時 / 就寝時 / 不在時）と非居室の温湿度設定条件は表 3.1.12 とした。部分間欠運転の場合、暖房においては起床時のみ暖房し、冷房においては起床時および就寝時に冷房するとし、起床時に比して就寝時の温度を若干高めに設定した。表 3.1.13 に部分間欠運転の温湿度スケジュールを示す。

表 3.1.12 設定温度

対象空間	暖房			冷房	
	全館連続	全居室連続	部分間欠	全館連続	部分間欠
居室（起床時）	20	20	20	27 /60%	27 /60%
居室（就寝時）			-		28 /60%
居室（不在時）			-		-
非居室			-		-

表 3.1.13 部分間欠運転スケジュール

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

*矢印は空調時間帯、網掛け部分は就寝時を示す。

(5) 使用した負荷計算ソフト

熱回路網による多数室の動的熱負荷計算プログラム AE-Sim/Heat¹⁾を使用した。

参考：プログラムの適用範囲

建物概要	一戸建ての住宅及び共同住宅等
構造形式	木造の住宅、枠組壁工法の住宅、鉄骨造の住宅、鉄筋コンクリート造の住宅等
住戸の階数	階数制限はなし。ただし、地下室には適用しない。
使用気象データ	SMASH 形式(住宅用熱負荷計算プログラム「SMASH」用書式)又は HASP 形式(「標準気象データ」書式)の気象データ

(6) 気象データ

気象データは、地域区分ごとに選定した代表地点(2章)において、拡張アメダス気象データの標準年(1981年~1995年)を用いた。

3.2 熱交換換気の負荷削減効果評価に係るモデル

熱交換換気有のモデルを図 3.2.1 に示す。このモデルはダクト式の熱交換型第一種換気設備を想定しており、1 階と 2 階にそれぞれ住宅全体の気積の 0.25 回/時（図 3.2.1 中では Q としている）を換気量とし、居室（もしくは居室に付属する室）に給気を行い、ドアのアンダーカット等を通じて、ホール・トイレ・洗面所などの非居室から排気を行う一般的な形式となっている。また、図 3.2.1 に示したとおり「換気システム」を設けて、排気された空気と外気との間で熱交換換気が行われるモデルとしている。ここでは、外気と排気の熱交換の効率として顕熱交換効率（温度交換効率）を設定している。

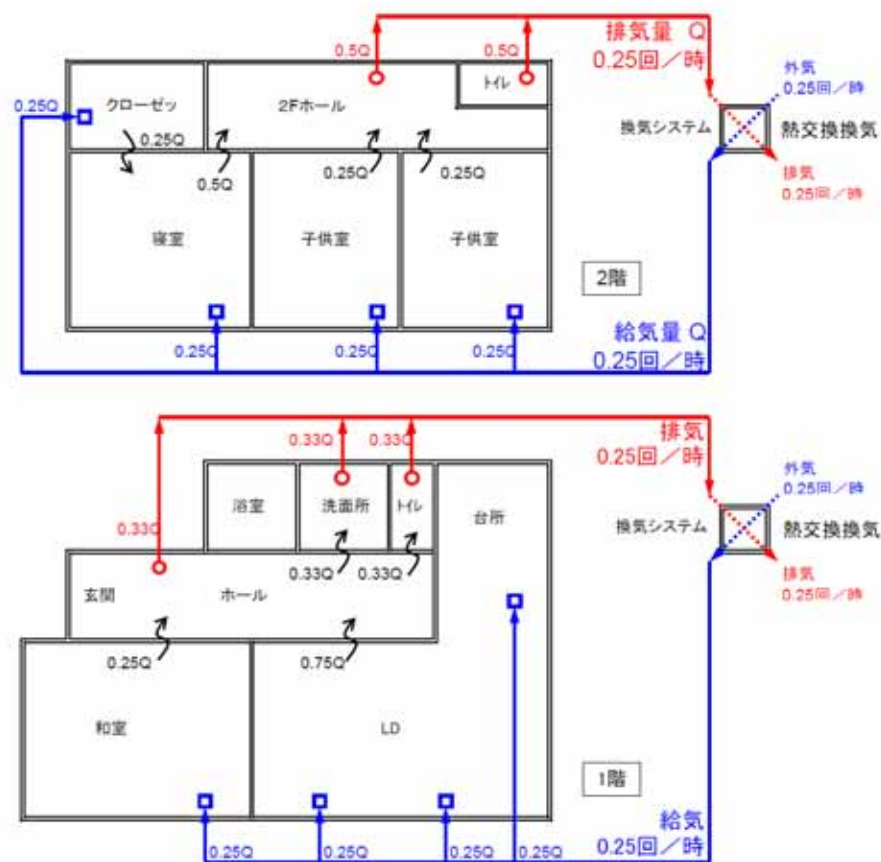


図 3.2.1 全般換気モデル（熱交換換気有）

3.3 通風の負荷削減効果評価に係るモデル

(1) 通風の負荷削減効果の評価にあたって

「住宅事業建築主の判断の基準」では、通風のための措置を勘案して冷房設備の一次エネルギー消費量を算定することとしており、冷房負荷を計算する際に通風による移動熱量を見込む必要がある。通風によって室内に導入される空気量(通風量)は主に以下の要素に左右されると考えられる。

- ・外部風向・風速
- ・内外温度差
- ・対象住宅の周辺の状況(周辺の密集の程度、隣接住戸との距離、植栽や外構等)
- ・対象住宅の形状、プラン、開口部の位置と種類、面積

また、通風により移動する熱量は、通風量とともに内外温度差により決定される。さらに、居住者が開口部の開閉・冷房の利用についてどのような行動をとるかによっても、通風による冷房負荷削減効果は大きな影響を受ける。一般に通風時の温熱環境は気象条件から居住者の行動まで広範な要因が複雑に影響を及ぼして形成される。

以上の複雑な要因を考慮して通風の効果を評価検討することは、換気回路網計算や数値流体計算を用いることで可能となるが、設計実務者には複雑で、実務上現実的な評価法とはなっていない。

本節では、冷房を部分間欠運転(3.1節参照)で使用する際の通風の効果を簡易に検討するためにいくつかのモデル・仮定を導入し、通風の負荷削減効果の有無を判定するための要件の整理を行った(窓の開閉を行わないことが基本となる全館連続冷房時には通風の効果は想定しない)。通風の効果の有無は、想定した通風経路上に位置する開口部の開放可能な面積比(対象居室の床面積に対する開口部の開放可能な面積の比)を確保できるかどうかの通風措置の有無によって判定することとし、その判定の閾値を検討するために、以下のモデル・仮定をとっている。

- ・無分岐を想定した通風経路上での評価に限定
- ・通風時には一定の通風量が室内に導入されるという負荷計算上の仮定
- ・一定の外部風速の設定
- ・通風経路上の開口部間に作用する妥当な風圧係数差の選定
- ・内外温度差による流入出を考慮しない

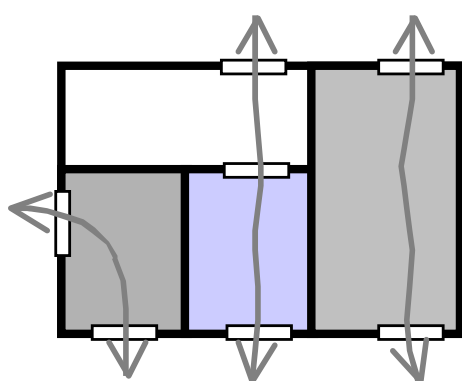
以下、開放可能な面積比による通風措置の有無の判定と、導入したモデル・仮定について説明する。

(2) 通風を確保する措置の有無の判定

通風を確保する措置の有無については、「算定用シート」ならびに「算定用Webプログラム」による場合は、「LDK」または「その他居室」ごとに判断するものとし(部分間欠運転で冷房を行う場合のみ)、それぞれの居室が以下の 又は に該当する場合に、通風を確保する措置がとられているものと判断して「有」を適用できるものとする。それ以外の場合は通風を確保する措置がとられていない(「無」)と判断する。ただし「その他居室」が複数ある場合は、冷房設備エネルギー消費量の算定・評価の対象とする居室における通風の確保の有無を判断する。

居室の方位の異なる壁面(屋根面含む。以下同じ)二面に面積比(対象居室の床面積に対する開口部の開放可能な部分の面積の比。同一の壁面上に複数の開口がある場合は合算可。以下同じ)1/35以上の外部に面する開放可能な開口部がそれぞれ設置されている(図3.3.1の経路)。次の全てに該当すること(図3.3.1の経路)。

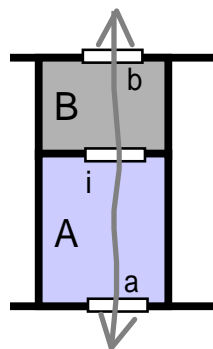
- イ. 居室の壁面一面に面積比1/20以上の外部に面する開放可能な開口部が設置されている。
- ロ. 当該居室の隣室(廊下等の非居室を含む)に面積比1/20以上の外部に面する開放可能な開口部が居室の開口部と異なる方位で設置されている。
- ハ. 当該居室と当該居室の隣室の間に面積比1/50以上の欄間等の開口部が設置されている。



通風を確保する措置がとられていると判断する面積比の要件
 通風経路 : 1/35以上
 通風経路 : 1/20以上、 1/50以上
 「面積比」とは「対象居室の床面積(図中の色付き部分の面積)に対する開口部の開放可能な部分の面積の比」とする
 同一の壁面(屋根面含む)上に複数の開口がある場合は「開口部の開放可能な部分の面積」を合算可とする
 「開口部の開放可能な部分の面積」は、簡単のためサッシ等の呼称にある内法基準寸法によってもよい。ただし、開放時にガラス障子に重なりが生じる窓サッシ(引き違い窓、上下窓等)については、重なり部分を除外する必要がある(引き違い窓の片側を除外する等(例: 内法基準寸法による呼称が「16513」の引き違い窓 $w1.65m \times h1.3m \div 2 = 1.07m^2$)).
 各経路上の 開口部は同一方位にないこと

図3.3.1 通風経路の概略図

なお、上記 (図3.3.1経路) の場合には居室2室を通過する通風経路も想定できる。この場合は上記 に従い、居室2室の各々で通風を確保する措置がとられているかどうかを図3.3.2のように考えるものとする。



- 居室A、Bの床面積を A_{fA} 、 A_{fB} 、開口部a、b、iの開放可能な部分の面積を A_a 、 A_b 、 A_i とすると、
- 1) 居室Aが、通風を確保する措置がとられていると判断できるのは、
 イ. $A_a/A_{fA} \geq 1/20$ ロ. $A_b/A_{fA} \geq 1/20$ ハ. $A_i/A_{fA} \geq 1/50$
 のすべてが該当する場合。
 - 2) 居室Bが、通風を確保する措置がとられていると判断できるのは、
 イ. $A_a/A_{fB} \geq 1/20$ ロ. $A_b/A_{fB} \geq 1/20$ ハ. $A_i/A_{fB} \geq 1/50$
 のすべてが該当する場合。
- 1)、2)を共にみたまつ場合に、居室A、Bの両室で通風を確保する措置がとられていると判断できる。

図3.3.2 居室2室を通過する通風経路での考え方

ここで、「開口部の開放可能な部分の面積」とは、厳密には実際に空気が通過できる部分の見付面積にあたるが、簡単のため窓サッシ等の内法基準寸法による呼称によってもよい。ただし、引き違い窓、上下窓等、開放時にガラス障子に重なりが生じる窓サッシについては、重なり部分を除外する必要がある(引き違い窓の片側除外等)。「開口部の開放可能な部分の面積」を以下に例示する。

例1：内法基準寸法による呼称が「02607」のすべり出し窓：w0.26m × h0.7m=0.18m²

例2：内法基準寸法による呼称が「16513」の引き違い窓：w1.65m × h1.3m ÷ 2=1.07m²

または をみだし、通風を確保する措置を「有」と判断された「LDK」または「その他居室」については、(4)で記す通風時に一定の通風量(換気回数にして5回/h)が対象居室内に導入される条件下で計算した負荷計算結果を使用して冷房設備の一次エネルギー消費量を算定することができるものとする。

以上の判定に用いる開放可能な面積比の要件は、本節(3)以下で行ったモデル・仮定による以下の条件のもと算定したものである。

- 1) 通風経路は分岐のない(直列の)経路を想定する。
 - 2) 導入される平均的な通風量Q[m³/s]が、換気回数(3600 × 通風量Q ÷ (床面積A_f × 天井高H))で5回/hを上回ること。ただし、天井高Hは2.4mとする。
 - 3) 基準風速V_{ref}は1.5m/sとする。
 - 4) 通風経路両端の開口部に作用する風圧係数差 C_pは0.05とする。
 - 5) 開口部の流量係数 αは、外部に面した開口部で0.5、室内開口部で0.6とする。
 - 6) 内外温度差の影響を考慮しない
- 2)の条件をみだす3600Q/(A_fH) ≥ 5となるためには、直列経路上開口部の合成抵抗をRとすると、

$$\frac{3600}{HA_f} V_{ref} \sqrt{\frac{\Delta C_p}{R}} \geq 5 \quad \therefore RA_f^2 \left(\frac{3600 \times 1.5}{5 \times 2.4} \right)^2 0.05 = 10125$$

となる。ここで、通風経路上の開口iの有効開口面積を α_iA_iとすると、

$$R = \sum_i \left(\frac{1}{\alpha_i A_i} \right)^2$$

であるから、通風経路 ①の場合に、二開口の面積が同じとして各開口の面積比A/A_fを求めると、

$$2 \left(\frac{A_f}{0.5A} \right)^2 \geq 10125 \quad \therefore \frac{A}{A_f} \geq \frac{1}{35.57} \approx \frac{1}{35}$$

となり、通風経路 ①の場合、二開口にそれぞれ面積比1/35以上の開口面積があれば換気回数にして5回/hの通風量を確保することができることになる。

また、通風経路 ②の場合、室内開口部の面積比A_i/A_fを1/50とし、外部に面した二開口の面積比を同じとすると、

$$2 \left(\frac{A_f}{0.5A} \right)^2 + \left(\frac{50}{0.6} \right)^2 \geq 10125 \quad \therefore \frac{A}{A_f} \geq \frac{1}{19.9} \approx \frac{1}{20}$$

となり、通風経路 ②の場合、外部に面した面積比1/20以上の開口二面と面積比1/50以上の室内開口部の組合せで、換気回数にして5回/hの通風量を確保することができることになる。

ここでは、開放可能な面積比を算定するためのモデル・仮定においては、通風利用の程度を考

慮した多段階の仮定を設けていない。これは、判定を簡易に行えることを優先したためであり、また、多段階のレベル分けを設定しても判断を適切に行うためのパラメータ設定が困難であることによる。とりわけ、パラメータ設定が困難である開口部間に作用する風圧係数差については通風量を過剰評価しないように設定($C_p=0.05$)していることから、上記の条件1)~6)のもと算出した面積比の要件は、通風による冷房負荷削減効果の抑制した評価につながるといえる。

(3) 無分岐を想定した通風経路について

期待できる通風量の評価にあたっては、分岐のない(直列の)通風経路を想定し、その経路上での評価に限定している。これは、分岐のある(網目状、ネットワーク状の)経路を想定すると、圧力と流量が各開口部抵抗のバランスにより決定されるため、換気回路網計算等の計算が必要となり、評価が困難になることによる。しかし、検討対象居室の開口部の中から主要な開口部を取捨選択し、分岐のない(直列の)経路を想定することで、導入を期待する通風量から必要となる開口面積の評価を簡単に行うことが可能となる。

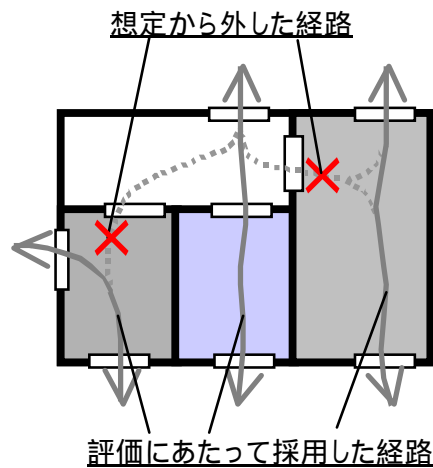


図3.3.3 通風経路の想定例

(4) 負荷計算における通風量一定の仮定について

本基準では、冷房を部分間欠運転で行う場合に通風による冷房負荷削減効果を見込めるものとしているが、負荷計算は通風時に一定の通風量が導入されるものと仮定して行っている。

室内に導入される通風量は実際には(1)で記したように時間とともに大きく変動しうるが、変動を前提とした評価は繁雑になる上に、(2)の面積比の妥当な要件設定を難しくさせる。

ここでは、換気回数で5回/h以上の通風量を平均的に確保できる場合に通風の効果を見込めるものとし、簡単のために通風時に導入される通風量を換気回数にして5回/hの一定値に固定し、冷房期間中に以下の条件を適用して行った負荷計算の結果を、通風を確保する措置を行った室の冷房負荷として採用する。

- ・ 在室時に、通風を利用し(換気回数で5回/hにあたる外気量を導入し)冷房を停止したままで室温を27 (就寝時28)以下に保つことができる場合は、通風を利用し冷房運転を停止した条件で対象居室の室温等を計算する(冷房負荷は発生しない)。
- ・ 在室時に、通風を利用し(換気回数で5回/hにあたる外気量を導入し)冷房を停止したままで

は室温が27（就寝時28）を上回る場合には、通風利用を停止し冷房により対象居室の室温を27（就寝時28）、相対湿度を60%に制御して、冷房顕熱負荷、冷房潜熱負荷の算定を行う。

・非在室時には、通風利用なし・冷房停止の条件で対象居室の室温等を計算する。

一方、通風を確保する措置がない室の冷房負荷については、通風を使用しない場合の負荷計算結果を用いることとする。

（5）一定の外部風速値の採用について

本基準の検討では、参照風速(参照高さは、戸建住宅の軒高相当として地上6.5mとする)として1.5m/sを採用している。この数値は拡張アメダス気象データ 1981-2000(財団法人日本建築学会編、2005年)所収の全国842箇所、20年分の風速データを検討し採用した。

図3.3.4は、1981年～2000年の20年間分の6月～9月の風速データから平均風速を算出し、平均風速の出現地点の分布を示している。1.0～1.5m/sの範囲となる地点が287地点、1.5～2.0m/sが236地点であり、1.0～2.0m/sの範囲に全国の62%(523地点)が収まる結果となっている。地域ごとの風の特徴を反映させることは困難が多いため、参照風速の値は出現頻度の多い1.5m/sに一元化している。

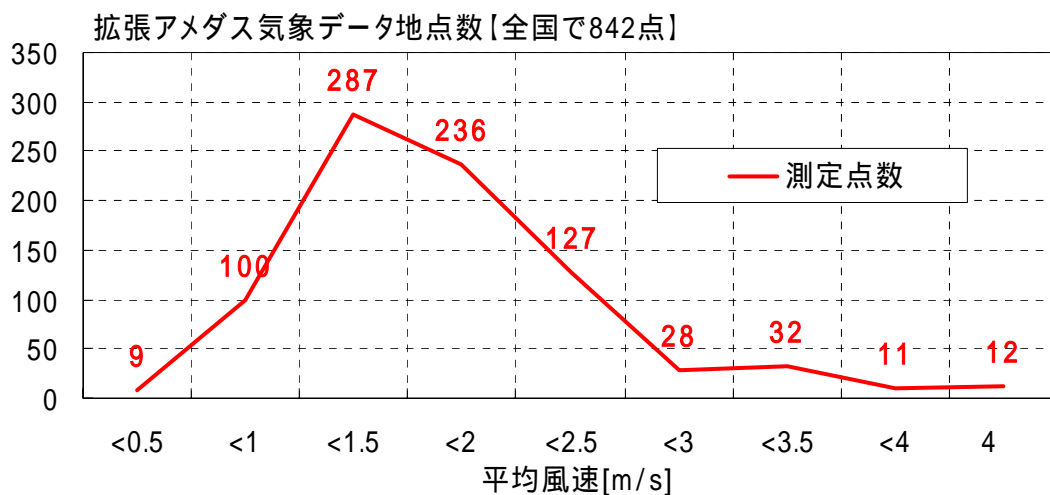


図3.3.4 平均風速レベルと観測点数

（6）通風経路上の開口部間に作用する妥当な風圧係数差の選定

本基準では、想定した通風経路の両端にあたる二開口部間に作用する風圧係数差 C_p の数値として0.05を採用している。これは、密集住宅地に位置する住宅の壁面二面間の風圧係数差を風洞実験結果から検討し、採用した数値である。

住宅の密集度(住宅間の距離を変えて12ケース)をパラメータとして風向を変えて(16方位)風洞実験を行い表面に作用する風圧を測定した結果を用い、二開口部間に作用する風圧係数差について図3.3.8の5グループについて分析した。A、Bは1階、2階の隅角部を挟んで直角な通風経路(1居室に2開口ある場合)を想定したグループ、C、Dは各階で対面位置に開口がある経路(大きな居室に対面した開口がある場合や室内開口を介した通風経路の場合)を想定したグループ、Eは2階居

室壁面の開口部と天窗の組合せを想定したグループとなる。なお、ここで検討した風圧係数差は、経時的な風圧変動が室内に導入する外気量を増加させる効果を加味して検討している。

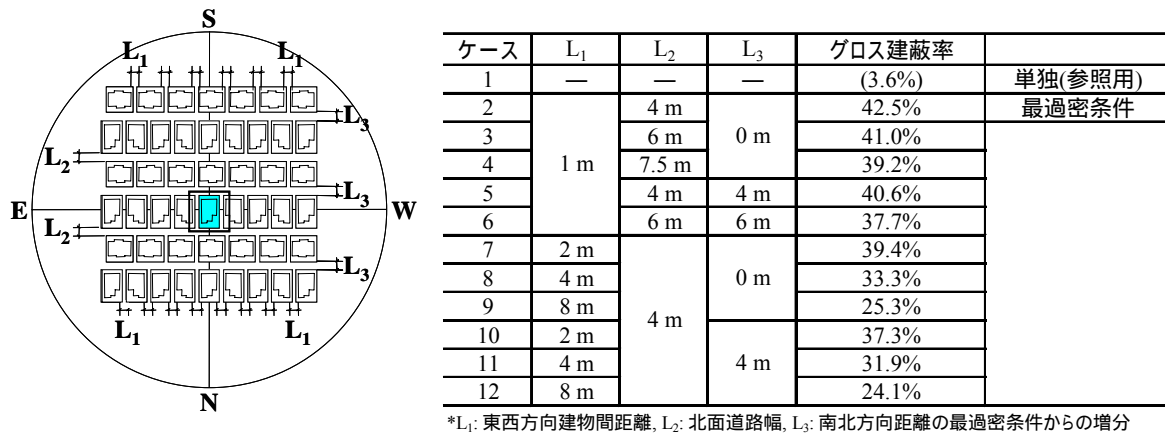


図3.3.5 風洞実験のレイアウトと実験ケース

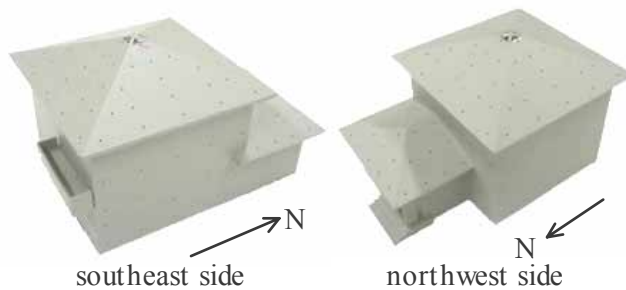


図3.3.6 建物モデル

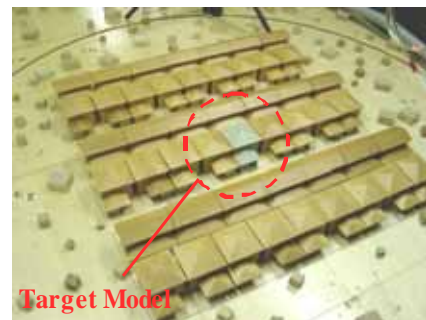


図3.3.7 実験状況(最過密条件)

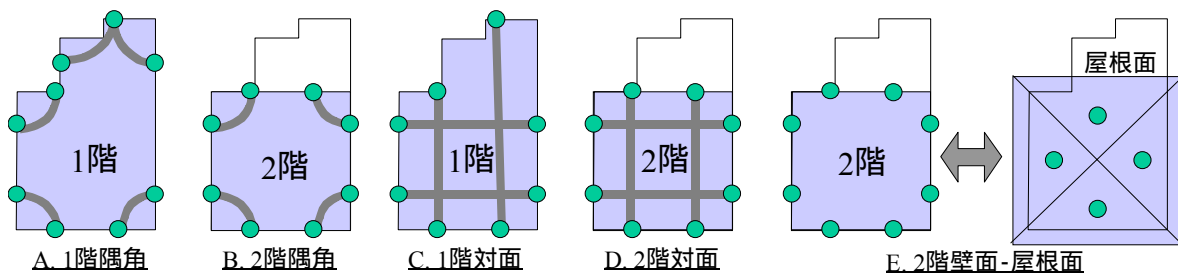


図3.3.8 分析した開口部位置の組合せ

図3.3.9は、5グループの中で最も風圧係数差を確保しづらい結果となったグループA(1階隅角部を挟んだ通風経路)における住宅地の密集度(グロス建蔽率)と風圧係数差の関係を示したものである。また、表3.3.1はグループ毎に風圧係数差をまとめたものである。得られた知見は以下のとおりである。

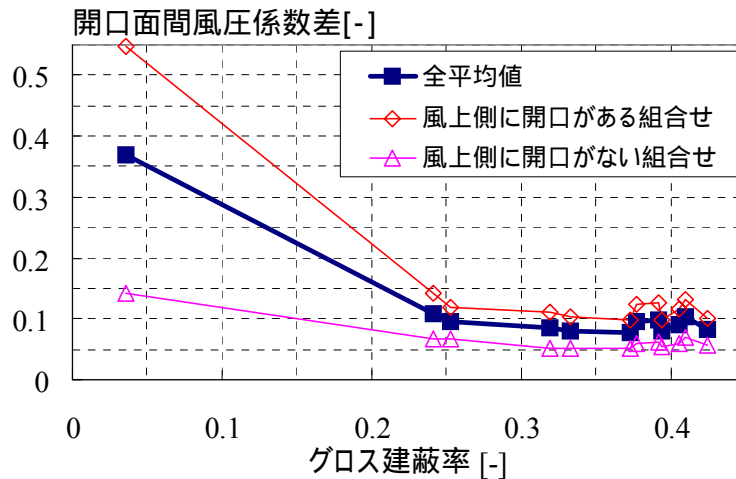


図3.3.9 密集度(グロス建蔽率)と風圧係数差の関係(グループA)

表3.3.1 通風経路の組合せによる風圧係数差

想定した通風経路		開口位置と風向の関係					採用した値
立地条件	開口位置と風向の関係	A. 1階隅角	B. 2階隅角	C. 1階対面	D. 2階対面	E. 2階壁面-屋根面	
密集住宅地	開口部が風上側にある場合	0.1 ~ 0.14	0.08 ~ 0.21	0.08 ~ 0.15	0.08 ~ 0.23	天窓が風下側屋根面にある場合	0.15 ~ 0.22
	開口部が風上側でない場合	0.05 ~ 0.07	0.06 ~ 0.08	0.08 ~ 0.13	0.08 ~ 0.14		

- ・ 密集度(グロス建蔽率)が高くなると開口部間で得られる風圧係数差は小さくなる。ただし、グロス建蔽率で20%~40%程度の一般の住宅地に限れば、グループA(1階隅角)では大きな変化は見られない(ただし、グループD(2階対面)やグループE(2階壁面 屋根面間)では、密集度が小さくなると風圧係数差がやや大きくなる傾向は確認された)。
- ・ 一般の住宅地では、二開口のうちの少なくとも一面が風上側に位置する場合(図中)、ここでは上空の風向に開口部が45°以内で面している場合を風上側に位置するとしている)と二開口がともに風上側に位置しない場合(図中)では際だった違いがない。開口部が風上側に位置する配置で0.1程度、風上に位置しない配置で0.05程度が平均となる。
- ・ 開けた敷地では、開口面が風上側に位置すると0.5以上、風上側に開口部がない場合だと0.15程度と大きな差が生じる。
- ・ グループA以外は数値が多少増大するが、グループAとほぼ同じ傾向を示す。

周囲の状況に応じて開口面間風圧係数差を適切に設定することは困難であるため、ある程度安全側(通風による効果が抑制される側)に設定しておくことが妥当と考えられる。上記の分析では、一般的な住宅地で0.05程度(風上側に開口が面しない条件で)という数値があがっており、この値を通風量を過大評価しない風圧係数差として採用している。

(7) 開口部に適用する流量係数について

開放可能な面積比の閾値を算定するにあたっては、開口部の流量係数を外部に面した開口部で0.5、室内開口部で0.6としている。これは、室内開口部については単純形状の開口を、外部に面した開口部については網戸が付随した引違窓を想定した値である。

しかし、流量係数は一般に気流が開口面に垂直に流入流出する場合に大きく、斜めに流入流出するにつれ小さくなることが知られている。また、開放時にガラス障子が開口面に対し斜めになる内倒し窓、すべり出し窓等では引違窓に比べ一般に小さい値をとる。これを0.5もしくは0.6で一定値としている理由としては評価の簡易化という意味が大きい。他に、流入出角度の影響を考慮するために必要な室内外の気流性状の想定が困難であること、内倒し窓、すべり出し窓等は、引違窓より防犯性能を確保しやすく通風を利用しやすくなると思われることから、内倒し窓、すべり出し窓等にインセンティブを与える必要があること、といった意味合いもある。

(8) 内外温度差について

本節の検討では、内外温度差に起因する風量は考慮していない。

高低差がある二開口間では、室温が外気温を上回る一般的な状況において内外温度差により低位置開口から高位置開口に向けた気流が誘発されることが多い。また、高さ方向の大きい開口部では特に、内外温度差により同一開口面内での流入流出が併存する状況も多く見受けられる。しかし、高低差がある二開口間で風圧差と内外温度差による駆動力が逆に作用する場合を除けば、内外温度差を無視することは通風量を安全側に見積もることになる(内外温度差と風圧の二つの駆動力が逆向きに作用する状況は、室温が外気温を上回る人が多いことを考えると、高位置開口の風圧が高くなる場合に生じやすいといえる。内外温度差の効果を考慮して、天窓や頂側窓を卓越風向の風下側に設けることでこの事態は回避できる)ことから、簡便のため考慮しないこととした。

(9) 通風計画時の留意点

本基準では、通風による冷房一次エネルギー削減効果を評価する際の要件を通風量を左右する開放可能な面積で整理している。しかし、冷房一次エネルギーを削減しつつ適切な室内環境を確保するためには、断熱、日射遮蔽、外構、ルームエアコンディショナーの性能等についても適切な計画・設計を欠くことはできない。また、エネルギー消費量を直接左右しないものの、防犯性の確保、外部騒音への対策、プライバシーへの配慮といった開口を開けることで高まるリスクへの対応も十分に行わなくてはならない。

また、本節(2)で外部に面した開口の開放可能な面積比の閾値を設定した際に過度に大きな値とならないようにしている点に注意されたい(特に通風経路での1/35については)。これは、夜間に防犯に配慮しつつ開けておける窓の導入を念頭において要件設定されたものである。設定した閾値を超える開放面積を確保できるようにすることで、日中の在室時など防犯を比較的気にせずともよい状況においては、居住者の判断で開口をさらに開け通風量を多く確保することができることから、冷房一次エネルギー消費量削減を図るためには望ましいと言える。

3.4 熱負荷計算結果の概要

ここでは、3.1～3.3 節に示したモデルや設定に基づき、計算した結果について示す。断熱性能は地域ごとに3種類設定し(表 3.1.3)、3.1 節に示すスケジュールによる暖冷房負荷、3.2 節で示す熱交換換気を想定した場合の暖房負荷、3.3 節で示す夏季の通風を想定した場合の冷房負荷について、暖房負荷 26 種類(表 3.4.1)、冷房負荷 18 種類(表 3.4.2)の計算を行った。なお、断熱性能は、日本住宅性能表示制度において規定されている温熱環境に関する熱損失係数の基準を基に、本節では省エネルギー対策等級にて表示し、等級 3 相当、平成 11 年基準相当(等級 4 相当)、平成 11 年基準を上回る仕様による負荷計算結果を示す。

表 3.4.1 暖房負荷設定モデル一覧

暖房負荷	全館連続運転		全居室連続運転		部分間欠運転	
	熱交換なし	熱交換あり	熱交換なし	熱交換あり	熱交換なし	熱交換あり
a						
b						
a						
b						

熱交換なし：3.1 節に示す負荷設定条件により計算を行った結果

熱交換あり：3.2 節に示す熱交換換気の負荷設定条件により計算を行った結果

表 3.4.2 冷房負荷設定モデル一覧

冷房負荷	全館連続運転		部分間欠運転	
	通風なし	通風あり	通風なし	通風あり
a				
b				

通風なし：3.1 節に示す負荷設定条件により計算を行った結果

通風あり：3.3 節に示す通風の負荷設定条件により計算を行った結果

(1) 暖房負荷計算結果

図 3.4.1 から図 3.4.3 に暖房負荷計算結果を示す。ここで示す「全館連続運転」は、非居室を含む全居室、「全居室連続運転」は居室(居間、台所、和室、寝室、子供室 2 室)のみ、「部分間欠運転」は空調条件を設定した居室(居間、台所、寝室、子供室 2 室)の暖房顕熱負荷の合計である。なお、非居室には、階間部分の負荷は含まない。

図 3.4.1 に 3.1 節の計算条件による熱損失係数と暖房負荷の関係を示す。断熱性能別に見ると、

熱損失係数の設定にあまり差がない a 地域及び b 地域は、等級 4 を上回る仕様が等級 3 仕様と比べて約 30%の負荷削減となった。一方、地域以南においては断熱性能が大きく向上するため、等級 3 仕様と比べると負荷は 60～80%削減した。地域別に見ると、等級 4 仕様の場合、今回細区分した a 地域の暖房負荷は b 地域の約 1.2 倍、a 地域の暖房負荷は b 地域の約 1.4 倍となった。同じ断熱性能（ここでは熱損失係数）でも気候特性による差は大きい。

図 3.4.2～図 3.4.4 に地域別断熱性能別の暖房負荷計算結果を示す。なお、断熱性能別の設定値の違いは、熱損失係数の設定値により表示する。熱交換換気の負荷削減効果は、地域によっては若干の差はあるものの、断熱性能別の傾向は同じである。等級 3 仕様の場合で 10～15%（地域は 24%）、等級 4 仕様の場合で 15～20%（地域は約 27%）、等級 4 を上回る仕様で 30～40%の効果が見込まれる結果となった。全体的に断熱性能が低いと熱交換による負荷削減効果は小さくなるが、地域においては、等級 3 仕様から等級 4 を上回る仕様において断熱性能にあまり差がないことから、負荷削減効果も同程度となった。一方、地域以南では、等級 3 仕様から等級 4 を上回る仕様において断熱性能が向上していることもあり、熱交換による負荷削減効果は倍以上見込まれる結果となった。

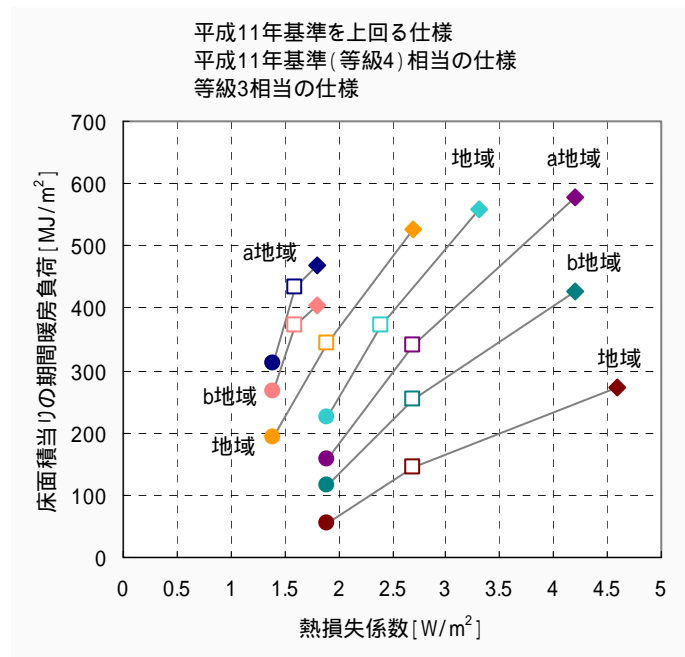


図 3.4.1 熱損失係数と暖房負荷の関係（暖房条件は全館連続運転）

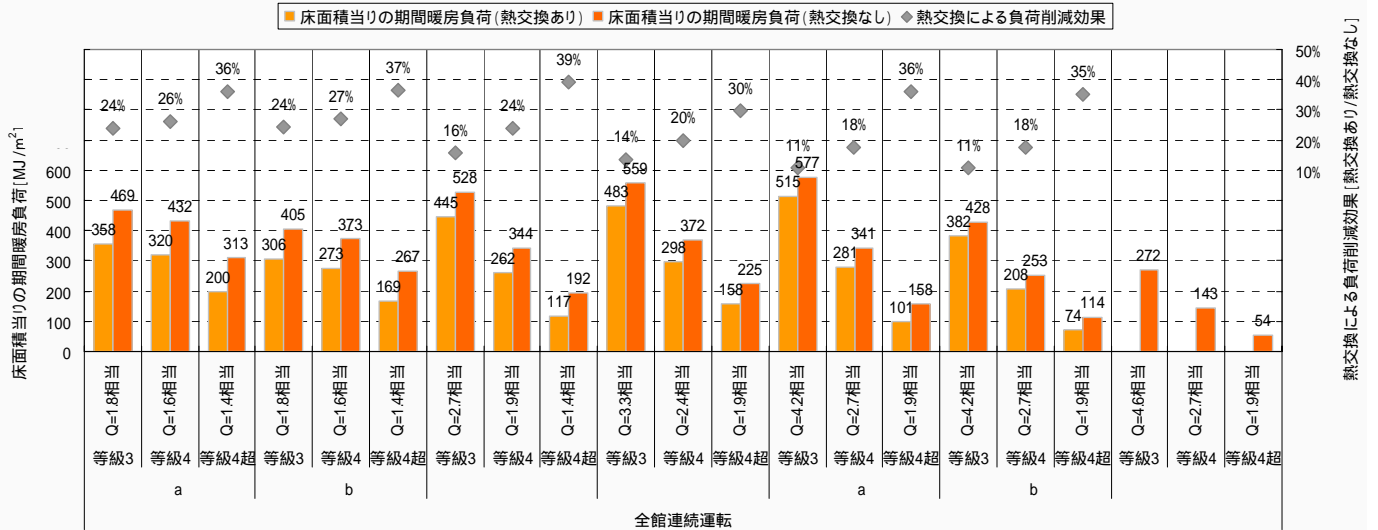


図 3.4.2 地域別断熱性能別の暖房負荷計算結果（全館連続運転）

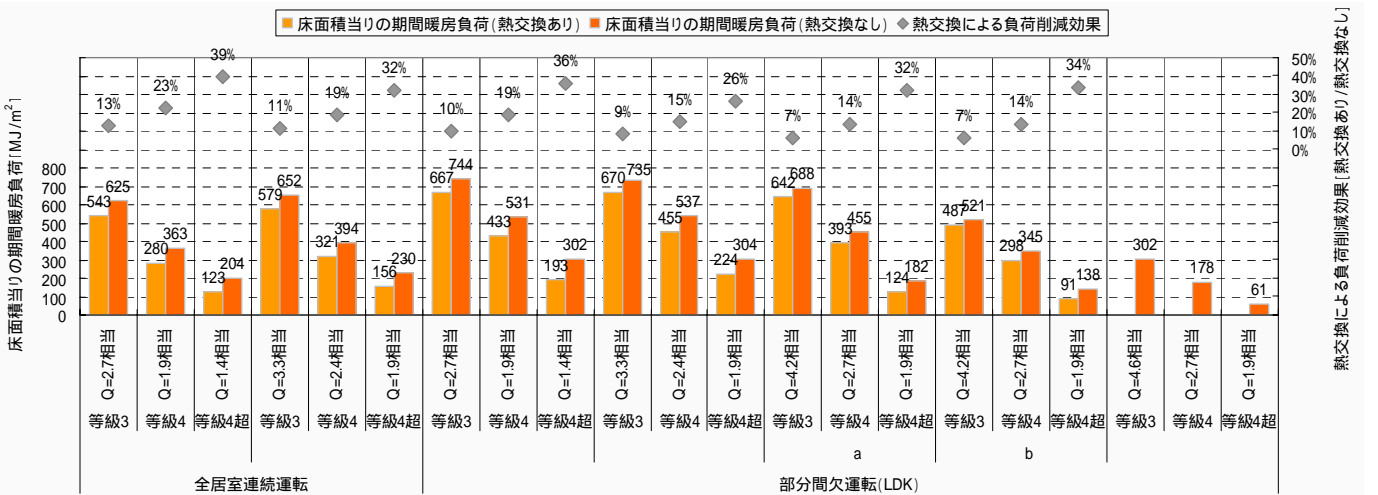


図 3.4.3 地域別断熱性能別の暖房負荷計算結果（全居室連続運転 / 部分間欠運転（LDK））

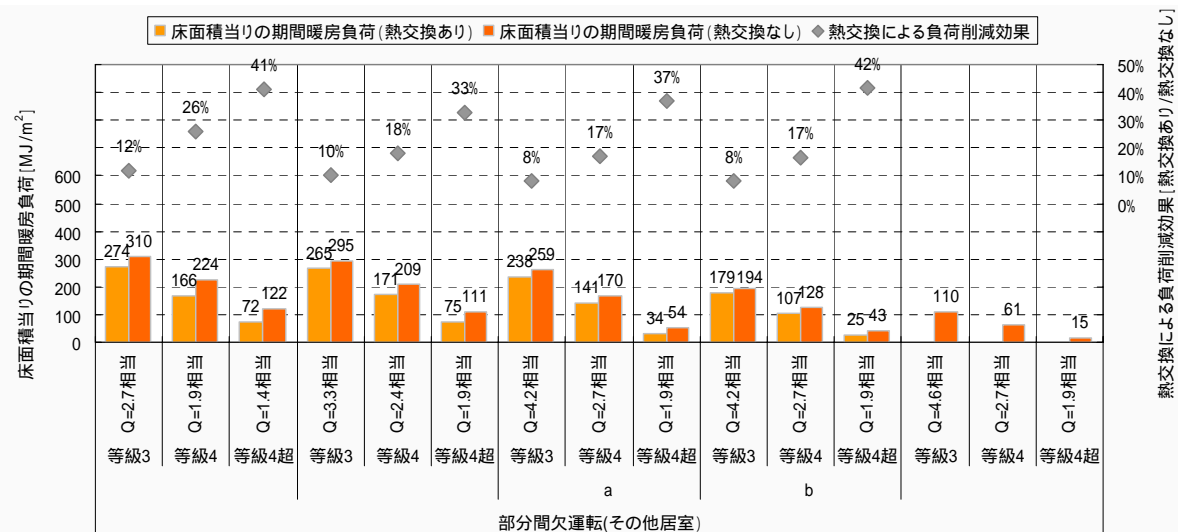


図 3.4.4 地域別断熱性能別の暖房負荷計算結果（部分間欠運転（その他居室））

(2) 冷房負荷計算結果

図 3.4.5 から図 3.4.8 に地域別断熱性能別の冷房負荷計算結果を示す。ここで示す「全館連続運転」は非居室を含む全居室、「部分間欠運転」は、空調条件を設定した居室（居間、台所、寝室、子供室 2 室）の冷房潜熱及び顕熱負荷の合計である。非居室には、階間部分の負荷は含まない。なお、断熱性能別の設定値の違いは、暖房負荷計算結果に同じく、熱損失係数の設定値により表示する。

図 3.4.5 に 3.1 節の計算条件による夏季日射取得係数と冷房負荷の関係を示す。地域ごとに見ると、～ 地域においては、夏季日射取得係数の違いによる冷房負荷の差はあまり見られない。

地域は夏季日射取得係数の向上に伴い、等級 3 仕様から等級 4 を上回る仕様で大きく負荷が削減した。

図 3.4.6～図 3.4.8 に地域別断熱性能別の冷房負荷計算結果を示す。断熱性能別に見ると、地域から a 地域においては、前述の暖房負荷に比べると、冷房負荷の割合は非常に小さい。また、断熱性能別に見ると、地域から 地域は、冷房負荷と相関のある夏季日射取得係数の設定値にあまり差がないことから（図 3.4.5）全館連続運転の場合も部分間欠運転の場合も、ほぼ冷房負荷は同じである。地域は夏季日射取得係数を等級 3 仕様の 0.08 から等級 4 を上回る仕様の 0.04 まで大幅に強化することにより、冷房負荷を約 50%削減する結果となった。

図 3.4.7、図 3.4.8 に部分間欠運転時の通風による負荷削減効果を示す。今回の計算では、部分間欠運転時の負荷削減に通風が寄与するとして設定している。地域を除くと、いずれの地域も断熱性能の向上に伴い通風効果が大きくなる結果となった。通風による負荷削減効果は 地域で最も大きく等級 3 仕様 LDK（図 3.4.7）で 20%、等級 4 を上回る仕様で 34%、等級 3 その他居室（図 3.4.8）で 24%、等級 4 を上回る仕様で 38%となった。温暖地となるにつれて通風時間帯の外気温度も上昇するため、通風効果はだんだん小さくなる。地域以南では、LDK で 5～10%前後、その他居室で 6～20%、地域ではいずれの居室も 5%以下を見込む結果となった。

図 3.4.9 に負荷帯毎の出現頻度の一例を示す。通風することでルームエアコンディショナーの効率が低下する低負荷帯を中心に冷房の稼働が抑制されており、通風による期間負荷削減効果とともに平均効率の向上による効果が見込める結果となった。

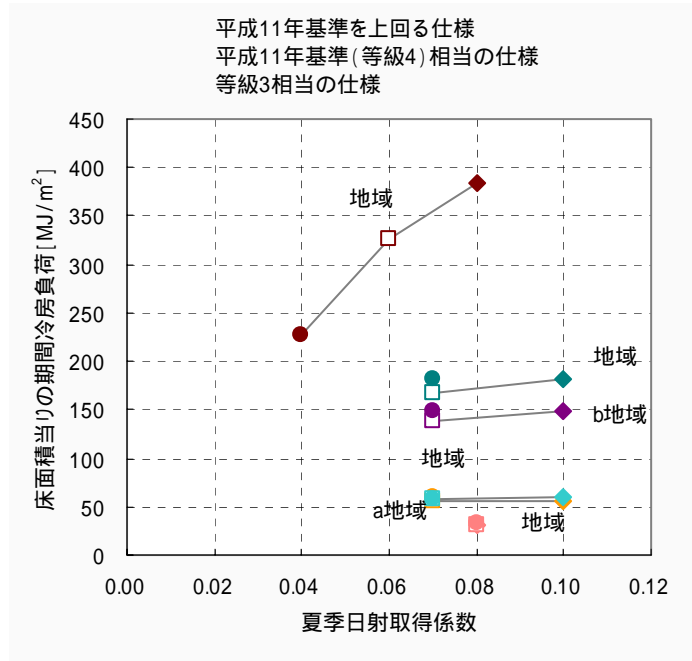


図 3.4.5 夏季日射取得係数と冷房負荷の関係 (冷房条件は全館連続運転)

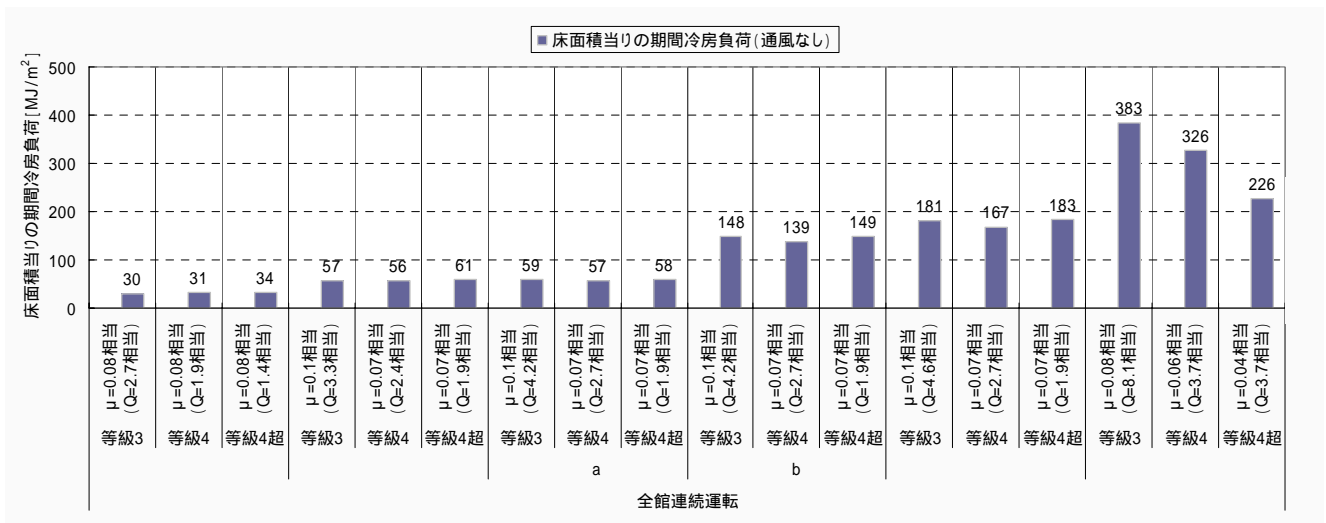


図 3.4.6 地域別断熱性能別の冷房負荷計算結果 (全館連続運転)

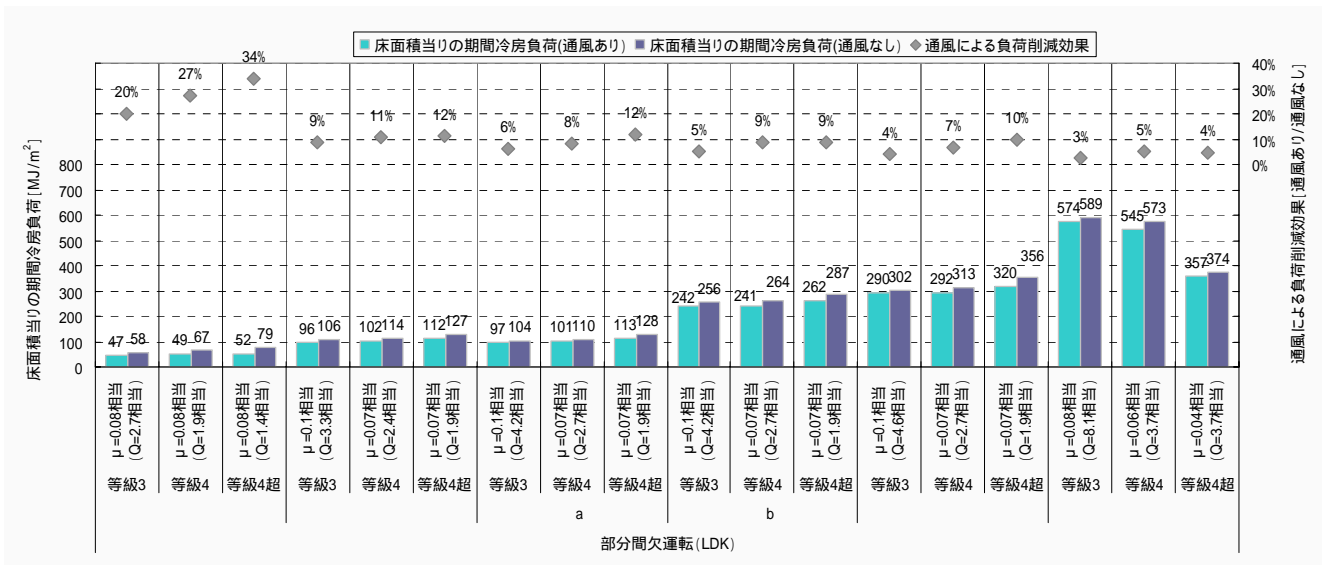


図 3.4.7 地域別断熱性能別の冷房負荷計算結果 (部分間欠運転 (LDK))

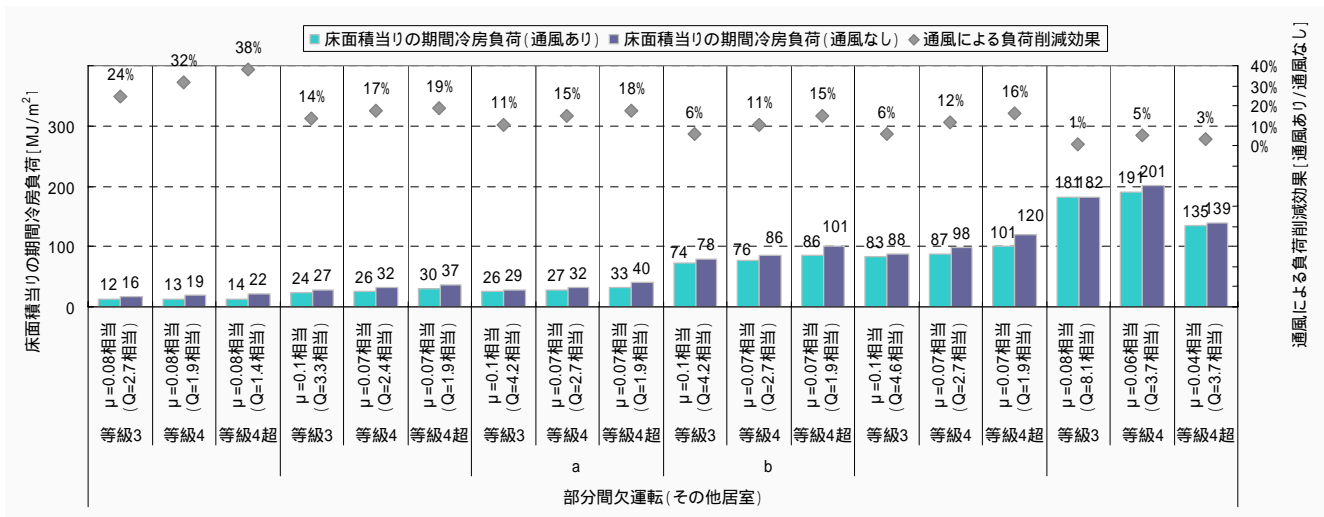


図 3.4.8 地域別断熱性能別の冷房負荷計算結果 (部分間欠運転 (その他居室))

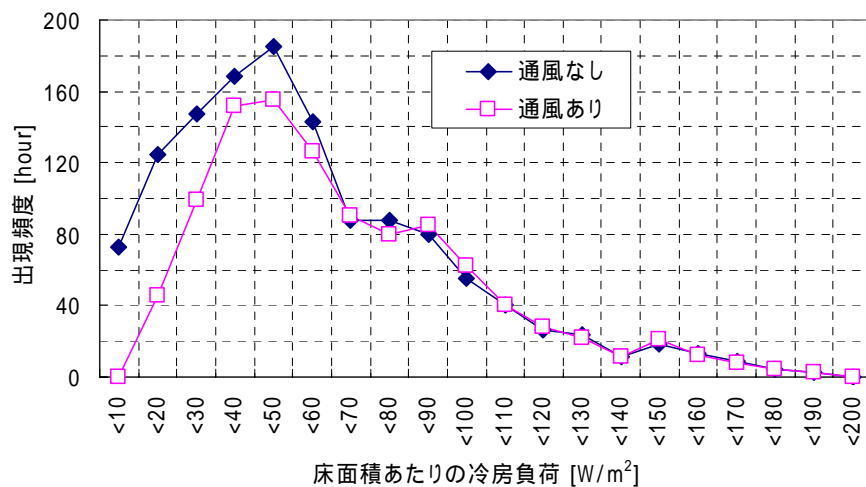


図 3.4.9 通風の有無別の冷房負荷帯毎の出現頻度 (b 地域, μ=0.07(Q=2.7)相当, 部分間欠運転, LDK)

注

- 1) 自立循環型住宅開発プロジェクト：国土交通省国土技術政策総合研究所と独立行政法人建築研究所により、平成 13 年度より進められている研究・開発プロジェクト

参考文献

- 1) AE-Sim/Heat ((株) 山内設計室 http://www.yip-i.co.jp/program/soft_aecad03.html)
- 2) S. Nishizawa, et al., "Evaluation of effect of the wind pressure fluctuation for cross ventilation in the residential district", Proceedings of AIVC 2008, Vol.2, pp.367-362, 2008.10

