

の助走期間とする。表3に冷房、換気量、人体、照明等の内部発熱スケジュールを示す。各スケジュールは空気調和・衛生工学会の「住宅の消費エネルギー計算用設定条件のモデル化(文献2)」を参考に作成した。

2.2 数値解析結果

(1) 室内温度、冷房負荷の時間変化

図2に東京の最高気温日(8/21)の室内温度、冷房負荷の時間変化を示す。日射遮蔽(CASE 遮蔽なしとCASE 遮蔽ありを比較)による日中の冷房負荷低減効果は大きい。日中の冷房停止時においては急激な室内温度上昇が見られ

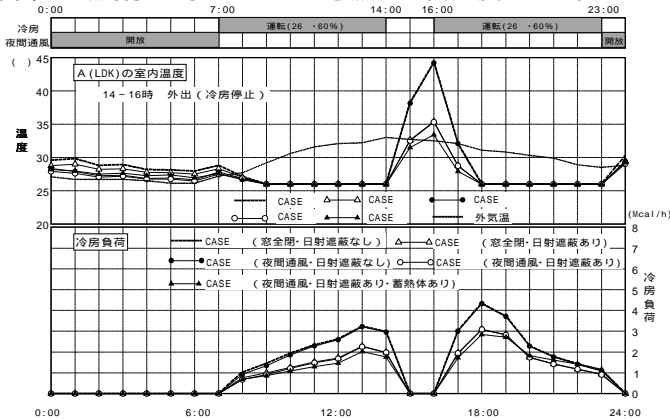


図2 室内温度と冷房負荷の時間変化(東京) (8/21 最高気温日)

るが、日射遮蔽により最高で、室温は45 から約10 低下する。更に蓄熱体の使用により、日中の冷房停止時の室内温度は最高で、35 から約2 低下している。また、夜間通風(CASE 夜間通風なしとCASE 夜間通風ありを比較)を行った場合、夜間の室内温度低下に若干の効果が見られるが、冷房負荷低減効果は相対的に小さい。

(2) 各解析CASEの比較

図3に東京の8月の各解析CASEの日積算冷房負荷の比較を示す。

(a)日射遮蔽:図3-(a)に日射遮蔽の有無による日積算冷房負荷の比較を示す。日射を遮蔽することで冷房負荷を約30%低減することができ、冷房負荷低減に効果的である。

(b)夜間通風:図3-(b)に夜間通風の有無による日積算冷房負荷の比較を示す。冷房負荷低減率は約2%であり、夜間通風の効果は小さい。

(c)蓄熱体:図3-(c)に蓄熱体の有無による日積算冷房負荷の比較を示す。冷房負荷の低減率は約6%であり、蓄熱体の効果は小さい。

(3) 日本各都市の比較

表4に各都市における夏季(7月~9月)の冷房負荷低減量とCASE に対する各解析CASEの低減率を示す。日射遮蔽の効果は大きく、どの都市においても冷房負荷低減

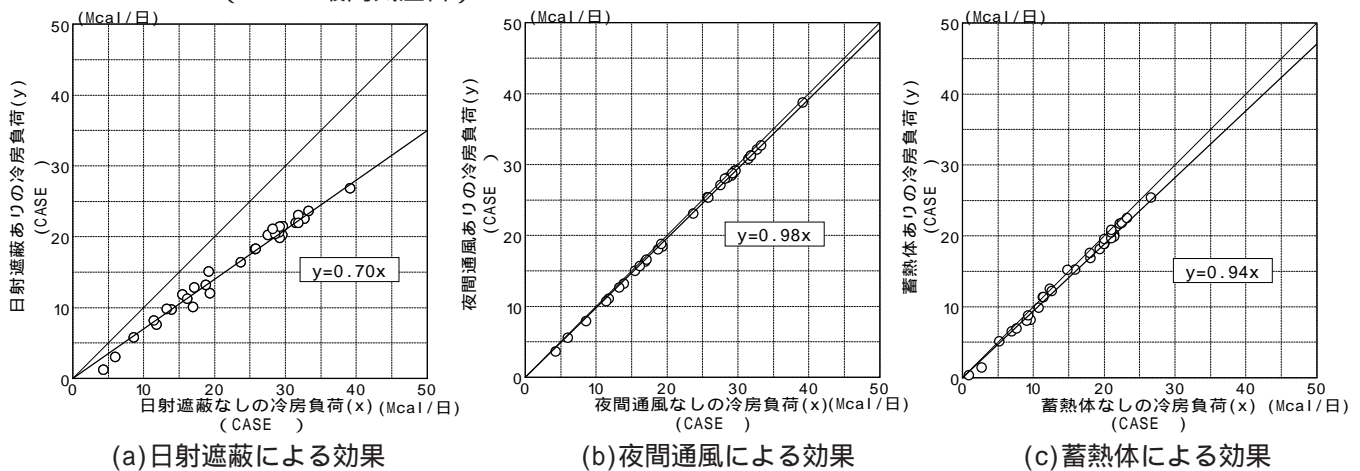


図3 8月の日積算冷房負荷の比較(東京)

表4 各都市における冷房負荷低減量と冷房負荷低減率(LDK)

都市	CASE (日射遮蔽あり)		CASE (夜間通風あり)		CASE (日射遮蔽・夜間通風あり)		CASE (日射遮蔽・夜間通風・蓄熱体あり)	
	冷房負荷低減量 (Mcal)	冷房負荷低減率 (%)	冷房負荷低減量 (Mcal)	冷房負荷低減率 (%)	冷房負荷低減量 (Mcal)	冷房負荷低減率 (%)	冷房負荷低減量 (Mcal)	冷房負荷低減率 (%)
札幌	530	55	51	5	560	58	674	70
仙台	473	44	48	5	508	47	595	56
新潟	536	39	43	3	570	42	637	48
東京	692	31	56	3	734	33	844	37
名古屋	690	35	62	3	740	37	845	43
大阪	691	33	55	3	734	36	823	40
高松	735	36	62	3	784	38	884	43
広島	736	35	66	3	789	37	897	42
高松	742	34	53	2	784	35	867	39
那覇	858	31	35	1	884	32	945	34

率は30%以上であり、500～900Mcal程度の低減量となっている。また、夜間通風の効果は小さくどの都市でも冷房負荷低減率は5%以下である。また、日射遮蔽・夜間通風・蓄熱体の設置を組み合わせたCASEは全ての都市において最も冷房負荷低減量が大きく、特に札幌、仙台では冷房負荷低減率が50%以上となる。

(4) 経済効果

表5に各都市の電力料金低減額を示す。電力料金低減額は、エアコンの成績係数COP=3、電力量1kWh当たりの料金を25円として算出する。日射遮蔽の効果による電力料金低減額は多く、各都市において5,000～8,000円程度の電力料金が低減できる。夜間通風の効果による電力料金低減額は少なく、300～600円程度である。

(5) 環境負荷低減効果

表6に各都市の冷房負荷低減によるCO₂の排出低減量を示す。低減量はCO₂の排出原単位に冷房負荷低減量を乗じて算出する。また、ここでの値はCO₂換算¹⁾を利用する。

表5 各都市の電力料金低減額(7～9月)

都市	電力料金低減額(円)			
	CASE	CASE	CASE	CASE
	日射遮蔽	夜間通風	日射遮蔽 夜間通風	日射遮蔽 夜間通風 蓄熱体
札幌	5120	492	5409	6514
仙台	4570	468	4911	5753
新潟	5184	415	5514	6157
東京	6687	537	7095	8159
名古屋	6674	595	7149	8173
大阪	6683	530	7099	7957
広島	7113	636	7625	8671
高松	7107	597	7581	8545
福岡	7173	508	7577	8383
那覇	8292	342	8549	9139

表6 各都市のCO₂排出低減量(7～9月)

都市	CASE		CASE		CASE		CASE	
	日射遮蔽		夜間通風		日射遮蔽 夜間通風		日射遮蔽 夜間通風 蓄熱体	
	火力	総電力	火力	総電力	火力	総電力	火力	総電力
札幌	119	68	11	6	125	71	151	86
仙台	106	60	11	6	114	65	133	76
新潟	120	68	10	5	128	73	143	81
東京	155	88	12	7	165	94	189	108
名古屋	155	88	14	8	166	94	190	108
大阪	155	88	12	7	165	94	185	105
高松	165	94	14	8	176	100	198	113
広島	165	94	15	8	177	101	201	114
福岡	166	95	12	7	176	100	194	111
那覇	192	109	8	5	198	113	212	121

注*1) CO₂換算：排出される二酸化炭素そのものの重量であり、国連機関で使用される単位。

*2) 火力：最もCO₂の排出量の多い火力発電所の平均値
総電力：全発電所の平均値

CO₂の排出低減量は冷房負荷低減量に比例しており、CASEが最も低減が大きい。

3 集合住宅を対象とした数値解析

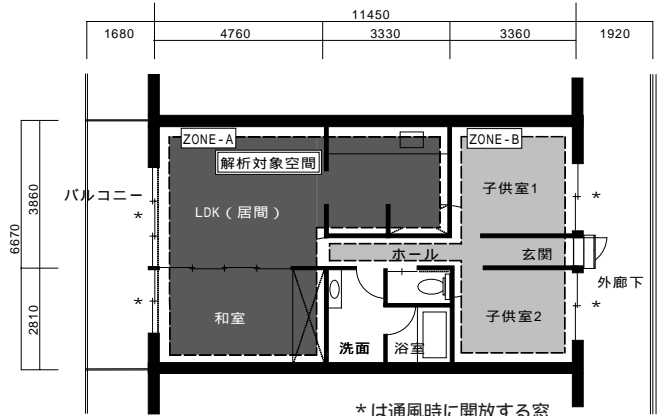
3.1 対象の概要

(1) 解析対象住宅：住宅・都市整備公団の汎用設計モデルより中間階中間住戸であり連続した建物の一部を切り取ったモデルとする。図4に集合住宅モデルの平面図と解析用のZONE割³⁾を、表7に断熱構造を示す。家族構成は戸建住宅と同様とする。

(2) 対象地域：戸建住宅と同様とする。

(3) 解析方法：LDK(居間)と和室(ZONE-A)における冷房負荷及び室内温熱環境に関する数値解析を行う。熱負荷シミュレーションは戸建住宅と同様とする。換気量は集合住宅における南北通風時の換気回数(文献4)を参考に基準換気回数、窓開放率、室容積、空気比重量、風速から通風量を算出した。表8に解析CASE番号と窓の開閉条件、日射遮蔽条件、外出時の冷房の運転有無を示す。

(4) 解析条件：計算期間は戸建住宅と同様とする。表9に冷房、換気量のスケジュールを示す。人体、照明等の内部



注*3) ZONE割：解析を行う際に、ZONE-A、Bをそれぞれ1室とみなして解析を行う

図4 集合住宅モデルの平面とZONE

表7 集合住宅の断熱構造

外壁	石膏ボード(10mm)+空気層+発泡ウレタン(20mm)+ALC(100mm)
戸境壁	石膏ボード(10mm)+空気層+RC(180mm)+空気層+石膏ボード(10mm)
間仕切り	石膏ボード(10mm)+空気層+石膏ボード(10mm)
床	フローリング(15mm)+モルタル(45mm)+RC(200mm)
窓ガラス	シングルガラス

*熱損失係数:1.4[W/m²·K] (=1.2[kcal/m²·h])

表8 解析CASE

CASE	窓の開閉条件	日射遮蔽	外出時の冷房運転
	終日窓全閉	なし	なし
	終日窓全閉	あり(遮蔽係数0.5)	なし
	外出時、夜間窓開放(1)	なし	なし
	外出時、夜間窓開放(1)	あり(遮蔽係数0.5)	なし
	夜間窓開放(1)	なし	なし
	夜間窓開放(1)	あり(遮蔽係数0.5)	なし
	夜間窓開放(1)	なし	あり
	夜間窓開放(1)	あり(遮蔽係数0.5)	あり

(1) 窓の開放率は0.5とし、図4に通風時に開放する窓を*で示す
(2) 漏気は常時0.5回/hと設定

発熱スケジュールは戸建住宅と同様とする。

3.2 数値解析結果

(1) 室内温度、冷房負荷の時間変化

図5に東京の最高気温日(8/21)の室内温度、冷房負荷の時間変化を示す。外出時において急激な室内温度上昇が見られるが、窓を開放することにより室温は34 から30 まで約4 低下する(CASE 外出時・夜間通風ありとCASE 通風なしを比較)。しかし、冷房運転再開時の冷房負荷は外出時に窓を開放しないCASEに比較して極めて大きい。これは外気の流入による潜熱負荷の増大が原因と考えられる。

(2) 各解析 CASE の比較

図6に東京の8月の各解析CASEの日積算冷房負荷の比較を示す。

(a) 日射遮蔽: 図6-(a)に日射遮蔽の有無による日積算冷房負荷の比較を示す。日射を遮蔽することで冷房負荷を約27%低減することができ、冷房負荷低減に効果的である。
 (b) 夜間通風: 図6-(b)に夜間通風の有無による日積算冷房負荷の比較を示す。冷房負荷低減率は約1%であり、夜間通風の効果は小さい。

(c) 外出時の通風: 図6-(c)に外出時の通風の有無による日積算冷房負荷の比較を示す。外出時に通風することで冷房負荷は増加し、その効果はマイナスに作用する。
 (d) 外出時の冷房: 図6-(d)に外出時の冷房の有無による日積算冷房負荷の比較を示す。外出時に冷房することで冷

表9 内部発熱・空調スケジュール

冷房	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
通常運転 温度()											26										26			
外出時運転 温度()																								

換気量	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
厨房換気 (m³/h)							400						200									400		
外出時換気 開放率																						0.5		
夜間換気 開放率							0.5																	0.5

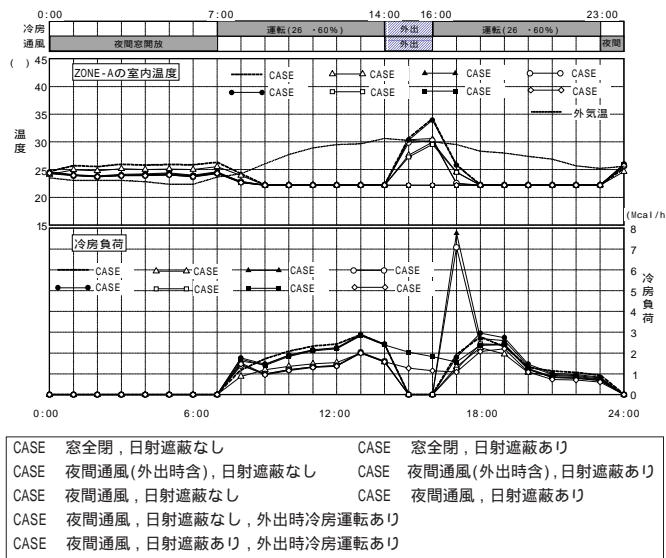
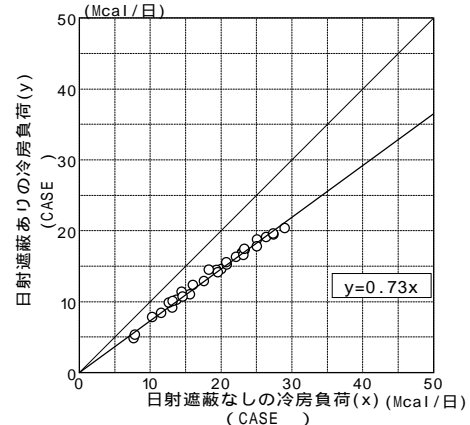
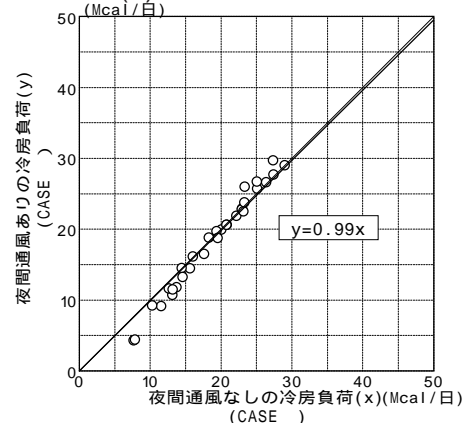


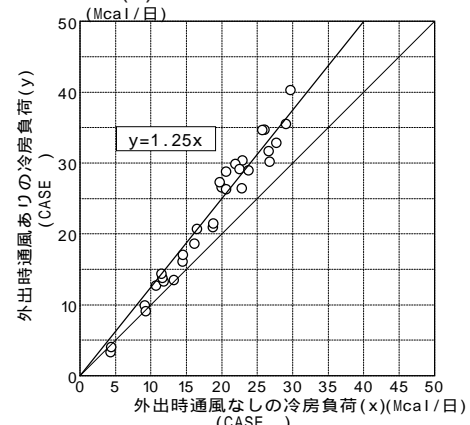
図5 室内温度と冷房負荷の時間変化(東京)
(8/21 最高気温日)



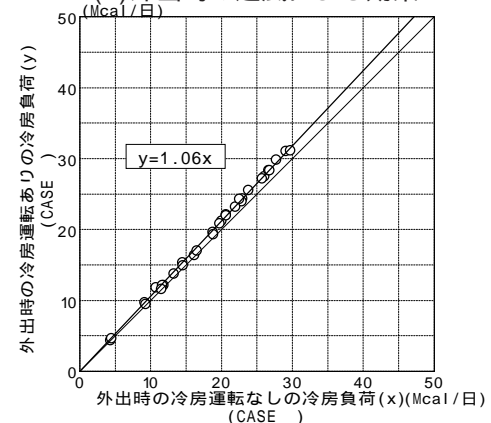
(a) 日射遮蔽による効果



(b) 夜間通風による効果



(c) 外出時の通風による効果



(d) 外出時の冷房運転による効果

図6 8月の日積算冷房負荷の比較(東京)

房負荷は増加し、その効果はマイナスに作用する。

(3)日本各都市の比較

表10に各都市における夏季(7月~9月)の冷房負荷低減量とCASE に対する各解析CASE の低減率を示す。日射遮蔽による効果は大きく、広島、高松、福岡、那覇では冷房負荷低減量が500Mcal 以上である。また、夜間通風(外出時を含む)の効果は、札幌で353Mcal、仙台で237Mcal、新潟で42Mcalの冷房負荷を低減しているが、他の都市においては、マイナスに作用する。夜間通風の効果は、那覇ではマイナスに作用するが、他の地域では、冷房負荷低減に効果的で、札幌、仙台での冷房負荷低減量は200Mcal 以上である。平均外気温の低い札幌では、日射遮蔽、外出時・夜間通風を組み合わせたCASE 、平均外気温の高い那覇では、日射遮蔽、終日窓全閉を組み合わせたCASE 、他の都市では日射遮蔽、夜間通風を組み合わせたCASE が最も冷房負荷低減に効果的である。冷房負荷低減効果は地域によって異なり、外気温、湿度などの気候条件が影響していると考えられる。

(4)経済効果

表11に各都市の電力料金低減額を示す。日射遮蔽と夜間通風を組み合わせたCASE は、札幌、新潟、名古屋、広

島、高松で電力料金低減額が6,000円以上であり、経済効果は大きい。しかし、都市によっては効果がマイナスに作用し、CASE 、CASE では都市により電力料金が增加する場合もある。

(5)環境負荷低減効果

表12に各都市のCO₂の排出低減量を示す。日射遮蔽と夜間通風を組み合わせたCASE は各都市において大幅なCO₂排出低減が可能であり、環境負荷低減への効果が大きい。

表11 各都市の電力料金低減額(7~9月)

都市	電力料金低減額(円)						
	CASE	CASE	CASE	CASE	CASE	CASE	CASE
	日遮	外・夜換	日遮 夜換 (外出時含)	夜換	日遮 夜換	夜換 外冷	日遮 夜換 外冷
札幌	4233	3411	6108	2824	6083	2150	5815
仙台	3844	2293	5149	2205	5464	1550	5146
新潟	4787	403	4353	1846	6180	969	5695
東京	3825	-1814	1463	870	4379	94	3906
名古屋	4767	-1575	2553	1655	6037	713	5489
大阪	4561	-1549	2373	1153	5378	215	4812
広島	5013	-675	3657	1489	6165	511	5593
高松	5148	-1290	3114	1396	6163	364	5555
福岡	5071	-2903	1430	650	5385	-397	4754
那覇	5787	-5760	-617	-1262	4234	-2522	3452

表10 各都市における冷房負荷低減量と冷房負荷低減率(ZONE-A)

都市	CASE		CASE		CASE		CASE		CASE		CASE		CASE	
	日遮		夜換(外出時含)		日遮,夜換(外出時含)		夜換		日遮,夜換		夜換,外冷房		日遮,夜換,外冷	
	低減量	低減率	低減量	低減率	低減量	低減率	低減量	低減率	低減量	低減率	低減量	低減率	低減量	低減率
札幌	438	54	353	43	632	77	292	36	629	77	222	27	602	74
仙台	398	41	237	24	533	55	228	23	565	58	160	16	532	55
新潟	495	35	42	3	450	32	191	13	639	45	100	7	589	41
東京	396	28	-188	-13	151	11	90	6	453	32	10	1	404	29
名古屋	493	31	-163	-10	264	17	171	11	625	40	74	5	568	36
大阪	472	29	-160	-10	245	15	119	7	556	34	22	1	498	31
広島	519	31	-70	-8	378	19	154	8	638	37	53	2	579	33
高松	533	32	-133	-4	322	23	144	9	638	39	38	3	575	35
福岡	525	30	-300	-17	148	9	67	4	557	32	-41	-2	492	28
那覇	599	28	-596	-28	-64	-3	-131	-6	438	21	-261	-12	357	17

日遮:日射遮蔽あり,夜換:夜間通風あり,外冷:外出時冷房あり 冷房負荷低減量と冷房負荷低減率の単位はそれぞれ(Mcal),(%)

表12 各都市のCO₂排出低減量(7~9月)

都市	CASE		CASE		CASE		CASE		CASE		CASE		CASE	
	日遮		夜換(外出時含)		日遮,夜換(外出時含)		夜換		日遮,夜換		夜換,外冷房		日遮,夜換,外冷	
	火力	総電力	火力	総電力	火力	総電力	火力	総電力	火力	総電力	火力	総電力	火力	総電力
札幌	98	56	79	45	142	81	66	37	141	80	50	28	135	77
仙台	89	51	53	30	119	68	51	29	127	72	36	20	119	68
新潟	111	63	9	5	101	57	43	24	143	82	22	13	132	75
東京	89	50	-42	-24	34	19	20	11	102	58	2	1	91	52
名古屋	111	63	-37	-21	59	34	38	22	140	80	17	9	127	72
大阪	106	60	-36	-20	55	31	27	15	125	71	5	3	112	64
高松	116	66	-16	-9	85	48	35	20	143	81	12	7	130	74
広島	119	68	-30	-17	72	41	32	18	143	81	8	5	129	73
福岡	118	67	-67	-38	33	19	15	9	125	71	-9	-5	110	63
那覇	134	76	-134	-76	-14	-8	-29	-17	98	56	-59	-33	80	46

日遮:日射遮蔽あり,夜換:夜間通風あり,外冷:外出時冷房あり (kg-CO₂)

4 戸建住宅と集合住宅の比較

冷房負荷低減量を冷房面積あたりの数値に換算し、戸建住宅と集合住宅の冷房負荷低減効果の特徴と地域性を比較・検討する。

4.1 日射遮蔽の効果

図7に日射遮蔽の効果の比較を示す。冷房負荷低減量、冷房負荷低減率ともに全ての都市において戸建住宅の方が、日射遮蔽の効果は大きい。

4.2 夜間通風の効果

図8に夜間通風の効果の比較を示す。福岡、那覇以外の都市では集合住宅の方が夜間通風による冷房負荷低減効果は高い。

4.3 日射遮蔽と夜間通風を組み合わせた効果

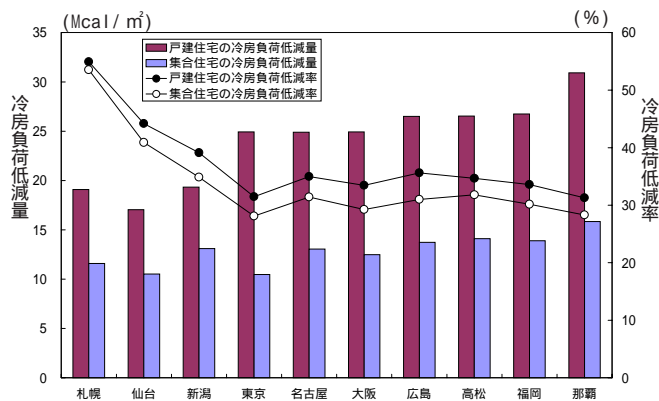


図7 日射遮蔽の効果の比較

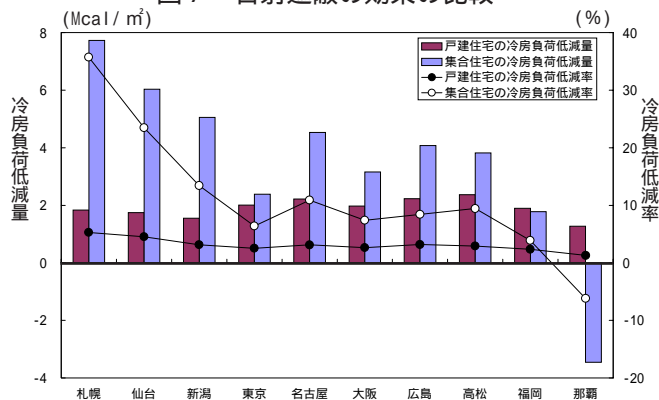


図8 夜間通風の効果の比較

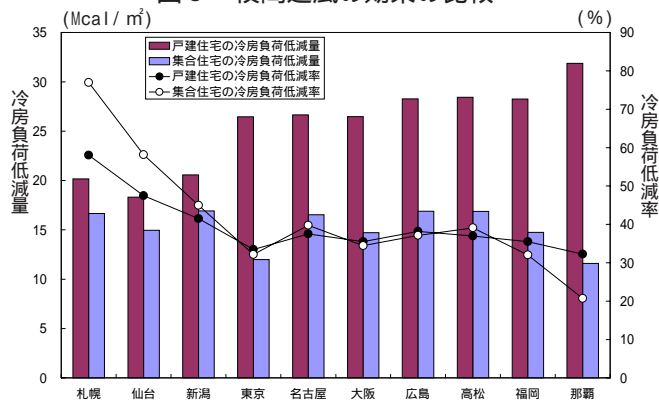


図9 日射遮蔽と夜間通風を組み合わせた効果の比較

図9に日射遮蔽と夜間通風を組み合わせた効果の比較を示す。冷房負荷低減量は、全ての都市において戸建住宅の方が多くなる。冷房負荷低減率は平均外気温の低い札幌、仙台では集合住宅の方が高く、平均外気温の高い那覇では、戸建住宅の方が高くなる。

5 まとめ

戸建住宅では、全ての都市において日射遮蔽により冷房負荷を30%以上低減することが可能であり、冷房負荷低減に効果的である。夜間通風による冷房負荷低減率は各都市で5%以下であり、その効果は日射遮蔽に比べ小さい。

集合住宅では、どの都市においても日射遮蔽による冷房負荷低減効果は大きい。夜間通風による冷房負荷低減率は、札幌、仙台において36%、23%とその効果は大きいですが、那覇においてはその効果はマイナスに作用し、冷房負荷を増大させる結果となった。7～9月は日平均外気温が高く、1日を通して気温が高いことが原因と考えられる。

外出時の冷房停止による急激な室内の温度上昇と冷房負荷の増大を防ぐことを期待して、外出時に窓を開放するCASEのシミュレーションを行った。外出時の窓開放により、室内の温度上昇は防げたが、札幌、仙台、新潟以外の都市で冷房負荷は増大しており、その効果はマイナスに作用した。潜熱負荷の影響が大きいことが原因と考えられる。

潜熱負荷の影響を防ぐため、外出時に冷房運転をするCASEのシミュレーションを行った。外出時の冷房運転により、外出時の急激な室内の温度上昇と、潜熱負荷の影響による冷房負荷の増大は防ぐことができた。外出時に窓を閉鎖し、夜間通風を行うCASEやCASEに比べると、冷房負荷は若干増加するが、その差は小さい。

戸建住宅と集合住宅を比較すると、日射遮蔽の効果は戸建住宅の方が大きい。戸建住宅の方が窓面積が大きく、日射の影響による室内温度上昇が大きいことが原因と考えられる。夜間通風の効果は集合住宅の方が大きい。集合住宅の方が、熱損失係数が小さく、建物構成部材の熱容量が大きいので、夜間通風による蓄熱効果が有効的であるためと考えられる。日射遮蔽による冷房負荷低減量が、夜間通風による効果に比べ極めて大きいため、日射遮蔽と夜間通風の組合せにおいても、日射遮蔽の効果が大きく見られた戸建住宅の方が冷房負荷低減量は大きい。

【参考文献】

- 1) 宇田川光弘：『標準問題の提案』（住宅用標準問題）
- 2) 空気調和・衛生工学会：
『住宅の消費エネルギー計算用設定条件のモデル化』
- 3) 住宅・都市整備公団：『汎用設計モデル』
- 4) 村上周三、赤林伸一：
『トレーサーガス法を利用した住宅の自然通風に関する風洞実験ガイドペーン、バルコニー、室内外障害物等が通風に及ぼす影響に関する検討』