

住宅における住まい方を考慮した住宅性能と年間熱負荷に関する研究
(その1) 住宅性能が年間暖冷房負荷に及ぼす影響に関する基礎的検討正会員○木村 創¹⁾同 山中俊夫²⁾同 甲谷寿史³⁾

1. はじめに

高気密・高断熱住宅は少ない暖冷房負荷で、快適な居住環境が得られるという利点がある。地球温暖化防止政策のため改正された次世代省エネ基準¹⁾では、年間暖冷房負荷、熱損失係数、相当隙間面積等について詳細な基準が設けられており、今後一層住宅の断熱・気密化が進むことが予想される。一方で、日本の住宅は伝統的に開放的なものであり、居住者はクーラーではなく窓を開放することによって通風を行うことが常であった。また冬場には換気のため、窓を開放するという例も報告されており²⁾、今後も、このような住まい方をする居住者は多いと考えられる。本研究では、居住者の住まい方に着目した上で、熱負荷が住宅性能(断熱性、気密性、日射遮蔽性能)によってどのように変化するかについて検討することを目的としている。

本報は研究の第1段階として居住者の住まい方を固定した上で住宅性能が年間熱負荷に及ぼす影響を把握するためのものである。今回は図1

のフローに示す熱負荷を構成する4つの熱量のうち、3つ(自然換気熱量、貫流熱量、透過日射熱量)を変化させ、内部発熱量について

図1 熱負荷を構成する因子

2. 対象住宅及び計算条件

計算は、建築学会の標準問題において提案されている木造住宅モデル³⁾(延べ床面積125.86m²、2階建て)を対象に、住宅用熱負荷シミュレーションプログラム SMASH Ver2.0⁴⁾を用いて年間代表日計算(連続する3日間の代表日を各月ごとに選出して計算)で行った。なお気象データはSMASH付属のものを用いた。計算対象住宅の平面図を図2に、表1に壁体構成を示す。家族構成は夫婦、小学生二人とし、空気調和・衛生工学会で作成された室内発熱パターン作成プログラム⁵⁾を用いて、室内発熱スケジュールを設定した。暖冷房条件は連続全室空調とし、設定温度は暖房時20℃、冷房時26℃とした。また湿度制御は冷房時にのみ50%で行うこととした。暖房期間は日平均外気温が15℃以下となる期間とし、冷房期間はそれ以外の期間とした。パラメータは、地域として省エネ基準に基づく6都市、2[回/h]を上限とし

て換気回数を6条件、庇を2条件設定し、断熱性については窓面積(13.28、26.57、39.85 m²)、窓種類(単層ガラス、複層ガラス)、断熱材厚(0~300mm)の組み合わせから算出される貫流熱損失係数(熱損失係数から換気熱損失分を除いた貫流熱損失のみによる成分)を0.62~7.5の範囲で設定した。

以上、計算条件をまとめたものを表2~表6に示す。

表1 壁体構成と

部材厚さ[mm]

外壁	
モルタル	30
合板	9
空層	40
断熱材	0~300
石膏ボード	12
2階床	
カーペット	15
合板	12
空層	40
石膏ボード	12
2階天井	
断熱材	0~300
石膏ボード	12
屋根切り	
断熱材	12
空層	40
石膏ボード	12
1階床	
床板	10
合板	12
断熱材	0~300
1階物置床	
畳	60
合板	12
断熱材	0~300

表2 住宅概要

床面積	125.86m ²
部屋数	10室
家族設定	夫婦+小学生2人
冷暖房運転条件	連続全室空調方式
設定温度	暖房20℃ 冷房26℃
設定湿度	冷房時 のみ50%

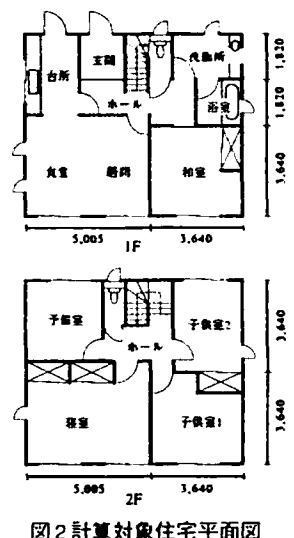


図2 計算対象住宅平面図

表3 計算条件(貫流率、窓面積、窓種類) 表中の値は断熱材厚さ[mm]

窓面積 [m²]	窓ガラス 種類	貫流熱損失係数[W/m²・K]											
		0.62	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	6.5	7	7.5
13.28	複層	300.00	113.28	57.28	35.65	24.21	17.15	8.91	4.29	1.35	0.26		
	単層		243.00	85.00	47.51	30.76	21.20	10.99	5.52	2.18	0.93	0.00	
26.57	複層		275.71	86.19	46.78	29.78	20.33	10.19	4.87	1.63	0.45		
	単層				108.10	54.12	33.41	15.75	7.91	3.53	2.00	0.75	
39.85	複層			169.11	67.09	38.29	24.75	11.79	5.56	1.94	0.66		
	単層					150.91	83.35	23.90	11.42	5.36	3.38	1.82	0.54

表4 計算条件(地域、換気回数、庇)

地域	I	II	III	IV	V	VI
都市	札幌	盛岡	仙台	東京	鹿児島	那覇
換気回数[回/h]	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2
庇	無し			有り(水平長さ60cm)		

表5 発熱スケジュール

時刻	単位[W]																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
暖房	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
冷房	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
照明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
生活	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表6 在室スケジュール

時刻	単位[人]																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
暖房	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
冷房	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
照明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
生活	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3. 計算結果及び考察

(1) 貫流熱損失係数が年間熱負荷に及ぼす影響

図3は窓面積26.57m²、複層ガラス、庇なし、換気回数0回/hの条件における、貫流熱損失係数と暖房負荷及び冷房負荷との関係を都市ごとに示したものである。暖房負荷については正の値、冷房負荷については負の値でプロットしている。暖房負荷と貫流熱損失係数は線形関係にあることが判り、省エネ基準による地域がⅠ地域からⅤ地域に移行するに従い、傾きが小さくなっていくことから、地域に対応した断熱性の強化が暖房負荷削減に有効である事が判る。那覇では暖房期間がなく、暖房負荷は0である。また、冷房負荷については6都市全てにおいて、貫流熱損失係数の増加による変化は、ほとんど見られなかった。このことから断熱性強化は冷房負荷削減には寄与しない事が判る。

図4は貫流熱損失係数と年間熱負荷との関係を都市ごとに示したものである。冷房負荷と貫流熱損失係数との間に相関がほとんど見られなかったため、図3の暖房負荷の傾きがそのまま年間熱負荷の傾きとなっており、那覇以外の地域では、断熱性の向上が年間熱負荷の削減に有効であるということが判る。因みに換気回数0回/hの場合に、次世代省エネ基準の年間暖冷房負荷の基準値を満す貫流熱損失係数を試算すると、札幌と盛岡では1.5W/m²・K以下、仙台で2.5以下、東京で3以下、鹿児島で1.5以下となる。また那覇については連続全室空調で基準値を満たす条件は無く、断熱材だけで基準値を満たすことはできないことが判る。

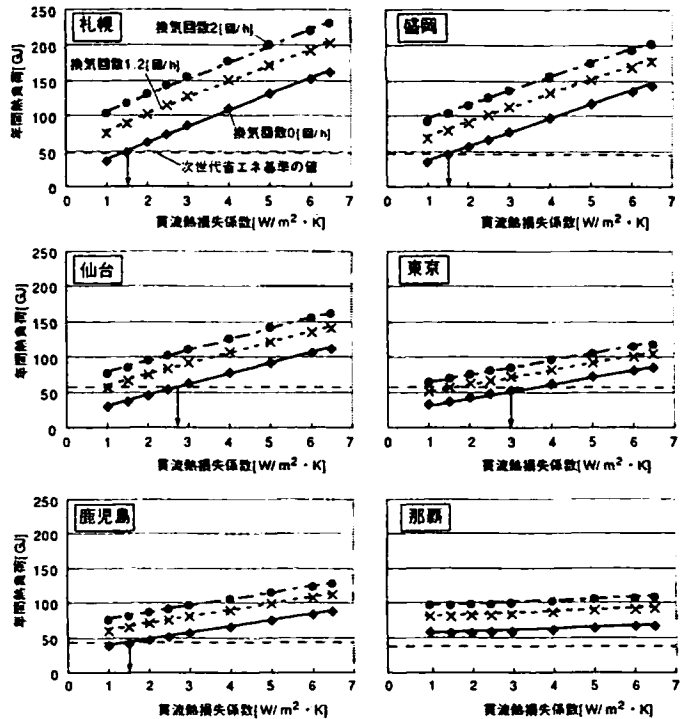


図4 貫流熱損失係数と年間熱負荷との関係
(窓面積:26.57m²、複層ガラス、庇なし)

(2) 換気回数が年間熱負荷に及ぼす影響

図5は窓面積26.57m²、複層ガラス、庇なし、貫流熱損失係数1W/m²・Kの条件における換気回数と暖房負荷及び冷房負荷との関係を都市ごとに示したものである。暖房負荷は貫流熱損失係数の場合と同様に、那覇を除いて換気回数と線形の関係にある事が判る。冷房負荷は札幌、盛岡、仙台では換気回数によってほとんど変化せず、東京、鹿児島、那覇では換気回数と冷房負荷は線形関係

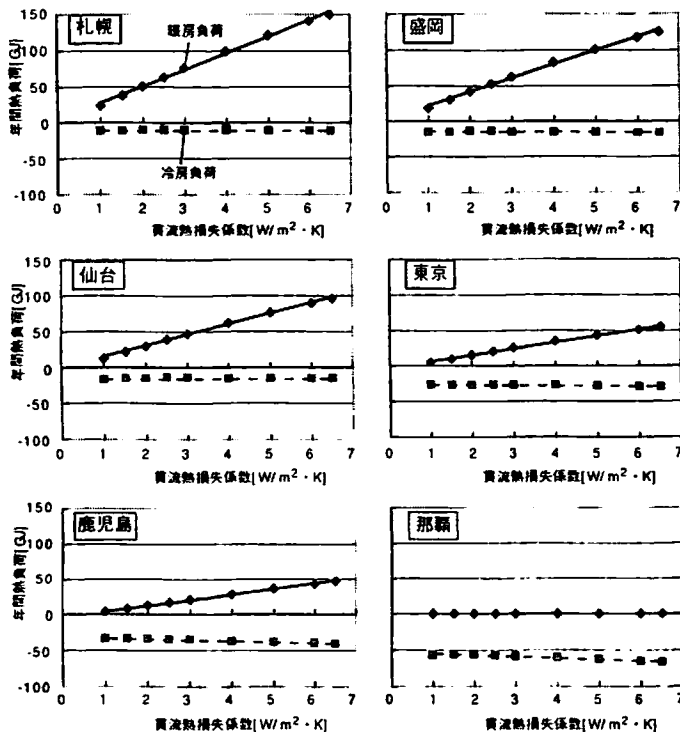


図3 貫流熱損失係数と暖冷房負荷との関係
(窓面積:26.57m²、複層ガラス、庇なし、換気回数0回/h)

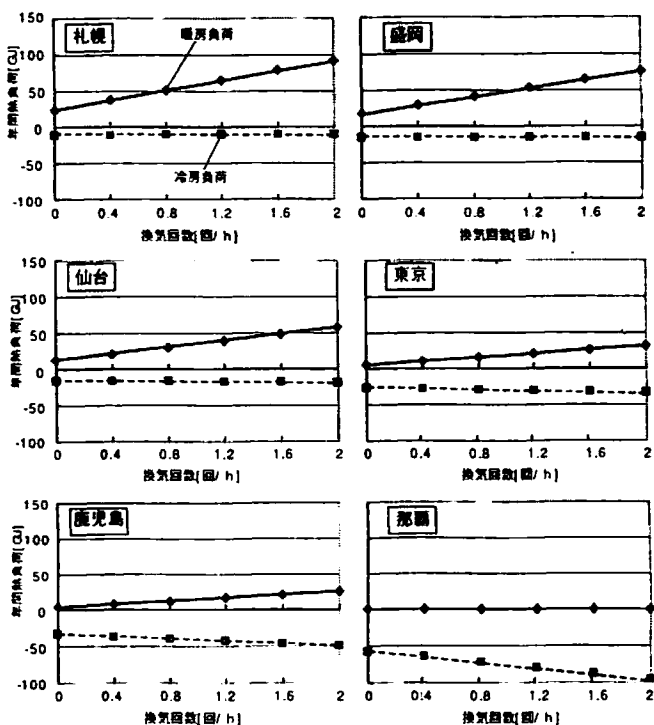


図5 換気回数と暖冷房負荷との関係
(窓面積:26.57m²、複層ガラス、庇なし、貫流熱損失係数1W/m²・K)

にあり、東京（Ⅳ地域）、鹿児島（Ⅴ地域）、那覇（Ⅵ地域）と省エネ基準の区分に従ってその勾配が大きくなっており、地域に応じた気密性の向上が冷房負荷に有効である事が判る。

図6に換気回数と年間熱負荷との関係を示す。6都市全てにおいて換気回数と年間熱負荷は線形関係にあることから、気密性の向上は年間熱負荷の削減に有効であると言える。

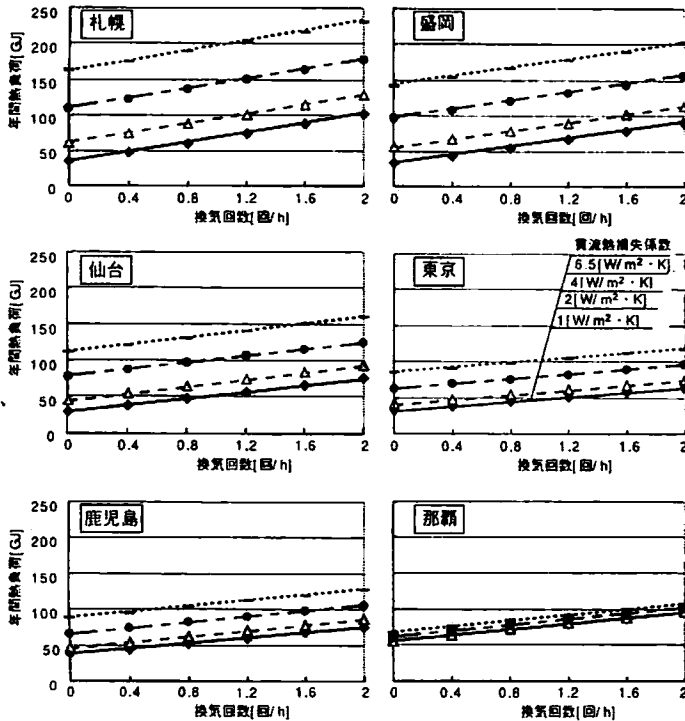


図6 換気回数と年間熱負荷との関係
(窓面積:26.57m², 複層ガラス, 庇なし)

(3) 窓面積及び庇の有無が年間熱負荷に及ぼす影響

図7は換気回数0回/h、複層ガラスの条件における、窓面積及び庇の有無と年間熱負荷との関係を示したものである。那覇、鹿児島、東京では窓面積の増加に従って年間熱負荷が増加している。また、同じ窓面積で負荷を比較した場合、庇を設けた方が熱負荷は小さくなっていることから、夏季の日射遮蔽が負荷削減に有効である事が判る。那覇の場合、庇を設けることで平均で約15.8%、鹿児島の場合で平均約7.8%、東京の場合で平均4.3%の負荷の減少を示しており、冷房負荷の占める割合が大きい都市ほど庇による削減率が大きくなることがわかる。仙台、盛岡、札幌では窓面積による年間熱負荷の明確な違いは見られず、これらの地域では、複層ガラスを用いた場合、窓面積の増加による夏季の冷房負荷の増加量と、冬季の暖房負荷の減少量がほぼ等しくなっているものと推察される。庇の有無による年間熱負荷の違いも見られず、これについても窓面積の変化の場合と同じ理由で説明可能である。

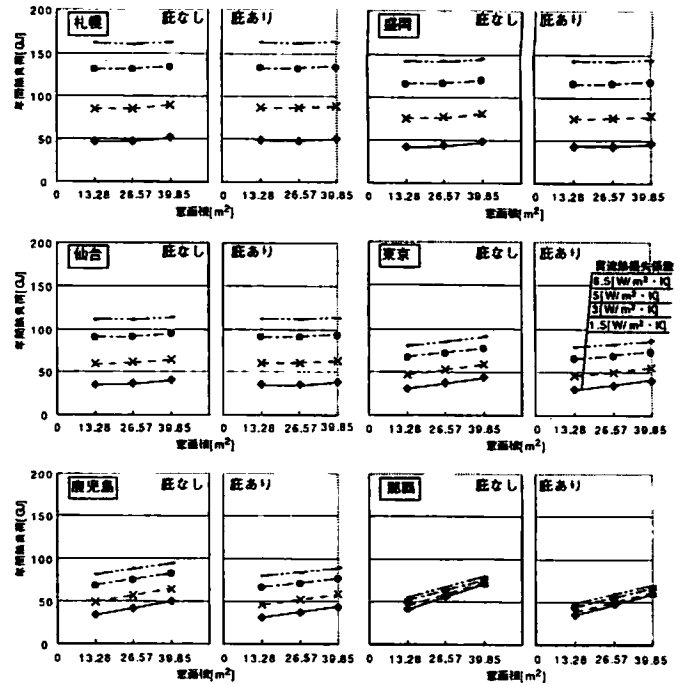


図7 窓面積と年間熱負荷との関係
(複層ガラス, 換気回数0回/h)

(4) 複層ガラスと単層ガラスの違いが年間熱負荷に及ぼす影響

図8は複層ガラスと単層ガラスの条件について、窓面積と年間熱負荷との関係を示したものである。同じ面積、同じ貫流熱損失係数で複層ガラスと単層ガラスの年間熱負荷を比較すると、那覇以外の都市で、単層ガラスの条件の方が負荷が大きくなっており、窓面積が大きくなる程、

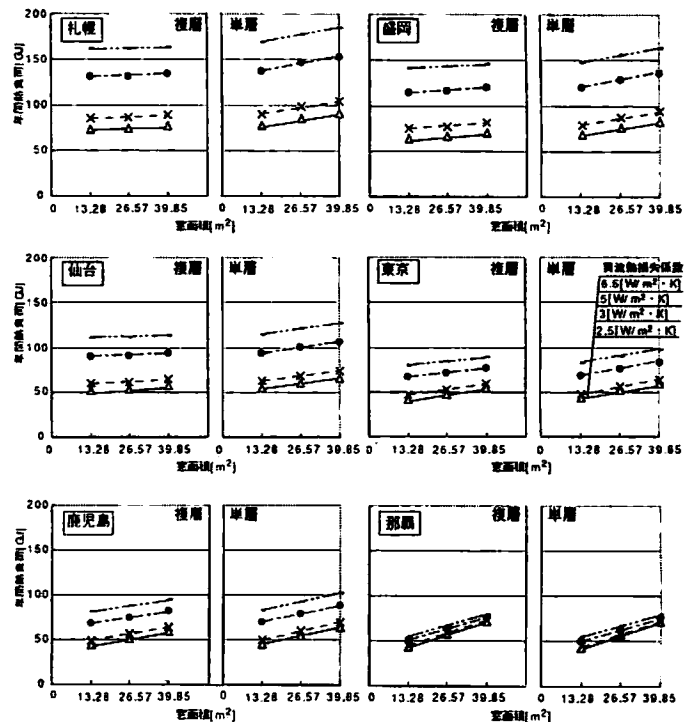


図8 窓種類と年間熱負荷との関係
(庇なし, 換気回数0回/h)

その傾向は顕著になる。これは、複層ガラスと単層ガラスの日射侵入率の差(0.79と0.88)の影響よりも、壁体部とガラス部分での貫流率の値が、複層ガラスの条件と単層ガラスの条件で異なっている影響が大きく表れたことが原因であると考えられる。すなわち壁体部分の貫流率は、複層ガラスの条件の方が単層ガラスの条件よりも大きく、日射の等価外気温の影響をより受けやすくなり、暖房負荷が減少したためと説明することができる。単層ガラスの条件で窓面積が小さくなるほど負荷が軽減されるのも、壁体部分の貫流率が大きくなっていくことによるものであり、複層ガラスの条件でその特徴が見られないのは、単層ガラスと複層ガラスとの貫流率の差(それぞれ貫流率 $6.51, 3.49 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)が原因であると考えられる。よって、暖房負荷が大きい地域では断熱材を厚くして断熱性能を向上させるよりも、窓ガラスの貫流率を低くして断熱性を向上させるほうが効果的であることが判る。

(5) 貫流熱損失係数・換気回数・窓面積と年間熱負荷との関係

(1)~(4)では貫流熱損失係数、換気回数、窓面積、庇の有無、それぞれについて熱負荷との関係を個別に検討した。本項ではこれらの結果をまとめ、熱負荷に対する資料整備を行うことを目的とする。まず(1)と(2)の結果より、複層ガラス、庇なしの条件での、貫流熱損失係数と換気回数と年間熱負荷との関係についてまとめたものを図9に示す。各図は計算結果と図4の回帰線から求めた近似値を用いて、貫流熱損失係数0.5間隔、換気回数0.4間隔で作成した。等熱負荷線の傾きは、図示した範囲内で熱負荷が貫流率と換気回数どちらに影響を受けやすいかを表しており、等熱負荷線の間隔は断熱気密性能が熱負荷にどの程度影響を及

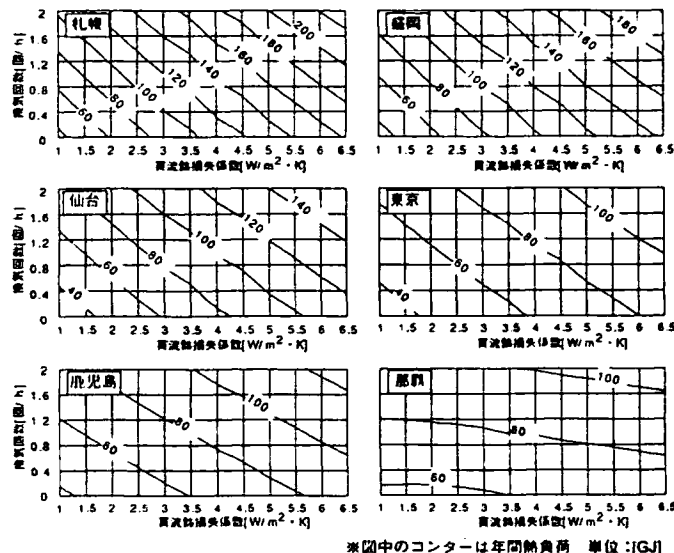


図9 貫流熱損失係数及び換気回数と年間熱負荷との関係
(窓面積: 26.57 m^2 , 複層ガラス, 庇なし)

ぼすかを表している。札幌、盛岡、仙台では貫流熱損失係数と換気回数の両方が熱負荷の変化に影響を及ぼすことが判り、東京、鹿児島、那覇と、換気回数の影響が徐々に強くなり、那覇では貫流熱損失係数の影響は殆ど見られない。等熱負荷線の間隔は札幌、盛岡、仙台で狭くなっており、東京、鹿児島、那覇では比較的、間隔は広い。

図10に換気回数0回/h、複層ガラスの条件における貫流熱損失係数・窓面積と熱負荷の関係を示す。図中の破線は庇を設置した場合の負荷を表している。これらは断熱性と日射遮蔽性能が熱負荷にどの程度影響を及ぼすのかを表しており、札幌では同じ熱損失係数で比較した場合、窓面積による熱負荷の違いは殆ど見られない。盛岡、仙台についてもほぼ同様のことが言えるが、窓面積の増加に従って若干負荷も増加する傾向にある。またこれらの地域では、庇を設置した場合の負荷の違いは殆ど見られない。東京、鹿児島、那覇と冷房負荷の占める割合が増える地域へ移行するに従い、日射の影響が強くなり、夏季の日射遮蔽が負荷削減にとって重要であることを示して、庇による負荷削減効果も大きくなる。

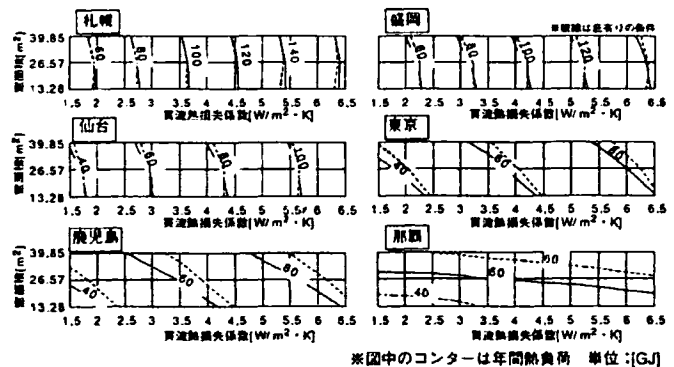


図10 貫流熱損失係数及び窓面積と年間熱負荷との関係
(複層ガラス, 換気回数0回/h)

4. 終わりに

貫流熱損失係数、換気回数、窓面積、窓種類、庇、地域をパラメータとして熱負荷に対する種々の検討を行い、その傾向をおおよそ把握することができた。

今後は、住まい方をパラメータとして設定するために、地域による窓の開閉状況の違いなどについて検討を行った上で、これを熱負荷計算に組み込むことが課題である。

[参考文献]

- 1) 坂本雄三: 断熱性能と日射遮蔽性能の基準、IBEC, No.111, pp.10-14, 1999
- 2) 大倉良司: 冷暖房行為について、日本建築学会・環境工学委員会・換気計算WGシンポジウム「関西における住宅性能と住まい方を考える」、pp.23-34, 1997
- 3) 山中俊夫他: 住宅における通風に関する調査研究(その1) 風通しに対する意識、日本建築学会近畿支部研究報告集計画系, pp.177-180, 1995
- 3) 宇田川光弘: 住居問題の提案: 住宅用標準問題、日本建築学会・環境工学委員会・熱分科会・第15回熱シンポジウム「伝熱解析の現状と課題」、1985
- 4) 坂本雄三: 暖冷房消費エネルギープログラム・SMASH, IBEC, No.49, pp.25-29, 1988
- 5) 石田健一: 生活行為に伴う室内発熱パターンプログラム、空気調和・衛生学会・空気調和設備委員会・住宅の消費エネルギー計算法小委員会シンポジウム「住宅のエネルギー計算用設定条件のモデル化」、pp.101-112, 1996

* 1 大阪大学大学院工学研究科建築工学専攻博士前期課程
* 2 大阪大学大学院工学研究科建築工学専攻 助教授・博士(工学)
* 3 大阪大学大学院工学研究科建築工学専攻 助手

Graduate Student, Department of Architectural Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University
Associate Prof., Department of Architectural Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University, Dr. Eng.
Research Associate, Department of Architectural Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University