

5 板ガラスと省エネルギー

開口部の省エネルギーを配慮するためには、窓を通しての熱損失だけでなく、日射熱の取得・遮蔽も考慮した熱収支で判断しなければなりません。また、ガラス窓は採光、透視、通風など快適な居住性を確保するために必要不可欠な機能をそなえており、これらの機能を活かしたうえで省エネルギーの目的に最適なガラスを選択することが必要です。

5-1 板ガラスの光熱性能と省エネルギー

一般に省エネルギー対策としては、屋根・天井・外壁・床にグラスウールなどの断熱材が使用されます。建物全体としての断熱性能を高めて熱損失を抑えるためには、さらに窓ガラスの断熱化が必要です。また、他の材料とは異なり、ガラスは透明な材料で

すので、日射熱の取得・遮蔽、可視光透過という性質をうまく利用することで、省エネルギー上効果的な使用が可能です。

●断熱性能(熱貫流率)

断熱性能は、熱貫流率(U値)または熱貫流抵抗(熱貫流率の逆数)によって評価されます。熱貫流率は室内外の温度差によってガラス窓を通過(貫流)する熱量の大きさを表します。熱貫流率は小さいほど、熱貫流抵抗は大きいほど断熱性に優れています。表Aに各種板ガラスの熱貫流率、熱貫流抵抗を示します。単板ガラスに比べて、複層ガラス、Low-E複層ガラス、真空ガラス スペースシアなどの断熱性能が良いことが分かります。

●遮熱性能(日射熱取得率・日射侵入率)

遮熱性能は、日射熱取得率(η値)または遮蔽係数(SC値)によって評価されます。日射熱取得率はガラス窓に入射した日射熱が室内側へ流入する割合を表します。日射侵入率とも呼ばれます。また、遮蔽係数は3ミリの厚さのフロート板ガラス(透明)の日射熱取得率を1とした場合の日射熱取得率の相対値です。日射熱取得率が大きいものほど日射熱を室内に取り入れますので、暖房を重視する地域・部屋に適しています。逆に、日射熱取得率が小さいものほど日射熱を遮蔽しますので、冷房を重視する地域・部屋に適しています。表Bに各種板ガラスの日射熱取得率、遮蔽係数を示します。

●採光性(可視光透過率)

採光性は可視光透過率によって評価されます。可視光透過率が大きいものほど採光性が高く、昼光を室内に取り入れて、室内を明るくすることができます。表Bに各種板ガラスの可視光透過率を示します。

●各種板ガラスの断熱性・遮熱性・採光性

図Cに各種板ガラスの熱貫流率と日射熱取得率の関係を、図Dに可視光透過率と日射熱取得率の関係を示します。図Cでは、左に行くほど断熱性が高く、下に行くほど遮熱性が高くなります。断熱性能によって、大きくは、単板ガラス、複層ガラス、Low-E複層ガラス・真空ガラスのタイプに分類され、それぞれのタイプにさまざまな日射熱取得率のバリエーションがあります。地域や部屋の用途に合った断熱性能と遮熱性能をもつガラス品種を選択することができます。また、図Dでは、右に行くほど採光性が高く、下に行くほど遮熱性が高くなります。一般には、日射熱取得率と可視光透過率はほぼ比例する形となるので、採光性が高いものほど日射熱を取得し、採光性が低いものほど日射熱を遮蔽します。また、Low-E複層ガラスや真空ガラスのように、採光性が高く、かつ日射熱取得率のバリエーションが豊富なガラス品種もあります。

表A 各種板ガラスの熱貫流率・熱貫流抵抗

サッシ	ガラスの種類	ガラスの呼び厚さと構成 ミリ()内は構成	熱貫流率 (W/m ² K)	熱貫流抵抗 (m ² K/W)	
単 サ ッシ	単板ガラス	3 (FL3)	6.0	0.17	
	複層ガラス (2層)	5 (FL5)	12 (FL3+A6+FL3)	5.9	0.17
		18 (FL3+A12+FL3)	2.9	0.34	
		16 (FL5+A6+FL5)	3.3	0.30	
		22 (FL5+A12+FL5)	2.9	0.35	
	複層ガラス (3層)	21 (FL3+A6+FL3+A6+FL3)	2.3	0.43	
		33 (FL3+A12+FL3+A12+FL3)	1.9	0.52	
		27 (FL5+A6+FL5+A6+FL5)	2.3	0.44	
		39 (FL5+A12+FL5+A12+FL5)	1.9	0.53	
	Low-E複層ガラス (高断熱タイプ)	12 (FL3+A6+*NFL3LEQ)	2.7	0.37	
		18 (FL3+A12+*NFL3LEQ)	1.9	0.52	
	Low-E複層ガラス (遮熱タイプ)	12 (RSFL3AG*+A6+FL3)	2.5	0.40	
		18 (RSFL3AG*+A12+FL3)	1.6	0.61	
	真空ガラス スペースシア (高断熱タイプ)	6 (NFL3LEQ*+V+FL3)	1.5	0.67	
	真空ガラス スペースシア (遮熱タイプ)	6 (RSFL3SE*+V+FL3)	1.2	0.80	
二重 重 サ ッシ	二重ガラス(単板+単板)	106 (FL3+A100+FL3)	2.9	0.34	
二重ガラス(複層+単板)	115 (FL3+A6+FL3+A100+FL3)	2.0	0.49		

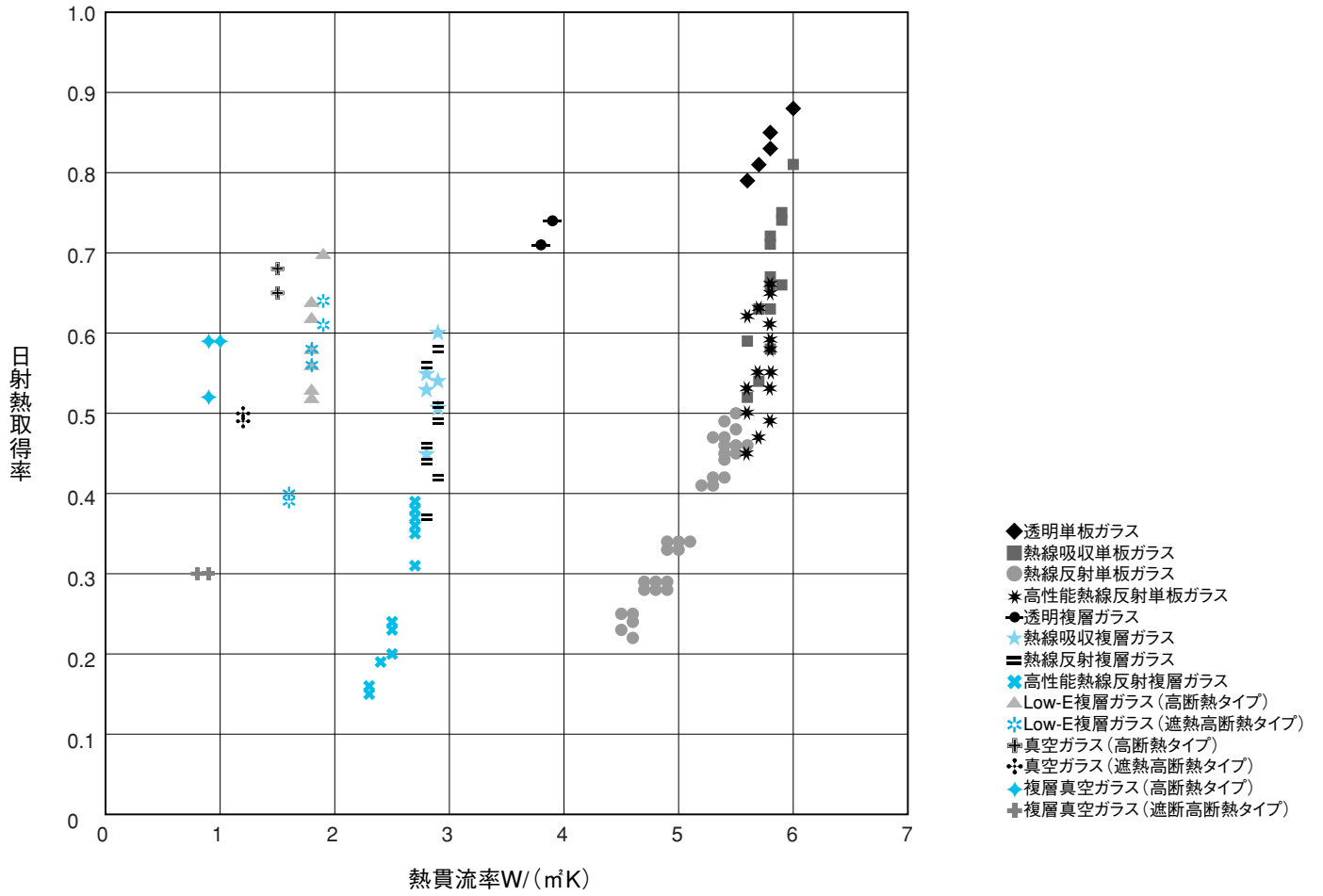
注:
JIS R 3107:1998に基づいて算出
ただし、真空ガラス スペースシアの熱貫流率はJIS R 3107:1998に準じて算出

表B 各種板ガラスの日射熱取得率、遮蔽係数、可視光透過率

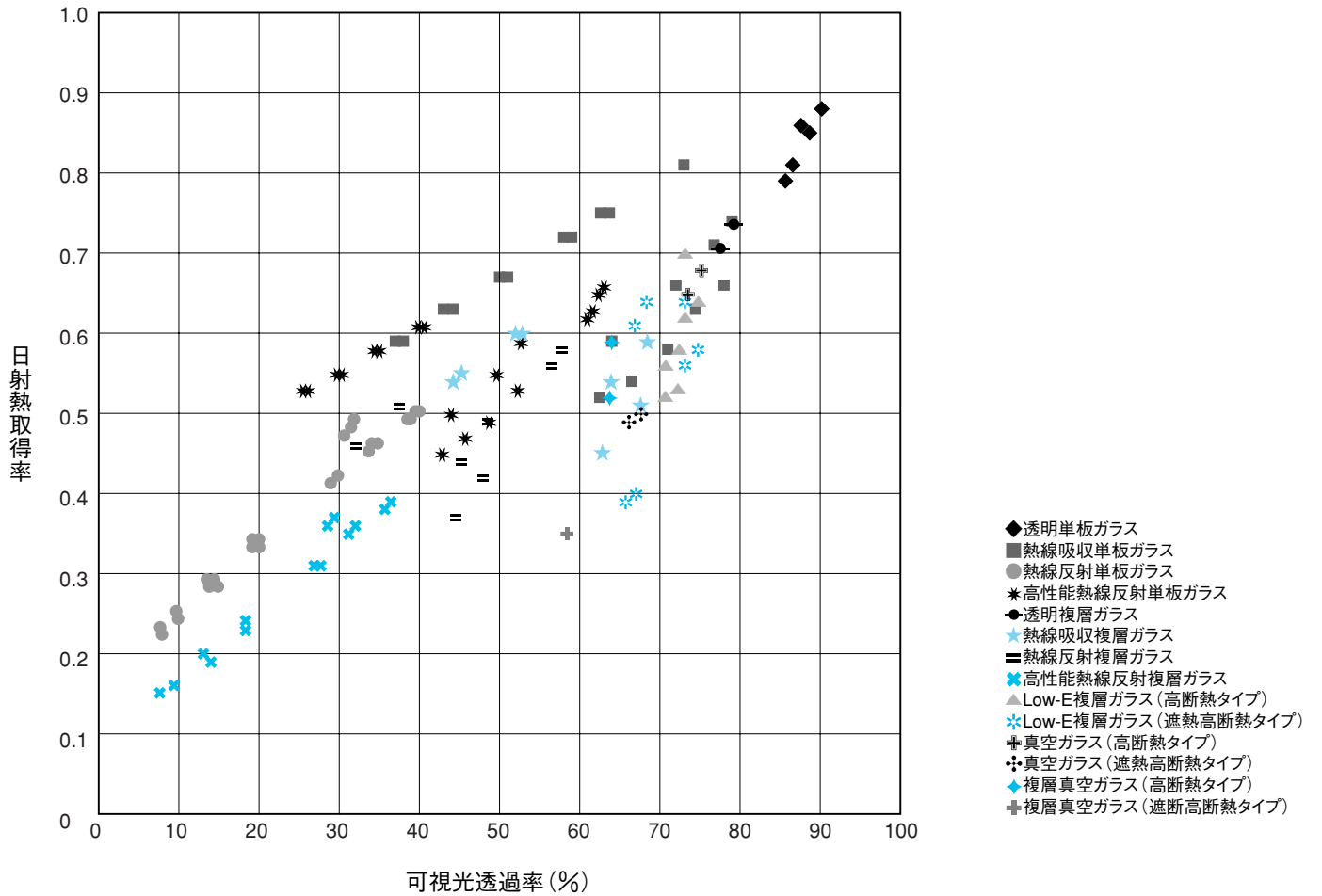
ガラス品種	ガラスの呼び厚さと構成 ミリ()内は構成	日射熱取得率 η	遮蔽係数 SC	可視光透過率 τ(%)	
単板ガラス	透明	3 (FL3)	0.88	1.00	90.1
	熱線吸収	3 (BZFL3)	0.81	0.92	72.9
複層ガラス	透明	18 (FL3+A12+FL3)	0.79	0.90	81.8
	熱線吸収	18 (BZFL3+A12+FL3)	0.71	0.80	66.1
Low-E複層ガラス	高断熱タイプ	18 (FL3+A12+*NFL3LEQ)	0.74	0.84	75.5
	遮熱タイプ	18 (RSFL3AG*+A12+FL3)	0.39	0.44	69.7
真空ガラス スペースシア	高断熱タイプ	6 (NFL3LEQ*+V+FL3)	0.68	0.77	75.5
	遮熱タイプ	6 (RSFL3SE*+V+FL3)	0.50	0.57	67.5

注:
JIS R 3106:1998に基づいて算出
ただし、真空ガラス スペースシアの熱性能はJIS R 3106:1998に準じて算出

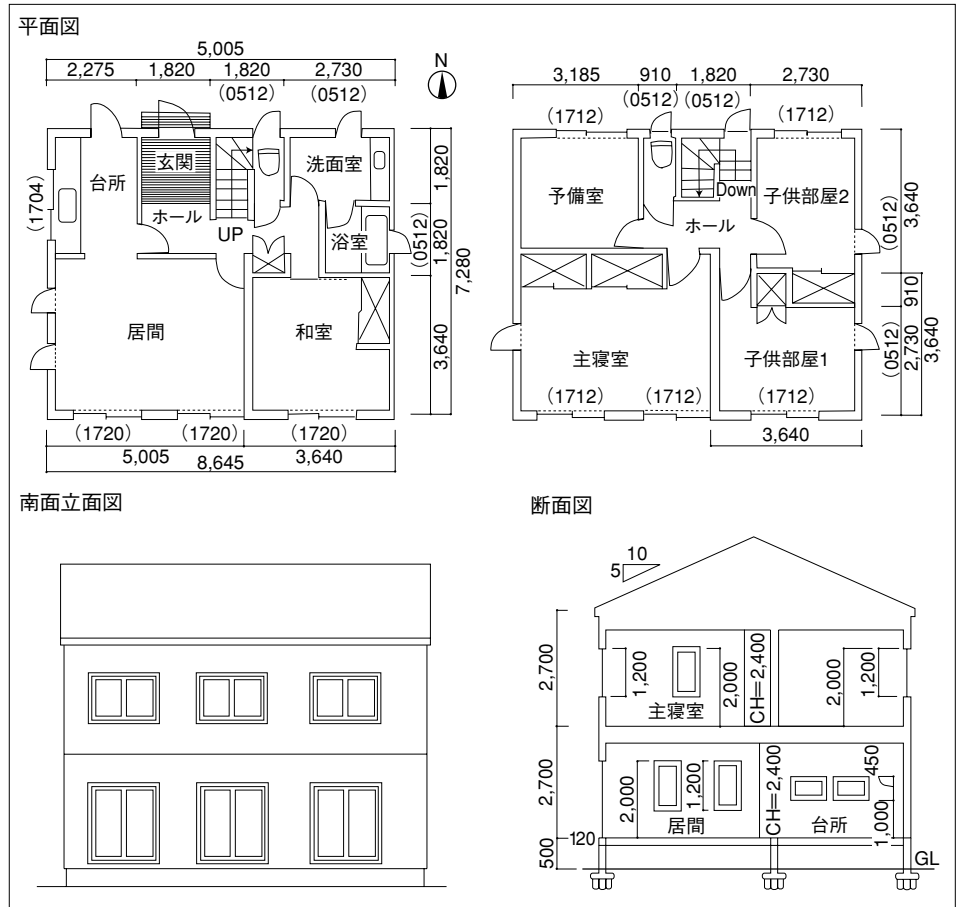
図C 各種板ガラスの熱貫流率と日射熱取得率の関係



図D 各種板ガラスの可視光透過率と日射熱取得率の関係



図E 戸建住宅モデル



5-2 戸建モデル住宅における暖冷房負荷比較

戸建モデル住宅を例として、開口部の断熱・遮熱性能の向上によって実際にどの程度の省エネルギー効果が得られるか、単板ガラス、複層ガラス、真空ガラスなど各種板ガラスについて暖冷房負荷を計算し、比較しました。その効果を表Iに示します。

この結果から、地域や部屋の使用目的に応じて適切なガラス品種を選択することで、暖冷房負荷の低減に大きな効果があることが分かります。

・寒冷地または暖房を重視する部屋では断熱性能が高く、日射熱を取り入れるタイプのガラス品種が暖房負荷を低減することが分かります。熱貫流率が小さく、日射熱取得率が大きいガラス(例えば、Low-E複層ガラス、真空ガラス 高断熱タイプ)が適しています。

・温暖地または冷房を重視する部屋では断熱性能が高く、日射熱を遮蔽するタイプのガラス品種が冷房負荷を低減することが分かります。熱貫流率が小さく、日射熱取得率の小さいガラス(例えば、Low-E複層ガラス、真空ガラス 遮熱タイプ)が適しています。

●暖冷房負荷算出条件

- ・ 熱負荷計算プログラムと気象データ
住宅用熱負荷計算プログラム
「SMASH for Windows Ver2.0」、SMASH用気象データ
- ・ 住宅モデル
日本建築学会住宅用標準問題[1]に準じる。延床面積125.9㎡。
- ・ 部位仕様
壁・床・天井・ドアの仕様は標準問題に準じる。ただし、断熱材仕様は次世代省エネルギー基準[2]を満たすものとする。
- ・ ガラス
一戸の住宅すべての窓に同一のガラスを使用するものとし、カーテンやブラインドなどの遮蔽物はないものとする。
- ・ その他
空調運転方法、暖冷房期間、室内発熱スケジュールはすべて次世代省エネルギー基準[2]の暖冷房負荷計算方法に準じる。

参考文献:

- [1] 宇田川、標準問題の提案 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
- [2] 住宅の次世代省エネルギー基準と指針、(財)建築環境・省エネルギー機構

表F 室構成

室番号	室名	床面積 (m ²)	気積 (m ³)	窓面積 (m ²)	室番号	室名	床面積 (m ²)	気積 (m ³)	窓面積 (m ²)
1	居間	20.50	49.19	8.00	8	1階ホール	12.01	28.82	0.00
2	台所	7.25	17.39	0.68	9	2階ホール	7.45	17.89	0.60
3	主寝室	20.50	49.19	4.68	10	予備室	10.14	24.35	2.04
4	子供部屋1	11.59	27.82	2.64	11	和室	13.25	31.80	3.40
5	子供部屋2	11.59	27.82	2.64	12	1階トイレ	1.66	3.97	0.60
6	洗面室	4.97	11.92	0.60	13	2階トイレ	1.66	3.97	0.60
7	浴室	3.31	7.95	0.60	計	全室	125.88	302.08	27.08

表G ガラス別熱貫流率と日射熱取得率

ガラス品種			熱貫流率 W/(m ² K)	日射熱取得率		
				夏	冬	
単板ガラス	透明	FL3	6.0	0.88	0.88	
複層ガラス	透明	FL3+A 6+FL3	3.4	0.79	0.79	
		FL3+A12+FL3	2.9	0.79	0.79	
		FL3+A 6+*RSFL3AW	2.6	0.64	0.63	
Low-E複層ガラス	高断熱タイプ	FL3+A12+*RSFL3AW	1.8	0.64	0.64	
		FL3+A 6+*RSFL3KA	2.5	0.47	0.46	
		FL3+A12+*RSFL3KA	1.6	0.48	0.47	
		FL3+A 6+*NFL3LEQ	2.7	0.73	0.72	
		FL3+A12+*NFL3LEQ	1.9	0.74	0.73	
		遮熱タイプ	RSFL3AG*+A 6+FL3	2.5	0.40	0.40
			RSFL3AG*+A12+FL3	1.6	0.39	0.39
真空ガラス スペース	高断熱タイプ	NFL3LEQ*+V+FL3	1.5	0.68	0.67	
		RSFL3SE*+V+FL3	1.2	0.50	0.50	

表H SMASH計算都市と暖冷房期間

地域	都市	平均気温 (°C)		連続運転				地域	都市	平均気温 (°C)		連続運転			
		1月	8月	暖房期間		冷房期間				1月	8月	暖房期間		冷房期間	
				開始日	終了日	開始日	終了日					開始日	終了日	開始日	終了日
I	札幌	-4.8	21.3	9/25	6/9	6/10	9/24	IV	名古屋	3.6	26.8	10/28	4/24	4/25	10/27
II	盛岡	-2.5	22.8	9/29	5/24	5/25	9/28	IV	大阪	5.6	28.0	11/4	4/17	4/18	11/3
III	仙台	0.9	23.9	10/11	5/16	5/17	10/10	IV	広島	4.3	26.8	10/28	4/26	4/27	10/27
IV	東京	4.7	26.7	11/2	4/22	4/23	11/1	V	福岡	5.7	27.3	11/3	4/20	4/21	11/2
IV	富山	2.1	25.8	10/20	5/5	5/6	10/19	V	鹿児島	7.0	27.7	11/13	4/8	4/9	11/12

表I SMASH結果

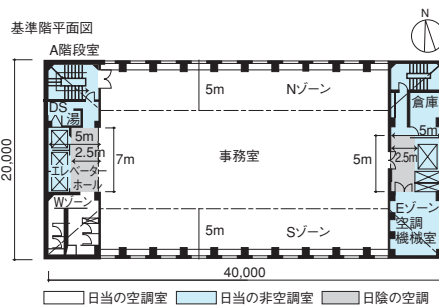
都市	ガラス品			SMASH計算結果 (MJ/㎡年)			複層ガラス(透明)の年間暖冷房負荷をそれぞれ100%とした比較(%)				
				暖房負荷	冷房負荷	合計	暖房負荷	冷房負荷	合計		
札幌	単板ガラス	透明	FL3	422		40	461	155		15	170
	複層ガラス	透明	FL3+A12+FL3	223	49		272	82	18		100
	Low-E複層ガラス	高断熱タイプ	FL3+A12+*RSFL3AW	173	44		216	63	16		80
			FL3+A12+*RSFL3KA	190	30		221	70	11		81
			FL3+A12+*NFL3LEQ	165	52		217	61	19		80
			RSFL3AG*+A12+FL3	207	23		230	76	8		84
	真空ガラス	高断熱タイプ	NFL3LEQ*+V+FL3	147	50		197	54	18		72
		遮熱タイプ	RSFL3SE*+V+FL3	159	35		194	58	13		71
盛岡	単板ガラス	透明	FL3	388		63	451	136		22	158
	複層ガラス	透明	FL3+A12+FL3	215	70		286	75	25		100
	Low-E複層ガラス	高断熱タイプ	FL3+A12+*RSFL3AW	171	62		234	60	22		82
			FL3+A12+*RSFL3KA	189	46		235	66	16		82
			FL3+A12+*NFL3LEQ	164	72		236	57	25		83
			RSFL3AG*+A12+FL3	205	37		242	72	13		85
	真空ガラス	高断熱タイプ	NFL3LEQ*+V+FL3	148	69		217	52	24		76
		遮熱タイプ	RSFL3SE*+V+FL3	161	51		212	56	18		74
仙台	単板ガラス	透明	FL3	280		61	341	130		28	158
	複層ガラス	透明	FL3+A12+FL3	147	69		215	68	32		100
	Low-E複層ガラス	高断熱タイプ	FL3+A12+*RSFL3AW	115	63		178	54	29		83
			FL3+A12+*RSFL3KA	132	48		180	61	22		84
			FL3+A12+*NFL3LEQ	108	71		179	50	33		83
			RSFL3AG*+A12+FL3	146	40		186	68	19		86
	真空ガラス	高断熱タイプ	NFL3LEQ*+V+FL3	97	69		166	45	32		77
		遮熱タイプ	RSFL3SE*+V+FL3	110	53		163	51	25		76
東京	単板ガラス	透明	FL3	166		123	289	79		59	138
	複層ガラス	透明	FL3+A12+FL3	79	131		210	38	62		100
	Low-E複層ガラス	高断熱タイプ	FL3+A12+*RSFL3AW	59	119		178	28	57		85
			FL3+A12+*RSFL3KA	70	96		166	33	46		79
			FL3+A12+*NFL3LEQ	54	133		187	26	63		89
			RSFL3AG*+A12+FL3	79	83		163	38	40		77
	真空ガラス	高断熱タイプ	NFL3LEQ*+V+FL3	47	128		175	22	61		83
		遮熱タイプ	RSFL3SE*+V+FL3	55	103		158	26	49		75
富山	単板ガラス	透明	FL3	279		109	388	102		40	142
	複層ガラス	透明	FL3+A12+FL3	156	116		273	57	43		100
	Low-E複層ガラス	高断熱タイプ	FL3+A12+*RSFL3AW	124	106		230	46	39		84
			FL3+A12+*RSFL3KA	135	84		219	49	31		80
			FL3+A12+*NFL3LEQ	120	119		238	44	43		87
			RSFL3AG*+A12+FL3	145	73		218	53	27		80
	真空ガラス	高断熱タイプ	NFL3LEQ*+V+FL3	108	114		222	40	42		82
		遮熱タイプ	RSFL3SE*+V+FL3	115	91		206	42	34		76
名古屋	単板ガラス	透明	FL3	185		125	310	86		58	144
	複層ガラス	透明	FL3+A12+FL3	83	132		215	39	61		100
	Low-E複層ガラス	高断熱タイプ	FL3+A12+*RSFL3AW	62	121		183	29	56		85
			FL3+A12+*RSFL3KA	77	101		178	36	47		83
			FL3+A12+*NFL3LEQ	55	134		189	26	62		88
			RSFL3AG*+A12+FL3	90	89		180	42	42		84
	真空ガラス	高断熱タイプ	NFL3LEQ*+V+FL3	48	129		177	22	60		82
		遮熱タイプ	RSFL3SE*+V+FL3	60	107		167	28	50		78
大阪	単板ガラス	透明	FL3	179		145	324	75		60	135
	複層ガラス	透明	FL3+A12+FL3	90	150		240	38	62		100
	Low-E複層ガラス	高断熱タイプ	FL3+A12+*RSFL3AW	69	138		207	29	58		86
			FL3+A12+*RSFL3KA	79	117		196	33	49		82
			FL3+A12+*NFL3LEQ	64	151		215	27	63		89
			RSFL3AG*+A12+FL3	88	106		194	37	44		81
	真空ガラス	高断熱タイプ	NFL3LEQ*+V+FL3	57	146		202	24	61		84
		遮熱タイプ	RSFL3SE*+V+FL3	64	123		187	27	51		78
広島	単板ガラス	透明	FL3	176		133	309	79		60	139
	複層ガラス	透明	FL3+A12+FL3	80	142		222	36	64		100
	Low-E複層ガラス	高断熱タイプ	FL3+A12+*RSFL3AW	59	131		190	27	59		86
			FL3+A12+*RSFL3KA	74	108		181	33	49		82
			FL3+A12+*NFL3LEQ	53	145		198	24	65		89
			RSFL3AG*+A12+FL3	86	95		181	39	43		82
	真空ガラス	高断熱タイプ	NFL3LEQ*+V+FL3	46	140		186	21	63		84
		遮熱タイプ	RSFL3SE*+V+FL3	57	115		173	26	52		78
福岡	単板ガラス	透明	FL3	153		159	312	65		67	133
	複層ガラス	透明	FL3+A12+FL3	73	163		235	31	69		100
	Low-E複層ガラス	高断熱タイプ	FL3+A12+*RSFL3AW	54	149		203	23	63		86
			FL3+A12+*RSFL3KA	64	124		188	27	53		80
			FL3+A12+*NFL3LEQ	50	163		213	21	69		91
			RSFL3AG*+A12+FL3	72	112		184	31	47		78
	真空ガラス	高断熱タイプ	NFL3LEQ*+V+FL3	44	157		201	19	67		86
		遮熱タイプ	RSFL3SE*+V+FL3	51	131		182	22	56		77
鹿児島	単板ガラス	透明	FL3	112		178	289	49		77	126
	複層ガラス	透明	FL3+A12+FL3	44	186		230	19	81		100
	Low-E複層ガラス	高断熱タイプ	FL3+A12+*RSFL3AW	31	170		200	13	74		87
			FL3+A12+*RSFL3KA	41	140		181	18	61		79
			FL3+A12+*NFL3LEQ	26	187		214	12	81		93
			RSFL3AG*+A12+FL3	50	124		174	22	54		76
	真空ガラス	高断熱タイプ	NFL3LEQ*+V+FL3	22	180		202	10	78		88
		遮熱タイプ	RSFL3SE*+V+FL3	30	149		178	13	65		78

注:SMASH計算結果の暖房負荷、冷房負荷とは、1年間における暖房負荷・冷房負荷(単位MJ/年)をモデル住宅の床面積の合計(単位㎡)で除した値です。
また、暖冷房負荷とは、暖房負荷・冷房負荷の合計を表します。

5-3 事務所ビルのモデル建物における暖冷房負荷比較

事務所ビルのモデル建物を例として、建築物の省エネルギー基準[1]にしたがって年間熱負荷係数PAL (Perimeter Annual Load) の計算を行い、ガラスの熱的性能と年間熱負荷係数 (PAL) との関係を整理しました。この結果を図Jに示します。

ここでは、熱貫流率と日射侵入率の任意の組み合わせのガラスについて、暖房PAL、冷房PAL、暖冷房PALの等値線を表しています。



方位	床面積 (m ²)	ガラス面積 (m ²)	外壁面積 (m ²)
N	175	35.10	112.90
E	75	0.96	73.04
S	175	35.10	112.90
W	75	0.00	74.00
合計	500	71.16	372.84

●PAL計算条件

●モデル建築物

文献[2]のPAL計算事例の事務所ビルの標準階の1階分のみをモデル建築物とする。ペリメーターゾーン床面積500m²。

●ガラス

標準階すべての窓に同一のガラスを使用するものとし、カーテンやブラインドなどの遮蔽物はないものとする。

●地域

札幌、東京を対象とする。

参考文献：

[1] 経済産業省・国土交通省告示第1号、建築物に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主の判断の基準

[2] 建築物の省エネルギー基準と計算の手引き、(財)建築環境・省エネルギー機構

●図J

