
開口部の熱性能に関するフィールド簡易測定法及び
簡易評価法の研究

2012年3月

田代達一郎

目次

第1章	序論	1
1.1	本研究の背景.....	3
1.2	既往の研究.....	8
1.2.1	開口部の熱貫流率計算法及び測定法.....	8
1.2.2	開口部の日射熱取得率計算法及び測定法.....	11
1.2.3	材料の光学特性測定法.....	15
1.2.4	入射日射の計算法.....	20
1.2.5	期間熱負荷計算法.....	25
1.3	本研究の目的.....	27
1.4	本論文の構成.....	28
	参考文献.....	30
第2章	開口部の斜入射に対する日射熱取得率計算法	33
2.1	はじめに.....	35
2.2	直達日射に対する開口部の計算法.....	36
2.2.1	フレーム部の計算法.....	36
2.2.2	ガラス部の計算法.....	40
2.3	散乱日射に対する開口部の計算法.....	45
2.4	計算結果.....	46
2.4.1	計算条件.....	46
2.4.2	計算結果.....	53
2.5	まとめ.....	75
	参考文献.....	76
第3章	開口部熱性能のフィールド測定法	77
3.1	はじめに.....	79
3.2	予備測定.....	80
3.2.1	屋内測定装置（日射熱取得率測定装置）の概要.....	80
3.2.2	測定サンプルの仕様と測定環境条件.....	82
3.2.3	測定結果と計算結果の比較.....	84
3.3	屋外測定法の開発.....	85
3.3.1	測定装置及び試験体の概要.....	85
3.3.2	測定方法.....	90

3.4 測定結果.....	95
3.5 まとめ.....	115
参考文献.....	116
第4章 カーテンウォールの熱性能計算法.....	117
4.1 はじめに.....	119
4.2 ビル用開口部の分類.....	120
4.2.1 日本におけるビル用開口部の分類と構成比率.....	120
4.2.2 カーテンウォールの分類.....	123
4.3 カーテンウォールの伝熱開口寸法.....	125
4.4 カーテンウォールの断面のモデル化.....	126
4.5 カーテンウォールの熱貫流率計算法.....	128
4.6 カーテンウォールの日射熱取得率計算法.....	130
4.7 カーテンウォールの熱性能計算結果.....	133
4.7.1 計算モデル条件.....	133
4.7.2 設定条件、物性値.....	134
4.7.3 計算結果.....	135
4.8 まとめ.....	141
参考文献.....	142
第5章 カーテンウォールのフレームを考慮した簡易計算法.....	143
5.1 はじめに.....	145
5.2 フレーム部の簡易計算用熱性能.....	146
5.2.1 カーテンウォールフレーム部の簡易計算用熱性能.....	146
5.2.2 様々な開口仕様に対する簡易計算用熱性能.....	146
5.3 腰部パネル部の簡易計算用熱性能.....	147
5.4 カーテンウォール全体の簡易計算法.....	149
5.4.1 詳細計算法と簡易計算法の比較.....	149
5.4.2 フレームを考慮したカーテンウォール全体の簡易計算法.....	149
5.5 フレームを考慮したPAL計算.....	153
5.5.1 計算条件.....	153
5.5.2 計算結果.....	155
5.6 まとめ.....	158
参考文献.....	159

第6章	カーテンウォールの斜入射に対する日射熱取得率計算法.....	161
6.1	はじめに.....	163
6.2	直達日射に対するカーテンウォールの計算法.....	164
6.2.1	フレーム部の計算法.....	164
6.2.2	ガラス部・腰パネル部の計算法.....	167
6.3	散乱日射に対するカーテンウォールの計算法.....	169
6.4	計算結果.....	170
6.4.1	計算条件.....	170
6.4.2	計算結果.....	173
6.5	まとめ.....	178
	参考文献.....	179
第7章	期間熱負荷計算への影響.....	181
7.1	はじめに.....	183
7.2	住宅の期間熱負荷計算に関する開口部の計算法.....	184
7.2.1	従来計算法.....	184
7.2.2	フレームを考慮した詳細計算法.....	185
7.2.3	従来計算法にフレームを考慮した簡易計算法.....	186
7.3	斜入射計算法の違いによる期間日射熱取得量の比較.....	187
7.3.1	計算条件.....	187
7.3.2	計算結果.....	188
7.4	住宅モデルにおける窓の期間日射熱取得量の比較.....	193
7.4.1	計算対象建物.....	193
7.4.2	計算条件.....	193
7.4.3	計算結果.....	196
7.5	建物モデルにおけるカーテンウォールの期間日射熱取得量の比較.....	199
7.5.1	計算対象建物.....	200
7.5.2	計算条件.....	200
7.5.3	計算結果.....	202
7.6	まとめ.....	204
	参考文献.....	205
第8章	結論.....	207
8.1	本論文の要約.....	209
8.2	今後の課題と展望.....	215

謝辞.....	217
既発表論文一覧.....	221
Summary	233

第 1 章 序論

1.1 本研究の背景

建物の外皮は、大きく分けて屋根部、壁部、開口部で構成されている。開口部を代表する窓（まど）は、柱と柱の間の戸（間戸）という語源で、一般的に壁や屋根に施された開口を意味する。屋根部や壁部は、外界の風雨や日射等を室内へ侵入することを防ぐ役割が主であるが、窓は自由に開閉ができるため、通気や採光、人の出入といった内と外の繋がりを調節する役割が主である。

窓はガラス等の透明な面材やその他不透明な面材と、それらを躯体に固定し、自由に開閉できるフレーム（枠及び障子）で構成されている。

透過性のある面材を用いることで、窓を閉めた状態でも、室内にいる居住者は窓を通して外界の状態が分かるようになった。景色を眺めることで季節を感じ、好ましい外界状態であれば窓を通して室内へ採り入れ、好ましくなければ閉ざして外界の繋がりを断つことができる。そのため、面材は経年劣化の少ないガラスが広く普及している。

今からおよそ半世紀前までは、日本の窓フレームを構成する素材は木や鉄だった¹⁾。しかし、外界に素材を露出するため、どちらも腐食による経年劣化等の問題があり、錆に強い、軽い、加工がしやすい、形状が自在かつ精密に製造できるといったメリットからアルミ製フレームが普及している。これらのメリットを生かし、現在は用途に応じて様々な開閉形式のフレームが開発され、住宅用窓のおよそ94%がアルミ化（アルミ、アルミ熱遮断、アルミ樹脂複合等の合計）となっている²⁾。

窓には屋根や壁同様、外界状態を室内へ侵入することを防ぐ役割もあるため、閉めているときは気密性能、水密性能、耐風圧性能と呼ばれる窓の基本3性能以外に、断熱性能、遮熱性能、採光性能、遮音性能、防火性能、防犯性能等、多くの性能が求められている³⁾。これは、あらゆることに対して安全性や快適性を求め日々進化し続けているためである。日々生活する建物内においても、季節や時間に関わらず快適な環境で暮らすことを求め、自然から与えられるエネルギーが不足、過剰となると、我々は、人間によって作られたエネルギーを使って快適な室内環境を維持している。その結果、温室効果ガスが先進国を中心に世界中で発生し、地球温暖化現象につながった。特に問題となっているCO₂の排出量を削減する必要性が世界レベルで認識され、近年対策が行われている。

建築物におけるエネルギー消費は、暖冷房・調湿といった熱負荷が最も多くの割合を占めている⁴⁾。開口部は建築外皮を構成する屋根、壁と比較すると熱性能が劣るため、熱負荷によるエネルギー消費量は、開口部の仕様に強く影響される。よって、建物の省エネルギー性や室内空間の快適性を評価する上で開口部の熱性能を正確に評価することが極めて重要となる。

窓の断熱性能は熱貫流率により評価される。熱貫流率は、室内外の気温差により窓を通過する単位時間、単位面積、単位気温あたりの熱量で定義され、この値が小さいほど通過する熱量が少なく、断熱性能が高い。

窓の遮熱性能は日射熱取得率により評価される。日射熱取得率は、窓に照射される日射熱に対する室内への侵入熱量の比で定義され、この値が小さいものほど冷房エネルギー低減に効果的である。逆にこの値が大きいものほど暖房エネルギー低減に効果的である。値が大きい場合はブラインド、カーテン等の可変できる付属物を併用することで調整することができる。

このような開口部の熱性能を正確に評価するためには、以下の課題が考えられる。

(1) 計算による開口部熱性能評価法の必要性

日本の窓に関する各種性能基準は、工業標準化法⁵⁾に基づき制定されている JIS (Japanese Industrial Standards) により決められている。これまで窓の製品性能に関する各種規格は、実製品の品質保証を評価することも目的としていたため、実測による評価法のみであった。そのため、メーカーは、窓の断熱性能については、JIS A 4710⁶⁾に従って製品の実測評価を行っていたが、様々なフレームやガラスの組合せの熱性能を評価することは不可能であり、代表試験体寸法により評価を行っていた。しかし、異なるサイズや遮熱性能については対応できていなかった。

国際的には表 1.1 に示すように、欧州や米国が牽引する形で、窓の断熱性能、遮熱性能の計算法が国際規格化され整備されつつある。これを受け、日本でも経済産業省から施行されたガラスとフレームの組合せを考慮し、窓のサイズ別に断熱性能表示ラベルを製品に貼って出荷する窓の断熱性能表示制度の制定に伴い、正しく断熱性能を評価するため、窓及びドアの断熱性能の計算法については、ISO 10077^{7),8)}を参照した JIS A 2102^{9),10)}が制定された。

また、遮熱性能については、ISO 9050¹¹⁾を参照した JIS R 3106¹²⁾が制定されているが、ガラスの測定及び計算法であり、フレームを考慮した窓として評価できていない。そのため、国内の遮熱性能基準はガラスのみの掲載となっている。

このように、現状のままでは建物の熱性能を評価するには不十分であり、今後、窓及びドアの遮熱性能計算法やカーテンウォールの熱性能計算法による評価法の整備が必要である。

また、窓の熱性能を詳細計算により求める方法では、建物の熱負荷計算を実施することは困難であるため、簡易計算法についても整備が必要である。

表 1.1 開口部の熱性能評価法における国際的な状況

対象	熱性能	試験法規格		計算法規格		熱性能評価ツール
		ISO	JIS	ISO	JIS	
窓全体 (住宅・ビル)	断熱性能	ISO 12567-1	JIS A 4710	ISO 10077-1	JIS A 2102-1	【海外】 WIS (EU) WINDOW (U.S) FRAME plus (Canada) 【日本】 WindEye
		ISO 12567-2 (天窓・出窓)	JIS A 1492 (天窓・出窓)	ISO 15099		
遮熱性能	-	-	ISO 15099	(規格審議中)		
カーテン ウォール 全体	断熱性能	-	-	ISO/DIS 12631	-	
ガラス	断熱性能	ISO 10291	JIS R 3106 (放射率測定)	ISO 10292	JIS R 3107	【海外】 OPTICS (U.S) VISON (Canada) 【日本】 WindEye
		ISO 10293		ISO 15099		
遮熱性能	ISO 9050 (分光測定)	JIS R 3106 (分光測定)	ISO 9050	JIS R 3106		
フレーム	断熱性能	-	-	ISO 10077-2	JIS A 2102-2	
				ISO 15099		
	遮熱性能	-	-	ISO 15099	(規格審議中)	【日本】 TB2D/BEM

(2) 開口部の斜入射による日射熱取得率評価法の必要性

建物の熱負荷の中で、日射による熱エネルギーの影響は大きい。建物内に取得すれば、冬期の暖房負荷は軽減され、夏期の冷房負荷は増大する。この日射による熱エネルギーを建物内に取り込む役割が開口部であり、この取得熱量を正しく評価できなければ、建物の熱負荷計算は正しく評価できない。

表 1.2 開口部の夏期日射侵入率

窓が面する方位	地域の区分					
	I	II	III	IV	V	VI
真北±30度	0.52		0.55			0.60
上記以外	0.52		0.45			0.40

表 1.3 ガラス部分の日射侵入率

窓が面する方位	地域の区分					
	I	II	III	IV	V	VI
真北±30度	0.66		0.70	0.60		0.66
上記以外	0.66		0.57	0.49		0.43
庇等の効果	0.94		0.81	0.70		0.61

地域区分毎の代表的な建具枠の仕様設定は以下の通り

I～III地域:「木製又はプラスチック製」及び「木又はプラスチックと金属との複合材料製」の建具
IV～VI地域:「金属製」の建具

次世代省エネルギー基準の解説書¹³⁾には、夏期日射侵入率基準値（表 1.2）及びその基準に対応するガラス部分の日射侵入率(表 1.3) が掲載されている。日射侵入率とは本論文で用いている日射熱取得率と同義である。

また、同解説書¹³⁾には開口部の日射遮蔽仕様例として、付属物なしで基準をクリアする例と付属物との組み合わせで基準値をクリアする例が掲載されている。付属物の種類は施主の趣向が強く引き渡し後選択することが一般的なため、住宅性能表示等で現場確認時に付属物を装着することは難しい。

これは、冷房負荷低減のための基準だが、冬期の暖房負荷低減に対する部分は除外している。表 1.4¹⁴⁾に示すように、日本のエネルギー消費は冬期の暖房が圧倒的に多く、比較的温暖なIV地域でも全体の 1/4 程度を占めている。さらに、I 地域においては、表 1.4 では冷房負荷は 0 であるのに対し表 1.2 及び表 1.3 では上限値を設けている。

表 1.4 戸建て住宅の標準消費エネルギー量（一次エネルギー量 単位 MJ/年・世帯）¹⁴⁾

	I a・I b 地域	II 地域	III 地域	IV a・IV b 地域	V 地域	VI 地域
暖房	66,190	44,963	34,469	18,711	12,381	0
冷房	0	204	1,316	3,999	4,057	10,374
給湯	14,913	17,962	18,071	16,892	13,770	10,187
照明	10,867	10,867	10,867	10,867	10,867	10,867
その他	29,639	30,766	32,495	32,640	31,334	30,763
合計	121,609	104,762	97,218	83,109	72,409	62,191

「日射侵入率」、「遮熱性能」という表記からも日射による熱エネルギーは年間熱負荷を増大する方向のみで夏期のみを考慮すればよいと建築設計者は考えてしまう。さらに昨今の「地球温暖化」というキーワードからも冷房負荷が増大しているという認識が強くなっていると考えられる。

また、日本の住宅の熱負荷計算には、SMASH¹⁵⁾や AE-Sim/Heat¹⁶⁾といった計算ソフトが用いられることが一般的である。このソフトは、標準気象データから日射の直達成分と散乱成分（地物反射成分含む）を窓の設置方位及び日射の入射角特性を考慮した計算を行っている。

(1.1)から(1.4)に用いられている算出式を示す。

$$\text{窓透過直達日射量} = \text{窓面直達日射量} \times \text{入射角特性} \quad \dots (1.1)$$

$$\text{窓天空・反射日射量} = \text{窓面天空・反射日射量} \times 0.81 \quad \dots (1.2)$$

$$\text{入射角特性} = 2.392 \cos \theta - 3.8636 \cos^3 \theta + 3.7568 \cos^5 \theta - 1.3952 \cos^7 \theta \quad \dots (1.3)$$

$$\text{室内で取得する熱量} = \text{窓透過日射量} \times \text{窓の SC 値} \quad \dots (1.4)$$

算出式(1.3)の余弦の多項式を用いた入射角特性は、3mm 単板の入射角特性曲線と一致する。これでは、多層ガラス時の多重反射の影響が考慮できていないことが分かる。

また、ここで用いる窓の遮熱性能はフレームを考慮しないガラスのみの遮蔽係数 (SC 値)^{*1)} を伝熱開口面積に積算して用いているため、本来存在するフレーム部分もガラスとして透過しているとみなされ、年間を通して室内に取得する熱量が大きく見積もられる。そのため、図 1.1 のように夏期の冷房負荷が冬期の暖房負荷を上回りやすくなる。そのため設計者は、ガラスは断熱性能だけでなく遮熱性能の高い商品がよいと選択してしまう。

このような結果は実態と乖離があるため、正しく評価する必要がある。

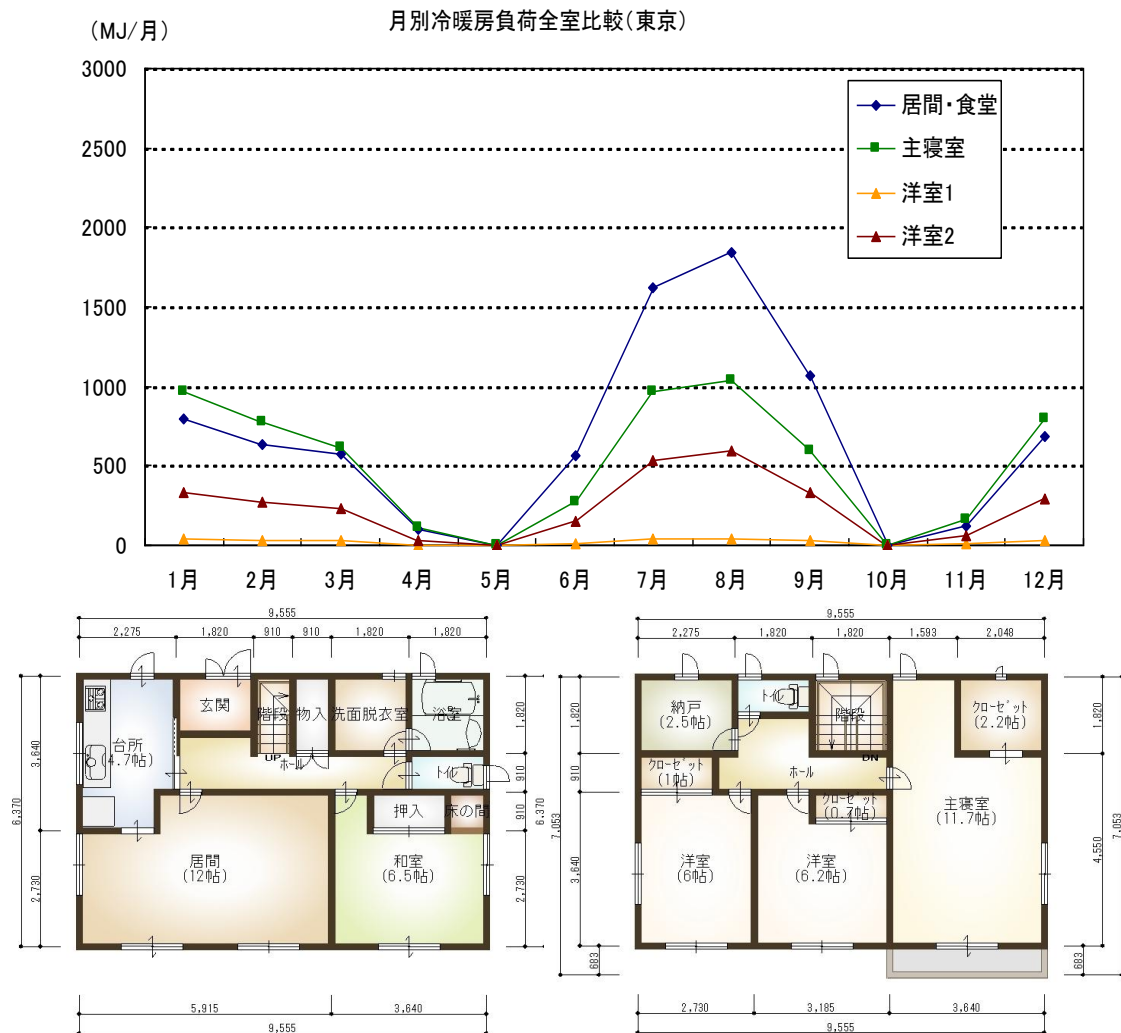


図 1.1 AE-Sim/Heat による冷暖房負荷計算事例 (IV 地域)

※1) 3mm の透明板ガラスにおける日照熱などの透過による室内への流入熱量と再放射による熱量の和を 1.0 として、どれぐらい遮蔽できるかを表す数値

1.2 既往の研究

開口部の熱性能は、断熱性能を熱貫流率、遮熱性能を日射熱取得率で評価している。一方、建物ではこれらの熱性能を用いて、期間熱負荷を地域に則して計算し評価している。各々の測定法と計算法に関する既往の研究と動向を概観する。

1.2.1 開口部の熱貫流率計算法及び測定法

(1) 熱貫流率測定法

開口部の熱貫流率の測定法は、国内外において様々な試験法が提案され実施されている。表 1.1 に示すように国際的には ISO12567-1¹⁷⁾、ISO12567-2¹⁸⁾が規格化され、我が国でもこれに整合するように JIS A4710⁶⁾が改訂された。これまで国内で行われてきた試験法¹⁹⁾との最大の相違は、熱貫流率算出に放射の影響を考慮した環境温度差を用いる点である。

(2) 熱貫流率計算法

開口部の熱貫流率の計算法は表 1.1 より、ガラスの計算法とフレームを加えた窓全体の計算法に分かれる。ガラスの計算法は、JIS R 3107²⁰⁾、ISO10292²¹⁾、ISO15099²²⁾が規格化されている。フレーム及び窓全体の計算法は、ISO10077-1⁷⁾、ISO10077-2⁸⁾、ISO15099²²⁾が規格化されており、国内では 2011 年 3 月に ISO10077^{7),8)}を引用した JIS A2102-1⁹⁾、JIS A2102-2¹⁰⁾が規格化された。また、カーテンウォールについては欧州規格 EN13947²³⁾を基に国際規格として ISO/DIS 12631²⁴⁾の段階まで作成され現在審議中である。

窓全体の熱貫流率は算出式(1.5)で整理できる。

$$U_w = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_f U_f + \sum l_g \psi_g}{A_w} \quad \dots (1.5)$$

ここで

U_w : 窓全体の総合熱貫流率 [W/(m²・K)]

U_g : ガラス部の熱貫流率 [W/(m²・K)]

U_f : フレーム部の熱貫流率 [W/(m²・K)]

A_w : 伝熱開口面積 [m²]

A_g : ガラス部の見付面積 [m²]

A_f : フレーム部の見付面積 [m²]

l_g : ガラス周囲部の長さ [m]

ψ_g : ガラス周囲部の線熱貫流率 [W/(m・K)]

フレーム部の断熱性能算出方法は、フレーム部の熱貫流率(U_f)と別に複層ガラススペーサ周辺部の2次元熱流の影響を表す線熱貫流率(ψ_g)を算出する。

解析モデルイメージを図1.2に示す。また、計算概要イメージを図1.4に示す。

JIS A 2102-2¹⁰⁾では、図1.3に示すように室内側平滑面と隅角部に異なる表面熱伝達率を与えて計算している。これは、隅角部では対流が起きにくいことと、隣り合う面が存在し放射による温度差が小さくなるため、総合熱伝達が小さくなることを考慮している。

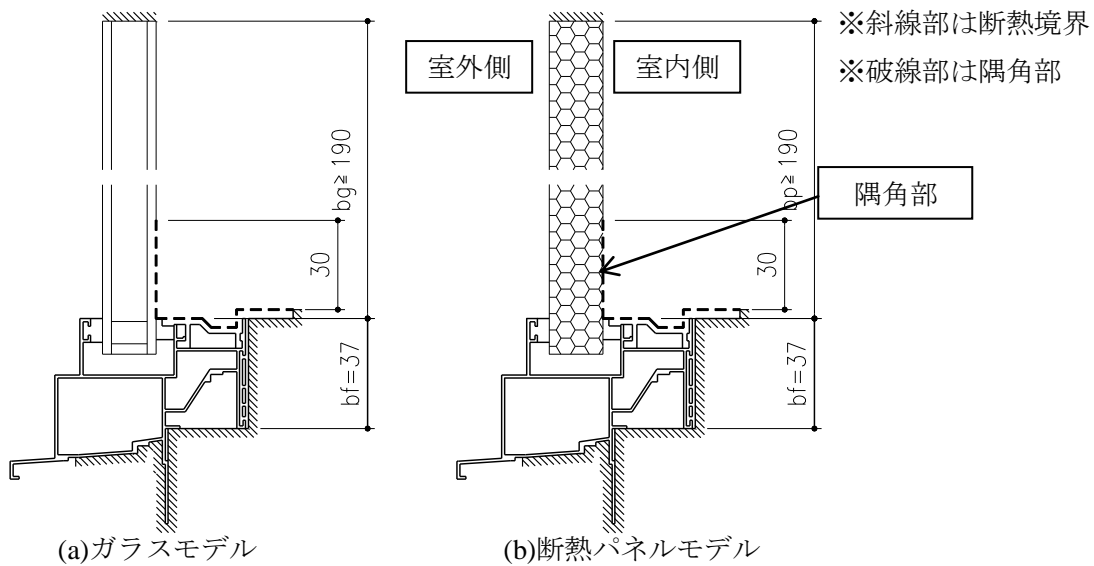


図1.2 フレームの熱貫流率解析モデルイメージ

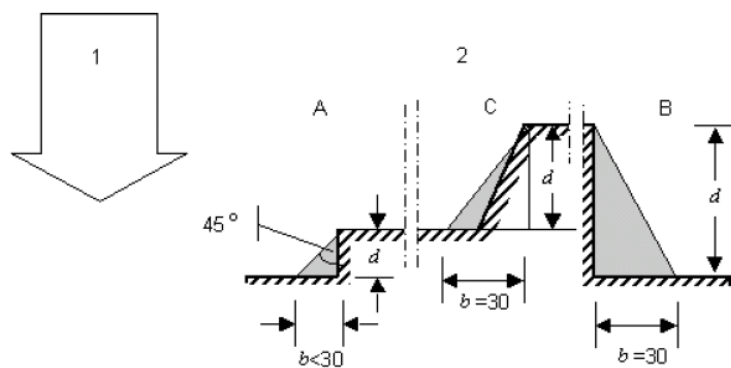


図1.3 水平熱流に対する表面抵抗 (JIS A2102-2 引用)

フレーム部の熱貫流率(U_f)は、フレームに断熱パネルを挿入した断熱パネルモデル (図1.2(b)) を用いて算出式(1.6) で求める。

$$U_f = \frac{L_f^{2D} - U_p b_p}{b_f} \quad \dots (1.6)$$

ここで

- U_f : フレーム部の熱貫流率 [W/(m²・K)]
- L_f^{2D} : 断熱パネルモデルの熱コンダクタンス [W/(m・K)]
- U_p : 断熱パネルの熱貫流率 [W/(m²・K)]
- b_f : フレーム部の見付幅 [m]
- b_p : 断熱パネルの見付幅 [m]

複層ガラススペーサ部を含むフレームとガラスの間の線熱貫流率(ψ_g)は、フレームに複層ガラスを挿入した複層ガラスモデル (図 1.2(a)) と算出式(1.6) で得られる U_f 値を用いて算出式(1.7) で求める。但し、単板ガラスの場合は熱橋効果がないため無視する。

$$\phi_g = L_\phi^{2D} - U_f b_f - U_g b_g \quad \dots (1.7)$$

ここで

- ϕ_g : ガラス周囲部の線熱貫流率 [W/(m・K)]
- L_ϕ^{2D} : 複層ガラスモデルの熱コンダクタンス [W/(m・K)]
- U_f : フレーム部の熱貫流率 [W/(m²・K)]
- U_g : ガラス部の熱貫流率 [W/(m²・K)]
- b_f : フレーム部の見付幅 [m]
- b_g : 複層ガラスの見付幅 [m]

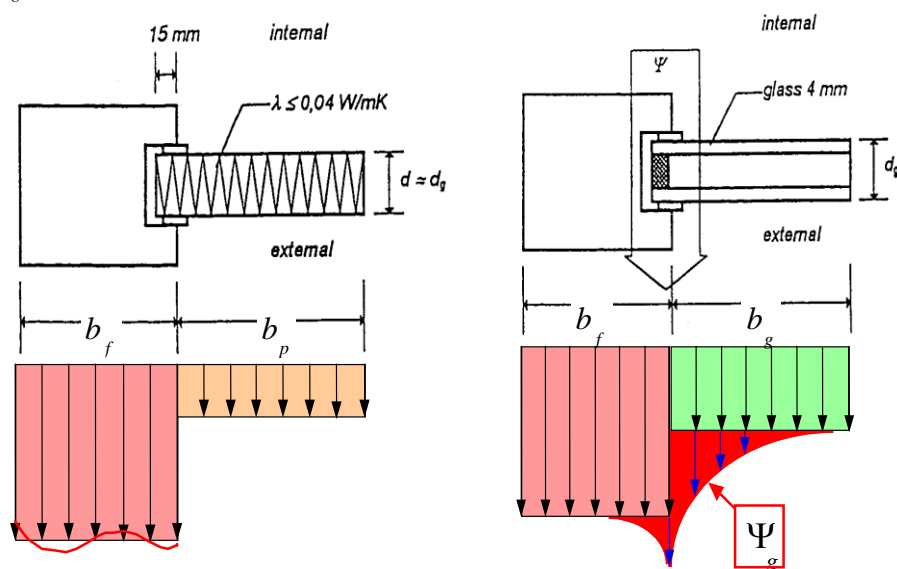


図 1.4 フレーム部の計算概要イメージ

(2) 日射熱取得率計算法

開口部の日射熱取得率の計算法は表 1.1 より、ガラスの計算法とフレームを加えた窓全体の計算法に分かれる。ガラスの計算法は、国際規格では ISO 9050¹¹⁾が規格化され、国内ではこれを引用して JIS R 3106¹²⁾が規格化されている。また、窓全体の計算法は、国際規格では板ガラス、付属遮蔽物、窓フレーム等を含んだ ISO 15099²²⁾が規格化されている。これは米国 ASHRAE STANDARD 142³⁰⁾が原案でそのまま採用されている。国内では、これに相当する規格を現在審議中である。

窓全体の日射熱取得率は算出式(1.8)で整理できる。

$$\eta_w = \frac{\sum A_g \eta_g + \sum A_f \eta_f}{A_w} \quad \dots (1.8)$$

ここで

η_w : 窓全体の総合日射熱取得率 [-]

η_g : ガラス部の日射熱取得率 [-]

η_f : フレーム部の日射熱取得率 [-]

A_w : 伝熱開口面積 [m²]

A_g : ガラス部の見付面積 [m²]

A_f : フレーム部の見付面積 [m²]

解析モデルイメージを図 1.5 に示す。

フレーム部、ガラス部の日射熱取得率算出方法は、算出式(1.9)で整理できる。2次元解析モデルに日射受熱の発熱条件を設定したモデル(図 1.6(a))を用いて、日射を受けた場合の室内への熱流束から日射を受けない場合(貫流分)の熱流束を差引いた値を日射強度で除して算出する。

$$\eta_g, \eta_f = \frac{q_{in} - q_{in}(I_s = 0)}{I_s} \quad \dots (1.9)$$

ここで

η_g : ガラス部の日射熱取得率 [-]

η_f : フレーム部の日射熱取得率 [-]

q_{in} : 各部の入射日射がある場合の室内への熱流束 [W/m²]

$q_{in}(I_s=0)$: 各部の入射日射がない場合の室内への熱流束 [W/m²]

I_s : 入射日射強度 [W/m²]

このとき、算出式 (1.9) に入る q_{in} 及び $q_{in}(I_s=0)$ は、図 1.6(b) に示すようにフレームを含む 2 次元熱流計算モデルからガラス単体の 1 次元熱流を差引いて求める。そのため、2 次元熱流分の影響は、フレームに残ることとなる。

よって、算出式(1.9)のフレーム部の熱流束： $q_{in,f}$ 及び $q_{in,f}(I_s=0)$ の算出式は以下となる。

$$q_{in,f} = \frac{Q_{in} - Q_{in,g}}{b_f} \quad \dots (1.10)$$

$$q_{in,f}(I_s = 0) = \frac{Q_{in}(I_s = 0) - Q_{in,g}(I_s = 0)}{b_f} \quad \dots (1.11)$$

ここで

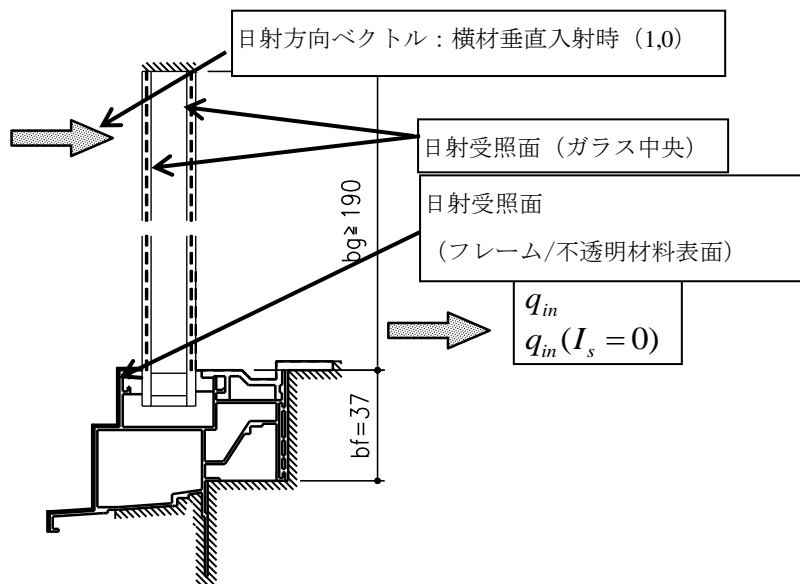
- $q_{in,f}$: フレーム部の入射日射がある場合の室内への熱流束 [W/m²]
- Q_{in} : 入射日射があるモデル全体の室内への熱流量 [W/m]
- $Q_{in,g}$: ガラス部の入射日射がある場合の室内への熱流量 [W/m]
- $q_{in,f}(I_s=0)$: フレーム部の入射日射がない場合の室内への熱流束 [W/m²]
- $Q_{in}(I_s=0)$: 入射日射がないモデル全体の室内への熱流量 [W/m]
- $Q_{in,g}(I_s=0)$: ガラス部の入射日射がない場合の室内への熱流量 [W/m]
- b_f : フレーム部の見付長さ [m]

また、ISO 15099²²⁾では、フレームの熱貫流率(U_f)からフレームの日射熱取得率(η_f)を簡易に求められる計算式を提案している。

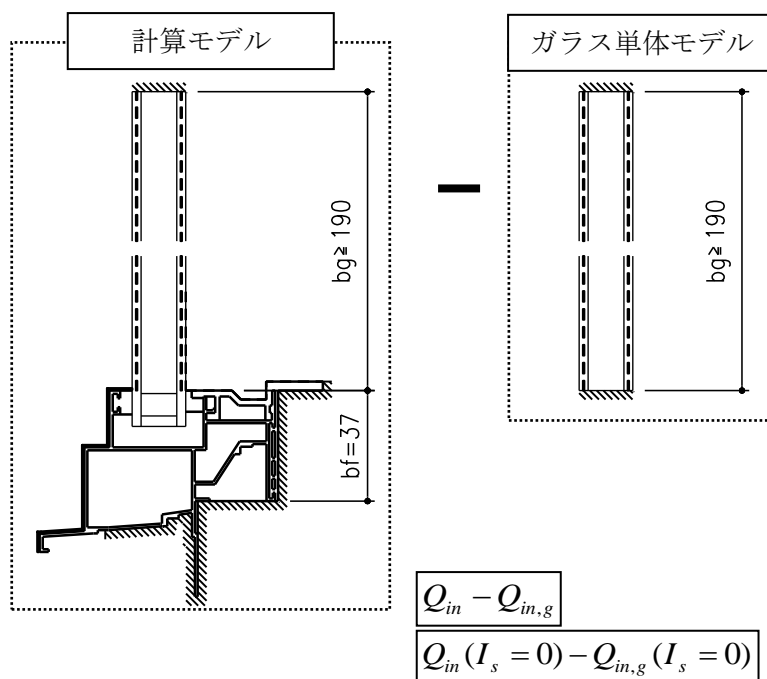
$$\eta_f = a_f \frac{U_f}{\frac{A_s}{A_f} h_{ex}} \quad \dots (1.12)$$

ここで

- η_f : フレーム部の日射熱取得率 [-]
- a_f : フレーム部の日射吸収率 [-]
- U_f : フレーム部の熱貫流率 [W/(m²·K)]
- A_f : フレーム部の見付面積 [m²]
- A_s : フレーム部の室外側露出表面積 [m²]
- h_{ex} : 室外側表面熱伝達率 [W/(m²·K)]



(a)解析モデルイメージ (日射有)



(b)フレーム部日射熱取得率算出イメージ

図 1.6 フレーム部の日射熱取得率解析モデルイメージ

1.2.3 材料の光学特性測定法

日射熱取得率計算法には、開口部を構成する材料の放射率、日射反射率・透過率・吸収率、熱伝導率といった物性値が必要とされる。しかしながら、これらの物性値のうち熱伝導率以外の光学的データはほとんど整備されていないのが実状である。

JIS ではガラスに関する光学特性測定法¹²⁾は制定されているが、フレーム材やブラインドスラット等の不透明材料については評価する規格がないのが現状である。しかし、不透明材料についてもガラスの規格¹²⁾を引用して測定することはできる。ここでは、測定方法と測定結果例を紹介する。

表 1.5,表 1.6 に示す小型ファイバーマルチチャンネル分光器と小型積分球により、ブラインドメーカー3社のブラインドスラット 653 色とサッシメーカー4社のアルミ型材 69 色、樹脂型材 42 色の分光測定を行った。

通常、拡散反射成分がほとんどを占める一般の建築材料の反射率・透過率測定ではあらゆる方向へ拡散する光を捕捉するために積分球を用いた。光源内蔵の小型ファイバーマルチチャンネル分光器専用の 1.5 インチφの反射率測定用積分球（オーシャンオプティクス製 ISP-REF）である。光トラップの有り無を簡単に切り替えることが可能で、全反射率と拡散反射率を測定できる。

日射の重係数で重み付けした日射反射率（300～2100nm）と視感度で重み付けした可視光反射率（380～780nm）との関係などについて検討した。

製品としてのブラインドスラットは曲面であるが、そのままでは測定できないため、製品製造過程で抜き取った平らなサンプルとした。

ブラインドスラットの色別サンプル一覧を表 1.7 に示す。サンプルは同じ色系区分でも、明度、色相、彩度が異なるため、それぞれ L^* , a^* , b^* の最大値、最小値で表現した。

全メーカーのブラインド測定結果についての日射反射率と可視光反射率の相関を図 1.7 に示す。可視光反射率に比べ日射反射率が高いものが相関を悪くしていると考えられる。これは同じ可視光反射率でも近赤外域での反射率が高い性質を持つということであり、この様な特徴を持たせたものに遮熱塗料と呼ばれるものもある。

表 1.5 小型積分球


	ISP-REF積分球
積分球の径	1.5インチ
サンプルポート口径	10.32mm
積分球コーティング	Spectralon(硫酸バリウムでドーブされている)
反射率	>98%(400-1500nm)、 >95%(250-2000nm)
反射率測定	全反射率/拡散反射率 選択可能
バルブ/色温度	タングステンハロゲンランプ/3100K
外観	

表 1.6 小型分光器

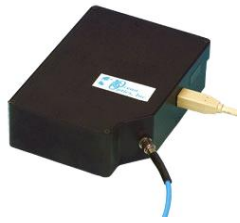

	HR2000	NIR256
ディテクタ	2048 素子リニアシリコンCCD アレイ (SONY製 ILX511)	温度制御256素子InGaAs アレイ
検出可能範囲	200-1100nm	0.9-2.1μ m
データ転送速度	13msec	10msec
積算時間	3msec~65sec	1msec~20sec
外観		

表 1.7 ブラインドスラットサンプル一覧

代表色	色系区分	サンプル数	L*		a*		b*	
			min	max	min	max	min	max
	ブラック	13	22.03	26.55	0.63	1.23	-5.20	-3.71
	グレー	59	38.74	90.75	-5.96	4.94	-9.87	5.53
	シルバー	21	67.76	86.66	-1.69	2.31	-2.31	1.60
	ホワイト	26	84.97	92.23	-1.97	1.86	-1.84	2.17
	オリーブ	6	71.09	77.26	-2.04	-0.08	11.23	15.57
	オイスター	4	75.96	80.67	-1.51	1.62	5.66	8.80
	アイボリー	50	78.48	90.90	-5.73	5.09	4.43	18.82
	ベージュ	49	55.47	86.57	-2.39	15.09	4.66	38.14
	ブルー	93	27.93	89.90	-28.99	14.09	-45.69	5.27
	ラベンダー	32	49.59	86.55	0.49	22.93	-19.34	0.18
	ピンク	81	50.09	86.12	3.71	39.88	-3.57	16.76
	レッド	7	32.31	47.11	17.67	49.22	-2.12	23.56
	オレンジ	8	57.33	82.30	11.98	44.28	19.65	38.23
	グリーン	110	32.34	89.57	-3.04	-41.55	-7.20	45.18
	イエロー	48	67.87	89.18	-11.36	22.22	10.94	67.27
	ゴールド	4	73.35	80.97	0.02	10.40	20.81	21.85
	ブラウン	24	34.09	70.45	0.86	17.40	0.89	23.85
	ブロンズ	1		59.46		-2.25		17.78
	ウッディ	17	34.22	79.36	0.96	18.84	4.85	27.76
	合計	653						

この関係を調べるため、日射反射率（300～2100nm）の内、近赤外部（800～2100nm）の反射率を可視部（300～780nm）の反射率で除した値の度数分布を図1.9に、また日射反射率を可視光反射率で除した値の度数分布を図1.10に示す。これらのグラフから日射反射率/可視光反射率が1.5倍以上の色を除き図1.7の整理をし直すと図1.8のようになり、相関が良くなる。

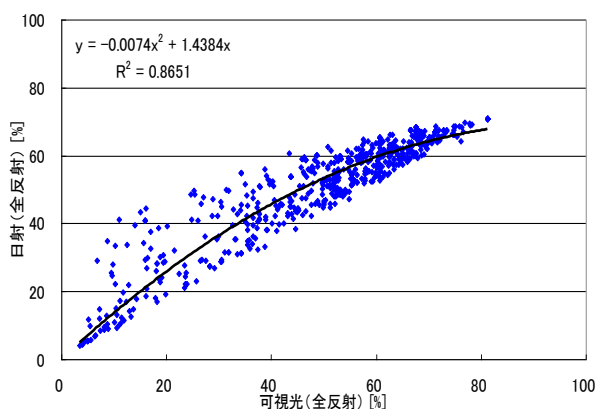


図 1.7 可視光反射率と日射反射率の関係

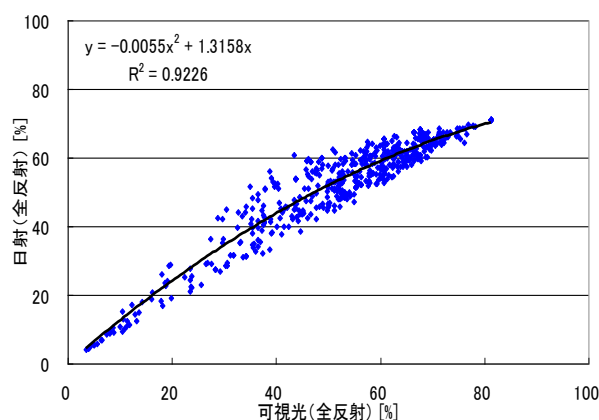


図 1.8 可視光反射率と日射反射率の関係
(近赤外の反射率の高いものを除く)

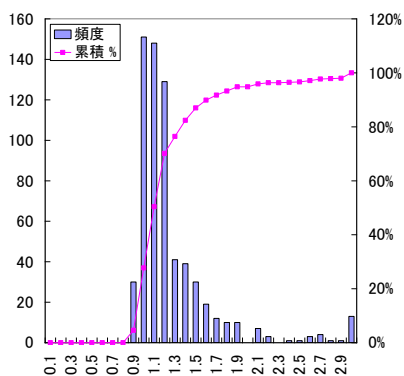


図 1.9 近赤外反射率/可視部
反射率の度数分布

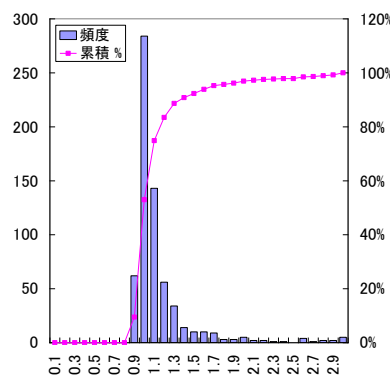


図 1.10 日射反射率/可視部
反射率の度数分布

サッシ型材の色別サンプル一覧についてアルミを表1.8に樹脂を表1.9に示す。また、アルミ、樹脂各々測定結果についての日射反射率と可視光反射率の相関を図1.11,図1.12に示す。アルミについては、一部ブラウン色の日射反射率/可視光反射率が2倍以上あった。

樹脂については、ブルー、グリーン、レッドや樹脂型材で表面0.2mmのみベース材と異なる色をつける表層押出をしている色の日射反射率/可視光反射率が2倍以上あった。このため、ブラインドスラット同様これらを除外した形で近似式を求めた。その結果、アルミ、樹脂共に良い相関を示した。また、日射反射率の全反射にしめる拡散反射成分、正反射成分の割合は、図1.13、図1.14に示すように概ねアルミで83%：17%、樹脂で87%：13%であった。

これらの結果より、計算に用いる場合、完全拡散と仮定して考えても影響は小さく問題ないと考えられる。

表 1.8 サッシ形材サンプル一覧 (アルミ)

代表色	色系区分	サンプル数	L*		a*		b*	
			min	max	min	max	min	max
	ブラック	10	24.70	28.93	0.90	3.82	-5.20	-1.70
	グレー	10	33.32	84.78	0.30	3.57	-7.04	0.78
	ブラウン	20	26.13	51.42	-22.38	6.80	-4.17	9.41
	ステンカラー	15	57.55	85.13	0.27	5.21	1.57	9.46
	シルバー	4	87.85	90.68	-0.16	0.29	-0.05	0.36
	ホワイト	9	84.46	96.22	-1.55	0.49	1.58	10.16
	木目	1	72.38		4.59		14.70	
	合計	69						

表 1.9 サッシ形材サンプル一覧 (樹脂)

代表色	色系区分	サンプル数	L*		a*		b*	
			min	max	min	max	min	max
	ウッディ	21	34.40	78.53	5.86	17.76	-0.86	30.84
	ブラック	3	24.98	26.24	0.88	1.83	-4.91	-3.70
	グレー	3	32.60	60.52	0.86	2.93	-3.36	-0.68
	ブラウン	3	28.81	32.04	1.61	4.37	-1.73	-0.58
	ステンカラー	1	59.32		1.86		1.09	
	シルバー	2	56.97	64.89	2.37	2.86	2.46	3.82
	ホワイト	5	83.75	95.99	-1.24	0.54	1.11	7.17
	ベージュ	1	69.88		17.19		28.00	
	レッド	1	41.20		28.05		16.37	
	グリーン	1	30.99		-12.92		-8.13	
	ブルー	1	26.41		3.31		-19.10	
	合計	42						

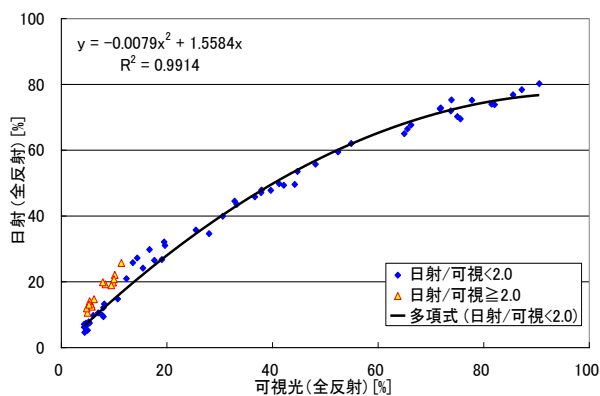


図 1.11 可視光反射率と日射反射率
の関係(アルミ)

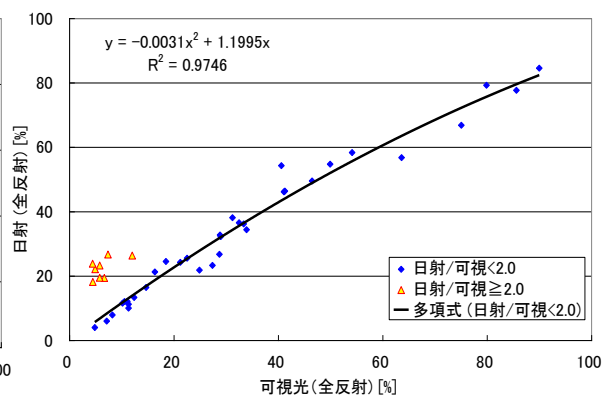


図 1.12 可視光反射率と日射反射率
の関係(樹脂)

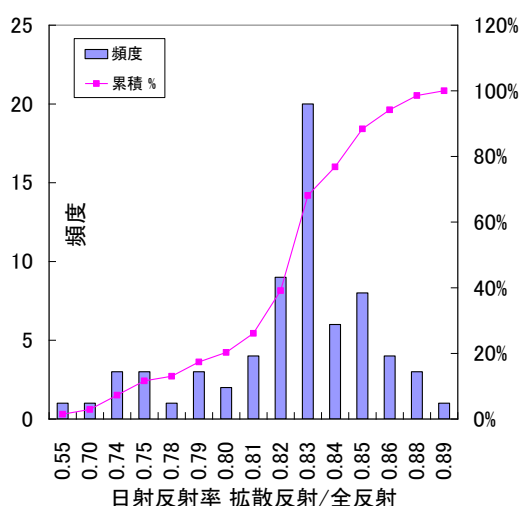


図 1.13 日射反射率の全反射にしめる
拡散反射成分の割合（アルミ）

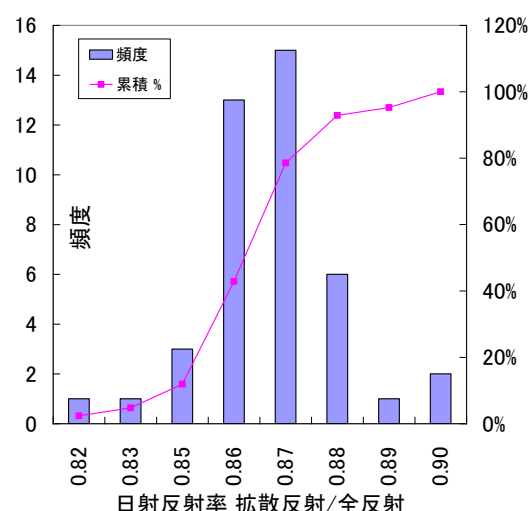


図 1.14 日射反射率の全反射にしめる
拡散反射成分の割合（樹脂）

また、これらの測定結果より、窓に用いられるアルミフレーム及び樹脂フレームの色を簡易に区分し、各々の日射吸収率及び反射率を整理すると表 1.10 及び表 1.11 と提案できる。

表 1.10 アルミフレームの日射吸収率と反射率（%）

カラー	色系区分	日射 (反射率)	日射 (吸収率)
	ホワイト	75	25
	シルバー	75	25
	ステンカラー	50	50
	グレー	25	75
	ブラウン	20	80
	ブラック	10	90

表 1.11 樹脂フレームの日射吸収率と反射率（%）

カラー	色系区分	日射 (反射率)	日射 (吸収率)
	ホワイト	75	25
	グレー	30	70
	ブラウン	15	85
	ブラック	10	90

1.2.4 入射日射の計算法

建物の開口部は一般的に各方位の壁面及び屋根面に設置されている。これら開口部に対し、入射日射量を計算予測する必要がある。

国内では、拡張アメダス気象データ³¹⁾が最も普及されている気象データであり、この中に納められている標準気象データを用いてシミュレーションを行うため、必要な気象データ計算法はここから引用した。

(1) 直散分離法

通常入手できる日射量観測値は、水平面全天日射量であることが多い。しかし建物の日射受熱量を評価する場合は壁や屋根等の任意面が受ける日射量が必要となる。任意面が受ける日射量を計算するためには、直達日射量と散乱日射量の両方を知らなければならない。そのため、水平面全天日射量を直達成分と散乱成分に分離する必要がある。このように水平面全天日射量を直達・散乱成分に分離する方法を直散分離法と呼ぶ。

水平面全天日射量、法線面直達日射量、散乱日射量には次の関係式が成り立つ。

$$I_G = I_b \sinh + I_d \quad \dots (1.13)$$

ここで

- I_G : 水平面全天日射量 [W/m²]
- I_b : 法線面直達日射量 [W/m²]
- I_d : 水平面散乱日射量 [W/m²]
- h : 太陽高度 [°]

水平面全天日射量(I_G)が既知の場合、法線面直達日射量(I_b)もしくは水平面散乱日射量(I_d)の推定式(モデル)が与えられれば、もう一方の日射成分は容易に計算することができる。

$$I_d = I_G - I_b \sinh \quad \dots (1.14)$$

$$I_b = \frac{I_G - I_d}{\sinh} \quad \dots (1.15)$$

水平面全天日射量から直達日射もしくは散乱日射を推定するモデルはこれまで国内外に研究者により多くのモデルが提案されているが、本論文ではEA気象データが推奨するPerezモデルを参照した。

晴天・曇天問わず特別の水平面全天日射量と露点温度により法線面直達日射量を推定するモデルであり次式で計算できる。

$$I_b = I_0 \{K_{nc} - [A + B \exp(mC)]\} X(K'_t, Z, W, \Delta K'_t) \quad \dots (1.16)$$

$$K_{nc} = 0.866 - 0.122m + 0.0121m^2 - 0.000653m^3 + 0.000014m^4 \quad \dots (1.17)$$

$$K_t = \frac{I_G}{I_0 \sinh} \quad \dots (1.18)$$

$$K_t \leq 0.6$$

$$A = 0.512 - 1.560K_t + 2.286K_t^2 - 2.222K_t^3 \quad \dots (1.19)$$

$$B = 0.370 + 0.962K_t \quad \dots (1.20)$$

$$C = -0.280 + 0.932K_t - 2.048K_t^2 \quad \dots (1.21)$$

$$K_t > 0.6$$

$$A = -5.743 + 21.77K_t - 27.49K_t^2 + 11.56K_t^3 \quad \dots (1.22)$$

$$B = 41.40 - 118.5K_t + 66.05K_t^2 + 31.90K_t^3 \quad \dots (1.23)$$

$$C = -47.01 + 184.2K_t - 222.0K_t^2 + 73.81K_t^3 \quad \dots (1.24)$$

$$K'_t = \frac{K_t}{\left[1.031 \exp \left(\frac{-1.4}{0.9 + \frac{9.4}{m}} \right) + 0.1 \right]} \quad \dots (1.25)$$

$$\Delta K'_t = 0.5 \left(|K'_{ii} - K'_{ii+1}| + |K'_{ii} - K'_{ii-1}| \right) \quad \dots (1.26)$$

$$W = \exp(0.07T_d - 0.075) \quad \dots (1.27)$$

$$m = \frac{1.0}{\sinh + 0.15(93.885 - Z_d)^{-1.253}} \quad \dots (1.28)$$

ここで

I_0 : 法線面大気外日射量 [W/m²]

I_G : 水平面全天日射量 [W/m²]

K_t : 晴天指数 [-]

Z : 天頂角 [rad.]

Z_d : 天頂角 [°]

- h : 太陽高度 [°]
 T_d : 露点温度 [°C]
 W : 可降水量 [cm]
 m : relative air mass[-]
 i : 当該時刻[-]
 $X(K'_t, Z, W, \Delta K'_t)$: coefficient function[-]

(2) 斜面日射量の計算

斜面日射量は、観測または直散分離により得られた法線面直達日射量、水平面散乱日射量を斜面に変換し、地表面反射日射量を加算して次式で得られる。

$$I_{T,G} = I_{T,b} + I_{T,d} + I_{T,r} \quad \dots (1.29)$$

$$I_{T,b} = I_b \cos i \quad \dots (1.30)$$

$$I_{T,d} = I_d F \quad \dots (1.31)$$

$$I_{T,r} = I_G \frac{1 - \cos \beta}{2} \rho \quad \dots (1.32)$$

ここで

- $I_{T,G}$: 斜面全日射量 [W/m²]
 $I_{T,b}$: 斜面直達日射量 [W/m²]
 $I_{T,d}$: 斜面散乱日射量 [W/m²]
 $I_{T,r}$: 地表面反射日射量 [W/m²]
 I_G : 水平面全天日射量 [W/m²]
 I_b : 法線面直達日射量 [W/m²]
 I_d : 水平面散乱日射量 [W/m²]
 i : 直達日射量の入射角 [°]
 β : 水平面に対する斜面の傾斜角 [°]
 ρ : アルベド [-]

式(1.32)は斜面に入射する反射日射が斜面全面の地物で完全拡散されると仮定されている。

式(1.31)の F は斜面散乱日射量が水平面散乱日射量に占める割合を表す関数であり、各モデルの天空放射輝度分布の取り扱いにより異なる。天空の放射輝度分布が一様と仮定した場合は **Isotropic** モデルがよく用いられる。しかし、実際の天空の放射輝度分布は太陽の位

置や天空の状態（晴天や曇天等）により著しく変化するため、近年では、天空の放射輝度分布を考慮した種々のモデルが提案されている。本論文では EA 気象データが推奨する Isotropic モデル及び Perez モデルを参照した。

・ Isotropic モデル

天空の放射輝度分布を一様と仮定し、斜面から天空を見る形態係数によって斜面散乱日射量を計算するモデルである。

$$F = \frac{1 + \cos \beta}{2} \quad \dots (1.33)$$

・ Perez モデル

散乱日射量を分布が一様な散乱日射量、準直達日射量、地平線付近からの散乱日射量の3成分に分け、8種類の天空状態別に散乱日射量に占める各成分比を決定するモデルである。

$$F = (1 - F_1) \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + F_1 \frac{a}{b} + F_2 \sin \beta \quad \dots (1.34)$$

ここで

$$a = \max(0, \cos i) \quad , \quad b = \max(0.087, \cos Z)$$

$$F_1 = F_{11}(\varepsilon) + F_{12}(\varepsilon)\Delta + F_{13}(\varepsilon)Z$$

$$F_2 = F_{21}(\varepsilon) + F_{22}(\varepsilon)\Delta + F_{23}(\varepsilon)Z$$

$$\varepsilon = \frac{\frac{I_d + I_b}{I_d} + kZ^3}{1 + kZ^3} \quad , \quad \Delta = \frac{I_d m}{I_0}$$

$$m = \frac{1.0}{\sinh + 0.15(93.885 - Z_d)^{-1.253}}$$

$$F_1 \quad : \quad \text{斜面全日射量} \quad [\text{W/m}^2]$$

$$F_2 \quad : \quad \text{斜面直達日射量} \quad [\text{W/m}^2]$$

$$I_0 \quad : \quad \text{法線面大気外日射量} \quad [\text{W/m}^2]$$

$$I_G \quad : \quad \text{水平面全天日射量} \quad [\text{W/m}^2]$$

$$Z \quad : \quad \text{天頂角} \quad [\text{rad.}]$$

$$Z_d \quad : \quad \text{天頂角} \quad [^\circ]$$

$$\Delta \quad : \quad \text{atmospheric brightness parameter} \quad [-]$$

$$\varepsilon \quad : \quad \text{atmospheric clearness parameter} \quad [-]$$

$$k \quad : \quad 1.041 \quad [-]$$

$$m \quad : \quad \text{relative air mass} [-]$$

式(1.34)の第1項は一樣散乱日射量、第2項は準直達日射量、第3項は地平線付近からの散乱日射量を表している。なお、 ε による $F_{11} \sim F_{23}$ の値を表1.12に示す。

表 1.12 Perez モデルの係数値

ε	F_{11}	F_{12}	F_{13}	F_{21}	F_{22}	F_{23}
1.000~1.065	-0.008	0.588	-0.062	-0.06	0.072	-0.022
1.065~1.230	0.13	0.683	-0.151	-0.019	0.066	-0.029
1.230~1.500	0.33	0.487	-0.221	0.055	-0.064	-0.026
1.500~1.950	0.568	0.187	-0.295	0.109	-0.152	-0.014
1.950~2.800	0.873	-0.392	-0.362	0.226	-0.462	0.001
2.800~4.500	1.132	-1.237	-0.412	0.288	-0.823	0.056
4.500~6.200	1.06	-1.6	-0.359	0.264	-1.127	0.131
6.200~	0.678	-0.327	-0.25	0.156	-1.377	0.251

1.2.5 期間熱負荷計算法

期間熱負荷を算出する方法には、大きく分けて簡易計算法とシミュレーションによる計算法がある。シミュレーションは詳細に算出することが目的であり、計算モデル作成に時間を要する。そのため、代表モデルで性能評価されることが多い。戸建住宅分野では SMASH や AE-Sim/Heat 等がこれに該当する。ビル分野では HASP、BEST 等がこれに該当する。簡易計算法は表計算ソフトで簡易に計算できることが目的であり、建物の仕様及び建設地域が把握できれば計算に時間は要さない。ビルはほとんど全てがオリジナル仕様と言っても過言ではなく、代表モデルという評価は難しい。国内の省エネルギー基準³²⁾³³⁾では、PAL 計算 (Perimeter Annual Load, 年間熱負荷係数)³⁴⁾で評価することが義務付けられている。

以下に PAL 計算で用いられている拡張デグリーデー法³⁴⁾について概説する。

拡張デグリーデー法は、建物外皮の貫流熱・透過日射熱・内部発熱・実効放射熱・換気熱の移動と建物の使用スケジュールを考慮して様々な地域・方位の暖冷房負荷を算出する。期間暖冷房負荷の算出式を以下に示す。

(1) 期間暖房負荷算出式

$$Q_H = 0.0864 \cdot k_H \sum_{if(0)>0} \left\{ (U_T^* + C_v \cdot V \cdot A_p) \cdot (\theta_d - \theta_o) - \eta_T \cdot I_s + \frac{\varepsilon'}{\alpha_o} \cdot U_T^* \cdot I_\ell - G \cdot A_p \right\} \quad \dots (1.35)$$

$$= 0.0864 \cdot k_H \cdot U_T^* \cdot \sum_{if(0)>0} \left(\theta_{ref} - \theta_o - \rho \cdot I_s + \frac{\varepsilon'}{\alpha_o} \cdot \sigma \cdot I_\ell \right) \quad \dots (1.36)$$

$$= 0.0864 \cdot k_H \cdot U_T^* \cdot EHD \quad \dots (1.37)$$

ここで

Q_H : 期間暖房負荷 [MJ/年]

k_H : 各種建物用途に対する暖房期間の地域補正係数 [-]

EHD : 拡張暖房デグリーデー [K・day/年]

U_T^* : 外皮の総熱貫流率 [W/K]

C_v : 容積比熱 [MJ/(m³・K)]

V : 取入外気量 [m³/(m²・h)]

A_p : ペリメーターゾーンの床面積 [m²]

θ_d : 設定室温 [°C]

θ_o : 外気温 [°C]

η_T : 総日射侵入率 [-]

I_s : 日射量 [W/m²]

ε' : 長波放射率 [-]

α_o : 外表面の熱伝達率 [W/(m²·K)]

I_ℓ : 実効放射量 [W/m²]

G : 内部発熱密度 [W/m²]

$U_T = U_T^* + C_v \cdot V \cdot A_p$: 総熱貫流率 [W/K]

$\theta_{ref} = \theta_d - G \cdot A_p / U_T$: 設定室温 [°C]

$\rho = \eta_T / U_T$: 侵入貫流比 [K·m²/W]

$\sigma = U_T^* / U_T$

0.0684 は単位変換 (day→hour、Wh→MJ) のための係数

(2) 期間冷房負荷算出式

$$Q_C = 0.0684 \cdot k_C \sum_{if 0 > 0} \left\{ (U_T^* + C_v \cdot V \cdot A_p) \cdot (\theta_o - \theta_d) + \eta_T \cdot I_s - \frac{\varepsilon'}{\alpha_o} \cdot U_T^* \cdot I_\ell + G \cdot A_p \right\} \quad \dots (1.38)$$

$$= 0.0684 \cdot k_C \cdot U_T \cdot \sum_{if 0 > 0} \left(\theta_o - \theta_{ref} + \rho \cdot I_s - \frac{\varepsilon'}{\alpha_o} \cdot \sigma \cdot I_\ell \right) \quad \dots (1.39)$$

$$= 0.0684 \cdot k_C \cdot U_T \cdot ECD \quad \dots (1.40)$$

ここで

Q_C : 期間冷房負荷 [MJ/年]

k_C : 各種建物用途に対する冷房期間の地域補正係数 [-]

ECD : 拡張冷房デグリーデー [K·day/年]

暖冷房負荷計算には、多くの変数が存在するが、拡張暖冷房デグリーデー(EHD、ECD)は地域、方位、侵入貫流比(ρ)、参照温度(θ_{ref})を変数として拡張デグリーデー表³⁵⁾にまとめられている。よって、ユーザーはこの表の値と総熱貫流率(U_T)と地域補正係数(k_H, k_C)を乗じることにより簡易に計算できる。

拡張デグリーデー法において、式(1.35)及び式(1.40)が示すように、開口部を含む外皮の熱貫流率及び日射熱取得率が期間暖房負荷、期間冷房負荷に直接影響していることがわかる。

但し、日射による侵入熱量は、垂直入射時の日射熱取得率に壁面に照射される日射量に乗じた形になっている。

さらにこれらの性能はガラスとブラインドのみで、フレームを含んでいない性能で計算している。

1.3 本研究の目的

本研究では、ISO、JIS等の規格や既往の研究を基に、建物の熱負荷計算をより精度よく計算で評価できることを目的としている。

開口部の熱性能を評価する上で、熱貫流率と日射熱取得率は重要な性能と言える。

建築の開口部と言っても、窓と呼ばれる単体の開口部だけでなく、ガラスカーテンウォールのような全面ガラスでできた開口部もある。

製品の性能を評価するためには計算法と測定法があるが、それぞれに利点と難点があるため、両者が互いに補完することが望ましいと考える。

屋内で行う測定法は、決められた条件下で製品の性能が得られる利点はある。しかし、設備の構築や試験の実施には多大な費用及び時間が必要であり、再現性や測定条件の変更等に難点がある。屋外で行う測定法は、実際の現象の中で行うため、実用的な結果が得られるが屋内のように決められた条件にならないため、現象を把握するという点で難点がさらに増える。

対して計算法は、条件の変更が容易で再現性があり多くの評価を短時間で実行することができる。海外では計算による評価が広く行われ、規格の整備や評価ツールの開発が進んでいる。但し、あくまでも計算は実際に起きている現象から得られる性能を簡易に再現できる手段であり、理論を追い求めて実際に起きている現象と乖離があっては使うことはできない。また、詳細に解析で求めただけでは、一般的に広く普及できない。

そのため、本研究では測定法と計算法の両面から以下の3つの課題に取り組むこととした。

①建物全体で取得する日射熱を正しく計算で評価する

- ・フレームを考慮した斜入射に対する日射熱取得率計算法を開発する
- ・計算法だけでなく測定法で得られた結果と比較を行い実証する
- ・従来の熱負荷計算法と比較し影響を確認する

②カーテンウォールの熱性能計算法の開発する

- ・フレームを考慮したカーテンウォールの熱性能計算法を開発する
- ・窓同様、斜入射に対する日射熱取得率計算法を開発する

③簡易計算法を開発する

- ・建物の熱負荷計算に使えるように、解析を必要としない簡易な計算法を提案する

得られた成果を統合することで現在の日射による侵入熱量の考え方を変えることに貢献でき、住宅や建築物でのより熱性能のバランスのよい商品の選択が促進され、暖冷房エネルギー消費量削減の促進と地球環境への影響低減の一助となると考える。

1.4 本論文の構成

本論文は8章より構成され、各章の概要は以下の通りである。

第1章では、序論として本研究の社会的背景と目的を述べ、関連する既往の研究を概説して本研究の位置付けを述べる。

第2章では、斜入射時における窓フレームを考慮した開口部の日射熱取得率の詳細計算法について述べる。直達成分は、窓面に対して垂直入射だけでなく斜入射で日射があたった場合のガラスの入射角度特性、フレーム自身の色違いによる受熱分の影響及びフレームからガラス面に落とす影の影響を考慮して計算を行った。その結果、フレームの色違いによる受熱分及びフレームから落とす影の影響は小さいため、計算に考慮しなくてもよいことを示した。散乱成分については、地面に対して垂直に設置される窓という特性を考慮して入射角度を半球積分で求めた結果、垂直入射分の約0.81倍より小さい値となることを確認し、各種ガラス種及び、フレームを考慮した場合の計算値を示した。

第3章では、実製品を使って簡易にフィールドで斜入射に対する日射熱取得率が測定できる装置について述べる。詳細に全ての現象を測定していないため、測定結果を計算結果と比較すると、多少差異はあるものの、計算と類似した傾向が測定結果データに表れることを示した。この結果、直達成分・散乱成分ともに計算法を用いてもよいことを示した。その他、フィールド測定データから窓の熱貫流率の比較を行った。

第4章では、窓以外の開口部として、カーテンウォールのフレームを考慮した熱性能計算法について述べる。国際的な規格が確立していないため、伝熱開口面積のとりかたについて欧州規格を基に検討した。また、窓フレーム部の汎用的計算法をカーテンウォールに応用し、解析モデル化範囲及び断熱・遮熱性能の算出方法を検討した。構造の異なる6種類のフレームで検討した結果、開口部、腰部それぞれで共通の傾向があることを示した。

第5章では、カーテンウォールのフレームを建物の熱負荷計算に用いることができる簡易計算法について述べる。第4章の詳細計算結果を基に、簡易計算法を提案した。また、腰部の日射熱取得率は、表面をガラスで構成しているため、PAL計算で行われている壁の日射熱取得率計算法では過小評価となる。そのため、ガラスカーテンウォール用の簡易計算法を提案した。詳細計算法と簡易計算法の差は数%以内となることを示した。

第6章では、カーテンウォールで第2章と同様の斜入射に対する計算法について述べる。カーテンウォールでは、フレーム面とガラス面を極力フラットにする傾向があるため、開口部におけるフレームが落とす影の影響は小さく、計算に考慮しなくてもよいことを示した。また、日よけ部材がついた場合は、PAL 計算に用いられている日よけ効果計算式と比較して、直達成分については日よけ効果計算式をそのまま用いてもよいことを示した。

第7章では、第2章及び第6章の結果を用いて、地域別の侵入熱量を、従来のシミュレーションで用いられている計算法と比較した。また、フレームと斜入射を考慮した場合、建物の熱負荷計算に及ぼす影響を確認した。

第8章では、結論として本研究で得られた検討結果及び知見をまとめた。さらに今後の研究によって解決すべき課題を整理し、展望を述べる。

図 1.14 に本論文の構成と流れを示す。

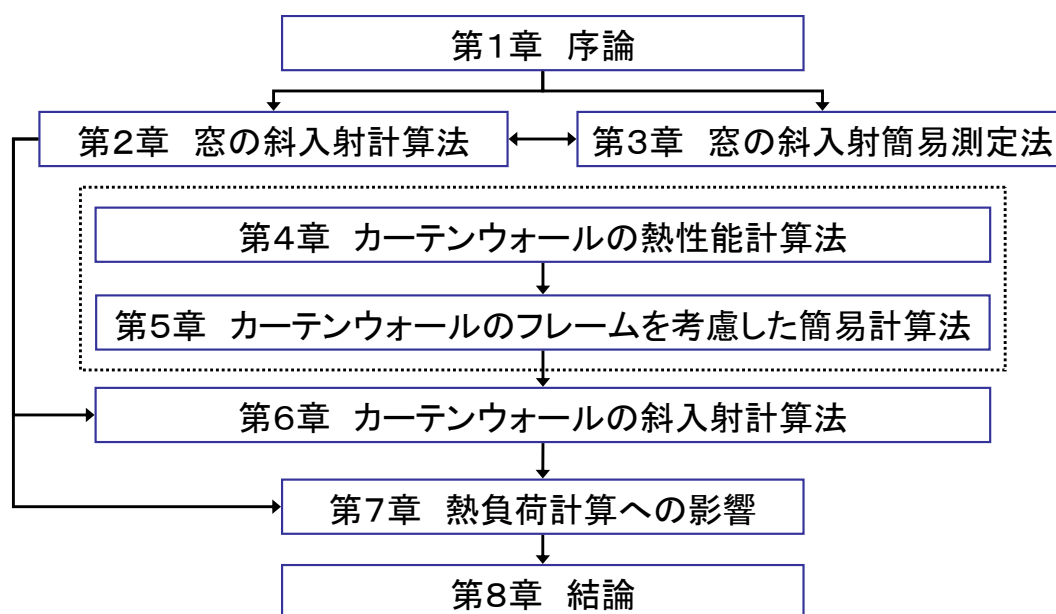


図 1.14 本論文の構成と流れ

参考文献

- 1) 潮田健次郎：熱意力闘「私の履歴書」,日本経済新聞出版社,2011.9
- 2) 平成 22 年度版「住宅用建材使用状況調査」,(社)日本サッシ協会,2011.3
- 3) "わかりやすいサッシ・ドア性能"「BASIS」2010,(社)日本サッシ協会,2010
- 4) 自立循環型住宅への設計ガイドライン,(財)建築環境・省エネルギー機構,2006
- 5) 工業標準化法,2005.7.26 改正
- 6) JIS A 4710:2004, 建具の断熱性試験方法
- 7) ISO 10077-1:2006, Thermal performance of windows, doors and shutters -- Calculation of thermal transmittance -- Part 1:General
- 8) ISO 10077-2:2003, Thermal performance of windows, doors and shutters -- Calculation of thermal transmittance -- Part 2:Numerical method for frames
- 9) JIS A 2102-1:2011, 窓及びドアの熱性能－熱貫流率の計算－第 1 部：一般
- 10) JIS A 2102-2:2011, 窓及びドアの熱性能－熱貫流率の計算－第 2 部：フレームの数値計算
- 11) ISO 9050:2003, Glass in building - Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors
- 12) JIS R 3106:1998, ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法
- 13) 住宅の省エネルギー基準の解説,(財)建築環境・省エネルギー機構,2009
- 14) <http://www.nedo.go.jp/>
- 15) SMASH for Windows Ver.2 ユーザーマニュアル:(財)建築環境・省エネルギー機構,2004
- 16) AE-Sim/Heat 操作マニュアル:(株)山内設計室,2009
- 17) ISO12567-1:2010, Thermal performance of windows and doors -- Determination of thermal transmittance by the hot-box method -- Part 1: Complete windows and doors
- 18) ISO12567-2:2005, Thermal performance of windows and doors -- Determination of thermal transmittance by hot box method -- Part 2: Roof windows and other projecting windows
- 19) JIS A 4710:1996, 建具の断熱性試験方法
- 20) JIS R 3107:1998, 板ガラス類の熱抵抗及び建築における熱貫流率の算定方法
- 21) ISO10292:1994, Glass in building -- Calculation of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing
- 22) ISO 15099:2003, Thermal performance of windows, doors and shading devices - Detailed calculations
- 23) EN13947:2006, Thermal performance of curtain walling -- Calculation of thermal transmittance
- 24) ISO/DIS 12631,Thermal performance of curtain walling -- Calculation of thermal transmittance

-
- 25) C. W. Pennington, William A. Smith, Erich A. Farber and John C. Reed, Experimental analysis of solar heat gain through insulating glass with indoor shading, p27-37, ASHRAE JOURNAL, Feb., 1964
 - 26) 建設省総合技術開発プロジェクト「省エネルギー住宅システムの開発報告書」,(財)住宅・建築省エネルギー機構,1983
 - 27) S. J. Harrison and F.M. Dubrous, Determination of Window Thermal Characteristics Using Solar-Simulator-Based Test Method, p912-919, ASHRAE Transaction, 1990
 - 28) S.J. Harrison and FM. Dubrous, Uncertainties in the Evaluation of Window SHGC and U-Values Measured Using an Indoor Solar Simulator Facility, p 638, ASHRAE Transaction, 1992
 - 29) 倉山千春：開口部の日射熱取得率測定法に関する研究 開口部の断熱・遮熱性能 その1, 日本建築学会環境系論文集, 第 604 号, pp.15-22, 2006 年 6 月
 - 30) ASHRAE standard 142 draft, Standard Method for Determining and Expressing the Heat Transfer and Total Optical Properties of Fenestration Products
 - 31) 赤坂裕 他：拡張 AMeDAS 気象データ 1981-2000,日本建築学会,2005
 - 32) エネルギーの使用の合理化に関する法律, 2008.5.30 改正
 - 33) 平成 15 年経済産業省・国土交通省告示第 1 号：建築物に関わるエネルギーの使用の合理化に関する建築主の判断基準, 2003.2.24 改正
 - 34) 建築物の省エネルギー基準と計算の手引（平成 18 年度版）,（財）建築環境・省エネルギー機構, 2006.9
 - 35) 改訂拡張デグリーデー表,（財）建築環境・省エネルギー機構, 2003.5
 - 36) 田中俊六 他：最新建築環境工学,井上書院,1989
 - 37) 遮熱計算法に関する研究報告書,（社）リビングアメニティ協会, 平成 13 年度（2002.3）, 平成 14 年度（2003.3）, 平成 15 年度（2004.3）, 平成 16 年度（2005.3）, 平成 19 年度（2008.3）
-

第2章 開口部の斜入射に対する日射熱取得率計算法

2.1 はじめに

建物の熱負荷の中で、日射による熱エネルギーの影響は大きい。建物内に取得すれば、冬期の暖房負荷は軽減され、夏期の冷房負荷は増大する。この日射による熱エネルギーを建物内に取り込む役割が開口部であり、この取得熱量を正しく評価できなければ、建物の熱負荷計算は正しく評価できない。

地球温暖化対策に向けて改正された省エネ法¹⁾及び住宅の省エネルギー基準²⁾は、住宅分野の省エネルギーの普及・定着を主眼に改正されたものであり、この中でも開口部熱性能は住宅熱性能に大きく影響を及ぼす部位であり多くの要望がある。

これまでの研究³⁾により、開口部の断熱性能及び遮熱性能の計算法及び測定法を確立してきた。住宅熱負荷計算^{4),5)}もこの値を用いて行われている。

しかしながらこの計算法及び測定法の日射の入射角度は開口部に対して垂直入射のみであり、斜入射を考慮していない。

垂直入射では、窓フレームからガラス面へ影を落とすことはほぼないが、斜入射を考慮すると窓フレームからフレーム自身やガラス面へ影を落とすこととなる。この影の影響がどの程度あるのか、現状の垂直入射時の日射熱取得率から予測が可能なのか、個々の入射角で解析する必要があるか明確にする必要がある。

また、斜入射は直達成分を考慮した場合であり、天空及び地物反射といった散乱成分を考慮した場合も必要となる。

ここでは、斜入射及びフレームを考慮した直達成分の開口部の日射熱取得率計算法及び散乱成分を考慮した開口部の日射熱取得率計算法について述べる。

2.2 直達日射に対する開口部の計算法

垂直入射と斜入射の計算法の違いは、日射の入射角度が異なることと、窓フレーム材のような不透明材料に日射があった場合、その先に透過せず影を作ることとを考慮した計算プログラムとすることである。よって、窓及び各部の日射熱取得率を算出する式は基本的に垂直入射時と同じと考えてよいが、フレームからガラス面へ落とす影の影響を考慮する必要がある。

直達日射に対する窓全体の日射熱取得率は算出式(2.1)で整理できる。

$$\eta_w(\theta) = \frac{\sum A_g \eta_g(\theta) S_f(\theta) + \sum A_f \eta_f(\theta)}{A_w} \quad \dots (2.1)$$

ここで

- $\eta_w(\theta)$: 入射角 θ に対する窓全体の総合日射熱取得率 [-]
- $\eta_g(\theta)$: 入射角 θ に対するガラス部の日射熱取得率 [-]
- $\eta_f(\theta)$: 入射角 θ に対するフレーム部の日射熱取得率 [-]
- $S_f(\theta)$: 入射角 θ に対するフレーム部影による日射熱取得減衰係数 [-]
- A_w : 伝熱開口面積 [m²]
- A_g : ガラス部の見付面積 [m²]
- A_f : フレーム部の見付面積 [m²]

2.2.1 フレーム部の計算法

フレーム部の直達日射に対する日射熱取得率算出方法は、算出式(2.2)で整理できる。また、解析モデルイメージを図 2.1 に示す。2次元解析モデルに日射受熱の発熱条件を設定したモデル(図 2.1(b))を用いて、日射を受けた場合の室内への熱流束から日射を受けない場合(貫流分)の熱流束を差引いた値を日射強度で除して算出する。

$$\eta_f(\theta) = \frac{q_{in,f}(\theta) - q_{in,f}(I_s = 0)}{I_s} \quad \dots (2.2)$$

ここで

- $\eta_f(\theta)$: 入射角 θ に対するフレーム部の日射熱取得率 [-]
- $q_{in,f}(\theta)$: 入射角 θ に対するフレーム部の入射日射がある場合の室内への熱流束 [W/m²]
- $q_{in,f}(I_s=0)$: フレーム部の入射日射がない場合の室内への熱流束 [W/m²]
- I_s : 入射日射強度 [W/m²]

このとき、算出式 (2.2) に入る $q_{in,f}$ は、図 2.1(a) に示すようにフレームを含む 2 次元熱流計算モデルから、斜入射は考慮しているがフレームが落とす影の影響を受けていないガラス単体の 1 次元熱流を差引いて求める。そのため 2 次元熱流分の影響及び影の影響は、フレームに残ることとなる ($q_{in,f}(I_s=0)$ は同様に 2 次元熱流分の影響はフレーム部に残る形となる)。しかし、この計算手法では純粋なフレーム成分ではないため式(2.1)が成り立たない。

本計算プログラムを用いた場合、斜入射時のガラス面へ落とす影の影響についてガラスの透過分は考慮せず、日射吸収による再放熱分のみ判定しているため、解析結果後の熱流量 (Q_{in}) に影長さ分の熱流量を別途加算するもしくは、ガラス長さ (b_g) から影長さ (b_s) を除いた残りの分の熱量だけを解析結果後の熱流量 (Q_{in}) から差し引く必要がある。

よって、算出式(2.2)のフレーム部の熱流束: $q_{in,f}$ 及び $q_{in,f}(I_s=0)$ の算出式は以下となる。

$$q_{in,f}(\theta) = \frac{Q_{in}(\theta) + q_{in,g}(\theta) \cdot b_s - q_{in,g}(\theta) \cdot b_g}{b_f} = \frac{Q_{in}(\theta) - q_{in,g}(\theta) \cdot (b_g - b_s)}{b_f} \dots (2.3)$$

$$q_{in,f}(I_s = 0) = \frac{Q_{in}(I_s = 0) - q_{in,g}(I_s = 0) \cdot b_g}{b_f} \dots (2.4)$$

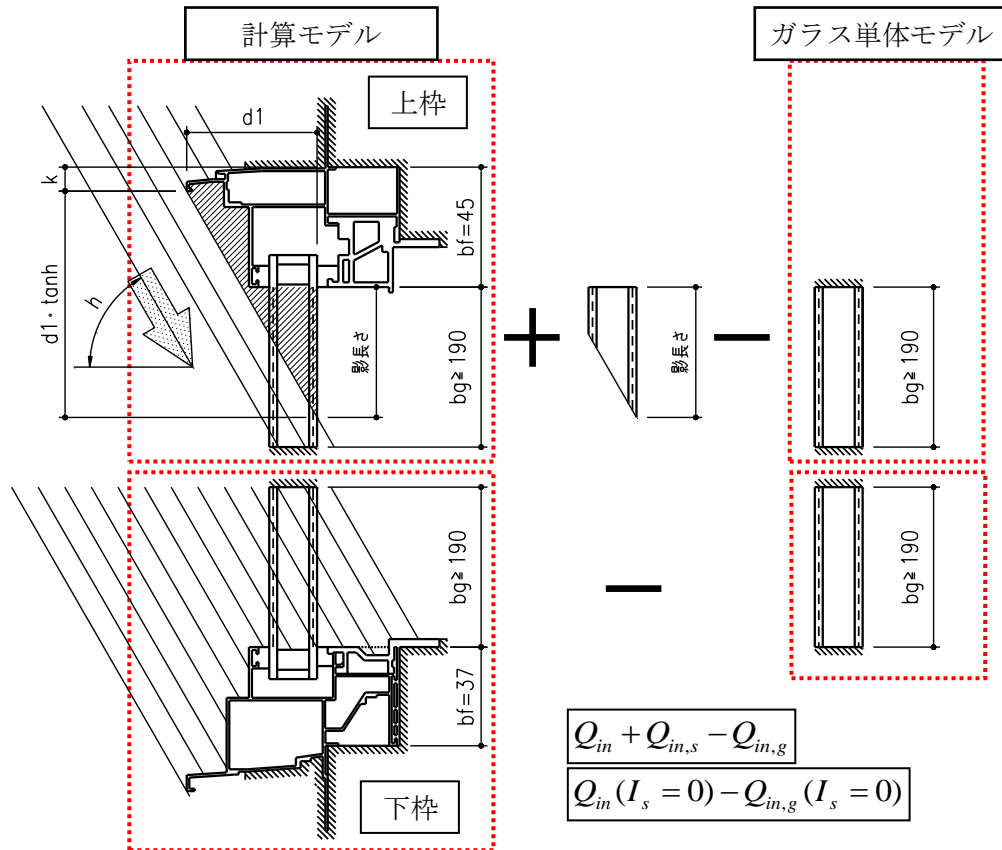
ここで

- $q_{in,f}(\theta)$: 入射角 θ に対するフレーム部の入射日射がある場合の室内への熱流束 [W/m²]
- $Q_{in}(\theta)$: 入射角 θ に対する入射日射があるモデル全体の室内への熱流量 [W/m]
- $q_{in,g}(\theta)$: 入射角 θ に対するガラス部の入射日射がある場合の室内への熱流束 [W/m²]
- $q_{in,f}(I_s=0)$: フレーム部の入射日射がない場合の室内への熱流束 [W/m²]
- $Q_{in}(I_s=0)$: 入射日射がないモデル全体の室内への熱流量 [W/m]
- $q_{in,g}(I_s=0)$: ガラス部の入射日射がない場合の室内への熱流束 [W/m²]
- b_f : フレーム部の見付長さ [m]
- b_g : ガラスの見付長さ [m]
- b_s : フレームからガラス面に落ちる影の見付長さ [m]

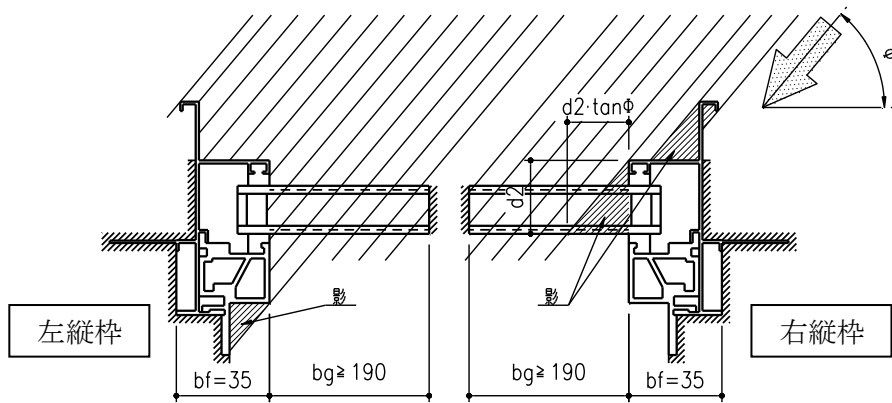
斜入射特性を考慮した日射熱取得率の計算は、既往の研究³⁾より境界要素法二次元定常熱解析プログラム「TB2D/BEM (Thermal Bridge Computation by 2-Dimensional Boundary Elements Method)」³⁾を用いた。日射は方向ベクトルで与えているため、2次元断面に(x, y)成分を入力する。上下枠のような横部材に垂直な日射を与える場合は、(1,0)となる。

斜入射の場合は3次元の入射角を考慮するため、(x, y)成分だけでは、横部材断面(上下フレーム)は太陽方位角度が考慮できない。また、縦部材断面(縦フレーム)は太陽高度が考慮できない。そこで、プロファイル角を別途角度で与える方法とした。入射角度のイメージを図 2.2 に示す。断面内で示すことができる入射方位角 φ と断面図中に示すことので

きないプロファイル角 θ という 2 つの角度で表現している。入射方位角 ϕ は、2 次元方向ベクトル (x, y) で示す。プロファイル角 θ は入力データ内で数値により指定する。解析にあたっては日射の受照のある枠面やガラス面仮想面では、各面の法線方向と入射方位角を計算し、その角度の余弦の大きさにしたがつた発熱を与える。図 2.2(b) の縦部材の場合、外気側を y 軸の正方向、室内側を負の方向とすると、日射の方向ベクトルは次式で表される。



(a) 上下部材の日射熱取得率算出イメージ



(b) 縦部材の解析モデルイメージ

図 2.1 窓の斜入射を考慮した解析モデルイメージ図 (嵌め殺し窓)

$$x = \cos h \times \sin \phi \quad \dots (2.5)$$

$$y = -\cos h \times \cos \phi \quad \dots (2.6)$$

同様に横部材の場合は外気側を x 軸の負の方向、室内側を正方向とすると次式で表される。

$$x = \cos h \times \cos \phi \quad \dots (2.7)$$

$$y = \sin h \quad \dots (2.8)$$

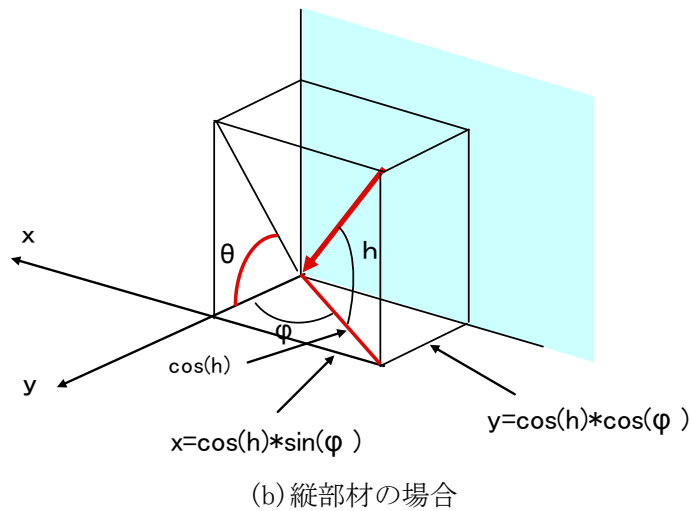
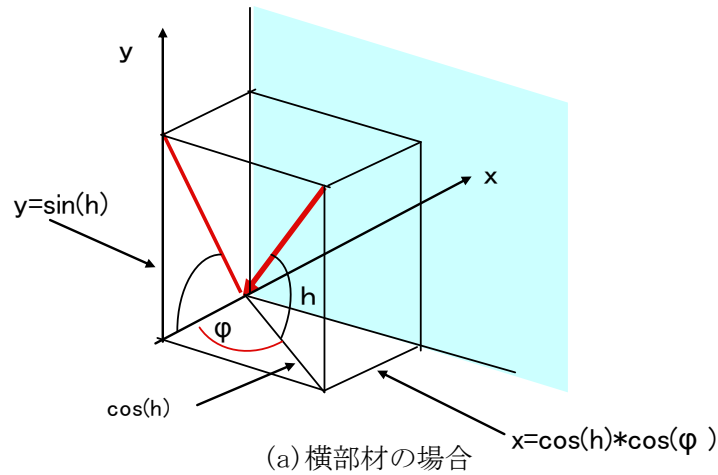


図 2.2 部材断面別の斜入射の表現と日射の方向

フレーム部の表面にはフレーム色特有の日射吸収率が値で与えられており、日射を受照、吸収、発熱をする。吸収率が設定されているということは、残り（1-日射吸収率）は日射反射率となる。本計算プログラムでは、反射成分を完全拡散として1回反射のみ考慮している。また、計算モデル内に含まれているガラス部は、反射成分について自動的に計算を行う設定にはなっていない。鏡面反射とみなして反射した日射を受けるフレーム材表面の日射吸収率の日射受照割合を $1 + \text{日射反射率}$ とすることで反射日射に応じた吸収を行うようになっている。

2.2.2 ガラス部の計算法

(1) ガラスの斜入射日射特性

ガラスの斜入射計算は板硝子協会ですとまとめた近似式を用いた³⁾。

板硝子メーカー各社から提供された各種板ガラスデータを基に基準化した透過率・反射率に整理し、入射角度別の日射透過率及び日射反射率は次式のように入射角度の余弦の5次の多項式で近似している。

$$\tau(\theta) = \tau(0) \sum_{i=0}^5 m_i \cos^i \theta \quad \dots (2.9)$$

$$\rho(\theta) = \rho(0) + (1 - \rho(0)) \sum_{i=0}^5 m_i \cos^i \theta \quad \dots (2.10)$$

ここで

$\tau(0)$: 垂直入射 (入射角度 0°) のときの日射透過率 [-]

$\tau(\theta)$: 入射角度 θ のときの日射透過率 [-]

$\rho(0)$: 垂直入射 (入射角度 0°) のときの日射反射率 [-]

$\rho(\theta)$: 入射角度 θ のときの日射反射率 [-]

垂直入射時の日射透過率・反射率はガラスの板厚により異なる値となるが、入射角特性の曲線は板厚によらない形で整理されている。

また、表 2.1 に基準化透過率・反射率の近似式の係数 (m_i) を示す。

表 2.1 基準化透過率・反射率の近似式の係数

板ガラス品種分類	透過率 反射率	m_0	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5
透明フロート板ガラス	τ	0.000	2.552	1.364	-11.388	13.617	-5.146
	ρ_g	1.000	-5.189	12.392	-16.593	11.851	-3.461
Low-Eガラス	τ	0.000	2.273	1.631	-10.358	11.769	-4.316
	ρ_g	1.000	-5.084	12.646	-18.213	13.967	-4.316
	ρ_f	1.000	-4.387	9.175	-11.152	7.416	-2.052

※ τ : 透過率、 ρ_g : ガラス面反射率、 ρ_f : 膜面反射率

(2) ガラス部の多重反射計算

図 2.3 に示すような 2 層で構成された複層ガラスを考える。ガラス 1 及びガラス 2 の日射吸収率、日射透過率、日射反射率をそれぞれ a_1 、 τ_1 、 ρ_1 及び a_2 、 τ_2 、 ρ_2 とする。

1 番目と 2 番目の層で構成された複層ガラスの透過率 $\tau_{1,2}$ 、反射率 $\rho_{1,2f}$ (front 側からの入射に対する反射率) は多重反射を考慮して次式で表わされる⁶⁾。

$$\tau_{1,2} = \tau_1 \tau_2 \left(1 + \rho_{1b} \rho_{2f} + \rho_{1b}^2 \rho_{2f}^2 \cdots \right) = \frac{\tau_1 \tau_2}{1 - \rho_{1b} \rho_{2f}} \quad \cdots (2.11)$$

$$\rho_{1,2f} = \rho_{1f} + \tau_1^2 \rho_{2f} + \tau_1^2 \rho_{1b} \rho_{2f}^2 + \cdots = \rho_{1f} + \frac{\tau_1^2 \rho_{2f}}{1 - \rho_{1b} \rho_{2f}} \quad \cdots (2.12)$$

ここで

- $\tau_{1,2}$: 1 番目と 2 番目の層に挟まれた部分の透過率 [-]
- $\rho_{1,2f}$: 1 番目と 2 番目の層に挟まれた部分のフロント側入射に対する反射率 [-]
- τ_1 : 1 番目の層の透過率 [-]
- τ_2 : 2 番目の層の透過率 [-]
- ρ_{1f} : 1 番目の層のフロント側入射に対する反射率 [-]
- ρ_{1b} : 1 番目の層のバック側入射に対する反射率 [-]
- ρ_{2f} : 2 番目の層のフロント側入射に対する反射率 [-]

また、front 側からの入射に対する 1 番目と 2 番目の層での吸収率は次式で計算される。

$${}_1a_2 = a_1 \left(1 + \tau_1 \rho_{2f} + \tau_1 \rho_{1b} \rho_{2f}^2 + \cdots \right) = a_1 \left(1 + \frac{\tau_1 \rho_{2f}}{1 - \rho_{1b} \rho_{2f}} \right) \quad \cdots (2.13)$$

$${}_2a_2 = a_2 \tau_1 \left(1 + \rho_{1b} \rho_{2f} + \rho_{1b}^2 \rho_{2f}^2 + \cdots \right) = \frac{a_2 \tau_1}{1 - \rho_{1b} \rho_{2f}} \quad \cdots (2.14)$$

ここで

- ${}_1a_2$: 1 番目の層の front 側入射に対する吸収率 [-]
- ${}_2a_2$: 2 番目の層の front 側入射に対する吸収率 [-]
- a_1 : 1 番目の層の吸収率 [-]
- a_2 : 2 番目の層の吸収率 [-]

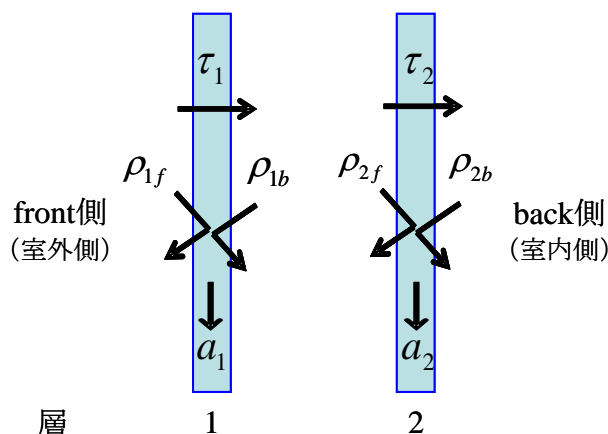


図 2.3 2層で構成された複層ガラス

(3) ガラス部の日射熱取得率の計算基礎式

ガラス部の日射熱取得率は、ガラスの入射する日射エネルギーに対する室内へ伝達される熱エネルギーの比で表わされる。ここで、室内側へ伝達される熱とは、ガラスを直接透過する成分とガラスに吸収されて室内側に再放出される成分を合計したものである。但し、室内外温度差による貫流熱分は室内への伝達熱に含めないで日射熱取得率の定義は次式となる。

$$\eta_g = \tau_e + \frac{q_i - U_g(T_e - T_i)}{I_s} \quad \dots (2.15)$$

なお、熱貫流率 U_g は日射がない場合の室内外温度差 1K あたりの熱流束として次式で表わす。

$$U_g = \left. \frac{q_i}{T_e - T_i} \right|_{I_s=0} \quad \dots (2.16)$$

ここで

- η_g : ガラス部の日射熱取得率 [-]
- τ_e : ガラス部の日射透過率 [-]
- q_i : ガラスに吸収され室内側へ再放出される熱流束 [W/m^2]
- U_g : ガラス部の熱貫流率 [-]
- I_s : 入射日射強度 [W/m^2]

T_e : 室外温度 [K]

T_i : 室内温度 [K]

これは式(1.9)の q_{in} の熱流束からガラス特有の透過分 τ_e を除いた q_i としているため同義となり、フレームで用いた式(2.2)と同じ次式で表現できる。

$$\eta_g = \frac{q_{in} - q_{in}(I_s = 0)}{I_s} \quad \dots (2.17)$$

ここで

η_g : ガラス部の日射熱取得率 [-]

q_{in} : 入射日射がある場合の室内への熱流束 [W/m²]

$q_{in}(I_s=0)$: 入射日射がない場合の室内への熱流束[W/m²]

I_s : 入射日射強度 [W/m²]

JIS R 3106:1998⁶⁾より、2層から構成される複層ガラス部の日射熱取得率 η_g は、それぞれを面材とみなした多重反射計算(収束計算)と一次元熱平衡計算から次式で整理している。

$$\eta_g = \tau_e + N_1 \cdot a_{e,1} + N_2 \cdot a_{e,2} \quad \dots (2.18)$$

$$N_1 = \frac{R_e}{R_e + R_{1,2} + R_i}, \quad N_2 = \frac{R_e + R_{1,2}}{R_e + R_{1,2} + R_i} \quad \dots (2.19)$$

ここで

η_g : ガラス部の日射熱取得率 [-]

n : ガラスを構成する面材の数 [-]

τ_e : ガラス部の日射透過率 [-]

$a_{e,1}$: 1番目の層の日射吸収率 [-]

N_1 : 1番目の層に吸収される日射熱が室内側へ伝達される割合 [-]

$a_{e,2}$: 2番目の層の日射吸収率 [-]

N_2 : 2番目の層に吸収される日射熱が室内側へ伝達される割合 [-]

R_e : 室外側表面熱伝達抵抗 [m² K/W]

R_i : 室内側表面熱伝達抵抗 [m² K/W]

$R_{1,2}$: 1番目と2番目の層の間の中空層の熱抵抗 [m² K/W]

式(2.18)では式(2.15)のようにガラスに吸収されて室内側へ再放出される熱流束 q_i をガラスが受ける日射量 I_s で除する代わりに、各層の吸収日射量をガラスが受ける日射量 I_s で除した各層の日射吸収率 $a_{e,1}$ 、 $a_{e,2}$ を用いて、これに各層に吸収される日射熱が室内側へ伝達

される割合 N_1 、 N_2 を乗じたものの各層の総和をとることで、式(2.15)の第2項を算出している。このようにすることで、式(2.18)の右辺の第2項以降は日射吸収による室内への熱伝達のみが考慮され、式(2.15)のように室内側温度差による貫流熱分を扱うことが不要となっている。各層に吸収される日射熱が室内側へ伝達される割合は室内外間の全熱抵抗に対するその層の室外までの熱抵抗の比によって求められる。ただし、ガラスの熱抵抗は表面熱伝達抵抗や中空層熱抵抗に比べて小さいため、ここでは無視されている。

2.3 散乱日射に対する開口部の計算法

直達日射の入射角 θ における透過率： $\tau(\theta)$ 、吸収率： $a(\theta)$ 、反射率： $\rho(\theta)$ を用いて、散乱日射に対する τ_{dif} 、 a_{dif} 、 ρ_{dif} を求める。

窓面を覆う半球の散乱日射(天空日射及び地面反射日射)を均一に受けている状態として、半球上の微小面から窓面へ照射される日射量に微小面位置のプロファイル角 θ から決まる直達入射に対する光学特性を乗じて、これを半球について積分すると散乱日射に対する光学特性が得られる⁸⁾。

$$\tau_{dif} = \int_0^{\pi} 2 \sin \theta \cos \theta \cdot \tau(\theta) d\theta \quad \dots (2.20)$$

$$a_{dif} = \int_0^{\pi} 2 \sin \theta \cos \theta \cdot a(\theta) d\theta \quad \dots (2.21)$$

$$\rho_{dif} = \int_0^{\pi} 2 \sin \theta \cos \theta \cdot \rho(\theta) d\theta \quad \dots (2.22)$$

ここで

τ_{dif} ：散乱日射に対する窓面の透過率 [-]

a_{dif} ：散乱日射に対する窓面の吸収率 [-]

ρ_{dif} ：散乱日射に対する窓面の反射率 [-]

$\tau(\theta)$ ：入射角 θ 時の直達日射に対する窓面の透過率 [-]

$a(\theta)$ ：入射角 θ 時の直達日射に対する窓面の吸収率 [-]

$\rho(\theta)$ ：入射角 θ 時の直達日射に対する窓面の反射率 [-]

(2.20)、(2.21)、(2.22)より散乱日射に対する日射熱取得率は次式で表わすことができる。

$$\eta_{dif} = \int_0^{\pi} 2 \sin \theta \cos \theta \cdot \eta(\theta) d\theta \quad \dots (2.23)$$

ここで

η_{dif} ：散乱日射に対する窓面の日射熱取得率 [-]

$\eta(\theta)$ ：入射角 θ 時の直達日射に対する窓面の日射熱取得率 [-]

これは、ガラス部の日射熱取得率 ($\eta_{g,dif}$) についてだが、太陽高度及び太陽方位によらなければフレームを含んだ窓全体の日射熱取得率 ($\eta_{w,dif}$) でも同じ式が成り立つ。

2.4 計算結果

2.4.1 計算条件

計算対象窓種は、FIX 窓、縦送り出し窓、引き違い窓の3種類とした。図 2.4 に姿図、図 2.5~2.7 に断面図を示す。また、ガラスは普通複層、断熱低放射複層、遮熱低放射複層の3種類とした。窓の仕様と環境条件を表 2.2 に、計算方位、高度条件と入力ベクトル、プロファイル角一覧を表 2.3 に、ガラスの入射角度別光学特性値を表 2.4~2.6 示す。



図 2.4 計算対象窓種

表 2.2 窓の仕様と環境条件

室内側表面熱伝達率		[W/(m ² K)]	7.69 (隅角部:5.0)		
室外側表面熱伝達率		[W/(m ² K)]	25		
表面熱伝達率の温度依存性			考慮せず一定とする		
夏期条件	室内側温度	[°C]	25		
	室外側温度	[°C]	30		
	日射量	[W/m ²]	500, 0		
	太陽高度	[°]	0, 20, 45, 70		
	太陽方位角	[°]	-70, -45, -20, 0, 20, 45, 70		
	入射角	[°]	28通り(高度*方位)		
フレーム種類			アルミ樹脂複合		
フレーム色(日射吸収率:a)			ブラック(0.925)	ステン(0.502)	ホワイト(0.198)
窓種及び伝熱開口寸法(面積、フレーム面積比率)	引き違い窓-標準	[m]	W:1.690 × H:1.370 (2.32m ² , 21.2%)		
	引き違い窓-小	[m]	W:0.780 × H:0.770 (0.60m ² , 39.1%)		
	開き窓-標準	[m]	W:0.640 × H:1.370 (0.88m ² , 25.1%)		
	開き窓-小	[m]	W:0.405 × H:0.770 (0.31m ² , 39.9%)		
	FIX窓-標準	[m]	W:1.690 × H:1.370 (2.32m ² , 9.9%)		
	FIX窓-小	[m]	W:0.405 × H:0.770 (0.31m ² , 26.1%)		
ガラス種類			普通複層	断熱低放射複層	遮熱低放射複層
ガラス仕様			FL3+A12+FL3	FL3+A12+LE3	LE3+A12+FL3
中空層等価熱伝導率	日射有条件	[W/(mK)]	0.0817	0.0302	0.0303
	日射無条件	[W/(mK)]	0.0796	0.0294	0.0294

表2.3 計算方位、高度条件と入力ベクトル、プロファイル角一覧表

		入射角度別の方向ベクトル							高度↓
上下枠	x	1	1	1	1	1	1	1	70
	y	-8.033	-3.886	-2.924	-2.747	-2.924	-3.886	-8.033	
	φ(方位角)	-70	-45	-20	0	20	45	70	
	i(入射角)	83.3	76	71.3	70	71.3	76	83.3	
左右縦枠	x	2.747	1	0.364	0	-0.364	-1	-2.747	70
	y	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
	θ(プロファイル角)	82.904	75.567	71.118	70	71.118	75.567	82.904	
上下枠	x	1	1	1	1	1	1	1	45
	y	-8.033	-3.886	-2.924	-1	-1.064	-1.414	-2.924	
	φ(方位角)	-70	-45	-20	0	20	45	70	
	i(入射角)	76	60	48.4	45	48.4	60	76	
左右縦枠	x	2.747	1	0.364	0	-0.364	-1	-2.747	45
	y	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
	θ(プロファイル角)	71.118	54.736	46.781	45	46.781	54.736	71.118	
上下枠	x	1	1	1	1	1	1	1	20
	y	-8.033	-3.886	-2.924	-0.364	-0.387	-0.515	-1.064	
	φ(方位角)	-70	-45	-20	0	20	45	70	
	i(入射角)	71.3	48.4	28	20	28	48.4	71.3	
左右縦枠	x	2.747	1	0.364	0	-0.364	-1	-2.747	20
	y	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
	θ(プロファイル角)	46.781	27.236	21.173	20	21.173	27.236	46.781	
上下枠	x	1	1	1	1	1	1	1	0
	y	-8.033	-3.886	-2.924	0	0	0	0	
	φ(方位角)	-70	-45	-20	0	20	45	70	
	i(入射角)	70	45	20	0	20	45	70	
左右縦枠	x	2.747	1	0.364	0	-0.364	-1	-2.747	0
	y	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
	θ(プロファイル角)	0	0	0	0	0	0	0	
		-70	-45	-20	0	20	45	70	←方位角

表2.4 入射角度別ガラスの光学特性 (普通複層: FL3+A12+FL3)

		光学特性(FL3+A12+FL3)				高度↓
上下枠 左右縦枠	ρ	0.270	0.286	0.370	0.600	70
	τ	0.551	0.529	0.431	0.225	
	1α 2	0.101	0.103	0.112	0.099	
	2α 2	0.079	0.081	0.087	0.077	
上下枠 左右縦枠	ρ	0.144	0.149	0.188	0.370	45
	τ	0.712	0.704	0.658	0.431	
	1α 2	0.081	0.083	0.087	0.112	
	2α 2	0.063	0.064	0.067	0.087	
上下枠 左右縦枠	ρ	0.136	0.136	0.149	0.286	20
	τ	0.746	0.740	0.704	0.529	
	1α 2	0.066	0.070	0.083	0.103	
	2α 2	0.052	0.054	0.064	0.081	
上下枠 左右縦枠	ρ	0.134	0.136	0.144	0.270	0
	τ	0.745	0.746	0.712	0.551	
	1α 2	0.068	0.066	0.081	0.101	
	2α 2	0.053	0.052	0.063	0.079	
		0	20	45	70	←方位角

表2.5 入射角度別ガラスの光学特性（断熱低放射複層：FL3+A12+LE3）

		光学特性(FL3+A12+LE3)				高度↓
上下枠 左右縦枠	ρ	0.483	0.489	0.527	0.667	70
	τ	0.200	0.188	0.135	0.049	
	1 α 2	0.202	0.211	0.243	0.229	
	2 α 2	0.115	0.112	0.095	0.056	
上下枠 左右縦枠	ρ	0.412	0.416	0.444	0.527	45
	τ	0.320	0.312	0.273	0.135	
	1 α 2	0.128	0.133	0.151	0.243	
	2 α 2	0.140	0.139	0.132	0.095	
上下枠 左右縦枠	ρ	0.422	0.418	0.416	0.489	20
	τ	0.351	0.345	0.312	0.188	
	1 α 2	0.086	0.095	0.133	0.211	
	2 α 2	0.143	0.143	0.139	0.112	
上下枠 左右縦枠	ρ	0.417	0.422	0.412	0.483	0
	τ	0.353	0.351	0.320	0.200	
	1 α 2	0.089	0.086	0.128	0.202	
	2 α 2	0.142	0.143	0.140	0.115	
		0	20	45	70	←方位角

表2.6 入射角度別ガラスの光学特性（遮熱低放射複層：LE3+A12+FL3）

		光学特性(LE3+A12+FL3)				高度↓
上下枠 左右縦枠	ρ	0.492	0.505	0.565	0.723	70
	τ	0.200	0.188	0.135	0.049	
	1 α 2	0.263	0.263	0.255	0.194	
	2 α 2	0.044	0.045	0.045	0.034	
上下枠 左右縦枠	ρ	0.379	0.385	0.424	0.565	45
	τ	0.320	0.312	0.273	0.135	
	1 α 2	0.267	0.267	0.263	0.255	
	2 α 2	0.035	0.036	0.040	0.045	
上下枠 左右縦枠	ρ	0.371	0.371	0.385	0.505	20
	τ	0.351	0.345	0.312	0.188	
	1 α 2	0.252	0.256	0.267	0.263	
	2 α 2	0.026	0.028	0.036	0.045	
上下枠 左右縦枠	ρ	0.367	0.371	0.379	0.492	0
	τ	0.353	0.351	0.320	0.200	
	1 α 2	0.254	0.252	0.267	0.263	
	2 α 2	0.025	0.026	0.035	0.044	
		0	20	45	70	←方位角

入射角度は同じでも高度と方位が異なれば、フレームの横材と縦材の異なる影の影響があり、方位角側と高度側で異なった傾向となるか確認するため、以下の条件とした。

太陽高度は、0,20,45,70° の4条件とした。また方位角度は、引き違い窓のような左右非対称の窓種は負方向から正方向まで-70,-45,-20,0,20,45,70° の7条件とした。開き窓やFIX窓は左右対称の窓種になるため、垂直から正方向0,20,45,70° の4条件とした。引き違い窓は高度*方位で合計28通り、開き窓、FIX窓は16通りの組合せとした。

窓フレームはアルミ樹脂複合製とし、フレームの日射吸収率は、明暗3種類想定し、ホワイト ($a=0.198$)、ステンカラー ($a=0.502$)、ブラック ($a=0.925$) とした。FIX窓のみ3色とし、開き窓と引き違い窓はホワイトとブラック2色とした。

各窓のサイズは、それぞれ標準試験体サイズ⁹⁾と出荷頻度が比較的高くフレーム面積比が大きくなる小さいサイズとした。

また、詳細計算で得られるフレームの受熱による影響やフレームから落とす影の影響を比較する目的で、算出式(2.1)のフレーム部日射熱取得率 $\eta_f(\theta)=0$ 及びフレーム部影による日射熱取得減衰係数 $S_f(\theta)=1$ とみなした簡易計算値を次式で算出した。

$S_f(\theta)=1, \eta_f(\theta)=0$ より、

$$\eta_{w(f0)}(\theta) = \frac{\sum A_g \eta_g(\theta) S_f(\theta) + \sum A_f \eta_f(\theta)}{A_w} = \frac{\sum A_g \eta_g(\theta)}{A_w} \quad \dots (2.24)$$

ここで

$\eta_{w(f0)}(\theta)$: 入射角 θ に対する窓全体のフレーム成分を0とした簡易計算日射熱取得率 [-]

$\eta_g(\theta)$: 入射角 θ に対するガラス部の日射熱取得率 [-]

$\eta_f(\theta)$: 入射角 θ に対するフレーム部の日射熱取得率 [-]

$S_f(\theta)$: 入射角 θ に対するフレーム部影による日射熱取得減衰係数 [-]

A_w : 伝熱開口面積 [m²]

A_g : ガラス部の見付面積 [m²]

A_f : フレーム部の見付面積 [m²]

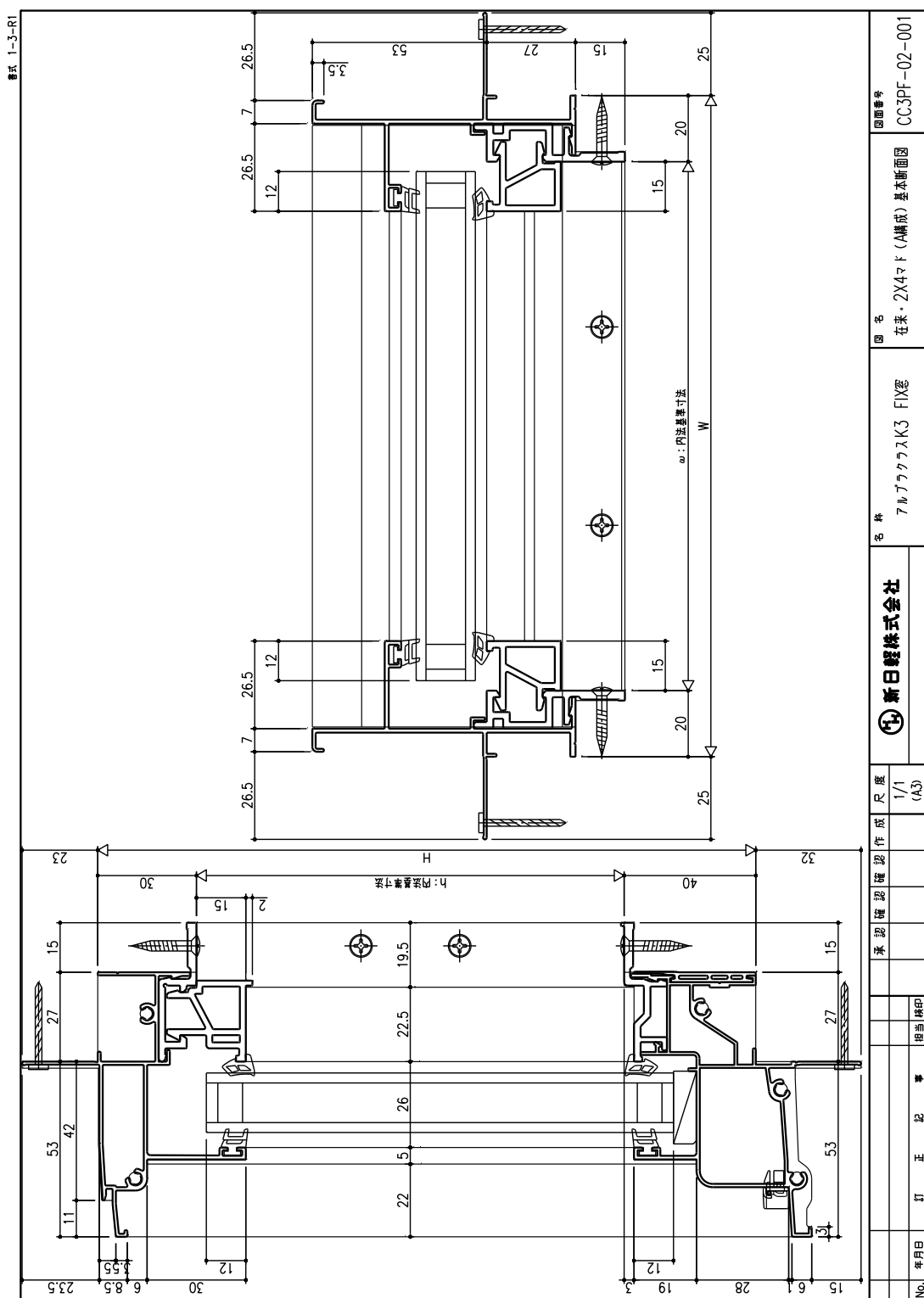


図2.5 アルミ樹脂複合構造 FIX窓 (嵌め殺し窓) 基本断面図

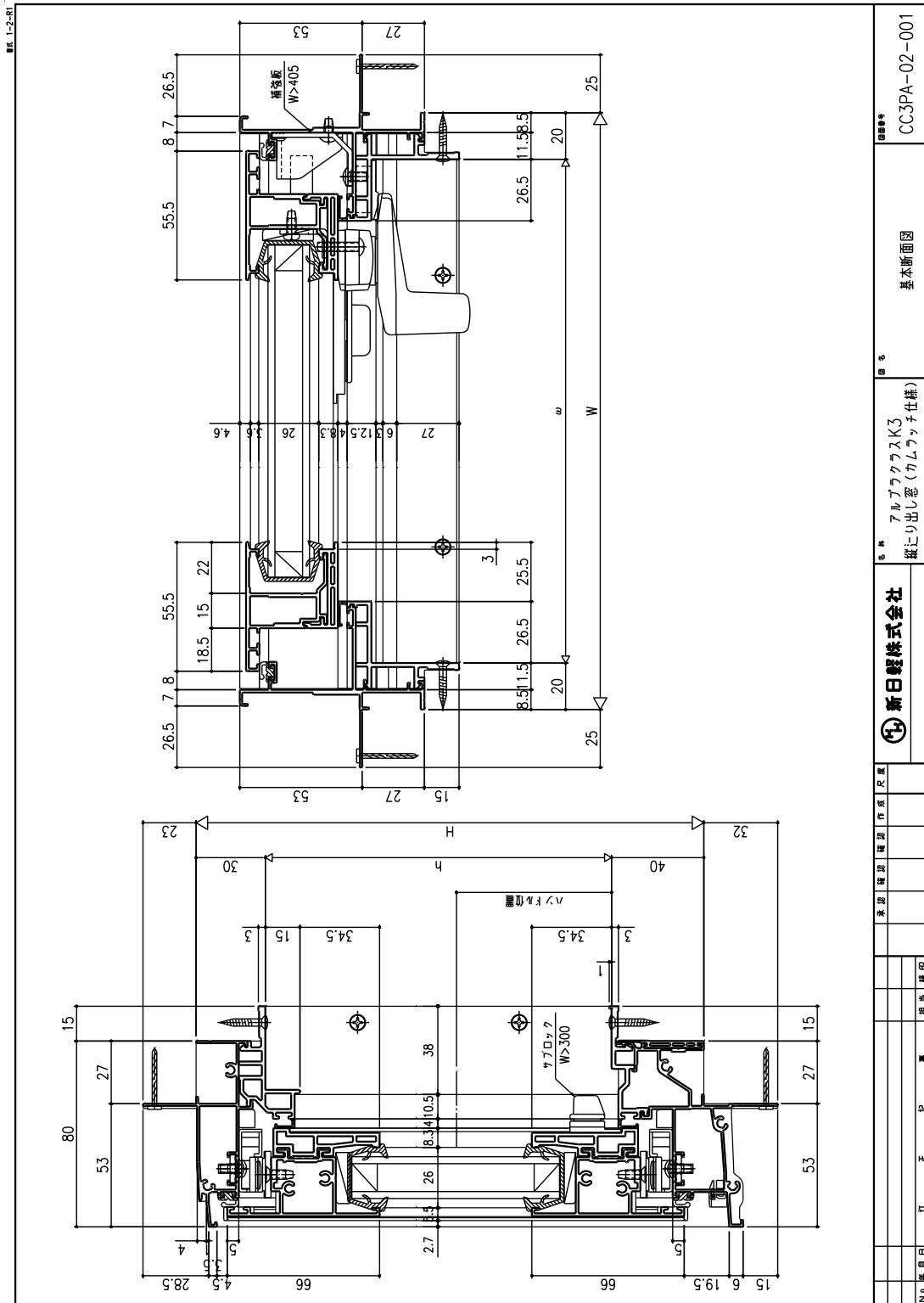


図2.6 アルミ樹脂複合構造 縦すり出し窓（開き窓）基本断面図

2.4.2 計算結果

図 2.8~2.25 に入射角度 ($\cos \theta$) と各窓種の日射熱取得率の相関を示す。

また、表 2.7~2.15 に各窓種の標準試験体サイズ (フレーム色 : ブラック) の計算結果表例 (一部抜粋) を示す。ガラスの仕様については、図 2.8~2.13、表 2.7~2.9 は普通複層、図 2.14~2.19、表 2.10~2.12 は断熱低放射複層、図 2.20~2.25、2.13~2.15 は遮熱低放射複層を示す。

計算を行った全ての入射角度及びフレームとガラスの組合せ条件において、ガラス部単体の日射熱取得率 (η_g) よりもフレームを考慮した場合の方が小さい値を示した。フレームを考慮することにより、窓全体の日射熱取得率が減少することを示した。このフレーム面積比率の影響は大きく、フレームを考慮しなければならないことが明確となった。

各図の相関は、入射角度は同じでも高度と方位が異なった条件も含まれている。しかし窓全体の日射熱取得率は、左右非対称の引き違い窓も含め概ね入射角度と日射熱取得率の相関がうまく近似できていることが確認できた。つまり、ガラス同様入射角度で簡易に評価できることが可能だと分かった。影を形成する枠の先端からガラス表面までの見込み方向の距離が四周同一であるため、縦部材、横部材による影響が小さいと考えられる。

フレームの受熱分及びフレームから落ちる影の影響は、式(2.24)で算出した簡易計算値 ($\eta_{w(f)}$) と比較することで確認できる。入射角度が垂直に近い $\cos \theta : 0.9 \sim 1.0$ ($25 \sim 0^\circ$) の場合、フレームが受熱した成分の方がフレームから落ちる影の影響より大きくなり、 η_w の方が若干大きくなっているが、逆に $\cos \theta : 0 \sim 0.7$ ($90 \sim 45^\circ$) の場合、フレームから落ちる影の影響が大きくなっている。

フレームの色 (日射吸収率) による窓全体の日射熱取得率の差はほぼないと言ってもよい結果となった。

垂直入射時の窓全体の日射熱取得率 (η_w) は、ガラスの日射熱取得率 (η_g) にフレーム面積比を除いた値、つまり式(2.24)で算出した結果との差はごくわずかであり同等であると言える。フレームの受熱成分の影響はごくわずかであることがわかる。

また、フレームから落とす影の影響がでる入射角度 $\cos \theta : 0 \sim 0.5$ (60° 以上) の場合、伝熱開口面積が 0.8 m^2 以上あり、フレーム面積比率が 20% 台のサイズでは、簡易算出値 ($\eta_{w(f)}$) との比率は標準的なサイズで 25% 以上であった。フレームから落とす影の影響を無視できないことがわかった。

図 2.9 と図 2.10 より、フレーム面積比率が同程度であれば影の影響度合いも同じとは言えない。当然ではあるが、ガラス面積が大きい方 (伝熱開口面積が大きい方) が、影の影響は小さくなる。

伝熱開口面積が小さい場合、フレーム面積比率が大きくなるため影の影響は大きくなる。しかし、伝熱開口面積が小さいということは、元々の取得熱量も小さい。

表 2.7~2.15 より、フレーム部の日射熱取得率 (η_f) は、入射角度が大きくなると負の値を示

した。本来、外部から受熱している成分がある以上わずかでも室内に伝導により侵入し、日射熱取得率は正の値を示すと考えるのが通常である。しかし、フレームが落とす影はフレーム自身にも影を落とし、ガラス面にも影を落とす。影の部分は受熱していないため放熱面となりやすい。また、これらを含めたガラスとフレームの 2 次元熱流分を全てフレームに残した結果であり、最終的に算出される窓全体の日射熱取得率ではこの影響も含んで計算している。よって、この結果は正しいと言える。

但し、住宅の熱負荷計算等にこの結果を用いる場合、角度毎にフレームの日射熱取得率が異なるのは簡便な方法ではない。

引き違い窓のような 7 断面のフレーム部日射熱取得率を評価するにあたり、フレーム色 1 条件につき 224 モデル（貫流分の計算 7 モデルも含む）の解析を行わなければならない。フレーム部の日射熱取得率の影響は小さいため、フレーム部の日射熱取得率は垂直入射時の値一定とし、ガラス面に落とす影長さ（ガラス面積に占める影面積比率）を考慮するだけで十分な精度を有すると考える。

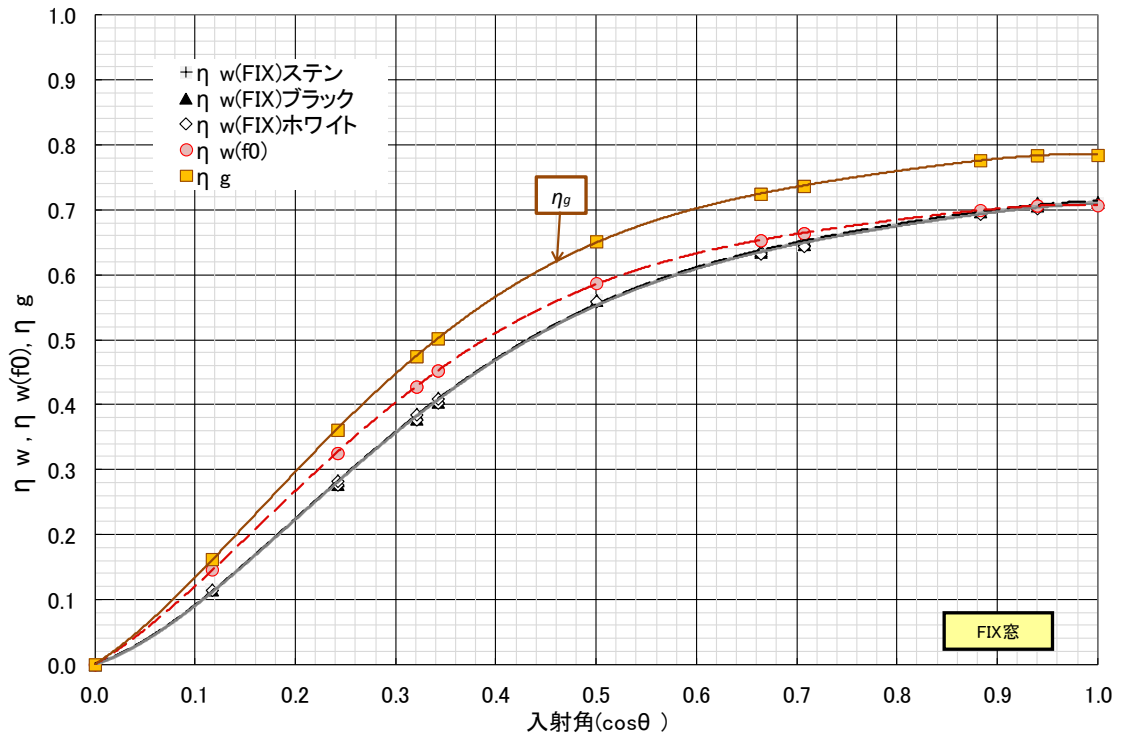


図 2.8 入射角と η 値の相関 (普通複層+FIX 窓 : 標準 16513)

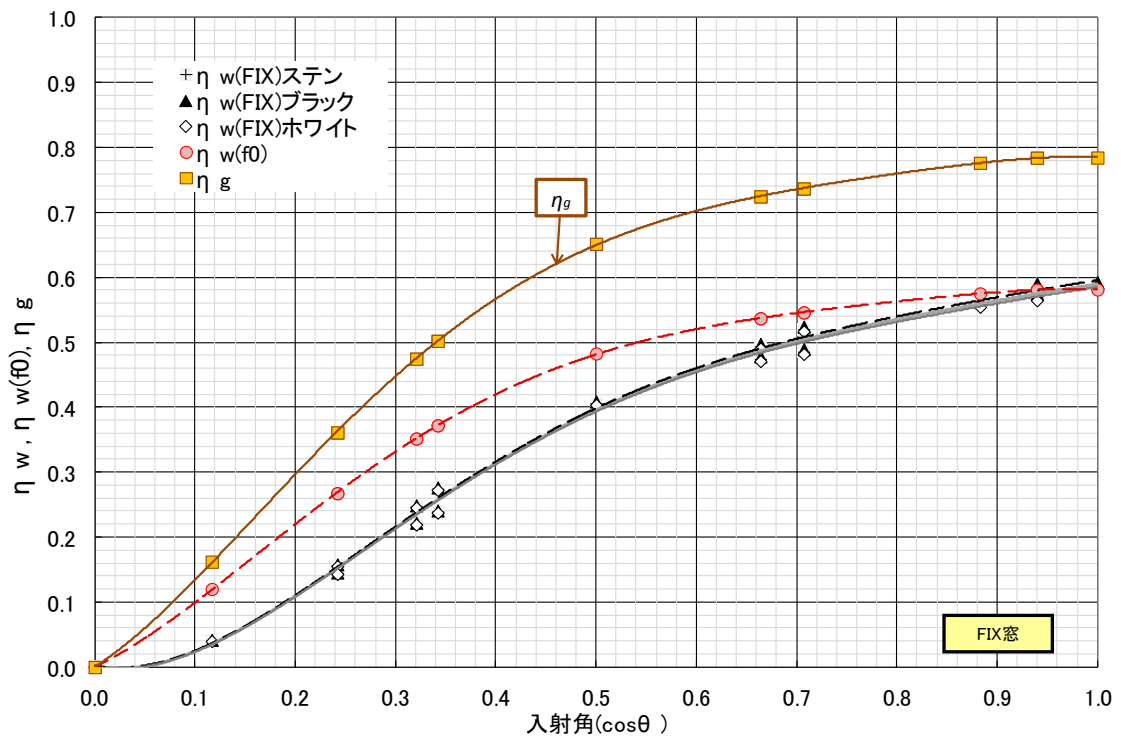


図 2.9 入射角と η 値の相関 (普通複層+FIX 窓 : 小 03607)

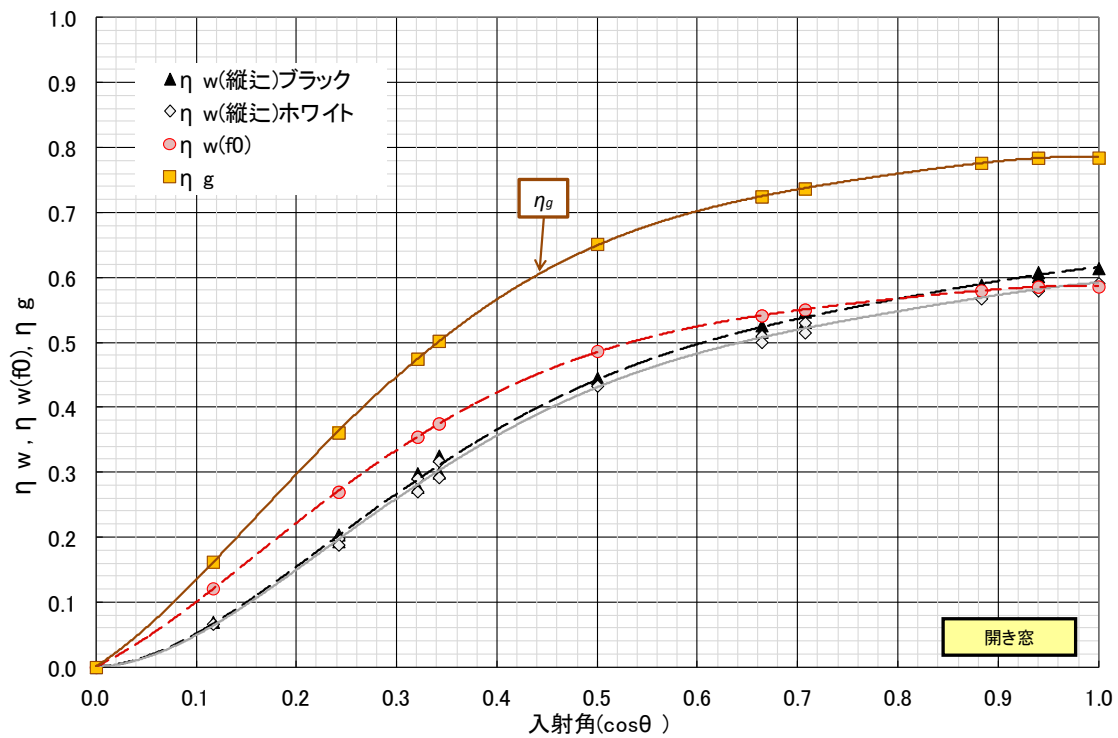


図 2.10 入射角と η 値の相関 (普通複層+縦向き出し窓 : 標準 06013)

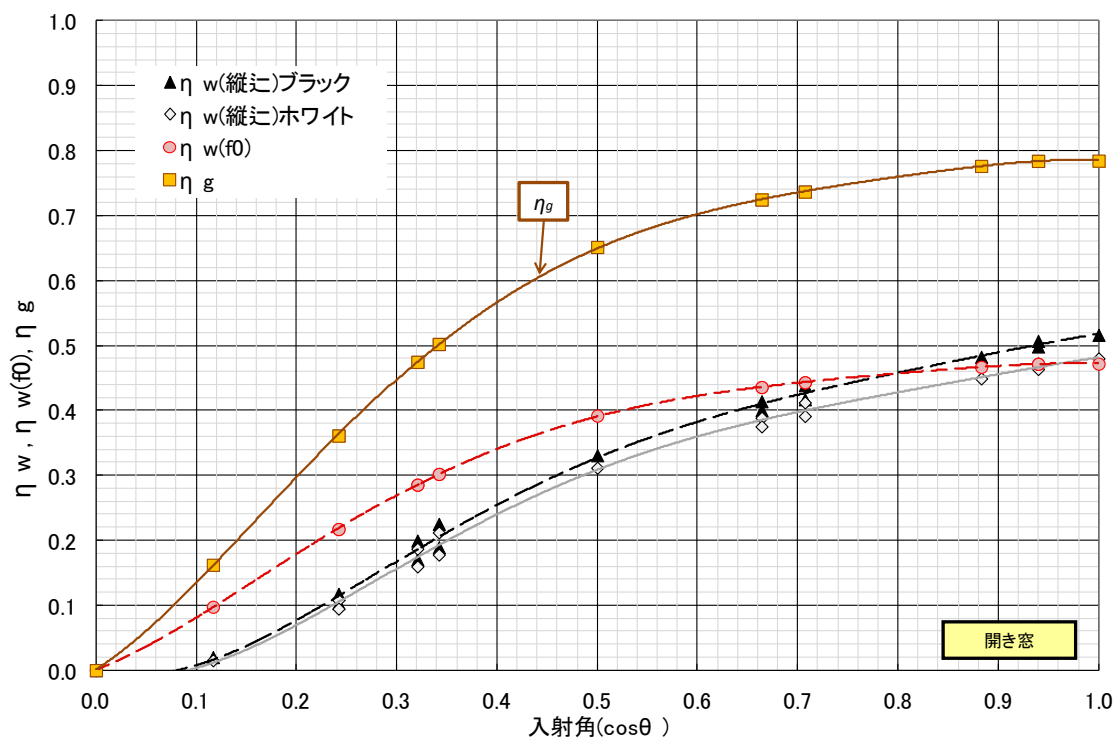


図 2.11 入射角と η 値の相関 (普通複層+縦向き出し窓 : 小 03607)

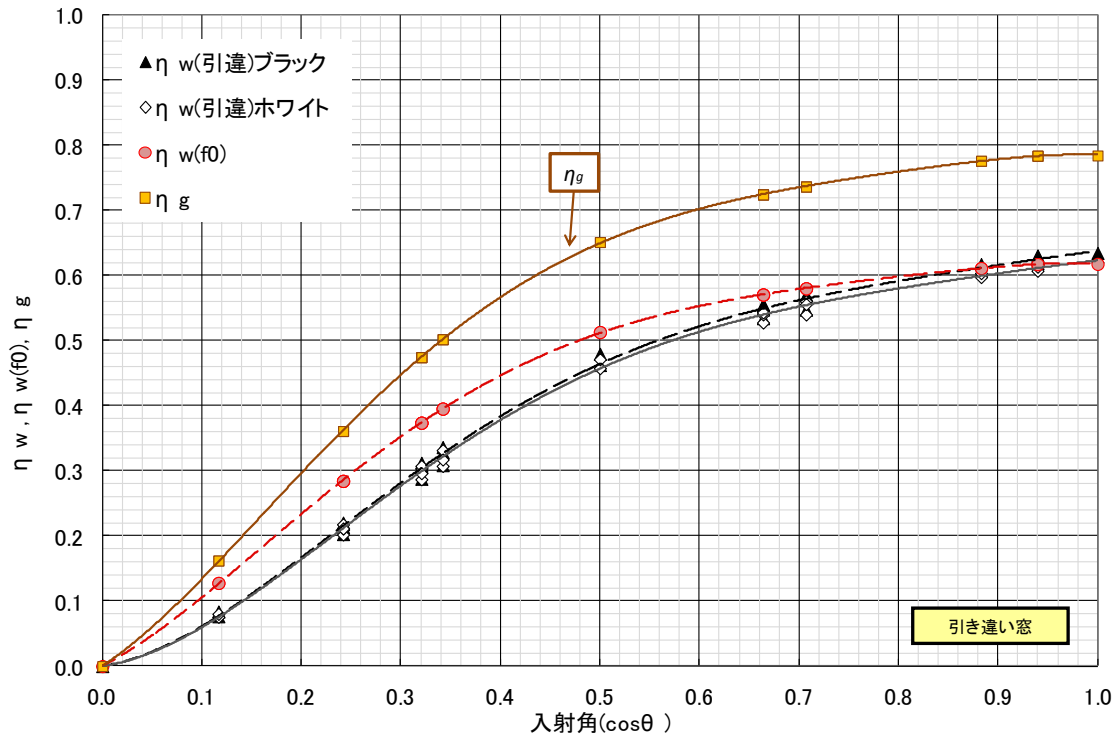


図 2.12 入射角と η 値の相関 (普通複層+引き違い窓：標準 16513)

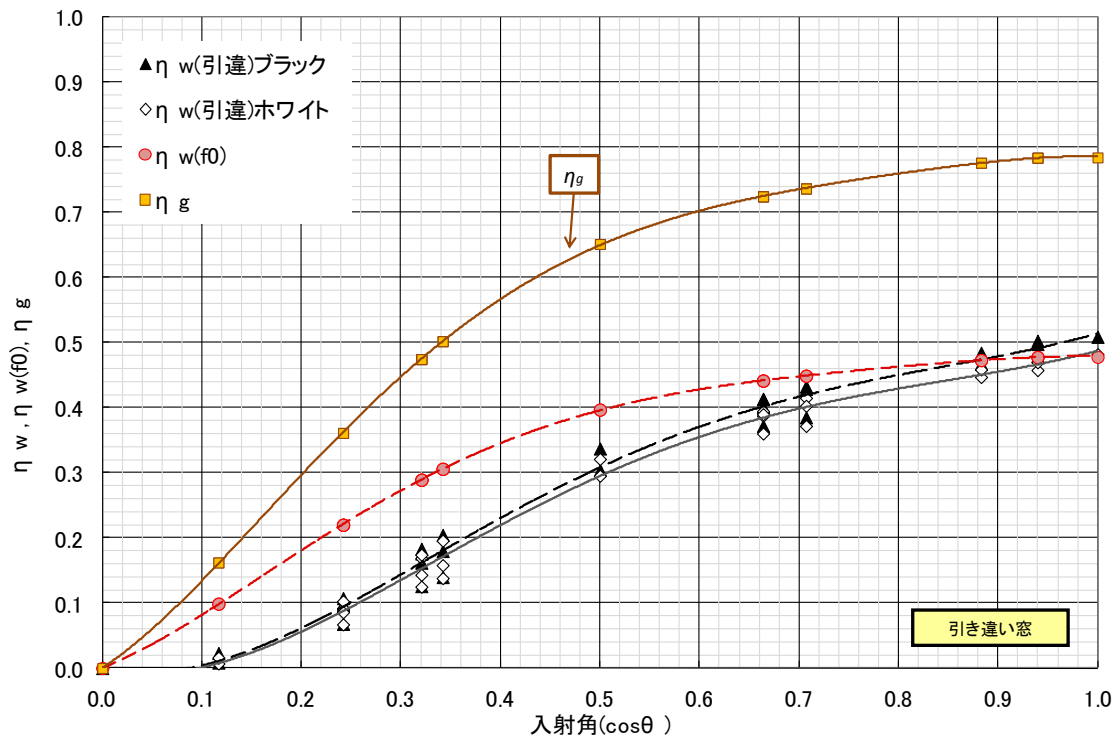


図 2.13 入射角と η 値の相関 (普通複層+引き違い窓：小 07407)

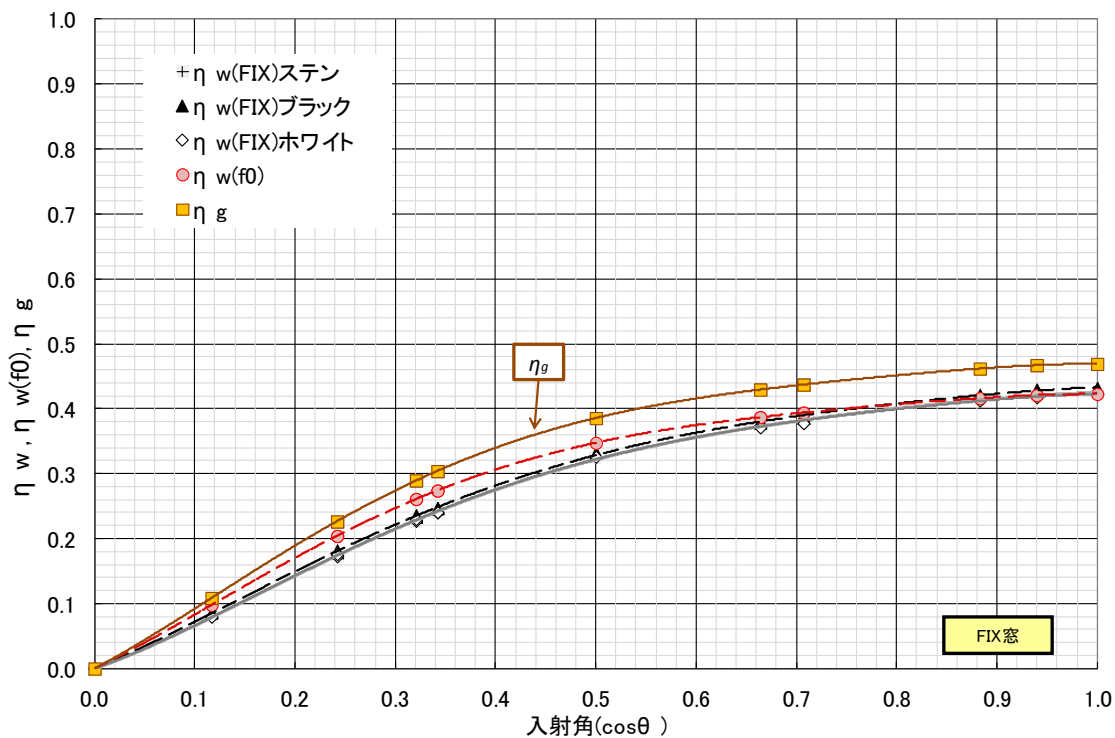


図 2.14 入射角と η 値の相関 (断熱低放射複層+FIX 窓 : 標準 16513)

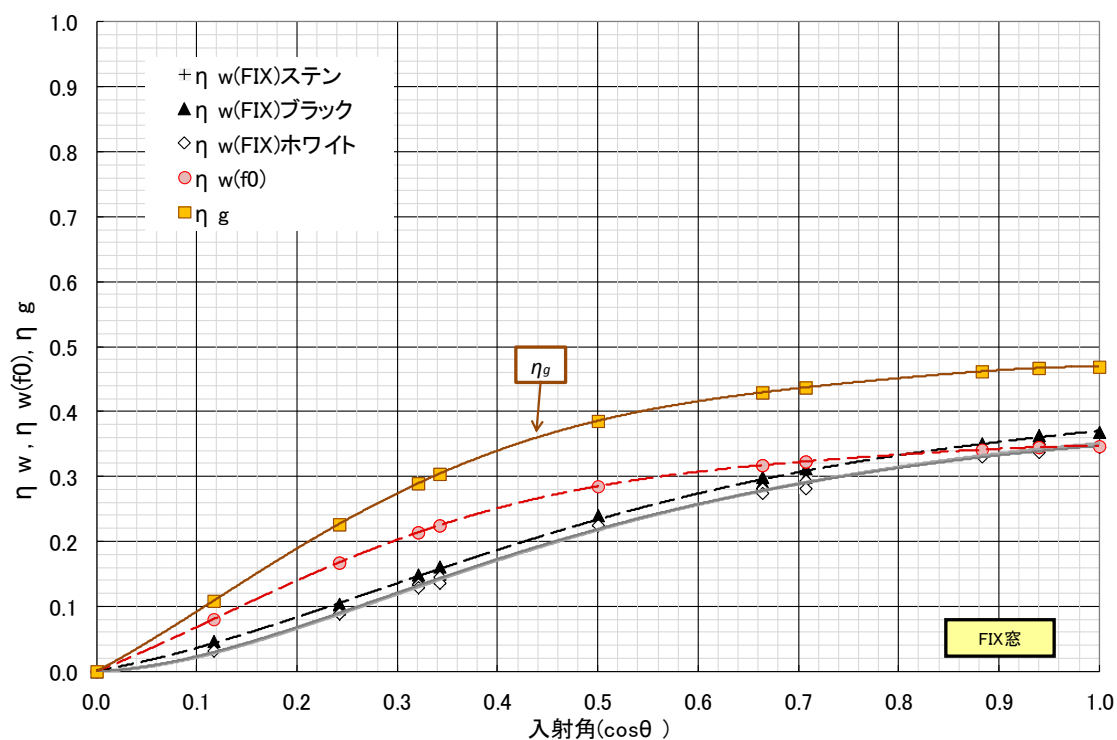


図 2.15 入射角と η 値の相関 (断熱低放射複層+FIX 窓 : 小 03607)

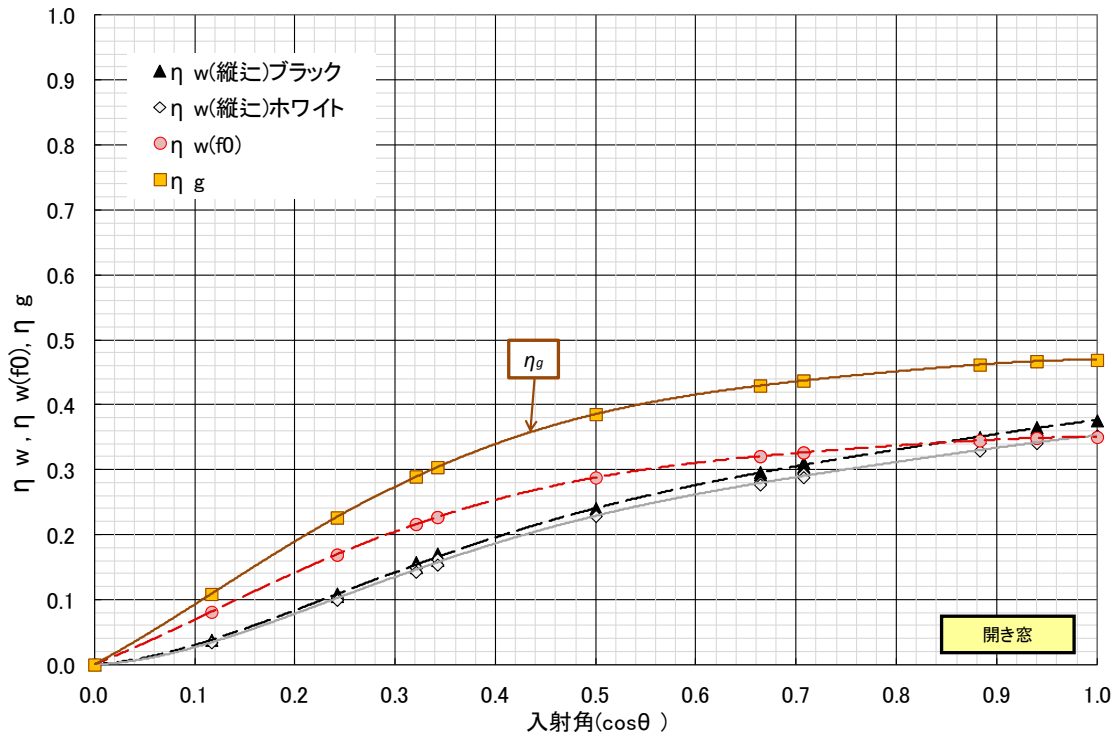


図 2.16 入射角と η 値の相関 (断熱低放射複層+縦入り出し窓：標準 06013)

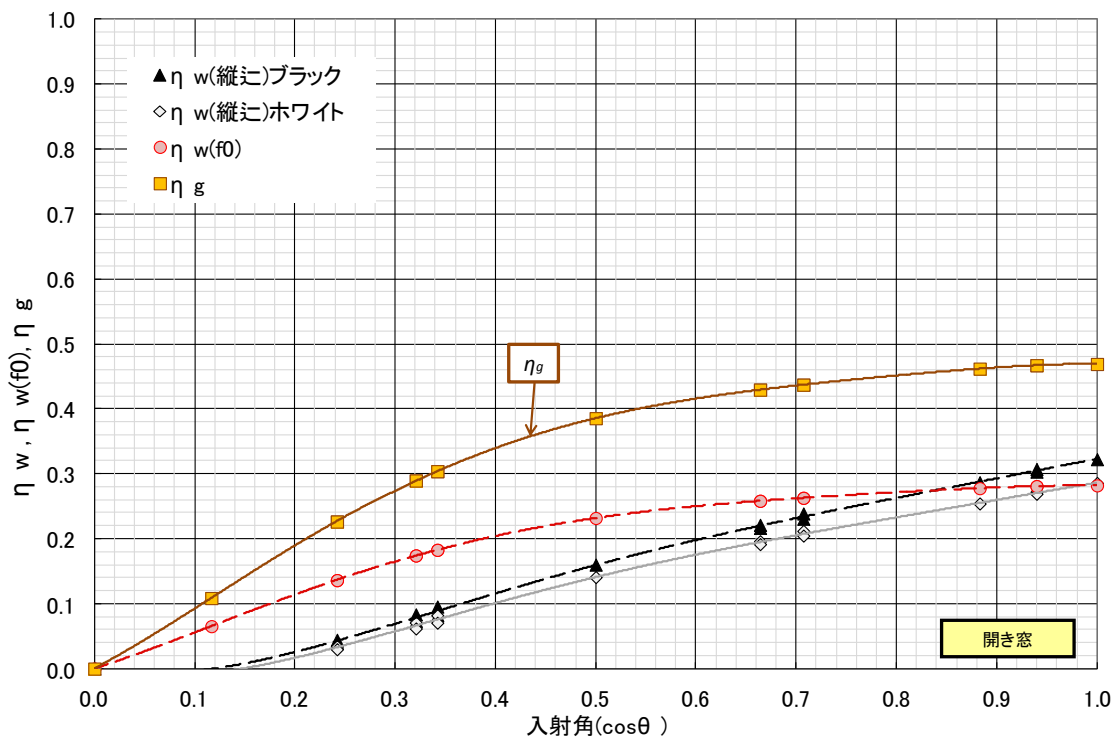


図 2.17 入射角と η 値の相関 (断熱低放射複層+縦入り出し窓：小 03607)

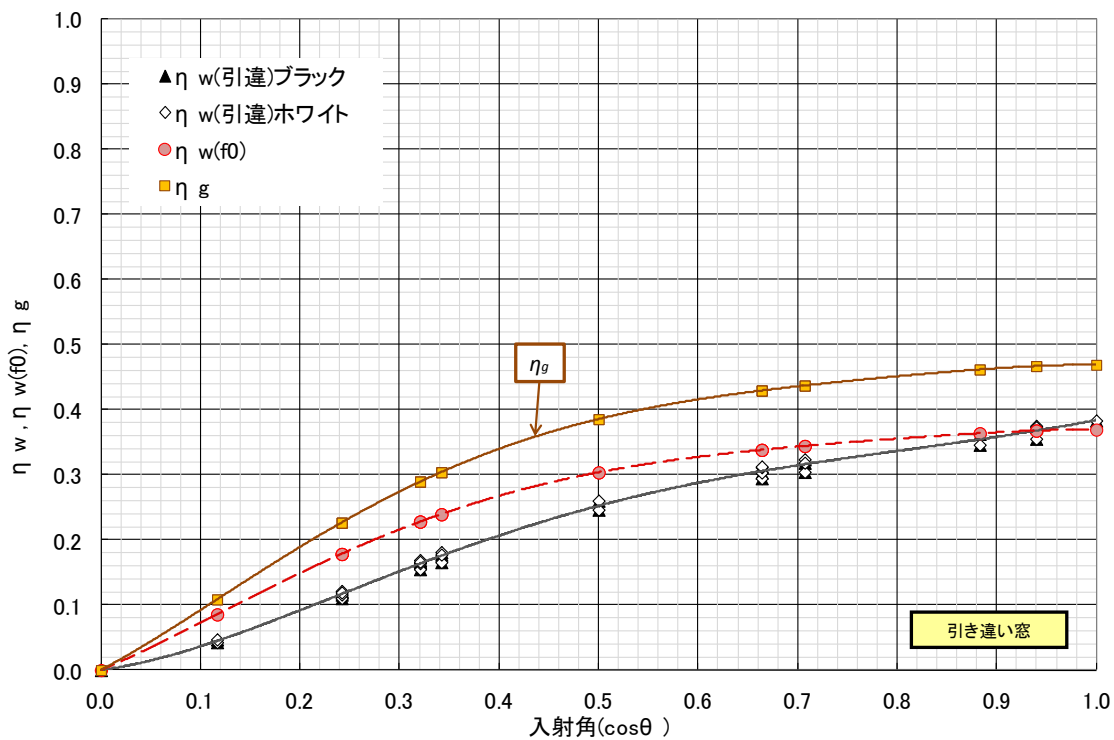


図 2.18 入射角と η 値の相関 (断熱低放射複層+引き違い窓 : 標準 16513)

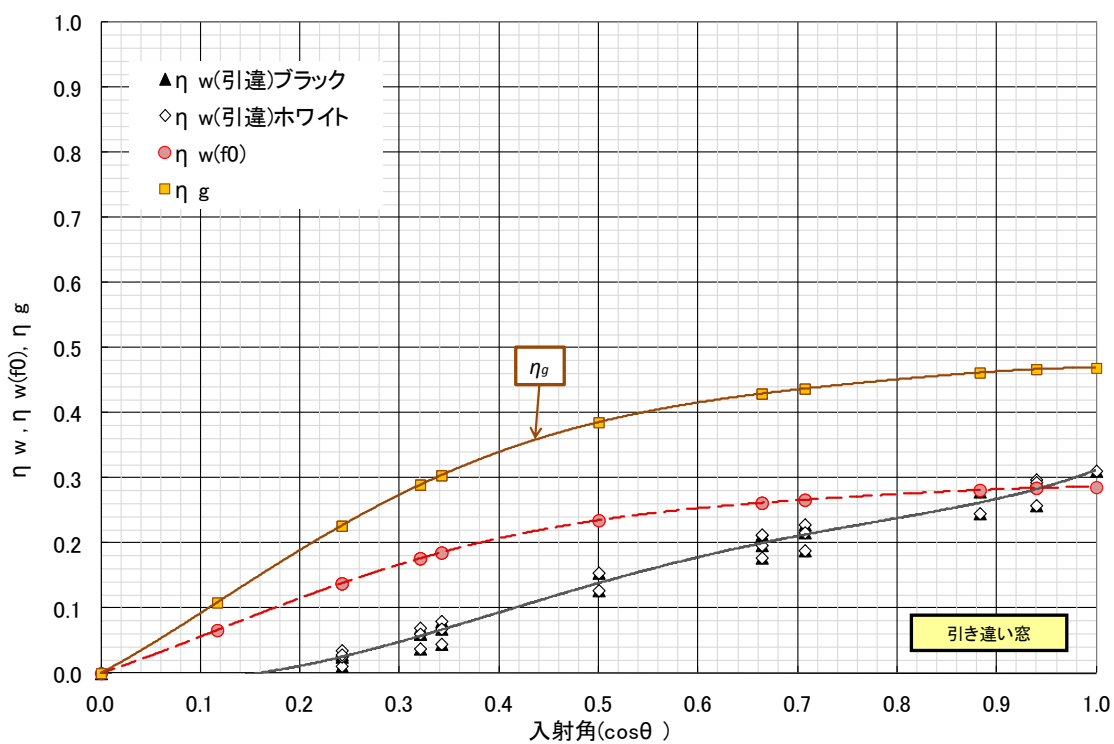


図 2.19 入射角と η 値の相関 (断熱低放射複層+引き違い窓 : 小 07407)

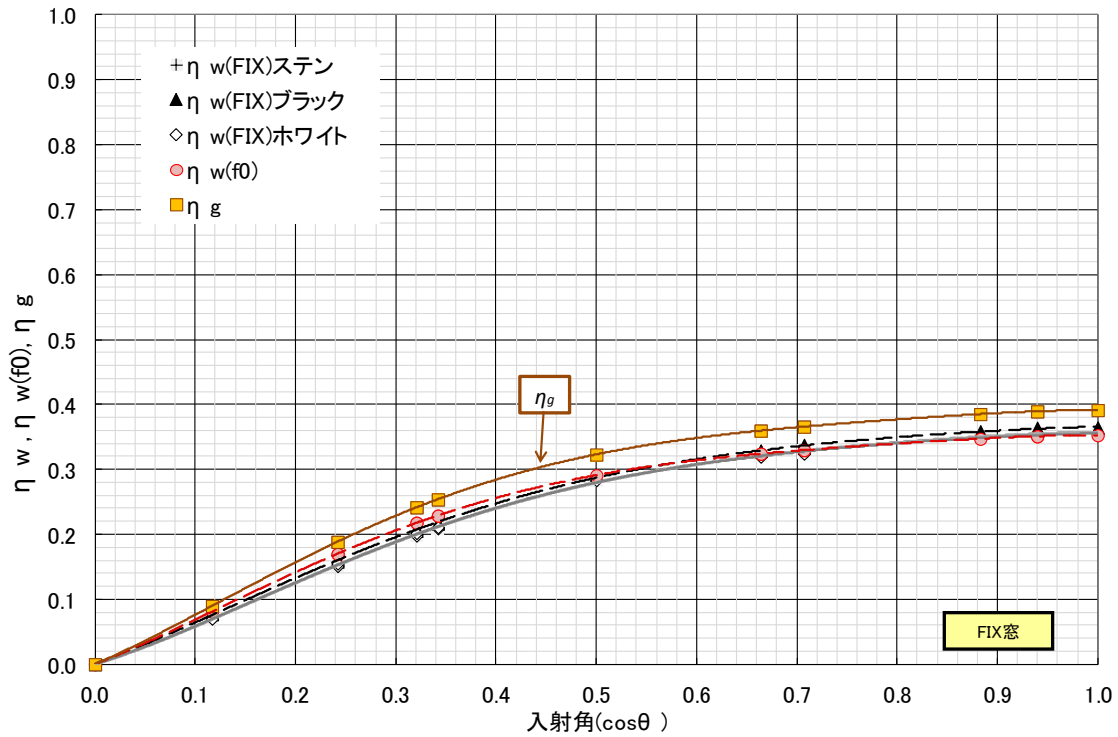


図 2.20 入射角と η 値の相関 (遮熱低放射複層+FIX 窓 : 標準 16513)

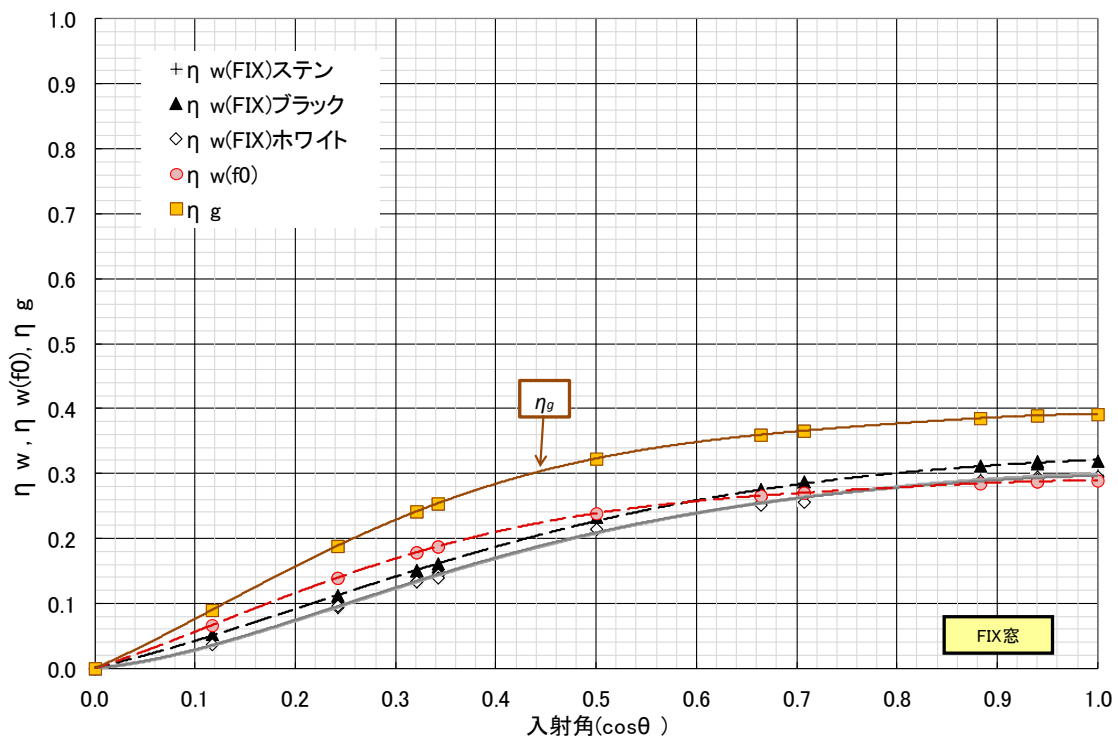


図 2.21 入射角と η 値の相関 (遮熱低放射複層+FIX 窓 : 小 03607)

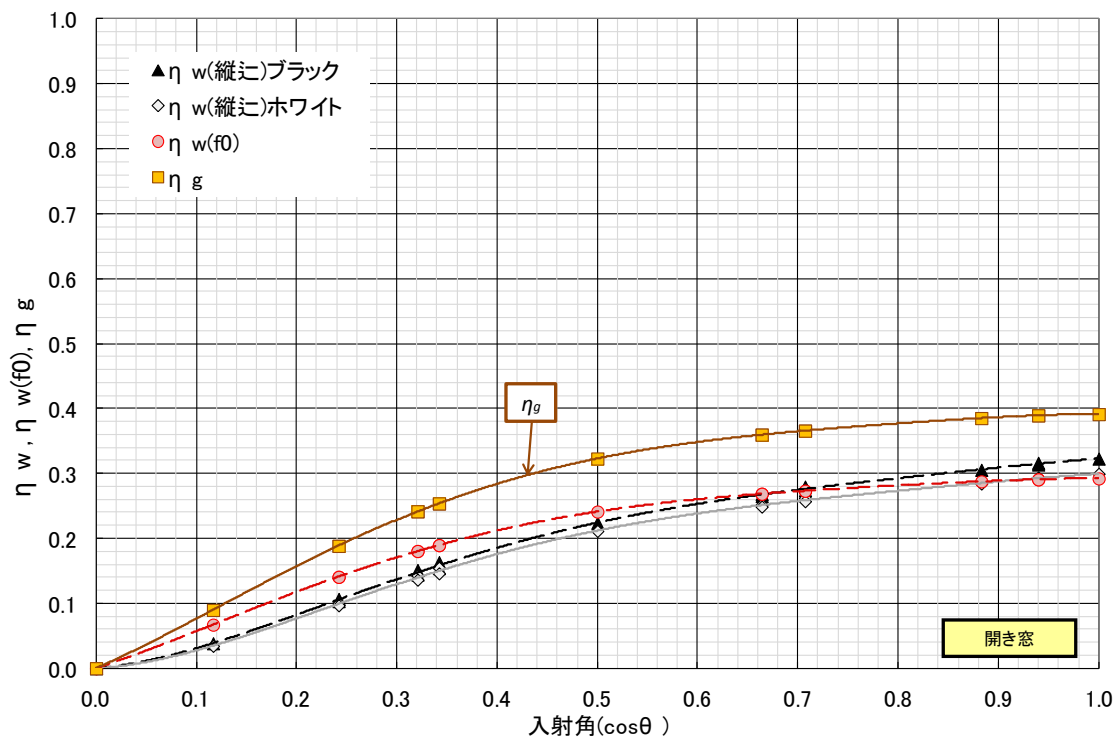


図 2.22 入射角と η 値の相関 (遮熱低放射複層+縦向き出し窓：標準 06013)

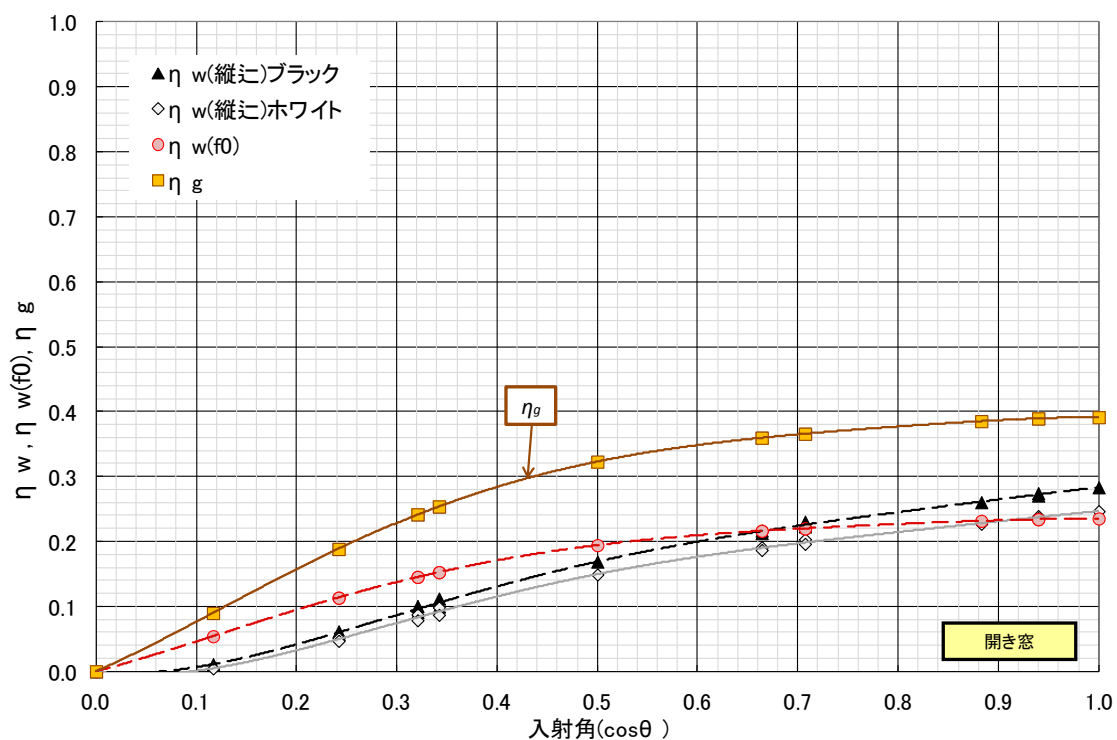


図 2.23 入射角と η 値の相関 (遮熱低放射複層+縦向き出し窓：小 03607)

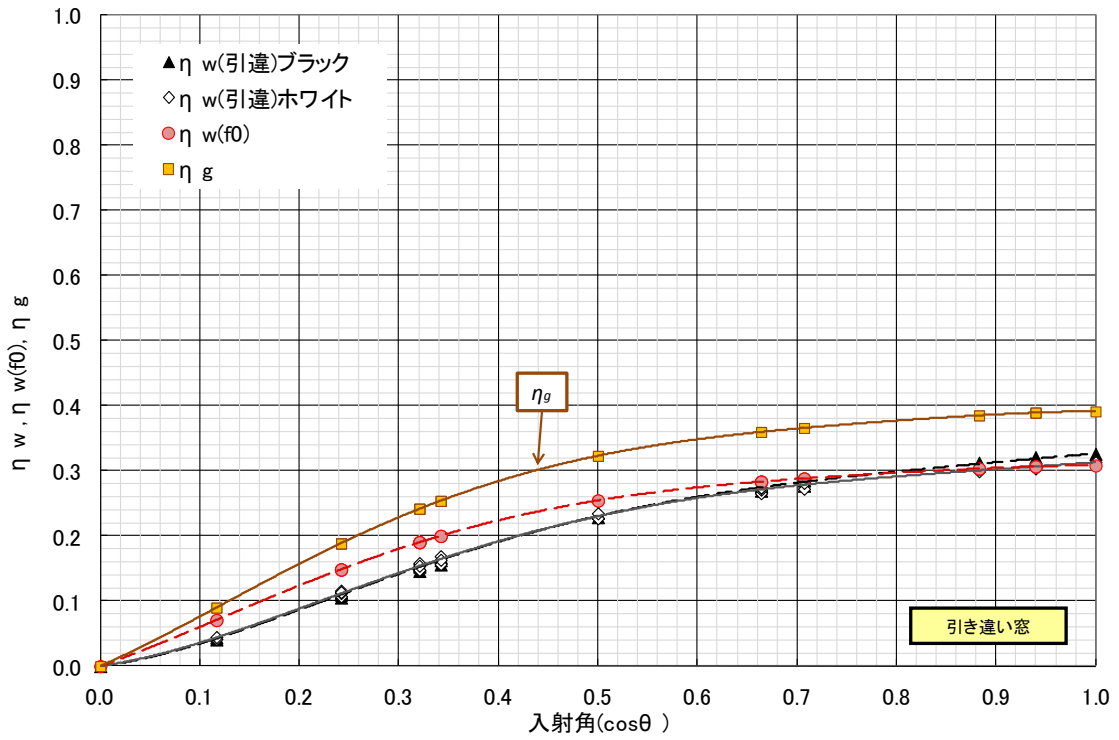


図 2.24 入射角と η 値の相関 (遮熱低放射複層+引き違い窓 : 標準 16513)

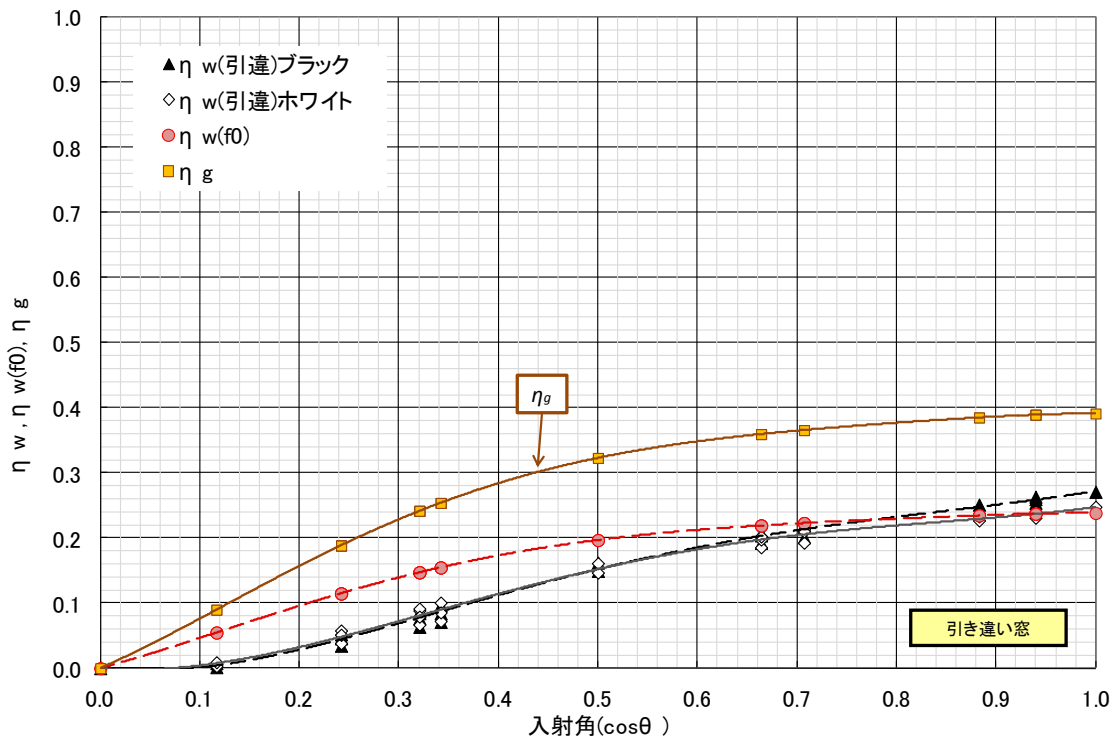


図 2.25 入射角と η 値の相関 (遮熱低放射複層+引き違い窓 : 小 07407)

表 2.7 斜入射計算結果例 (普通複層+FIX窓/BL:標準 16513)

開閉形態		FIX										
製品名		アルプラクラスK3										
フレーム材質		アルミ樹脂複合										
ガラス種類		FL3+A12+FL3										
夏季or冬季		夏季(30-25°C)										
日射強度	I S	500	500	500	500	500	500	500	500	[W/m ²]		
内外温度差	Δ T	5	5	5	5	5	5	5	5	[°C]		
方位角度	θ	0	0	0	0	70	70	70	70			
太陽高度	h	0	20	45	70	70	20	45	70			
窓面への入射角度	i	0	20	45	70	70	71.3	76	83.3			
ガラス種		3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3			
ガラス中空層等熱伝導率	λ eq	0.0817	0.0817	0.0817	0.0817	0.0817	0.0817	0.0817	0.0817	[W/(m·K)]		
フレーム	アルミ	α f	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	[-]		
日射吸収率	PVC	α f	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	[-]		
伝熱開口	伝熱開口W寸法	W	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	[m]		
	伝熱開口H寸法	H	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	[m]		
	伝熱面積	Aw	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	[m ²]		
表面熱伝達率	室内側	α i	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	[W/(m ² ·K)]		
	室外側	α o	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	[W/(m ² ·K)]		
ガラス	室外側	2α 1	0.068	0.065	0.099	0.165	0.165	0.174	0.206	0.200	[-]	
	室内側	2α 2	0.056	0.053	0.076	0.096	0.096	0.097	0.097	0.062	[-]	
	室外側-室内側		0.013	0.012	0.023	0.069	0.069	0.077	0.109	0.138	[-]	
ガラス部												
	総日射透過率	τ 12	0.743	0.744	0.679	0.424	0.424	0.394	0.277	0.099	[-]	
	総熱流束	qin, g	407.58	407.38	383.73	266.41	266.41	252.63	195.89	96.39	[W/m ²]	
	表面熱流束(日射有)	qs, in, g	36.33	35.28	44.48	54.46	54.46	55.48	57.54	46.79	[W/m ²]	
	表面熱流束(日射無)	qs, in, g(IS=0)	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	[W/m ²]	
	ガラス部日射熱取得率	η g	0.785	0.784	0.737	0.502	0.502	0.475	0.361	0.162	[-]	
	影面積	AgS	0.000	0.000	0.016	0.158	0.099	0.099	0.115	0.249	[m ²]	
	影による減衰係数	S	1.000	1.000	0.992	0.924	0.953	0.953	0.945	0.881	[-]	
	ガラス露出幅	GW	1.620	1.620	1.620	1.620	1.620	1.620	1.620	1.620	[m]	
	ガラス露出高	GH	1.288	1.288	1.288	1.288	1.288	1.288	1.288	1.288	[m]	
	ガラス露出面積	Ag	2.087	2.087	2.087	2.087	2.087	2.087	2.087	2.087	[m ²]	
	ガラス部全体	Σ η g · Ag · S	1.637	1.636	1.526	0.969	0.998	0.943	0.712	0.298	[m ²]	
フレーム部												
上部	日射有りモデル	Absorptd Solar Radiation	32.20	29.38	23.06	14.99	13.03	11.61	11.58	10.79	[W/m ²]	
		Q[outside]	-22.77	-20.39	-14.71	-9.02	-6.56	-5.30	-6.09	-5.84	[W/m ²]	
		Q[inside]	9.20	8.67	7.80	6.00	6.39	6.07	5.51	4.99	[W/m ²]	
	日射無しモデル	Q[outside]	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	[W/m ²]	
		Q[inside]	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	[W/m ²]	
	室内への熱流束(日射有)	qin, f	42.97	35.87	-14.54	9.17	-99.96	-111.77	-120.49	4.23	[W/m ²]	
	室内への熱流束(日射無)	qin, f(IS=0)	19.22	19.22	19.22	19.22	19.22	19.22	19.22	19.22	[W/m ²]	
	上部見付け	Fwa	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	[m]	
	フレーム部日射熱取得率	η f	0.047	0.033	-0.068	-0.020	-0.238	-0.262	-0.279	-0.030	[-]	
	フレーム部日射熱取得	η f · Af	0.0035	0.0025	-0.0050	-0.0015	-0.0178	-0.0195	-0.0208	-0.0022	[m ²]	
	枠寸法	d	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	[m]	
	bfとの調整寸法	k	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	[m]	
	影長さ	d*tanθ	0.000	0.018	0.050	0.137	0.000	0.018	0.050	0.137	[m]	
	ガラス部影長さ	Sb1	0.000	0.000	0.010	0.097	0.000	0.000	0.010	0.097	[m]	
下部	日射有りモデル	Absorptd Solar Radiation	38.21	40.37	39.88	29.66	14.87	19.51	22.19	19.89	[W/m ²]	
		Q[outside]	-28.34	-30.59	-30.28	-21.86	-8.27	-12.57	-15.26	-13.77	[W/m ²]	
		Q[inside]	9.95	9.76	9.56	7.74	6.60	6.92	6.88	6.06	[W/m ²]	
	日射無しモデル	Q[outside]	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	[W/m ²]	
		Q[inside]	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	[W/m ²]	
	室内への熱流束(日射有)	qin, f	72.65	73.13	17.80	-85.21	-116.07	-112.90	-124.95	-89.07	[W/m ²]	
	室内への熱流束(日射無)	qin, f(IS=0)	24.47	24.47	24.47	24.47	24.47	24.47	24.47	24.47	[W/m ²]	
	下部見付け	Fwb	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	[m]	
	フレーム部日射熱取得率	η f	0.096	0.097	-0.013	-0.219	-0.281	-0.275	-0.299	-0.227	[-]	
	フレーム部日射熱取得	η f · Af	0.0059	0.0060	-0.0008	-0.0134	-0.0172	-0.0168	-0.0183	-0.0139	[m ²]	
	左縦部	日射有りモデル	Absorptd Solar Radiation	27.91	25.95	21.36	11.56	25.93	24.50	18.82	8.82	[W/m ²]
			Q[outside]	-18.97	-17.38	-13.37	-5.27	-18.40	-17.14	-12.19	-3.67	[W/m ²]
			Q[inside]	8.95	8.57	8.00	6.30	7.49	7.33	6.60	5.14	[W/m ²]
		日射無しモデル	Q[outside]	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	[W/m ²]
Q[inside]			3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	[W/m ²]	
室内への熱流束(日射有)		qin, f	48.08	43.21	-25.72	-131.23	-97.10	-107.77	-140.09	-120.58	[W/m ²]	
室内への熱流束(日射無)		qin, f(IS=0)	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28	[W/m ²]	
縦部見付け		Fwc	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	[m]	
フレーム部日射熱取得率		η f	0.048	0.038	-0.100	-0.311	-0.243	-0.264	-0.329	-0.290	[-]	
フレーム部日射熱取得		η f · Af	0.002	0.002	-0.005	-0.014	-0.011	-0.012	-0.015	-0.013	[m ²]	
右縦部		日射有りモデル	Absorptd Solar Radiation	27.91	25.95	21.36	11.56	14.02	13.26	10.23	4.76	[W/m ²]
			Q[outside]	-18.97	-17.38	-13.37	-5.27	-7.78	-7.13	-4.57	-0.04	[W/m ²]
			Q[inside]	8.95	8.57	8.00	6.30	5.95	5.86	5.46	4.62	[W/m ²]
		日射無しモデル	Q[outside]	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	[W/m ²]
	Q[inside]		3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	[W/m ²]	
	室内への熱流束(日射有)	qin, f	48.08	43.21	-25.72	-131.23	-21.54	-27.75	-46.38	-32.62	[W/m ²]	
	室内への熱流束(日射無)	qin, f(IS=0)	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28	[W/m ²]	
	縦部見付け	Fwc	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	[m]	
	フレーム部日射熱取得率	η f	0.048	0.038	-0.100	-0.311	-0.092	-0.104	-0.141	-0.114	[-]	
	フレーム部日射熱取得	η f · Af	0.0002	0.0001	-0.0005	-0.0022	-0.0007	-0.0008	-0.0012	-0.0010	[m ²]	
	枠寸法	d	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	[mm]	
	bfとの調整寸法	k	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	[mm]	
	影長さ	d*tanθ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.077	0.077	0.077	0.077	[mm]	
	ガラス部影長さ	Sb2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.077	0.077	0.077	0.077	[mm]	
フレーム部全体	Σ η f · Af	0.012	0.010	-0.011	-0.032	-0.047	-0.049	-0.056	-0.031	[m ²]		
窓全体	Σ η f	0.052	0.045	-0.048	-0.138	-0.205	-0.216	-0.243	-0.134			
窓全体	Σ η g · Ag · S + Σ η f · Af	1.649	1.647	1.515	0.937	0.951	0.894	0.657	0.267	[m ²]		
フレーム成分比	Σ η f · Af / 窓全体	0.7%	0.6%	-0.7%	-3.4%	-4.9%	-5.5%	-8.5%	-11.4%			
フレーム部面積比率	Σ Af / Aw	9.9%	9.9%	9.9%	9.9%	9.9%	9.9%	9.9%	9.9%			
開口部全体の日射熱取得率	η w	0.712	0.711	0.654	0.405	0.411	0.386	0.284	0.115	[-]		

表 2.8 斜入射計算結果例 (普通複層+縦入り出し窓/BL:標準 06013)

閉形形態		開き窓										
製品名		アルプラスK3										
フレーム材質		アルミ樹脂複合										
ガラス種類		FL3+A12+FL3										
夏季or冬季		夏季(30-25°C)										
日射強度	I S	500	500	500	500	500	500	500	500	500	[W/m]	
内外温度差	Δ T	5	5	5	5	5	5	5	5	5	[°C]	
方位角度	θ	0	0	0	0	70	70	70	70			
太陽高度	h	0	20	45	70	0	20	45	70			
窓面への入射角度	i	0	20	45	70	70	71.3	76	83.3			
ガラス種		3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3		
ガラス中空層等価熱伝導率	λ eq	0.0817	0.0817	0.0817	0.0817	0.0817	0.0817	0.0817	0.0817	0.0817	[W/(m·K)]	
フレーム	アルミ	α f									[-]	
日射吸収率	PVC	α f	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	[-]	
伝熱開口	伝熱開口W寸法	W	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	[m]	
	伝熱開口H寸法	H	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	[m]	
	伝熱面積	Aw	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	[m]	
表面熱伝導率	室内側	α i	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	[W/(m ² ·K)]	
	室外側	α o	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	[W/(m ² ·K)]	
ガラス日射吸収率	室外側	2α 1	0.068	0.065	0.099	0.165	0.165	0.174	0.206	0.200	[-]	
	室内側	2α 2	0.056	0.053	0.076	0.096	0.096	0.097	0.097	0.062	[-]	
	室外側-室内側		0.013	0.012	0.023	0.069	0.069	0.077	0.109	0.138	[-]	
ガラス部												
	総日射透過率	τ 12	0.743	0.744	0.679	0.424	0.424	0.394	0.277	0.099	[-]	
	総熱流束	qin, g	407.58	407.38	383.73	266.41	266.41	252.63	195.89	96.39	[W/m]	
	表面熱流束(日射有)	qs, in, g	36.33	35.28	44.48	54.46	54.46	55.48	57.54	46.79	[W/m]	
	表面熱流束(日射無)	qs, in, g (IS=0)	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	[W/m]	
	ガラス部日射熱取得率	η g	0.785	0.784	0.737	0.502	0.502	0.475	0.361	0.162	[-]	
	影面積	Ags	0.000	0.005	0.013	0.035	0.094	0.097	0.104	0.123	[m]	
	影による減衰係数	S	1.000	0.993	0.981	0.947	0.857	0.851	0.841	0.812	[-]	
	ガラス露出幅	GW	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529	[m]	
	ガラス露出高	GH	1.238	1.238	1.238	1.238	1.238	1.238	1.238	1.238	[m]	
	ガラス露出面積	Ag	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	[m]	
	ガラス部全体	Σ η g·Ag·S	0.514	0.510	0.473	0.311	0.282	0.265	0.199	0.086	[m]	
フレーム部												
上部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	49.72	48.58	43.01	27.16	21.73	22.53	20.35	13.33	[W/m]	
		Q[outside]	-37.58	-36.65	-31.55	-18.12	-13.25	-14.09	-12.44	-6.96	[W/m]	
		Q[inside]	12.01	11.61	11.09	8.19	8.42	8.21	7.27	5.78	[W/m]	
	日射無しモデル	Q[outside]	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	[W/m]	
		Q[inside]	4.61	4.61	4.61	4.61	4.61	4.61	4.61	4.61	[W/m]	
		室内への熱流束(日射有)	qin, f	71.92	73.65	49.46	13.52	-37.42	-36.44	-43.33	-7.43	[W/m]
	室内への熱流束(日射無)	qin, f (IS=0)	23.43	23.43	23.43	23.43	23.43	23.43	23.43	23.43	[W/m]	
	上部見付け	Fwa	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	[m]	
	フレーム部日射熱取得率	η f	0.097	0.100	0.052	-0.020	-0.122	-0.120	-0.134	-0.062	[-]	
	フレーム部日射熱取得	η f·Af	0.0037	0.0039	0.0020	-0.0008	-0.0047	-0.0046	-0.0052	-0.0024	[m]	
	枠出寸法	d	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	[m]	
	bとの調整寸法	k	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	[m]	
	影長さ	d*tanθ	0.000	0.009	0.024	0.066	0.000	0.009	0.024	0.066	[m]	
	ガラス部影長さ	Sb1	0.000	0.009	0.024	0.066	0.000	0.009	0.024	0.066	[m]	
	下部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	55.59	53.98	47.49	29.55	23.74	24.83	22.23	13.84	[W/m]
Q[outside]			-43.08	-41.42	-35.09	-19.66	-15.09	-15.88	-13.59	-6.70	[W/m]	
Q[inside]			12.47	12.14	11.83	9.19	8.65	8.69	8.07	6.44	[W/m]	
日射無しモデル		Q[outside]	4.73	4.73	4.73	4.73	4.73	4.73	4.73	4.73	[W/m]	
		Q[inside]	4.74	4.74	4.74	4.74	4.74	4.74	4.74	4.74	[W/m]	
		室内への熱流束(日射有)	qin, f	78.83	76.98	44.42	-25.72	-34.03	-36.50	-52.04	-44.20	[W/m]
室内への熱流束(日射無)		qin, f (IS=0)	25.38	25.38	25.38	25.38	25.38	25.38	25.38	25.38	[W/m]	
下部見付け		Fwb	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	[m]	
フレーム部日射熱取得率		η f	0.107	0.103	0.038	-0.102	-0.119	-0.124	-0.155	-0.139	[-]	
フレーム部日射熱取得		η f·Af	0.0041	0.0040	0.0015	-0.0039	-0.0046	-0.0048	-0.0060	-0.0054	[m]	
左縦部		日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	45.13	42.11	35.70	20.13	25.77	24.58	19.32	8.83	[W/m]
			Q[outside]	-32.68	-30.16	-24.25	-11.39	-16.71	-15.70	-11.33	-2.66	[W/m]
			Q[inside]	12.36	11.86	11.37	8.69	9.50	9.30	8.32	6.33	[W/m]
		日射無しモデル	Q[outside]	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	[W/m]
			Q[inside]	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	[W/m]
	室内への熱流束(日射有)		qin, f	91.82	86.63	44.55	-39.60	-25.01	-32.45	-57.41	-54.60	[W/m]
	室内への熱流束(日射無)	qin, f (IS=0)	33.38	33.38	33.38	33.38	33.38	33.38	33.38	33.38	[W/m]	
	縦部見付け	Fwc	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	[m]	
	フレーム部日射熱取得率	η f	0.117	0.107	0.022	-0.146	-0.117	-0.132	-0.182	-0.176	[-]	
	フレーム部日射熱取得	η f·Af	0.008	0.008	0.002	-0.011	-0.008	-0.010	-0.013	-0.013	[m]	
	右縦部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	45.13	42.11	35.70	20.13	18.29	17.46	13.79	6.36	[W/m]
			Q[outside]	-32.68	-30.16	-24.25	-11.39	-10.11	-9.42	-6.42	-0.40	[W/m]
			Q[inside]	12.36	11.86	11.37	8.69	8.00	7.87	7.23	5.90	[W/m]
		日射無しモデル	Q[outside]	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	[W/m]
			Q[inside]	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	[W/m]
室内への熱流束(日射有)			qin, f	91.82	86.63	44.55	-39.60	22.11	17.34	1.24	1.35	[W/m]
室内への熱流束(日射無)		qin, f (IS=0)	33.38	33.38	33.38	33.38	33.38	33.38	33.38	33.38	[W/m]	
縦部見付け		Fwc	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	[m]	
フレーム部日射熱取得率		η f	0.117	0.107	0.022	-0.146	-0.023	-0.032	-0.064	-0.064	[-]	
フレーム部日射熱取得		η f·Af	0.008	0.008	0.002	-0.011	-0.002	-0.002	-0.005	-0.005	[m]	
枠出寸法		d	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	[mm]	
bとの調整寸法		k	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	[mm]	
影長さ		d*tanθ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.076	0.076	0.076	0.076	[mm]	
ガラス部影長さ		Sb2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.076	0.076	0.076	0.076	[mm]	
フレーム部全体		Σ η f·Af	0.025	0.023	0.007	-0.026	-0.019	-0.021	-0.029	-0.025	[m]	
窓全体	Σ η f	0.112	0.105	0.030	-0.116	-0.087	-0.096	-0.130	-0.113			
窓全体	Σ η g·Ag·S + Σ η f·Af	0.539	0.533	0.480	0.286	0.263	0.243	0.170	0.061	[m]		
フレーム成分比	Σ η f·Af / 窓全体	4.6%	4.4%	1.4%	-9.0%	-7.4%	-8.7%	-17.0%	-41.1%			
フレーム部面積比	Σ Af / Aw	25.3%	25.3%	25.3%	25.3%	25.3%	25.3%	25.3%	25.3%			
開口部全体の日射熱取得率	η w	0.614	0.608	0.547	0.326	0.299	0.278	0.194	0.070	[-]		

表 2.9 斜入射計算結果例 (普通複層+引き違い窓/BL:標準 16513)

開口部		計算条件												
開口形状		引き違い												
開口名称		アルファガラスK3												
フレーム材質		アルミ樹脂複合												
ガラス種類		FL3+A12+FL3(普通複層)												
夏季or冬季		夏季(30-25℃)												
日射強度	I S	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	
内外気温度	Δ T	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
方位角度	θ	-70	-70	-70	-70	0	0	0	0	70	70	70	70	
太陽高度	h	0	20	45	70	0	20	45	70	0	20	45	70	
立面への入射角度	i	70	71.3	76	83.3	0	20	45	70	70	71.3	76	83.3	
ガラス層		3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	
ガラス中空層層間伝導率	λ eq	0.0617	0.0617	0.0617	0.0617	0.0617	0.0617	0.0617	0.0617	0.0617	0.0617	0.0617	0.0617	
フレーム	アルミ	α	-											
日射吸収率	PVC	α f	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	
伝熱開口			-											
伝熱開口寸法	W	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	
伝熱開口寸法	H	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	
伝熱面積	Aw	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	
表面			-											
室内側	α	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	
室外側	α	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	
熱伝導率	λ	0.165	0.174	0.206	0.200	0.068	0.065	0.099	0.165	0.174	0.206	0.200	0.068	
ガラス	室外側	λa 1	0.096	0.097	0.097	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.097	0.097	0.096	
日射吸収率	室内側	λa 2	0.069	0.077	0.109	0.138	0.013	0.012	0.023	0.069	0.069	0.077	0.109	
ガラス部	室外側-室内側	λ	-											
総日射透過率	T 12	0.424	0.394	0.277	0.099	0.743	0.744	0.679	0.424	0.424	0.394	0.277	0.099	
総熱流束	qin, g	266.41	252.63	195.89	96.39	407.58	407.38	383.73	266.41	266.41	252.63	195.89	96.39	
表面熱流束(日射有)	qs, in, g	54.46	55.48	57.54	46.79	36.33	35.28	44.48	54.46	54.46	55.48	57.54	46.79	
表面熱流束(日射無)	qs, in, g (IS=0)	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	
ガラス部日射熱取得率	η g	0.502	0.475	0.361	0.162	0.785	0.784	0.737	0.502	0.502	0.475	0.361	0.162	
影面積	Aes	0.287	0.291	0.317	0.422	0.000	0.007	0.036	0.166	0.265	0.271	0.295	0.402	
影による減衰係数	S	0.843	0.840	0.826	0.769	1.000	0.996	0.980	0.909	0.855	0.852	0.838	0.779	
ガラス露出幅	GW	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	
ガラス露出高	GH	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	
ガラス露出面積	Ag	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	
ガラス露出面積	Σ η g · Ag · S	0.772	0.727	0.644	0.227	1.491	1.428	1.317	0.824	0.763	0.737	0.682	0.280	
フレーム部			-											
内上部	日射有りモデル	Absorbed Solar Radiation	22.26	15.91	13.01	11.32	51.23	42.72	28.95	17.68	22.26	15.91	13.01	11.32
		Q[outside]	-13.76	-9.03	-7.82	-6.74	-38.56	-31.62	-20.54	-12.20	-13.76	-9.03	-7.82	-6.74
	日射無しモデル	Q[outside]	7.85	6.71	4.98	4.61	10.82	9.56	8.20	5.30	7.85	6.71	4.98	4.61
		Q[inside]	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37
	室内への熱流束(日射有)	qin, f	-37.05	-47.71	-63.06	29.78	43.30	34.26	4.19	33.89	-37.05	-47.71	-63.06	29.78
	室内への熱流束(日射無)	qin, f (IS=0)	16.02	16.02	16.02	16.02	16.02	16.02	16.02	16.02	16.02	16.02	16.02	16.02
	下部見付け	Fw1	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082
	フレーム部日射熱取得率	η f	-0.106	-0.127	-0.158	0.028	0.055	0.036	-0.024	0.036	-0.106	-0.127	-0.158	0.028
	フレーム部日射熱取得	η f · Af	-0.0070	-0.0084	-0.0105	0.0018	0.0036	0.0024	-0.0016	0.0024	-0.0070	-0.0084	-0.0105	0.0018
	影の長さ判定	η f · Af	0.0000	0.0086	0.0235	0.1537	0.0000	0.0086	0.0235	0.1537	0.0000	0.0086	0.0235	0.1537
内下部	日射有りモデル	Absorbed Solar Radiation	26.21	35.13	40.00	35.84	62.79	68.81	69.09	53.22	26.21	35.13	40.00	35.84
		Q[outside]	-18.62	-26.93	-32.32	-29.16	-52.73	-57.50	-57.81	-44.59	-18.62	-26.93	-32.32	-29.16
	日射無しモデル	Q[outside]	7.86	8.13	7.74	6.29	10.82	10.85	10.88	8.25	7.86	8.13	7.74	6.29
		Q[inside]	4.36	4.36	4.36	4.36	4.36	4.36	4.36	4.36	4.36	4.36	4.36	4.36
	室内への熱流束(日射有)	qin, f	-34.09	-33.33	-42.33	-34.49	39.97	42.66	23.41	-22.97	-34.09	-33.33	-42.33	-34.49
	室内への熱流束(日射無)	qin, f (IS=0)	14.61	14.61	14.61	14.61	14.61	14.61	14.61	14.61	14.61	14.61	14.61	14.61
	下部見付け	Fw2	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089
	フレーム部日射熱取得率	η f	-0.097	-0.096	-0.114	-0.098	0.051	0.056	0.018	-0.075	-0.097	-0.096	-0.114	-0.098
	フレーム部日射熱取得	η f · Af	-0.0070	-0.0069	-0.0082	-0.0070	0.0038	0.0040	0.0013	-0.0070	-0.0069	-0.0082	-0.0070	0.0038
内縁部	日射有りモデル	Absorbed Solar Radiation	14.44	13.71	10.67	5.01	42.54	39.67	33.90	19.28	52.17	43.59	38.01	15.78
		Q[outside]	-9.40	-8.70	-5.83	-0.62	-32.31	-29.87	-24.25	-11.84	-43.52	-35.08	-30.54	-10.27
	日射無しモデル	Q[outside]	5.18	5.14	4.92	4.44	10.20	9.78	9.63	7.43	8.61	8.60	8.01	5.53
		Q[inside]	4.07	4.07	4.07	4.07	4.07	4.07	4.07	4.07	4.07	4.07	4.07	4.07
	室内への熱流束(日射有)	qin, f	-88.53	-92.37	-102.07	-76.33	45.54	42.28	11.30	-53.71	108.87	95.65	85.12	53.93
	室内への熱流束(日射無)	qin, f (IS=0)	15.69	15.69	15.69	15.69	15.69	15.69	15.69	15.69	15.69	15.69	15.69	15.69
	下部見付け	Fw3	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065
	フレーム部日射熱取得率	η f	-0.208	-0.216	-0.236	-0.184	0.060	0.053	-0.009	-0.139	0.186	0.160	0.139	0.076
	フレーム部日射熱取得	η f · Af	-0.0173	-0.0179	-0.0195	-0.0152	0.0049	0.0044	-0.0007	-0.0115	0.0154	0.0132	0.0115	0.0063
	影の長さ判定	η f · Af	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1562	0.1562	0.1562	0.1562	0.0000
外上部	日射有りモデル	Absorbed Solar Radiation	22.43	22.58	19.24	12.62	51.72	49.62	42.18	25.82	22.43	22.58	19.24	12.62
		Q[outside]	-11.51	-11.37	-9.38	-4.43	-35.76	-33.44	-26.68	-14.22	-11.51	-11.37	-9.38	-4.43
	日射無しモデル	Q[outside]	6.34	6.34	6.34	6.34	6.34	6.34	6.34	6.34	6.34	6.34	6.34	6.34
		Q[inside]	6.34	6.34	6.34	6.34	6.34	6.34	6.34	6.34	6.34	6.34	6.34	6.34
	室内への熱流束(日射有)	qin, f	-2.75	-1.78	-5.79	22.93	97.62	97.51	73.12	41.85	-2.75	-1.78	-5.79	22.93
	室内への熱流束(日射無)	qin, f (IS=0)	39.99	39.99	39.99	39.99	39.99	39.99	39.99	39.99	39.99	39.99	39.99	39.99
	下部見付け	Fw4	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082
	フレーム部日射熱取得率	η f	-0.085	-0.084	-0.092	-0.034	0.115	0.115	0.065	0.004	-0.085	-0.084	-0.092	-0.034
	フレーム部日射熱取得	η f · Af	-0.006	-0.006	-0.006	-0.002	0.0078	0.008	0.004	0.000	-0.006	-0.006	-0.006	-0.002
	影の長さ判定	η f · Af	0.0000	0.0086	0.0235	0.0646	0.0000	0.0086	0.0235	0.0646	0.0000	0.0086	0.0235	0.0646
外下部	日射有りモデル	Absorbed Solar Radiation	26.00	28.00	25.99	17.41	62.17	61.13	54.24	34.67	26.00	28.00	25.99	17.41
		Q[outside]	-15.98	-17.27	-15.97	-8.61	-47.38	-45.84	-39.03	-23.28	-15.98	-17.27	-15.97	-8.61
	日射無しモデル	Q[outside]	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60
		Q[inside]	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60
	室内への熱流束(日射有)	qin, f	-10.85	-11.87	-22.53	-18.11	81.32	79.83	54.12	-0.60	-10.85	-11.87	-22.53	-18.11
	室内への熱流束(日射無)	qin, f (IS=0)	28.56	28.56	28.56	28.56	28.56	28.56	28.56	28.56	28.56	28.56	28.56	28.56
	下部見付け	Fw5	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089
	フレーム部日射熱取得率	η f	-0.079	-0.081	-0.102	-0.083	0.106	0.103	0.051	-0.058	-0.079	-0.081	-0.102	-0.083
	フレーム部日射熱取得	η f · Af	-0.006	-0.006	-0.007	-0.007	0.0078	0.007	0.004	-0.004	-0.006	-0.006	-0.007	-0.007
	影の長さ判定	η f · Af	0.0000	0.0086	0.0235	0.0646	0.0000	0.0086	0.0235	0.0646	0.0000	0.0086	0.0235	0.0646
外縁部	日射有りモデル	Absorbed Solar Radiation	21.36	20.36	16.02	7.41	41.86	39.04	33.42	19.05	27.45	26.15	20.49	9.41
		Q[outside]	-13.57	-12.71	-9.04	-1.80	-30.66	-28.28	-22.93	-10.93	-18.45	-17.34	-12.61	-3.46
	日射無しモデル	Q[outside]	8.07	7.91	7.20	5.71	11.51	11.05	10.71	8.24	9.17	8.97	8.00	6.01
		Q[inside]	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60
	室内への熱流束(日射有)	qin,												

表 2.10 斜入射計算結果例 (断熱低放射複層+FIX 窓/BL:標準 16513)

閉閉形態		FIX									
製品名		アルプラスK3									
フレーム材質		アルミ樹脂複合									
ガラス種類		FL3+A12+*RSFL3KA6(断熱LowE複層)									
夏季or冬季		夏季(30~25°C)									
日射強度	I S	500	500	500	500	500	500	500	500	500	[W/m ²]
内外温度差	Δ T	5	5	5	5	5	5	5	5	5	[°C]
方位角度	θ	0	0	0	0	70	70	70	70	70	
太陽高度	h	0	20	45	70	0	20	45	70	70	
窓面への入射角度	i	0	20	45	70	70	71.3	76	83.3		
ガラス種		3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	
ガラス中空層等価熱伝導率	λ eq	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	[W/(m·K)]
フレーム	アルミ	α f									[-]
日射吸収率	PVC	α f	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	[-]
伝熱開口	伝熱開口W寸法	W	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	[m]
	伝熱開口H寸法	H	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	[m]
	伝熱面積	Aw	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	[m ²]
表面熱伝導率	室内側	α i	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	[W/(m ² ·K)]
	室外側	α o	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	[W/(m ² ·K)]
ガラス	室外側	2α 1	0.089	0.086	0.128	0.202	0.202	0.211	0.243	0.229	[-]
日射吸収率	室内側	2α 2	0.142	0.143	0.140	0.115	0.115	0.112	0.095	0.056	[-]
	室外側-室内側		-0.053	-0.057	-0.012	0.087	0.087	0.099	0.148	0.173	[-]
ガラス部											
	総日射透過率	T 12	0.353	0.351	0.320	0.200	0.200	0.188	0.135	0.049	[-]
	総熱流束	qin, g	243.09	242.13	227.13	160.54	160.54	153.37	121.77	62.85	[W/m ²]
	表面熱流束(日射有)	qs, in, g	66.54	66.77	67.36	60.40	60.40	59.41	54.15	38.40	[W/m ²]
	表面熱流束(日射無)	qs, in, g(IS=0)	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	[W/m ²]
	ガラス部日射熱取得率	η g	0.469	0.467	0.437	0.304	0.304	0.290	0.226	0.109	[-]
	影面積	Ags	0.000	0.000	0.008	0.150	0.099	0.099	0.107	0.242	[m ²]
	影による減衰係数	S	1.000	1.000	0.996	0.928	0.953	0.953	0.949	0.884	[-]
	ガラス露出幅	GW	1.620	1.620	1.620	1.620	1.620	1.620	1.620	1.620	[m]
	ガラス露出高	GH	1.288	1.288	1.288	1.288	1.288	1.288	1.288	1.288	[m]
	ガラス露出面積	Ag	2.087	2.087	2.087	2.087	2.087	2.087	2.087	2.087	[m ²]
	ガラス部全体 Σ η g · Ag · S		0.979	0.975	0.909	0.589	0.604	0.576	0.448	0.200	[m ²]
フレーム部											
上部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	43.20	40.72	31.00	18.31	18.20	15.77	13.91	10.71	[W/m ²]
		Q[outside]	-27.84	-26.21	-19.58	-12.63	-11.51	-9.53	-9.24	-6.99	[W/m ²]
		Q[inside]	15.12	14.19	10.77	5.71	6.63	5.96	4.66	3.78	[W/m ²]
	日射無しモデル	Q[outside]	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	[W/m ²]
		Q[inside]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	[W/m ²]
	室内への熱流速(日射有)	qin, f	40.34	18.64	-52.57	-17.53	-121.15	-131.63	-131.14	-7.90	[W/m ²]
	室内への熱流速(日射無)	qin, f(IS=0)	-7.92	-7.92	-7.92	-7.92	-7.92	-7.92	-7.92	-7.92	[W/m ²]
	上部見付け	Fwa	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	[m]
	フレーム部日射熱取得率	η f	0.097	0.053	-0.089	-0.019	-0.226	-0.247	-0.246	0.000	[-]
	フレーム部日射熱取得	η f · Af	0.0072	0.0040	-0.0067	-0.0014	-0.0169	-0.0184	-0.0184	0.0000	[m ²]
	枠寸法	d	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	[m]
	bfとの調整寸法	k	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	[m]
	影長さ	d*tanθ	0.000	0.018	0.050	0.137	0.000	0.018	0.050	0.137	[m]
	ガラス部影長さ	Sb1	0.000	0.000	0.005	0.092	0.000	0.000	0.005	0.092	[m]
下部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	49.22	55.15	56.26	44.91	19.78	27.93	33.43	31.41	[W/m ²]
		Q[outside]	-33.50	-38.33	-40.37	-32.94	-12.93	-19.51	-24.20	-22.66	[W/m ²]
		Q[inside]	15.81	16.84	15.85	11.90	6.88	8.39	9.18	8.69	[W/m ²]
	日射無しモデル	Q[outside]	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	[W/m ²]
		Q[inside]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	[W/m ²]
	室内への熱流速(日射有)	qin, f	67.61	94.24	64.29	-4.77	-140.64	-94.40	-44.63	27.36	[W/m ²]
	室内への熱流速(日射無)	qin, f(IS=0)	-8.64	-8.64	-8.64	-8.64	-8.64	-8.64	-8.64	-8.64	[W/m ²]
	下部見付け	Fwb	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	[m]
	フレーム部日射熱取得率	η f	0.153	0.206	0.146	0.008	-0.264	-0.172	-0.072	0.072	[-]
	フレーム部日射熱取得	η f · Af	0.0093	0.0126	0.0089	0.0005	-0.0162	-0.0105	-0.0044	0.0044	[m ²]
左縦部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	38.91	36.38	30.13	16.25	39.80	37.60	28.67	13.20	[W/m ²]
		Q[outside]	-24.13	-22.18	-18.70	-9.74	-27.51	-25.94	-19.47	-7.71	[W/m ²]
		Q[inside]	14.79	14.20	11.43	6.51	12.39	11.75	9.27	5.52	[W/m ²]
	日射無しモデル	Q[outside]	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	[W/m ²]
		Q[inside]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	[W/m ²]
	室内への熱流速(日射有)	qin, f	42.41	24.28	-58.26	-159.20	8.72	-3.70	-44.67	-61.63	[W/m ²]
	室内への熱流速(日射無)	qin, f(IS=0)	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	[W/m ²]
	縦部見付け	Fwc	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	[m]
	フレーム部日射熱取得率	η f	0.107	0.070	-0.095	-0.297	0.039	0.014	-0.068	-0.102	[-]
	フレーム部日射熱取得	η f · Af	0.005	0.003	-0.004	-0.014	0.002	0.001	-0.003	-0.005	[m ²]
右縦部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	38.91	36.38	30.13	16.25	17.25	16.35	12.55	5.64	[W/m ²]
		Q[outside]	-24.13	-22.18	-18.70	-9.74	-11.29	-10.62	-7.73	-2.14	[W/m ²]
		Q[inside]	14.79	14.20	11.43	6.51	5.68	5.47	4.63	3.41	[W/m ²]
	日射無しモデル	Q[outside]	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	[W/m ²]
		Q[inside]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	[W/m ²]
	室内への熱流速(日射有)	qin, f	42.41	24.28	-58.26	-159.20	-50.01	-52.55	-58.12	-37.49	[W/m ²]
	室内への熱流速(日射無)	qin, f(IS=0)	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	[W/m ²]
	縦部見付け	Fwc	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	[m]
	フレーム部日射熱取得率	η f	0.107	0.070	-0.095	-0.297	-0.078	-0.083	-0.095	-0.053	[-]
	フレーム部日射熱取得	η f · Af	0.0005	0.0003	-0.0006	-0.0025	-0.0007	-0.0007	-0.0009	-0.0005	[m ²]
	枠寸法	d	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	[mm]
	bfとの調整寸法	k	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	[mm]
	影長さ	d*tanθ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.077	0.077	0.077	0.077	[mm]
	ガラス部影長さ	Sb2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.077	0.077	0.077	0.077	[mm]
	フレーム部全体 Σ η f · Af		0.022	0.020	-0.003	-0.017	-0.032	-0.029	-0.027	-0.001	[m ²]
窓全体	Σ η f		0.096	0.088	-0.012	-0.076	-0.139	-0.127	-0.117	-0.004	
	窓全体 Σ η g · Ag · S + Σ η f · Af		1.001	0.995	0.906	0.571	0.572	0.547	0.421	0.200	[m ²]
	フレーム成分比	Σ η f · Af / 窓全体	2.2%	2.0%	-0.3%	-3.0%	-5.6%	-5.3%	-6.4%	-0.4%	
	フレーム部面積比率	Σ Af / Aw	9.9%	9.9%	9.9%	9.9%	9.9%	9.9%	9.9%	9.9%	
	開口部全体の日射熱取得率 η w		0.432	0.430	0.391	0.247	0.247	0.236	0.182	0.086	[-]

表 2.11 斜入射計算結果例 (断熱低放射複層+縦通り出し窓/BL:標準 06013)

開閉形態		開き窓									
製品名		アルプラクラスK3									
フレーム材質		アルミ樹脂複合									
ガラス種類		FL3+A12+*RSFL3KA6(断熱LowE複層)									
夏季or冬季		夏季(30-25°C)									
日射強度	I S	500	500	500	500	500	500	500	500	[W/m ²]	
内外温度差	Δ T	5	5	5	5	5	5	5	5	[°C]	
方位角度	θ	0	0	0	0	70	70	70	70		
太陽高度	h	0	20	45	70	0	20	45	70		
窓面への入射角度	i	0	20	45	70	70	71.3	76	83.3		
ガラス種		3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3		
ガラス中空層等価熱伝導率	λ eq	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	[W/(m·K)]	
フレーム	アルミ	α f								[-]	
日射吸収率	PVC	α f	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	[-]	
伝熱開口	伝熱開口W寸法	W	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	[m]	
	伝熱開口H寸法	H	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	[m]	
	伝熱面積	Aw	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	[m ²]	
表面	室内側	α i	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	[W/(m ² ·K)]	
熱伝達率	室外側	α o	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	[W/(m ² ·K)]	
ガラス	室外側	2α 1	0.089	0.086	0.128	0.202	0.202	0.211	0.243	[-]	
日射吸収率	室内側	2α 2	0.142	0.143	0.140	0.115	0.115	0.112	0.095	[-]	
	室外側-室内側		-0.053	-0.057	-0.012	0.087	0.087	0.099	0.148	[-]	
ガラス部											
	総日射透過率	T 12	0.353	0.351	0.320	0.200	0.200	0.188	0.135	0.049	[-]
	総熱流束	qin, g	243.09	242.13	227.13	160.54	160.54	153.37	121.77	62.85	[W/m ²]
	表面熱流束(日射有)	qs, in, g	66.54	66.77	67.36	60.40	60.40	59.41	54.15	38.40	[W/m ²]
	表面熱流束(日射無)	qs, in, g(IS=0)	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	[W/m ²]
	ガラス部日射熱取得率	η g	0.469	0.467	0.437	0.304	0.304	0.290	0.226	0.109	[-]
	影面積	Ags	0.000	0.005	0.013	0.035	0.094	0.097	0.104	0.123	[m ²]
	影による減衰係数	S	1.000	0.993	0.981	0.947	0.857	0.851	0.841	0.812	[-]
	ガラス露出幅	GW	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529	[m]
	ガラス露出高	GH	1.238	1.238	1.238	1.238	1.238	1.238	1.238	1.238	[m]
	ガラス露出面積	Ag	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	[m ²]
	ガラス部全体	Σ η g · Ag · S	0.307	0.304	0.281	0.188	0.171	0.161	0.125	0.058	[m ²]
フレーム部											
上部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	60.52	58.46	48.93	28.71	23.61	24.09	21.09	13.57	[W/m ²]
		Q[outside]	-42.46	-41.16	-35.14	-20.68	-15.55	-16.35	-14.59	-8.74	[W/m ²]
		Q[inside]	17.95	17.03	13.50	7.58	8.02	7.59	6.16	4.52	[W/m ²]
	日射無しモデル	Q[outside]	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	[W/m ²]
		Q[inside]	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	[W/m ²]
	室内への熱流束(日射有)	qin, f	70.37	64.57	24.96	-7.91	-61.57	-57.14	-51.13	-9.48	[W/m ²]
	室内への熱流束(日射無)	qin, f(IS=0)	25.30	25.30	25.30	25.30	25.30	25.30	25.30	25.30	[W/m ²]
	上部見付け	Fwa	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	[m]
	フレーム部日射熱取得率	η f	0.090	0.079	-0.001	-0.066	-0.174	-0.165	-0.153	-0.070	[-]
	フレーム部日射熱取得	η f · Af	0.0035	0.0030	0.0000	-0.0026	-0.0067	-0.0064	-0.0059	-0.0027	[m ²]
	枠出寸法	d	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	[m]
	bfとの調整寸法	k	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	[m]
	影長さ	d*tanθ	0.000	0.009	0.024	0.066	0.000	0.009	0.024	0.066	[m]
	ガラス部影長さ	Sb1	0.000	0.009	0.024	0.066	0.000	0.009	0.024	0.066	[m]
下部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	66.43	64.44	53.99	31.44	25.63	26.46	23.01	14.05	[W/m ²]
		Q[outside]	-48.03	-46.41	-39.02	-22.29	-17.40	-18.18	-15.74	-8.45	[W/m ²]
		Q[inside]	18.41	17.82	14.64	8.85	8.24	8.14	7.03	5.20	[W/m ²]
	日射無しモデル	Q[outside]	3.51	3.51	3.51	3.51	3.51	3.51	3.51	3.51	[W/m ²]
		Q[inside]	3.51	3.51	3.51	3.51	3.51	3.51	3.51	3.51	[W/m ²]
	室内への熱流束(日射有)	qin, f	77.32	67.73	17.72	-48.96	-58.21	-56.72	-57.56	-37.51	[W/m ²]
	室内への熱流束(日射無)	qin, f(IS=0)	27.23	27.23	27.23	27.23	27.23	27.23	27.23	27.23	[W/m ²]
	下部見付け	Fwb	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	[m]
	フレーム部日射熱取得率	η f	0.100	0.081	-0.019	-0.152	-0.171	-0.168	-0.170	-0.129	[-]
	フレーム部日射熱取得	η f · Af	0.0039	0.0031	-0.0007	-0.0059	-0.0066	-0.0065	-0.0065	-0.0050	[m ²]
左縦部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	55.79	52.24	42.03	21.98	26.89	25.45	19.53	9.03	[W/m ²]
		Q[outside]	-37.53	-34.81	-27.93	-13.66	-18.71	-17.56	-12.83	-4.09	[W/m ²]
		Q[inside]	18.21	17.38	14.06	8.29	8.28	7.98	6.78	4.98	[W/m ²]
	日射無しモデル	Q[outside]	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70	[W/m ²]
		Q[inside]	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	[W/m ²]
	室内への熱流束(日射有)	qin, f	88.34	72.60	10.59	-68.25	-68.46	-70.34	-73.05	-48.66	[W/m ²]
	室内への熱流束(日射無)	qin, f(IS=0)	35.91	35.91	35.91	35.91	35.91	35.91	35.91	35.91	[W/m ²]
	縦部見付け	Fwc	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	[m]
	フレーム部日射熱取得率	η f	0.105	0.073	-0.051	-0.208	-0.209	-0.213	-0.218	-0.169	[-]
	フレーム部日射熱取得	η f · Af	0.008	0.005	-0.004	-0.015	-0.015	-0.015	-0.016	-0.012	[m ²]
右縦部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	55.79	52.24	42.03	21.98	27.66	26.20	20.09	9.06	[W/m ²]
		Q[outside]	-37.53	-34.81	-27.93	-13.66	-18.86	-17.75	-13.07	-4.10	[W/m ²]
		Q[inside]	18.21	17.38	14.06	8.29	9.11	8.74	7.24	5.08	[W/m ²]
	日射無しモデル	Q[outside]	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70	[W/m ²]
		Q[inside]	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	[W/m ²]
	室内への熱流束(日射有)	qin, f	88.34	72.60	10.59	-68.25	28.74	24.19	9.10	5.35	[W/m ²]
	室内への熱流束(日射無)	qin, f(IS=0)	35.91	35.91	35.91	35.91	35.91	35.91	35.91	35.91	[W/m ²]
	縦部見付け	Fwc	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	[m]
	フレーム部日射熱取得率	η f	0.105	0.073	-0.051	-0.208	-0.014	-0.023	-0.054	-0.061	[-]
	フレーム部日射熱取得	η f · Af	0.008	0.005	-0.004	-0.015	-0.001	-0.002	-0.004	-0.004	[m ²]
	枠出寸法	d	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	[mm]
	bfとの調整寸法	k	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	[mm]
	影長さ	d*tanθ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.076	0.076	0.076	[mm]
	ガラス部影長さ	Sb2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.076	0.076	0.076	[mm]
	フレーム部全体	Σ η f · Af	0.023	0.017	-0.008	-0.039	-0.029	-0.030	-0.032	-0.024	[m ²]
	窓全体	Σ η f	0.101	0.076	-0.036	-0.174	-0.133	-0.135	-0.145	-0.110	
	窓全体	Σ η g · Ag · S + Σ η f · Af	0.330	0.321	0.273	0.150	0.141	0.132	0.093	0.033	[m ²]
	フレーム成分比	Σ η f · Af / 窓全体	6.8%	5.2%	-3.0%	-25.8%	-20.8%	-22.7%	-34.7%	-73.0%	
	フレーム部面積比率	Σ Af / Aw	25.3%	25.3%	25.3%	25.3%	25.3%	25.3%	25.3%	25.3%	
	開口部全体の日射熱取得率	η w	0.376	0.366	0.311	0.171	0.161	0.150	0.106	0.038	[-]

表 2.12 斜入射計算結果例 (断熱低放射複層十引き違い窓/BL:標準 16513)

開口部		引き違い窓														
開口部		アルミ樹脂複合														
開口部		FL3+A12+RSL3KA6(断熱LowE複層)														
開口部		夏季(30~25℃)														
日射強度	I S	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	[W/m ²]		
内外温度差	Δ T	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	[℃]		
方位角	θ	-70	-70	-70	-70	0	0	0	0	70	70	70	70	[°]		
太陽高度	h	0	20	45	70	0	0	20	45	70	0	20	45	70	[°]	
窓面への入射角	i	70	71.3	76	83.3	0	0	20	45	70	70	71.3	76	83.3	[°]	
ガラス層	ガラス中空層等複層伝導率	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	[W/(m·K)]	
フレーム	アルミ	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	0.0302	[W/(m·K)]	
ガラス層	PVC	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	[W/(m·K)]	
伝熱開口	伝熱開口W寸法	W	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	[m]	
伝熱開口	伝熱開口寸法	H	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	[m]	
伝熱開口	伝熱面積	Aw	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	[m ²]	
表面	室内側	α _i	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	[W/(m ² ·K)]	
表面	室外側	α _e	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	[W/(m ² ·K)]	
ガラス層	Zα 1	0.202	0.211	0.243	0.229	0.089	0.086	0.128	0.202	0.202	0.211	0.243	0.229	0.202	[W/(m ² ·K)]	
ガラス層	Zα 2	0.115	0.112	0.095	0.06	0.142	0.143	0.149	0.115	0.115	0.112	0.095	0.06	0.115	[W/(m ² ·K)]	
ガラス層	室外側-室内側	α _e	0.087	0.089	0.148	0.173	-0.053	-0.057	-0.012	0.087	0.087	0.089	0.148	0.173	[W/(m ² ·K)]	
ガラス層	総日射透過率	T 12	0.200	0.188	0.135	0.049	0.353	0.351	0.320	0.200	0.200	0.188	0.135	0.049	[-]	
ガラス層	総熱流束	q _{in, g}	160.54	153.37	121.77	62.85	243.09	242.13	227.13	160.54	160.54	153.37	121.77	62.85	[W/m ²]	
ガラス層	表面熱流束(日射)	q _{s, in, g}	60.40	59.41	54.15	38.40	66.54	66.77	67.36	60.40	60.40	59.41	54.15	38.40	[W/m ²]	
ガラス層	表面熱流束(日射)	q _{s, in, g} (IS=0)	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	[W/m ²]	
ガラス層	ガラス日射熱取得率	η _g	0.304	0.290	0.226	0.109	0.469	0.467	0.437	0.304	0.304	0.290	0.226	0.109	[-]	
ガラス層	影面積	A _{es}	0.287	0.291	0.317	0.422	0.000	0.007	0.036	0.186	0.285	0.271	0.295	0.402	[m ²]	
ガラス層	影による減衰係数	S	0.843	0.840	0.826	0.769	1.000	0.996	0.980	0.998	0.855	0.852	0.838	0.779	[-]	
ガラス層	ガラス露出高	GW	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	[m]	
ガラス層	ガラス露出高	GH	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	[m]	
ガラス層	ガラス露出面積	A _g	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	[m ²]	
ガラス層	ガラス露出全体	Σ η _g A _g S	0.487	0.444	0.341	0.152	0.855	0.849	0.782	0.504	0.474	0.480	0.348	0.154	[m ²]	
フレーム	内上部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	24.35	17.38	13.31	11.28	61.59	52.29	34.72	18.36	24.35	17.38	13.31	11.28	[W/m]
フレーム	内上部	日射無しモデル	Q[Outside]	-16.59	-11.22	-9.43	-7.92	-43.81	-36.29	-23.98	-13.99	-16.59	-11.22	-9.43	-7.92	[W/m]
フレーム	内上部	日射無しモデル	Q[Inside]	7.47	6.06	3.75	3.38	16.86	15.05	10.56	4.22	7.47	6.06	3.75	3.38	[W/m]
フレーム	内上部	室内への熱流束(日射)	q _{in, f}	-56.20	-64.81	-70.87	-78.48	43.32	27.70	-16.24	17.40	-56.20	-64.81	-70.87	-78.48	[W/m]
フレーム	内上部	室内への熱流束(日射)	q _{in, f} (IS=0)	17.45	17.45	17.45	17.45	17.45	17.45	17.45	17.45	17.45	17.45	17.45	17.45	[W/m]
フレーム	内上部	下部見付け	Fw1	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	[m]
フレーム	内上部	フレーム部日射熱取得率	η _f	-0.147	-0.165	-0.177	0.004	0.052	0.021	-0.067	0.000	-0.147	-0.165	-0.177	0.004	[-]
フレーム	内上部	フレーム部日射熱取得	η _f A _f	-0.0097	-0.0109	-0.0117	0.0003	0.0034	0.0014	-0.0045	0.0000	-0.0097	-0.0109	-0.0117	0.0003	[m ²]
フレーム	内上部	影の長さ判定	影の長さ判定	0.0000	0.0086	0.0235	0.1537	0.0000	0.0086	0.0235	0.1537	0.0000	0.0086	0.0235	0.1537	[m]
フレーム	内下部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	28.06	36.57	40.58	35.81	73.51	78.90	75.24	54.91	28.06	36.57	40.58	35.81	[W/m]
フレーム	内下部	日射無しモデル	Q[Outside]	-20.80	-28.93	-34.02	-30.63	-57.21	-62.13	-61.22	-46.63	-20.80	-28.93	-34.02	-30.63	[W/m]
フレーム	内下部	日射無しモデル	Q[Inside]	7.44	7.56	6.85	5.00	18.60	16.80	13.63	8.46	7.44	7.56	6.85	5.00	[W/m]
フレーム	内下部	室内への熱流束(日射)	q _{in, f}	-52.17	-48.55	-46.94	-30.05	39.26	36.51	4.00	-40.66	-52.17	-48.55	-46.94	-30.05	[W/m]
フレーム	内下部	室内への熱流束(日射)	q _{in, f} (IS=0)	15.92	15.92	15.92	15.92	15.92	15.92	15.92	15.92	15.92	15.92	15.92	15.92	[W/m]
フレーム	内下部	下部見付け	Fw2	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	[m]
フレーム	内下部	フレーム部日射熱取得率	η _f	-0.136	-0.129	-0.126	-0.092	0.047	0.041	-0.024	-0.113	-0.136	-0.129	-0.126	-0.092	[-]
フレーム	内下部	フレーム部日射熱取得	η _f A _f	-0.0098	-0.0093	-0.0090	-0.0066	0.0034	0.0030	-0.0017	-0.0081	-0.0098	-0.0093	-0.0090	-0.0066	[m ²]
フレーム	内下部	影の長さ判定	影の長さ判定	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1562	0.1562	0.1562	0.1562	[m]	
フレーム	内外部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	24.19	23.80	19.59	12.75	62.19	52.96	47.96	27.17	24.19	23.80	19.59	12.75	[W/m]
フレーム	内外部	日射無しモデル	Q[Outside]	-13.83	-13.36	-10.98	-5.84	-40.65	-37.44	-30.70	-16.84	-13.83	-13.36	-10.98	-5.84	[W/m]
フレーム	内外部	日射無しモデル	Q[Inside]	10.25	9.80	8.47	6.91	21.22	20.09	16.32	10.20	10.25	9.80	8.47	6.91	[W/m]
フレーム	内外部	室内への熱流束(日射)	q _{in, f}	-22.28	-19.16	-13.20	20.91	96.53	89.13	54.06	24.66	-22.28	-19.16	-13.20	20.91	[W/m]
フレーム	内外部	室内への熱流束(日射)	q _{in, f} (IS=0)	41.39	41.39	41.39	41.39	41.39	41.39	41.39	41.39	41.39	41.39	41.39	41.39	[W/m]
フレーム	内外部	下部見付け	Fw3	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	[m]
フレーム	内外部	フレーム部日射熱取得率	η _f	-0.127	-0.121	-0.109	-0.041	0.110	0.095	0.025	-0.033	-0.127	-0.121	-0.109	-0.041	[-]
フレーム	内外部	フレーム部日射熱取得	η _f A _f	-0.009	-0.008	-0.007	-0.003	0.0073	0.008	0.002	-0.002	-0.009	-0.008	-0.007	-0.003	[m ²]
フレーム	内外部	影の長さ判定	影の長さ判定	0.0000	0.0086	0.0235	0.0646	0.0000	0.0086	0.0235	0.0646	0.0000	0.0086	0.0235	0.0646	[m]
フレーム	外下部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	27.90	29.56	28.57	17.36	73.03	71.59	60.69	38.34	27.90	29.56	28.57	17.36	[W/m]
フレーム	外下部	日射無しモデル	Q[Outside]	-18.35	-19.69	-17.94	-10.32	-52.45	-51.20	-43.32	-25.69	-18.35	-19.69	-17.94	-10.32	[W/m]
フレーム	外下部	日射無しモデル	Q[Inside]	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	[W/m]
フレーム	外下部	室内への熱流束(日射)	q _{in, f}	-28.75	-26.80	-26.96	-13.36	80.75	73.80	35.27	-18.20	-28.75	-26.80	-26.96	-13.36	[W/m]
フレーム	外下部	室内への熱流束(日射)	q _{in, f} (IS=0)	29.84	29.84	29.84	29.84	29.84	29.84	29.84	29.84	29.84	29.84	29.84	29.84	[W/m]
フレーム	外下部	下部見付け	Fw5	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	[m]
フレーム	外下部	フレーム部日射熱取得率	η _f	-0.117	-0.113	-0.114	-0.086	0.102	0.088	0.011	-0.096	-0.117	-0.113	-0.114	-0.086	[-]
フレーム	外下部	フレーム部日射熱取得	η _f A _f	-0.016	-0.017	-0.017	-0.013	0.0064	0.004	-0.004	-0.015	-0.013	-0.013	-0.014	-0.012	[m ²]
フレーム	外下部	影の長さ判定	影の長さ判定	0.0646	0.0646	0.0646	0.0646	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	[m]
フレーム	召合部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	23.67	22.29	16.50	6.79	64.91	60.63	51.08	28.03	23.67	22.29	16.50	6.79	[W/m]
フレーム	召合部	日射無しモデル	Q[Outside]	-14.79	-13.58	-8.63	-3.38	-35.06	-32.15	-28.18	-15.00	-14.79	-13.58	-8.63	-3.38	[W/m]
フレーム	召合部	日射無しモデル	Q[Inside]	9.08	8.89	8.01	6.47	29.88	28.50	22.92	13.03	17.55	16.71	13.37	8.43	[W/m]
フレーム	召合部	室内への熱流束(日射)	q _{in, f}	-72.60	-73.78	-74.28	-50.32	64.54	51.40	-0.27	-65.83	-72.60	-73.78	-74.28	-50.32	[W/m]
フレーム	召合部	室内への熱流束(日射)	q _{in, f} (IS=0)	25.93	25.93	25.93	25.93	25.93	25.93	25.93	25.93	25.93	25.93	25.93	25.93	[W/m]
フレーム	召合部	下部見付け	Fw6	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	[m]
フレーム	召合部	フレーム部日射熱取得率	η _f	-0.324	-0.322	-0.307	-0.206	0.067	-0.007	-0.298	-0.653	-0.322	-0.322	-0.307	-0.206	[-]
フレーム	召合部	フレーム部日射熱取得	η _f A _f	-0.016	-0.016	-0.015	-0.010	0.003	0.000	-0.015	-0.033	-0.012	-0.013	-0.012	-0.016	[m ²]
フレーム	召合部	影の長さ判定	影の長さ判定	0.174	0.174	0.174	0.174	0.000								

表 2.13 斜入射計算結果例 (遮熱低放射複層+FIX 窓/BL:標準 16513)

閉鎖形態		FIX											
製品名		アルブラクラスK3											
フレーム材質		アルミ樹脂複合											
ガラス種類		RSFL3AK6**A12+FL3(遮熱LowE複層)											
夏季or冬季		夏季(30-25°C)											
日射強度		I S	500	500	500	500	500	500	500	[W/m ²]			
内外温度差		Δ T	5	5	5	5	5	5	5	[°C]			
方位角度		θ	0	0	0	0	70	70	70				
太陽高度		h	0	20	45	70	0	20	45	70			
窓面への入射角度		i	0	20	45	70	70	71.3	76	83.3			
ガラス種			3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3				
ガラス中空層等価熱伝導率		λ eq	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	[W/(m·K)]			
フレーム		α f	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	[-]			
日射吸収率		α f	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	[-]			
伝熱開口		伝熱開口W寸法	W	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	[m]			
		伝熱開口H寸法	H	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	[m]			
		伝熱面積	Aw	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	[m ²]			
表面熱伝導率		室内側	α _i	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	[W/(m ² ·K)]			
		室外側	α _e	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	[W/(m ² ·K)]			
ガラス		室外側	2α ₁	0.254	0.252	0.267	0.263	0.263	0.255	0.194	[-]		
日射吸収率		室内側	2α ₂	0.025	0.026	0.035	0.044	0.045	0.045	0.034	[-]		
		室外側-室内側		0.229	0.226	0.232	0.219	0.219	0.218	0.159	[-]		
ガラス部		総日射透過率	T 12	0.353	0.351	0.320	0.200	0.200	0.188	0.135	0.049	[-]	
		総熱流束	q _{in, g}	204.21	203.27	191.47	135.47	135.47	129.41	102.77	53.47	[W/m ²]	
		表面熱流束(日射有)	q _{s, in, g}	27.66	27.91	31.70	35.33	35.33	35.45	35.14	29.01	[W/m ²]	
		表面熱流束(日射無)	q _{s, in, g} (IS=0)	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	[W/m ²]	
		ガラス部日射熱取得率	η _g	0.391	0.389	0.366	0.254	0.254	0.242	0.188	0.090	[-]	
		影面積	A _{gs}	0.000	0.000	0.008	0.150	0.099	0.107	0.242	[m ²]		
		影による減衰係数	S	1.000	1.000	0.996	0.928	0.953	0.953	0.949	0.884	[-]	
		ガラス露出幅	GW	1.620	1.620	1.620	1.620	1.620	1.620	1.620	[m]		
		ガラス露出高	GH	1.288	1.288	1.288	1.288	1.288	1.288	1.288	[m]		
		ガラス露出面積	Ag	2.087	2.087	2.087	2.087	2.087	2.087	2.087	[m ²]		
		ガラス部全体	Σ η _g · Ag · S	0.816	0.813	0.760	0.492	0.504	0.480	0.373	0.166	[m ²]	
フレーム部		上部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	48.00	45.54	33.84	18.23	17.86	15.48	13.34	10.52	[W/m ²]
				Q[outside]	-39.87	-37.68	-26.64	-13.56	-12.77	-10.54	-9.20	-6.91	[W/m ²]
				Q[inside]	7.89	7.57	6.58	4.67	5.03	4.68	4.12	3.65	[W/m ²]
			日射無しモデル	Q[outside]	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	[W/m ²]
				Q[inside]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	[W/m ²]
			室内への熱流束(日射有)	q _{in, f}	52.46	44.26	8.76	19.24	-45.24	-53.62	-60.65	11.79	[W/m ²]
			室内への熱流束(日射無)	q _{in, f} (IS=0)	-7.92	-7.92	-7.92	-7.92	-7.92	-7.92	-7.92	-7.92	[W/m ²]
			上部見付け	Fwa	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045	[m]
			フレーム部日射熱取得率	η _f	0.121	0.104	0.033	0.054	-0.075	-0.091	-0.105	0.039	[-]
			フレーム部日射熱取得	η _f · Af	0.0090	0.0078	0.0025	0.0040	-0.0056	-0.0068	-0.0079	0.0029	[m ²]
			枠出す寸法	d	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	[m]
			bfとの調整寸法	k	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	[m]
			影長さ	d*tanh	0.000	0.018	0.050	0.137	0.000	0.018	0.050	0.137	[m]
			ガラス部影長さ	Sb1	0.000	0.000	0.005	0.092	0.000	0.000	0.005	0.092	[m]
		下部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	54.03	59.77	58.68	44.50	19.44	27.42	32.42	30.61	[W/m ²]
				Q[outside]	-45.43	-49.71	-47.47	-34.22	-14.16	-20.45	-24.09	-22.11	[W/m ²]
				Q[inside]	8.68	10.09	11.16	10.22	5.30	6.94	8.28	8.44	[W/m ²]
			日射無しモデル	Q[outside]	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	[W/m ²]
				Q[inside]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	[W/m ²]
			室内への熱流束(日射有)	q _{in, f}	85.11	121.73	130.33	85.23	-47.63	-3.94	33.84	71.29	[W/m ²]
			室内への熱流束(日射無)	q _{in, f} (IS=0)	-8.64	-8.64	-8.64	-8.64	-8.64	-8.64	-8.64	-8.64	[W/m ²]
			下部見付け	Fwb	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	[m]
			フレーム部日射熱取得率	η _f	0.188	0.261	0.278	0.188	-0.078	0.009	0.085	0.160	[-]
			フレーム部日射熱取得	η _f · Af	0.0115	0.0160	0.0170	0.0115	-0.0048	0.0006	0.0052	0.0098	[m ²]
		左縦部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	43.71	40.98	32.54	15.91	39.40	37.05	27.68	12.49	[W/m ²]
				Q[outside]	-36.16	-33.59	-25.74	-11.01	-28.82	-26.92	-19.39	-7.23	[W/m ²]
				Q[inside]	7.56	7.40	6.80	4.90	10.67	10.22	8.35	5.29	[W/m ²]
			日射無しモデル	Q[outside]	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	[W/m ²]
				Q[inside]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	[W/m ²]
			室内への熱流束(日射有)	q _{in, f}	57.82	51.82	13.02	-61.89	103.02	89.46	37.89	-14.55	[W/m ²]
			室内への熱流束(日射無)	q _{in, f} (IS=0)	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	[W/m ²]
			縦部見付け	Fwc	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	[m]
			フレーム部日射熱取得率	η _f	0.137	0.125	0.048	-0.102	0.228	0.201	0.097	-0.007	[-]
			フレーム部日射熱取得	η _f · Af	0.006	0.006	0.002	-0.005	0.011	0.009	0.005	0.000	[m ²]
		右縦部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	43.71	40.98	32.54	15.91	17.02	16.01	11.92	5.18	[W/m ²]
				Q[outside]	-36.16	-33.59	-25.74	-11.01	-12.15	-11.26	-7.68	-1.82	[W/m ²]
				Q[inside]	7.56	7.40	6.80	4.90	4.61	4.51	4.06	3.27	[W/m ²]
			日射無しモデル	Q[outside]	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	[W/m ²]
				Q[inside]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	[W/m ²]
			室内への熱流束(日射有)	q _{in, f}	57.82	51.82	13.02	-61.89	7.34	4.15	-7.68	-8.59	[W/m ²]
			室内への熱流束(日射無)	q _{in, f} (IS=0)	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	[W/m ²]
			縦部見付け	Fwc	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	[m]
			フレーム部日射熱取得率	η _f	0.137	0.125	0.048	-0.102	0.036	0.030	0.006	0.004	[-]
			フレーム部日射熱取得	η _f · Af	0.0014	0.0013	0.0005	-0.0011	0.0004	0.0003	0.0001	0.0000	[m ²]
			枠出す寸法	d	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	[mm]
			bfとの調整寸法	k	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	[mm]
			影長さ	d*tanθ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.077	0.077	0.077	0.077	[mm]
			ガラス部影長さ	Sb2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.077	0.077	0.077	0.077	[mm]
			フレーム部全体	Σ η _f · Af	0.028	0.031	0.022	0.010	0.001	0.003	0.002	0.012	[m ²]
		窓全体		Σ η _f	0.124	0.135	0.097	0.042	0.003	0.015	0.009	0.054	
			窓全体	Σ η _g · Ag · S + Σ η _f · Af	0.845	0.843	0.783	0.501	0.505	0.484	0.375	0.178	[m ²]
			フレーム成分比	Σ η _f · Af / 窓全体	3.3%	3.7%	2.8%	1.9%	0.1%	0.7%	0.5%	7.0%	
			フレーム部面積比率	Σ Af / Aw	9.9%	9.9%	9.9%	9.9%	9.9%	9.9%	9.9%	9.9%	
			開口部全体の日射熱取得率	η _w	0.365	0.364	0.338	0.217	0.218	0.209	0.162	0.077	[-]

表 2.14 斜入射計算結果例 (遮熱低放射複層+縦入り出し窓/BL:標準 06013)

閉形形態		開き窓										
製品名		アルプラスK3										
フレーム材質		アルミ樹脂複合										
ガラス種類		RSFL3AK6+A12+FL3(遮熱LowE複層)										
夏季or冬季		夏季(30-25°C)										
日射強度	I S	500	500	500	500	500	500	500	500	[W/m ²]		
内外温度差	Δ T	5	5	5	5	5	5	5	5	[°C]		
方位角度	θ	0	0	0	0	70	70	70	70			
太陽高度	h	0	20	45	70	0	20	45	70			
窓面への入射角度	i	0	20	45	70	70	71.3	76	83.3			
ガラス種		3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3			
ガラス中空層等価熱伝導率	λ eq	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	[W/(m·K)]		
フレーム	アルミ	α f								[-]		
日射吸収率	PVC	α f	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	[-]		
伝熱開口	伝熱開口W寸法	W	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	[m]		
	伝熱開口H寸法	H	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	[m]		
	伝熱面積	Aw	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	[m ²]		
表面熱伝導率	室内側	α i	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	[W/(m ² ·K)]		
	室外側	α o	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	[W/(m ² ·K)]		
ガラス	室外側	2α 1	0.254	0.252	0.267	0.263	0.263	0.263	0.255	0.194	[-]	
	室内側	2α 2	0.025	0.026	0.035	0.044	0.044	0.045	0.045	0.034	[-]	
ガラス部	室外側-室内側		0.229	0.226	0.232	0.219	0.219	0.218	0.211	0.159	[-]	
ガラス部全体		Σ η g·Ag+S	0.256	0.253	0.235	0.157	0.142	0.135	0.104	0.048	[m ²]	
フレーム部												
上部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	65.27	63.26	51.77	28.91	23.27	23.80	20.56	13.31	[W/m ²]	
		Q[outside]	-54.46	-52.59	-42.21	-21.98	-16.82	-17.37	-14.64	-8.49	[W/m ²]	
		Q[inside]	10.70	10.43	9.31	6.48	6.41	6.31	5.59	4.50	[W/m ²]	
	日射無しモデル	Q[outside]	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	[W/m ²]	
		Q[inside]	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	[W/m ²]	
		室内への熱流速(日射有)	qin, f	78.35	77.09	56.51	26.44	-9.87	-7.15	-9.05	9.28	[W/m ²]
	室内への熱流速(日射無)	qin, f(IS=0)	25.30	25.30	25.30	25.30	25.30	25.30	25.30	25.30	[W/m ²]	
	上部見付け	Fwa	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	[m]	
	フレーム部日射熱取得率	η f	0.106	0.104	0.062	0.002	-0.070	-0.065	-0.069	-0.032	[-]	
	フレーム部日射熱取得	η f·Af	0.0041	0.0040	0.0024	0.0001	-0.0027	-0.0025	-0.0026	-0.0012	[m ²]	
	枠寸法	d	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	[m]	
	bfとの調整寸法	k	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	[m]	
	影長さ	d*tanθ	0.000	0.009	0.024	0.066	0.000	0.009	0.024	0.066	[m]	
	ガラス部影長さ	Sb1	0.000	0.009	0.024	0.066	0.000	0.009	0.024	0.066	[m]	
	下部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	71.18	68.93	56.35	31.05	25.29	25.95	22.05	13.32	[W/m ²]
Q[outside]			-60.04	-57.78	-46.11	-23.58	-18.67	-19.13	-15.66	-7.97	[W/m ²]	
Q[inside]			11.16	10.96	9.92	7.18	6.64	6.68	6.14	4.96	[W/m ²]	
日射無しモデル		Q[outside]	3.51	3.51	3.51	3.51	3.51	3.51	3.51	3.51	[W/m ²]	
		Q[inside]	3.51	3.51	3.51	3.51	3.51	3.51	3.51	3.51	[W/m ²]	
		室内への熱流速(日射有)	qin, f	85.28	81.41	54.19	1.72	-6.51	-6.21	-13.44	-12.69	[W/m ²]
室内への熱流速(日射無)		qin, f(IS=0)	27.23	27.23	27.23	27.23	27.23	27.23	27.23	27.23	[W/m ²]	
下部見付け		Fwb	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	[m]	
フレーム部日射熱取得率		η f	0.116	0.108	0.054	-0.051	-0.067	-0.067	-0.081	-0.080	[-]	
フレーム部日射熱取得		η f·Af	0.0045	0.0042	0.0021	-0.0020	-0.0026	-0.0026	-0.0031	-0.0031	[m ²]	
左縦部		日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	60.52	56.78	44.40	21.64	27.28	25.67	19.11	8.36	[W/m ²]
			Q[outside]	-49.43	-46.08	-34.89	-14.91	-20.16	-18.73	-12.98	-3.62	[W/m ²]
			Q[inside]	11.02	10.64	9.45	6.71	7.43	7.23	6.35	4.85	[W/m ²]
		日射無しモデル	Q[outside]	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70	[W/m ²]
			Q[inside]	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	[W/m ²]
	室内への熱流速(日射有)		qin, f	98.94	91.05	56.07	-6.45	6.57	2.57	-12.22	-17.14	[W/m ²]
	室内への熱流速(日射無)	qin, f(IS=0)	35.91	35.91	35.91	35.91	35.91	35.91	35.91	35.91	[W/m ²]	
	縦部見付け	Fwc	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	[m]	
	フレーム部日射熱取得率	η f	0.126	0.110	0.040	-0.085	-0.059	-0.067	-0.096	-0.106	[-]	
	フレーム部日射熱取得	η f·Af	0.009	0.008	0.003	-0.006	-0.004	-0.005	-0.007	-0.008	[m ²]	
	右縦部	日射有りモデル	Absorpted Solar Radiation	60.52	56.78	44.40	21.64	27.10	25.49	19.02	8.52	[W/m ²]
			Q[outside]	-49.43	-46.08	-34.89	-14.91	-19.96	-18.53	-12.88	-3.74	[W/m ²]
			Q[inside]	11.02	10.64	9.45	6.71	7.26	7.06	6.23	4.84	[W/m ²]
		日射無しモデル	Q[outside]	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70	[W/m ²]
			Q[inside]	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	[W/m ²]
室内への熱流速(日射有)			qin, f	98.94	91.05	56.07	-6.45	51.61	47.80	33.37	22.10	[W/m ²]
室内への熱流速(日射無)		qin, f(IS=0)	35.91	35.91	35.91	35.91	35.91	35.91	35.91	35.91	[W/m ²]	
縦部見付け		Fwc	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	[m]	
フレーム部日射熱取得率		η f	0.126	0.110	0.040	-0.085	0.031	0.024	-0.005	-0.028	[-]	
フレーム部日射熱取得		η f·Af	0.009	0.008	0.003	-0.006	0.002	0.002	0.000	-0.002	[m ²]	
枠寸法		d	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	[mm]	
bfとの調整寸法		k	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	[mm]	
影長さ		d*tanθ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.076	0.076	0.076	0.076	[mm]	
ガラス部影長さ		Sb2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.076	0.076	0.076	0.076	[mm]	
フレーム部全体		Σ η f·Af	0.027	0.024	0.010	-0.014	-0.007	-0.008	-0.013	-0.014	[m ²]	
窓全体	Σ η f	0.121	0.109	0.047	-0.064	-0.033	-0.037	-0.059	-0.063			
窓全体	Σ η g·Ag+S+Σ η f·Af	0.283	0.277	0.245	0.143	0.135	0.127	0.091	0.034	[m ²]		
フレーム成分比	Σ η f·Af/窓全体	9.5%	8.7%	4.2%	-9.9%	-5.4%	-6.5%	-14.5%	-41.5%			
フレーム部面積比率	Σ Af/Aw	25.3%	25.3%	25.3%	25.3%	25.3%	25.3%	25.3%	25.3%			
開口部全体の日射熱取得率	η w	0.323	0.316	0.280	0.163	0.154	0.144	0.103	0.038	[-]		

表 2.15 斜入射計算結果例 (遮熱低放射複層+引き違い窓/BL:標準 16513)

開口部		引き違い窓											
開口部		アルミ複層複層											
開口部		RSFL3AK6**A12+FL3(遮熱LowE複層)											
開口部		夏季(30-25℃)											
項目	単位	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	
日射強度	I S	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	
内外温度差	Δ T	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
方位角度	θ	-70	-70	-70	-70	0	0	0	0	70	70	70	
太陽高度	h	0	20	45	70	0	20	45	70	0	20	45	
底面への入射角度	φ	70	71.3	76	83.3	0	20	45	70	70	71.3	76	
ガラス種	ガラス種	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	3+12+3	
ガラス中空層層間伝導率	λ eq	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	
フレーム	フレーム	アルミ	アルミ	アルミ	アルミ	アルミ	アルミ	アルミ	アルミ	アルミ	アルミ	アルミ	
日射吸収率	α f	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	
伝熱開口	伝熱開口W寸法	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	
	伝熱開口H寸法	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	
	伝熱面積	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	
	室内側	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	
	室外側	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	
ガラス	室内側	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1	
日射吸収率	室内側	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	
	室外側-室内側	0.219	0.219	0.219	0.219	0.219	0.219	0.219	0.219	0.219	0.219	0.219	
ガラス種	総日射透過率	T 12	0.200	0.188	0.195	0.049	0.353	0.351	0.320	0.200	0.200	0.188	0.135
	総熱流束	qin_g	135.47	129.41	102.77	53.47	204.21	203.27	191.47	135.47	135.47	129.41	102.77
	表面熱流束(日射有)	qs_in_g	35.33	35.45	35.14	29.01	27.66	27.91	31.70	35.33	35.33	35.45	35.14
	表面熱流束(日射無)	qs_in_g(IS=0)	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56
	ガラス部日射熱取得率	η_g	0.254	0.242	0.188	0.090	0.391	0.389	0.366	0.254	0.254	0.242	0.188
	影面積	Aes	0.287	0.291	0.317	0.422	0.000	0.007	0.036	0.166	0.265	0.271	0.295
	影による減衰係数	S	0.643	0.640	0.626	0.769	1.000	0.999	0.999	0.855	0.852	0.838	0.779
	ガラス露出幅	GW	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	
	ガラス露出高	GH	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	1.199	
	ガラス露出面積	Ae	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	
	ガラス部全体	Σ η_g + Aes	0.390	0.370	0.284	0.126	0.714	0.708	0.654	0.390	0.375	0.288	0.182
フレーム部	内上部 日射有りモデル	Absorbed Solar Radiation	24.01	17.10	13.20	11.23	66.35	57.11	37.59	18.71	24.01	17.10	13.20
		Q[Outside]	-17.86	-12.23	-9.49	-7.89	-56.84	-47.76	-31.09	-14.73	-17.86	-12.23	
		Q[Inside]	5.86	4.78	3.60	3.35	9.59	8.43	6.36	3.88	5.86	4.78	
	日射無しモデル	Q[Outside]	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	
		Q[Inside]	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	
	室内への熱流束(日射有)	qin_f	-14.66	-24.46	-31.68	-24.45	49.53	37.66	9.32	27.40	-14.66	-24.46	
	室内への熱流束(日射無)	qin_f(IS=0)	17.45	17.45	17.45	17.45	17.45	17.45	17.45	17.45	17.45	17.45	
	上部見付け	Fw1	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	
	フレーム部日射熱取得率	η_f	-0.064	-0.084	-0.098	0.014	0.064	0.040	-0.016	0.020	-0.064	-0.084	
	フレーム部日射熱取得	η_f + Aes	-0.0042	-0.0055	-0.0065	0.0009	0.0042	0.0027	-0.0011	0.0013	-0.0042	-0.0055	
	影の長さ判定		0.0000	0.0086	0.0235	0.1537	0.0000	0.0086	0.0235	0.1537	0.0000	0.0086	
	内下部 日射有りモデル	Absorbed Solar Radiation	27.72	36.07	39.60	35.02	78.28	83.45	77.67	54.53	27.72	36.07	
		Q[Outside]	-22.07	-29.90	-33.95	-30.11	-69.29	-73.63	-68.40	-47.96	-22.07	-29.90	
		Q[Inside]	5.83	6.08	5.74	4.75	9.48	9.66	9.07	6.76	5.83	6.08	
	日射無しモデル	Q[Outside]	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	
		Q[Inside]	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	
	室内への熱流束(日射有)	qin_f	-13.91	-11.26	-14.49	-11.85	44.51	45.84	30.66	-3.49	-13.91	-11.26	
	室内への熱流束(日射無)	qin_f(IS=0)	15.92	15.92	15.92	15.92	15.92	15.92	15.92	15.92	15.92	15.92	
	下部見付け	Fw2	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	
	フレーム部日射熱取得率	η_f	-0.060	-0.054	-0.061	-0.056	0.057	0.060	0.029	-0.039	-0.060	-0.054	
	フレーム部日射熱取得	η_f + Aes	-0.0043	-0.0039	-0.0044	-0.0040	0.0041	0.0043	0.0021	-0.0028	-0.0043	-0.0039	
	影の長さ判定		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1562	0.1562	0.1562	
	外上部 日射有りモデル	Absorbed Solar Radiation	23.85	23.31	19.04	12.52	66.85	63.07	60.61	27.86	23.85	23.31	
		Q[Outside]	-15.09	-14.39	-11.03	-5.63	-52.68	-48.91	-37.81	-18.16	-15.09	-14.39	
		Q[Inside]	8.64	8.51	7.88	6.90	13.95	13.46	12.11	8.64	8.51	7.88	
	日射無しモデル	Q[Outside]	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	
		Q[Inside]	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	
	室内への熱流束(日射有)	qin_f	19.25	21.05	20.50	36.21	102.73	99.02	79.40	52.22	19.25	21.05	
	室内への熱流束(日射無)	qin_f(IS=0)	41.39	41.39	41.39	41.39	41.39	41.39	41.39	41.39	41.39	41.39	
	上部見付け	Fw3	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	
	フレーム部日射熱取得率	η_f	-0.044	-0.041	-0.042	-0.010	0.123	0.115	0.076	0.022	-0.044	-0.041	
	フレーム部日射熱取得	η_f + Aes	-0.003	-0.003	-0.003	-0.001	0.009	0.009	0.005	0.001	-0.003	-0.003	
	影の長さ判定		0.0000	0.0086	0.0235	0.0646	0.0000	0.0086	0.0235	0.0646	0.0000	0.0086	
	外下部 日射有りモデル	Absorbed Solar Radiation	27.56	29.06	25.60	16.82	77.79	78.12	63.09	35.96	27.56	29.06	
		Q[Outside]	-19.62	-20.66	-17.87	-9.82	-64.49	-62.62	-50.44	-26.99	-19.62	-20.66	
		Q[Inside]	7.91	8.03	7.53	6.25	13.22	13.04	11.88	8.79	7.91	8.03	
	日射無しモデル	Q[Outside]	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	
		Q[Inside]	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	
	室内への熱流束(日射有)	qin_f	9.50	10.59	5.69	5.00	86.42	83.84	62.22	19.32	9.50	10.59	
	室内への熱流束(日射無)	qin_f(IS=0)	29.84	29.84	29.84	29.84	29.84	29.84	29.84	29.84	29.84	29.84	
	上部見付け	Fw5	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	
	フレーム部日射熱取得率	η_f	-0.041	-0.039	-0.048	-0.050	0.113	0.108	0.065	-0.021	-0.041	-0.039	
	フレーム部日射熱取得	η_f + Aes	-0.003	-0.003	-0.003	-0.004	0.0081	0.008	0.005	-0.002	-0.003	-0.003	
	影の長さ判定		0.0646	0.0646	0.0646	0.0646	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	召合部 日射有りモデル	Absorbed Solar Radiation	23.67	22.29	16.50	6.79	74.42	69.74	55.84	27.35	51.82	48.77	
		Q[Outside]	-14.79	-13.58	-8.63	-3.38	-58.93	-54.76	-42.15	-17.51	-37.42	-34.86	
		Q[Inside]	9.08	8.89	8.01	6.47	15.52	15.02	13.71	9.85	13.81	13.36	
	日射無しモデル	Q[Outside]	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	
		Q[Inside]	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	
	室内への熱流束(日射有)	qin_f	27.73	22.39	21.2	-1.92	111.38	98.28	23.82	-106.95	48.88	36.84	
	室内への熱流束(日射無)	qin_f(IS=0)	48.32	48.32	48.32	48.32	48.32	48.32	48.32	48.32	48.32	48.32	
	召合部見付け	Fw7	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	
	上履見付け	Fwu7	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	
	下履見付け	Fws7	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	
	フレーム部日射熱取得率	η_f	-0.041	-0.052	-0.092	-0.100	0.126	0.096	-0.045	-0.011	0.001	-0.023	
	フレーム部日射熱取得	η_f + Aes	-0.002	-0.003	-0.005	-0.005	0.006	0.005	-0.002	-0.016	0.000	-0.001	
	影の長さ判定		0.174	0.174	0.174	0.174	0.000	0.000	0.000	0.065	0.065	0.065	
	窓全体	Σ η_f + Aes	-0.029	-0.032	-0.040	-0.031	0.041	0.035	0.0				

次に拡散成分について計算を行った。

算出式(2.23)を用いて計算した結果を表 2.16～2.18 に示す。

表 2.16 散乱日射に対する日射熱取得率一覧（ガラス：普通複層）

計算窓種	サイズ (W*H)	ガラス仕様	フレーム 考慮	フレーム 面積比率	$\eta_w(0)$	η_{diff}	SC*0.81
ガラスのみ	-	FL3	無	0.0%	0.881	0.809	0.810
		FL3+A+FL3			0.786	0.678	0.724
FIX窓	03607 (0.41*0.77)	FL3+A+FL3	有(簡易)	26.1%	0.581	0.501	0.535
			有(精算)		0.588	0.450	0.541
	有(簡易)		9.9%	0.708	0.611	0.652	
	有(精算)			0.711	0.593	0.654	
開き窓	03607 (0.41*0.77)		有(簡易)	39.9%	0.472	0.408	0.435
			有(精算)		0.518	0.383	0.477
	06013 (0.64*1.37)		有(簡易)	25.3%	0.587	0.506	0.540
			有(精算)		0.615	0.489	0.566
引違い窓	07407 (0.78*0.77)	有(簡易)	39.1%	0.479	0.413	0.441	
		有(精算)		0.514	0.371	0.473	
	16513 (1.69*1.37)	有(簡易)	21.2%	0.619	0.534	0.569	
		有(精算)		0.638	0.511	0.587	

表 2.17 散乱日射に対する日射熱取得率一覧（ガラス：断熱 LowE 複層）

計算窓種	サイズ (W*H)	ガラス仕様	フレーム 考慮	フレーム 面積比率	$\eta_w(0)$	η_{diff}	SC*0.81
ガラスのみ	-	FL3	無	0.0%	0.881	0.809	0.810
		FL3+A+LE3			0.469	0.404	0.432
FIX窓	03607 (0.41*0.77)	FL3+A+LE3	有(簡易)	26.1%	0.347	0.299	0.319
			有(精算)		0.371	0.279	0.341
	16513 (1.69*1.37)		有(簡易)	9.9%	0.423	0.364	0.389
			有(精算)		0.433	0.358	0.399
開き窓	03607 (0.41*0.77)		有(簡易)	39.9%	0.282	0.243	0.260
			有(精算)		0.323	0.212	0.297
	06013 (0.64*1.37)		有(簡易)	25.3%	0.350	0.302	0.323
			有(精算)		0.376	0.282	0.346
引違い窓	07407 (0.78*0.77)	有(簡易)	39.1%	0.286	0.246	0.263	
		有(精算)		0.312	0.191	0.287	
	16513 (1.69*1.37)	有(簡易)	21.2%	0.370	0.319	0.340	
		有(精算)		0.384	0.289	0.353	

表 2.18 散乱日射に対する日射熱取得率一覧（ガラス：遮熱 LowE 複層）

計算窓種	サイズ (W*H)	ガラス仕様	フレーム 考慮	フレーム 面積比率	$\eta_w(0)$	η_{diff}	SC*0.81
ガラスのみ	-	FL3	無	0.0%	0.881	0.809	0.810
		LE3+A+FL3			0.391	0.338	0.360
FIX窓	03607 (0.41*0.77)	LE3+A+FL3	有(簡易)	26.1%	0.289	0.250	0.266
			有(精算)		0.321	0.257	0.295
	16513 (1.69*1.37)		有(簡易)	9.9%	0.353	0.304	0.325
			有(精算)		0.366	0.308	0.337
開き窓	03607 (0.41*0.77)		有(簡易)	39.9%	0.235	0.203	0.217
			有(精算)		0.283	0.204	0.261
	06013 (0.64*1.37)		有(簡易)	25.3%	0.292	0.252	0.269
			有(精算)		0.323	0.252	0.297
引違い窓	07407 (0.78*0.77)	有(簡易)	39.1%	0.238	0.206	0.219	
		有(精算)		0.272	0.190	0.250	
	16513 (1.69*1.37)	有(簡易)	21.2%	0.308	0.266	0.284	
		有(精算)		0.327	0.258	0.301	

表 2.16～2.18 よりフレーム考慮の欄について、「無」はフレームを考慮せずガラスのみで計算した結果を示す。「有（簡易）」はフレーム面積のみを考慮し、受熱及びフレームから落とす影成分を 0 と仮定し計算した結果を示す。「有（精算）」は窓フレーム+フレームの影成分を考慮し計算した結果を示す。また、 $\eta_w(0)$ は、垂直入射時の窓全体の日射熱取得率を示し、 $SC*0.81$ は現在熱負荷計算^{4),5)}で用いられている方法で、垂直入射時の窓全体の日射熱取得率 $\eta_w(0)$ を SC 値に置換し、単板ガラスの散乱日射特性値である 0.81 を掛け合わせた値を示す。

窓サイズが代表的なサイズと出荷頻度が高い小さいサイズを例示しているという前提はあるが、普通複層（表 2.16）では窓フレーム+フレームの影成分+ガラスの多重反射を考慮した精算値と、従来熱負荷計算で用いられている値（ガラスのみの垂直入射時の SC 値*0.81 : 0.724）を比較すると 51～82%に減少することが確認できた。同様に、断熱低放射複層（表 2.17）では 44～82%、遮熱低放射複層（表 2.18）では 52～85%に減少することが確認できた。

また、フレームを考慮した垂直入射時の SC 値*0.81 と比較をしても普通複層（表 2.16）では 78～90%に、断熱低放射複層（表 2.17）では 67～90%に、遮熱低放射複層（表 2.18）では 76～92%に減少することが確認できた。

フレームから落とす影及び受熱分の影響は簡易計算値と比較すればわかる。普通複層（表 2.16）では 90～97%、断熱低放射複層（表 2.17）では 87～98%、遮熱低放射複層（表 2.18）では 97～103%だった。遮熱低放射複層ガラスを用いた場合、入射角度が小さい分のフレーム日射熱取得率の影響が大きく影の影響を考慮しない場合と比べほとんど変化はなかった。

フレーム面積比率の小さい FIX 窓(サイズ : 16513)では影の影響はほとんどないが、フレーム面積比率 20%～25%程度となると概ね 5～10%程度小さくなることがわかった。直達日射同様フレームから落とす影の影響は無視できない値であることがわかった。

2.5 まとめ

第2章では、斜入射時における窓フレームを考慮した開口部の日射熱取得率の詳細計算法について日射を直達成分と散乱成分を分けて整理した。直達成分は、窓面に対して垂直入射だけでなく斜入射で日射があたった場合のガラスの入射角度特性、フレーム自身の色違いによる受熱分の影響及びフレームからガラス面に落とす影の影響を考慮して計算を行った。散乱成分は、半球上の微小面から窓面へ照射される日射量に微小面位置のプロファイル角 θ から決まる直達入射に対する特性を乗じて、半球について積分する方法で行った。得られた知見を以下にまとめる。

①計算を行った全ての入射角度及びフレームとガラスの組合せ条件において、ガラス部単体の日射熱取得率(η_g)よりもフレームを含めた窓全体の日射熱取得率(η_w)の方が小さい値を示した。フレームを考慮することにより窓全体の日射熱取得率が減少することを示した。フレームを考慮しなければならないことを示した。

②入射角度は同じで高度と方位が異なった条件について解析した結果、窓全体の日射熱取得率は左右非対称の引き違い窓も含め、高度や方位の影響は小さく入射角度と日射熱取得率の関係が適切に近似できていることが確認できた。つまり、ガラス部単体の日射熱取得率の算定式と同様に入射角度で適切に評価できることを示した。

③フレームの受熱分及びフレームによる影の影響は、入射角度が垂直に近い $\cos\theta$ が0.9~1.0(θ が $25^\circ \sim 0^\circ$)の場合、フレームが受熱した熱量がフレームによる影で減少する熱量より大きくなり、 η_w の方が1~3%程度大きくなっているが、逆に $\cos\theta$ が0~0.7(θ が $90^\circ \sim 45^\circ$)の場合、フレームから落ちる影の影響が大きくなっていることを示した。

④フレームの色(日射吸収率)による窓全体の日射熱取得率の差はほぼないことを示した。

⑤フレームから落とす影の影響がでる入射角度 $\cos\theta$ が0~0.5(θ が 60° 以上)の場合、伝熱開口面積が 0.8 m^2 以上あり、フレーム面積比率が20%台のサイズでは、精算値(η_w)と簡易算出値($\eta_{w(f)}$)との比は標準的なサイズで25%以上であった。フレームから落とす影の影響を無視できないことを示した。

⑥フレーム面積比率が同程度であれば影の影響度合いも同じとは言えない。ガラス面積が大きい方(伝熱開口面積が大きい方)が、影の影響は小さくなることを示した。

⑦フレーム部の日射熱取得率(η_f)は、入射角度が大きくなると負の値を示した。これは、計算方法(計算過程)によるものである。ガラスとフレームの2次元熱流分を全てフレームの熱流とみなしたため、最終的に算出する窓全体の日射熱取得率ではこの影響も含んで計算していることから結果は正しいと言える。

⑧散乱日射による窓の日射熱取得率は、従来住宅熱負荷計算で用いているガラスのみの日射熱取得率の50~85%になることを示した。フレームの日射熱取得率が0の場合と比較して、フレーム面積比率20%~25%程度となると概ね5~10%程度小さくなることを示した。直達日射同様フレームから落とす影の影響は無視できない値であることを示した。

参考文献

- 1) エネルギーの使用の合理化に関する法律; 2008.5.30 改正
- 2) 住宅の省エネルギー基準の解説;(財)建築環境・省エネルギー機構,2009
- 3) 遮熱計算法に関する研究報告書, (社)リビングアメニティ協会, 平成13年度(2002.3), 平成14年度(2003.3), 平成15年度(2004.3), 平成16年度(2005.3), 平成19年度(2008.3)
- 4) SMASH for Windows Ver.2 ユーザーマニュアル:(財)建築環境・省エネルギー機構,2004
- 5) AE-Sim/Heat 操作マニュアル:(株)山内設計室,2009
- 6) JIS R 3106:1998, ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法
- 7) ISO 15099:2003, Thermal performance of windows, doors and shading devices - Detailed calculations
- 8) 赤坂裕:建物の熱負荷と熱使用に関する研究,鹿児島大学工学部紀要,17号,1975

第3章 開口部熱性能のフィールド測定法

3.1 はじめに

第2章では、斜入射及びフレームを考慮した直達成分の開口部の日射熱取得率計算法及び散乱成分を考慮した開口部の日射熱取得率計算法について述べた。

開口部の断熱性能及び遮熱性能の測定法は、既往の研究^{1),2),3),4)}により確立され、開口部の断熱性能測定法⁵⁾、ガラスの光学特性測定法⁶⁾及び測定結果を用いた断熱性能計算法⁷⁾や遮熱性能計算法⁸⁾は JIS 規格化されている。住宅熱負荷計算^{8),9)}もこの値を用いて行われている。

また、遮熱性能測定法では、これまでフロートガラスと比較して係数を決定する日射遮蔽係数と呼ばれる評価法が国内では主だったが後述する日射熱取得率測定装置が開発された。

この測定法では、日射の入射角度は0度（窓面に対して垂直入射）で製品評価を行っている。これは、JIS でも ISO でも同様である。しかし、実際には窓面方位、太陽高度・方位により入射角度、日射強度は時々刻々変化することから、斜入射を考慮した評価法が必要である。

また、垂直入射では、窓フレームからガラス面へ影を落とすことはほぼないが、斜入射を考慮すると窓フレームからフレーム自身やガラス面へ影を落とすこととなる。

計算法が正しいかどうかを評価する上でも測定法の開発が必要である。

ここでは、窓が実際に設置される状態で時々刻々変化する日射に対する日射熱取得率測定法について述べる。

(1) 太陽光シミュレータ装置

試験に用いる光源としては、日射に近似した波長分布の光源が必須である。このため太陽光発電の評価などに用いられ、現状で最も太陽光スペクトルに近似し、ランプ寿命中の変化も少なく安定した光源であるキセノンのショートアークタイプを採用している。

(2) 照射方向

照射方向は水平（試験体に垂直入射）となっており、キセノンランプの特性、実験室の制約から照射角度を変えることは出来ない。

図3.2 にエアマス（AM）1.5 基準太陽光と試験体面での波長特性を示す。また、図3.3 及び3.4 に太陽光シミュレータ装置の断面及び実物画像を示す。

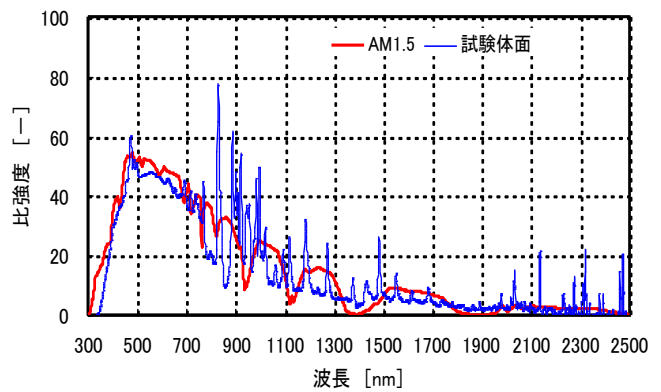


図3.2 試験体面での分光分布（AM1.5との比較）

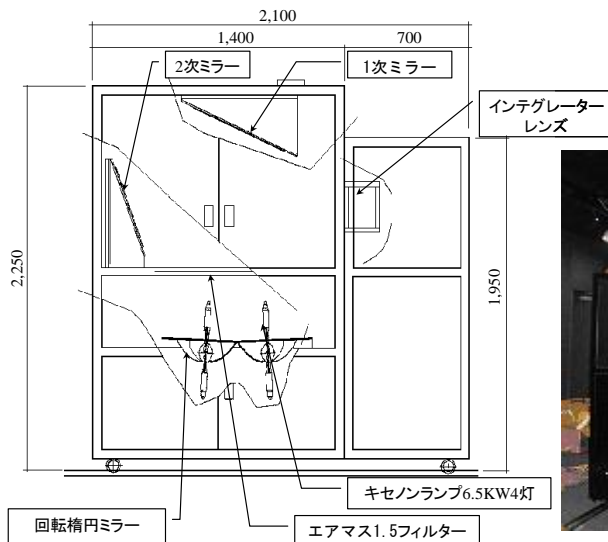


図3.3 ランプハウス部の断面

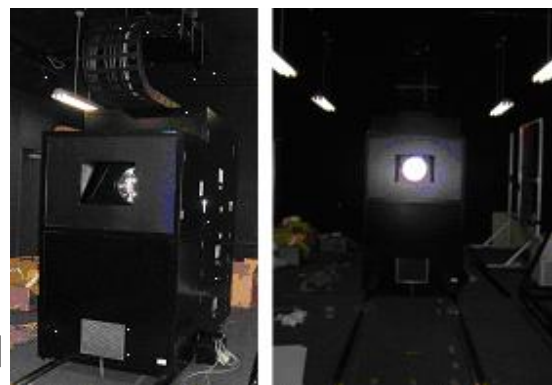


図3.4 太陽光シミュレータ ランプハウス部

3.2.2 測定サンプルの仕様と測定環境条件

測定サンプルの仕様を表 3.1 に示す。また図 3.5 に試験体図を示す。窓フレームは住宅用アルミ樹脂複合の FIX 窓 16513 サイズを用いた。ガラスは普通複層ガラス (FL3+A12+FL3) を用いた。

表 3.1 測定サンプル仕様及び測定条件

室内側表面熱伝達率		[W/(m ² K)]	7.69
室外側表面熱伝達率		[W/(m ² K)]	25
夏期条件	室内側温度	[°C]	25
	室外側温度	[°C]	30
	日射量	[W/m ²]	500, 0
	入射角	[°]	0
冬期条件	室内側温度	[°C]	0
	室外側温度	[°C]	20
	日射量	[W/m ²]	0
	入射角	[°]	0
フレーム種類		アルミ樹脂複合	
窓種		FIX窓	
フレーム色(日射吸収率: a)		[-]	ステン(0.502)
伝熱開口寸法(W*H)		[m]	W:1.690 × H:1.370
伝熱開口面積		[m ²]	2.32
フレーム面積比率		[%]	9.90
ガラス種類		普通複層	
ガラス仕様		FL3+A12+FL3	
ガラス部冬期熱貫流率		[W/(m ² K)]	2.84
ガラス部夏期熱貫流率		[W/(m ² K)]	3.06
ガラス部夏期日射熱取得率		[-]	0.785
中空層 等価熱伝導率	夏期日射有条件	[W/(mK)]	0.0817
	夏期日射無条件	[W/(mK)]	0.0796
	冬期日射無条件	[W/(mK)]	0.0682

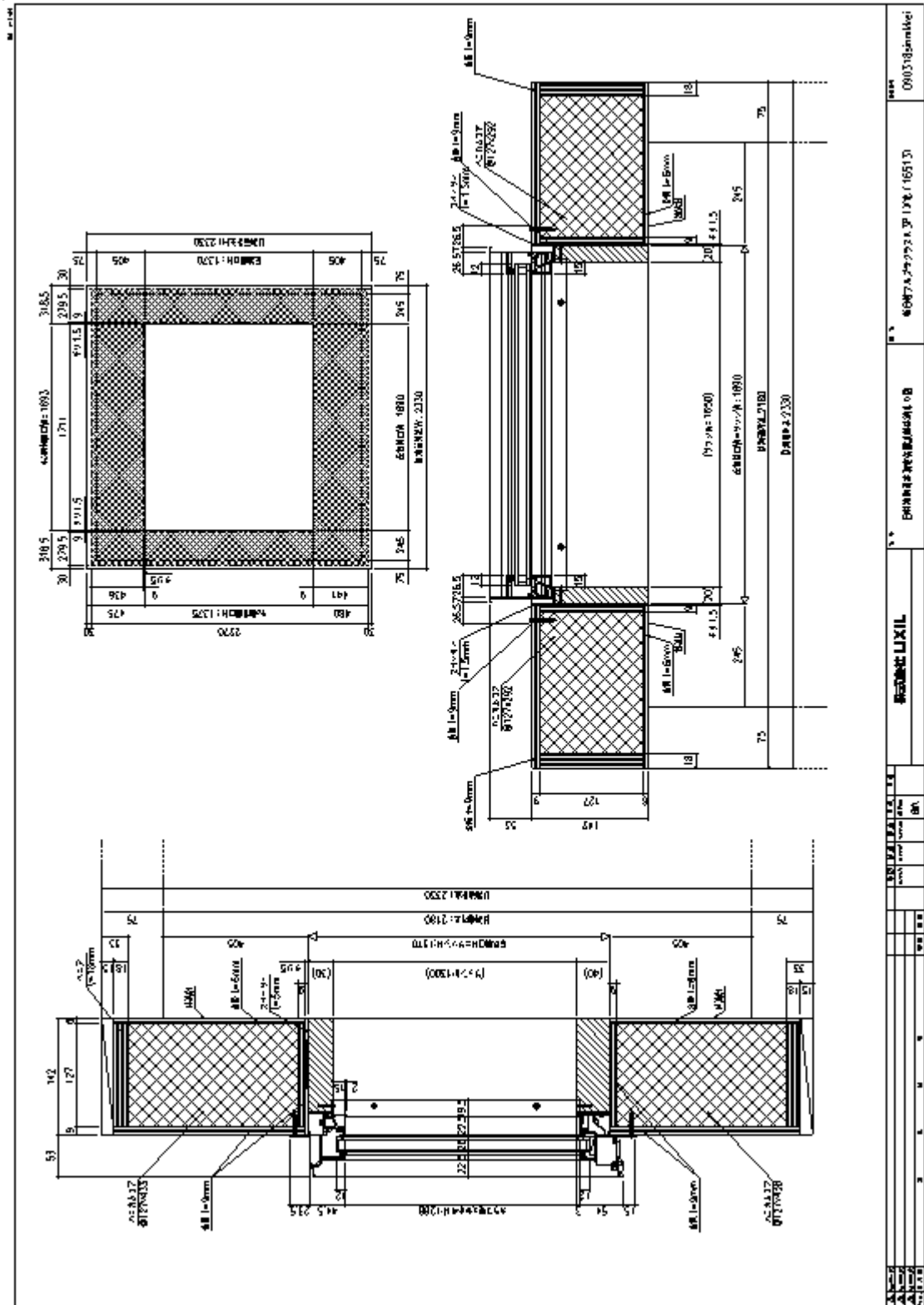


図 3.5 試験体図 (アルミ樹脂複合 FIX 窓 16513 サイズ)

3.2.3 測定結果と計算結果の比較

サンプルの熱貫流率及び日射熱取得率の測定結果と計算結果の比較を表 3.2 に示す。また計算結果表を表 3.3 に示す。熱貫流率及び日射熱取得率共に、測定値と計算値の誤差は 3% 以内を示した。精度としては十分と考えられる。

表 3.2 測定結果と計算結果の比較

条件	熱性能	測定結果	計算結果	単位	測定/計算
夏期条件	η 値	0.731	0.711	[-]	1.027
冬期条件	U 値	2.99	3.01	[W/(m ² ·K)]	0.992

表 3.3 アルミ樹脂複合 FIX 窓の計算結果表

日射熱取得率			ISO-15099		
開閉形態	FIX窓				
材質	アルミ樹脂複合				
夏季or冬季	夏季(30-25°C)				単位
日射強度	I_s	500			[W/m ²]
伝熱開口	W	1.690			[m]
	H	1.370			[m]
	A_t	2.315			[m ²]
表面熱伝達率	(室内側) α_i	7.69			[W/(m ² ·K)]
	(室外側) α_o	25.00			[W/(m ² ·K)]
ガラス中空層 λ_{eq}		0.0817			[W/(m·K)]
ガラス仕様	FL3+A12+FL3				
総日射透過率		0.745			[-]
総熱流束	$q_{m,g}$	407.96			[W/m ²]
表面熱流束	$q_{m,g,si}$	35.56			[W/m ²]
	$q_{m,g}(I_s=0)$	15.30			[W/m ²]
	η_g	0.785			[-]
ガラス露出幅	GW	1.620			[m]
ガラス露出高	GH	1.288			[m]
ガラス露出面積	A_{gf}	2.087			[m ²]
	$\eta_{gf} \cdot A_{gf}$	1.639			[m ²]
フレーム部					
フレーム日射吸収率(パールグレー)		0.502			[-]
上部	$q_{m,f}$	32.75			[W/m ²]
	$q_{m,f}(I_s=0)$	19.22			[W/m ²]
	見付 Fwa	0.045			[m]
	η_f	0.027			[-]
	$\eta_f \cdot A_f$	0.00202			[m ²]
下部	$q_{m,f}$	55.52			[W/m ²]
	$q_{m,f}(I_s=0)$	24.47			[W/m ²]
	見付 Fwb	0.037			[m]
	η_f	0.062			[-]
	$\eta_f \cdot A_f$	0.00380			[m ²]
縦部	$q_{m,f}$	39.39			[W/m ²]
	$q_{m,f}(I_s=0)$	24.28			[W/m ²]
	見付 Fwc	0.035			[m]
	η_f	0.030			[-]
	$\eta_f \cdot A_f$	0.00141			[m ²]
フレーム部全体	$\sum \eta_f \cdot A_f$	0.009			[m ²]
ガラス部全体	$\sum \eta_g \cdot A_g$	1.639			[m ²]
窓全体	$\sum \eta_g \cdot A_g + \sum \eta_f \cdot A_f$	1.647			[m ²]
フレーム成分比	$\sum \eta_f \cdot A_f / \text{窓全体}$	0.5%			[-]
フレーム面積比率	$\sum A_f / A_t$	9.9%			[-]
日射侵入率	η	0.711			[-]

熱貫流率			ISO-10077		
開閉形態	FIX窓				
材質	アルミ樹脂複合				
夏季or冬季	冬季(0-20°C)				単位
日射強度	I_s	無し			[W/m ²]
伝熱開口	伝熱開口W寸法	W	1.690		[m]
	伝熱開口H寸法	H	1.370		[m]
	伝熱面積	S	2.315		[m ²]
表面	室内側	α_i	7.69		[W/(m ² ·K)]
	室外側	α_o	25.00		[W/(m ² ·K)]
ガラス部					
ガラス仕様	FL3+A12+FL3				
ガラスの総厚さ	$\sum d_g$	0.006			[m]
中空層の厚さ	$\sum d_a$	0.012			[m]
ガラス+中空層	$\sum d_g + \sum d_a$	0.018			[m]
中空層熱伝導率	λ_a	0.0682			[W/(m·K)]
ガラス部熱貫流率	U_g	2.841			[W/(m ² ·K)]
校正パネル部熱貫流率	U_p	1.461			[W/(m ² ·K)]
ガラス露出幅	GW	1.620			[m]
ガラス露出高	GH	1.288			[m]
ガラス露出面積	A_g	2.087			[m ²]
ガラス部通過熱流量	$\sum Q_g$	5.928			[W/K]
フレーム部					
内外温度差		20			[W/K]
上部	上部計算結果	$\sum Q_{f1}$	14.863		[W/m]
	上部計算結果(ハネルモデル)	q_{f1}	8.716		[W/m]
	上部見付寸法	l_{f1}	0.045		[m]
上部面熱貫流率	U_{f1}	3.190			[W/(m ² ·K)]
上部通過熱流量	Q_{f1}	0.238			[W/K]
下部	下部計算結果	$\sum Q_{f2}$	15.063		[W/m]
	下部計算結果(ハネルモデル)	q_{f2}	9.308		[W/m]
	下部見付寸法	l_{f2}	0.037		[m]
下部面熱貫流率	U_{f2}	4.680			[W/(m ² ·K)]
下部通過熱流量	Q_{f2}	0.287			[W/K]
縦部	縦部計算結果	$\sum Q_{f3}$	14.790		[W/m]
	縦部計算結果(ハネルモデル)	q_{f3}	8.625		[W/m]
	縦部見付寸法	l_{f3}	0.035		[m]
縦部面熱貫流率	U_{f3}	3.971			[W/(m ² ·K)]
縦部通過熱流量	Q_{f3}	0.185			[W/K]
フレーム部通過熱流量	$\sum Q_f$	0.894			[W/K]
ガラスベアラー部線熱貫流率					
上部	上部線熱貫流率	ψ_1	0.031		[W/(m·K)]
	上部通過熱流量	L_{-1}	0.051		[W/K]
下部	下部線熱貫流率	ψ_2	0.012		[W/(m·K)]
	下部通過熱流量	L_{-2}	0.019		[W/K]
縦部	縦部線熱貫流率	ψ_3	0.032		[W/(m·K)]
	縦部通過熱流量	L_{-3}	0.042		[W/K]
ガラスベアラー部通過熱流量	$\sum L_q$	0.153			[W/K]
フレーム成分比(フレーム部+ガラスベアラー)		15.01%			
総合通過熱流量	Q	6.975			[W/K]
製品総合熱貫流率	U	3.01			[W/(m ² ·K)]

3.3 屋外測定法の開発

3.3.1 測定装置及び試験体の概要

屋外の自然光で日射熱取得率を測定できる装置の開発を行った。

測定装置は独立行政法人建築研究所環境実験棟 2 階屋上（茨城県つくば市立原）に比較測定できるよう南面に同一建物を 3 棟設置した（図 3.6(a)写真左から A 棟、B 棟、C 棟）。

測定装置の概要図を図 3.6 及び図 3.7 に、試験体納まり図を図 3.8 に示す。



(a)正面部（外観）



(b)正面部躯体開口（内観）



(c)アルミ製熱交換器



(d)小型放射計と小型日射計



(e)恒温水槽



(f)出入口

図 3.6 測定装置概要図（写真）

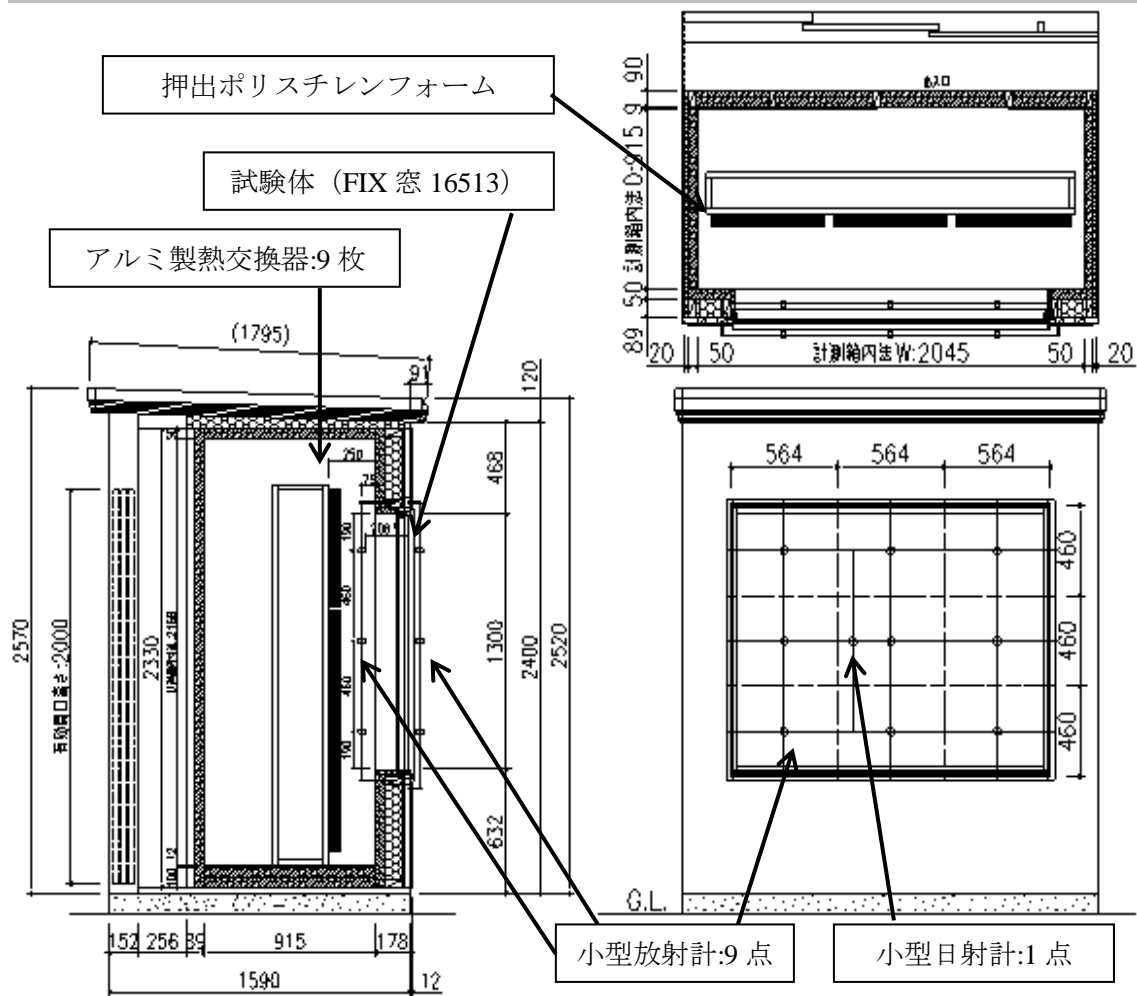


図 3.7 測定装置概要図 (断面図)

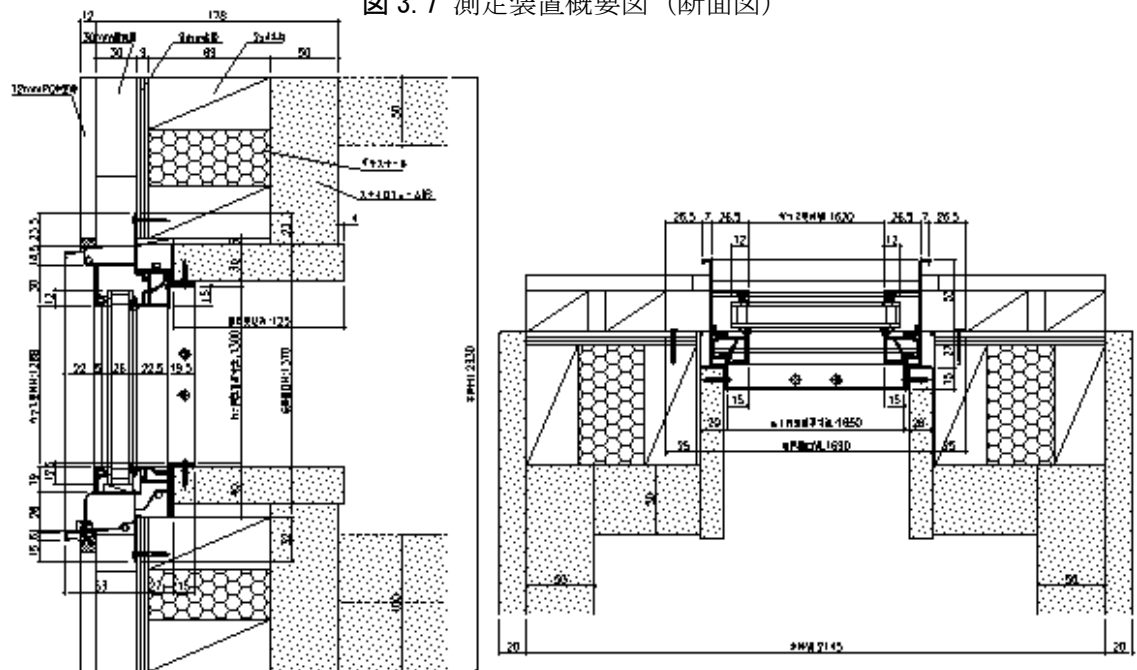


図 3.8 試験体納まり図

測定装置は一般家庭で用いられる物置を利用した。正面の躯体開口部は2x4材で製作し、室外側を9mm合板で塞ぎ、木材間の隙間（見込み90mm）をグラスウール16Kで充填断熱を施した（図3.6(b)）。さらに押出ポリスチレンフォームで断熱を施し部屋空間を作った（図3.6(b),(f)）。

室内には、日射による取得熱量測定と室温維持のためにアルミ製熱交換器（450mm角9台）を設置し、外部の恒温水槽より水を循環させている（図3.6(e)）。アルミ製熱交換器（図3.6(C)）の表面は日射吸収率を限りなく1に近づけるため光沢を抑えた黒色に塗装した。

また、各種測定機器は以下の仕様のものを用いた。

(1)外部環境測定装置（ウェザートランスミッターWXT520・VISALA社製）

風速、風向、降水量、気圧、気温、相対湿度の6種類の基本的な気象観測項目を計測する可動部分のない完全統合型の機器。デジタル信号のため、アナログ信号で計測するデータロガーとは別にPCにロギングを行う仕様。

風向風速		気圧	
風速		測定範囲	600~1100 hPa
測定範囲	0~60 m/s	精度	±0.5 hPa(0 ... +30 °Cにおいて) ±1 hPa (-52 ... +60 °Cにおいて)
応答時間	0.25秒	分解能	0.1 hPa, 10 hPa, 0.0001 bar, 0.1 mmHg, 0.01 inHg
精度	0~35 m/s ±0.3 m/s または 読み値の±3%のいずれか大きい方 35~60 m/s		
分解能	0.1 m/s	一般仕様	
出力単位	m/s, km/h, mph, knots	動作温度範囲	-52~+60 °C
風向		保管温度範囲	-60~+70 °C
測定範囲	0~360°	供給電源	5~32 VDC
応答時間	0.25秒	消費電力(典型値)	12 VDCにおいて3 mA
精度	±3°	ヒーター用電源	DC, AC
分解能	1°	シリアル・インターフェース	SDI-12, RS-232, RS-485, USB
降水			
降雨量	最後にリセットしてからの積算降水量		
分解能	0.01 mm (0.001 inches)		
精度	5%		
降雨時間	降水が検地されていた時間(10秒毎)		
分解能	10秒		
降雨強度	10秒ステップで1分間移動平均		
範囲	0~200 mm/h		
分解能	0.1 mm/h		
出力単位	mm/h, in/h		
ひょう	単位面積あたりの積算ヒット数		
分解能	0.1ヒット数/cm ² (0.01ヒット数/in ²)		
降ひょう時間	ひょうが検知されていた時間(10秒毎)		
分解能	10秒		
降ひょう強度	10秒ステップで1分間移動平均		
分解能	.1ヒット数/cm ² h(0.01ヒット数/in ² h)、hits/h		
温度			
測定範囲	-52~+60 °C		
精度(+20°Cにおいて)	±3°		
湿度			
測定範囲	0~100 %RH		
精度	±3 %RH (0 ... 90 %RH) ±5 %RH (90 ... 100 %RH)		
分解能	0.1 %RH		



(2) 長短波放射計 (MR-50・英弘精機社製)

可視域～近・中間赤外域における日射（短波放射）と遠赤外域における地球放射（長波放射）について、それぞれの上向き放射と下向き放射を独立して測定するための測器である。

この4成分の放射量を測定することから、4成分放射計とも呼ばれている。長短波放射計による測定を行うと、アルベド、短波放射収支量、長波放射収支量、放射収支量、推定天空温度および推定地表温度を求めることができる。

本測定では、この測定器を窓面に対して水平に設置し、窓面の直達・散乱成分の合計照射日射量及び長波放射量を測定した。

仕様	日射計	赤外放射計
感度	7 μ V/W \cdot m ⁻²	
インピーダンス	10～100 Ω	
	(日射計部、赤外放射計部)	
応答速度	18秒 (95%)	
温度特性	6% (-10～40 $^{\circ}$ C)	
非直線性	2.50%	
波長範囲	305～2,800nm	5～50 μ m
センサー温度	—	Pt-100 Ω
出力ケーブル	標準 10 m 長	
使用温度範囲	-40 ～ +70 $^{\circ}$ C	
重量	4 kg	



(3) 恒温槽 (ヒートポンプ熱源機 三菱電機社製)

ヒートポンプ方式の温冷水を循環させる熱交換ユニットを用いた。

項目	エコクールピコ(40畳タイプ)	
水回路方式	温水回路開放式	
形名	熱交換ユニット	VEH-406HCA-K
	室外ユニット	VEH-406HPU3(-H, -HL)
電源	単相200V 50-60Hz	
外形寸法	熱交換ユニット	高さ430×幅370×奥行230mm
	室外ユニット	高さ550×幅800×奥行285mm
暖房性能	加熱能力	6.0kW
	消費電力	1.5kW
	最大消費電力	2.5kW
	運転電流	7.9A
	最大運転電流	13.1A
	エネルギー消費効率	4
騒音	熱交換ユニット	29dB
	室外ユニット	49dB
冷房性能	冷却能力	3.5kW
	冷却消費電力	1.4kW
	運転電流	7.4A
	エネルギー消費効率	2.5
騒音	熱交換ユニット	29dB
	室外ユニット	47dB
質量	熱交換ユニット	12kg
	室外ユニット	38kg
冷媒種	R410A	
冷媒量	VEH-406HPU3(-H)は770g、 VEH-406HPU3(-HL)は900g	
保有水量	3.0 ℓ	
許容システム水量	30 ℓ	



(4)水の流量計（ND-10・愛知時計電機社製）

循環水（不凍液）の流量はND型流量センサーを用いた。

このセンサーは接線流れ羽根車式の計測原理で流量の範囲が広く、各種液体の計測に適している。



型式	ND10
流量範囲	1.5～20 L/min
精度	±2%RS（標準取付姿勢時）
計測液体	各種液体への対応
最高使用圧力	1MPa（液体温度20℃の時）
圧力損失	20 kPa以下（20 L/min時）
液体粘度範囲	0.5～1.5 mPa・s（水相当）
液体温度範囲	0～+60℃
周囲温度・湿度	-10～+70℃ 35～85%RH（結露しないこと）
出力信号	オープンコレクターパルス4線リード線長約600mm デューティー比 3/7<A/B<7/3
パルス定数	7.69 mL/P
最大周波数	約44Hz
最小パルス幅	約0.007s
印加電圧範囲	3～24 VDC
消費電力	0.2 VA以下
構造	防まつ構造（IP64相当）屋内仕様
接続	R 1/2
質量	約120g

3.3.2 測定方法

窓の日射熱取得率及び熱貫流率を求めるために必要な室内への取得熱量は循環水の室出入口温度差と流量により次式で求める。

$$Q_{in} = V \cdot C_p \cdot \rho \cdot (T_2 - T_1) \quad \dots (3.1)$$

ここで

- Q_{in} : 取得熱量 [W]
- V : 循環水の流量 [m^3/h]
- C_p : 水の比熱 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$]
- ρ : 水の密度 [kg/m^3]
- T_1 : 熱交換器入口の水の温度 [K]
- T_2 : 熱交換器出口の水の温度 [K]

窓の日射熱取得率及び熱貫流率は、次式で求める。

$$\eta_w = \frac{Q_{in} - Q'_w - Q'_R}{A_w \cdot I_w} \quad \dots (3.2)$$

$$U_w = \frac{Q_{in} - Q'_R}{A_w \cdot (T_o - T_i)} \quad \dots (3.3)$$

ここで

- η_w : 窓全体の日射熱取得率 [-]
- U_w : 窓全体の熱貫流率 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
- A_w : 伝熱開口面積 [m^2]
- I_w : 窓面全日射量 [W/m^2]
- Q'_w : 試験体の貫流熱量 [W]
- Q'_R : 計測箱周壁から計測箱に流入・流出する熱量 [W]
- T_i : 室内側気温 [K]
- T_o : 室外側気温 [K]

本測定では、計測箱周壁から計測箱に流入・流出する熱量(Q'_R)について影響は小さいと仮定して測定していない。日中は、周壁に日射が受熱する分と貫流分が相殺されると仮定し $Q'_R=0$ とした。夜間の熱貫流については、周壁からの貫流分を計算値で考慮した。

日射量は5階屋上で水平面全天日射量(I_G)及び法線面直達日射量(I_b)を測定した。

これらの測定値から天空分窓面直達日射量 (I_{dir-s}) と天空分窓面散乱日射量 (I_{dif-s}) を算出した。また、試験体が設置されている2階屋上では長短波放射計を垂直にたてて窓面全日射量 (I_w) を測定した。式(3.4)が示すように天空分窓面直達日射量 (I_{dir-s})、天空分窓面散乱日射量 (I_{dif-s}) と地面及び周辺反射日射量 (I_r) の合計となる。

天空分の散乱日射量は式(3.8)に示すように水平面全天日射量から法線面直達日射量の水平面分を差し引いた。また、天空分窓面散乱日射量は式(3.7)に示すように天空分の散乱日射量から求め、式(3.9)が示すように天空の直達日射量及び散乱日射量を窓面全日射量から差し引いた残りを地面及び周辺からの反射日射とした。

また、式(3.6)が示すように窓面への入射角度は太陽高度及び方位から計算した。

$$I_w = I_{dir-s} + I_{dif-s} + I_r \quad \dots (3.4)$$

$$I_{dir-s} = I_b \cos i \quad \dots (3.5)$$

$$\cos i = \cos \beta \sinh + \sin \beta \cosh \cos(A - A_v) \quad \dots (3.6)$$

$$I_{dif-s} = \frac{1 + \cos \beta}{2} I_d \quad \dots (3.7)$$

$$I_d = I_G - I_b \sinh \quad \dots (3.8)$$

$$I_r = I_w - I_{dir-s} - I_{dif-s} \quad \dots (3.9)$$

ここで

I_w : 窓面全日射量 [W/m²]

I_G : 水平面全天日射量 [W/m²]

I_b : 法線面直達日射量 [W/m²]

I_d : 水平面散乱日射量 [W/m²]

I_{dir-s} : 天空分窓面直達日射量 [W/m²]

I_{dif-s} : 天空分窓面散乱日射量 [W/m²]

I_r : 窓面への地面及び周辺反射日射量 [W/m²]

i : 入射角 [°]

h : 太陽高度 [°]

A : 太陽方位角 [°]

A_v : 窓設置面方位角 [°]

β : 窓設置面傾斜角 [°]

本測定では窓設置面方位角は真南面（ 0° ）、窓設置面傾斜角は鉛直面（ 90° ）でおこなったため、天空分窓面直達日射量（ I_{dir-s} ）及び天空分窓面散乱日射量（ I_{dif-s} ）は式(3.5)～(3.7)より以下の式となる。

$$I_{dir-s} = I_b \cosh \cos A \quad \dots (3.10)$$

$$I_{dif-s} = \frac{1}{2} I_d \quad \dots (3.11)$$

窓の日射熱取得率は、直達成分と散乱成分の合計となるが、地面及び周辺からの反射日射分の取り扱いが曖昧となっている。本測定において周辺建物等の材料は拡散がおきやすい材料表面と仮定し、地面及び周辺からの反射日射は全て散乱日射として扱った。

室内及び屋外窓周りの測定には小型放射計を用いた。これによりガラスの表面温度を非接触で測定することを可能とした。また放射計に熱電対が内蔵されており、窓際近傍の空気温度を測定した。屋外環境は2階屋上と5階屋上気象観測タワーの2ヶ所で測定した。その概要図を図3.9に示す。

- ・全天日射量、法線面直達日射量、（散乱日射量は計算値）
- ・直達照度、全天照度
- ・太陽高度、方位
- ・エアマス
- ・赤外放射
- ・気温
- ・湿度
- ・風向・風速

- ・垂直面日射量
- ・気温
- ・湿度
- ・降雨量
- ・気圧
- ・風向・風速

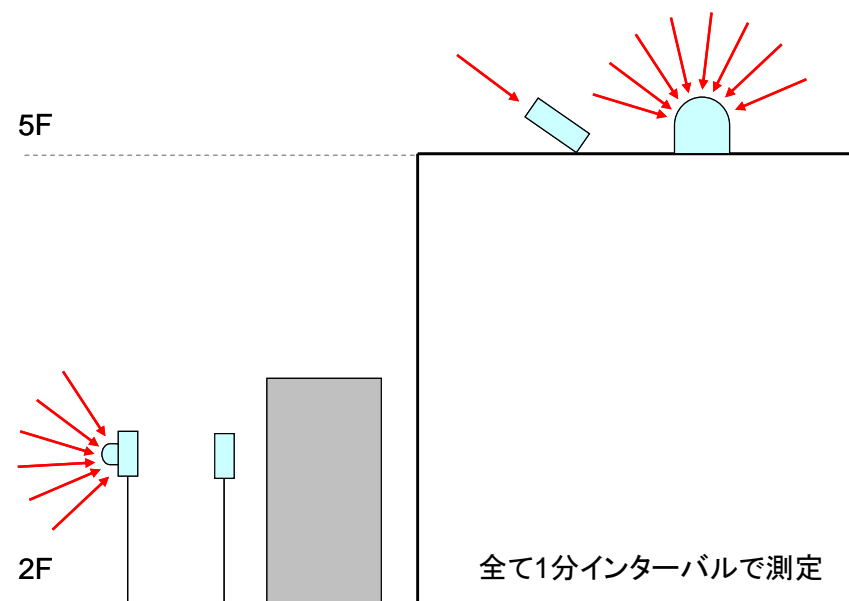


図 3.9 屋外環境測定概要

また、この計測箱は熱流計等の開口部以外の熱流を測定していない。日射熱取得率を求める際に補正する壁の取得熱分や貫流分の影響は小さいと想定したためである。確認のため算出した実験棟の貫流分の熱性能を表 3.4 に示す。開口部からの貫流分とより小さい貫流熱損失があることを事前に確認した。

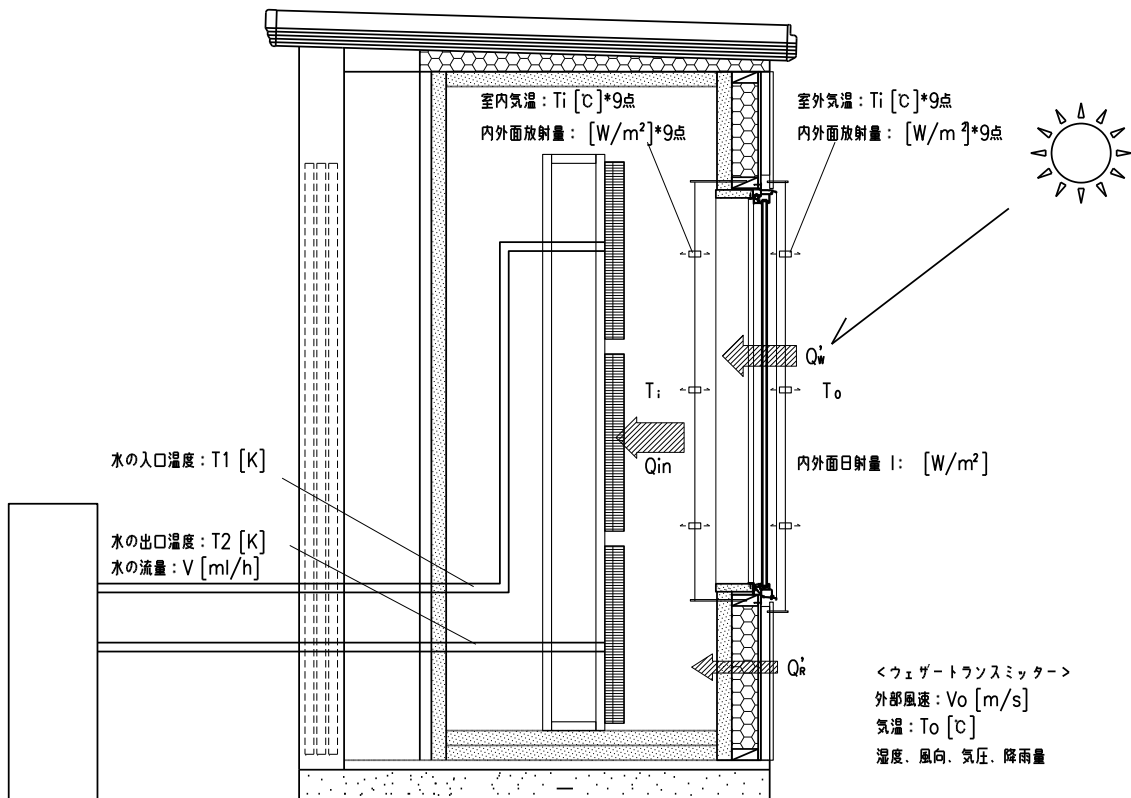


図 3.10 取得熱量、窓近傍熱量測定イメージ

表 3.4 物置の熱性能 (計算値)

部位	部屋別	面方位	面積	α_o	α_i	熱貫流率	温度差	貫流熱損失
			[m ²]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	係数	[W/K]	
屋根	部屋(計測箱内)	-	2.24	9.1	11.1	0.237	1.00	0.53
床	部屋(計測箱内)	-	2.24	6.7	6.7	0.317	0.70	0.50
外壁W	部屋(計測箱内)	西面	2.44	25	9.1	0.477	1.00	1.17
外壁E	部屋(計測箱内)	東面	2.44	25	9.1	0.477	1.00	1.17
外壁S	部屋(計測箱内)	南面	2.46	25	9.1	0.252	1.00	0.62
窓 S	部屋(計測箱内)	南面	2.32	25	7.69	3.010	1.00	6.98
外壁N	間仕切壁~扉	北面	4.78	25	9.1	0.195	1.00	0.93
計測箱壁部(外壁・屋根・床)から計測箱外部へ								4.91

この他、計測箱の周辺状況確認をするため、デジタルカメラに魚眼レンズを装着し撮影した画像データと永田氏の開発した SPCONV プログラムを用いて窓面からみた天空率の計測を行った。図 3.11 に代表例として B 棟を示す。測定した結果、B 棟が最も天空率が高く約 44%だった。A 棟と C 棟は約 41%だった。3 棟共条件は同じであることが確認できた。

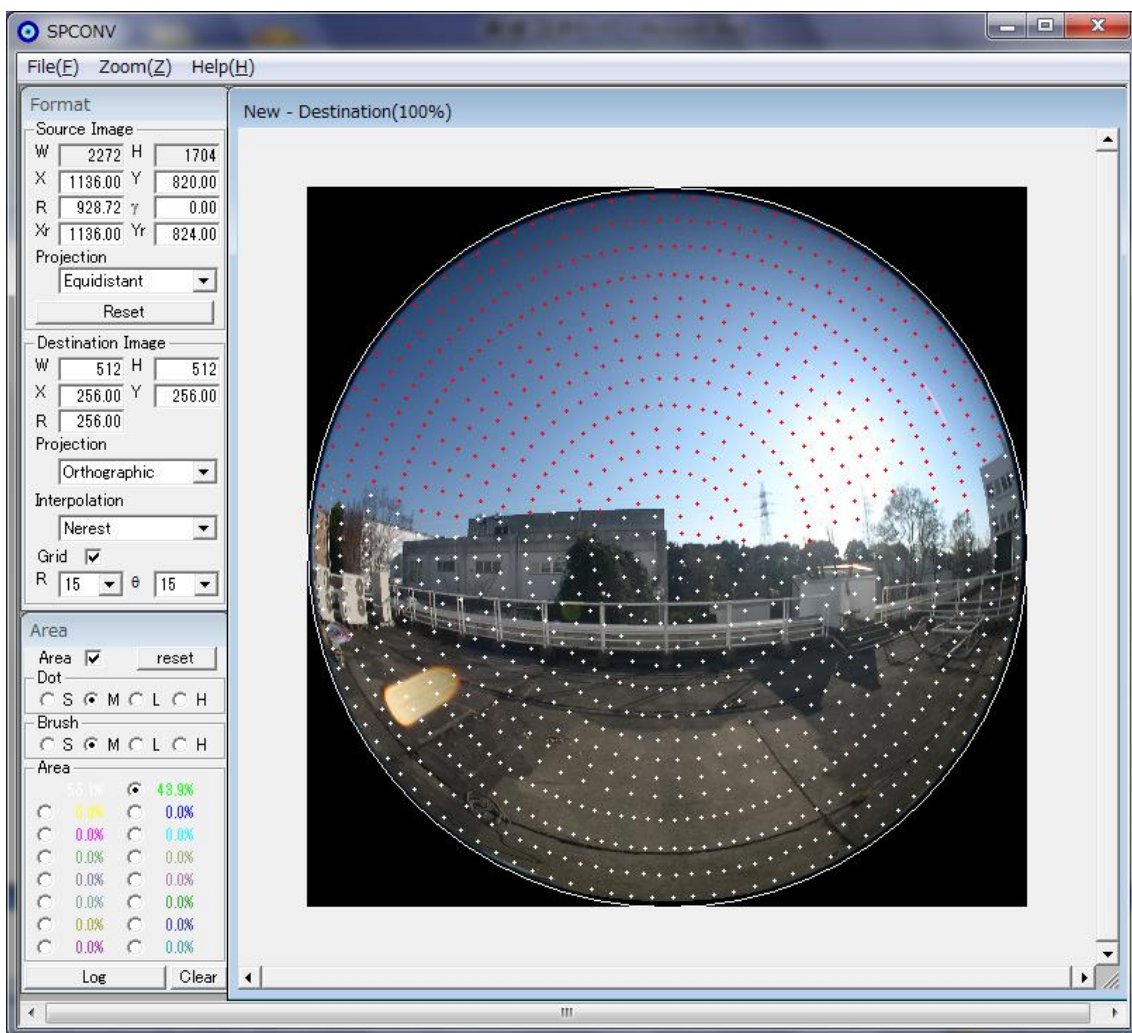


図 3.11 SPCONV プログラムによる窓面からみた天空率測定 (B 棟)

3.4 測定結果

測定は2010年3月20日～2011年9月21日まで行った。

但し、2010年4月中旬～6月末は、法線面直達日射量及び水の流量が測定機器の不良、2010年9月～2011年3月末は恒温水層の不良、2011年4月末までは2F窓面日射量のデータ記録不良により測定できなかった。

(1) 快晴日測定結果例（2010年3月30日）

図3.12に屋外環境（日射）測定結果を示す。

図3.12より、快晴日のため全天日射量は正午を中心に左右対称となる。16時前あたりで一時雲が日射を遮る時間があり突然減衰している。南窓面に照射された日射量のうち直達と散乱の比率は、9～15時で安定して65%：35%だった。また、天空の散乱日射についても左右非対称になるはずであるが、計測箱西側に建物があり、その影響で午前中は建物からの反射の影響で大きくなり、午後は建物からの反射成分が減少したことにより小さい値を示したと考えられる。

春分を過ぎたばかりのため、太陽高度は最大（正午）で 58.6° だった。これは入射角度の最小の角度となる。つまり、入射角度はほぼ終日 60° 以上しかないとわかる。

図3.13に赤外放射量の測定結果を示す。気温が低いため下向き赤外放射量は少ない。下向き赤外放射量は太陽放射により、下層大気が暖められる日中に大きくなる。終日安定しているため、夜間も雲の発生がなかったことが確認できた。終日雲がないため上向きの赤外放射量は大きい値を示している。夜間は $70\sim 80[\text{W}/\text{m}^2]$ 、日中は平均 $90[\text{W}/\text{m}^2]$ 程度だった。

図3.14に各棟の熱量と室内外気温の測定結果を示す。熱量の負の値は室内に供給された熱量、正の値は室内から除去された熱量である。つまり、前者は外気に逃げる熱量、後者は日射により入ってくる熱量である。3棟とも同一の試験体仕様にも関わらず熱量に差が生じている。特にA棟は日中の取得熱量が小さく、夜間の放熱量も小さい傾向となった。B棟及びC棟は近い熱量を示した。この原因は循環水の出入口温度差測定が問題であると考えられる。内外気温は深夜から明け方にかけて降下、日の出とともに上昇に転じ日射量に応じて変化している。屋外温度の昼間の変動は、日射の風向・風速のゆらぎによるものと考えられる。2階屋上は西よりの風で風速は $1[\text{m}/\text{s}]$ 程度の微風であった。

図3.15に室内外温度と各面の放射温度を示す。熱交換器放射温度をみると、日射のある時間は恒温槽設定温度（ 20°C ）にほぼ近い値を示し、深夜から明け方にかけては他と同様に降下している。これは、日射熱の除去はほぼ十分であるが加熱能力が不足していることを示している。日射のあるとき室内温度がかなり上昇している。これは室内が自然対流のため熱交換が悪いことが影響している。

室外側放射温度とガラス表面温度の変動が大きいのが、これは屋外側温度の変動の影響によるものである。

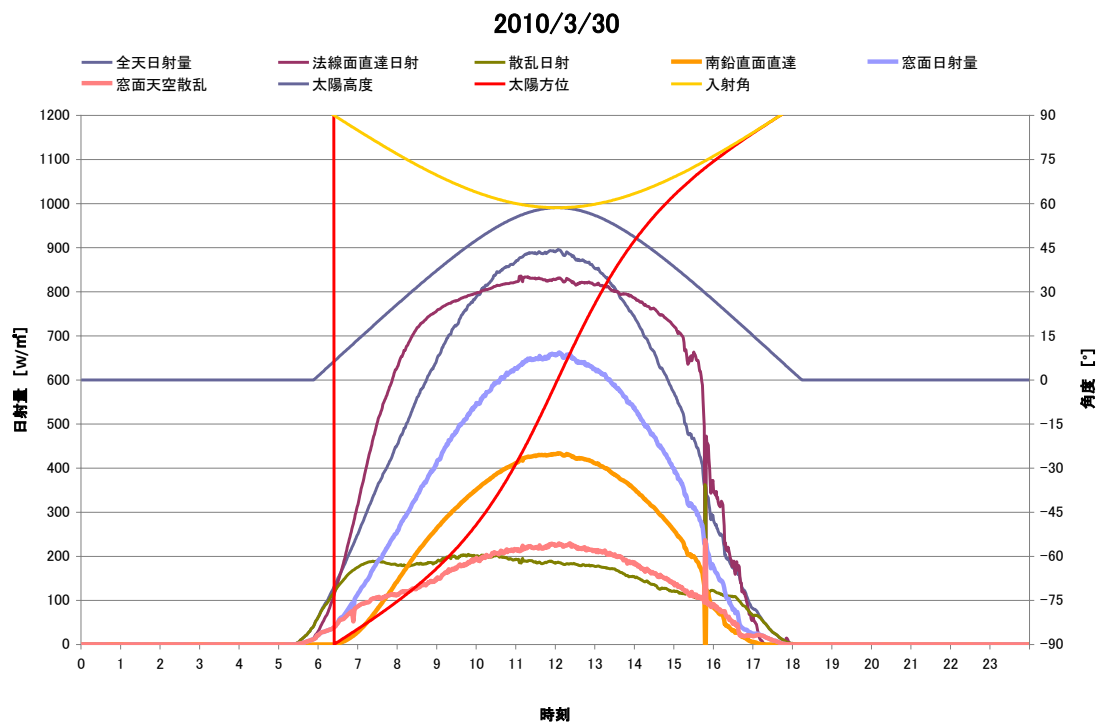


図 3.12 屋外環境（日射）測定結果（2010/3/30）

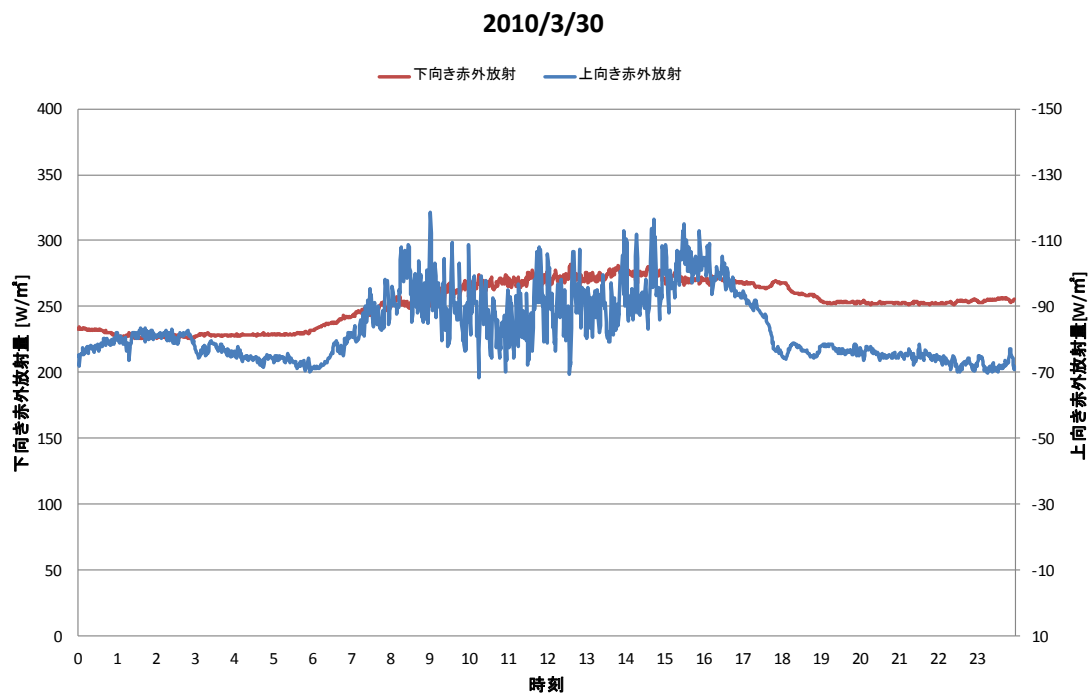


図 3.13 赤外放射量測定結果（2010/3/30）

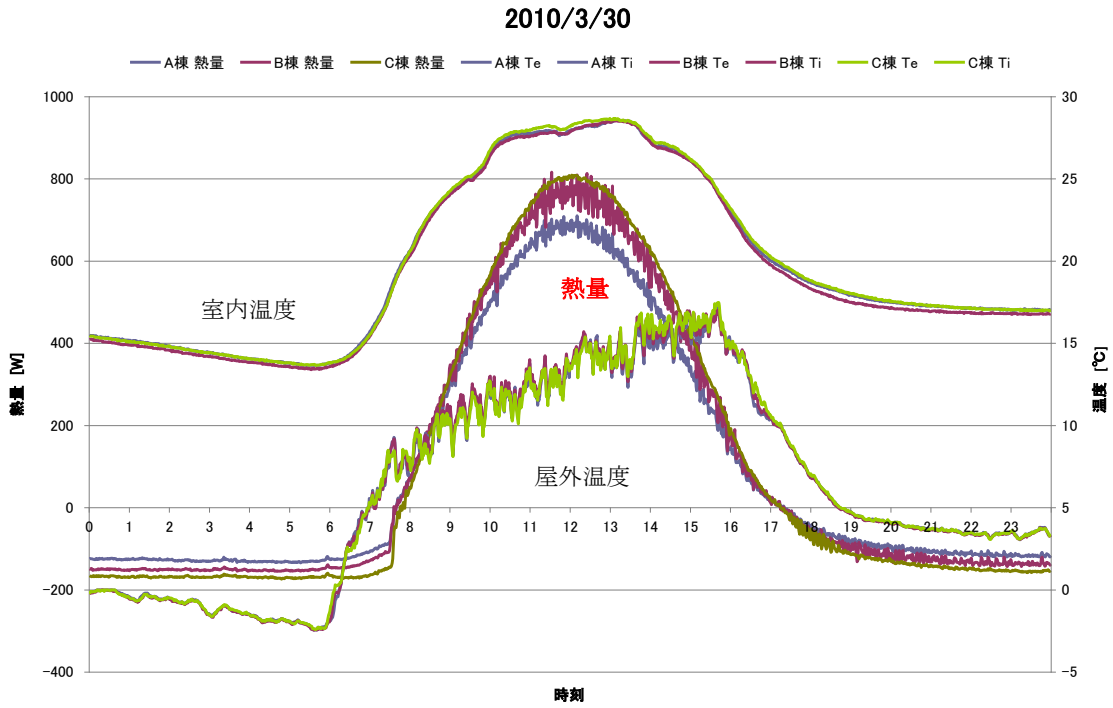


図 3.14 各棟の熱量と室内外気温の測定結果 (2010/3/30)

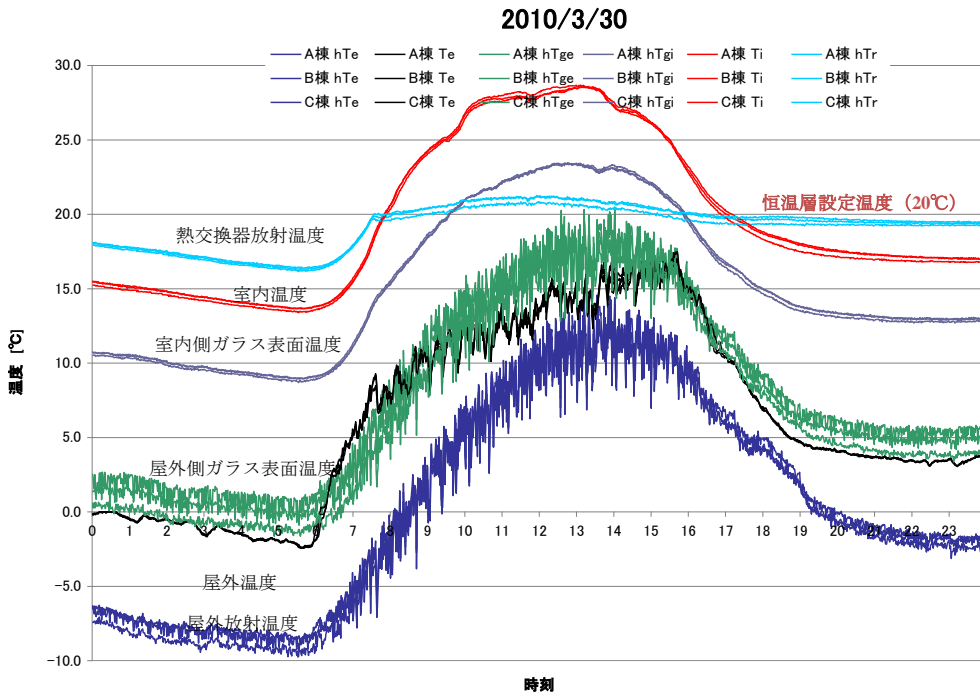


図 3.15 室内外温度と各面の放射温度 (2010/3/30)

図 3.16 に日射熱取得率・熱貫流率及び風速の測定結果を示す。図 3.14、3.15 の結果から A 棟がうまく測定できていなかったため、B 棟及び C 棟の測定結果を掲載した。

図中の点線は第 2 章で計算をした試験体の直達成分の日射熱取得率及び、散乱成分の日射熱取得率を示す。また直散合計の日射熱取得率は、日射量測定で得られた窓面日射量の直達と散乱+反射の比率を以下の式で算出した値を示す。

$$\eta_w = \eta_w(\theta) \cdot I_{dir-s} / I_w + \eta_{w,dif} \cdot (I_{dif-s} + I_r) / I_w \quad \dots (3.12)$$

ここで

I_w : 窓面全日射量 [W/m²]

I_{dir-s} : 天空分窓面直達日射量 [W/m²]

I_{dif-s} : 天空分窓面散乱日射量 [W/m²]

I_r : 窓面への地面及び周辺反射日射量 [W/m²]

η_w : 窓全体の日射熱取得率 [-]

$\eta_w(\theta)$: 入射角 θ 時の直達日射に対する窓の日射熱取得率 [-]

$\eta_{w,dif}$: 散乱日射に対する窓全体の日射熱取得率 [-]

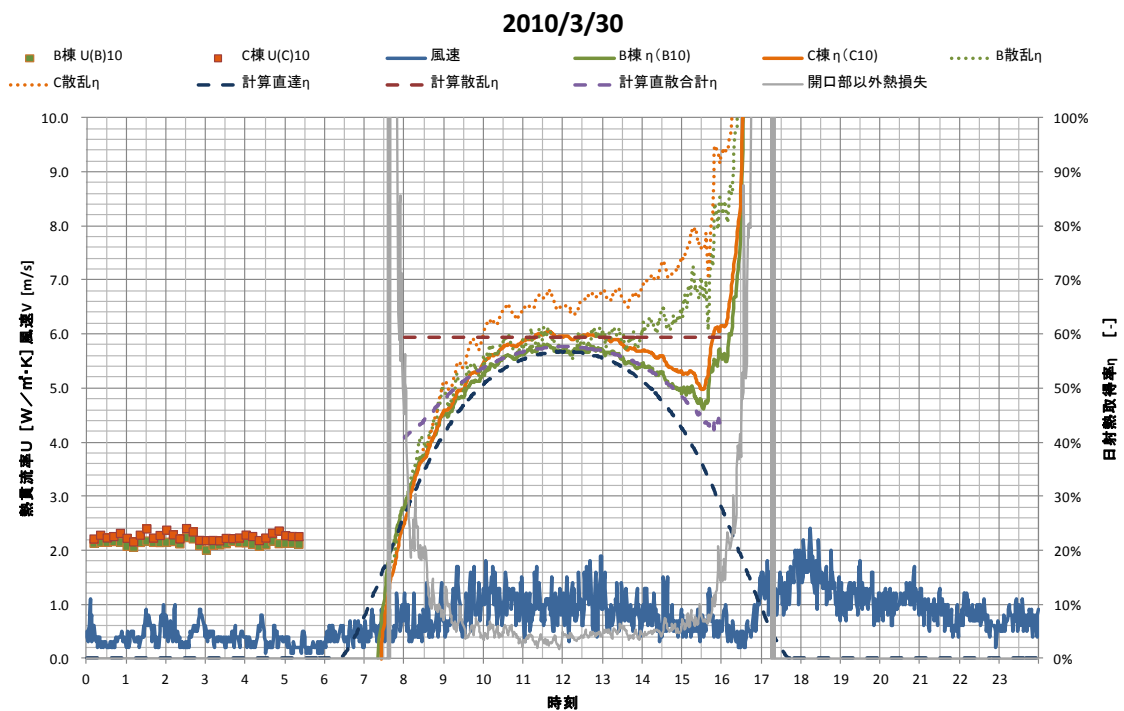


図 3.16 日射熱取得率・熱貫流率及び風速の測定結果 (2010/3/30)

測定結果より、式(3.12)で算出した直散合計の日射熱取得率と測定結果 B 棟の結果が 9 時から日射が建物の影響で減衰する 16 時前まで一致していることが確認できた。午前中早い時間帯 (8 時以前) に測定の方が小さい値を示したのは、受熱量が小さいことと装置の熱容量による遅れの減少によるものと考えられる。直散合計の日射熱取得率の円弧の大きさは窓面に照射される直達と散乱の比率で決定される。この季節では直達成分が大きいため直達に近い円弧の形状となっている。これが散乱成分の大きい夏季であれば図 3.16 と逆に凹型となることが予測できる。

C 棟の日射熱取得率は B 棟に比べ全体的に数%大きめの値だった。熱量としては概ね 40W 程度の差だった。この差を確認するため、B 棟及び C 棟の冷却板の放射温度の比較を行った。冷却板放射温度分布、冷媒温度及び流量比較を表 3.5 に示す。9 時、12 時、15 時の場合で比較を行った。9 時は東側から日射が入るため、外観左側の温度が高くなる。12 時は南から日射が入るため、左右中央が均等になる。15 時では西側から日射が入るため外観右側の温度が高くなる。高さ方向では、斜め上から日射が入るため、図 3.10 より上側よりも中央もしくは下側の温度が高くなる傾向になる。B 棟ではこの現象通りの温度分布を示していることが確認できた。冷媒がうまく均等に流れていると考えられる。C 棟では左側の中央部及び下部の温度が終日高い傾向を示していた。その部分を除けば概ね B 棟同様の傾向が確認できた。このような若干の流量の不均等による差や、熱電対による冷媒出入口温度差の測定誤差がこのような差になったと考えられる。

表 3.5 冷却板放射温度分布、冷媒温度及び流量比較 (日中)

9:00		左	中	右	平均	20.0	9:00		左	中	右	平均	20.4
B 棟	上	19.7	19.6	19.6	T1	19.8	C 棟	上	20.1	19.9	19.8	T1	20.2
	中	20.0	19.8	19.7	T2	20.6		中	21.4	20.0	19.9	T2	20.8
	下	21.1	20.7	19.9	ΔT	0.7800		下	21.8	20.6	20.1	ΔT	0.6700
	流量				流量	8.1923		流量				流量	8.1923
12:00		左	中	右	平均	20.8	12:00		左	中	右	平均	21.2
B 棟	上	20.0	19.9	19.7	T1	19.9	C 棟	上	20.3	20.1	19.9	T1	20.2
	中	20.4	20.4	20.5	T2	21.6		中	22.0	20.5	20.7	T2	21.7
	下	22.1	22.1	22.0	ΔT	1.6500		下	22.7	22.1	22.2	ΔT	1.5400
	流量				流量	8.1846		流量				流量	8.1769
15:00		左	中	右	平均	20.0	15:00		左	中	右	平均	20.4
B 棟	上	19.8	19.7	19.4	T1	19.9	C 棟	上	20.3	20.1	19.9	T1	20.2
	中	19.6	19.8	20.1	T2	20.8		中	20.7	20.0	20.4	T2	21.0
	下	20.1	20.3	21.2	ΔT	0.9000		下	20.7	20.2	21.1	ΔT	0.8100
	流量				流量	8.1923		流量				流量	8.1846

散乱日射が一定の値を示すか確認のため、測定値による受熱量から計算で求めた直達成分による受熱量を差し引き、残りを散乱成分による受熱量として日射熱取得率を求めた。その結果、B 棟では 10~14 時にかけてほぼ一定の日射熱取得率となることが確認できた。しかし、それ以外の時間では散乱による日射熱取得率は、午前中は計算値よりも小さく、午後は逆に大きくなった。C 棟は元々計算よりも大きな値を示したため、計算で求めた直達成

分による受熱量を差し引くと残った散乱成分はさらに大きな値を示した。

測定した3月30日の直達と散乱の比率は65% : 35%とほぼ直達の半分程度しか散乱日射量がなかったため、窓全体の日射熱取得率に影響を及ぼしにくい形となっている。

この結果は、開口部以外の屋根・壁からの熱流量を0[W]と仮定した場合の結果である。壁体部の熱流を測定していないため、開口部以外からの熱損失(Q'_R)を計算で求めた結果、開口部からの取得熱量の4~5%程度あることがわかった。この値は測定誤差となる。

夜間の熱貫流率は、B棟、C棟共に2.2~2.4[W/(m²・K)]程度であった。計算及び屋内予備測定では、3.0[W/(m²・K)]程度に対して20%程度低い値を示している。この原因は、測定や計算で評価する際に用いられる外部風速は4m/sを標準的と考え室外側表面熱伝達率は20~25となっている。しかし、この日の外部風速は0.2~1.0m/sと小さかった。図3.13より、室外気温と室外側ガラス表面温度差は3~4℃程度であり、放射の熱伝達率を求めると3.8[W/(m²・K)]程度となる。室外側対流の熱伝達率は自然対流と想定して4[W/(m²・K)]とすると、合計で7.8[W/(m²・K)]となる。室外側の表面熱伝達抵抗を置き換えると窓全体の熱貫流率は2.38[W/(m²・K)]となり、計算と測定で精度よく一致した。

日射熱取得率同様、B棟及びC棟の冷却板の放射温度の比較を行った。冷却板放射温度分布、外気温、冷媒温度及び流量比較を表3.6に示す。夜間の場合、日射等の外部からのエネルギーを受けないため、室外側へ貫流分の放熱をする。コールドドラフト現象(自然対流)により、冷却板の温度は下側が低く、上側が高い傾向になる。B棟ではこの現象通りの温度分布を示していることが確認できた。また、外気温について環境測定器(ウェザートランスミッターWXT520)と放射計内の熱電対の温度が一致していることも確認できた。

表 3.6 冷却板放射温度分布、外気温、冷媒温度及び流量比較(夜間)

B棟	2:00	左	中	右	平均	17.3	C棟	2:00	左	中	右	平均	17.6
	上	17.4	17.5	17.6	T1	17.9		上	17.8	17.9	17.9	T1	17.9
	中	17.5	17.5	17.4	T2	17.6		中	17.4	17.8	17.6	T2	17.6
	下	16.8	16.9	16.9	ΔT	-0.240		下	17.0	17.5	17.1	ΔT	-0.260
	外気温(放射計9点)				流量	8.2		外気温(放射計9点)				流量	8.2077
		外気温(WXT520)				-0.5			外気温(WXT520)				-0.5
B棟	4:00	左	中	右	平均	16.6	C棟	4:00	左	中	右	平均	16.8
	上	16.7	16.8	17.0	T1	17.2		上	17.0	17.1	17.1	T1	17.1
	中	16.8	16.8	16.7	T2	16.9		中	16.6	17.0	17.0	T2	16.9
	下	16.0	16.2	16.3	ΔT	-0.250		下	16.2	16.7	16.3	ΔT	-0.250
	外気温(放射計9点)				流量	8.2077		外気温(放射計9点)				流量	8.2077
		外気温(WXT520)				-1.5			外気温(WXT520)				-1.5

(2)曇天日測定結果例（2010年4月9日）

図 3.17 に屋外環境（日射）測定結果を示す。雲が多い日のため日射量は安定していない。午前中は継続的な雲の影響はなかったが、正午近辺を境に雲量が多くなり、直達日射よりも散乱日射の比率が高くなっている。さらに 14 時以降は完全に太陽が雲に覆われ直達日射量がない状態の天気となっている。

図 3.18 に赤外放射量の測定結果を示す。これにより日射のない夜間の天気状態を確認することができる。夜間は 1 時頃瞬間的に下向き赤外放射量が低い値を示している。雲がなくなる時間があったと考えられる。それ以外は朝 8 時頃まで下向き赤外放射量が高い値を示しているため厚い雲に覆われていたと考えられる。雲に覆われているため、逆に上向き赤外放射は抑えられ低い値となり、快晴日に比べ気温が高い。雲の影響で上向き赤外放射量は、夜間は約 $20[\text{W}/\text{m}^2]$ 、日中午後には平均 $60[\text{W}/\text{m}^2]$ 程度だった。

図 3.19 に各棟の熱量と室内外気温の測定結果を示す。快晴日測定結果（図 3.12）同様、A 棟のみ日中の取得熱量も夜間の放熱量も小さく測定されていることがわかる。また、9 時～14 時にかけて雲の影響による取得熱量の増減が十分追従できている傾向が確認できた。これにより本測定は遅れがなく正しく取得熱量を測定できていることが確認できた。

図 3.20 に室内外温度と各面の放射温度を示す。熱交換器放射温度をみると、終日恒温槽設定温度にほぼ近い値を示した。これは、快晴日測定結果（図 3.15）と比べ外気温が 5°C 程度と高かったため、貫流熱損失に対する加熱能力が補えたことを示している。

また、快晴日測定結果（図 3.15）と比べ日中の屋外温度と屋外放射温度の差が小さかった。これは雲の影響により大気外へ放射量が抑えられていることによると考えられる。

図 3.21 に日射熱取得率・熱貫流率及び風速の測定結果を示す。快晴日例同様、B 棟及び C 棟の測定結果を掲載した。

測定結果より、式(3.12)で算出した直散合計の日射熱取得率と測定結果 B 棟の結果が 9 時から雲により日射が減衰する 14 時前まではほぼ一致していることが確認できた。快晴日と異なり直散合計の日射熱取得率は雲の影響で直達の多い時間と散乱の多い時間があるため、きれいな円弧は描くことはなかったが、直達が多い時間帯、散乱が多い時間帯どちらでも日射熱取得率は計算値が測定値に追従できていると考えられる。

散乱日射が一定の値を示すか確認のため、測定値による受熱量から計算で求めた直達成分による受熱量を差し引き、残りを散乱成分による受熱量として日射熱取得率を求めた。快晴日程きれいではないが、雲が多い天候であっても、B 棟では 10～14 時にかけて計算値に近いほぼ一定の日射熱取得率となることが確認できた。

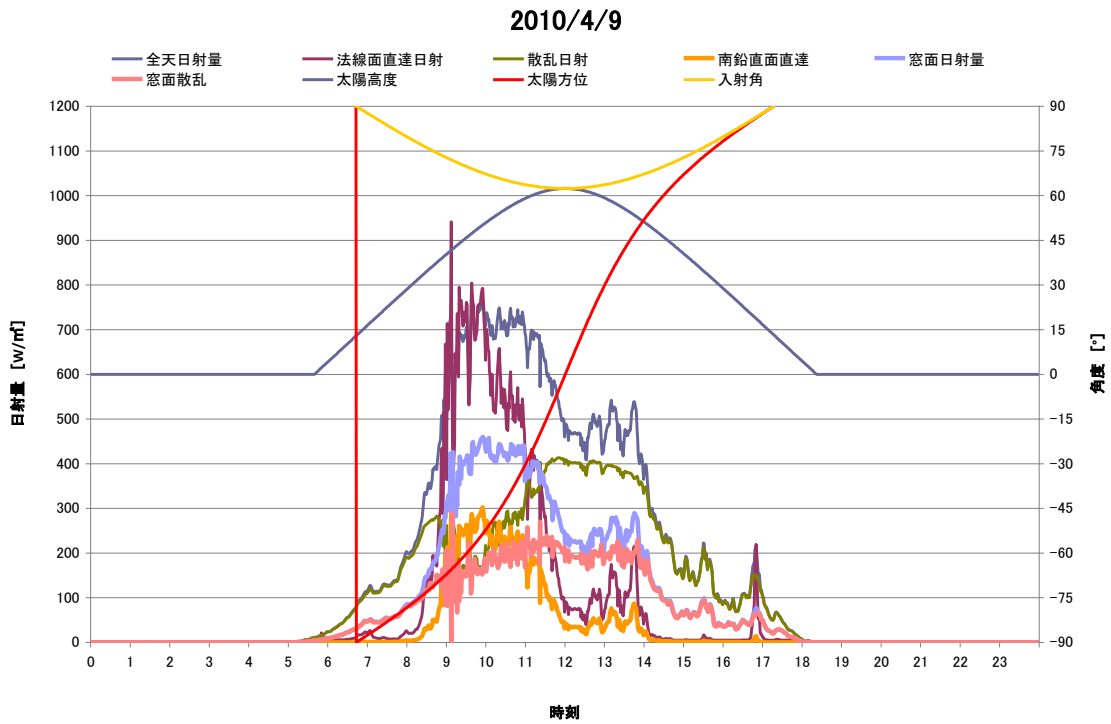


図 3.17 屋外環境（日射）測定結果（2010/4/9）

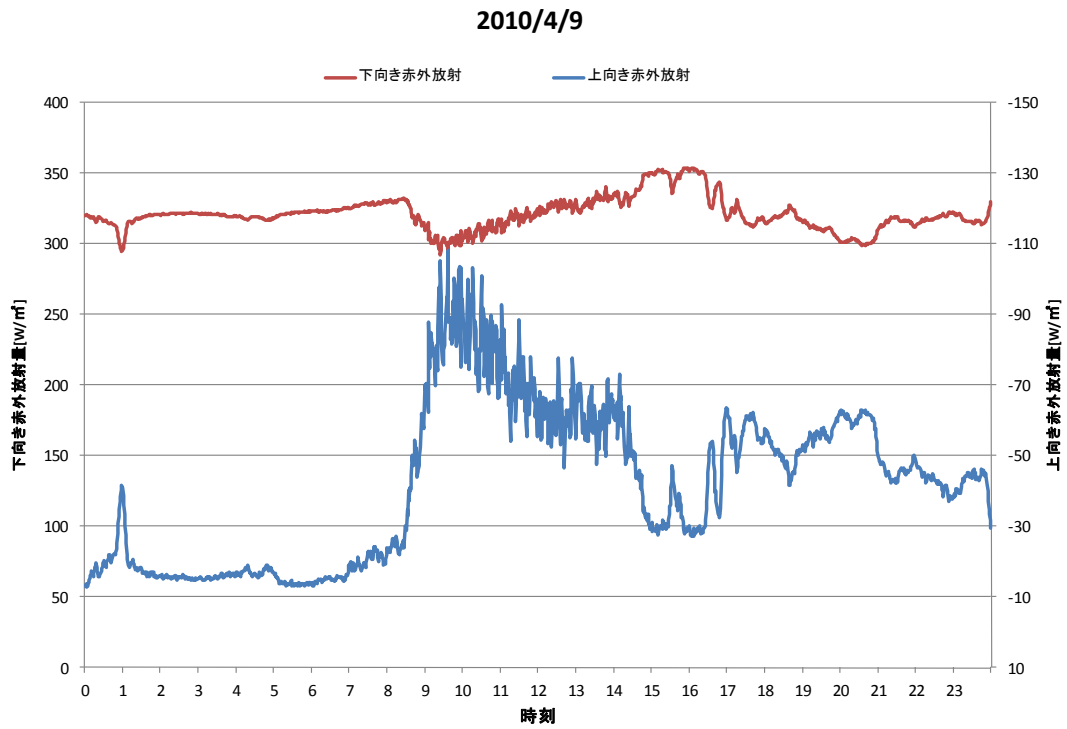


図 3.18 赤外放射量測定結果（2010/4/9）

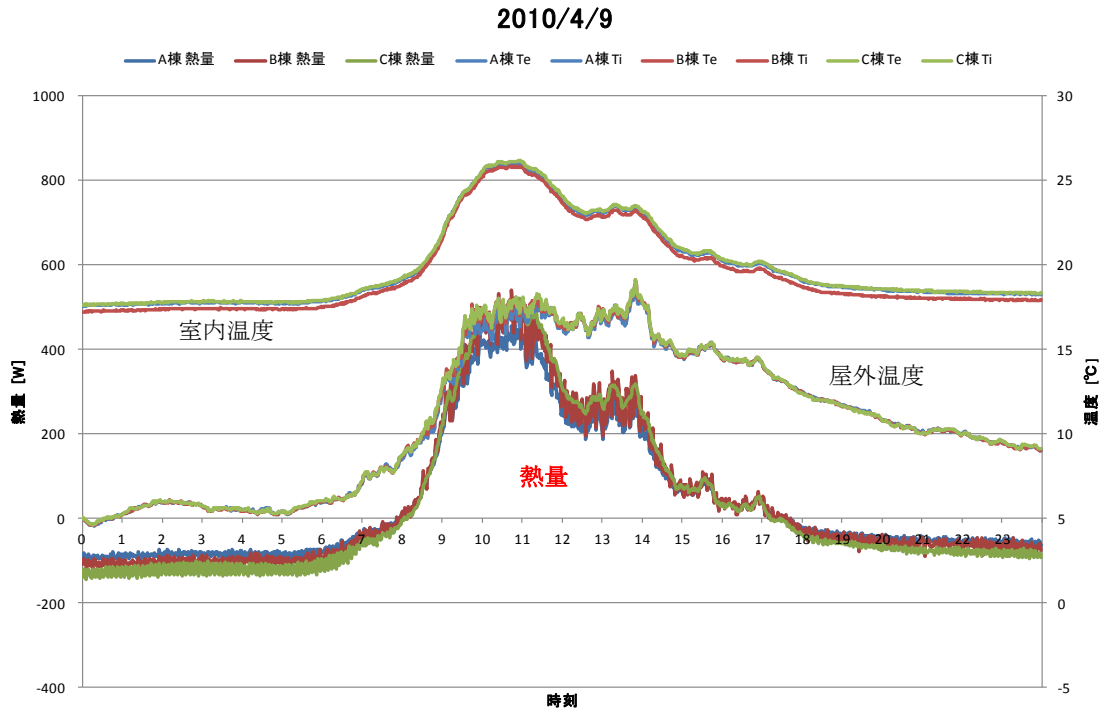


図 3.19 各棟の熱量と室内外気温の測定結果 (2010/4/9)

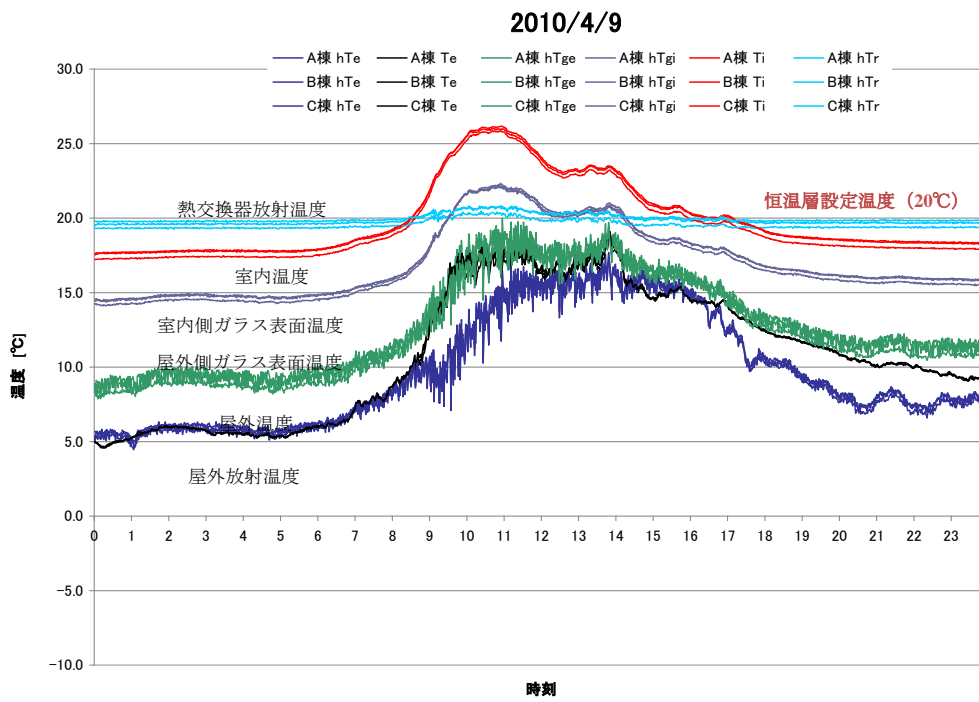


図 3.20 室内外温度と各面の放射温度 (2010/4/9)

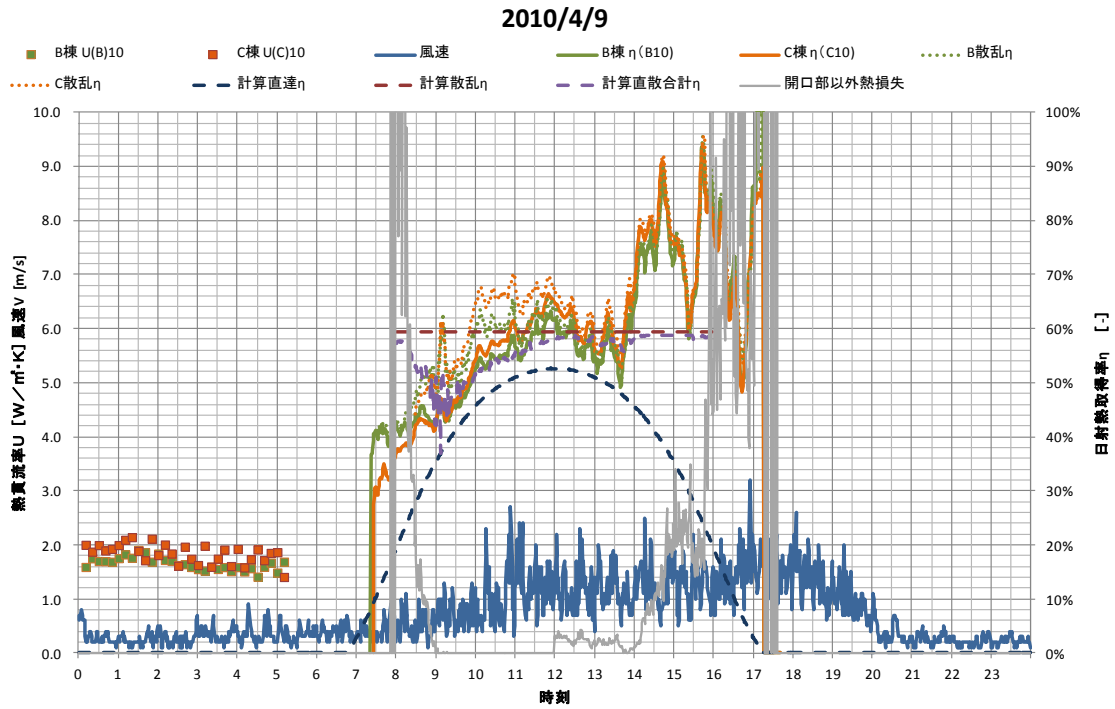


図 3.21 日射熱取得率・熱貫流率及び風速の測定結果 (2010/4/9)

B 棟及び C 棟の冷却板の放射温度の比較を行った。冷却板放射温度分布、冷媒温度及び流量比較を表 3.7 に示す。9 時、12 時、15 時の場合で比較を行った。

表 3.7 冷却板放射温度分布、冷媒温度及び流量比較 (日中)

		9:00	左	中	右	平均	20.0			9:00	左	中	右	平均	20.3
B 棟	上	19.8	19.7	19.7	T1	19.9	0.5400	8.1077	C 棟	上	20.1	20.1	19.9	T1	20.2
	中	20.1	20.1	19.8	T2	20.5				中	20.7	20.3	20.1	T2	20.7
	下	20.6	20.4	19.9	ΔT	0.5400				下	20.8	20.6	20.3	ΔT	0.4700
	流量	8.1077	流量	8.1615											
		12:00	左	中	右	平均	19.8			12:00	左	中	右	平均	20.3
B 棟	上	19.7	19.6	19.5	T1	20.0	0.6400	8.1077	C 棟	上	20.2	20.0	19.8	T1	20.2
	中	19.6	19.7	19.7	T2	20.6				中	20.7	20.1	20.2	T2	20.8
	下	20.1	20.1	20.0	ΔT	0.6400				下	20.7	20.4	20.6	ΔT	0.6000
	流量	8.1077	流量	8.1615											
		15:00	左	中	右	平均	19.5			15:00	左	中	右	平均	20.0
B 棟	上	19.5	19.4	19.4	T1	19.9	0.2400	8.1077	C 棟	上	20.0	20.0	20.0	T1	20.1
	中	19.6	19.6	19.5	T2	20.1				中	20.1	20.0	20.0	T2	20.3
	下	19.6	19.5	19.6	ΔT	0.2400				下	20.1	19.9	20.0	ΔT	0.1800
	流量	8.1077	流量	8.1615											

B 棟、C 棟共に同様の傾向を示した。

9 時では、中段・下段の左側にいくにつれ冷却板放射温度は高くなった。12 時では下から順に温度が高くなり、左右中央がほぼ同一温度となった。この日の 15 時は、日射があたっていないため、9 点全てがほぼ一定温度となっていることが確認できた。

また、本測定で考慮されていない開口部以外からの熱損失(Q'_R)を計算で求めた結果、9時から12時までの比較的日射量がある時間帯の熱流量は0[W]となった。12時から14時の雲の多い時間帯の熱流量は開口部からの取得熱量の2~3%程度であることがわかった。

夜間の熱貫流率は、B棟は1.5~1.8[W/(m²·K)]、C棟は1.6~2.2[W/(m²·K)]だった。2階屋上は南よりの風で風速は0.2~0.7[m/s]程度の微風であった。室外側が自然対流と扱った場合の熱貫流率よりも小さい値となった。

日射熱取得率同様、B棟及びC棟の冷却板の放射温度の比較を行った。冷却板放射温度分布、外気温、冷媒温度及び流量比較を表3.8に示す。室内外の温度差は14[°C]程度あるが、冷却板の上下の温度差は0.6[°C]以下と小さかった。この他室内気温も左右中央共に下：16.7[°C]、中：17.3[°C]、上：17.7[°C]となっており対流がおきにくい条件だと考えられる。

表 3.8 冷却板放射温度分布、外気温、冷媒温度及び流量比較（夜間）

2:00		左	中	右	平均	19.3	2:00		左	中	右	平均	19.8
B棟	上	19.5	19.5	19.6	T1	19.9	C棟	上	19.9	20.1	20.1	T1	20.1
	中	19.4	19.5	19.4	T2	19.7		中	19.6	20.0	19.9	T2	19.9
	下	19.0	19.1	19.1	ΔT	-0.180		下	19.4	19.7	19.5	ΔT	-0.180
外気温(放射計9点)				5.9	流量	8.1154	外気温(放射計9点)				6.0	流量	8.1846
外気温(WXT520)				6.2									

4:00		左	中	右	平均	19.3	4:00		左	中	右	平均	19.8
B棟	上	19.5	19.5	19.5	T1	19.8	C棟	上	19.9	20.0	20.0	T1	20.1
	中	19.5	19.5	19.5	T2	19.7		中	19.6	19.9	19.9	T2	19.9
	下	18.9	19.0	19.2	ΔT	-0.130		下	19.4	19.7	19.4	ΔT	-0.190
外気温(放射計9点)				5.4	流量	8.1077	外気温(放射計9点)				5.5	流量	8.1769
外気温(WXT520)				5.8									

(3) 夏季晴天日測定結果例 (2010年7月19日)

図 3.22 に屋外環境 (日射) 測定結果を示す。雲が多く発生する季節のため日射量は安定していない。夏至から 1 カ月程度のため、日照時間は 13 時間以上と長く法線面直達日射量は多いが、南窓面に対する入射角度は 75° 以上と高い。さらに雲が多く発生しているため、直達日射よりも散乱日射の比率が高くなっている。

図 3.23 に赤外放射量の測定結果を示す。夏季は気温が高いため下向き赤外放射量は増加する。下向き赤外放射量は太陽放射により、下層大気が暖められる日中に大きくなる。日没と同時に減少していることから終日雲の影響が小さいことが確認できた。上向きの赤外放射量は冬季に比べ小さい値を示している。夜間は $50[\text{W}/\text{m}^2]$ 程度、日中は平均 $80[\text{W}/\text{m}^2]$ 程度だった。

図 3.24 に各棟の熱量と室内外気温の測定結果を示す。日中の取得熱量が平均 $18[\text{W}]$ 程度となっている。3月30日の測定結果 (図 3.12) と比較すると、貫流分も含めた値ではあるがピークとなる正午で約 2.5% しか取得できていないことになる。日中の開口部の貫流分として室内に侵入する熱量だけで内外温度差 $10[^\circ\text{C}]$ と仮定すると、少なくとも $70[\text{W}]$ 程度は熱量として測定できていなければならない。明らかに取得熱量が不足していた。これは 2010 年も 2011 年も全て夏季は同様の結果となった。

恒温水槽の温度設定を「冷房モード」として、 $17[^\circ\text{C}]$ 以下に冷媒温度が下がると $22[^\circ\text{C}]$ になるまで冷媒が循環するだけのモードとなっていた。そのため、夜間の室内温度及び取得熱量が波型になっている。

図 3.25 に室内外温度と各面の放射温度を示す。熱交換器放射温度をみると、日中は恒温水槽設定温度にほぼ近い値を示した。

図 3.26 に日射熱取得率・熱貫流率及び風速の測定結果を示す。図 3.24 で示した取得熱量が不足しているため、日射熱取得率は終日「0」となった。

式(3.12)で算出した直散合計の日射熱取得率が正しければ、散乱日射の占める割合の高いこの季節は3月30日とは逆の凹型の傾向を示すはずである。

夜間の熱貫流率については、冷媒温度が一定に供給されていないことが原因だが、 $17[^\circ\text{C}]$ 以下になり再び冷房運転開始するまでの単純な冷媒循環状態のときに安定して $2.2\sim 2.3[\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})]$ 程度となった。外部風速はほぼ $0.2[\text{m}/\text{s}]$ と穏やかな風速であり、自然対流と仮定すると計算と一致している。

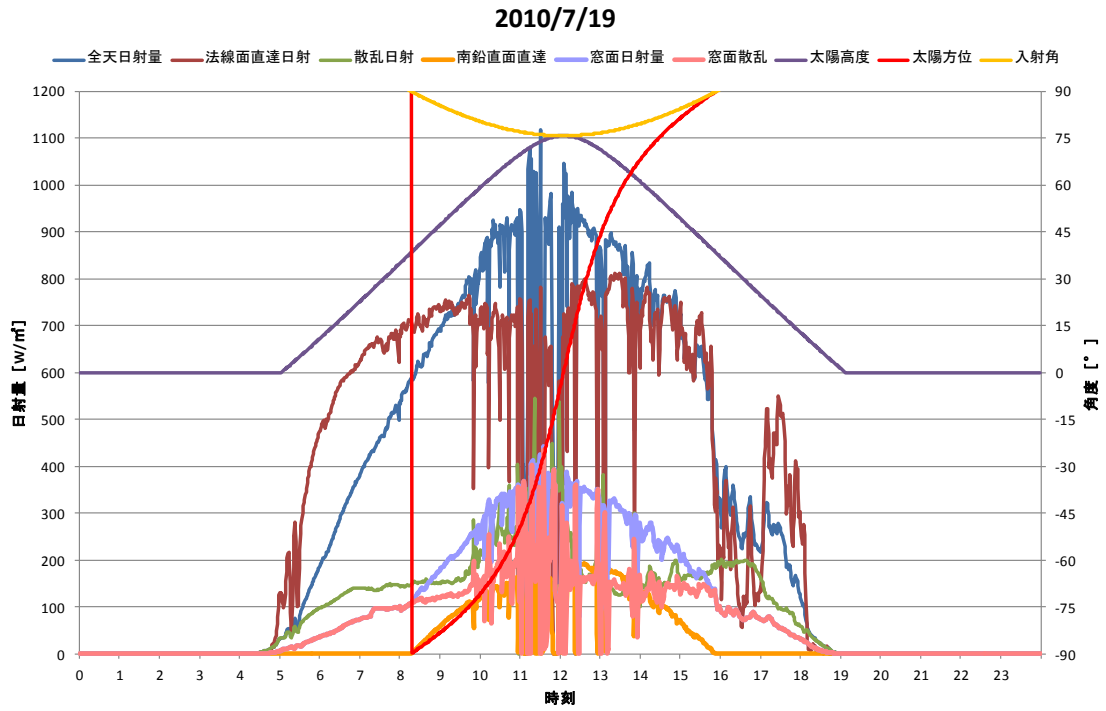


図 3.22 屋外環境（日射）測定結果（2010/7/19）

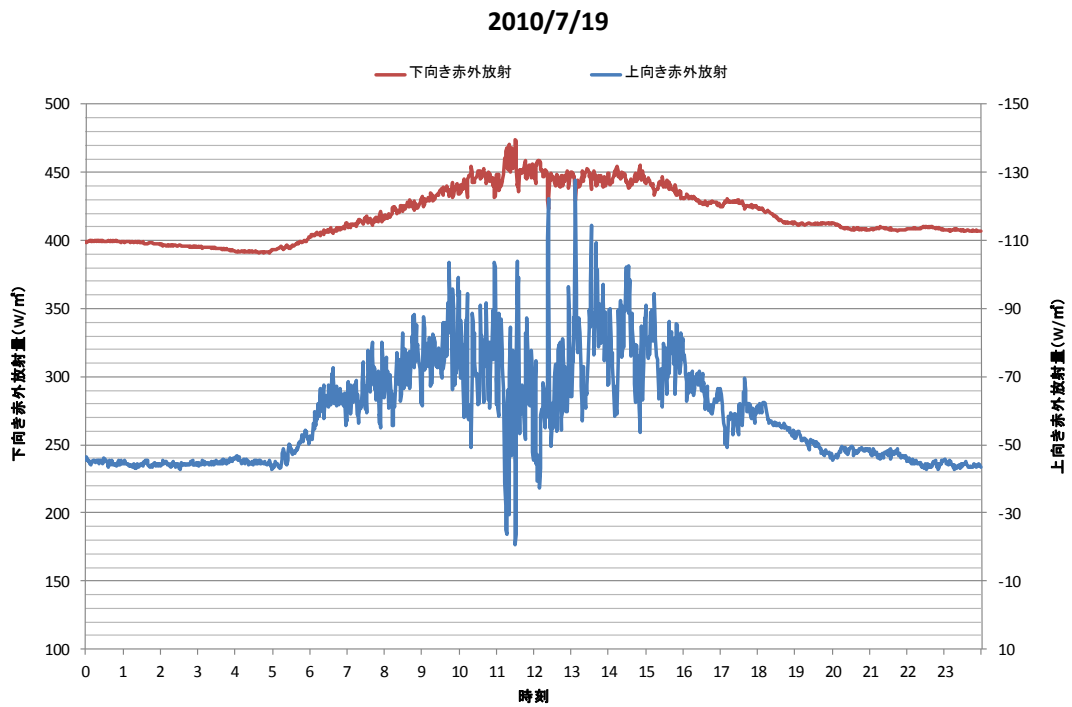


図 3.23 赤外放射量測定結果（2010/7/19）

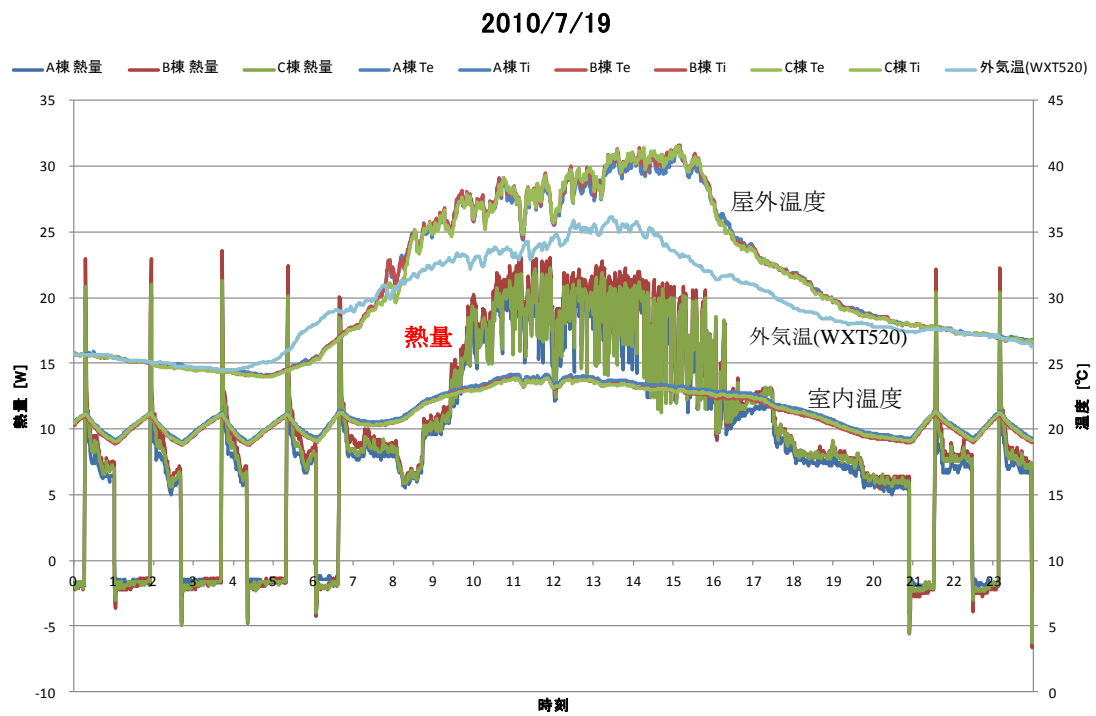


図 3.24 各棟の熱量と室内外気温の測定結果 (2010/7/19)

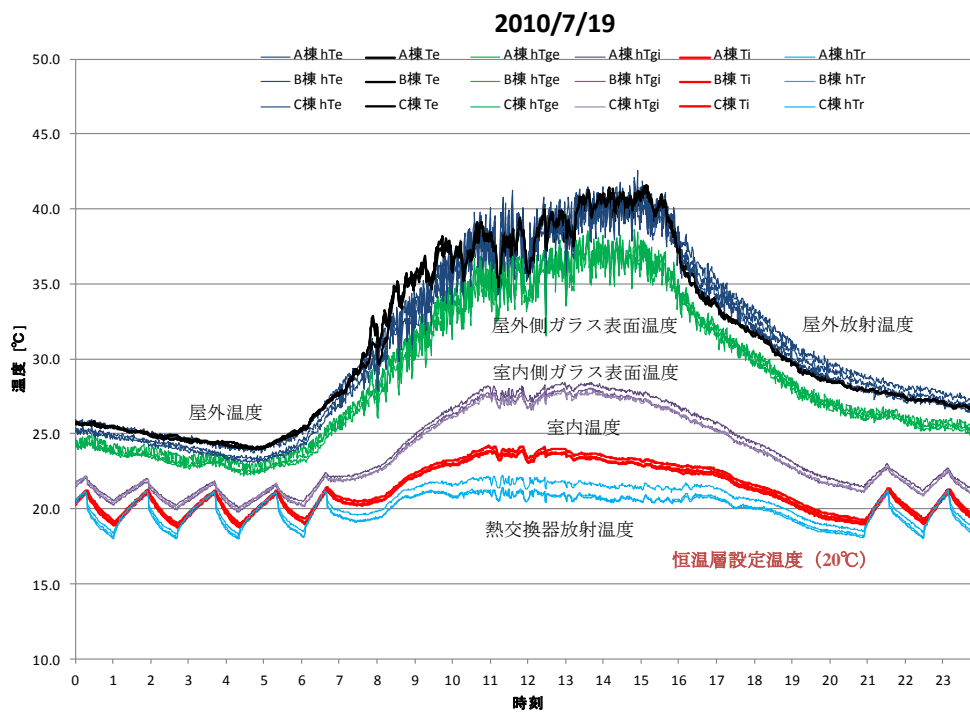


図 3.25 室内外温度と各面の放射温度 (2010/7/19)

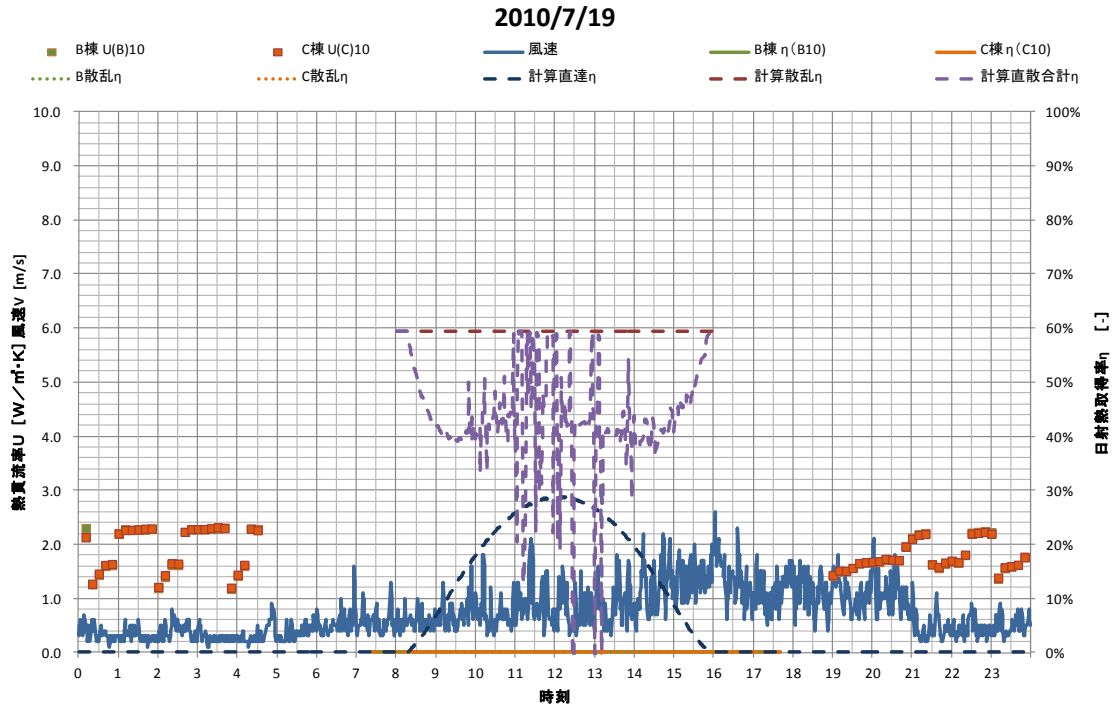


図 3.26 日射熱取得率・熱貫流率及び風速の測定結果 (2010/7/19)

(4) アルベドの確認

計測箱の周辺からの地表面反射率（アルベド）について確認を行った。
 地表面反射日射量($I_{T,r}$)は次式により求めることができる。

$$I_{T,r} = I_G \frac{1 - \cos \beta}{2} \rho \quad \dots (3.13)$$

ここで

- $I_{T,r}$: 地表面反射日射量 [W/m²]
- I_G : 水平面全天日射量 [W/m²]
- β : 水平面に対する斜面の傾斜角 [°]
- ρ : アルベド [-]

窓は南鉛直面に設置されているため $\cos \beta = 0$ となる。よってアルベド(ρ)は次式で求めることができる。

$$\rho = \frac{2I_{T,r}}{I_G} \quad \dots (3.14)$$

本測定では、式(3.9)に示すように天空分の直達日射量及び散乱日射量を除いた全てを地表面反射日射量と仮定している。そのため、周辺建物（壁）からの反射分も含んでいる。

2010年3月~2011年9月までの間に測定できた月別の日射量とアルベドを図3.27~3.35に示す。4月、10月、11月は窓面日射量の測定データがなかったため除いた。

図3.27~3.35より、計測箱周辺環境のアルベドは春分、秋分を境にしていることが分かった。3月~8月にかけては終日15%一定と扱ってもよい結果となった。9月については、ここには掲載していないがその他の日においても終日25%一定程度となっていた。12月から2月に至っては時間が経過するにつれて、アルベドが増加する傾向だった。

太陽高度が低い冬至前後は地表面以外からの反射成分があったものと考えられる。

アルベドが一定ということは、全て散乱日射で扱ってよいこととなる。よって、周辺建物からの反射分も散乱で扱ってよいことが確認できた。

拡張アメダス気象データでは、コンクリート材のアルベドは10%となっている。本測定では、15%程度であったが、周辺建物からの影響や測定誤差等を考慮するとこの測定結果は妥当であると考えられる

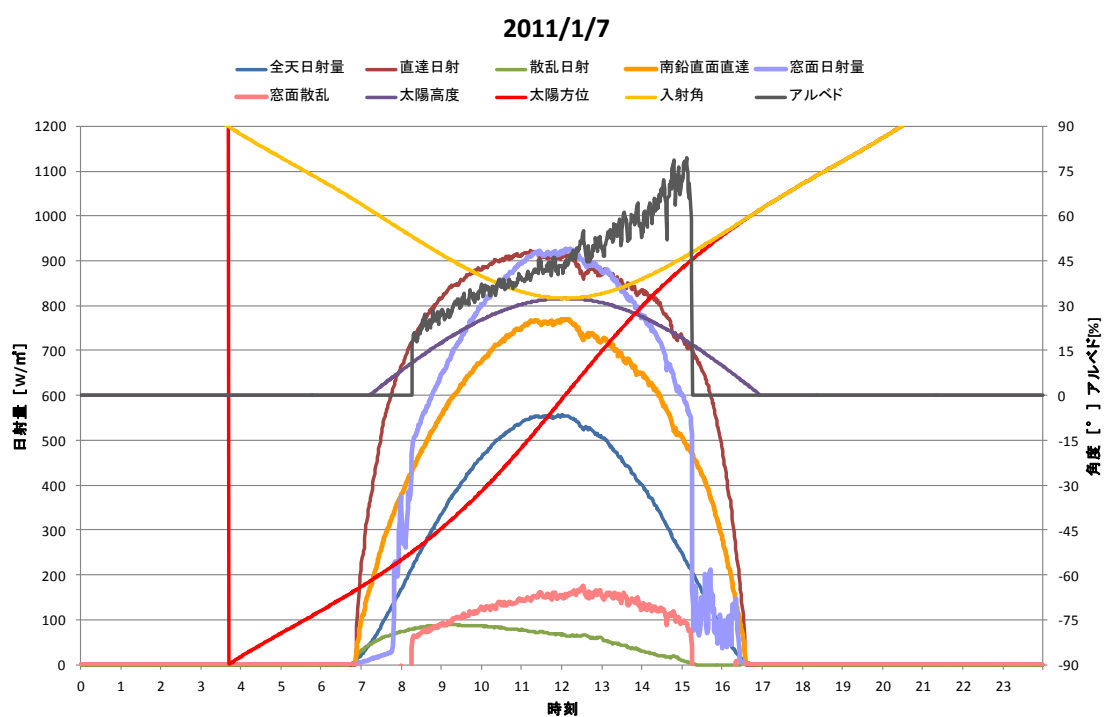


図 3.27 各日射量及びアルベド測定結果（1月）

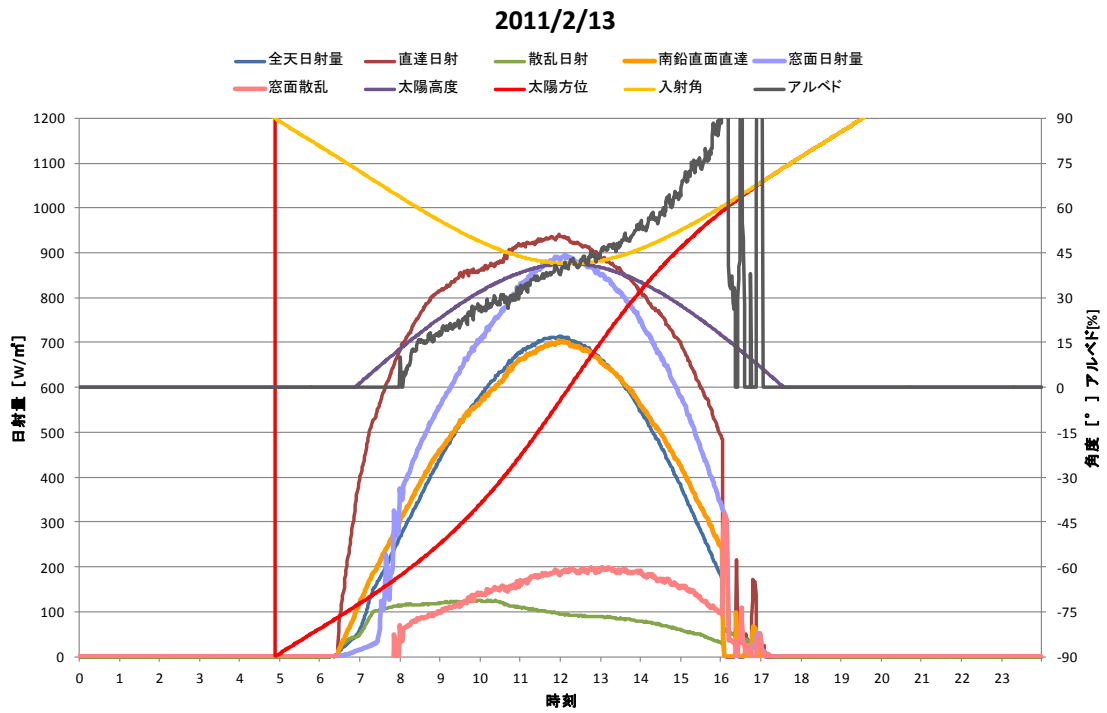


図 3.28 各日射量及びアルベド測定結果 (2月)

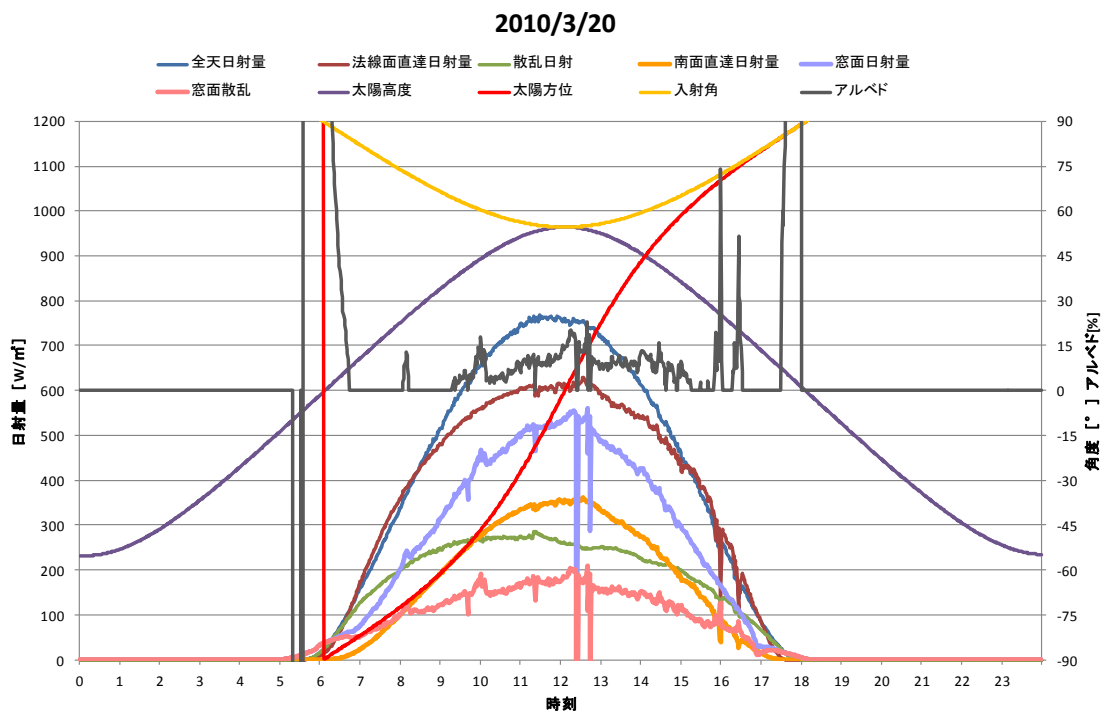


図 3.29 各日射量及びアルベド測定結果 (3月)

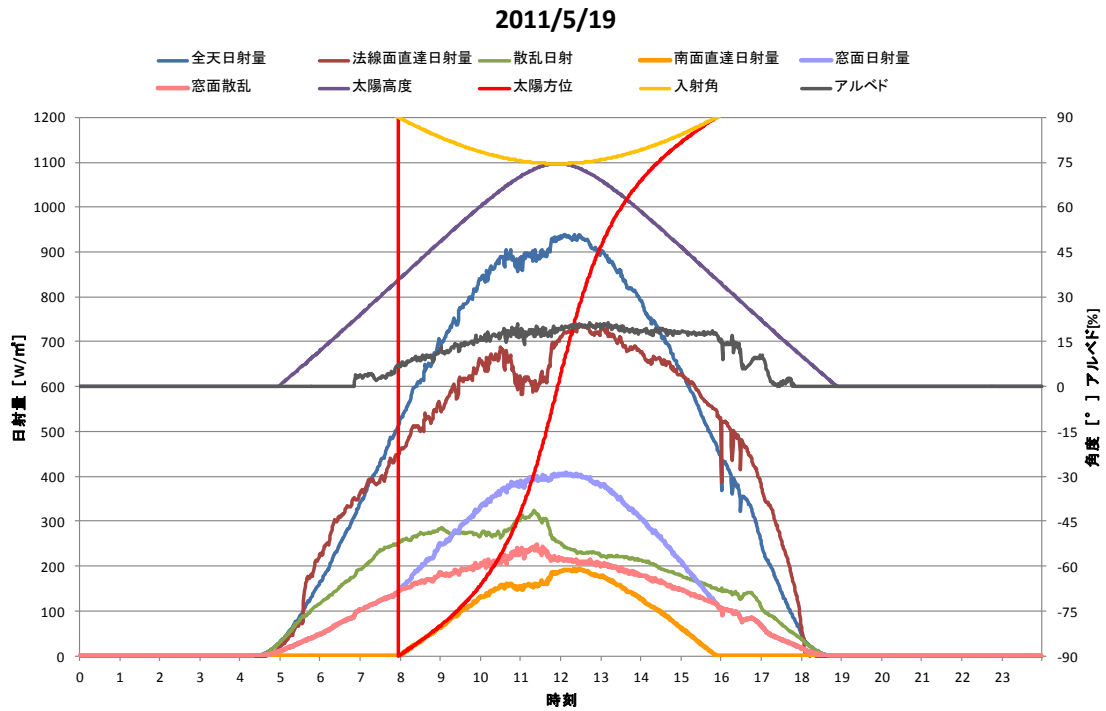


図 3.30 各日射量及びアルベド測定結果 (5月)

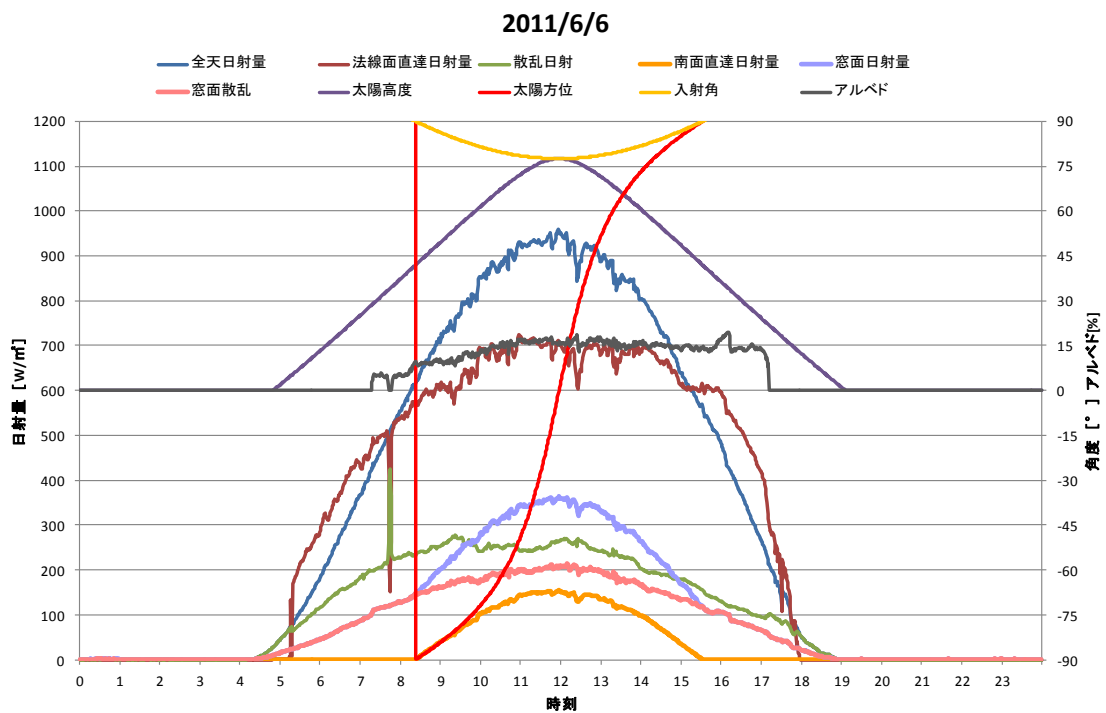


図 3.31 各日射量及びアルベド測定結果 (6月)

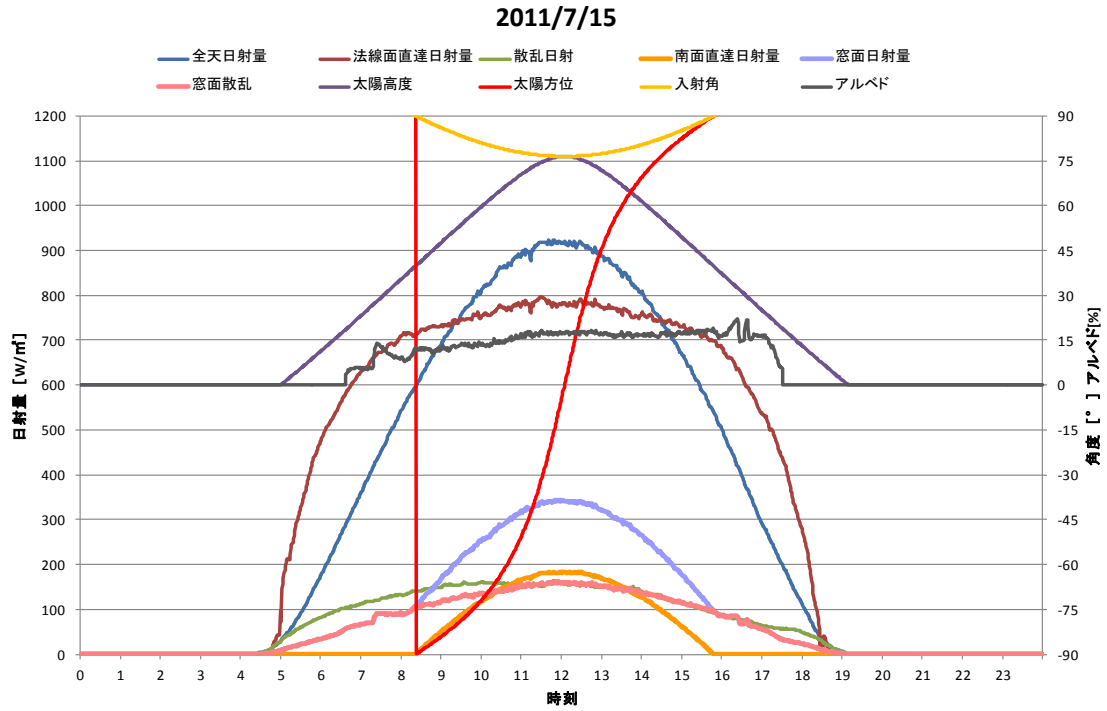


図 3.32 各日射量及びアルベド測定結果 (7月)

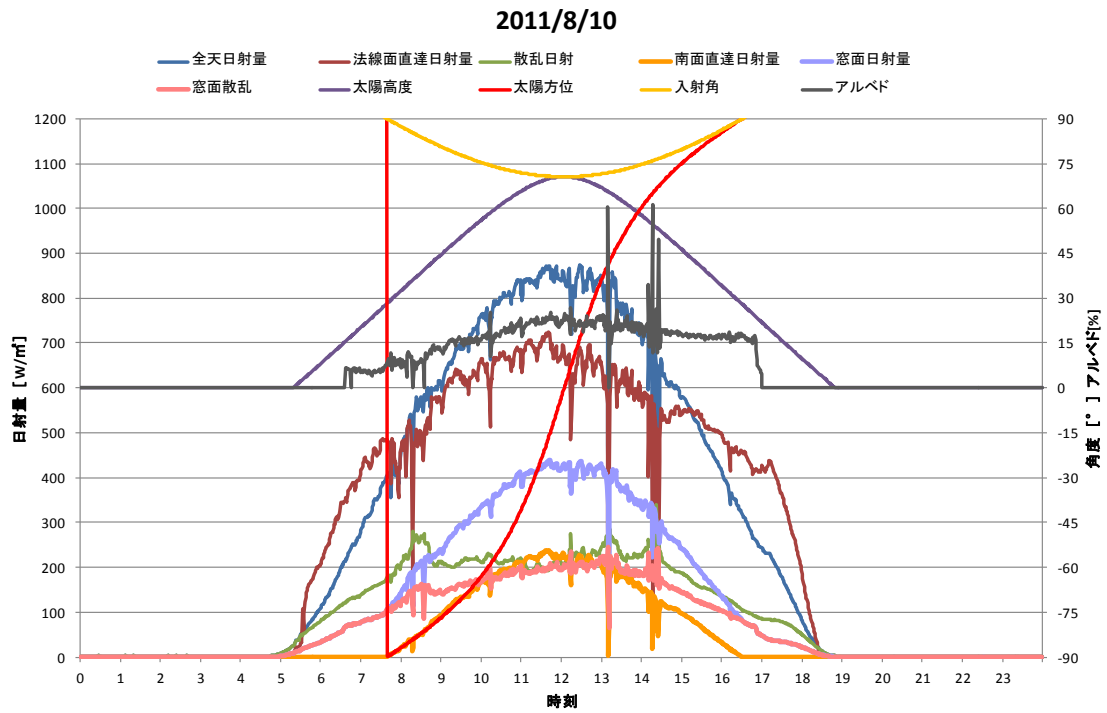


図 3.33 各日射量及びアルベド測定結果 (8月)

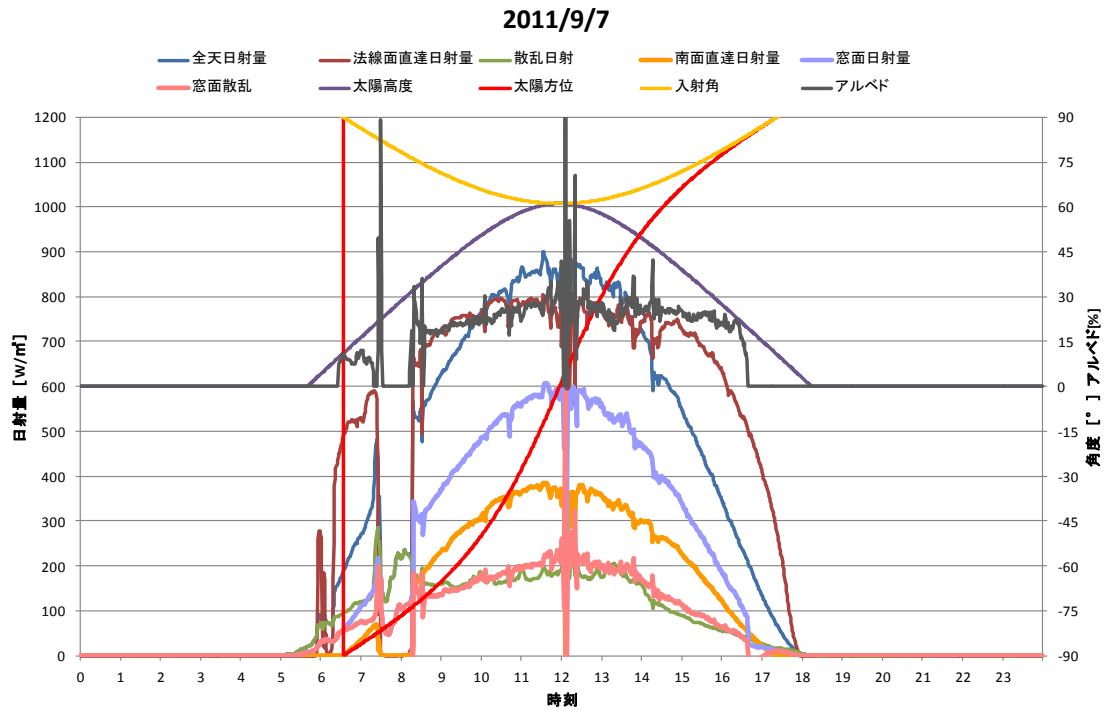


図 3.34 各日射量及びアルベド測定結果 (9月)

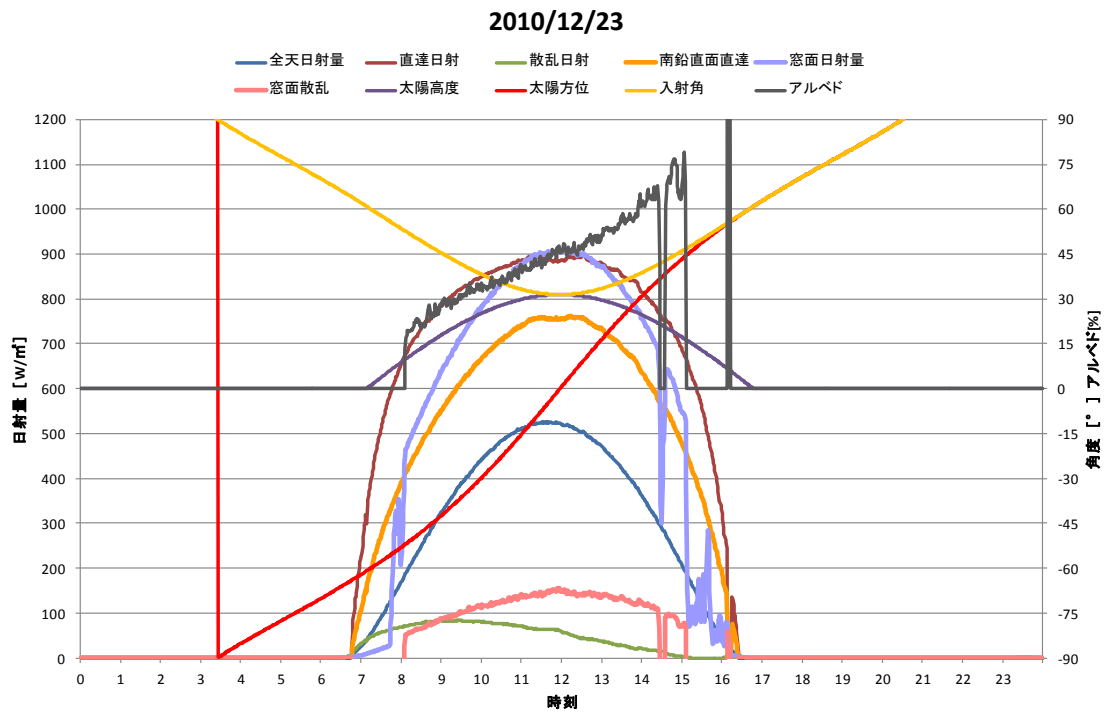


図 3.35 各日射量及びアルベド測定結果 (12月)

3.5 まとめ

第3章では、窓が実際に設置される状態で時々刻々変化する日射に対する日射熱取得率の簡易測定法について整理した。また、本測定法で測定可能な熱貫流率の簡易測定法についても整理した。計測箱は一般家庭で用いられる物置の壁面に開口を設け試験体を設置した。開口部以外の壁面から貫流熱損失が発生しづらいように断熱材で恒温室を作った。取得熱量は黒色に塗装したラジエータに日射熱を吸収させ、ラジエータ内部で循環している冷媒の出入口温度差及び流量で測定した。日射の熱源は、太陽そのものを扱ったフィールドテスト方法とした。試験体は屋内測定装置（日射熱取得率測定装置）で予備測定を行い、熱貫流率及び垂直入射時の窓全体の日射熱取得率において計算結果と測定結果に差異がないことを確認した。

得られた知見を以下にまとめる。

① 本測定で得られた窓の日射取得率は、快晴日例（3月30日）でも曇天日例（4月9日）でもフレームや斜入射によるフレームから落とす影の影響、ガラスの多重反射を考慮した計算結果と一致した。これにより、窓面に照射される直達日射量及び散乱日射量が把握できれば照射される比率と計算により求めた直達成分及び散乱成分の日射熱取得率を用いることで合算された日射取得率を簡易に求めることが可能であることを示した。

② 日射の影響を受けずに貫流分の評価が行える夜間に測定を行った窓の熱貫流率は、JIS規格の計算法や試験法による値よりも小さい値を示した。これは、JIS規格は外部風速を4[m/s]で評価しているためである。測定した時刻の外部風速が自然対流程度の微風である場合は室外側の表面熱伝達率を室内側表面熱伝達率と同じと仮定することで、計算結果と測定結果が一致した。

③ 本測定装置に用いられた9枚の冷却板の放射温度は、日射が当る午前、正午、午後ともに受熱している部分が受熱しない部分よりも温度が高いことが確認できた。また日中雲が発生した場合は、全ての面が同一温度となっていることが確認できた。夜間はコールドドラフト現象により下部が上部よりも冷やされているが水平方向は均等な温度となっていた。これにより冷媒が均等に流れ正しく測定できていることが確認できた。

④ 地表面反射率（アルベド）は、日射計を下向き水平に設置して測定せず、窓面同様、鉛直に設置した状態で測定した結果を用いた。その結果、3月～8月の太陽高度の高い季節は終日15%程度一定となっていることがわかった。これにより、周辺壁面からの反射成分も散乱日射で扱ってよいことを示した。太陽高度の低い季節は、時間が経過するにつれアルベドが高くなることがわかった。太陽高度が低い場合、窓面に対して水平近くなるため、鏡面反射を起こし易い材料の影響を受け易くなることを示した。

参考文献

- 1) 赤坂裕、伊丹清、二宮秀與：玄関ドアの熱貫流率の計算法,日本建築学会環境系論文集, No.502,1997.12
- 2) 伊丹清、赤坂裕、二宮秀與：窓の熱貫流率の計算法その1,開き窓の計算値と試験値の比較,日本建築学会環境系論文集, No.523,1999.9
- 3) 二宮秀與、赤坂裕、伊丹清：窓の熱貫流率の計算法その2,引違い窓の計算値と試験値の比較,日本建築学会環境系論文集, No.576,2004.2.
- 4) 遮熱計算法に関する研究報告書, (社)リビングアメニティ協会, 平成13年度(2002.3), 平成14年度(2003.3), 平成15年度(2004.3), 平成16年度(2005.3), 平成19年度(2008.3)
- 5) JIS A 4710:2004, 建具の断熱性試験方法
- 6) JIS R 3106:1998, ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法
- 7) JIS R 3107:1998, 板ガラス類の熱抵抗及び建築における熱貫流率の算定方法
- 8) SMASH for Windows Ver.2 ユーザーマニュアル：(財)建築環境・省エネルギー機構,2004
- 9) AE-Sim/Heat 操作マニュアル：(株)山内設計室,2009
- 10) 倉山千春：開口部の日射熱取得率測定法に関する研究 開口部の断熱・遮熱性能 その1, 日本建築学会環境系論文集, 第604号, pp.15-22, 2006.6
- 11) 田中俊六 他：最新建築環境工学,井上書院,1989
- 12) 赤坂裕他：拡張 AMeDAS 気象データ 1981-2000,日本建築学会,2005

第4章 カーテンウォールの熱性能計算法

4.1 はじめに

我が国の「エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネ法）」¹⁾における「建築主の判断基準：省エネルギー基準」²⁾では、建築外皮の熱性能はPAL（Perimeter Annual Load, 年間熱負荷係数）で評価されている。PAL 計算では外壁、屋根、窓等の建築外皮を構成する各部位の断熱性能値として熱貫流率（ U 値）、遮熱性能値として日射熱取得率（ η 値）を用いて、建築物の暖房期間、冷房期間そして年間の空調負荷を算出している。

開口部は、壁と比較すると熱性能が劣るため PAL 値は開口部の仕様に強く影響される。建築物の省エネルギー基準の計算の手引³⁾には各種窓の熱貫流率（ U 値）と日射熱取得率（ η 値）が整理されており、一覧表に登録された窓種の中から該当する窓の性能値を引用することとなっている。しかしながら、現行の一覧表に掲載された窓の U 値及び η 値は、ガラス部分のみあるいは、ブラインドを含む性能値を整理したものであり、窓枠フレーム（以後フレーム）の影響を考慮していない点が問題となっている。この問題に対し、我々は、フレームを考慮したビル用窓の簡易計算法を提案し、フレームの影響が無視できないオーダーであることを明らかにした⁴⁾。

本章では、PAL 等の非住宅建築を対象とした簡易な年間暖冷房負荷計算にフレームを考慮したガラスカーテンウォール（以後カーテンウォール）の評価方法を追加することを目的として、基本となる計算法を提案し、フレーム各部の性能を整理する。なお、本研究では物件毎に形状の異なるオーダーメイド品は除く。

カーテンウォールの汎用的計算法の国際規格は、断熱性能については現在 DIS の審議中である。遮熱性能については情報がない。

このため ISO 10077-1⁵⁾、ISO 10077-2⁶⁾、ISO/DIS 12631⁷⁾、ISO 15099⁸⁾そして日本での既往の研究^{9,10)}に基づき、計算方法を定め、解析モデルを作成・計算することとする。

4.2 ビル用開口部の分類

4.2.1 日本におけるビル用開口部の分類と構成比率

ビル用窓は、大きく分けて3つの形態に分類される。

一つは単体窓である。躯体開口に単独で取り付けられた窓であり、ホテルの客室や住宅用窓では大部分がこれにあたる。二つ目は連窓・段窓である。単体窓が連窓方立や段窓無目によって上下左右に連結された窓である。三つ目はカーテンウォールである。



図 4.1 単体窓、連窓・段窓の外観イメージ



図 4.2 カーテンウォールの外観イメージ

カーテンウォールのフレーム部材は方立、無目がある。ガラスや腰部のパネル材を支持し、それらにかかる風圧を躯体に伝える構造的な役割を担うと共に、部材自体が意匠上の特徴となっている。物件毎に強度や耐震性等要求される性能、意匠性が異なるため、各サッシメーカーでは標準商品を用意しているが、オーダーメイド対応も多い。

図 4.1 に単体窓、連窓・段窓、図 4.2 にカーテンウォールの外観姿イメージ図を示す。

日本国内におけるビル用窓の使用構成比率（サンプル数：2234）を紹介する¹¹⁾。

図 4.3 にアルミ製ビル用開口部の製品区分別構成比（建具面積比）、図 4.4 にカーテンウォールの製品区分別構成比（件数比、建具面積比）、図 4.5 にサッシとカーテンウォールの色別構成比（建具面積比）を示す。

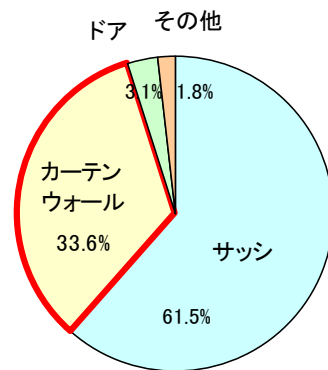


図 4.3 アルミ製ビル用開口部の製品区分別構成比(建具面積比)

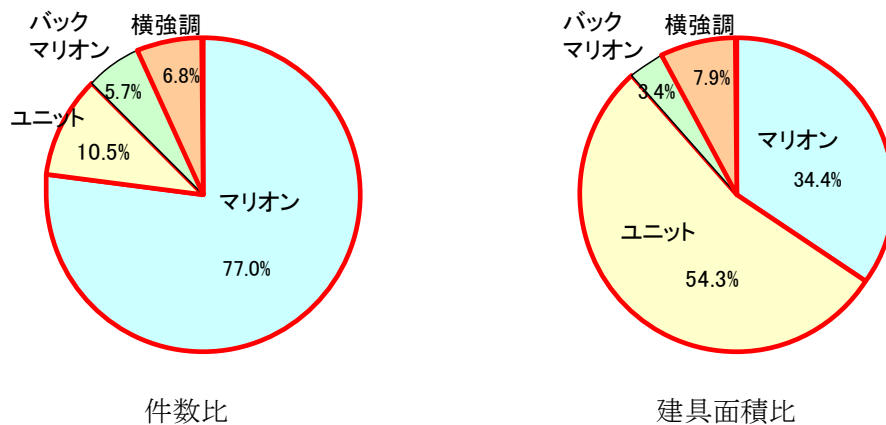


図 4.4 カーテンウォールの製品区分別構成比(件数比と建具面積比)

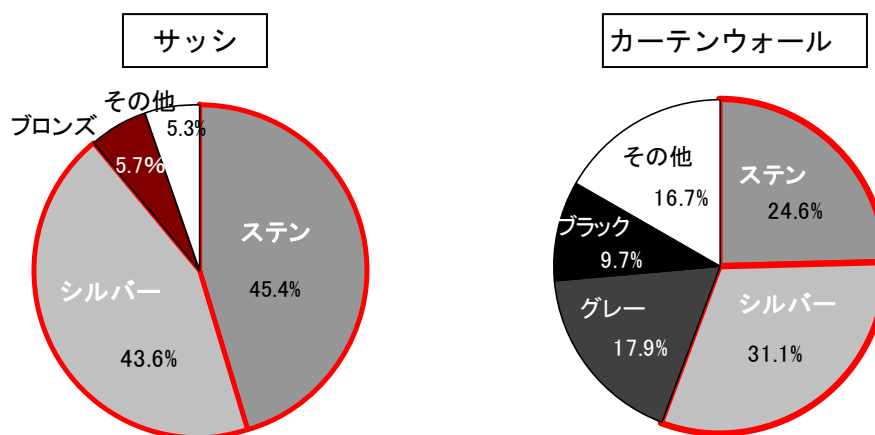


図 4.5 アルミ製品色別分別比(建具面積比)

図 4.3 より、単体サッシ、連窓・段窓といったサッシが 60%以上を占めているが、カーテンウォールも 34%程度装着されている。これにより、ビル用開口部を評価する上で、カーテンウォールを無視できないことがわかる。

図 4.4 より、カーテンウォールはマリオンタイプとユニットタイプで約 90%を占めていることがわかる。件数比ではマリオンの構成比率が高いが、建築面積比ではユニットの構成比率が高いことがわかる。これは、建物が中小規模の場合は、製品コストの安いマリオンを用いるが、建物が大規模になる場合は、作業工程を短縮でき、トータルでコストダウンが可能になるユニットを用いることが多いためである。但し、大規模な建物の場合、フレームはオーダーメイド対応になることが多い。

図 4.5 より、フレームの色は、ステンカラー、シルバーの比率が高いことがわかる。サッシでは、この 2 色で 90%を占めている。これは、外皮の面積構成比率が開口部に比べ壁の方が高く、建物の規模が大きいことによる周囲環境との調和から明るい色の外壁を使用することが多いため、サッシフレームも壁に対して強調せず合わせやすい色を選択していることが原因と考えられる。しかし、カーテンウォールは、建物の外観ファサードの重要な要素であり、意匠性が重要視されているため、アクセントとしてグレーやブラックのような濃い色を用いられている場合があると考えられる。

4.2.2 カーテンウォールの分類

カーテンウォールの構成材は、開口部、腰部のガラスやパネルをどのように支持するか、それらにかかる風圧をどのように躯体に伝えるかという構造的な役割を担っていると共に意匠上の特徴ともなる。

カーテンウォールは、線状の部材を用いるマリオン方式と、面状の部材を用いるパネル方式の大きく二つに分けることができる。

構成方式によるカーテンウォールの分類を図4.6¹²⁾に示す。またマリオン方式のフレーム材構造別の意匠例を図4.7に示す。

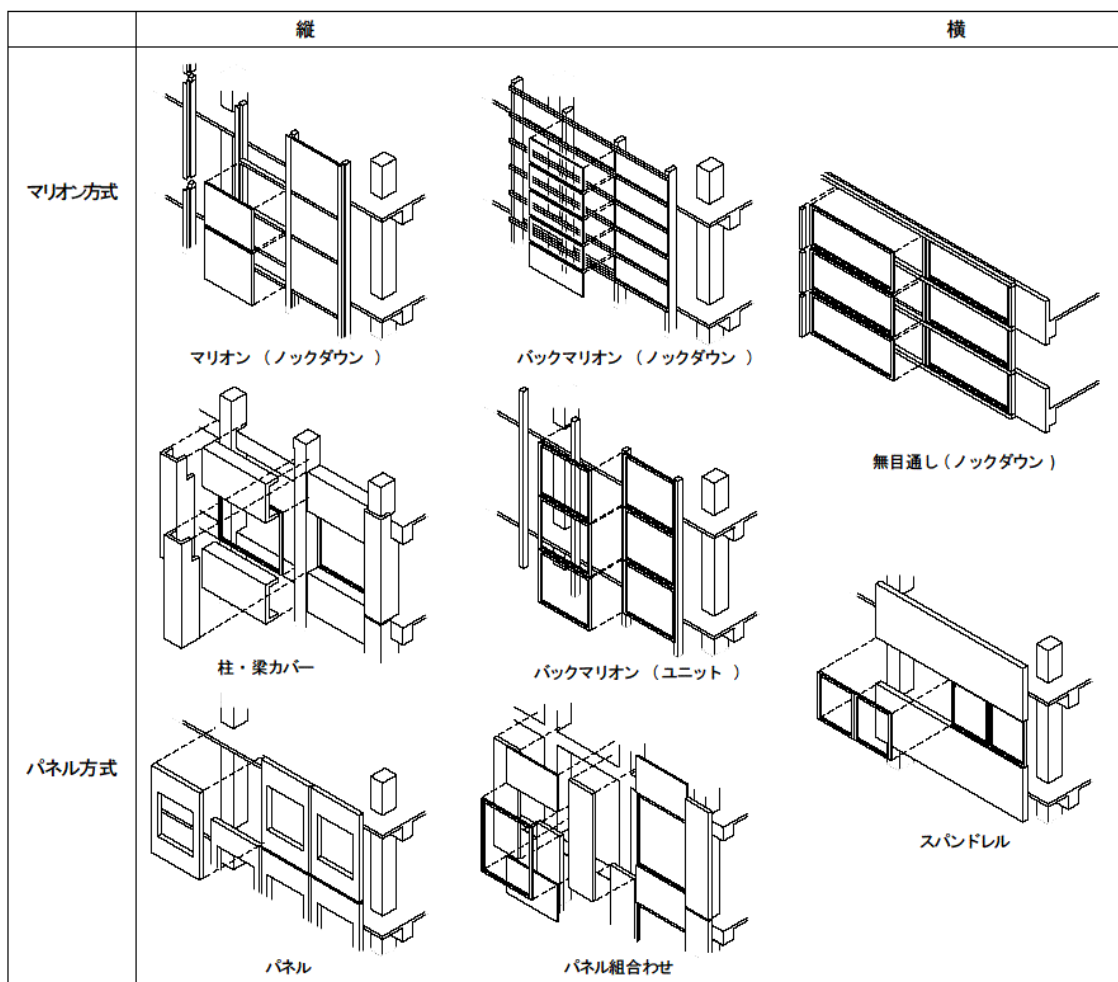


図4.6 構成方式によるカーテンウォールの分類

フレーム材は、99.7%がアルミ製¹¹⁾で、使用用途は、事務所(40.2%)が最も多く、次いで学校の校舎(11.7%)、研究施設(8.8%)、娯楽施設(8.1%)、店舗(5.5%)、宿泊施設(5.4%)、医療・福祉施設(4.8%)で80%以上を占めている¹¹⁾。

フレームを考慮した熱性能という観点から分類すると、パネル方式は、単体窓、連窓・段窓を壁開口の中に納める形態が多く、本研究の対象となる標準的なカーテンウォールはマリオン方式のマリオン、ユニット、横強調の3種類が考えられる。マリオンや横強調は、現地で構成材を組立てるノックダウン方式で、マリオンはガラスを4辺支持し、横強調は上下2辺支持している。縦フレームを室外側に露出しない横強調は、放熱を抑えられるため熱的には有利だが、複層ガラスエッジ部をフレームに隠蔽できないため、国内の市販品は単板ガラス仕様のみとなっている。ユニットは、大規模物件等の現場作業の簡素化を目的として、工場で組立て、現地で順番に取付ける方式である。また、カーテンウォールのフレームは、意匠上ガラス面とフラットを意識する傾向が強く、ガラス面と段差を極力なくす形状が主流となっている。フレームの断熱化については明確な数値が公表されていないが、現在でも全体の数%程度と予想される。これは製品コストの問題が主であるが、明確な熱性能の評価方法がないことも原因の一つと考えられる。

熱性能計算という観点から分類すると、パネル方式では、単体窓、連窓・段窓を躯体開口の中に納める形態が多いと考えられる。

よって本研究の対象となるカーテンウォールはマリオンタイプ、バックマリオンタイプ、ユニットタイプの3種類が考えられる。

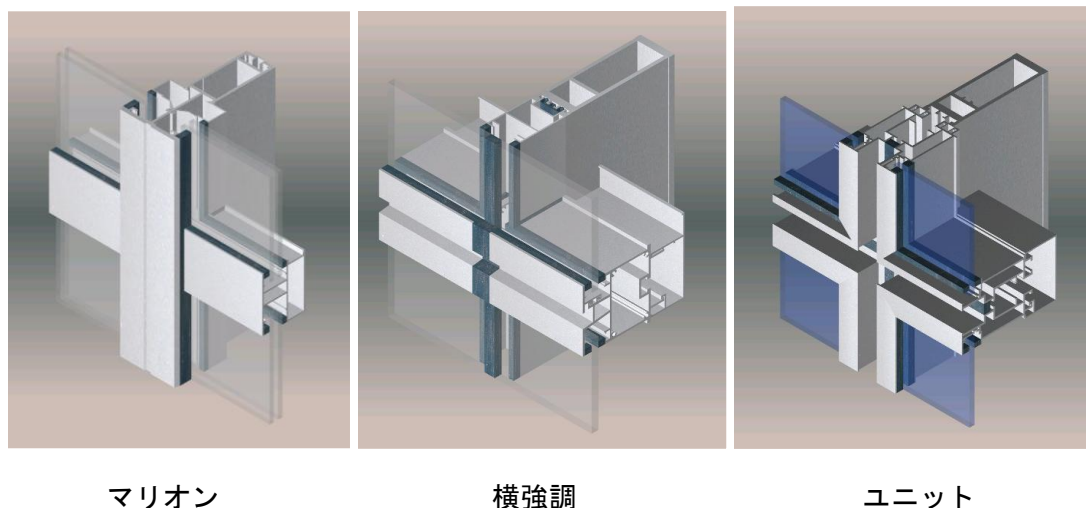


図 4.7 マリオン方式のフレーム材構造別の意匠例

4.3 カーテンウォールの伝熱開口寸法

熱貫流率及び日射熱取得率は、ガラスやフレーム等、構成する部材を面積加重平均して性能を規定するため、対象となる伝熱開口寸法が必要となる。通常の単体窓及び窓が連続する連窓・段窓は、壁の中に開口が設けられているため、伝熱開口寸法を決定する方法は容易であり、定義しやすい。カーテンウォールの場合、現状のPALでは、全面をガラスと仮定して計算を行っているため、開口部、腰部、外壁部と分けし定義することは容易である。しかし、フレームを考慮すると開口部と腰部の間にフレームが存在し連続しているため、分けする伝熱開口寸法が現状では明確に定義されていない。

そこで、ISO/DIS 12631⁷⁾を参照し、基準階高さを伝熱開口寸法高さとして仮定する。図4.8にカーテンウォールの基準階姿図と縦断面図を示す。通常カーテンウォール建築では、基準階が連続することが多いため、基準階1層分を伝熱開口面積と定義し、開口部と腰部を一体として熱性能を評価する。

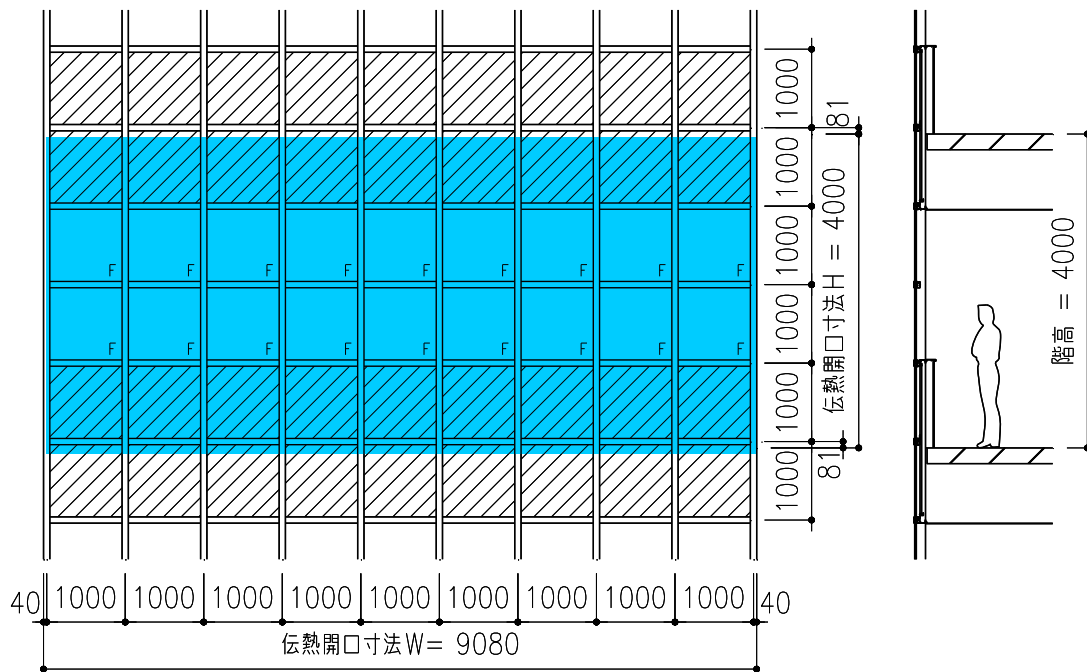


図4.8 カーテンウォールの基準階姿図と縦断面図

カーテンウォールの伝熱開口H寸法は、階高(=4000mm)と等しい範囲とした。外観割付で4スパン分の寸法と等しくなる。伝熱開口W寸法は、外観方立割付9スパン分の寸法の積算値(=9000mm)に方立の見付寸法(=80mm)を加えたカーテンウォールの外観見付寸法の総和とした。よって、ガラス部、フレーム部、そして腰部パネル部の外観の垂直投影面積が各部の見付け寸法面積となりそれらの総和がカーテンウォール伝熱開口面積となる。

4.4 カーテンウォールの断面のモデル化

図 4.9 にカーテンウォールの姿図、縦・横断面図を示す。

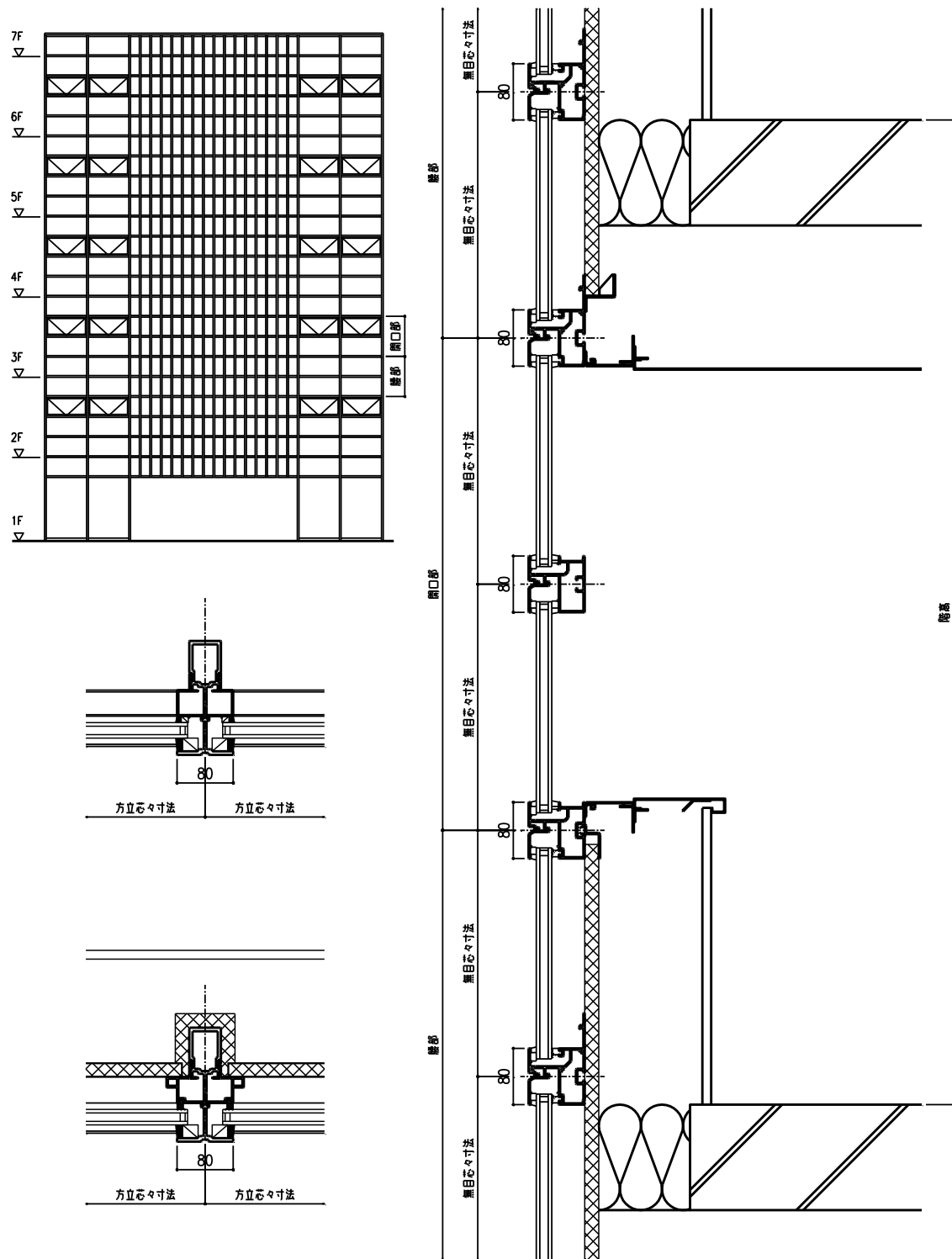


図 4.9 カーテンウォールの姿図、縦・横断面図

図4.9の縦断面図では、開口部と腰部を分ける寸法押しえ位置は、無目芯としているが、実際は明確な基準はなく、額縁内法という考えや額縁のついた上部無目のフレーム上端から下部無目のフレーム下端までという考え等、個人や組織の判断によっている。

フレーム部の解析モデル化の範囲は、ISO 10077-2⁶⁾に準拠する。

図 4.10 にマリオン（複層ガラス用）の解析モデル例を示す。方立の両端部は、外壁と接するため断熱境界が方立の半分覆う納まりもあるが、ここでは中間の方立と同じ扱いとした。よって、開口部と腰部を一体の開口と定義すると、図 4.10 のように 6 断面のモデル化となる。フレーム以外のガラス及び腰パネルの見付け幅 b_g 、 b_{sp} は、断熱性能のよい腰部の解析も行うため、全て 300mm とした。

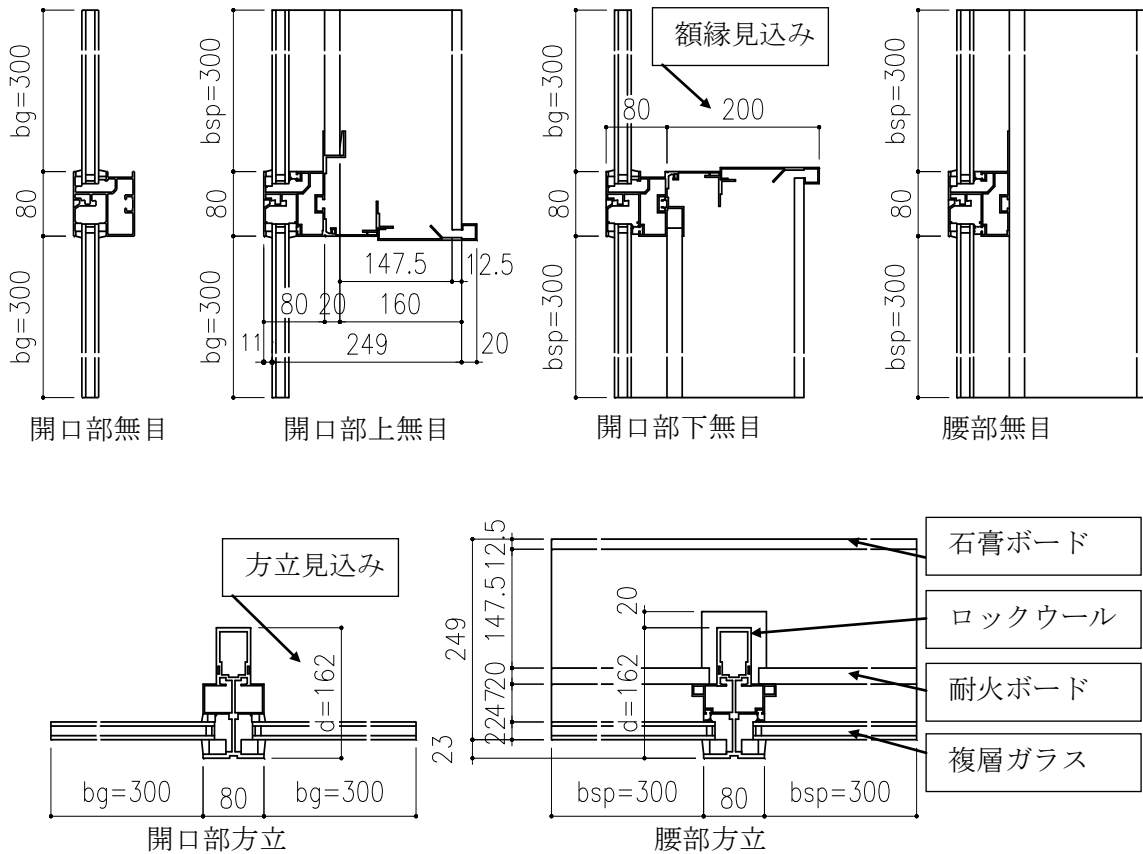


図 4.10 マリオン（複層ガラス用）の各部の解析モデル

4.5 カーテンウォールの熱貫流率計算法

カーテンウォール全体の熱貫流率は算出式(4.1)で整理できる。

$$U_{cw} = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_{sp} U_{sp} + \sum A_f U_f + \sum l_g \phi_g + \sum P}{A_{cw}} \quad \dots (4.1)$$

ここで

U_{cw} : カーテンウォール全体の総合熱貫流率 [W/(m²・K)]

U_g : 開口部（ビジョン部）のガラス部の熱貫流率 [W/(m²・K)]

U_{sp} : 腰部（スパンドレル部）のパネル部の熱貫流率 [W/(m²・K)]

U_f : 開口部、腰部のフレーム部の熱貫流率 [W/(m²・K)]

A_{cw} : カーテンウォール全体の伝熱開口面積 [m²]

A_g : 開口部（ビジョン部）のガラス部の見付面積 [m²]

A_{sp} : 腰部（スパンドレル部）のパネル部の見付面積 [m²]

A_f : 開口部、腰部のフレーム部の見付面積 [m²]

l_g : 開口部、腰部のガラス周囲部の長さ [m]

ϕ_g : 開口部、腰部のガラス周囲部の線熱貫流率 [W/(m・K)]

P : 3次元熱流部の点熱貫流率 [W/K]

式には1点(部材連結部や部品)の単位個数当たりの通過熱流量: P が定義されているが、ここでは無いものとする。

フレーム部の断熱性能算出方法は ISO 10077-2⁶⁾に基づき、フレーム部の熱貫流率(U_f)と別に複層ガラススペーサ周辺部の2次元熱流の影響を表す線熱貫流率(ψ_g)を算出する。

解析モデルイメージを図 4.11 に示す。

フレーム部の熱貫流率(U_f)は、フレームに断熱パネルを挿入した断熱パネルモデル (図 4.11(b)) を用いて算出式(4.2) で求める。

$$U_f = \frac{L_f^{2D} - U_p b_p - U_{psp} b_{psp}}{b_f} \quad \dots (4.2)$$

ここで

U_f : 開口部、腰部のフレーム部の熱貫流率 [W/(m²・K)]

U_f^{2D} : 断熱パネルモデルの熱コンダクタンス [W/(m・K)]

U_p : 開口部（ビジョン部）の断熱パネルの熱貫流率 [W/(m²・K)]

U_{psp} : 腰部（スパンドレル部）の断熱パネルの熱貫流率 [W/(m²・K)]

- b_f : 開口部、腰部のフレーム部の見付幅 [m]
- b_p : 開口部（ビジョン部）の断熱パネルの見付幅 [m]
- b_{sp} : 腰部（ビジョン部）の断熱パネルの見付幅 [m]

複層ガラススペーサ部を含むフレームとガラスの間の線熱貫流率(ϕ_g)は、フレームに複層ガラスを挿入した複層ガラスモデル (図 5(a)) と算出式(4.2) で得られる U_f 値を用いて算出式(4.3) で求める。但し、単板ガラスの場合は熱橋効果がないため無視する。

$$\phi_g = L_\phi^{2D} - U_f b_f - U_g b_g - U_{sp} b_{sp} \quad \dots (4.3)$$

ここで

- ϕ_g : 開口部、腰部のガラス周囲部の線熱貫流率 [W/(m・K)]
- L_ϕ^{2D} : 複層ガラスモデルの熱コンダクタンス [W/(m・K)]
- U_f : 開口部、腰部のフレーム部の熱貫流率 [W/(m²・K)]
- U_g : 開口部（ビジョン部）のガラス部の熱貫流率 [W/(m²・K)]
- U_{sp} : 腰部（スペードル部）のパネル部の熱貫流率 [W/(m²・K)]
- b_f : 開口部、腰部のフレーム部の見付幅 [m]
- b_g : 開口部（ビジョン部）の複層ガラスの見付幅 [m]
- b_{sp} : 腰部（ビジョン部）のパネルの見付幅 [m]

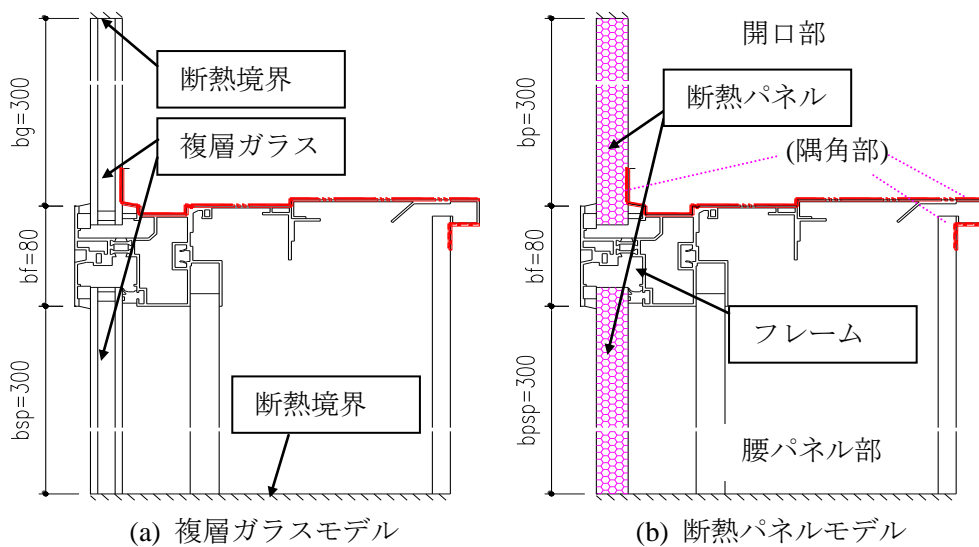


図 4.11 熱貫流率の解析モデルイメージ

4.6 カーテンウォールの日射熱取得率計算法

カーテンウォール全体の日射熱取得率は算出式(4.4) で整理できる。

$$\eta_{cw} = \frac{\sum A_g \eta_g + \sum A_{sp} \eta_{sp} + \sum A_f \eta_f}{A_{cw}} \quad \dots (4.4)$$

ここで

- η_{cw} : カーテンウォール全体の総合日射熱取得率 [-]
- η_g : 開口部 (ビジョン部) のガラス部の日射熱取得率 [-]
- η_{sp} : 腰部 (スパンドレル部) のパネル部の日射熱取得率 [-]
- η_f : 開口部、腰部のフレーム部の日射熱取得率 [-]
- A_{cw} : カーテンウォール全体の伝熱開口面積 [m²]
- A_g : 開口部 (ビジョン部) のガラス部の見付面積 [m²]
- A_{sp} : 腰部 (スパンドレル部) のパネル部の見付面積 [m²]
- A_f : 開口部、腰部のフレーム部の見付面積 [m²]

解析モデルイメージを図 4.12 に示す。

フレーム部、ガラス部、腰部パネル部の日射熱取得率算出方法は、ISO 15099⁸⁾の算出式(4.5)で整理できる。2次元解析モデルに日射受熱の発熱条件を設定したモデル (図 5(a)) を用いて、日射を受けた場合の室内への熱流束から日射を受けない場合 (貫流分) の熱流束を差引いた値を日射強度で除して算出する。

$$\eta_g, \eta_{sp}, \eta_f = \frac{q_{in} - q_{in}(I_s = 0)}{I_s} \quad \dots (4.5)$$

ここで

- η_g : 開口部 (ビジョン部) のガラス部の日射熱取得率 [-]
- η_{sp} : 腰部 (スパンドレル部) のパネル部の日射熱取得率 [-]
- η_f : 開口部、腰部のフレーム部の日射熱取得率 [-]
- q_{in} : 各部の入射日射がある場合の室内への熱流束 [W/m²]
- $q_{in}(I_s = 0)$: 各部の入射日射がない場合の室内への熱流束[W/m²]
- I_s : 入射日射強度 [W/m²]

このとき、算出式 (4.5) に入る q_{in} 及び $q_{in}(I_s=0)$ は、図 4.5(b)に示すようにフレームを含む 2次元熱流計算モデルからガラス単体及び腰部パネル単体の 1次元熱流を差引いて求め

る。そのため、2次元熱流分の影響は、フレームに残ることとなる。

よって、算出式(4.5)のフレーム部の熱流束： $q_{in,f}$ 及び $q_{in,f}(I_s=0)$ の算出式は以下となる。

$$q_{in,f} = \frac{Q_{in} - q_{in,g} \cdot b_g - q_{in,sp} \cdot b_{sp}}{b_f} \quad \dots (4.6)$$

$$q_{in,f}(I_s = 0) = \frac{Q_{in}(I_s = 0) - q_{in,g}(I_s = 0) \cdot b_g - q_{in,sp}(I_s = 0) \cdot b_{sp}}{b_f} \quad \dots (4.7)$$

ここで

$q_{in,f}$: 開口部、腰部のフレーム部の入射日射がある場合の室内への熱流束 [W/m²]

Q_{in} : 入射日射があるモデル全体の室内への熱流束 [W/m]

$q_{in,g}$: 開口部（ビジョン部）のガラス部の入射日射がある場合の室内への熱流束 [W/m²]

$q_{in,sp}$: 腰部（スパンドレル部）のパネル部の入射日射がある場合の室内への熱流束 [W/m²]

$q_{in,f}(I_s=0)$: 開口部、腰部のフレーム部の入射日射がない場合の室内への熱流束 [W/m²]

$Q_{in}(I_s=0)$: 入射日射がないモデル全体の室内への熱流束 [W/m]

$q_{in,g}(I_s=0)$: 開口部（ビジョン部）のガラス部の入射日射がない場合の室内への熱流束 [W/m²]

$q_{in,sp}(I_s=0)$: 腰部（スパンドレル部）のパネル部の入射日射がない場合の室内への熱流束 [W/m²]

b_g : 開口部（ビジョン部）のガラス部の見付け長さ [m]

b_{sp} : 腰部（スパンドレル部）のパネル部の見付け長さ [m]

b_f : 開口部、腰部のフレーム部の見付け長さ [m]

式(4.6)の解析について境界要素法による2次元定常伝熱解析プログラム「TB2D/BEM」¹⁰⁾を用いた場合、このプログラムではガラスの透過分は考慮せず、日射吸収による再放熱分のみ判定している。入力する日射吸収率は多重反射（収束計算）後の値を用いている、腰部のように不透明パネルを用いる場合、パネルも含めた収束計算後の吸収率を入力する必要がある。また、腰部のようにガラス透過後にパネル面で日射を受照する場合、外側のガラスで日射量が減衰する。この部分はパネル面の日射受照割合を透過率分とすることで、対応できるようになっている。

また、ISO 15099⁸⁾では、フレームの熱貫流率(U_f)からフレームの日射熱取得率(η_f)を簡易に求められる計算式を提案している。

$$\eta_f = a_f \frac{U_f}{\frac{A_s}{A_f} h_{ex}} \quad \dots (4.8)$$

ここで

η_f : フレーム部の日射熱取得率 [-]

a_f : フレーム部の日射吸収率 [-]

U_f : フレーム部の熱貫流率 [W/(m²・K)]

A_f : フレーム部の見付面積 [m²]

A_s : フレーム部の室外側露出表面積 [m²]

h_{ex} : 室外側表面熱伝達率 [W/(m²・K)]

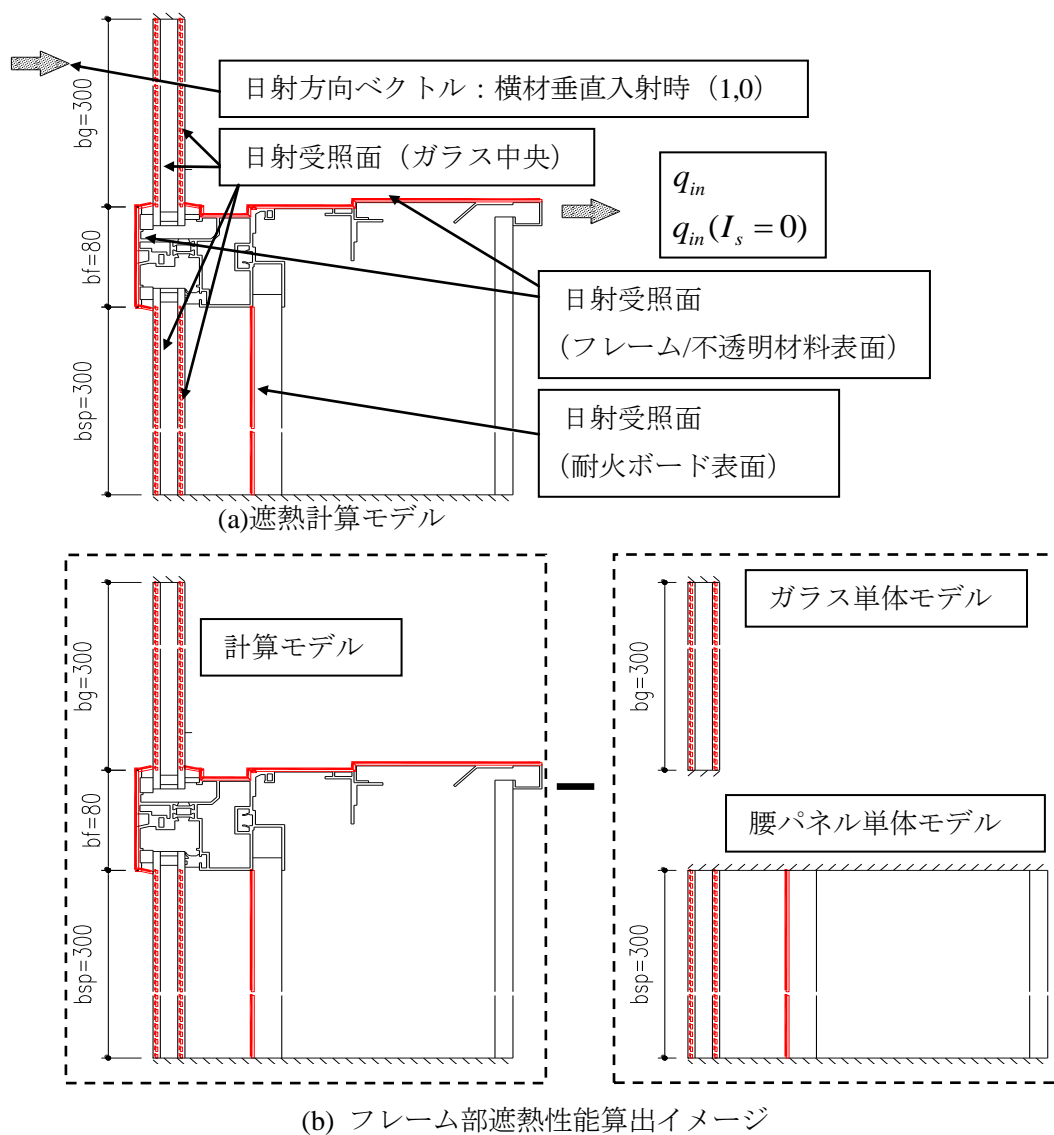


図 4.12 日射熱取得率の解析モデルイメージ

4.7 カーテンウォールの熱性能計算結果

4.7.1 計算モデル条件

図4.3の姿図をモデルケースとして熱性能計算を行った。フレーム及びガラス種類を表4.1に示す。窓種は全て嵌め殺し窓とした。

表4.1中のa)~f)で見込み寸法が複数あるのは、一般用、吹抜け用等の強度が異なる部材が存在するためである。

カーテンウォールの伝熱開口H寸法は、階高(=4000mm)と等しい範囲とした。これは外観割付で4スパン分の寸法と等しくなる。伝熱開口W寸法は、外観方立割付9スパン分の寸法の積算値(=9000mm)に方立の見付寸法(=60,75,80mm)を加えたカーテンウォールの外観見付寸法の総和とした。

よって、フレーム部、ガラス部及び腰パネル部の外観の垂直投影面積が各部の見付け寸法面積となり、それらの総和が計算対象となるカーテンウォールの伝熱開口面積となる。

フレームはメーカー標準品とし、アルミ及びアルミ熱遮断構造(以後熱遮断)で市販されているマリオン、ユニット、横強調とした。

各フレーム種の見付け及び見込み寸法は、主要メーカー3社を調査し、標準的な寸法であることを確認した。

ガラスはフレーム種類に合わせ、単板:FL10及び複層:FL5+A12+FL5を用いた。腰部の耐火ボードは、20mm厚(耐火30分)、額縁見込みを200mm(横強調は250mm)とし、内壁の石膏ボード12.5mmまでをモデル化した。また改定建築基準法¹³⁾に基づき、腰部方立のまわりに防火用ロックウール20mmを被覆したモデル(図4.4)とした。

表4.1 計算対象フレーム種及びガラス種

フレーム種類	材質	見付 [mm]	見込 [mm]	ガラス種 [mm]		
a) マリオン (単板ガラス用)	アルミ	方立	60	162, 212, 297	開口部 腰部	FL10
		無目	60	80		
b) マリオン (複層ガラス用)	アルミ	方立	80	162, 212, 297	開口部 腰部	FL5+A12+FL5
		無目	80	80		
c) マリオン (複層ガラス用)	熱遮断	方立	80	162, 212, 297	開口部 腰部	FL5+A12+FL5
		無目	80	80		
d) ユニット (単板ガラス用)	アルミ	方立	75	250	開口部 腰部	FL10
		無目	80	100		
e) ユニット (複層ガラス用)	アルミ	方立	75	250	開口部 腰部	FL5+A12+FL5
		無目	80	100		
f) 横強調 (単板ガラス用)	アルミ	方立	60	180, 210, 260	開口部 腰部	FL10
		無目	80	80		

※e)のユニットは複層ガラス用だが、腰部は単板ガラスを用いる仕様。

4.7.2 設定条件、物性値

表 4.2 に計算に用いた各種設定条件を、表 4.3 に使用した材料の物性一覧を示す。本計算では、内外の表面熱伝達率は ISO10077-2⁶⁾に準じた。フレーム色は出荷数の多いステンカラーを想定し、日射吸収率 $a : 0.50^{10)}$ とした。また耐火ボード（ケイ酸カルシウム板）の表面仕上げ色は明暗を想定し、 $a : 0.2, 0.5, 0.8^{10)}$ とした。計算解析ソフトは、境界要素法による 2次元定常伝熱解析プログラム「TB2D/BEM」¹⁰⁾を用いた。

表 4.2 計算対象フレーム種及びガラス種

計算伝熱開口寸法		$W \times H$	m	9.08 x 4.0
室内側表面熱伝達率		α_i	W/(m ² ·K)	一般部 : 7.69、隅角部 : 5
室外側表面熱伝達率		α_o	W/(m ² ·K)	25
遮熱性能	室内側温度	T_i	°C	25
	室外側温度	T_o	°C	30
	日射量	I_s	W/m ²	500.0
	日射入射角度	θ	°	0
断熱性能	室内側温度	T_i	°C	20
	室外側温度	T_o	°C	0
表面熱伝達率の温度依存性				考慮せず一定とする
中空層等価熱伝導率の温度依存性				条件毎に設定
複層 ガラス 中空層	冬季日射無し条件	λ	W/(m·K)	0.0682
	夏季日射無し条件	λ	W/(m·K)	0.0796
	夏季日射有り条件	λ	W/(m·K)	0.0829

表 4.3 計算対象フレーム種及びガラス種

材料	熱伝導率	日射吸収率
	λ (W/m·K)	a (-)
アルミ (ステンカラー)	160.00	0.50
複層 ガラス (FL5+A12+FL5)	1.00	外:0.1084
		内:0.0803
		0.1880
単板 (FL10)		
ポリサルファイド	0.40	-
ガラススペーサー	26.74	-
軟質ビニル	0.14	0.50
シリコン	0.35	0.50
バッカー材	0.04	-
ケイ酸カルシウム板 (耐火ボード)	0.14	0.2/0.5/0.8
石膏ボード	0.22	-
ロックウール	0.038	-
ポリアミド66	0.26	-

4.7.3 計算結果

(1) フレーム部熱性能計算結果

フレーム種類別部材別のフレームに関する熱貫流率 (U_f)、線熱貫流率 (ϕ_g)、日射熱取得率 (η_f)、の一覧を表 4.4 に示す。

複層ガラスエッジ部とフレームの影響による各部材の線熱貫流率は、各々のフレームが支持する両側のガラス 2 枚分を 1 つのフレーム特性値として算出している。方立端部は片側 1 枚分であるが、全体に対する影響が 0.1~0.2% 程度と小さいため、方立中間部の値を用いる。表 4.4 中の b) 及び c) より、線熱貫流率は、腰部において方立、無目問わずほぼ 0 に等しかった。各部の熱貫流率 (U_f) は、横強調を除いて、開口部まわりに納まるフレーム (図 4.10) の場合、アルミタイプが概ね平均 10 [W/(m²·K)]、熱遮断タイプが概ね平均 5 [W/(m²·K)] となった。腰部内に納まるフレームはそれぞれ開口部まわりに納まるフレームの 1/3 程度となった。各部の日射熱取得率 (η_f) は、耐火ボードの日射吸収率が上がるにつれ減少し、負の値を示す部位もあった。これは、前述 3.4 に示した本計算法に起因した結果と考えられる。フレームの日射熱取得率 (η_f) は、算出式 (5) で求めるが、 q_m 及び $q_m(I_s=0)$ は、図 4.12(b) 及び算出式(4.6)、(4.7) に示すようにフレームを含む 2 次元熱流計算モデルからガラス単体及び腰パネル単体の 1 次元熱流を差し引いて求める。つまり、2 次元熱流分の影響はフレームに残る。さらに、図 4.13 の腰部方立部温度コンターが示すように、腰部内において、ガラスを透過し耐火ボード表面で吸収された熱は、室内と室外の熱抵抗の比で熱の分配がされるが、パネル表面温度がアルミ型材温度よりも高くなることと、熱橋となるアルミ型材の室内側にロックウール 20mm が施工されているため、室内への熱伝導が抑えられ、フレームを通して室外側へ放熱されている。これらの結果が負の値を示したと考えられる。このため、日射吸収率が大きくなると、負の値も大きくなっている。

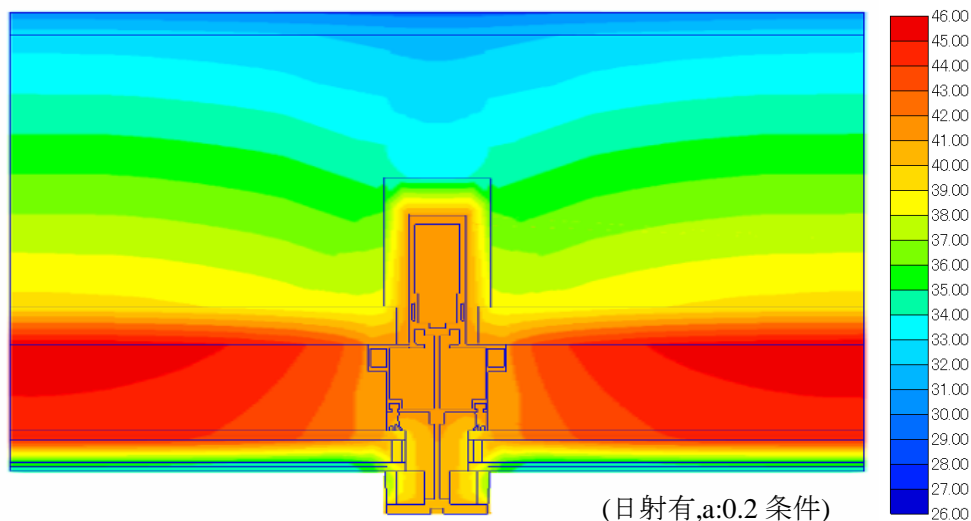


図 4.13 マリオン (アルミ複層用) 腰部方立部温度コンター図

表 4.4 フレーム種類別部材別のフレームに関する熱性能一覧表

a) マリオン (アルミフレーム、単板ガラス用)

タイプ	部位	見付 [mm]	熱貫流率 [W/(m ² ·K)]	線熱貫流率 [W/(m·K)]	日射熱取得率 [-]		
					a= 0.2	a= 0.5	a= 0.8
方立	1 開口部方立 (162mm)	60	14.4	-	0.18		
	1 開口部方立 (212mm)	60	16.3	-	0.20		
	1 開口部方立 (297mm) 吹抜	60	18.4	-	0.23		
	2 腰部方立 (162mm)	60	3.0	-	0.02	-0.05	-0.12
	2 腰部方立 (212mm)	60	3.4	-	0.03	-0.06	-0.14
無目	3 開口部中間無目	60	10.4	-	0.15		
	4 開口部上無目	60	11.4	-	0.34	0.30	0.16
	5 開口部下無目	60	11.6	-	0.26	0.28	0.08
	6 腰部中間無目	60	3.0	-	0.05	-0.03	-0.11

b) マリオン (アルミフレーム、複層ガラス用)

タイプ	部位	見付 [mm]	熱貫流率 [W/(m ² ·K)]	線熱貫流率 [W/(m·K)]	日射熱取得率 [-]		
					a= 0.2	a= 0.5	a= 0.8
方立	1 開口部方立 (162mm)	80	11.7	0.03	0.16		
	1 開口部方立 (212mm)	80	13.3	0.04	0.18		
	1 開口部方立 (297mm) 吹抜	80	15.1	0.05	0.21		
	2 腰部方立 (162mm)	80	3.6	0.00	-0.07	-0.28	-0.49
	2 腰部方立 (212mm)	80	3.9	0.00	-0.06	-0.28	-0.49
無目	3 開口部中間無目	80	8.5	0.02	0.14		
	4 開口部上無目	80	8.4	0.00	0.25	0.17	0.11
	5 開口部下無目	80	9.6	0.04	0.18	0.13	0.11
	6 腰部中間無目	80	3.4	0.00	-0.01	-0.20	-0.38

c) マリオン (熱遮断フレーム、複層ガラス用)

タイプ	部位	見付 [mm]	熱貫流率 [W/(m ² ·K)]	線熱貫流率 [W/(m·K)]	日射熱取得率 [-]		
					a= 0.2	a= 0.5	a= 0.8
方立	1 開口部方立 (162mm)	80	4.6	0.11	0.07		
	1 開口部方立 (212mm)	80	4.8	0.12	0.07		
	1 開口部方立 (297mm) 吹抜	80	5.1	0.14	0.08		
	2 腰部方立 (162mm)	80	1.7	0.00	0.04	-0.18	-0.33
	2 腰部方立 (212mm)	80	2.0	0.00	0.04	-0.18	-0.33
無目	3 開口部中間無目	80	4.6	0.08	0.08		
	4 開口部上無目	80	5.0	0.18	0.19	0.16	0.13
	5 開口部下無目	80	4.9	0.16	0.15	0.17	0.19
	6 腰部中間無目	80	1.8	0.00	0.06	-0.13	-0.27

d) ユニット (アルミフレーム、単板ガラス用)

タイプ	部位	見付 [mm]	熱貫流率 [W/(m ² ·K)]	線熱貫流率 [W/(m·K)]	日射熱取得率 [-]		
					a= 0.2	a= 0.5	a= 0.8
方立	1 開口部方立 (250mm)	75	13.2	-	0.25		
	2 腰部方立 (250mm)	75	3.2	-	0.04	0.04	-0.06
無目	3 開口部中間無目	80	9.1	-	0.12		
	4 開口部上無目	80	8.8	-	0.24	0.24	0.24
	5 開口部下無目	80	8.9	-	0.31	0.29	0.26
	6 腰部中間無目	80	3.3	-	0.07	0.02	-0.03

e) ユニット (アルミフレーム、複層ガラス用)

タイプ	部位	見付 [mm]	熱貫流率 [W/(m ² ·K)]	線熱貫流率 [W/(m·K)]	日射熱取得率 [-]		
					a= 0.2	a= 0.5	a= 0.8
方立	1 開口部方立 (250mm)	75	12.9	0.07	0.16		
	2 腰部方立 (250mm)	75	3.2	- (※)	0.04	0.04	-0.06
無目	3 開口部中間無目	80	8.8	0.03	0.15		
	4 開口部上無目	80	9.1	0.07	0.24	0.24	0.24
	5 開口部下無目	80	9.3	0.07	0.29	0.27	0.25
	6 腰部中間無目	80	3.3	- (※)	0.07	0.02	-0.03

f) 横強調 (アルミフレーム、単板ガラス用)

タイプ	部位	見付 [mm]	熱貫流率 [W/(m ² ·K)]	線熱貫流率 [W/(m·K)]	日射熱取得率 [-]		
					a= 0.2	a= 0.5	a= 0.8
方立	1 開口部方立 (180mm)	60	2.0	-	0.04		
	1 開口部方立 (210mm)	60	2.0	-	0.04		
	1 開口部方立 (260mm) 吹抜	60	2.1	-	0.04		
	2 腰部方立 (180mm)	60	1.2	-	0.08	0.05	0.02
	2 腰部方立 (210mm)	60	1.2	-	0.08	0.04	0.01
無目	3 開口部中間無目	80	11.4	-	0.09		
	4 開口部上無目	80	10.6	-	0.26	0.25	0.15
	5 開口部下無目	80	10.7	-	0.20	0.23	0.09
	6 腰部中間無目	80	3.9	-	0.08	0.05	0.03

※e)のユニット (複層ガラス用) 腰部は単板ガラスを用いているため線熱貫流率は無い

(2) カーテンウォール全体の熱性能計算結果

フレーム熱性能の影響を確認するため、カーテンウォール全体の熱性能を算出した。ガラスは FL5+A12+FL5 を用いて、フレーム考慮無し（全面ガラス）、マリオンのアルミフレーム及び熱遮断フレームを用いた3ケースを腰パネル a:0.2 条件で比較した。カーテンウォール全体及び構成する各部材の熱貫流率（ U ）、通過熱流量（ Q ）、通過熱流量比（ ΔQ ）、日射熱取得率（ η ）、日射熱取得（ $\eta \cdot A$ ）、日射熱取得比（ $\Delta \eta \cdot A$ ）を表 4.5～4.8 及び図 4.14～4.17 に示す。

全面ガラスの条件で計算を行った結果、 U 値：1.93[W/(m²・K)]、 η 値：0.414[-]であった。

表 4.5 及び図 4.14 より、全面ガラスに比べ、フレームを考慮することによるカーテンウォール全体の熱貫流率は、アルミフレームで 149%、熱遮断フレームで 121%に増大することが確認できた。フレームの材質による影響は大きいと言える。

本計算でモデル化した腰部壁厚 200mm は、決して厚くはない。額縁見込み内に設備を納める仕様等であれば、壁厚はさらに厚くなり、腰部パネルの性能は向上する。

当然の結果ではあるが、腰部内に納まる方立、無目は、石膏ボードと耐火ボードと空気層の熱抵抗により断熱されているため開口部に露出している方立、無目に比べ性能がよくなっている。

各部の通過熱流量は、各部の熱貫流率に面積をかけた値である。全体の性能に対し各部の影響がどの程度か見ることができる。表 4.6 及び図 4.15 より、方立、無目を積算したフレーム全体からの通過熱流量は、アルミ：42%、熱遮断：24%だった。この結果からもカーテンウォールの熱性能向上には、ガラス部だけでなくフレームの性能向上が必須であることが分かる。

この熱流量に対しての面積比は、ガラス部、パネル部共に：42%、フレームは 16%となっている。

表 4.7 及び図 4.16 より、全面ガラスに比べ、フレームを考慮することによるカーテンウォール全体の日射熱取得率は、計算した2種類のフレームの材質に関わらず 87%に減少することが確認できた。アルミ及び熱遮断を比較した場合、材質による影響はほぼないと言える。

日射熱取得とは、各部の日射熱取得率に面積を掛けた値である。全体の性能に対し各部の影響がどの程度か見ることができる。

表 4.8 及び図 4.17 より、開口部のガラス部の影響が 87%と大部分を占めている。方立、無目を積算したフレーム全体から 4%、腰部パネルからは耐火ボードの日射吸収率 α を 0.2 としたこともあり、全体の約 9%であった。カーテンウォールの遮熱性能を高めるには、ガラス部の性能向上が支配的であることがわかる。

以上の結果より、断熱性能及び遮熱性能どちらにおいてもフレームを無視できないことが明確となった。

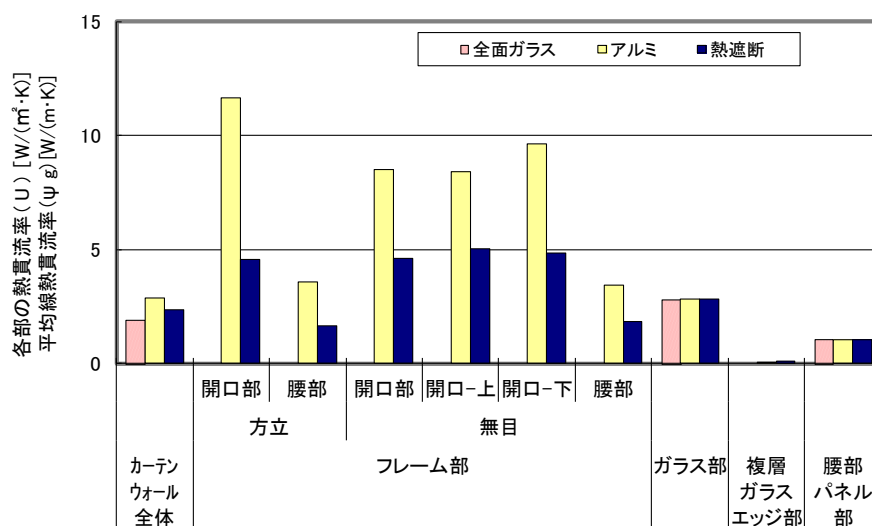


図 4.14 総合及び各部の熱貫流率 (U) と平均線熱貫流率 (ϕ_g)

表 4.5 総合及び各部の熱貫流率 (U) と平均線熱貫流率 (ϕ_g)

単位: 熱貫流率 [W/(m²·K)]、線熱貫流率 [W/(m·K)]

フレーム種類	カーテンウォール全体	フレーム部						ガラス部	複層ガラスエッジ部	腰部パネル部
		方立		無目						
		開口部	腰部	開口部	開口-上	開口-下	腰部			
全面ガラス	1.93	-	-	-	-	-	-	2.81	-	1.06
アルミ	2.87	11.68	3.58	8.50	8.43	9.63	3.44	2.81	0.01	1.06
熱遮断	2.35	4.57	1.66	4.59	5.02	4.85	1.82	2.81	0.10	1.06

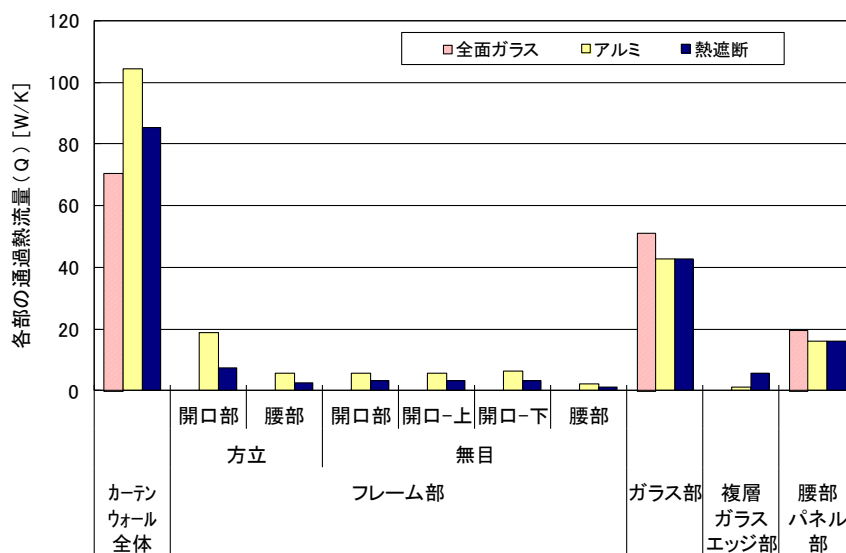


図 4.15 総合及び各部の通過熱流量 (Q)

表 4.6 全体に対する各部の通過熱流量比 (ΔQ)

フレーム種類	カーテンウォール全体	フレーム部						ガラス部	複層ガラスエッジ部	腰部パネル部
		方立		無目						
		開口部	腰部	開口部	開口-上	開口-下	腰部			
全面ガラス	100%	-	-	-	-	-	-	72.6%	-	27.4%
アルミ	100%	17.9%	5.5%	5.4%	5.4%	6.1%	2.2%	41.0%	1.1%	15.4%
熱遮断	100%	8.6%	3.1%	3.6%	3.9%	3.8%	1.4%	50.2%	6.5%	18.9%

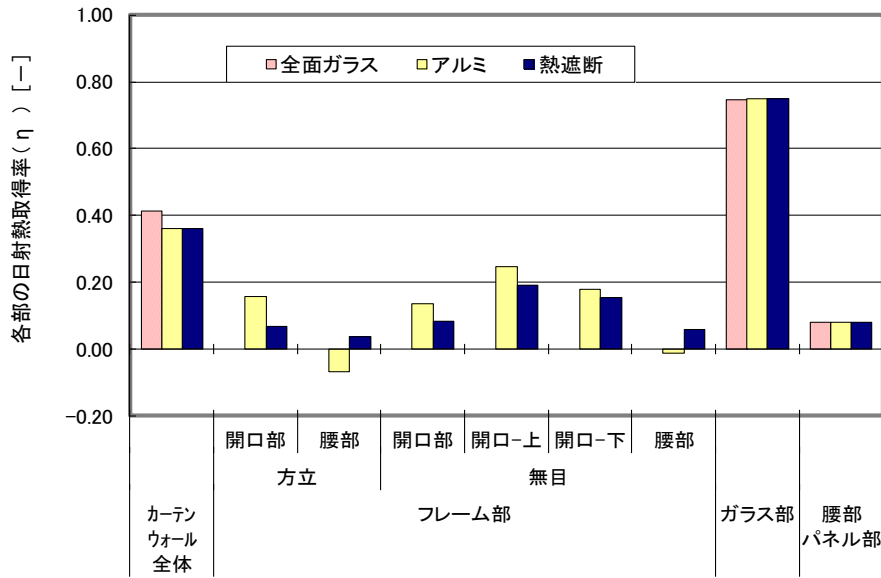


図 4.16 総合及び各部の日射熱取得率 (η)

表 4.7 総合及び各部の日射熱取得率 (η)

単位: [-]

フレーム種類	カーテンウォール全体	フレーム部						ガラス部	腰部パネル部
		方立		無目					
		開口部	腰部	開口部	開口-上	開口-下	腰部		
全面ガラス	0.414	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.08
アルミ	0.361	0.16	-0.07	0.14	0.25	0.18	-0.01	0.75	0.08
熱遮断	0.361	0.07	0.04	0.08	0.19	0.15	0.06	0.75	0.08

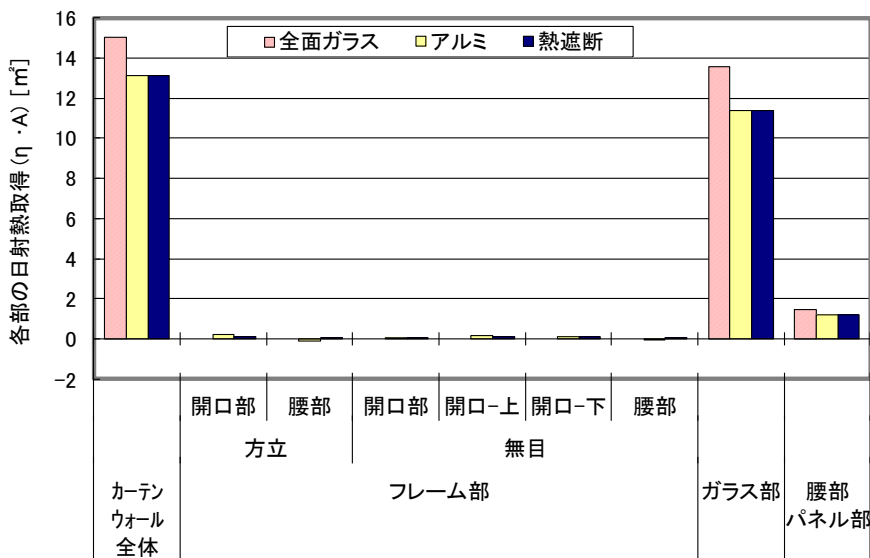


図 4.17 総合及び各部の日射熱取得 (η · A)

表 4.8 全体に対する各部の日射熱取得比 (∠ η · A)

フレーム種類	カーテンウォール全体	フレーム部						ガラス部	腰部パネル部
		方立		無目					
		開口部	腰部	開口部	開口-上	開口-下	腰部		
全面ガラス	100%	-	-	-	-	-	-	90.3%	9.7%
アルミ	100%	1.9%	-0.8%	0.7%	1.2%	0.9%	-0.1%	86.8%	9.4%
熱遮断	100%	0.8%	0.4%	0.4%	1.0%	0.8%	0.3%	86.9%	9.4%

また、表 4.4 で得られた全てのフレーム部の計算結果を用いて、フレームの熱貫流率(U_f)からフレームの日射熱取得率(η_f)を簡易に求められる算出式(4.8)より得られた値と精算値の比較を行った。フレーム構造、材質、部位は分けずに行った。

フレームの日射熱取得率(η_f)の比較を図 4.18 に、カーテンウォール全体の日射熱取得率(η_{cw})の比較を図 4.19 に示す。図 4.18 より、フレーム部の日射熱取得率は、簡易計算値は概ね精算値に近い値を示しているが合致しているとは言い難い。しかし、カーテンウォール全体の日射熱取得率にフレームが及ぼす影響は小さいため、図 4.19 が示すように簡易計算値を用いても問題ないことが確認できた。

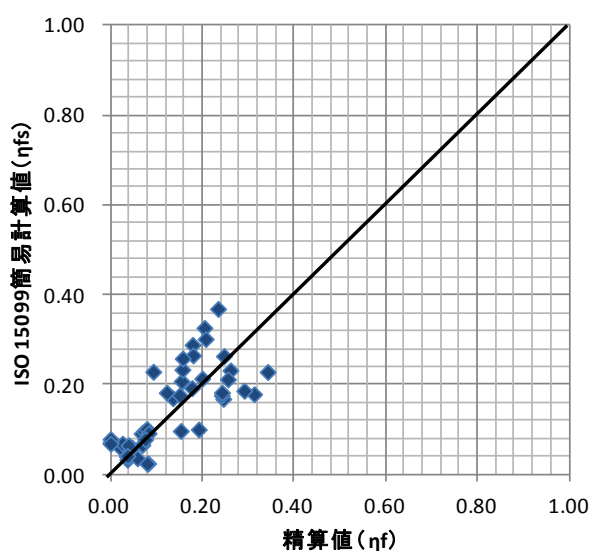


図 4.18 フレーム部の日射熱取得率の比較

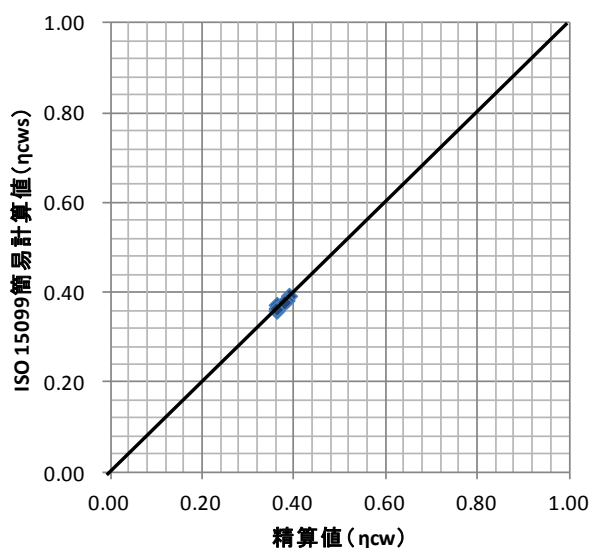


図 4.19 カーテンウォール全体の日射熱取得率の比較

4.8 まとめ

第4章では、フレームを考慮したカーテンウォールの熱的性能計算法について、メーカー標準タイプのフレームを用いて ISO 10077-1、ISO 10077-2、ISO/DIS 12631、ISO 15099 及び既往の研究に基づいて計算法を整理した。

得られた知見を以下にまとめる。

①基準階1層分を伝熱面積と定義し開口部と腰部を一体として熱性能を評価すればフレームを考慮したカーテンウォール全体の熱性能計算が可能であることを示した。

②腰部フレームの日射熱取得率(η_p)は負の値を示す場合があることを示した。また、フレームとガラスと耐火ボードの組み合わせによっては、腰部フレームから室外へ放熱されるケースがあることを示した。

③フレームとガラス間の熱橋係数となる線熱貫流率は、腰部の方立、無目に関係なくほぼ0に等しいことを示した。また、マリオンタイプの場合の開口部の線熱貫流率は、ISO10077-1の付属書に記載されている簡易計算用の線熱貫流率一覧表の値とほぼ一致していることを示した。

④各部の熱貫流率(U_f)は、横強調を除いて、開口部に納まるフレームの場合、アルミタイプが概ね平均10 [W/(m²・K)]、熱遮断タイプが概ね平均5 [W/(m²・K)]となることを示した。また、腰部内に納まるフレームはそれぞれ開口部まわりに納まるフレームの1/3程度となることを示した。

⑤モデルケースで算出した結果、フレームを考慮することにより、カーテンウォール全体の熱貫流率は全面をガラスと仮定した場合よりも149%となり、日射熱取得率は87%となることを示した。カーテンウォールの評価でフレームを無視できないことを示した。

⑥フレームの日射熱取得率(η_p)を簡易に求められる算出式より得られた値と精算値の比較をフレーム構造、材質、部位は分けずに行った。その結果、フレーム部の日射熱取得率は、簡易計算値は概ね精算値に近い値を示しているが合致しているとは言い難い。しかし、カーテンウォール全体の日射熱取得率に対するフレームが及ぼす影響は小さいため、簡易計算値を用いても問題ないことを示した。

参考文献

- 1) エネルギーの使用の合理化に関する法律, 2008.5.30 改正
- 2) 平成 15 年経済産業省・国土交通省告示第 1 号：建築物に関わるエネルギーの使用の合理化に関する建築主の判断基準, 2003.2.24 改正
- 3) 建築物の省エネルギー基準と計算の手引（平成 18 年度版）：（財）建築環境・省エネルギー機構, 2006.9
- 4) 齋藤孝一郎・赤坂裕・二宮秀與・田代達一郎・木下泰斗：窓フレームを考慮したビル用窓の熱性能簡易計算法：日本建築学会環境系論文集 Vol:74 No.636 pp.151-160, 2009.2
- 5) ISO 10077-1:2006, Thermal performance of windows, doors and shutters -- Calculation of thermal transmittance -- Part 1:General
- 6) ISO 10077-2:2003, Thermal performance of windows, doors and shutters -- Calculation of thermal transmittance -- Part 2:Numerical method for frames
- 7) ISO/DIS 12631,Thermal performance of curtain walling -- Calculation of thermal transmittance
- 8) ISO 15099:2003, Thermal performance of windows, doors and shading devices - Detailed calculations
- 9) 齋藤孝一郎・赤坂裕・二宮秀與・宇田川光弘・木下泰斗・伊藤春雄：カーテンウォールの熱貫流計算法, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2 pp15-16, 2009.8
- 10) 遮熱計算法に関する研究報告書, (社)リビングアメニティ協会, 平成 13 年度 (2002.3), 平成 14 年度 (2003.3), 平成 15 年度 (2004.3), 平成 16 年度 (2005.3), 平成 19 年度 (2008.3)
- 11) 平成 22 年度版「ビル用建材使用状況調査」, (社)日本サッシ協会、(社)カーテンウォール・防火開口部協会,2011.5
- 12) カーテンウォールってなんだろう, (社)カーテンウォール・防火開口部協会, 1995.4
- 13) 平成 20 年国住指第 619 号:カーテンウォールの構造方法について(技術的助言),2008.5.9

第 5 章 カーテンウォールのフレームを考慮した簡易計算法

5.1 はじめに

第4章では、カーテンウォールのフレームを考慮した熱貫流率及び日射熱取得率に関する詳細計算法について述べた。

PAL 計算では外壁、屋根、窓等の建築外皮を構成する各部位の断熱性能値として熱貫流率 (U 値)、遮熱性能値として日射熱取得率 (η 値) を用い、建築物の暖房期間、冷房期間として年間の空調負荷を算出している。

本章では、PAL 等の非住宅建築を対象とした簡易な年間暖冷房負荷計算にフレームを考慮したカーテンウォールの評価方法を追加することを目的として、詳細計算法による計算結果を基に、実用的な簡易計算法を提案する。また、フレームの影響を評価することで、PAL 値にどの程度の差が生じるかについてモデル建物を例に考察し、その必要性を明確にする。

5.2 フレーム部の簡易計算用熱性能

5.2.1 カーテンウォールフレーム部の簡易計算用熱性能

カーテンウォールの熱性能を簡易計算で評価できるように第4章の計算結果を基にフレームの整理を行った。カーテンウォールフレーム見付幅と熱貫流率、日射熱取得率を表5.1に示す。フレームの見付幅(b_{fc})は、各メーカーの見付幅を調査し標準的な寸法を設定した。

ブラインド無しの熱貫流率(U_{fc})は、第4章の表4.4の詳細計算結果から強度が異なる方立の見込み違いも含め、開口部、腰部各々の部材の平均値とした。簡易に計算できるように複層ガラス用は線熱貫流率を含む値とした。ブラインド有りの熱貫流率(U_{fc})は、ブラインド無しの値から熱抵抗 $0.035[\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]^2$ を加算した。

日射熱取得率(η_{fc})は、第4章の表4.4の詳細計算結果から開口部は各部材の平均値とし、腰部は影響が小さいことと負の値になるケースも考慮し0とした。

表中の「開口部」は第4章の図4.10に示す開口部方立、開口部無目、開口部上無目、開口部下無目を指し、「腰部」は第4章の図4.10に示す腰部方立、腰部無目を指す。

表 5.1 カーテンウォールフレーム見付幅と熱貫流率、日射熱取得率

フレーム種類	材質	部位	フレーム見付 b_{fc} [mm]	熱貫流率 U_{fc} [W/($\text{m}^2 \cdot \text{K}$)]		日射熱取得率 η_{fc} [-]
				ブラインド無し	ブラインド有り	
マリオン (単板用)	アルミ	開口部	60	方立	13.5	0.20
		無目		9.0		
		腰部		方立	3.5	0.00
		無目				
マリオン (複層用) ユニット (単板用) ユニット (複層用)	アルミ	開口部	80	方立	11.0	0.20
		無目		8.0		
		腰部		方立	3.5	0.00
		無目				
横強調 (単板用)	アルミ	開口部	60	方立	2.0	0.10
		無目		13.5	9.0	
		腰部		方立	1.5	0.00
		無目		3.5		
マリオン (複層用)	熱遮断	開口部	80	方立	6.5	0.10
		無目		5.5		
		腰部		方立	2.0	0.00
		無目				

5.2.2 様々な開口仕様に対する簡易計算用熱性能

通常カーテンウォールフレームは嵌め殺しが主流であるが、カーテンウォールの開口部方立・無目間に窓がつくケースがある。

この場合は、既報³⁾より単体窓は表5.2、連窓方立・段窓無目は表5.3の値を用いる。表5.2及び表5.3はガラスが単板でも複層でも同一の見付寸法を用いる。

表 5.2 単体窓のフレーム見付幅と熱貫流率、日射熱取得率

窓タイプ	材質	フレーム見付 b_{fw} [mm]	熱貫流率 U_{fw} [W/(m ² ·K)]		日射熱取得率 η_{fw} [-]
			ブラインド無し	ブラインド有り	
引き違い窓	アルミ	50	15.0	11.5	0.27
	熱遮断		10.0	8.5	0.14
開き窓	アルミ	60	12.0	10.0	0.26
	熱遮断		8.0	7.0	0.14
嵌め殺し窓	アルミ	20	22.0	15.5	0.26
	熱遮断		14.0	11.0	0.11

表 5.3 方立・無目のフレーム見付幅と熱貫流率、日射熱取得率

窓タイプ	材質	フレーム見付 b_{fj} [mm]	熱貫流率 U_{fj} [W/(m ² ·K)]		日射熱取得率 η_{fj} [-]
			ブラインド無し	ブラインド有り	
連窓方立	アルミ	70	7.0	5.5	0.26
	熱遮断		4.0	3.5	0.14
段窓無目	アルミ	100	7.0	5.5	0.26
	熱遮断		2.5	2.3	0.14

5.3 腰部パネル部の簡易計算用熱性能

PAL の手引書¹⁾では、腰部（壁部）は算出式(5.1)で簡易に算出している。

$$\eta_{sp} = a \frac{U_{sp}}{\alpha_o} = 0.04aU_{sp} \quad \dots (5.1)$$

ここで

η_{sp} : 腰部（スパンドレル部）のパネル部の日射熱取得率 [-]

U_{sp} : 腰部（スパンドレル部）のパネル部の熱貫流率 [W/(m²·K)]

a : 腰部（スパンドレル部）のパネル外表面の日射吸収率 [-]

α_o : 室外側表面熱伝達率 [W/(m²·K)]

これは、壁に吸収された熱を内外の熱抵抗の比で案分し、室内側への侵入熱量を表したものである。

しかし、ガラスカーテンウォールの腰部は、ガラスを透過した日射が不透明パネル表面で吸収されるため、 $\alpha_o=25$ [W/(m²·K)] (PAL 計算の場合、室外側表面熱伝達率 $\alpha_o=23$ [W/(m²·K)]、つまり $1/\alpha_o=0.043$ [m²·K/W] だが、有効数字 1 桁で表記しているため、 $\alpha_o=25$ [W/(m²·K)] と同じ値となる) のまま計算すると、表 5.4 中②に示すように η_{sp} は過少評価となり、精算値①と比較すると、最大 10 倍程度の差となる。この場合、室外側表面から不透明パネル前の中空層までの熱抵抗の合計 (ΣR) を $1/\alpha_o$ の代わりに用いればよいことになる。ここでは、中空層までの熱抵抗 (ΣR) を簡易に評価するため、算出式(5.2)を用いた。

ここで、 $(1/U_g - 1/\alpha_i)$ は、室外側表面熱伝達抵抗+ガラスの熱抵抗（複層ガラスの場合

は、中空層の熱抵抗を含む)を表す。カーテンウォールの場合、様々なガラスを使用するため、簡易に入手できるガラスの熱貫流率 (U_g) を用いて算出できる式とした。また、0.15 はガラスと耐火ボード間の中空層の熱抵抗を表す。これは、PAL の手引書¹⁾に掲載されている密閉中空層熱抵抗である。この結果、表 5.4 中③に示すように精度が±17%以内となった。不透明パネルへの影響を軽減する腰パネル部の熱的影響は開口部と比較すると 1/5~1/10 程度と小さいため、実用的な精度を有すると考えられる。

$$\sum R = \left(\frac{1}{U_g} - \frac{1}{\alpha_i} \right) + 0.15 \quad \dots (5.2)$$

よって、算出式(5.1)、(5.2)より次式が得られる。

$$\eta_{sp} = \left(\left(\frac{1}{U_g} - \frac{1}{\alpha_i} \right) + 0.15 \right) a' U_{sp} \quad \dots (5.3)$$

ここで

η_{sp} : 腰部 (スパンドレル部) のパネル部の日射熱取得率 [-]

U_{sp} : 腰部 (スパンドレル部) のパネル部の熱貫流率 [W/(m²·K)]

U_g : 腰部 (スパンドレル部) のパネル部の熱貫流率 [W/(m²·K)]

$\sum R$: 腰部 (スパンドレル部) の表面を構成するガラス及び中空層の熱抵抗 [m²·K/W]

a' : 腰部 (スパンドレル部) の不透明パネル外表面の日射吸収率 [-]

α_i : 室内側表面熱伝達率 [W/(m²·K)]

表 5.4 腰パネル部の日射熱取得率 (η_{sp}) の簡易計算との比較

フレーム種類	a) リオウ (A L S G)			b) リオウ (A L P G)			c) リオウ (T H P G)		
耐火ボード日射吸収率	a= 0.2	a= 0.5	a= 0.8	a= 0.2	a= 0.5	a= 0.8	a= 0.2	a= 0.5	a= 0.8
① η_{sp} (精算値)	0.06	0.12	0.17	0.08	0.16	0.24	0.08	0.16	0.24
$\sum R$ (精算値)	0.20	0.18	0.17	0.35	0.32	0.30	0.35	0.32	0.30
② η_{sp} (簡易0.04)	0.01	0.03	0.04	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03
$\Delta \eta$ (精算/簡易)	5.38	4.49	4.19	9.53	7.74	7.22	9.53	7.74	7.22
③ η_{sp} (簡易 $\sum R$)	0.05	0.13	0.21	0.07	0.18	0.29	0.07	0.18	0.29
$\sum R$ (簡易)	0.20	0.20	0.20	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
$\Delta \eta$ (精算/簡易)	1.08	0.90	0.84	1.11	0.90	0.84	1.11	0.90	0.84
フレーム種類	d) エイト (A L S G)			e) エイト (A L P G)			f) 横強調 (A L S G)		
耐火ボード日射吸収率	a= 0.2	a= 0.5	a= 0.8	a= 0.2	a= 0.5	a= 0.8	a= 0.2	a= 0.5	a= 0.8
① η_{sp} (精算値)	0.06	0.12	0.17	0.06	0.12	0.17	0.05	0.11	0.17
$\sum R$ (精算値)	0.21	0.19	0.18	0.21	0.19	0.18	0.20	0.18	0.17
② η_{sp} (簡易0.04)	0.01	0.03	0.04	0.01	0.03	0.04	0.01	0.03	0.04
$\Delta \eta$ (精算/簡易)	5.50	4.59	4.28	5.50	4.59	4.28	5.37	4.47	4.17
③ η_{sp} (簡易 $\sum R$)	0.05	0.13	0.20	0.05	0.13	0.20	0.05	0.13	0.20
$\sum R$ (簡易)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
$\Delta \eta$ (精算/簡易)	1.10	0.92	0.86	1.10	0.92	0.86	1.07	0.89	0.83

5.4 カーテンウォール全体の簡易計算法

5.4.1 詳細計算法と簡易計算法の比較

簡易計算法による簡易計算値と詳細計算法による精算値を第4章の図4.8のモデルケース（腰パネル $a:0.2$ 条件）で比較した。断熱性能をカーテンウォール全体の通過熱流量(Q)で、遮熱性能をカーテンウォール全体の日射熱取得($\eta \cdot A$)で比較した結果、表5.5のように $\pm 2\%$ 以内に納まった。よって簡易計算は実用的な精度を有すると考えられる。

表 5.5 簡易計算値と精算値の比較

フレーム種類	材質	簡易計算値 $\sum Q$	精算値 $\sum Q$	ΔQ	簡易計算値 $\sum \eta \cdot A$	精算値 $\sum \eta \cdot A$	$\Delta \eta \cdot A$
マリオン (単板)	アルミ	151.92	148.60	1.02	13.96	14.13	0.99
マリオン (複層)	アルミ	106.58	104.33	1.02	13.35	13.13	1.02
マリオン (複層)	熱遮断	86.76	85.23	1.02	13.33	13.11	1.02
ユニット (単板)	アルミ	151.37	149.39	1.01	13.53	13.87	0.98
ユニット (複層)	アルミ	109.55	109.13	1.00	12.89	13.12	0.98
横強調 (単板)	アルミ	135.45	135.35	1.00	13.68	13.75	1.00

5.4.2 フレームを考慮したカーテンウォール全体の簡易計算法

フレームを考慮した簡易計算法によるカーテンウォール全体の熱貫流率及び日射熱取得率算出のためのフローチャートを図5.1に示す。

各部の面積の考え方を図5.2に示す。また、計算に用いる算出式を式(5.4)～(5.18)に示す。

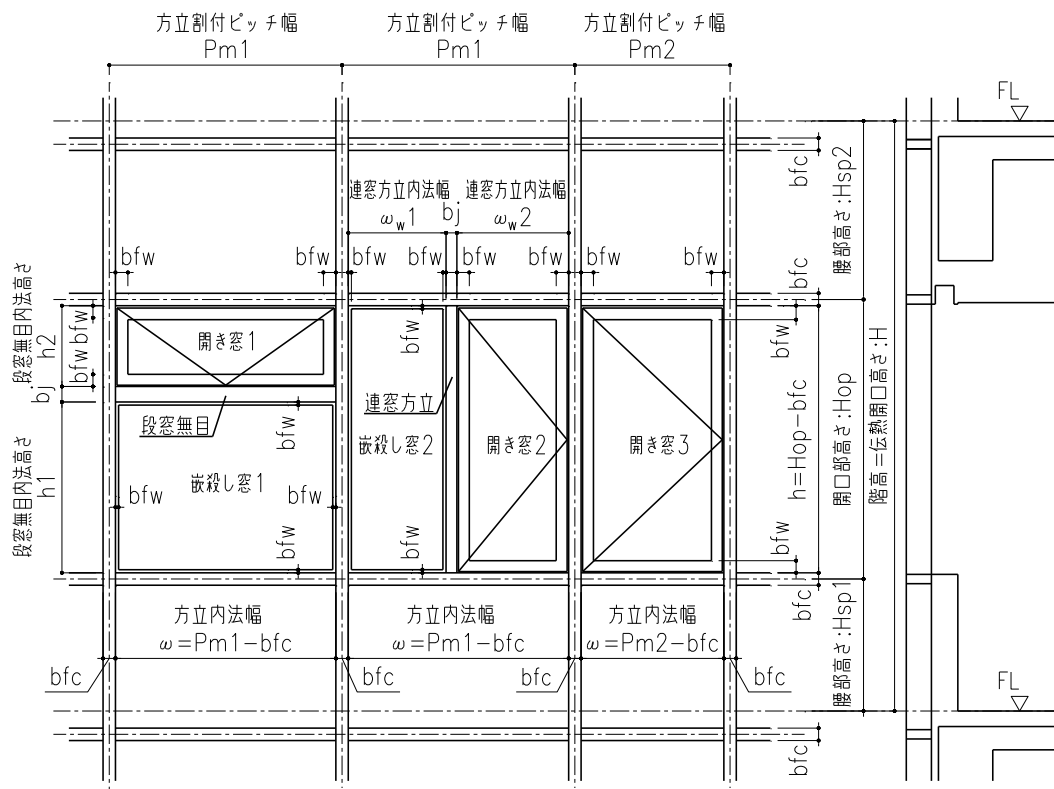


図 5.2 開口部に窓が設置された場合の寸法の考え方

カーテンウォールフレームの割付寸法は、図 5.2 に示すように外観見付け寸法の芯々で決まっているため、この寸法から計算できるようにした。カーテンウォールの方立と無目の関係は、基本的に方立が無目に対し縦通しとなることから面積算出もこの考え方を反映させている。

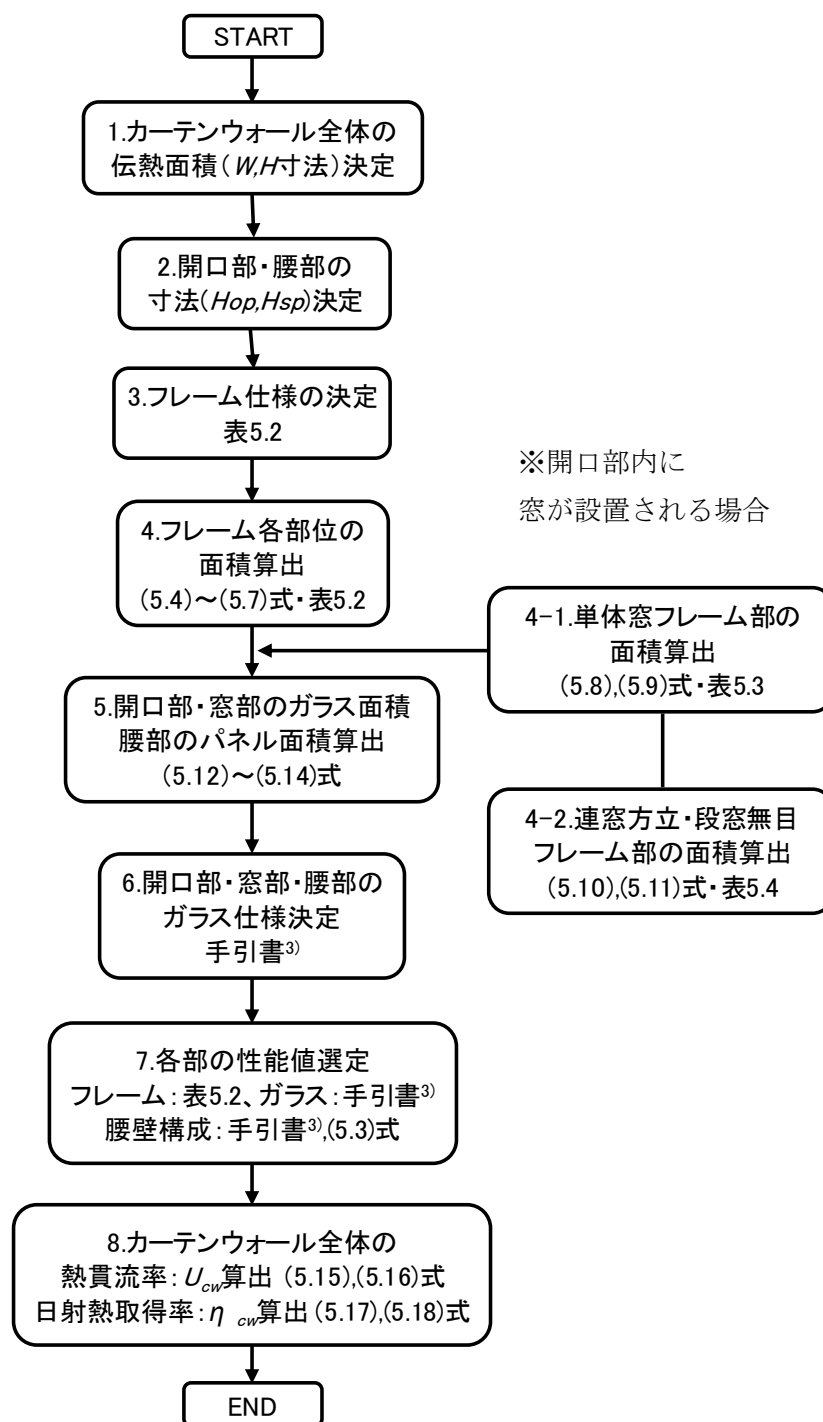


図 5.1 カーテンウォール全体の簡易計算法フローチャート

開口部内に入る窓が設置される場合の伝熱開口幅と高さは方立・無目の内法に設置されるため、 w 、 h 寸法を用いた。この内法からさらに窓フレーム見付け寸法が内側に加算される考え方とした。

開口部において段窓した窓を連窓することも考慮し、段窓無目の幅寸法は窓幅(w_w)としている。

また、カーテンウォール嵌め殺し部と窓部のガラス仕様は必ずしも同じとは限らないため、別々に算出できる式とした。

- ・カーテンウォールフレーム面積算出式

$$\text{開口部方立} : A_{mo} = b_{fc} \cdot H_{op} \cdot N_m \quad \dots (5.4)$$

$$\text{腰部方立} : A_{ms} = b_{fc} \cdot (H - H_{op}) \cdot N_m \quad \dots (5.5)$$

$$\text{開口部無目} : A_{to} = b_{fc} \cdot (W - N_m \cdot b_{fc}) \cdot N_{to} \quad \dots (5.6)$$

$$\text{腰部無目} : A_{ts} = b_{fc} \cdot (W - N_m \cdot b_{fc}) \cdot N_{ts} \quad \dots (5.7)$$

- ・開口部内に窓がある場合のフレーム面積算出式

$$\text{引き違い窓} : A_{fw} = b_{fw} \cdot (2w + 3h) \cdot N_w \quad \dots (5.8)$$

$$\text{開き窓・嵌め殺し窓} : A_{fw} = b_{fw} \cdot (2w + 2h) \cdot N_w \quad \dots (5.9)$$

- ・開口部内に窓があり、連断窓する場合のフレーム面積算出式

$$\text{連窓方立} : A_{fj} = b_{fj} \cdot h \cdot N_j \quad \dots (5.10)$$

$$\text{断窓無目} : A_{fj} = b_{fj} \cdot w_w \cdot N_j \quad \dots (5.11)$$

- ・開口部及び窓のガラス及び腰部パネル部面積算出式

$$\text{開口部} : A_g = A_{op} - (A_{mo} + A_{to} - b_{fc} \cdot (W - N_m \cdot b_{fc}) + \sum A_w + \sum A_{fj}) \quad \dots (5.12)$$

$$\text{窓部} : A_{gw} = A_w - A_{fw} \quad \dots (5.13)$$

$$\text{腰部} : A_{sp} = A_{cw} - (A_{op} + A_{ms} + A_{ts} + b_{fc} \cdot (W - N_m \cdot b_{fc})) \quad \dots (5.14)$$

- ・カーテンウォール全体の熱貫流算出式

$$U_{cw} = \frac{A_g U_g + A_{sp} U_{sp} + A_{gw} U_{gw} + \sum A_{fc} U_{fc} + \sum A_{fw} U_{fw} + \sum A_{fj} U_{fj}}{A_{cw}} \quad \dots (5.15)$$

$$\sum A_{fc} U_{fc} = A_{mo} U_{mo} + A_{ms} U_{ms} + A_{to} U_{to} + A_{ts} U_{ts} \quad \dots (5.16)$$

・カーテンウォール全体の日射熱取得率算出式

$$\eta_{cw} = \frac{A_g \eta_g + A_{sp} \eta_{sp} + A_{gw} \eta_{gw} + \sum A_{fc} \eta_{fc} + \sum A_{fw} \eta_{fw} + \sum A_{fj} \eta_{fj}}{A_{cw}} \quad \dots (5.17)$$

$$\sum A_{fc} \eta_{fc} = A_{mo} \eta_{mo} + A_{ms} \eta_{ms} + A_{to} \eta_{to} + A_{ts} \eta_{ts} \quad \dots (5.18)$$

記号

U : 熱貫流率 [W/(m ² ・K)]	η : 日射熱取得率 [-]
A : 伝熱開口面積 [m ²]	α : 表面熱伝達率 [W/(m ² ・K)]
W : 伝熱開口幅 [m]	H : 伝熱開口高さ [m]
w : 開口部方立内法幅 [m]	h : 開口部無目内法高さ [m]
b : 部材の見付け幅 [m]	
N : 数量	P : 部材割付ピッチ

添字

cw : カーテンウォール全体、 g : ガラス、 gw : 窓部ガラス、 f : フレーム、
 fc : カーテンウォールフレーム、 fw : 窓フレーム、
 fj : 連窓方立・段窓無目フレーム、 o : 室外側、 i : 室内側、
 sp : 腰部パネル、 p : 断熱パネル、 psp : 腰部断熱パネル、 op : 開口部、
 w : 窓部、 m : 方立、 t : 無目、 j : 連窓方立・段窓無目
 mo : 開口部方立、 ms : 腰部方立、 to : 開口部無目、 ts : 腰部無目

5.5 フレームを考慮した PAL 計算

5.5.1 計算条件

カーテンウォールのフレームを考慮することで PAL 値にどの程度影響があるか事務所ビルでの算出結果を示す。ここでは PAL の手引書¹⁾の計算事例 (K 事務所) の基準階を使用する。図 5.3 に基準階平面図を示す。基準階の南 (S) ゾーンのプランを用い、南以外に方位を東/西/北に変更して計算を行い方位の影響を確認する。基準階の床面積、各外皮の面積、外皮の熱性能を表 5.7~5.11 に示す。

また、図 5.4 に南面基準階外観姿図 (右半分) を示す。

建設地域は、札幌、東京、鹿児島の3地域とし、気象条件の違いを確認する。カーテンウォールを現状の全面ガラスとして扱う場合と、本章で示した方法でフレームを考慮した場合の PAL 値を比較する。

伝熱開口高さ方向の断面は図 4.8 と共通とした。

方立及び無目の割付ピッチは 1000mm とした。単板ガラス用と複層ガラス用のフレーム見付寸法が 20mm 異なるため、カーテンウォールの伝熱開口幅寸法も 20mm 異なった条件で計算した。

表 5.7 基準階南(S)ゾーンの床面積 (m²)

日当の空調室	日陰の空調室	非空調室	合計
162.5	0	12.5	175

表 5.8 基準階南(S)ゾーン各外皮の面積 (m²)

a) 単板ガラス仕様のフレームの場合

部位	日当		小計	合計	開口部率
	空調室	非空調室			
CW(単板)開口部	60.12		60.12	160.00	37.6%
CW(単板)腰部	60.12		60.12		
外壁1	19.88	19.88	39.76		

b) 複層ガラス仕様のフレームの場合

部位	日当		小計	合計	開口部率
	空調室	非空調室			
CW(複層)開口部	60.16		60.16	160.00	37.6%
CW(複層)腰部	60.16		60.16		
外壁1	19.84	19.84	39.68		

表 5.9 カーテンウォール全体の熱性能一覧

ガラス仕様	カーテンウォール フレーム仕様	熱貫流率 U [W/(m ² ·K)]	日射熱取得率 η [-]
単板 FL10	全面ガラス	3.51	0.43
	横強調(アルミ)	3.83	0.38
	マリオン(アルミ)	4.24	0.39
普通複層 FL5+A12+FL5	全面ガラス	1.96	0.42
	マリオン(アルミ)	2.92	0.37
	マリオン(熱遮断)	2.40	0.37
断熱LowE複層 FL5+A12+LowE5	全面ガラス	1.23	0.28
	マリオン(アルミ)	2.31	0.26
	マリオン(熱遮断)	1.78	0.26
遮熱LowE複層 LowE5+A12+FL5	全面ガラス	1.23	0.24
	マリオン(アルミ)	2.31	0.23
	マリオン(熱遮断)	1.78	0.23

表 5.10 外壁の熱性能

部位	熱貫流率 U [W/(m ² ·K)]	日射熱取得率 η [-]
外壁1	3.78	0.12

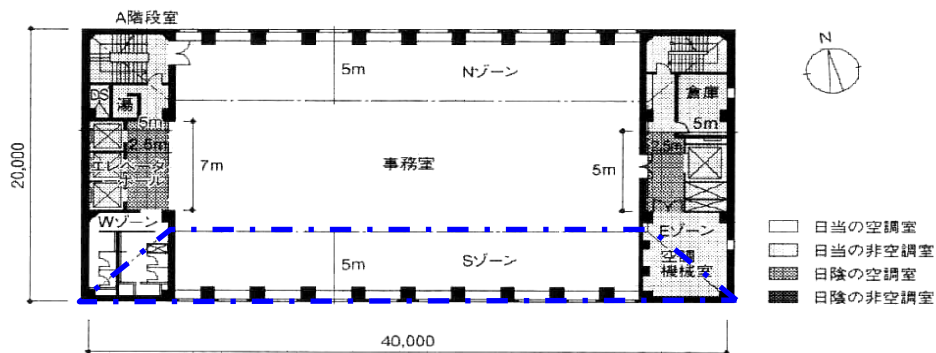


図5.3 事務所ビルの基準階平面図

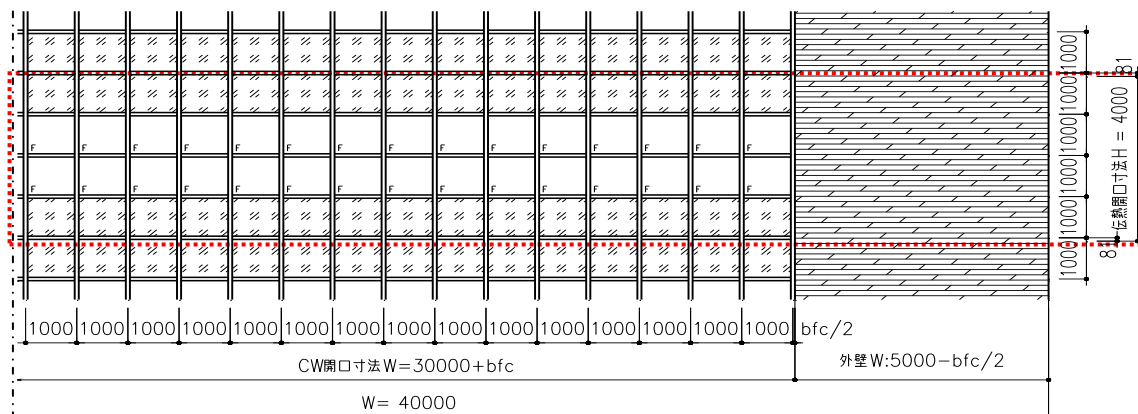


図5.4 事務所ビルの南面基準階外観姿図 (右半分)

5.5.2 計算結果

札幌、東京及び鹿児島島の各方位別の暖房・冷房 PAL 値計算結果を北、西、南面を抜粋して図 5.5 に示す。全面ガラスとフレームを考慮した場合の暖房・冷房 PAL 値の比較を図 5.6 に、年間 PAL 値の比較を図 5.7 に示す。

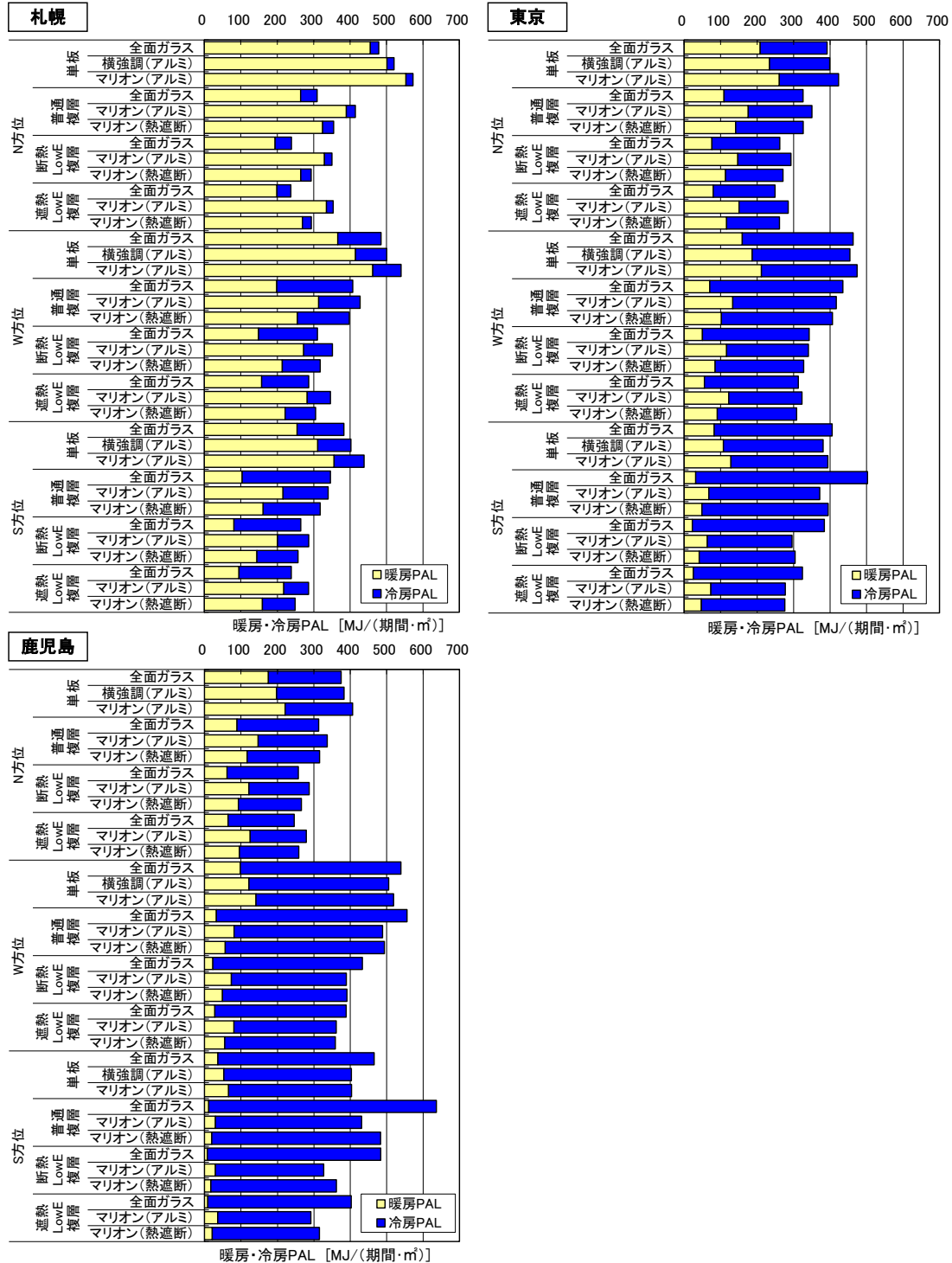


図 5.5 各方位のフレーム・ガラス種別暖房・冷房PAL値

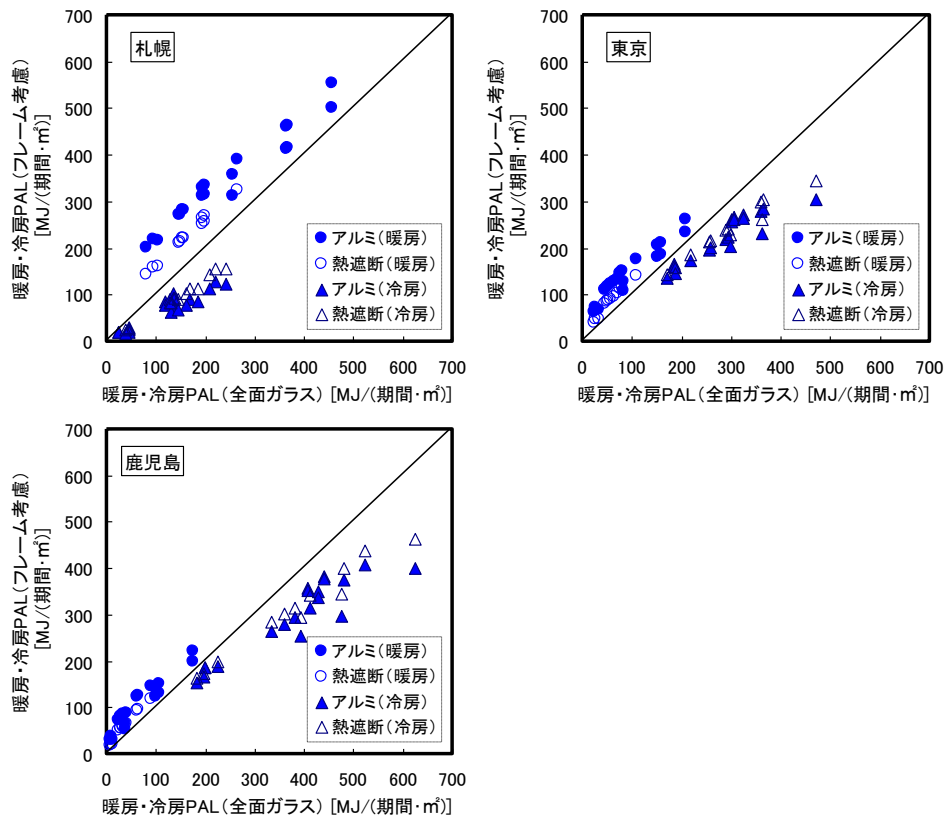


図5.6 全面ガラスとフレームを考慮した場合の比較 (暖房・冷房PAL値)

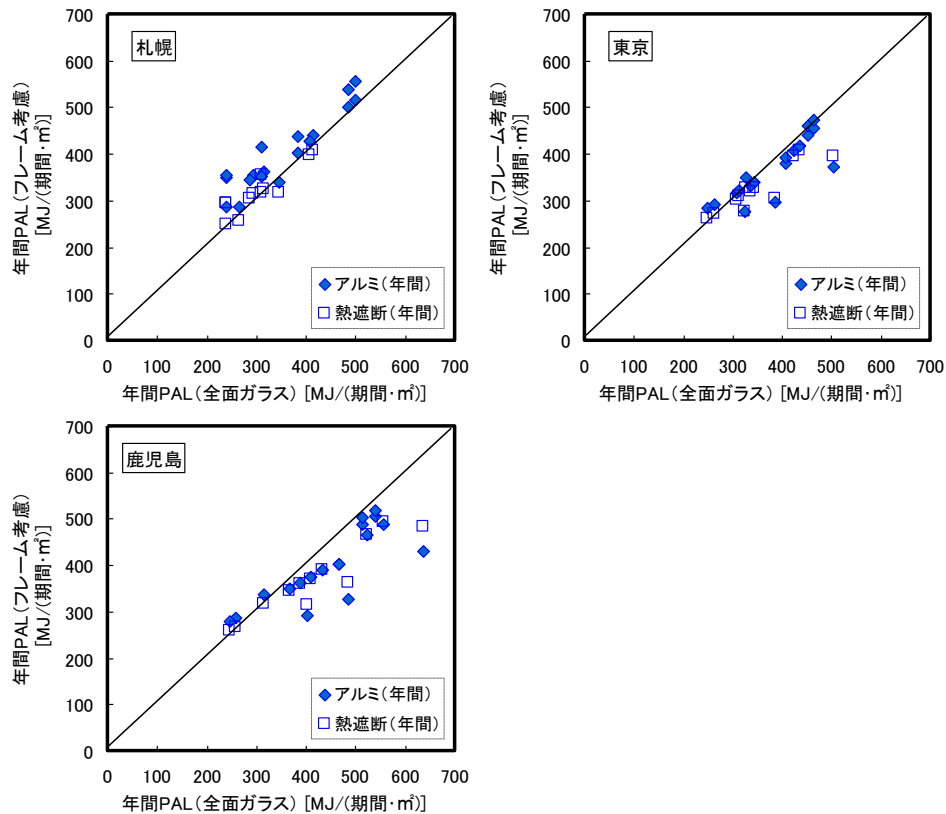


図5.7 全面ガラスとフレームを考慮した場合の比較 (年間PAL値)

値の大小の違いはあるが、全体的に躯体内に納まるビル用窓フレーム、連窓方立・断窓無目フレームと同様の傾向を示した³⁾。

図 5.6 より、暖房 PAL と冷房 PAL で明確に傾向が異なることがわかる。フレームを考慮することにより、カーテンウォール全体の熱貫流率は大きくなるため暖房 PAL 値は大きくなり、逆に日射熱取得率は小さくなるため冷房 PAL 値は小さくなる。

PAL 値の変化の度合いは、ガラスとフレームの熱性能の差が大きいほど大きく、アルミフレームと断熱 LowE 複層ガラスの組合せが最も大きかった。逆に、ガラスとフレームの熱性能の差が小さいアルミフレーム（横強調）と単板ガラスの組合せが最も小さかった。

図 5.5 より、フレームの影響で暖房 PAL 値は、全面ガラスを 100%として、札幌：110～247%、東京：112～288%、鹿児島：113～392%に増加している。フレームの影響で冷房 PAL 値は、全面ガラスを 100%として、札幌：83～47%、東京：90～64%、鹿児島：93～62%に減少している。

どの地域においても、暖房 PAL、冷房 PAL とともに南方位のアルミフレームと断熱 LowE 複層ガラスの組合せで、全面ガラス条件と比べて暖房 PAL の最大、冷房 PAL の最小の比率となっている。

断熱性に優れた熱遮断フレームは、アルミフレームに比べ暖房 PAL は小さい値を示すが、冷房 PAL では大きな値を示す。これは、断熱性能が優れているために熱を室内にこもらせている結果になったことを示している。

年間 PAL 値は、フレームを考慮することにより、暖房 PAL と冷房 PAL の増減が相殺されて、全面ガラスと近い値になる場合もあるが、顕著な差が生じる場合もある。図 5.7 より、札幌は暖房負荷が支配的なため、フレームを考慮することにより、熱遮断フレームと普通複層ガラスの組合せを除いて、年間 PAL 値は上昇している。

鹿児島は冷房負荷が支配的なため、フレームを考慮することにより、北方位を除いて年間 PAL 値は減少している。東京は両地域の中間的な結果であることがグラフから読み取れる。

年間 PAL 値を指標として地域に適したフレームを選択することができる。図 5.5 の暖・冷房 PAL 値の棒グラフの総計が年間 PAL 値となるが、札幌では、全ての方位、全てのガラス仕様で熱遮断フレームの方がアルミフレームに比べ小さい値となり、寒冷地に適したフレームであることが示された。鹿児島の南面で普通複層と断熱 LowE 複層仕様の場合だけ、アルミフレームの方が小さい値となっている。冷房 PAL は、計算した 3 地域のほぼ全ての条件でアルミフレームの方が熱遮断フレームより小さい値となるため、冷房負荷を小さくすることに重きを置いて設計する場合には、年間 PAL 値により選択されたフレームとは異なる場合があると考えられる。

年間 PAL 値は、地域の気象条件と建物部位の断熱性能と遮熱性能の組み合わせで決まるので単純に断熱性能が良い方が小さくなるとは限らない。年間 PAL 値を最小にする最適な熱貫流率と日射熱取得率の組み合わせを検討する上でも、フレームの熱性能を正しく評価する必要がある。

5.6 まとめ

第5章では、PAL等の非住宅建築の指標を算定する簡易な年間暖冷房負荷計算にフレームを考慮したガラスカーテンウォールの評価方法を追加することを目的として、実用的な簡易計算方法を検討した。また、フレームを考慮する場合と考慮しない場合のPAL計算を行い比較した。その結果以下の知見が得られた。

①構造の異なるフレームを簡易計算用に整理し、一覧表に示した。

②ガラスカーテンウォールの腰部の簡易計算法について整理した。ガラスカーテンウォールの腰部の場合、ガラスを透過した日射が不透明パネルで吸収されるため、PALの手引書に掲載されている計算式が適応できないことを示した。このため、容易に入手できるガラスの熱貫流率(U_g)を用いた簡易計算式を提案し、実用的な精度を有することを示した。

③簡易計算法による熱性能計算値と精算値をモデルケースで比較した結果、断熱性能及び遮熱性能はそれぞれ±2%以内に納まった。よって提案する簡易計算法は暖冷房負荷を評価する上で実用的な精度を有することを示した。

④フレームを考慮したカーテンウォール全体の簡易計算法を整理した。これらの結果は、PAL計算、BEST、BIM等への適応できる。

⑤フレームの有無によるPAL値への影響を事務所ビルモデルで確認した。フレームを考慮することで、暖房PALは増大し、冷房PALは軽減することを示した。これによりPAL計算においてフレームの影響を無視できないことを示した。

参考文献

- 1) 建築物の省エネルギー基準と計算の手引（平成18年度版）：（財）建築環境・省エネルギー機構, 2006.9
- 2) 郡 公子:窓の設計法、日本建築学会環境工学委員会熱環境小委員会シンポジウム 空調システム設計法の新技術, pp5-18, 2002.12
- 3) 齋藤孝一郎・赤坂裕・二宮秀與・田代達一郎・木下泰斗：窓フレームを考慮したビル用窓の熱性能簡易計算法：日本建築学会環境系論文集 Vol:74 No.636 pp.151-160, 2009.2
- 4) 平成22年度版「ビル用建材使用状況調査」,（社）日本サッシ協会、（社）カーテンウォール・防火開口部協会,2011.5
- 5) ビル用中高層サッシ総合カタログ,（株）LIXIL,2011.6
- 6) 中低層ビル用ファサード RMi シリーズ, 新日軽（株）,2009.11

第6章 カーテンウォールの斜入射に対する日射熱取得率計算法

6.1 はじめに

第4章では、カーテンウォールのフレームを考慮した垂直時の日射熱取得率に関する詳細計算法について述べた。垂直入射では、カーテンウォールフレームフレームからガラス面へ影を落とすことはほぼないが、斜入射を考慮するとフレームからフレーム自身やガラス面へ影を落とすこととなる。この影の影響がどの程度あるのか、現状の垂直入射時の日射熱取得率から予測が可能なのか、個々の入射角で解析する必要があるか明確にする必要がある。また、斜入射は直達成分を考慮した場合であり、天空及び地物反射といった散乱成分を考慮した場合も必要となる。第2章では、一般的な「窓」と呼ばれる単体窓の斜入射に対する日射熱取得率計算法について述べた。

ここでは、斜入射及びカーテンウォールフレームを考慮した直達成分の開口部の日射熱取得率計算法及び散乱成分を考慮した開口部の日射熱取得率計算法について述べる。

6.2 直達日射に対するカーテンウォールの計算法

垂直入射と斜入射の計算法の違いは、日射の入射角度が異なることと、窓フレーム材のような不透明材料に日射があった場合、その先に透過せず影を作ることとを考慮した計算プログラムとすることである。よって、窓及び各部の日射熱取得率を算出する式は基本的に垂直入射時と同じと考えてよいが、フレームからガラス面へ落とす影の影響を考慮する必要がある。

直達日射に対する窓全体の日射熱取得率は算出式(6.1)で整理できる。

$$\eta_{cw}(\theta) = \frac{\sum A_g \eta_g(\theta) S_{f,g}(\theta) + \sum A_{sp} \eta_{sp}(\theta) S_{f,sp}(\theta) + \sum A_f \eta_f(\theta)}{A_{cw}} \quad \dots (6.1)$$

ここで

- $\eta_{cw}(\theta)$: 入射角 θ に対するカーテンウォール全体の総合日射熱取得率 [-]
- $\eta_g(\theta)$: 入射角 θ に対する開口部（ビジョン部）のガラス部の日射熱取得率 [-]
- $\eta_{sp}(\theta)$: 入射角 θ に対する腰部（スパンドレル部）のパネル部の日射熱取得率 [-]
- $\eta_f(\theta)$: 入射角 θ に対する開口部、腰部のフレーム部の日射熱取得率 [-]
- $S_{f,g}(\theta)$: 入射角 θ に対するガラスに落とすフレーム部影による日射熱取減衰係数 [-]
- $S_{f,sp}(\theta)$: 入射角 θ に対する腰パネルに落とすフレーム部影による日射熱取減衰係数 [-]
- A_{cw} : カーテンウォール全体の伝熱開口面積 [m²]
- A_g : 開口部（ビジョン部）のガラス部の見付面積 [m²]
- A_{sp} : 腰部（スパンドレル部）のパネル部の見付面積 [m²]
- A_f : 開口部、腰部のフレーム部の見付面積 [m²]

6.2.1 フレーム部の計算法

フレーム部の直達日射に対する日射熱取得率算出方法は、算出式(6.2)で整理できる。また、解析モデルイメージを図 6.1 に示す。2次元解析モデルに日射受熱の発熱条件を設定したモデル（図 6.1(b)）を用いて、日射を受けた場合の室内への熱流束から日射を受けない場合（貫流分）の熱流束を差引いた値を日射強度で除して算出する。

$$\eta_f(\theta) = \frac{q_{in,f}(\theta) - q_{in,f}(I_s = 0)}{I_s} \quad \dots (6.2)$$

ここで

- $\eta_f(\theta)$: 入射角 θ に対する開口部、腰部のフレーム部日射熱取得率 [-]
- $q_{in,f}(\theta)$: 入射角 θ に対する開口部、腰部のフレーム部入射日射がある場合の
室内への熱流束 [W/m²]
- $q_{in,f}(I_s=0)$: 開口部、腰部のフレーム部の入射日射がない場合の室内への熱流束
[W/m²]
- I_s : 入射日射強度 [W/m²]

このとき、算出式 (6.2) に入る $q_{in,f}$ は、図 6.1(a) に示すようにフレームを含む 2 次元熱流計算モデルから、斜入射は考慮しているがフレームが落とす影の影響を受けていないガラス単体及び腰部パネル単体の 1 次元熱流を差引いて求める。そのため 2 次元熱流分の影響及び影の影響は、フレームに残ることとなる ($q_{in,f}(I_s=0)$ は同様に 2 次元熱流分の影響はフレーム部に残る形となる)。しかし、この計算手法では純粋なフレーム成分ではないため式 (6.1) が成り立たない。

本計算プログラムを用いた場合、斜入射時のガラス面へ落とす影の影響についてガラスの透過分は考慮せず、日射吸収による再放熱分のみ判定している。そのため、開口部（ビジョン部）の場合は、解析結果後の熱流量 (Q_{in}) にガラス面へ落とす影長さ分の熱流量を別途加算するもしくは、ガラス長さ (b_g) から影長さ ($b_{s,g}$) を除いた残りの分の熱量だけを解析結果後の熱流量 (Q_{in}) から差し引く必要がある。同様に、腰部（スパンドレル部）の場合は、解析結果後の熱流量 (Q_{in}) にパネル面へ落とす影長さ分の熱流量を別途加算するもしくは、パネル長さ (b_{sp}) から影長さ ($b_{s,sp}$) を除いた残りの分の熱量だけを解析結果後の熱流量 (Q_{in}) から差し引く必要がある。

よって、算出式(6.2)のフレーム部の熱流束： $q_{in,f}$ 及び $q_{in,f}(I_s=0)$ の算出式は以下となる。

$$q_{in,f}(\theta) = \frac{Q_{in}(\theta) - q_{in,g}(\theta) \cdot (b_g - b_{s,g}) - q_{in,sp}(\theta) \cdot (b_{sp} - b_{s,sp})}{b_f} \quad \dots (6.3)$$

$$q_{in,f}(I_s = 0) = \frac{Q_{in}(I_s = 0) - q_{in,g}(I_s = 0) \cdot b_g - q_{in,sp}(I_s = 0) \cdot b_{sp}}{b_f} \quad \dots (6.4)$$

ここで

- $q_{in,f}(\theta)$: 入射角 θ に対する開口部、腰部のフレーム部の入射日射がある
場合の室内への熱流束 [W/m²]
- $Q_{in}(\theta)$: 入射角 θ に対する入射日射があるモデル全体の室内への熱流量 [W]
- $q_{in,g}(\theta)$: 入射角 θ に対する開口部（ビジョン部）のガラス部の入射日射がある
場合の室内への熱流束 [W/m²]
- $q_{in,sp}(\theta)$: 入射角 θ に対する腰部（スパンドレル部）のパネル部の入射日射がある
場合の室内への熱流束 [W/m²]

$q_{in,f}(I_s=0)$: 開口部、腰部のフレーム部の入射日射がない場合の室内への熱流束 [W/m²]

$Q_{in}(I_s=0)$: 入射日射がないモデル全体の室内への熱流量 [W/m]

$q_{in,g}(I_s=0)$: 開口部（ビジョン部）のガラス部に入射日射がない場合の室内への熱流束 [W/m²]

$q_{in,sp}(I_s=0)$: 腰部（スパンドレル部）のパネル面に入射日射がない場合の室内への熱流束 [W/m²]

b_f : 開口部、腰部のフレーム部の見付長さ [m]

b_g : 開口部（ビジョン部）のガラスの見付長さ [m]

b_{sp} : 腰部（スパンドレル部）のパネルの見付長さ [m]

$b_{s,g}$: フレームから開口部（ビジョン部）のガラス面に落ちる影の見付長さ [m]

$b_{s,sp}$: フレームから腰部（スパンドレル部）のパネル面に落ちる影の見付長さ [m]

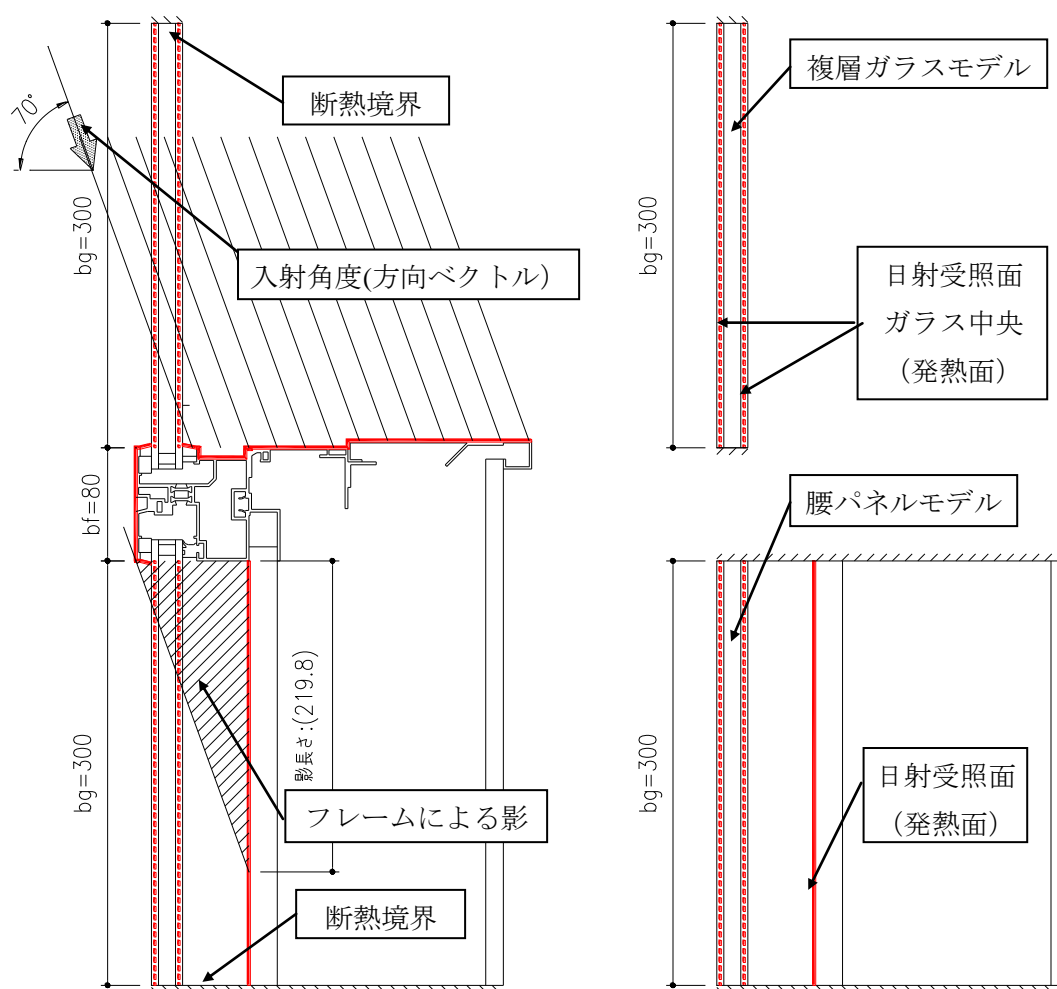


図 6.1 解析モデルイメージ

6.2.2 ガラス部、腰パネル部の計算法

(1) ガラスの斜入射日射特性

ガラスの斜入射計算は第2章同様、板硝子協会でまとめた近似式を用いた²⁾。

$$\tau(\theta) = \tau(0) \sum_{i=0}^5 m_i \cos^i \theta \quad \dots (6.5)$$

$$\rho(\theta) = \rho(0) + (1 - \rho(0)) \sum_{i=0}^5 m_i \cos^i \theta \quad \dots (6.6)$$

ここで

$\tau(0)$: 垂直入射 (入射角度 0°) のときの日射透過率 [-]

$\tau(\theta)$: 入射角度 θ のときの日射透過率 [-]

$\rho(0)$: 垂直入射 (入射角度 0°) のときの日射反射率 [-]

$\rho(\theta)$: 入射角度 θ のときの日射反射率 [-]

また、表 6.1 に基準化透過率・反射率の近似式の係数 (m_i) を示す。

表 6.1 基準化透過率・反射率の近似式の係数

板ガラス品種分類	透過率 反射率	m_0	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5
透明フロート板ガラス	τ	0.000	2.552	1.364	-11.388	13.617	-5.146
	ρ_g	1.000	-5.189	12.392	-16.593	11.851	-3.461

※ τ : 透過率、 ρ_g : ガラス面反射率、 ρ_f : 膜面反射率

(2) ガラス部、パネル部の多重反射計算

2層で構成された複層ガラスを考える。ガラス1及びガラス2の日射吸収率、日射透過率、日射反射率をそれぞれ a_1 、 τ_1 、 ρ_1 及び a_2 、 τ_2 、 ρ_2 とする。

1番目と2番目の層で構成された複層ガラスの透過率 $\tau_{1,2}$ 、反射率 $\rho_{1,2f}$ (front側からの入射に対する反射率) は多重反射を考慮して次式で表わされる。

$$\tau_{1,2} = \tau_1 \tau_2 \left(1 + \rho_{1b} \rho_{2f} + \rho_{1b}^2 \rho_{2f}^2 \dots \right) = \frac{\tau_1 \tau_2}{1 - \rho_{1b} \rho_{2f}} \quad \dots (6.7)$$

$$\rho_{1,2f} = \rho_{1f} + \tau_1^2 \rho_{2f} + \tau_1^2 \rho_{1b} \rho_{2f}^2 + \dots = \rho_{1f} + \frac{\tau_1^2 \rho_{2f}}{1 - \rho_{1b} \rho_{2f}} \quad \dots (6.8)$$

ここで

$\tau_{1,2}$: 1 番目と 2 番目の層に挟まれた部分の透過率 [-]

$\rho_{1,2f}$: 1 番目と 2 番目の層に挟まれた部分のフロント側入射に対する反射率 [-]

τ_1 : 1 番目の層の透過率 [-]

τ_2 : 2 番目の層の透過率 [-]

ρ_{1f} : 1 番目の層のフロント側入射に対する反射率 [-]

ρ_{1b} : 1 番目の層のバック側入射に対する反射率 [-]

ρ_{2f} : 2 番目の層のフロント側入射に対する反射率 [-]

また、front 側からの入射に対する 1 番目と 2 番目の層での吸収率は次式で計算される。

$${}_1a_2 = a_1 \left(1 + \tau_1 \rho_{2f} + \tau_1 \rho_{1b} \rho_{2f}^2 + \dots \right) = a_1 \left(1 + \frac{\tau_1 \rho_{2f}}{1 - \rho_{1b} \rho_{2f}} \right) \quad \dots (6.9)$$

$${}_2a_2 = a_2 \tau_1 \left(1 + \rho_{b1} \rho_{2f} + \rho_{1b}^2 \rho_{2f}^2 + \dots \right) = \frac{a_2 \tau_1}{1 - \rho_{1b} \rho_{2f}} \quad \dots (6.10)$$

ここで

${}_1a_2$: 1 番目の層の front 側入射に対する吸収率 [-]

${}_2a_2$: 2 番目の層の front 側入射に対する吸収率 [-]

a_1 : 1 番目の層の吸収率 [-]

a_2 : 2 番目の層の吸収率 [-]

(3) ガラス部の日射熱取得率の計算基礎式

ガラス部の日射熱取得率は、ガラスの入射する日射エネルギーに対する室内へ伝達される熱エネルギーの比で表わされる。ここで、室内側へ伝達される熱とは、ガラスを直接透過する成分とガラスに吸収されて室内側に再放出される成分を合計したものである。但し、室内外温度差による貫流熱分は室内への伝達熱に含めないため日射熱取得率の定義は次式となる。

$$\eta_g = \tau_e + \frac{q_i - U_g (T_e - T_i)}{I_s} \quad \dots (6.11)$$

なお、熱貫流率 U_g は日射がない場合の室内外温度差 1K あたりの熱流束として次式で表わす。

$$U_g = \frac{q_i}{T_e - T_i} \Big|_{I_s=0} \quad \dots (6.12)$$

ここで

- η_g : ガラス部の日射熱取得率 [-]
- τ_e : ガラス部の日射透過率 [-]
- q_i : ガラスに吸収され室内側へ再放出される熱流束 [W/m²]
- U_g : ガラス部の熱貫流率 [-]
- I_s : 入射日射強度 [W/m²]
- T_e : 室外温度 [K]
- T_i : 室内温度 [K]

6.3 散乱日射に対するカーテンウォールの計算法

第2章より、直達日射の入射角 θ における日射熱取得率： $\eta(\theta)$ を用いて、散乱日射に対する η_{dif} を求める。

窓面を覆う半球の散乱日射(天空日射及び地面反射日射)を均一に受けている状態として、半球上の微小面から窓面へ照射される日射量に微小面位置のプロファイル角 θ から決まる直達入射に対する光学特性を乗じて、これを半球について積分すると散乱日射に対する日射熱取得率を得ることができる³⁾。

$$\eta_{dif} = \int_0^{\pi} 2 \sin \theta \cos \theta \cdot \eta(\theta) d\theta \quad \dots (6.13)$$

ここで

- η_{dif} : 散乱日射に対する窓面の日射熱取得率 [-]
- $\eta(\theta)$: 入射角 θ 時の直達日射に対する窓面の日射熱取得率 [-]

これは、ガラス部の日射熱取得率 ($\eta_{g,dif}$) についてだが、太陽高度及び太陽方位によらなければフレームを含んだ窓全体の日射熱取得率 ($\eta_{w,dif}$) でも同じ式が成り立つ。

6.4 計算結果

6.4.1 計算条件

カーテンウォールの仕様と環境条件を表 6.2 に、日射角度条件を表 6.3 に示す。

また、複層ガラスの斜入射時における日射反射率(ρ)、日射透過率(τ)、日射吸収率(a_o 、 a_i)は、板硝子協会がまとめた近似式²⁾を用いて単板ガラスの特性値を算出し、2層の多重反射計算を行い複層ガラスの特性値を算出した。普通複層ガラスの角度別の特性値を表 6.4 に示す。夏季条件で日射熱取得率の計算を行った。また不透明材の日射吸収率 a はアルミ：0.5、耐火ボード：0.2 で計算を行った。

斜入射特性を考慮した日射熱取得率の計算は、二次元定常熱解析プログラム「TB2D/BEM」²⁾を用いた。日射の方向ベクトルの考慮の仕方は第 2 章で記述した方法を用いた。

第 4 章と同様の図 6.2 の事務所ビル基準階 1 層分で計算を行った。計算結果を比較するため、①アルミフレーム（精算値）、②アルミ熱遮断フレーム（精算値）、③フレーム成分 0（簡易計算）、④全面ガラス、⑤開口部ガラス単体、⑥腰パネル単体の 6 種類を算出した。

フレーム成分 0 は、詳細計算で得られるフレームの受熱による影響やフレームから落とす影の影響を比較する目的で、算出式(6.1)のフレーム部日射熱取得率 $\eta_f=0$ 、フレームから落とす影による日射熱取得減衰係数 $S_{f,g}(\theta)=S_{f,sp}(\theta)=1$ とみなした次式の簡易計算値とした。

$$\eta_{cw,f=0}(\theta) = \frac{\sum A_g \eta_g(\theta) + \sum A_{sp} \eta_{sp}(\theta)}{A_{cw}} \quad \dots (6.14)$$

ここで

$\eta_{cw,f=0}(\theta)$ ：入射角 θ に対するフレーム成分を 0 と仮定した

カーテンウォール全体の総合日射熱取得率 [-]

$\eta_g(\theta)$ ：入射角 θ に対する開口部（ビジョン部）のガラス部の日射熱取得率 [-]

$\eta_{sp}(\theta)$ ：入射角 θ に対する腰部（スパンドレル部）のパネル部の日射熱取得率 [-]

A_{cw} ：カーテンウォール全体の伝熱開口面積 [m²]

A_g ：開口部（ビジョン部）のガラス部の見付面積 [m²]

A_{sp} ：腰部（スパンドレル部）のパネル部の見付面積 [m²]

また、図 6.3 に示すような、方立材室外側に日よけ効果のある化粧材^{4),5)}を装着した場合の比較も行った。フレーム材質の影響は小さいことが第 4 章で明らかになっているため、フレームはアルミ熱遮断フレームを用いた。化粧材の出寸法(d_m)は 100mm、200mm、300mm の 3 種類を行った。化粧材を装着することで本計算条件を確認したところ影長さが最大約 880mm になる場合もあるため、計算モデルのガラス及びパネル長さを 300mm から 900mm とした。

表6.2 カーテンウォールの仕様と環境条件

フレーム材質			アルミ	アルミ熱遮断
フレーム枠種			スティックマリオン(Fix)	
ガラス種類			FL5+A12+FL5	
計算伝熱開口寸法		$W*H$	m	9.08 x 4.0
室内側表面熱伝達率		α_i	W/(m ² ·K)	一般部：7.69、隅角部：5
室外側表面熱伝達率		α_o	W/(m ² ·K)	25
遮熱性能	室内側温度	T_i	°C	25
	室外側温度	T_o	°C	30
	日射量	I_s	W/m ²	500.0
	日射入射角度	θ	°	0
表面熱伝達率の温度依存性				考慮せず一定とする
ガラス中空層	夏季日射無し条件	λ	W/(m·K)	0.0796
	夏季日射有り条件	λ	W/(m·K)	0.0829

表6.3 日射角度条件

方位角度 高度		0	20	45	70
		70	70	71.3	76
45	45	48.4	60	76	
20	20	28	48.4	71.3	
0	0	20	45	70	

表6.4 入射角度別普通複層ガラスの光学特性値

方位角度 高度		0	20	45	70
		70	ρ	0.3047	0.3230
τ	0.3887		0.3625	0.2535	0.0912
a_o	0.1964		0.2041	0.2314	0.2134
a_i	0.1101		0.1103	0.1050	0.0639
45	ρ	0.1370	0.1450	0.2021	0.4095
	τ	0.6225	0.6102	0.5385	0.2535
	a_o	0.1380	0.1413	0.1549	0.2314
	a_i	0.1024	0.1035	0.1045	0.1050
20	ρ	0.1288	0.1283	0.1450	0.3230
	τ	0.6828	0.6720	0.6102	0.3625
	a_o	0.1059	0.1126	0.1413	0.2041
	a_i	0.0825	0.0871	0.1035	0.1103
0	ρ	0.1255	0.1288	0.1370	0.3047
	τ	0.6858	0.6828	0.6225	0.3887
	a_o	0.1084	0.1059	0.1380	0.1964
	a_i	0.0803	0.0825	0.1024	0.1101

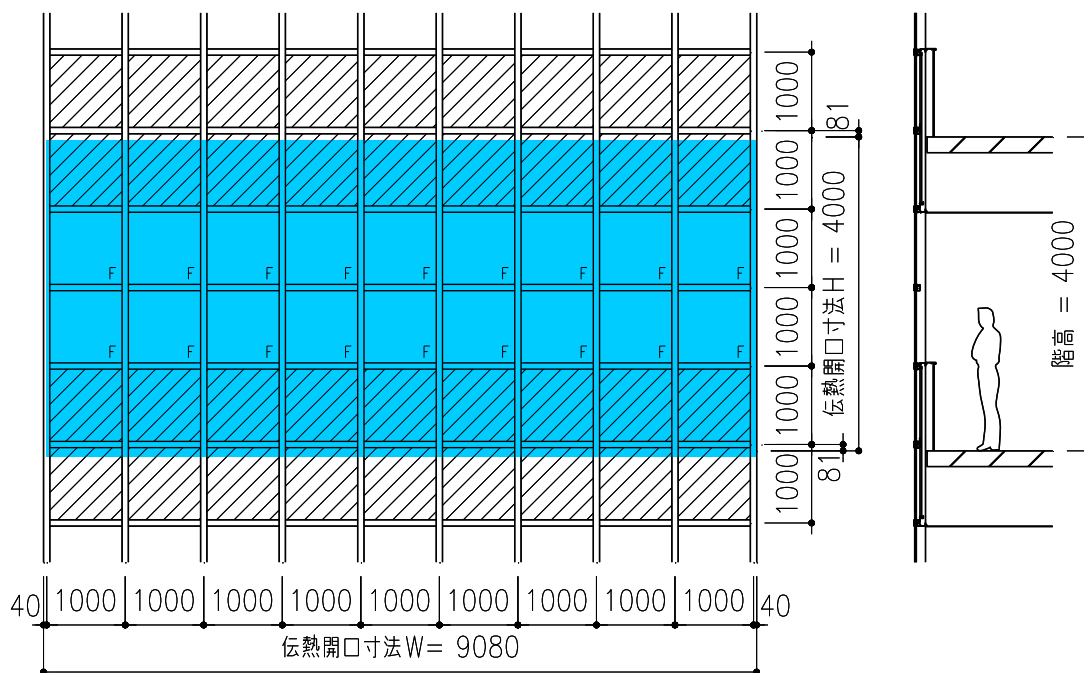


図 6.2 カーテンウォールの基準階姿図と縦断面図

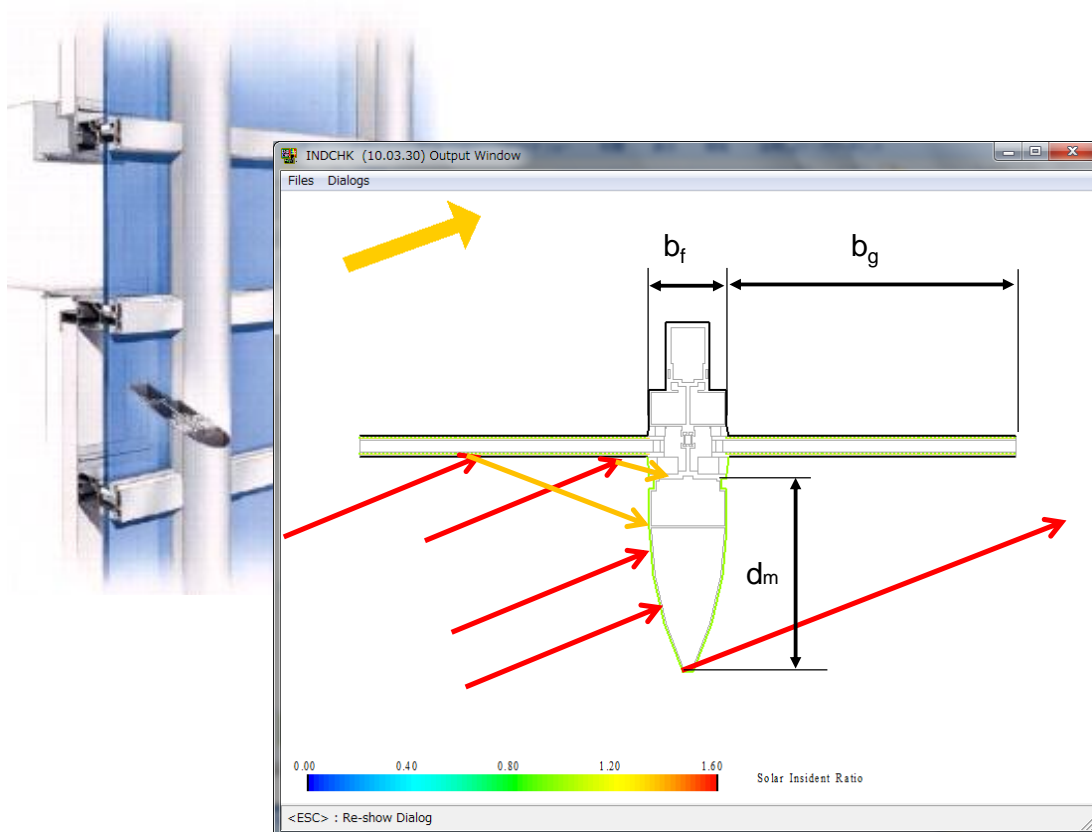


図 6.3 方立材に化粧材がついた計算モデルイメージ

6.4.2 計算結果

(1) 日よけ効果のある化粧材をつけない場合

図6.4に入射角度 ($\cos \theta$) と日射熱取得率の相関を示す。

本モデルケースは開口部と腰部の面積比が 50:50 としていることから、開口部ガラスの日射熱取得率 (η_g) と腰部パネルの日射熱取得率 (η_{sp}) の平均値が全面ガラスの日射熱取得率 ($\eta_{cw,ag}$) となる。フレームを考慮し、詳細解析モデルから算出したカーテンウォール全体の日射熱取得率がアルミフレーム精算値 ($\eta_{cw,al}$) 及び、アルミ熱遮断フレーム精算値 ($\eta_{cw,th}$) である。また、フレーム構成面積比 16% の日射熱取得率を 0、フレーム影による日射取得減衰係数=1 として簡易算出した日射熱取得率が簡易算出値 ($\eta_{cw,f=0}$) である。

どの入射角度でもフレームを考慮していない $\eta_{cw,ag}$ よりフレームを考慮した $\eta_{cw,al}$ 、 $\eta_{cw,th}$ 及び $\eta_{cw,f=0}$ が小さい値を示した。計算を行った全ての入射角度において、フレームを考慮することにより日射熱取得率が減少することが確認できた。また、材質が異なるアルミ及びアルミ熱遮断フレームによる性能差はないことが確認できた。

フレーム全体の日射熱取得率 ($\eta_f(\theta)$) 及びフレームから落ちる影の影響 ($S_{f,g}(\theta)$ 、 $S_{f,sp}(\theta)$) は、簡易算出値 ($\eta_{cw,f=0}$) と比較することで確認できる。入射角度が垂直に近い $\cos \theta : 0.7 \sim 1.0$ ($45 \sim 0^\circ$) の場合、フレームが受熱した成分の方がフレームから落ちる影の影響より大きくなり、 $\eta_{cw,al}$ 及び $\eta_{cw,th}$ の方が大きくなっていることが確認できた。逆に $\cos \theta : 0 \sim 0.7$ ($90 \sim 45^\circ$) の場合、フレームから落ちる影の影響が大きくなっていることが確認できた。

また、太陽高度及び方位角度の違いによる方立材と無目材の熱的影響の違いはほとんどないことも確認できた。つまり、ガラス同様入射角度で簡易に評価することが可能と考えられる。カーテンウォールの場合、影を形成する枠の先端からガラス表面までの見込み方向の距離が四周同一であるため、縦部材、横部材による影響が小さいと考えられる。近年意匠上、ガラス面とフレーム面をフラットにする傾向が強く、開口部では影ができにくいと考えられる。腰部の場合は、パネル面が奥に入った部分で受熱するため、影を落とす面積が開口部のガラス面に比べ大きくなるが、腰部自身の日射熱取得率は、開口部と比較すると非常に小さくカーテンウォール全体への影響は小さい。

よって、カーテンウォールにモール材等の日よけ材が装着されない場合であれば、フレーム面積だけを考慮しフレームから落とす影を考慮せずとも精度よく熱性能を評価できると言える。これは、現状 PAL で計算されている全面ガラスにフレーム面積だけを考慮すればよいということになり式(6.14)は式(6.15)と表すことができる。

$$\eta_{cw,f=0}(\theta) = \left(1 - \frac{\sum A_f}{A_{cw}}\right) \cdot \eta_{cw,ag}(\theta) \quad \dots (6.15)$$

ここで

$\eta_{cw,f=0}(\theta)$: 入射角 θ に対するフレーム成分を 0 と仮定した
カーテンウォール全体の総合日射熱取得率 [-]

$\eta_{cw,ag}(\theta)$: 入射角 θ に対するフレームを考慮せず全面ガラスと仮定した
カーテンウォール全体の総合日射熱取得率 [-]

A_{cw} : カーテンウォール全体の伝熱開口面積 [m²]

A_f : 開口部・腰部のフレーム部の見付面積 [m²]

そこで、日射熱取得率を垂直入射時の値 ($\eta_{cw}(0)$) と入射角度の余弦の多項式で近似式を表すことを試みた。その結果、式(6.16)が成り立ち、表 6.5 に示すように面積比だけの違いである簡易算出値($\eta_{cw,f=0}$)と全面ガラス($\eta_{cw,ag}$)の近似式係数が等しいことが確認できた。

$$\eta_{cw}(\theta) = \eta_{cw}(0) \sum_{i=0}^5 m_i \cos^i \theta \quad \dots (6.16)$$

ここで

$\eta_{cw}(\theta)$: 入射角 θ に対するカーテンウォール全体の総合日射熱取得率 [-]

$\eta_{cw}(0)$: 垂直入射時に対するカーテンウォール全体の総合日射熱取得率 [-]

表6.5 入射角度と日射熱取得率の相関

	m5	m4	m3	m2	m1	m0	R ²
$\eta_{cw,aj}$ 精算値(アルミCW)	-6.7127	20.5290	-22.8350	9.9576	0.0622	0	0.9993
$\eta_{cw,th}$ 精算値(熱遮断CW)	-7.1319	21.7320	-24.0720	10.5010	-0.0279	0	0.9994
$\eta_{cw,f=0}$ 簡易(フレーム成分=0)	-4.9937	14.8890	-15.5440	5.4470	1.2018	0	1
$\eta_{cw,ag}$ 現行PAL(フレーム無)	-4.9937	14.8890	-15.5440	5.4470	1.2018	0	1
η_g 開口部ガラス(フレーム無)	-5.5073	16.2930	-16.7850	5.6781	1.3213	0	1
η_{sp} 腰部パネル(フレーム無)	-0.2386	1.8904	-4.0567	3.3074	0.0959	0	1

これにより日よけ部材がない仕様では、ガラスの入射角度を考慮した日射熱取得率が一覧表になることで、簡易にフレームを考慮した実用的な計算が可能になると考えられる。

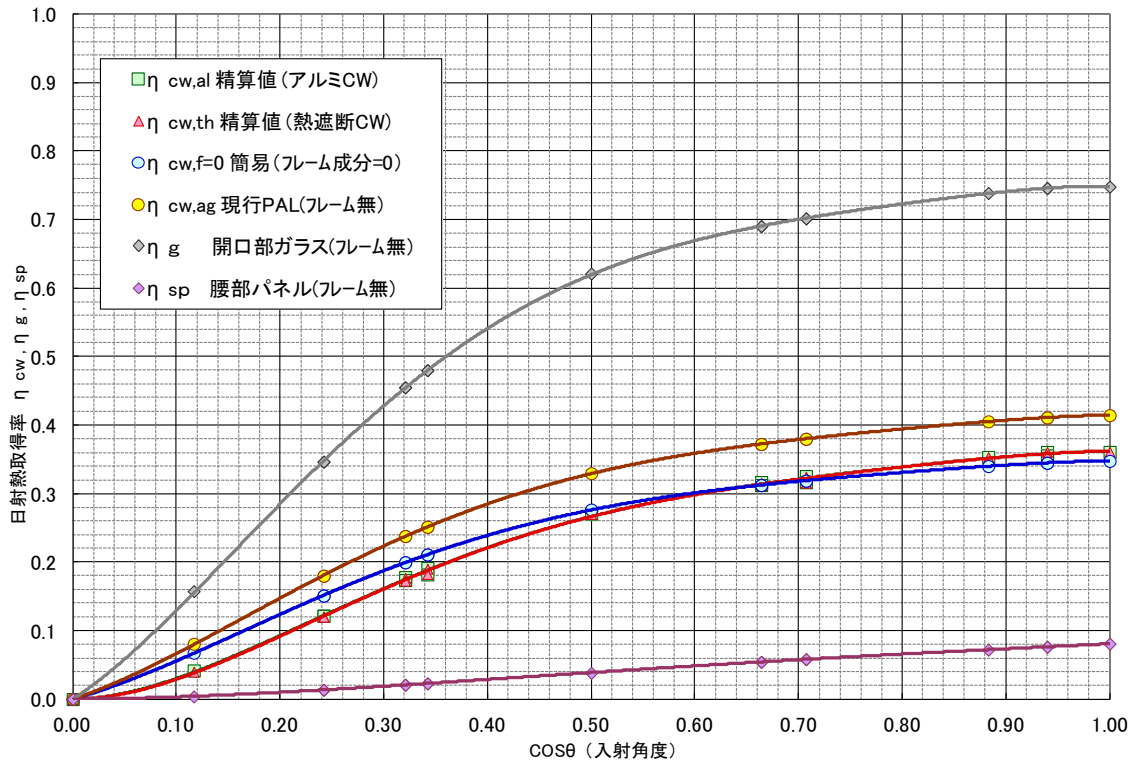


図6.4 入射角度と日射熱取得率の相関 (モール無し)

(2) 日よけ効果のある方立化粧材をつけた場合

図 6.5 に入射角度 ($\cos \theta$) と日射熱取得率の相関を示す。

方立化粧材 (以後化粧材) は、縦ラインを強調する等の意匠上の役割として用いられているが、日よけ部材としての役割ともなる。

2次元の解析のため、方立 (縦部材) に装着した化粧材から落とす無目 (横部材) 影による影響はここでは考慮していない。縦に日よけ部材が装着されているため、方位角度が高くなるにつれ影面積は増大し、カーテンウォール全体の日射熱取得率は減少する。

太陽高度での変化はないため、化粧材が装着されていない場合のように入射角度で簡易に評価できないことを確認した。

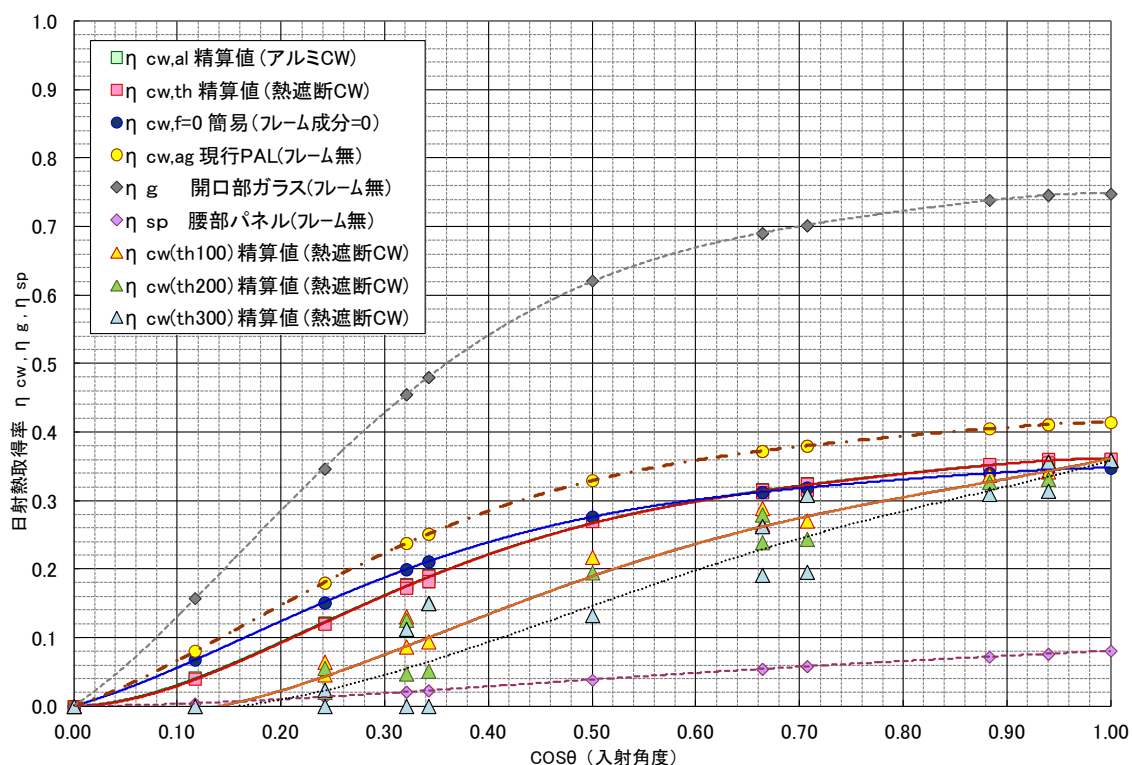


図6.5 入射角度と日射熱取得率の相関（モール有り）

そこで、化粧材による影の影響がないと仮定し、日射熱取減衰係数 ($S_{f,g}(\theta)$ 、 $S_{f,sp}(\theta)$) を 1.0 とした場合と化粧材が装着されていない場合を比較した。その結果を図 6.6 に示す。

カーテンウォール全体の日射熱取得率と比較して、垂直入射では、全ての条件で同じ値を示した。また、太陽高度 45° 、方位角度 45° 、出寸法 300mm のとき最大で約 5% 小さくなるのがわかった。これは、受熱する面積が増加した分、影になり放熱する面積も増加したため、このような結果となったと考えられる。

これらの結果より、日よけ効果のある化粧材がカーテンウォールのフレームの日射熱取得率に与える影響は小さいと考えられる。

つまり、化粧材の有無に関わらず、フレームの日射熱取得率は同じ値とでき、化粧材は日射熱取得に影響しない、影を作るフィンとみなすことができるため、現行 PAL で採用しているようなフレーム以外に装着されている日よけ材（この場合はサイドフィン）による日よけ効果係数と同じ扱い方をしてもよいと考えられる。

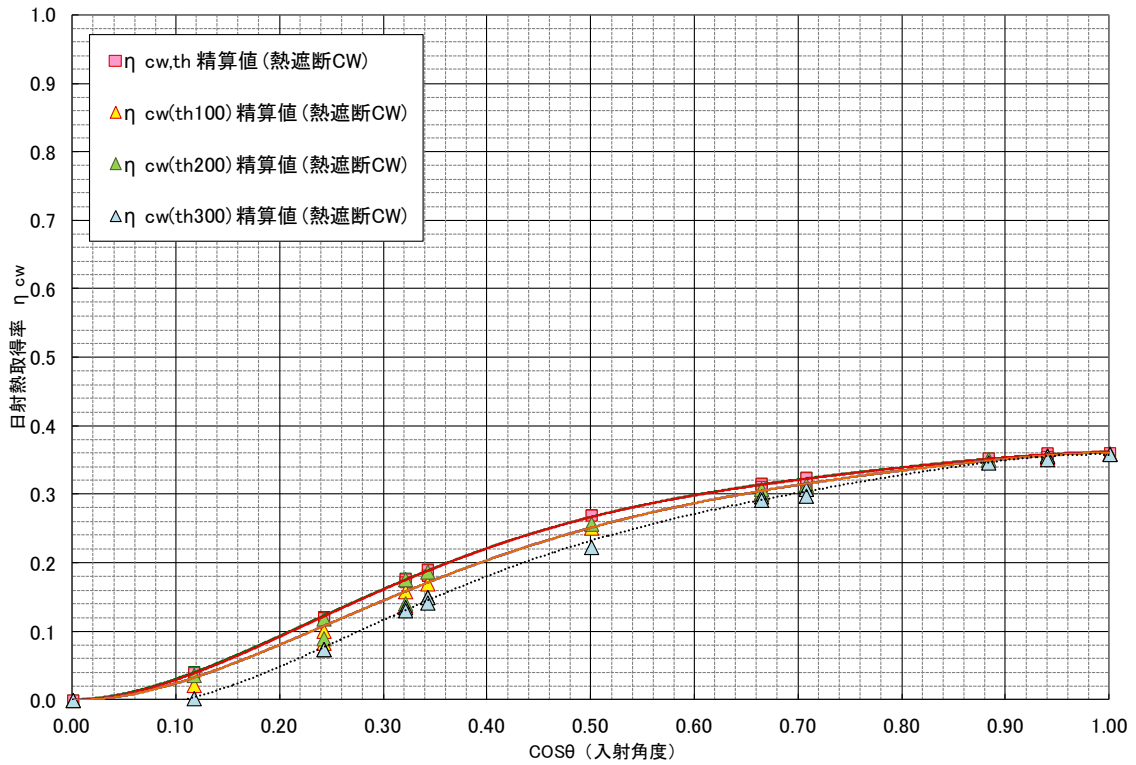


図6.6 入射角度と日射熱取得率の相関 (モールによる影減衰係数1.0と仮定した場合)

(3) 散乱日射に対するカーテンウォール全体の日射熱取得率

式(6.13)より求めた散乱日射に対するカーテンウォール全体の日射熱取得率を表 6.6 に示す。フレームを考慮しなければならないことが明確となったが、カーテンウォールフレームから落とす影はほぼないため、面積だけを考慮した簡易計算で十分な精度であることが確認できた。

表6.6 散乱日射に対する日射熱取得率一覧 (ガラス：普通複層)

計算仕様	ガラス仕様	フレーム考慮	フレーム面積比率	$\eta_{cw(0)}$	η_{diff}	SC*0.81
ガラスのみ	FL5+A+FL5	無	0.0%	0.414	0.350	0.381
フレーム考慮 (簡易計算)		有(簡易)	16.1%	0.348	0.293	0.320
アルミフレーム		有(精算)		0.361	0.293	0.333
熱遮断フレーム		有(精算)		0.361	0.292	0.333

6.5 まとめ

第6章では、斜入射時におけるフレームを考慮したカーテンウォールの日射熱取得率の詳細計算法について日射の直達成分と散乱成分を分けて整理した。直達成分は、垂直入射だけでなく斜入射で日射があたった場合のガラスの入射角度特性、フレームからガラス面に落とす影の影響を考慮して計算を行った。

得られた知見を以下にまとめる。

①計算を行った全ての入射角度において、ガラス部単体の日射熱取得率 (η_g) よりもフレームを含めたカーテンウォール全体の日射熱取得率 (η_{cw}) の方が小さい値を示した。フレームを考慮することにより、カーテンウォール全体の日射熱取得率が減少することを示した。フレーム面積比率の影響は大きくフレームを考慮しなければならないことを示した。

②フレームの受熱分及びフレームから落ちる影の影響は、入射角度が垂直に近い $\cos \theta : 0.7 \sim 1.0$ ($45 \sim 0^\circ$) の場合、フレームが受熱した成分の方がフレームから落ちる影の影響より大きくなり、簡易計算値 ($\eta_{cw,f=0}$) よりも精算値 (η_{cw}) の方が若干大きい、逆に $\cos \theta : 0 \sim 0.7$ ($90 \sim 45^\circ$) の場合、フレームから落ちる影の影響が大きいことを示した。

③入射角度は同じでも高度と方位が異なった条件を計算しているが、日よけ効果のある化粧材をつけない場合のカーテンウォール全体の日射熱取得率は、高度、方位問わず入射角度と日射熱取得率の相関がうまく近似できていた。ガラス同様入射角度で簡易に評価できることを示した。

④腰部の場合は、パネル面が奥に入った部分で受熱するため、影を落とす面積が開口部のガラス面に比べ大きくなるが、腰部自身の日射熱取得率は、開口部と比較すると非常に小さくカーテンウォール全体への影響は小さいことを示した。

⑤カーテンウォールに日よけ効果のある化粧材が装着されない場合は、フレーム面積だけを考慮しフレームから落とす影を考慮せずとも精度よく遮熱性能を評価できることを示した。つまり、現状 PAL で計算されている全面ガラスにフレーム面積だけを考慮すればよいということを示した。

⑥日よけ効果のある化粧材が縦についた場合は、方位角度が高くなるにつれ影面積は増大し、カーテンウォール全体の日射熱取得率は減少するため、化粧材が装着されていない場合のように入射角度で簡易に評価できない。そこで、化粧材による影の影響がないと仮定し、日射熱取減衰係数 ($S_{f,g}(\theta)$ 、 $S_{f,sp}(\theta)$) を 1.0 とした場合と化粧材が装着されていない場合を比較した結果、日よけ効果のある化粧材がカーテンウォールのフレームの日射熱取得率に与える影響は小さいことを示した。つまり、現行 PAL で採用しているようなフレーム以外に装着されている日よけ材（この場合はサイドフィン）による日よけ効果係数と同じ扱い方をしてもよいことを示した。

⑦日よけ効果のある化粧材をつけない場合は、散乱成分についても直達成分同様フレームから落とす影の影響は無視してもよいことを示した。

参考文献

- 1) ISO/DIS 12631, Thermal performance of curtain walling -- Calculation of thermal transmittance
- 2) 遮熱計算法に関する研究報告書, (社)リビングアメニティ協会, 平成13年度(2002.3), 平成14年度(2003.3), 平成15年度(2004.3), 平成16年度(2005.3), 平成19年度(2008.3)
- 3) 赤坂裕: 建物の熱負荷と熱使用に関する研究, 鹿児島大学工学部紀要, 17号, 1975
- 4) ビル用中高層サッシ総合カタログ, (株) LIXIL, 2011.6
- 5) 中低層ビル用ファサード RMi シリーズ, 新日軽 (株), 2009.11

第7章 期間熱負荷計算への影響

7.1 はじめに

開口部の熱性能は、断熱性能を熱貫流率、遮熱性能を日射熱取得率で評価している¹⁾。一方、建物ではこの熱性能を用いて、期間熱負荷を地域に則して計算し評価している^{1,2)}。

開口部は外皮を形成するその他の部位と比較すると熱性能が劣るため、建物の暖冷房エネルギーは開口部の仕様に強く影響される。

しかし、開口部は唯一日射による自然の熱エネルギーを建物内に取り込むことができる部位でもある。その性能を評価する日射熱取得率は、窓に照射される日射熱に対する室内への侵入熱量の比で定義され、この値が小さいものほど冷房エネルギー低減に効果的である。逆にこの値が大きいものほど暖房エネルギー低減に効果的である。このバランスがよい商品を選択することにより、建物の省エネルギー性を向上させることができる。

現在の国内の日射熱取得率に対する規格はガラスのみのため、フレームを考慮できていない。そのため、伝熱開口面積全てをガラスとみなして熱負荷計算を行っている。さらに国内の主要な熱負荷計算ソフト^{3,4)}では、ガラス部の入射角度特性は考慮しているが、単板ガラスの入射角度特性曲線及び散乱係数を用いて直達日射及び散乱日射に対する日射による侵入熱量を計算している。そのため、近年普及しているガラスの複層化によって生じる多重反射による日射熱取得率の減衰効果が考慮されていない。

本論文では、これまで考慮されることのなかった窓フレームの考慮（日射熱取得率と面積率）、窓フレームから落とす影の影響、複層ガラスの多重反射の影響について入射角度別に計算する手法を提案した。合わせて散乱日射に対する計算手法も提案した。

本章では、建物の期間熱負荷計算に用いている開口部の従来計算法と本論文で提案する計算法の期間積算日射熱取得の比較を行う。

7.2 住宅の期間熱負荷計算に関する開口部の計算法

7.2.1 従来計算法

日本の住宅用熱負荷計算には、SMASH³⁾や AE-Sim/Heat⁴⁾といった計算ソフトが用いられることが一般的である。これらのソフトは、標準気象データから日射の直達成分と散乱成分（地物反射成分含む）を窓の設置方位及び日射の入射角特性を考慮した計算を行っている。(7.1)から(7.6)に用いられている算出式を示す。

直達日射に対する日射熱取得率の入射角特性は FL3 を代表として用いている。

$$\eta_{FL3}(\theta) = 2.3920 \cdot \cos \theta - 3.8636 \cdot \cos^3 \theta + 3.7568 \cdot \cos^5 \theta - 1.3952 \cdot \cos^7 \theta \quad \dots (7.1)$$

ここで

$$\begin{aligned} \eta_{FL3}(\theta) &: \text{直達日射に対する FL3 の日射熱取得率の入射角特性[-]} \\ \theta &: \text{入射角[rad.]} \end{aligned}$$

拡散日射に対する日射熱取得率も FL3 を代表として用いている。

$$\bar{\eta}_{FL3} = 0.81 \quad \dots (7.2)$$

ここで

$$\bar{\eta}_{FL3} : \text{散乱日射に対する FL3 の日射熱取得率[-]}$$

窓の日射熱取得量は式(7.1)及び式(7.2)の FL3 の特性に各ガラスの日射遮蔽係数(SC 値)を積算して次式で求める。

$$Q_w = I_{dir} \cdot \eta_{FL3}(\theta) \cdot SC_w + I_{dif} \cdot \bar{\eta}_{FL3} \cdot SC_w \quad \dots (7.3)$$

期間熱負荷計算をする場合、放射成分と対流成分に分配する必要がある。窓全体の日射熱取得量を放射成分 ($SC_{w,r}$) と対流成分 ($SC_{w,c}$) に分配する場合は以下の式となる。

$$Q_{w,r} = I_{dir} \cdot \eta_{FL3}(\theta) \cdot SC_{w,r} + I_{dif} \cdot \bar{\eta}_{FL3} \cdot SC_{w,r} \quad \dots (7.4)$$

$$Q_{w,c} = I_{dir} \cdot \eta_{FL3}(\theta) \cdot SC_{w,c} + I_{dif} \cdot \bar{\eta}_{FL3} \cdot SC_{w,c} \quad \dots (7.5)$$

ここで

- Q_w : 窓全体の日射熱取得量 [W/m²]
- $Q_{w,r}$: 窓全体の日射熱取得量の放射成分 [W/m²]
- $Q_{w,c}$: 窓全体の日射熱取得量の対流成分 [W/m²]
- I_{dir} : 窓面直達日射量 [W/m²]
- I_{dif} : 窓面拡散日射量 [W/m²]
- SC_w : 窓全体の日射遮蔽係数 [-]
- $SC_{w,r}$: 窓全体の日射遮蔽係数の放射成分 [-]
- $SC_{w,c}$: 窓全体の日射遮蔽係数の対流成分 [-]

また、日射遮蔽係数(SC 値)の算出式を以下に示す。

$$SC_w = \frac{\eta_g(0)}{0.88} \quad \dots (7.6)$$

ここで

- $\eta_g(0)$: 垂直入射時のガラスの日射熱取得率 [-]

0.88 は、FL3 の垂直入射時の日射熱取得率を示す。

7.2.2 フレームを考慮した詳細計算法

窓フレームの考慮 (フレーム日射熱取得率及びフレーム面積比率)、窓フレームから落とす影の影響及び複層ガラスの多重反射の影響を考慮した日射熱取得量の算出式を以下に示す。

$$Q_w = \{I_{dir} \cdot \eta_g(\theta) \cdot S_f(\theta) + I_{dif} \cdot \bar{\eta}_g \cdot \bar{S}_f\} \cdot (1 - \beta_f) + \{I_{dir} \cdot \eta_f(\theta) + I_{dif} \cdot \bar{\eta}_f\} \cdot \beta_f \quad \dots (7.7)$$

窓全体の日射熱取得量を放射成分と対流成分に分配する場合は以下の式となる。

$$Q_{w,r} = \{I_{dir} \cdot \eta_{g,r}(\theta) \cdot S_f(\theta) + I_{dif} \cdot \bar{\eta}_{g,r} \cdot \bar{S}_f\} \cdot (1 - \beta_f) + \{I_{dir} \cdot \eta_{f,r}(\theta) + I_{dif} \cdot \bar{\eta}_{f,r}\} \cdot \beta_f \quad \dots (7.8)$$

$$Q_{w,c} = \{I_{dir} \cdot \eta_{g,c}(\theta) \cdot S_f(\theta) + I_{dif} \cdot \bar{\eta}_{g,c} \cdot \bar{S}_f\} \cdot (1 - \beta_f) + \{I_{dir} \cdot \eta_{f,c}(\theta) + I_{dif} \cdot \bar{\eta}_{f,c}\} \cdot \beta_f \quad \dots (7.9)$$

ここで

- Q_w : 窓全体の日射熱取得量 [W/m²]
 $Q_{w,r}$: 窓全体の日射熱取得量の放射成分 [W/m²]
 $Q_{w,c}$: 窓全体の日射熱取得量の対流成分 [W/m²]
 I_{dir} : 窓面直達日射量 [W/m²]
 I_{dif} : 窓面拡散日射量 [W/m²]
 $\eta_g(\theta)$: 入射角 θ に対するガラスの日射熱取得率 [-]
 $\eta_{g,r}(\theta)$: 入射角 θ に対するガラスの日射熱取得率の放射成分 [-]
 $\eta_{g,c}(\theta)$: 入射角 θ に対するガラスの日射熱取得率の対流成分 [-]
 $\bar{\eta}_g$: 散乱日射に対する日射熱取得率 [-]
 $\bar{\eta}_{g,r}$: 散乱日射に対する日射熱取得率の放射成分 [-]
 $\bar{\eta}_{g,c}$: 散乱日射に対する日射熱取得率の対流成分 [-]
 $\eta_f(\theta)$: 入射角 θ に対するフレーム日射熱取得率 [-]
 $\eta_{f,r}(\theta)$: 入射角 θ に対するフレーム日射熱取得率の放射成分 [-]
 $\eta_{f,c}(\theta)$: 入射角 θ に対するフレーム日射熱取得率の対流成分 [-]
 $\bar{\eta}_f$: 散乱日射に対するフレーム日射熱取得率 [-]
 $\bar{\eta}_{f,r}$: 散乱日射に対するフレーム日射熱取得率の放射成分 [-]
 $\bar{\eta}_{f,c}$: 散乱日射に対するフレーム日射熱取得率の対流成分 [-]
 β_f : フレーム面積率 [-]
 $S_f(\theta)$: 入射角 θ に対するフレーム影による日射熱取得低減効果 [-]
 \bar{S}_f : 散乱日射に対するフレームの影響による日射熱取得低減効果 [-]

7.2.3 従来計算法にフレームを考慮した簡易計算法

現状の日本の住宅用熱負荷計算に、フレームを考慮した場合の簡易計算法を以下に示す。

ここでは、複層ガラスによる多重反射の影響は従来計算法と同じ扱いとして FL3 の入射角度特性値を用いる。また、フレームは受熱成分及びフレームから落とす影の影響が無いと仮定してフレーム面積分のフレーム日射熱取得率を 0 とし、フレームから落とす影による日射熱取得減衰係数を 1 としている。

よって、窓全体の日射熱取得量(Q_w)の算出式は、式(7.3)と同一となり、日射遮蔽係数(SC 値)を求める算出式が式(7.6)より以下の式となる。

$$SC_w = \frac{\eta_g(0)}{0.88} \cdot \frac{1 - A_f}{A_w} = \frac{\eta_g(0) \cdot A_g}{0.88 \cdot A_w} \quad \dots (7.10)$$

7.3 斜入射計算法の違いによる期間日射熱取得量の比較

7.3.1 計算条件

期間熱負荷計算に影響を及ぼす開口部から取得する期間積算日射熱取得量の比較を住宅用窓で行った。計算条件を表 7.1 に示す。

表7.1 計算条件

地名		札幌	東京	鹿児島
位置	北緯 [°]	43.06	35.69	31.55
	東経 [°]	141.33	139.77	130.55
気象データ		拡張アメダス気象データ(標準年)		
直散分離計算モデル		Perezモデル		
アルベド [-]		0.10		
計算仕様条件	Case1	従来計算法(全面ガラス)		
	Case2	従来計算法+フレーム面積考慮		
	Case3	複層ガラス多重反射考慮(全面ガラス)		
	Case4	精算値(フレーム面積+フレーム影+多重反射)		
窓種		引違い窓		
フレーム材質		アルミ樹脂複合		
フレーム色(case4のみ)		ブラック(a=0.925)		
ガラス種		FL3+A12+FL3		
フレーム面積比率	[-]	0.232		
ガラス面積比率	[-]	0.768		
窓サイズ(W*H)	[m]	W:1.690 * H:1.170		
伝熱開口面積	[m ²]	1.98		
計算方位		東,西,南,北(4方位)		
表面熱伝達率の温度依存性		考慮せず一定とする		
ガラス中空層等価熱伝導率の温度依存性		考慮せず一定とする		

建設地域は、札幌、東京、鹿児島の3地域とし、気象条件の違いを確認する。気象データは拡張アメダス気象データの標準年気象データから Perez モデル⁵⁾を用いて、天空分窓面直達日射量及び天空分窓面散乱日射量、地表面反射日射量を算出した。地表面反射日射量を算出するために必要な反射比率を意味するアルベドは 0.10 とした。ここでは、地表面を反射し窓面に照射される日射量は全て散乱日射として扱った。また、外部風速、風向による表面熱伝達率の変化や表面熱伝達率の温度依存性及び、ガラス中空層の等価熱伝導率の温度依存性は考慮せず一定とした。

対象とする開口部は、引違い窓 1 窓(16511:W:1.69m*H:1.17m、開口面積:1.98 m²) を東西南北面にふり、積算日射熱取得量の比較を行った。

また、本計算で用いた直達日射に対する入射角と各条件（case1～4）の日射熱取得率の相関及びこの相関から得られた散乱日射に対する各条件の日射熱取得率を図 7.1 に示す。

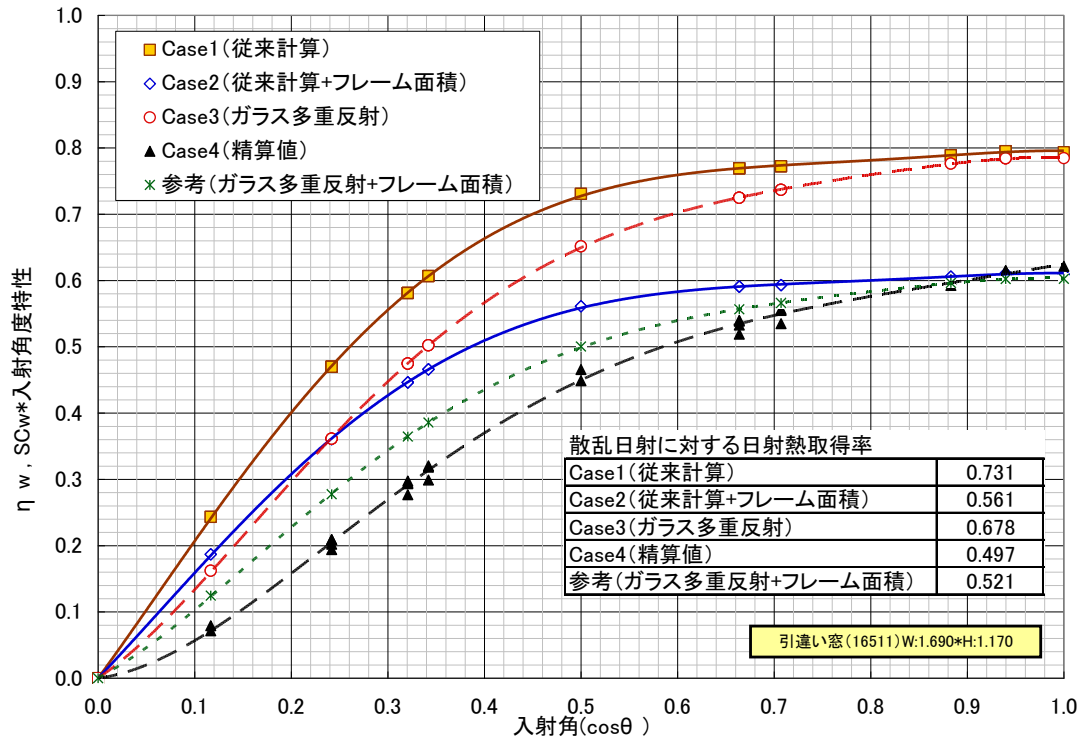


図7.1 入射角と各条件の日射熱取得率の相関及び散乱日射に対する日射熱取得率

7.3.2 計算結果

表 7.2 及び図 7.2 に札幌、表 7.3 及び図 7.3 に東京、表 7.4 及び図 7.4 に鹿児島島の計算結果を示す。表 7.2～7.4 は月別の全方位合計の積算日射熱取得の比率を示す。図 7.2～7.4 は季節別（3ヶ月）の積算日射熱取得量を示す。

表7.2 月別の全方位合計の積算日射熱取得の比率（札幌）

全方位	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
Case1:従来計算法	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Case2:従来+フレーム面積	0.772	0.772	0.773	0.773	0.774	0.773	0.774	0.774	0.772	0.772	0.772	0.772
Case3:ガラス多重反射	0.944	0.940	0.935	0.930	0.930	0.930	0.933	0.931	0.933	0.938	0.942	0.944
Case4:精算値(ブラック)	0.697	0.690	0.684	0.677	0.676	0.675	0.680	0.678	0.681	0.688	0.693	0.698
参考:多重反射+フレーム面積	0.725	0.722	0.718	0.714	0.714	0.714	0.716	0.715	0.716	0.720	0.723	0.725

表7.3 月別の全方位合計の積算日射熱取得の比率（東京）

全方位	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
Case1:従来計算法	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Case2:従来+フレーム面積	0.771	0.772	0.772	0.773	0.774	0.775	0.774	0.774	0.774	0.773	0.772	0.772
Case3:ガラス多重反射	0.942	0.936	0.930	0.930	0.932	0.934	0.931	0.932	0.932	0.934	0.939	0.942
Case4:精算値(ブラック)	0.692	0.685	0.677	0.677	0.679	0.683	0.677	0.680	0.679	0.682	0.689	0.694
参考:多重反射+フレーム面積	0.723	0.719	0.715	0.715	0.716	0.718	0.715	0.716	0.715	0.717	0.721	0.724

表7.4 月別の全方位合計の積算日射熱取得の比率（鹿児島島）

全方位	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
Case1:従来計算法	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Case2:従来+フレーム面積	0.772	0.772	0.773	0.773	0.773	0.774	0.774	0.773	0.773	0.772	0.772	0.771
Case3:ガラス多重反射	0.938	0.933	0.930	0.929	0.933	0.934	0.934	0.932	0.929	0.931	0.937	0.940
Case4:精算値(ブラック)	0.688	0.680	0.677	0.675	0.681	0.682	0.682	0.680	0.675	0.677	0.686	0.691
参考:多重反射+フレーム面積	0.721	0.716	0.714	0.713	0.716	0.717	0.717	0.716	0.713	0.715	0.719	0.722

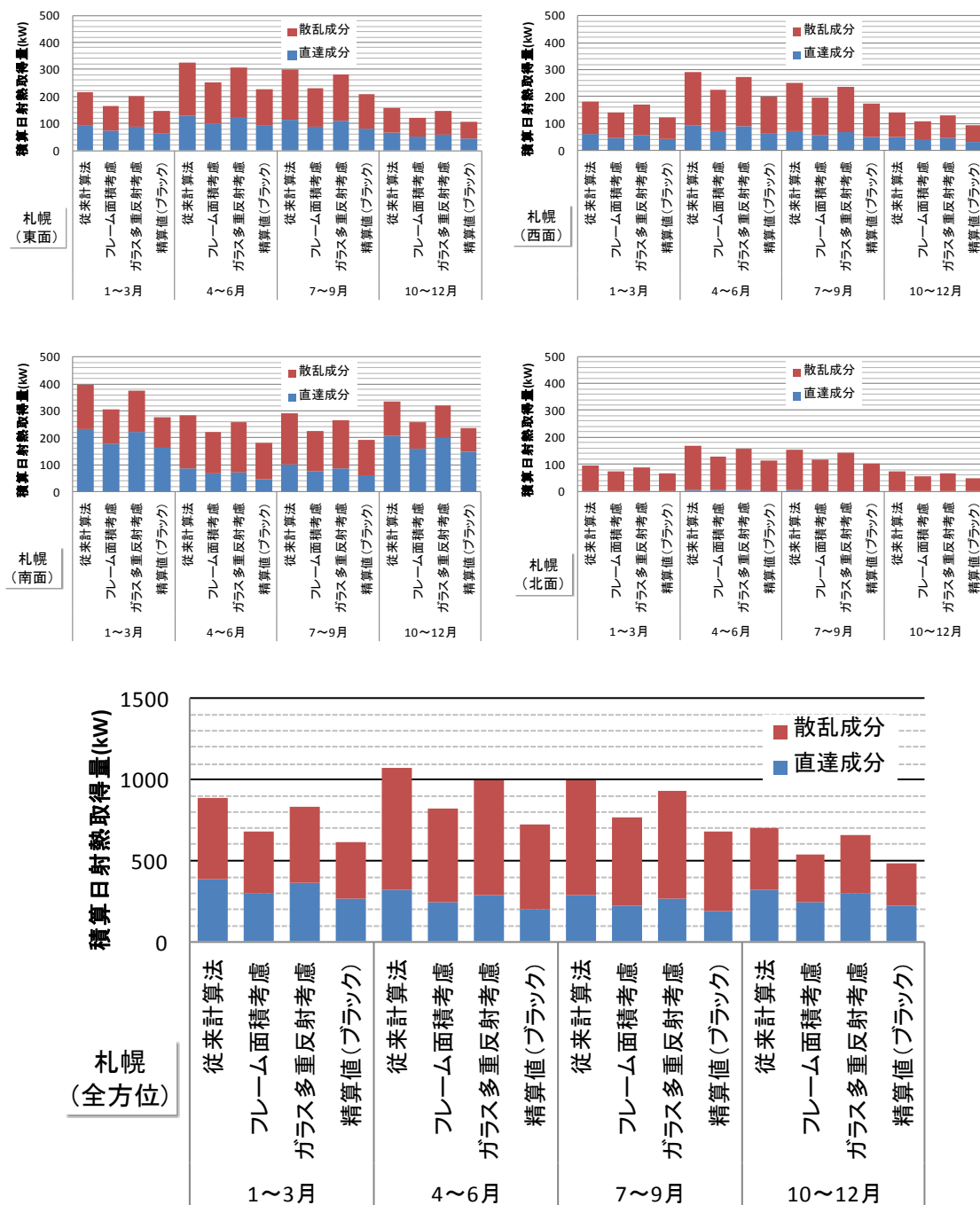


図7.2 季節別(3ヶ月)の積算日射熱取得量(札幌)

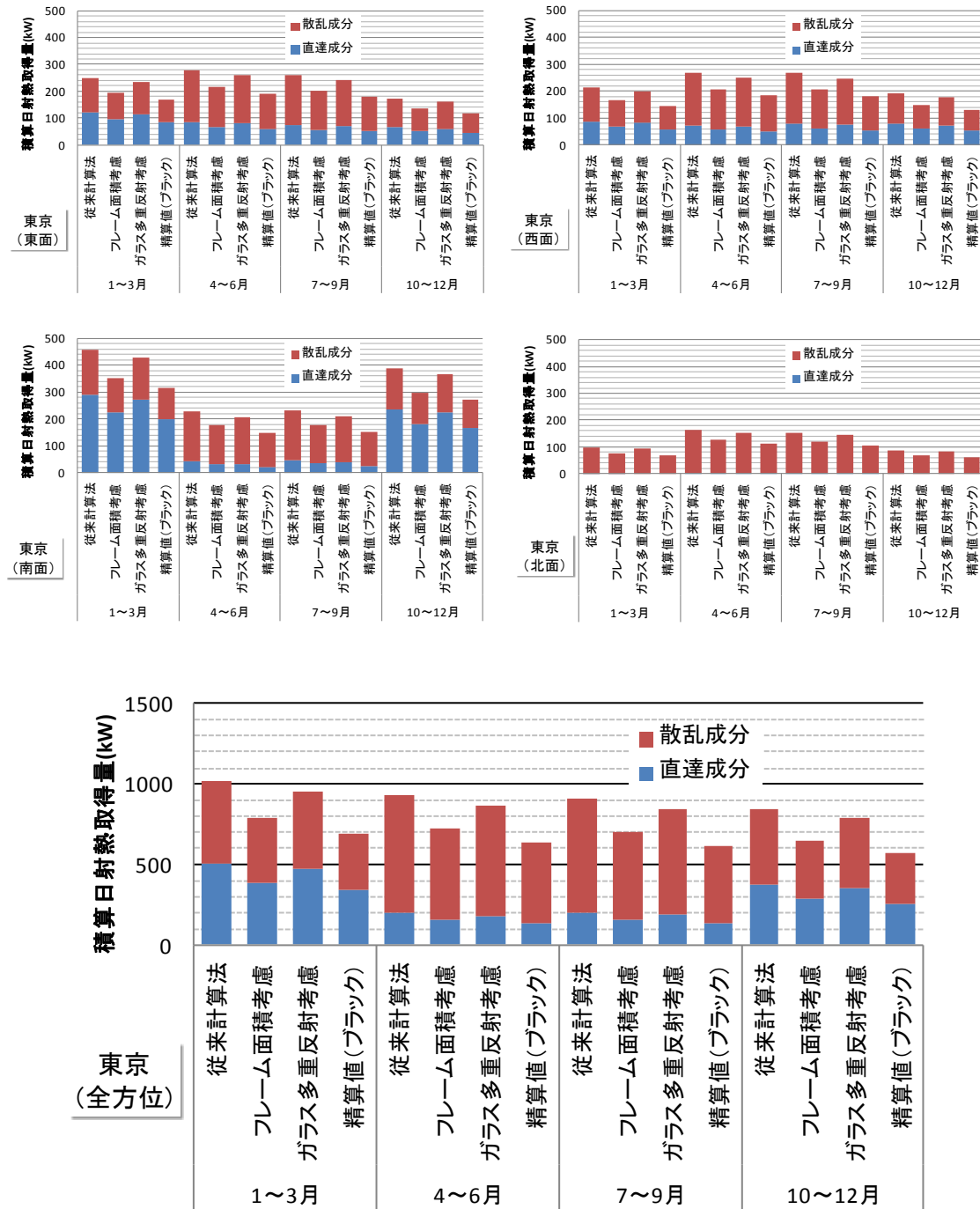


図7.3 季節別 (3ヶ月) の積算日射熱取得量 (東京)

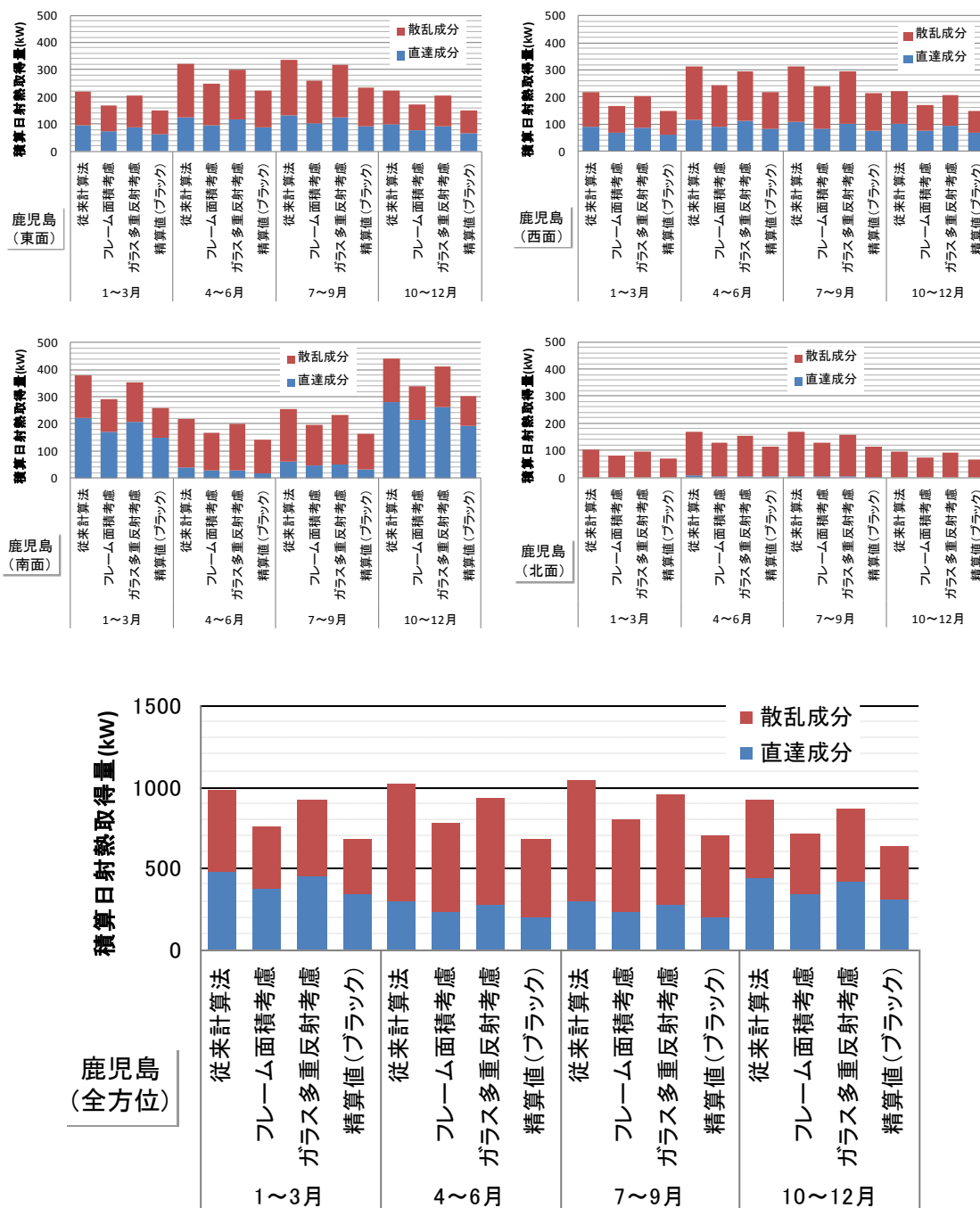


図7.4 季節別 (3ヶ月) の積算日射熱取得量 (鹿児島)

表 7.2～7.4 より、気象条件の異なるどの都市においても同様の結果が得られた。

Case1 の従来計算法を 1 とした場合に対する条件違いの影響を比率で表している。

Case2 のフレーム面積を考慮することで、フレーム面積比率分の約 23%程度低下することが確認できた。フレーム面積比率を無視できないことを示した。

Case3 のガラスの多重反射を考慮することで、93～94%に低下することが確認できた。これにより、ガラスの多重反射も無視できないことを示した。若干ではあるが、暖房負荷のかかる冬期（1～3月）よりも冷房負荷のかかる夏期（7～9月）の方が低下率は大きかった。これは、入射角が大きくなると多重反射の影響により乖離が大きくなるため、入射角が大きくなる頻度が高い夏期の方が冬期に比べ取得熱量の比率が低く推移したと考えられる。

Case4 の精算値としてガラスの多重反射、フレームによる日射熱取得率及びフレームから落とす影を考慮することで、67～70%に低下することが確認できた。これは精算値を 1 とすると従来計算法は年間を通じて約 1.5 倍多く日射熱が取得されていることとなる。これにより、従来計算法では冬期の暖房負荷を小さく、夏期の冷房負荷を過大に見積もっていることが確認できた。

Case4 と参考値（多重反射+フレーム面積）を比較することで、フレームの日射熱取得率分及び影による減衰効果分を確認することができる。その結果、3～4%程度の差であることがわかった。これは精算値を 1 とすると影を考慮しない場合と比較して 5～6%程度多く日射熱が取得されていることとなり、その他の要因と比べて影響が小さいことが分かった。第 2 章より、フレームの影による影響は直達・散乱どちらの場合においても日射熱取得率で比較した場合に大きいと考えていたが、取得熱量で比較すると影響は小さい。これは影による減衰効果の影響が大きい入射角度ではガラス自体の日射熱取得率が小さくなるため、取得された熱量全体の中でこの影響が小さくなるのが原因と考えられる。

これらの結果より、期間熱負荷計算時に用いる開口部の日射熱取得率は、ガラスの多重反射とフレーム面積比率を考慮すれば十分な精度となることが分かった。

表 7.5 地域別の直達と散乱による積算日射熱取得の比率（精算値）

方位	地域	直散	1～3月	4～6月	7～9月	10～12月	年間
南面	札幌	直達	0.596	0.261	0.312	0.626	0.474
		散乱	0.404	0.739	0.688	0.374	0.526
	東京	直達	0.638	0.139	0.168	0.614	0.466
		散乱	0.362	0.861	0.832	0.386	0.534
	鹿児島	直達	0.583	0.126	0.187	0.640	0.453
		散乱	0.417	0.874	0.813	0.360	0.547
全方位	札幌	直達	0.441	0.285	0.284	0.460	0.357
		散乱	0.559	0.715	0.716	0.540	0.643
	東京	直達	0.491	0.208	0.216	0.453	0.344
		散乱	0.509	0.792	0.784	0.547	0.656
	鹿児島	直達	0.441	0.275	0.276	0.490	0.366
		散乱	0.559	0.725	0.724	0.510	0.634

図 7.2~7.4 より、精算値で比較すると、直達日射による取得熱量と地表面反射を含む散乱日射による取得熱量の比は、表 7.5 に示すようになった。

地域による気象条件は異なるが、全方位年間合計の直達日射による取得熱量と地表面反射を含む散乱日射による取得熱量の比は、概ね 35% : 65% (札幌; 36% : 64%、東京; 34% : 66%、鹿児島; 37% : 63%) となり、散乱日射による取得熱量の方が多ことがわかった。

7.4 住宅モデルにおける窓の期間日射熱取得量の比較

前節では、期間熱負荷計算時に用いる開口部の日射熱取得率は、複層ガラスの多重反射とフレーム面積比率を考慮すれば十分な精度となることを示した。ここでは、建物モデルを用いて各方位に設置されている開口部から取得する日射による熱量の比較を行う。

7.4.1 計算対象建物

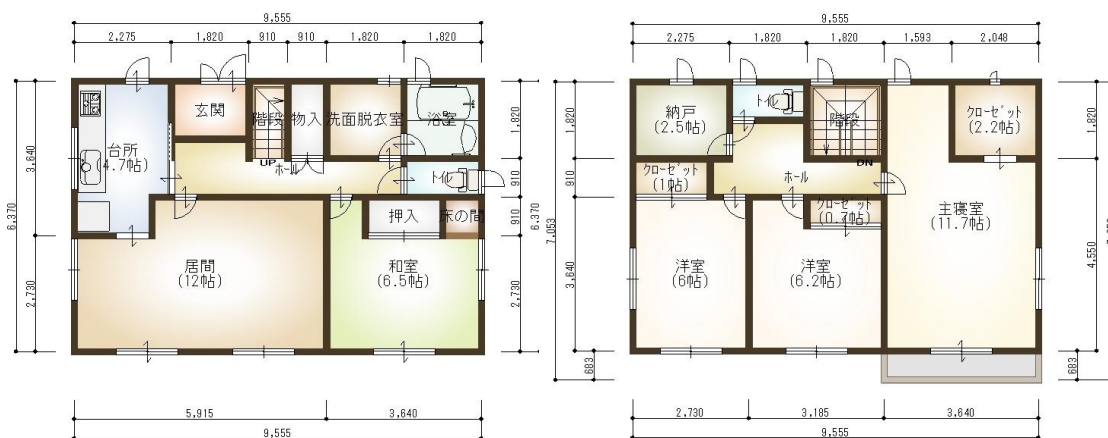
次世代省エネルギー基準の解説書¹⁾に記載されている住宅モデルを用いた。断面図を図 7.5 に示す。またこのモデルの開口部の寸法一覧を表 7.6 に示す。ここでは、玄関ドア及び勝手口ドアは計算対象から除外している。また開口部の寸法及び仕様は、解説書記載例を参照し、住宅サッシの新寸法体系⁶⁾に準じた出荷頻度の高いものを選択した。

戸建住宅の場合、物干し場や庭への出入を目的として南面に掃き出し窓が設置されることが多い。そのため、南面が最も開口面積比率が高く、日射のほとんど入らない北面が最も開口面積比率が低い。本計算対象建物においても、このことが考慮された日本の標準的なモデルとなっていることがわかる。

7.4.2 計算条件

計算条件を表 7.7 に示す。ここでは、従来計算法と簡易計算法（フレームの面積比率及びガラスの多重反射の考慮）の比較を行った。また、ガラス仕様の違いによる取得熱量の比較を行った。ガラスは普通複層（FL3+A12+FL3）、断熱 LowE 複層（FL3+A12+LowE3）、遮熱 LowE 複層（LowE3+A12+FL3）の 3 種類とした。地域条件は東京のみで行った。

図 7.5 では、バルコニーが記載されているが、ここでの斜入射計算では、屋根の軒の出も含めて計算には考慮していない。



方位	窓面積	窓面積比	フレーム面積	フレーム面積比
東	4.43㎡	0.15	1.09㎡	0.245
西	4.92㎡	0.16	1.27㎡	0.259
南	17.68㎡	0.58	3.90㎡	0.220
北	3.32㎡	0.11	1.18㎡	0.356
合計,平均	30.34㎡	1.00	7.44㎡	0.245

延べ床面積	121.73㎡
開口部面積(ドア除く)	30.34㎡
開口部面積比率(ドア除く)	25%

図7.5 住宅モデル断面図

表7.6 開口部寸法一覧

階	部屋	方位	建具記号	建具タイプ	サイズ(W)	サイズ(H)	窓サイズ呼称	窓面積	フレーム面積比
								㎡	-
1F	キッチン	西	AW-1	引違い窓	1690	570	16505	0.96	0.370
	キッチン	北	AD-2	勝手口ドア	780	2030	07420	1.58	-
	リビング・ダイニング	西	AW-2	引違い窓	1690	1170	16511	1.98	0.232
	リビング・ダイニング	南	AW-3	引違い窓	1690	2030	16520	3.43	0.217
	リビング・ダイニング	南	AW-4	引違い窓	1690	2030	16520	3.43	0.217
	和室	南	AW-5	引違い窓	1690	2030	16520	3.43	0.217
	和室	東	AW-6	引違い窓	1690	1170	16511	1.98	0.232
	トイレ	東	AW-7	縦すべり出し窓	405	1170	03611	0.47	0.356
	浴室	北	AW-8	縦すべり出し窓	405	1170	03611	0.47	0.356
	洗面所	北	AW-9	縦すべり出し窓	405	1170	03611	0.47	0.356
玄関	北	AD-1	玄関ドア	1200	2300	-	2.76	-	
2F	洋室1	西	AW-10	引違い窓	1690	1170	16511	1.98	0.232
	洋室1	南	AW-11	引違い窓	1690	1170	16511	1.98	0.232
	洋室2	南	AW-12	引違い窓	1690	1170	16511	1.98	0.232
	主寝室	南	AW-13	引違い窓	1690	2030	16520	3.43	0.217
	主寝室	東	AW-14	引違い窓	1690	1170	16511	1.98	0.232
	主寝室	北	AW-15	縦すべり出し窓	405	1170	03611	0.47	0.356
	書斎	北	AW-16	縦すべり出し窓	405	1170	03611	0.47	0.356
	階段	北	AW-17	縦すべり出し窓	405	1170	03611	0.47	0.356
	トイレ	北	AW-18	縦すべり出し窓	405	1170	03611	0.47	0.356
	納戸	北	AW-19	縦すべり出し窓	405	1170	03611	0.47	0.356

表7.7 計算条件

地名			東京		
位置	北緯	[°]	35.69		
	東経	[°]	139.77		
気象データ			拡張アメダス気象データ(標準年)		
直散分離計算モデル			Perezモデル		
アルベド			0.10		
計算仕様条件	Case5	従来計算法(全面ガラス): FL3+A12+FL3			
	Case6	簡易計算法: FL3+A12+FL3			
	Case7	従来計算法(全面ガラス): FL3+A12+LowE3			
	Case8	簡易計算法: FL3+A12+LowE3			
	Case9	従来計算法(全面ガラス): LowE3+A12+FL3			
	Case10	簡易計算法: LowE3+A12+FL3			
ガラス種			普通複層 FL3+A12+FL3	断熱LowE複層 FL3+A12+LowE	遮熱LowE複層 LowE3+A12+FL
フレーム面積比率	[-]		図7.5及び表7.6による		
窓サイズ(W*H)	[m]				
伝熱開口面積	[m ²]				
外部遮蔽物	考慮せず遮蔽物はないものとする				
計算方位	東,西,南,北(4方位)				
表面熱伝達率の	考慮せず一定とする				
ガラス中空層等価熱伝導	考慮せず一定とする				

また、本計算で用いた直達日射に対する入射角と各条件 (Case5~10) の日射熱取得率の相関及びこの相関から得られた散乱日射に対する各条件の日射熱取得率を図7.6に示す。

図中の簡易計算値はフレーム面積比率: 0.220 の場合を代表として掲載する。

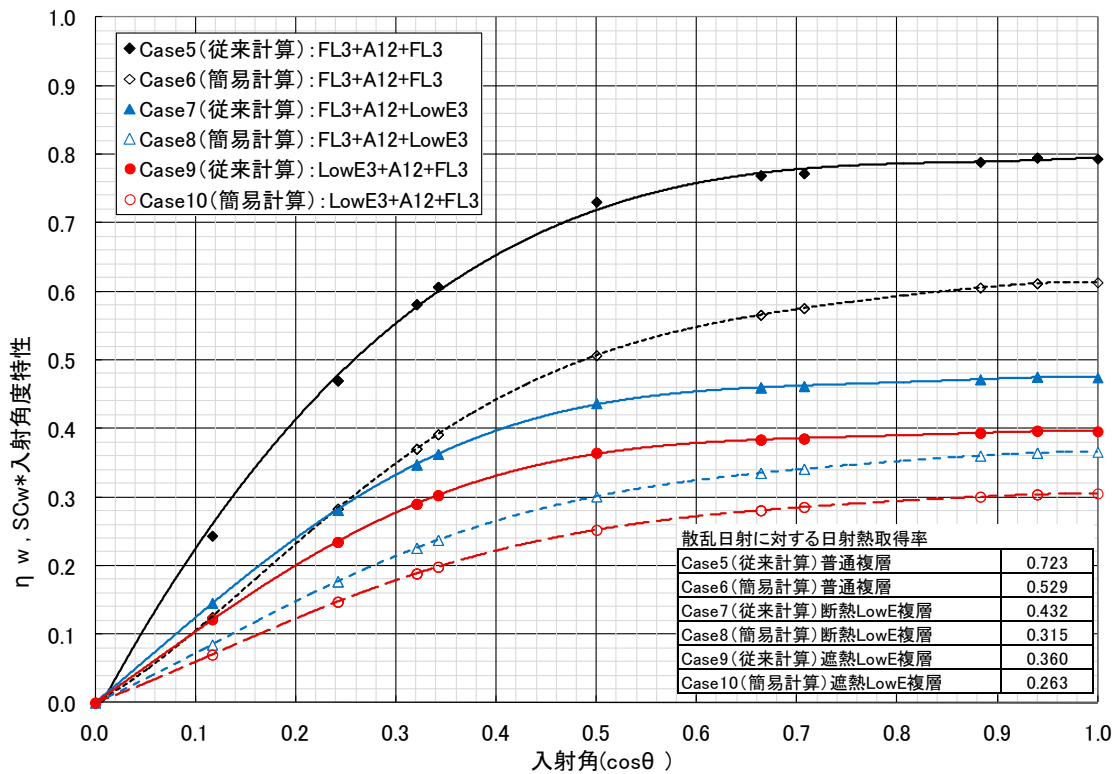


図7.6 入射角と各条件の日射熱取得率の相関及び散乱日射に対する日射熱取得率

7.4.3 計算結果

表 7.8 に月別の全方位合計の積算日射熱取得の比率を示す。図 7.7 に季節別（3ヶ月）の積算日射熱取得量を示す。

表7.8 月別の全方位合計の積算日射熱取得の比率（東京）

全方位	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
Case5: 従来計算(普通複層)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Case6: 簡易計算(普通複層)	0.733	0.720	0.707	0.699	0.699	0.704	0.698	0.701	0.703	0.714	0.727	0.733
Case7: 従来計算(断熱LowE複層)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Case8: 簡易計算(断熱LowE複層)	0.730	0.718	0.706	0.701	0.701	0.704	0.700	0.702	0.703	0.712	0.725	0.731
Case9: 従来計算(遮熱LowE複層)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Case10: 簡易計算(遮熱LowE複層)	0.743	0.720	0.708	0.702	0.702	0.706	0.702	0.704	0.705	0.714	0.726	0.733

表 7.8 より、ガラス仕様により若干差はあるが、従来計算法と簡易計算法を比較すると、春分から秋分（4～9月）では、概ね 70%に低下し、秋分から春分（10～3月）は 71～75%に低下することがわかった。

図 7.7 より、本計算対象建物は日本の標準的なモデルケースとなっているため、南面に開口部面積が集中した形となっている（南面に約 60%、東西面が約 15%、北面が約 10%の開口部面積比率）。つまり、南面の日射熱取得に強く影響を受ける結果となっている。その結果、開口部面積が同一の表 7.5 のような比率は示さず、表 7.9 が示すように全方位の直達と散乱の比率は、太陽高度の低い秋分から春分（10～3月）は直達日射の影響が大きく、春分から秋分（4～9月）は散乱日射の影響が大きくなる。

表7.9 直達と散乱による積算日射熱取得の比率（簡易計算値）

方位	地域	ガラス仕様	直散	1～3月	4～6月	7～9月	10～12月	年間
南面	東京	普通複層	直達	0.637	0.161	0.189	0.610	0.469
			散乱	0.363	0.839	0.811	0.390	0.531
		断熱LowE複層	直達	0.636	0.164	0.192	0.609	0.469
			散乱	0.364	0.836	0.808	0.391	0.531
		遮熱LowE複層	直達	0.633	0.164	0.192	0.610	0.469
			散乱	0.367	0.836	0.808	0.390	0.531
全方位	東京	普通複層	直達	0.584	0.198	0.215	0.553	0.419
			散乱	0.416	0.802	0.785	0.447	0.581
		断熱LowE複層	直達	0.583	0.200	0.217	0.552	0.413
			散乱	0.417	0.800	0.783	0.448	0.587
		遮熱LowE複層	直達	0.580	0.200	0.217	0.553	0.370
			散乱	0.420	0.800	0.783	0.447	0.630

期間日射熱取得量についても、南面の影響が強いため、太陽高度の低い季節の日射熱取得量の割合が大きくなる。

Case5（従来計算：普通複層）では、冬期の期間日射熱取得量が多いため、暖房負荷は小さく見積られるが、Case6（簡易計算：普通複層）のようにフレームやガラスの多重反射を考慮することで、Case7（従来計算：断熱 LowE 複層）に年間を通じて近い値となる。

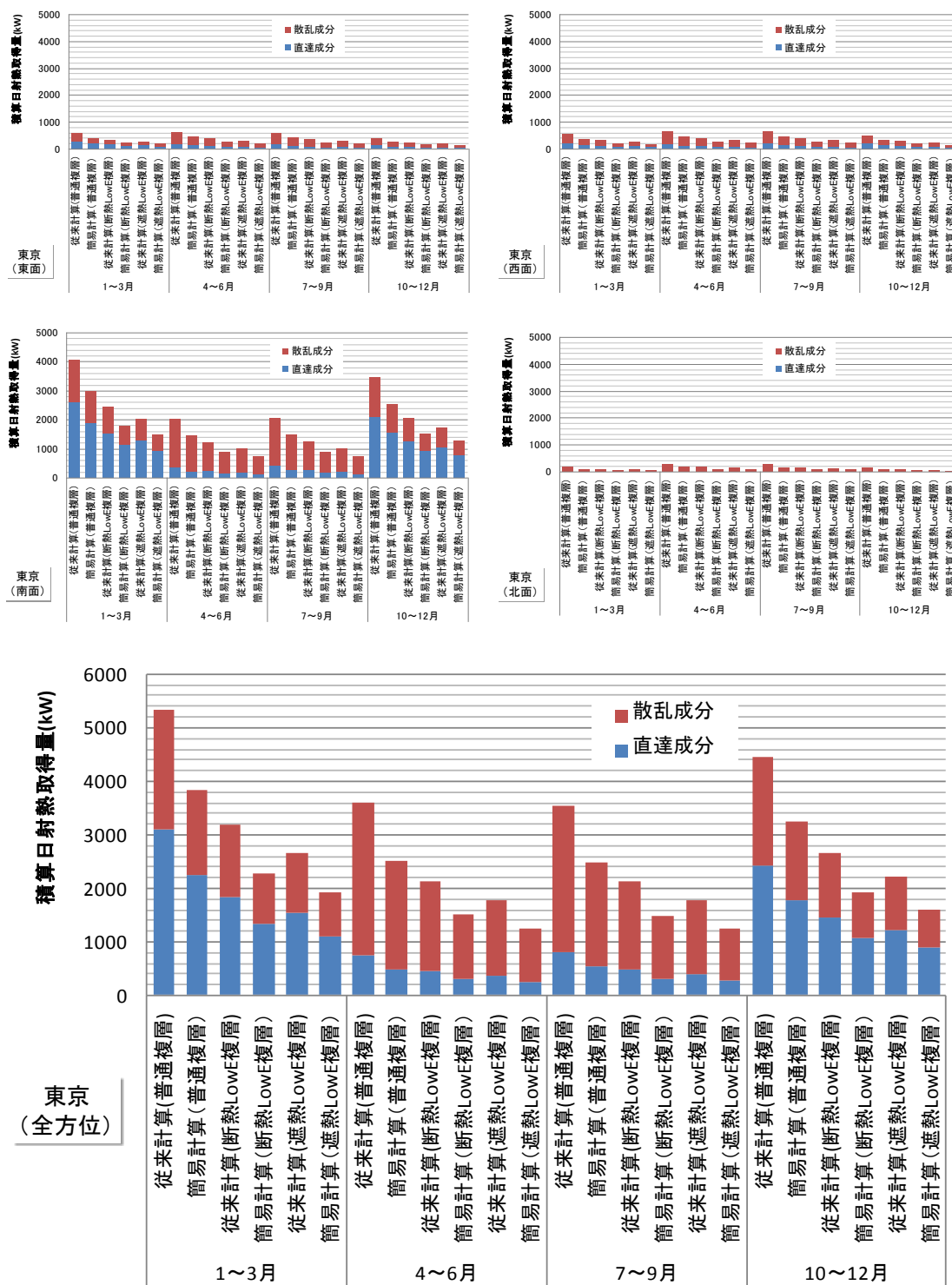


図7.7 季節別(3ヶ月)の積算日射熱取得量(東京)

逆に、夏期の熱負荷に注視して Case10 のような遮熱 LowE 複層を選択すると冬期の取得熱量が不足する可能性が考えられる。

東京のように太陽高度が低くなる秋分~春分（10月～3月）にかけて快晴日が続く地域では直達の比率が高くなる。特に南面ではこの傾向が顕著になる。また、太陽高度が高くなる春分~秋分（4月～9月）では、雲の出現率が高くなり散乱日射が圧倒的に多くなる。この結果、暖房負荷が冷房負荷よりも大きい地域では、基本的に冬期の暖房負荷を低減させることを目的として、日射熱取得率の高い窓を設置するとよいことが予測できる。夏期日中は散乱日射の侵入を防止するため、窓面に簾やブラインド等の可変できる遮蔽物を一時的に使うことが最も効率よく年間の熱負荷を低減できる手法と考えられる。

7.5 建物モデルにおけるカーテンウォールの期間日射熱取得量の比較

ビル用建築物の建築外皮の熱性能はPALで評価されている。PAL計算²⁾では、算出式(7.11)及び(7.12)に示すように壁面に照射された日射量(I_s)に垂直入射時の日射熱取得率(η_T)を乗じて期間日射熱取得量を求め、期間暖房負荷及び期間冷房負荷に取り込んでいる。

ここでは、建物モデルを用いて各方位に設置されている外皮から取得する日射による熱量を第6章で記述した斜入射計算法と従来計算法で比較を行う。

$$Q_H = 0.0864 \cdot k_H \sum_{if 0 > 0} \left\{ (U_T^* + C_v \cdot V \cdot A_p) \cdot (\theta_d - \theta_o) - \eta_T \cdot I_s + \frac{\varepsilon'}{\alpha_o} \cdot U_T^* \cdot I_\ell - G \cdot A_p \right\} \dots (7.11)$$

$$Q_C = 0.0864 \cdot k_C \sum_{if 0 > 0} \left\{ (U_T^* + C_v \cdot V \cdot A_p) \cdot (\theta_o - \theta_d) + \eta_T \cdot I_s - \frac{\varepsilon'}{\alpha_o} \cdot U_T^* \cdot I_\ell + G \cdot A_p \right\} \dots (7.12)$$

ここで

- Q_H : 期間暖房負荷 [MJ/年]
 - Q_C : 期間冷房負荷 [MJ/年]
 - k_H : 各種建物用途に対する暖房期間の地域補正係数 [-]
 - k_C : 各種建物用途に対する冷房期間の地域補正係数 [-]
 - U_T^* : 外皮の総熱貫流率 [W/K]
 - C_v : 容積比熱 [MJ/(m³·K)]
 - V : 取入外気量 [m³/(m²·h)]
 - A_p : ペリメーターゾーンの床面積 [m²]
 - θ_d : 設定室温 [°C]
 - θ_o : 外気温 [°C]
 - η_T : 総日射侵入率 [-]
 - I_s : 日射量 [W/m²]
 - ε' : 長波放射率 [-]
 - α_o : 外表面の熱伝達率 [W/(m²·K)]
 - I_ℓ : 実効放射量 [W/m²]
 - G : 内部発熱密度 [W/m²]
- 0.0684 は単位変換 (day→hour、Wh→MJ) のための係数

7.5.1 計算対象建物

ここでは PAL の手引書²⁾の計算事例 (K 事務所) の基準階を用いた。基準階平面図を図 7.8 に、南面基準階外観姿図 (右半分) を図 7.9 に示す。基準階の南 (S) ゾーンのプランの壁面を除くカーテンウォール基準階 1 層分のみを用いて、南以外に方位を東/西/北に変更して計算を行い方位の影響を確認する。

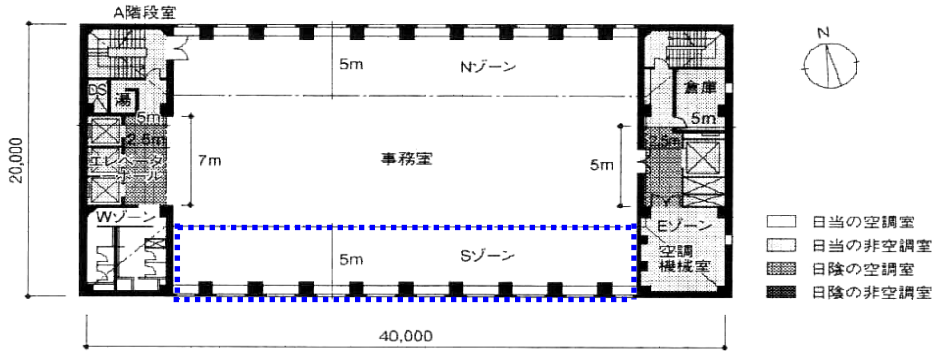


図7.8 事務所ビルの基準階平面図

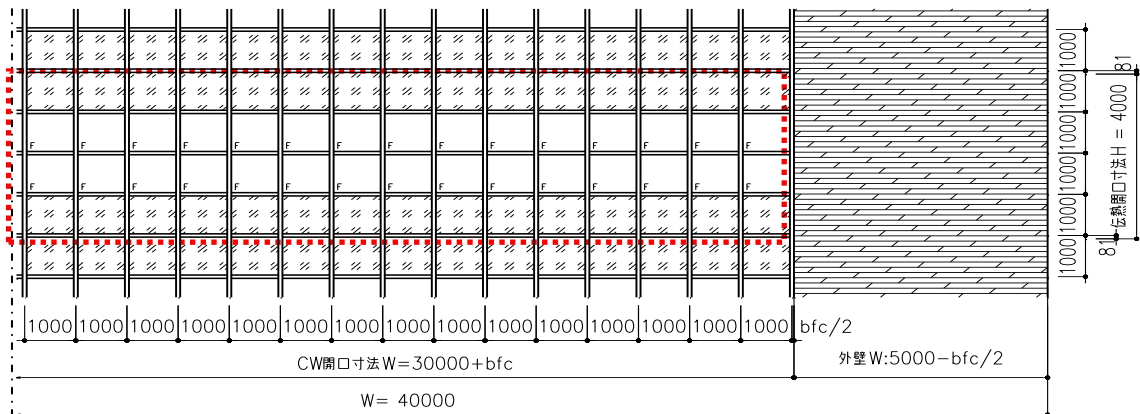


図7.9 事務所ビルの南面基準階外観姿図 (右半分)

7.5.2 計算条件

計算条件を表 7.10 に示す。建設地域は、東京とした。カーテンウォールはスティックマリオンタイプの窓をつけない前面 Fix 仕様とし、全面ガラスとして扱う従来計算法(Case11)と、第 5 章で示したフレーム熱性能を考慮した簡易計算法 1(Case12)及び第 6 章で示したフレーム面積と斜入射を考慮した簡易計算法 2(Case13)で期間日射熱取得量を比較する。

本計算で用いた直達日射に対する入射角と各条件 (Case11~13) の日射熱取得率の相関及びこの相関から得られた散乱日射に対する各条件の日射熱取得率を図 7.10 に示す。

Case11 及び 12 は直達と散乱の合計垂直日射量に一定の垂直入射時の日射熱取得率を乗じているため、直達も散乱も一定値となる。PAL 計算では、暖房負荷時と冷房負荷時において異なる日射熱取得率を入力できるが、ここでは一定値とした。

表7.10 計算条件

地名		東京
位置	北緯 [°]	35.69
	東経 [°]	139.77
気象データ		拡張アメダス気象データ(標準年)
直散分離計算モデル		Perezモデル
アルベド [-]		0.10
計算仕様条件	Case11	従来計算法(全面ガラス;垂直入射)
	Case12	簡易計算法1(フレーム熱性能考慮;垂直入射)
	Case13	簡易計算法2(フレーム面積+多重反射;斜入射)
フレーム種類		スティックマリオン(Fix)
ガラス種類		FL5+A12+FL5
フレーム面積比率 [-]		0.161
伝熱開口寸法 [m]		W:9.08 * H:4.00
外部遮蔽物		考慮せず遮蔽物はないものとする
計算方位		東,西,南,北(4方位)
表面熱伝達率の温度依存性		考慮せず一定とする
ガラス中空層等価熱伝導率の温度依存性		考慮せず一定とする

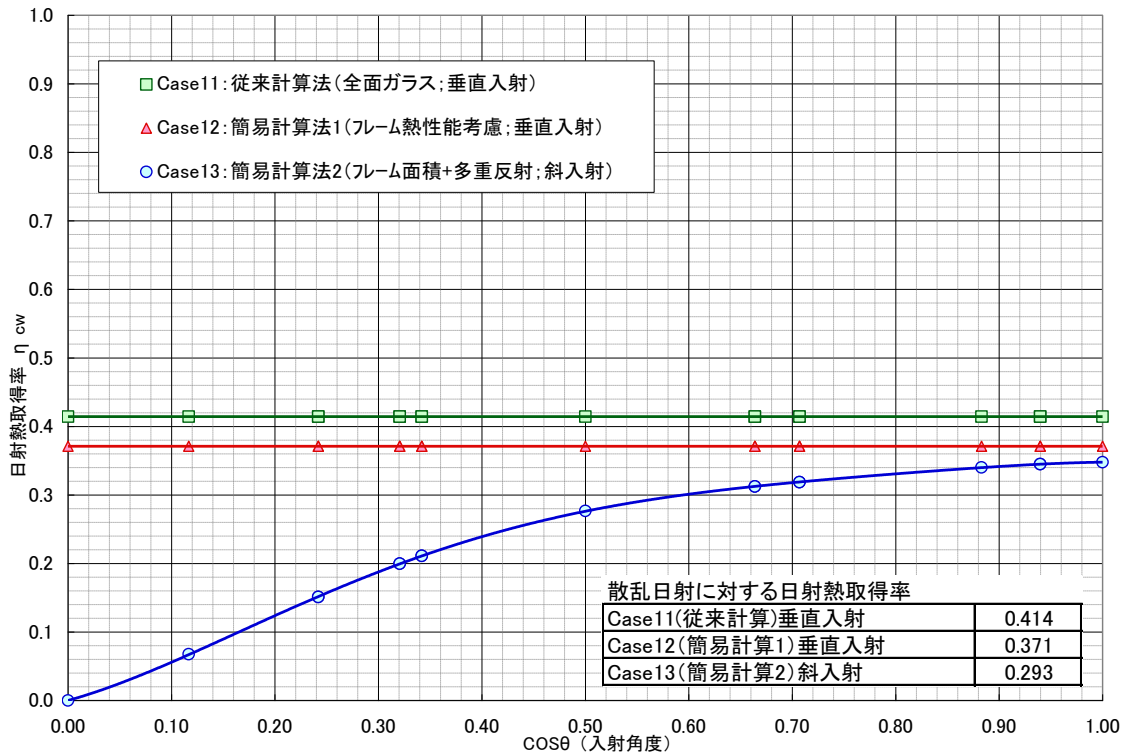


図7.10 入射角と各条件の日射熱取得率の相関及び散乱日射に対する日射熱取得率

7.5.3 計算結果

表 7.11 に月別の全方位合計の積算日射熱取得の比率を示す。図 7.11 に季節別（3ヶ月）の積算日射熱取得量を示す。

表7.11 月別の全方位合計の積算日射熱取得の比率（東京）

全方位	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
Case11:従来計算	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Case12:簡易計算1	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896
Case13:簡易計算2	0.726	0.716	0.704	0.694	0.689	0.697	0.686	0.695	0.700	0.711	0.719	0.723

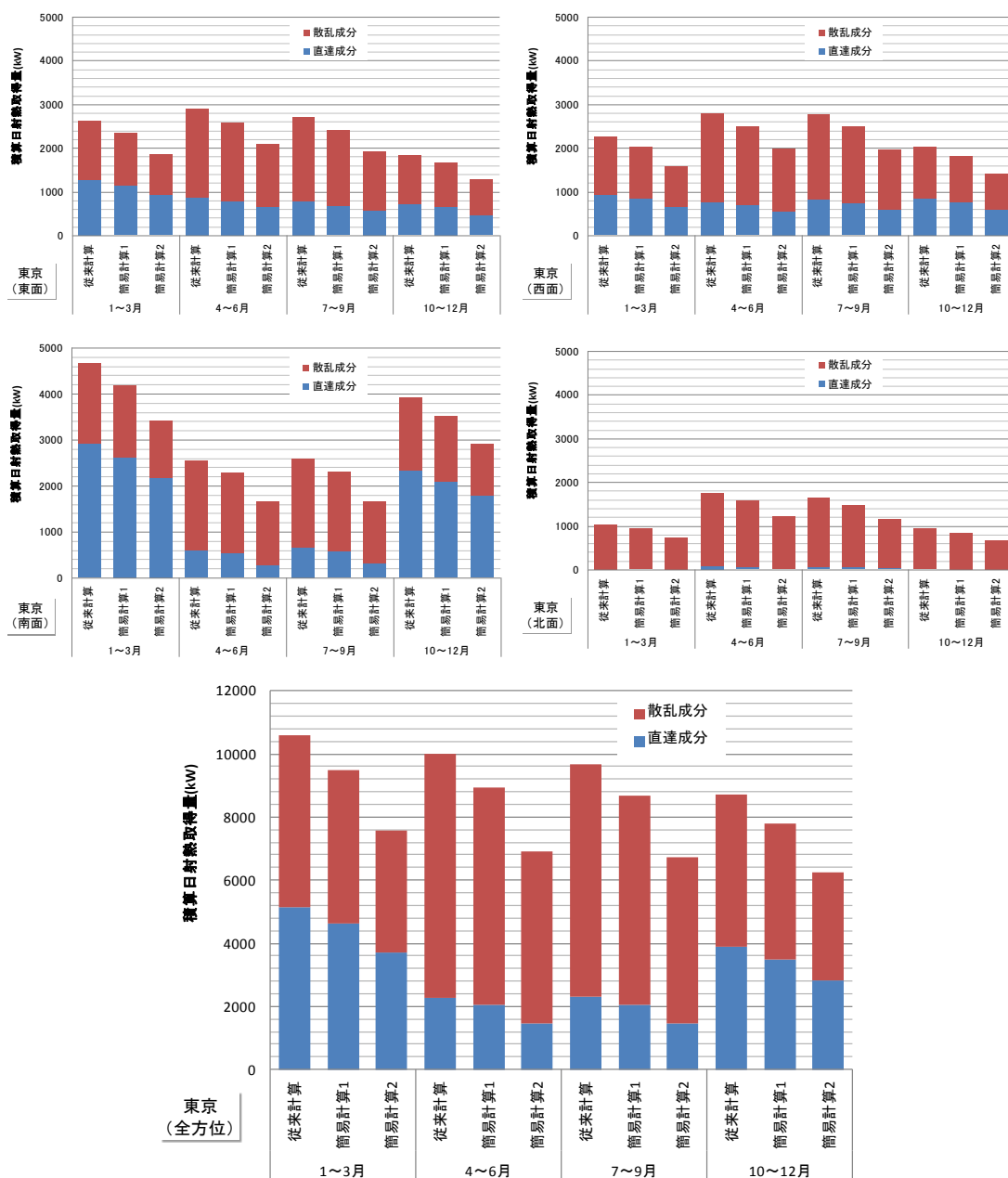


図7.11 季節別（3ヶ月）の積算日射熱取得量（東京）

表 7.11 より、前節住宅用窓と同様の結果が得られた。

Case11 の従来計算法を 1 とした場合に対する条件違いの影響を比率で表している。

Case12 のフレーム熱性能を考慮することで、フレーム成分の約 10%程度低下することが確認できた。これにより、フレームを無視できないことが明確となった。

Case13 のフレーム面積及びガラスの斜入射特性を考慮することで、69～73%に低下することが確認できた。これにより、ガラスの斜入射特性も無視できないことを示した。

これらの結果より、現状 PAL 計算で算出される PAL は、暖房負荷は増加し、冷房負荷は減少すると考えられる。フレーム熱性能を考慮するだけでなく、斜入射特性も考慮しなければならないことが明確となった。

7.6 まとめ

第7章では、建物の期間熱負荷計算に用いている開口部の従来計算法と本論文で提案する計算法の期間積算日射熱取得の比較を住宅用、ビル用についてそれぞれ行った。

得られた知見を以下にまとめる。

①住宅用窓でSMASHやAE-Sim/Heatで用いられている従来計算法を1とした場合に対する条件違いの影響を比率で表した結果、フレーム面積を考慮することで、フレーム面積比率分の低下が、ガラスの斜入射特性を考慮することで93~94%に低下することが確認できた。また、フレームの日射熱取得率分及び影による減衰効果分は3~4%程度の差であり、その他の要因と比べて影響が小さいことがわかった。これらの結果より、期間熱負荷計算時に用いる開口部の日射熱取得率は、ガラスの多重反射とフレーム面積比率を考慮すれば十分な精度となることを示した。

②従来計算法に比べ精算値は67~70%に低下することが確認できた。これは精算値を1とすると従来計算法は年間を通じて約1.5倍多く日射熱が取得されていることとなる。これにより、従来計算法では冬期の暖房負荷を小さく、夏期の冷房負荷を過大に見積もっていることを示した。

③札幌、東京、鹿児島と地域による気象条件は異なるが開口部面積が同一の場合、全方位年間合計の直達日射による取得熱量と地表面反射を含む散乱日射による取得熱量の比は概ね35% : 65%（札幌 ; 36%:64%、東京 ; 34%:66%、鹿児島 ; 37%:63%）となり、散乱日射による取得熱量の方が多ことを示した。

④標準的な住宅モデルで期間日射熱取得量を比較した。住宅は南面に開口部面積が集中した形となりやすい。つまり、南面の日射熱取得に強く影響を受ける傾向が多い。その結果、東京の気象条件における全方位合計の直達と散乱の比率は、太陽高度の低い秋分から春分（10~3月）は直達日射の影響が大きく、春分から秋分（4~9月）は散乱日射の影響が大きくなることを示した。期間日射熱取得量について、南面の影響が強い場合は太陽高度の低い季節の日射熱取得量の割合が大きくなることを示した。

⑤ビル用開口部としてカーテンウォールで期間日射熱取得量を比較した。PAL計算で用いられている従来計算法を1とした場合に対する条件違いの影響を比率で表した結果、第5章で示したフレーム熱性能を考慮する簡易計算法を用いることで、フレーム成分の約10%程度低下することが確認できた。また、第6章で示したフレーム面積及びガラスの斜入射特性を考慮した簡易計算法を用いることで、69~73%に低下することが確認できた。

これらの結果より、現状PAL計算で算出されるPALは、暖房負荷は増加し、冷房負荷は減少すると考えられる。フレーム熱性能を考慮するだけでなく、斜入射特性も考慮しなければならないことが明確となった。

参考文献

- 1) 住宅の省エネルギー基準の解説,(財)建築環境・省エネルギー機構,2009
- 2) 建築物の省エネルギー基準と計算の手引（平成 18 年度版）,（財）建築環境・省エネルギー機構, 2006.9
- 3) SMASH for Windows Ver.2 ユーザーマニュアル:(財)建築環境・省エネルギー機構,2004
- 4) AE-Sim/Heat 操作マニュアル:(株)山内設計室,2009
- 5) 赤坂裕 他: 拡張 AMeDAS 気象データ 1981-2000,日本建築学会,2005
- 6) 住宅サッシ「標準規格寸法」,(社) 日本サッシ協会,2009.4 改訂

第 8 章 結論

8.1 本論文の要約

本論文は、ISO、JIS等の規格や既往の研究を基に、建物の熱負荷計算をより精度よく計算で評価できることを目的として、現在考慮されていないフレーム成分やガラスの多重反射を考慮した斜入射に対する遮熱性能を計算と測定の両側から評価する方法をまとめたものである。

第1章では、本研究の背景と目的を述べ、関連する既往の研究を概説した。

第2章では、斜入射時における窓フレームを考慮した開口部の日射熱取得率の詳細計算法について日射を直達成分と散乱成分を分けて整理した。直達成分は、窓面に対して垂直入射だけでなく斜入射で日射があたった場合のガラスの入射角度特性、フレーム自身の色違いによる受熱分の影響及びフレームからガラス面に落とす影の影響を考慮して計算を行った。得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 計算を行った全ての入射角度及びフレームとガラスの組合せ条件において、ガラス部単体の日射熱取得率 (η_g) よりもフレームを含めた窓全体の日射熱取得率 (η_w) の方が小さい値を示した。フレームを考慮することにより窓全体の日射熱取得率が減少することを示した。フレームを考慮しなければならないことを示した。
- 2) 入射角度は同じで高度と方位が異なった条件について解析した結果、窓全体の日射熱取得率は左右非対称の引き違い窓も含め、高度や方位の影響は小さく入射角度と日射熱取得率の関係が適切に近似できていることが確認できた。つまり、ガラス部単体の日射熱取得率の算定式と同様に入射角度で適切に評価できることを示した。
- 3) フレームの受熱分及びフレームによる影の影響は、入射角度が垂直に近い $\cos \theta$ が 0.9 ~ 1.0 (θ が $25^\circ \sim 0^\circ$) の場合、フレームが受熱した熱量がフレームによる影で減少する熱量より大きくなり、 η_w の方が 1~3%程度大きくなっているが、逆に $\cos \theta$ が 0 ~ 0.7 (θ が $90^\circ \sim 45^\circ$) の場合、フレームから落ちる影の影響が大きくなっていることを示した。
- 4) フレームの色 (日射吸収率) による窓全体の日射熱取得率の差はほぼないことを示した。
- 5) フレームから落とす影の影響がでる入射角度 $\cos \theta$ が 0~0.5 (θ が 60° 以上) の場合、伝熱開口面積が 0.8 m^2 以上あり、フレーム面積比率が 20% 台のサイズでは、精算値 (η_w) と簡易算出値 ($\eta_{w(f)}$) との比は標準的なサイズで 25% 以上であった。フレームから落とす影の影響を無視できないことを示した。
- 6) フレーム面積比率が同程度であれば影の影響度合いも同じとは言えない。ガラス面積が大きい方 (伝熱開口面積が大きい方) が、影の影響は小さくなることを示した。

- 7) フレーム部の日射熱取得率(η_f)は、入射角度が大きくなると負の値を示した。これは、計算方法（計算過程）によるものである。ガラスとフレームの2次元熱流分を全てフレームの熱流とみなしたため、最終的に算出する窓全体の日射熱取得率ではこの影響も含んで計算していることから結果は正しいと言える。
- 8) 散乱日射による窓の日射熱取得率は、従来住宅熱負荷計算で用いているガラスのみの日射熱取得率の50~85%になることを示した。フレームの日射熱取得率が0の場合と比較して、フレーム面積比率20%~25%程度となると概ね5~10%程度小さくなることを示した。直達日射同様フレームから落とす影の影響は無視できない値であることを示した。

第3章では、窓が実際に設置される状態で時々刻々変化する日射に対する日射熱取得率の簡易測定法について整理した。また、本測定法で測定可能な熱貫流率の簡易測定法についても整理した。計測箱は一般家庭で用いられる物置の壁面に開口を設け試験体を設置した。開口部以外の壁面から貫流熱損失が発生しづらいように断熱材で恒温室を作った。取得熱量は黒色に塗装したラジエータに日射熱を吸収させ、ラジエータ内部で循環している冷媒の出入口温度差及び流量で測定した。日射の熱源は、太陽そのものを扱ったフィールドテスト方法とした。試験体は屋内測定装置（日射熱取得率測定装置）で予備測定を行い、熱貫流率及び垂直入射時の窓全体の日射熱取得率において計算結果と測定結果に差異がないことを確認した。得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 本測定で得られた窓の日射取得率は、快晴日例（3月30日）でも曇天日例（4月9日）でもフレームや斜入射によるフレームから落とす影の影響、ガラスの多重反射を考慮した計算結果と一致した。これにより、窓面に照射される直達日射量及び散乱日射量が把握できれば照射される比率と計算により求めた直達成分及び散乱成分の日射熱取得率を用いることで合算された日射取得率を簡易に求めることが可能であることを示した。
- 2) 日射の影響を受けずに貫流分の評価が行える夜間に測定を行った窓の熱貫流率は、JIS規格の計算法や試験法による値よりも小さい値を示した。これは、JIS規格は外部風速を4[m/s]で評価しているためである。測定した時刻の外部風速が自然対流程度の微風である場合は室外側の表面熱伝達率を室内側表面熱伝達率と同じと仮定することで、計算結果と測定結果が一致した。
- 3) 本測定装置に用いられた9枚の冷却板の放射温度は、日射が当る午前、正午、午後ともに受熱している部分が受熱しない部分よりも温度が高いことが確認できた。また日中雲が発生した場合は、全ての面が同一温度となっていることが確認できた。夜間はコールドドラフト現象により下部が上部よりも冷やされているが水平方向は均等な温度となっていた。これにより冷媒が均等に流れ正しく測定できていることが確認できた。

4) 地表面反射率（アルベド）は、日射計を下向き水平に設置して測定せず、窓面同様、鉛直に設置した状態で測定した結果を用いた。その結果、3月～8月の太陽高度の高い季節は終日15%程度一定となっていることがわかった。これにより、周辺壁面からの反射成分も散乱日射で扱ってよいことを示した。太陽高度の低い季節は、時間が経過するにつれアルベドが高くなることがわかった。太陽高度が低い場合、窓面に対して水平近くなるため、鏡面反射を起こし易い材料の影響を受け易くなることを示した。ここで得られた結果から、第2章で提案した詳細計算法で建物の熱負荷計算を行ってよいことを示した。また、地表面反射日射量は全て散乱日射として扱ってよいことを示した。

第4章では、フレームを考慮したカーテンウォールの熱的性能計算法について、メーカー標準タイプのフレームを用いてISO 10077-1、ISO 10077-2、ISO/DIS 12631、ISO 15099及び既往の研究に基づいて計算法を整理した。得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 基準階1層分を伝熱面積と定義し開口部と腰部を一体として熱性能を評価すればフレームを考慮したカーテンウォール全体の熱性能計算が可能であることを示した。
- 2) 腰部フレームの日射熱取得率(η_f)は負の値を示す場合があることを示した。また、フレームとガラスと耐火ボードの組み合わせによっては、腰部フレームから室外へ放熱されるケースがあることを示した。
- 3) フレームとガラス間の熱橋係数となる線熱貫流率は、腰部の方立、無目に関係なくほぼ0に等しいことを示した。また、マリオンタイプの場合の開口部の線熱貫流率は、ISO10077-1の付属書に記載されている簡易計算用の線熱貫流率一覧表の値とほぼ一致していることを示した。
- 4) 各部の熱貫流率(U_f)は、横強調を除いて、開口部に納まるフレームの場合、アルミタイプが概ね平均10 [W/(m²·K)]、熱遮断タイプが概ね平均5 [W/(m²·K)]となることを示した。また、腰部内に納まるフレームはそれぞれ開口部まわりに納まるフレームの1/3程度となることを示した。
- 5) モデルケースで算出した結果、フレームを考慮することにより、カーテンウォール全体の熱貫流率は全面をガラスと仮定した場合よりも149%となり、日射熱取得率は87%となることを示した。カーテンウォールの評価でフレームを無視できないことを示した。
- 6) フレームの日射熱取得率(η_f)を簡易に求められる算出式より得られた値と精算値の比較をフレーム構造、材質、部位は分けずに行った。その結果、フレーム部の日射熱取得率は、簡易計算値は概ね精算値に近い値を示しているが合致しているとは言い難い。しかし、カーテンウォール全体の日射熱取得率に対するフレームが及ぼす影響は小さいため、簡易計算値を用いても問題ないことを示した。

第5章では、PAL等の非住宅建築の指標を算定する簡易な年間暖冷房負荷計算にフレームを考慮したガラスカーテンウォールの評価方法を追加することを目的として、実用的な簡易計算方法を検討した。また、フレームを考慮する場合と考慮しない場合のPAL計算を行い比較した。その結果以下の知見が得られた。

- 1) 構造の異なるフレームを簡易計算用に整理し、一覧表に示した。
- 2) ガラスカーテンウォールの腰部の簡易計算法について整理した。ガラスカーテンウォールの腰部の場合、ガラスを透過した日射が不透明パネルで吸収されるため、PALの手引書に掲載されている計算式が適応できないことを示した。このため、容易に入手できるガラスの熱貫流率 (U_g) を用いた簡易計算式を提案し、実用的な精度を有することを示した。
- 3) 簡易計算法による熱性能計算値と精算値をモデルケースで比較した結果、断熱性能及び遮熱性能はそれぞれ $\pm 2\%$ 以内に納まった。よって提案する簡易計算法は暖冷房負荷を評価する上で実用的な精度を有することを示した。
- 4) フレームを考慮したカーテンウォール全体の簡易計算法を整理した。これらの結果は、PAL計算、BEST、BIM等への適応できる。
- 5) フレームの有無によるPAL値への影響を事務所ビルモデルで確認した。フレームを考慮することで、暖房PALは増大し、冷房PALは軽減することを示した。これによりPAL計算においてフレームの影響を無視できないことを示した。

第6章では、斜入射時におけるフレームを考慮したカーテンウォールの日射熱取得率の詳細計算法について日射の直達成分と散乱成分を分けて整理した。直達成分は、垂直入射だけでなく斜入射で日射があたった場合のガラスの入射角度特性、フレームからガラス面に落とす影の影響を考慮して計算を行った。得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 計算を行った全ての入射角度において、ガラス部単体の日射熱取得率 (η_g) よりもフレームを含めたカーテンウォール全体の日射熱取得率 (η_{cw}) の方が小さい値を示した。フレームを考慮することにより、カーテンウォール全体の日射熱取得率が減少することを示した。フレーム面積比率の影響は大きくフレームを考慮しなければならないことを示した。
- 2) フレームの受熱分及びフレームから落ちる影の影響は、入射角度が垂直に近い $\cos \theta : 0.7 \sim 1.0$ ($45 \sim 0^\circ$) の場合、フレームが受熱した成分の方がフレームから落ちる影の影響より大きくなり、簡易計算値 ($\eta_{cw,f=0}$) よりも精算値 (η_{cw}) の方が若干大きい。逆に $\cos \theta : 0 \sim 0.7$ ($90 \sim 45^\circ$) の場合、フレームから落ちる影の影響が大きいことを示した。

- 3) 入射角度は同じでも高度と方位が異なった条件を計算しているが、日よけ効果のある化粧材をつけない場合のカーテンウォール全体の日射熱取得率は、高度、方位問わず入射角度と日射熱取得率の相関がうまく近似できていた。ガラス同様入射角度で簡易に評価できることを示した。
- 4) 腰部の場合は、パネル面が奥に入った部分で受熱するため、影を落とす面積が開口部のガラス面に比べ大きくなるが、腰部自身の日射熱取得率は、開口部と比較すると非常に小さくカーテンウォール全体への影響は小さいことを示した。
- 5) カーテンウォールに日よけ効果のある化粧材が装着されない場合は、フレーム面積だけを考慮しフレームから落とす影を考慮せずとも精度よく遮熱性能を評価できることを示した。つまり、現状 PAL で計算されている全面ガラスにフレーム面積だけを考慮すればよいということを示した。
- 6) 日よけ効果のある化粧材が縦についた場合は、方位角度が高くなるにつれ影面積は増大し、カーテンウォール全体の日射熱取得率は減少するため、化粧材が装着されていない場合のように入射角度で簡易に評価できない。そこで、化粧材による影の影響がないと仮定し、日射熱取減衰係数 ($S_{fg}(\theta)$ 、 $S_{fsp}(\theta)$) を 1.0 とした場合と化粧材が装着されていない場合を比較した結果、日よけ効果のある化粧材がカーテンウォールのフレームの日射熱取得率に与える影響は小さいことを示した。つまり、現行 PAL で採用しているようなフレーム以外に装着されている日よけ材（この場合はサイドフィン）による日よけ効果係数と同じ扱い方をしてもよいことを示した。
- 7) 日よけ効果のある化粧材をつけない場合は、散乱成分についても直達成分同様フレームから落とす影の影響は無視してもよいことを示した。

第7章では、建物の期間熱負荷計算に用いている開口部の従来計算法と本論文で提案する計算法の期間積算日射熱取得の比較を住宅用、ビル用についてそれぞれ行った。

得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 住宅用窓で SMASH や AE-Sim/Heat で用いられている従来計算法を 1 とした場合に対する条件違いの影響を比率で表した結果、フレーム面積を考慮することで、フレーム面積比率分の低下が、ガラスの斜入射特性を考慮することで 93~94% に低下することが確認できた。また、フレームの日射熱取得率分及び影による減衰効果分は 3~4% 程度の差であり、その他の要因と比べて影響が小さいことがわかった。これらの結果より、期間熱負荷計算時に用いる開口部の日射熱取得率は、ガラスの多重反射とフレーム面積比率を考慮すれば十分な精度となることを示した。
- 2) 従来計算法に比べ精算値は 67~70% に低下することが確認できた。これは精算値を 1 とすると従来計算法は年間を通じて約 1.5 倍多く日射熱が取得されていることとなる。これにより、従来計算法では冬期の暖房負荷を小さく、夏期の冷房負荷を過大に見積もっていることを示した。

- 3) 札幌、東京、鹿児島と地域による気象条件は異なるが開口部面積が同一の場合、全方位年間合計の直達日射による取得熱量と地表面反射を含む散乱日射による取得熱量の比は概ね 35% : 65% (札幌 ; 36%:64%、東京 ; 34%:66%、鹿児島 ; 37%:63%) となり、散乱日射による取得熱量の方が多ことを示した。
- 4) 標準的な住宅モデルで期間日射熱取得量を比較した。住宅は南面に開口部面積が集中した形となりやすい。つまり、南面の日射熱取得に強く影響を受ける傾向が多い。その結果、東京の気象条件における全方位合計の直達と散乱の比率は、太陽高度の低い秋分から春分 (10~3 月) は直達日射の影響が大きく、春分から秋分 (4~9 月) は散乱日射の影響が大きくなることを示した。期間日射熱取得量について、南面の影響が強い場合は太陽高度の低い季節の日射熱取得量の割合が大きくなることを示した。
- 5) ビル用開口部としてカーテンウォールで期間日射熱取得量を比較した。PAL 計算で用いられている従来計算法を 1 とした場合に対する条件違いの影響を比率で表した結果、第 5 章で示したフレーム熱性能を考慮する簡易計算法を用いることで、フレーム成分の約 10% 程度低下することが確認できた。また、第 6 章で示したフレーム面積及びガラスの斜入射特性を考慮した簡易計算法を用いることで、69~73% に低下することが確認できた。これらの結果より、現状 PAL 計算で算出される PAL は、暖房負荷は増加し、冷房負荷は減少すると考えられる。フレーム熱性能を考慮するだけでなく、斜入射特性も考慮しなければならないことが明確となった。

第 8 章では、結論として本研究で得られた検討結果及び知見をまとめた。さらに今後の研究によって解決すべき課題を整理し、展望を述べた。

8.2 今後の課題と展望

開口部の熱性能の計算法及び測定法について以下の課題があげられる。

1) フレームを考慮した遮熱性能の計算法及び測定法の規格化

窓のフレームを考慮した遮熱性能の汎用計算法は既に国際規格化されている。次世代省エネルギー基準に採用されるためには、まず国内の規格制定が必要である。また、付属物を併用した場合の熱性能を評価するためには、測定法の規格化が必要である。

2) カーテンウォールの汎用計算法の規格化

カーテンウォールの汎用的計算法は、現在国際規格化が進められている段階である。カーテンウォールの熱性能を測定することは容易ではないため、国内においても計算法を規格化することが必要である。国際規格では、断熱性能のみだが、遮熱性能についても規格化する必要がある。その場合、本論文で検討できてないエアフローやダブルスキンといった通気を伴う高性能窓システムについても検討が必要である。

3) 斜入射計算法の熱負荷計算ソフトへの提案

住宅用、ビル用共に熱負荷計算に本論文で提案した斜入射計算法が採用されていない。正しく熱負荷を評価するために本計算法を導入することが必要である。

4) 風向・風速と表面熱伝達率の変化の把握

開口部の断熱性能はその他の部位と比較して熱性能が劣るため、表面熱伝達率に対する影響が大きい。現在の基準では、規格に準じた熱貫流率の計算値もしくは測定値を用いて年間熱負荷計算を行っている。しかし、これは外部風速を4m/s一定で評価していることとなる。国内各地の風向・風速は拡張アメダス気象データ等で日射量と同じくデータベース化されている。製品の横並び性能評価では現在の規格を用いれば問題ないが、建物の熱負荷計算では、取得・損失熱量を正しく計算するためには必要である。そのため、設置された窓面に対してどの方向からどのような風が吹くことでどの程度熱伝達率が変化するか測定と計算で把握することが必要である。

また、ビルでは単板ガラスを使用するケースが多く、外部風速に対する表面熱伝達率の影響は大きい。そのため、建物高さに対する風向・風速の予測も必要である。

5) 風向・風速と換気量の変化の把握

開口部の熱性能は閉めているときだけではない。外部風速を利用することにより、自然通風を利用して、顕熱だけでなく潜熱も除去することが可能となる。つまり冷房負荷を減らすことが可能となる。窓は開閉方法により、風をうまく室内へ取り込むことも室外に流すこともできる。またその逆もおきる。風向風速のデータベースを利用することと開口部の開閉形式を入力することで換気量が計算できるようにすることが必要である。

本論文で得られた知見とここにあげた課題に継続的に取り組むことで、より精度の高い開口部の熱性能評価法の構築を推進していく。これらを標準化して開口部の熱性能を適切にかつ簡易に評価できるしくみを提供することで、建築環境設計において高性能な窓の有効性の認識と住宅や建築物でのより熱性能のバランスのよい商品の選択が促進され、暖冷房エネルギー消費量削減の促進と地球環境への影響低減に大きく寄与できると期待される。

謝辭

謝辞

本論文は、私が新日軽株式会社に入社し、会社統合により株式会社 LIXIL となる現在に至るまでの社内横串プロジェクト、社外研究会、鹿児島大学大学院で行ってきた窓の熱性能の計算法及び測定法に関する研究の成果をまとめたものです。最後に、ご指導を賜りました方々にお礼を申し上げたいと思います。

鹿児島大学大学院理工学研究科教授 二宮秀興先生には、私が 2002 年から社団法人リビングアメニティ協会主催の窓の熱性能計算法研究委員会に参加した頃より、様々なご指導をいただきました。当時、住宅用開口部の設計を行っていた私に PAL 計算にフレームを考慮した開口部の計算法を検討する機会を与えてくださり、ビル用開口部の知見を得ることができました。また、窓のエネルギー性能評価指標の研究委員会、窓の熱性能計算法 JIS 原案作成委員会他多くの研究委員会に研究委員として招集していただき、様々な研究者と意見を交わすことで多くのことを学ぶことができました。2009 年には鹿児島大学大学院へ社会人学生として入学する機会を与えていただき、その後は主任教官としてご多忙の中においても私の研究の方向性、論文作成に至るまで昼夜を問わず懇切丁寧なご指導を賜りました。将来のことを考え、国際学会へ参加し発表する機会を与えてくださり、海外の先生方、学生との意見交換等、貴重な経験をさせていただきました。全てのご厚意に深く感謝申し上げます。

鹿児島大学工学部建築学科教授 松村和雄先生、同准教授 曾我和弘先生には、鹿児島大学大学院での指導教官として、専攻ゼミナールや特別演習の私の報告に対し、有益かつ的確なご指導、ご助言をいただきました。また、論文作成にあたっては、まとめ方や一字一句の細部に至るまで貴重なご指導を賜りました。ここに深く感謝申し上げます。

国土交通省国土技術政策総合研究所 倉山千春先生には、私が 2002 年に前述の研究委員として参加した頃より、開口部の熱性能の計算法、測定法、評価法について昼夜を問わず懇切丁寧なご指導を賜りました。会社の実務である自然エネルギー利用に関して、様々な考え方や将来性をご教示いただき、興味深いデータを提供していただきました。鹿児島大学の先輩でもあり、東京での指導教官役となっただき本研究の測定方法から論文作成の進め方に至るまで懇切丁寧なご指導を賜りました。全てのご厚意に深く感謝申し上げます。

鹿児島工業高等専門学校校長 赤坂裕先生には、私が 2002 年に前述の研究委員として参加した頃より、研究委員会の委員長として様々なご指導を賜りました。社会人学生となるときに研究への取り組み方、心構えをご教示くださいました。ここに深く感謝申し上げます。

滋賀県立大学環境科学部講師 伊丹清先生には、本論文で用いた計算プログラム「TB2D/BEM」の斜入射計算法に関しまして様々なご助言を賜りました。ここに深く感謝申し上げます。

日本板硝子株式会社 木下泰斗氏には、ガラスの熱性能計算法について懇切丁寧に多くのご助言をいただきました。また、鹿児島大学の先輩として講義、専攻ゼミナール、特別演習、論文作成の進め方に至るまで多くのご助言をいただきました。この他、窓に関わる日本の技術者として、将来について多くの有益な意見交換をさせていただきました。ここに深く感謝申し上げます。

YKKAP 株式会社 伊藤春雄氏、齋藤孝一郎氏には、競合他社という立場でありながら、海外に遅れをとっている日本の開口部熱性能に関する技術者育成を第一と考えてくださり、共に課題に取り組む 1 人の技術者として多くのご指導とご助言を賜りました。ここに深く感謝申し上げます。

株式会社 LIXIL 内山貴弘氏、石積広行氏には、私がサッシの設計業務に従事するようになった入社 3 年目より、開口部の熱性能に関する基礎を最初に叩き込んでくださいました。私が開口部の熱性能に関する職務に従事するきっかけとなりました。平野利信氏、佐々木道夫氏には、私が社会人学生として博士後期課程への進学のお機会を与えていただきました。高橋努氏には、アルミサッシメーカーの設計者としての仕事の進め方、ビル用開口部の設計の考え方を懇切にときに厳しくご指導くださいました。ここに深く感謝申し上げます。

会社及び鹿児島大学の後輩にあたる株式会社 LIXIL 宮澤千頭氏には、本研究の測定装置製作時や改良時に作業を手伝っていただきました。また、社内業務及び社外研究委員会の課題を分担して行うことで、多くの知見を得ることができました。ここに深く感謝申し上げます。

日本軽金属株式会社 高木正夫氏、松永章生氏、中村拓海氏には、社内横串プロジェクトにおいて、環境工学の基礎から計算技術、測定技術に至るまで懇切丁寧にご指導くださいました。ここに深く感謝申し上げます。

このほか、三協立山アルミ株式会社 鈴木宏政氏、上乘正信氏、折原規道氏、不二サッシ株式会社 須田宏氏、株式会社ニチベイ 佐久間英二氏、立川ブラインド工業株式会社 鳥居由樹男氏、トーソー株式会社 近藤友洋氏には、前述研究委員会において開口部の熱性能計算法、測定法について、競合他社という立場を超えて、共に検討し意見を交わすことで多くの知見を得ることができました。ここに深く感謝申し上げます。

最後に私事になりますが、週末課題に取り組むことが多く一緒に過ごすことができない私の代わりに文句一つ言わず、家庭を守り続けてくれた妻 真由美、遊び盛りの年頃でありながら我慢してくれた長女 陽渚、長男 吏に深く感謝申し上げます。

2012 年 3 月
田代達一郎

既発表論文一覧

■既発表論文

1. 論文（査読あり）

*本研究と関係する論文

No	学術論文、研究発表・報告、特許等の 名称	発行又は発表 の年、巻、号、 項等	発行場所、発表 雑誌等又は発表 学会等名称	著者名
1*	フレームを考慮したカーテンウォールの熱性能計算法	2011年12月 第76巻 第670号 1033-1042 項	日本建築学会 環境系論文集	田代 達一郎 二宮 秀與 齋藤 孝一郎
2*	窓フレームを考慮したビル用窓の熱性能簡易計算法	2009年2月 第74巻 第636号 151-160 項	日本建築学会 環境系論文集	齋藤 孝一郎 赤坂 裕 二宮 秀與 木下 泰斗 田代 達一郎

2. 論文（査読なし）

*本研究と関係する論文

No	学術論文、研究発表・報告、特許等の 名称	発行又は発表 の年、巻、号、 項等	発行場所、発表 雑誌等又は発表 学会等名称	著者名
1*	開口部の遮熱性能の計算法 その2 窓の日射侵入率計算法と Fix 窓計算例	2003年 環境工学Ⅱ (41158) 337 項	日本建築学会 大会（東海）	伊丹 清 赤坂 裕 倉山 千春 田代 達一郎 伊藤 春雄 齋藤 孝一郎 石積 広行 増山 新作
2*	開口部の遮熱性能の計算法 その3 Fix 窓の日射侵入率計算結果 と考察	2003年 環境工学Ⅱ (41159) 339 項	日本建築学会 大会（東海）	田代 達一郎 赤坂 裕 倉山 千春 伊丹 清 伊藤 春雄 齋藤 孝一郎 石積 広行 増山 新作

No	学術論文、研究発表・報告、特許等の 名称	発行又は発表 の年、巻、号、 項等	発行場所、発表 雑誌等又は発表 学会等名称	著者名
3*	開口部の遮熱性能の計算法 その 4 ガラス種類の違いによる枠 部の日射侵入率の変化	2003 年 環境工学Ⅱ (41160) 341 項	日本建築学会 大会（東海）	齋藤 孝一郎 赤坂 裕 倉山 千春 伊丹 清 伊藤 春雄 石積 広行 増山 新作 田代 達一郎 木下 泰斗
4*	住宅用窓製品の総合熱性能評価プロ グラムの開発 その 3 フレーム部の計算方法	2004 年 環境工学Ⅱ (41050) 99 項	日本建築学会 大会（北海道）	齋藤 孝一郎 赤坂 裕 倉山 千春 伊丹 清 二宮 秀與 伊藤 春雄 石積 広行 上乘 正信 田代 達一郎 木下 泰斗
5	住宅用窓製品の総合熱性能評価プロ グラムの開発 その 4 表面温度指標 STI による防露 性能予測	2004 年 環境工学Ⅱ (41051) 101 項	日本建築学会 大会（北海道）	上乘 正信 赤坂 裕 倉山 千春 伊丹 清 伊藤 春雄 齋藤 孝一郎 田代 達一郎 石積 広行

No	学術論文、研究発表・報告、特許等の名称	発行又は発表の年、巻、号、項等	発行場所、発表雑誌等又は発表学会等名称	著者名
6*	開口部の遮熱性能の計算法 その 6 各窓種の日射侵入率計算結果と考察	2004 年 環境工学Ⅱ (41158) 343 項	日本建築学会 大会（北海道）	田代 達一郎 赤坂 裕 倉山 千春 伊丹 清 伊藤 春雄 齋藤 孝一郎 上乘 正信 石積 広行
7*	開口部の遮熱性能の計算法 その 8 窓フレームの断熱・遮熱性能 計算結果と考察	2005 年 環境工学Ⅱ (41110) 249 項	日本建築学会 大会（近畿）	齋藤 孝一郎 赤坂 裕 倉山 千春 伊丹 清 伊藤 春雄 田代 達一郎 石積 広行 折原 規道
8*	開口部の遮熱性能の計算法 その 9 窓フレームの断熱・遮熱性能 計算結果と考察	2005 年 環境工学Ⅱ (41111) 251 項	日本建築学会 大会（近畿）	宮沢 千頭 赤坂 裕 倉山 千春 伊丹 清 伊藤 春雄 田代 達一郎
9*	開口部の断熱・遮熱性能 その 2 日射熱取得率測定結果	2005 年 環境工学Ⅱ (41113) 255 項	日本建築学会 大会（近畿）	上乘 正信 倉山 千春 石積 広行 齋藤 孝一郎 田代 達一郎 折原 規道

No	学術論文、研究発表・報告、特許等の名称	発行又は発表の年、巻、号、項等	発行場所、発表雑誌等又は発表学会等名称	著者名
10*	開口部の断熱・遮熱性能 その3 熱貫流率測定結果	2005年 環境工学Ⅱ (41114) 257項	日本建築学会 大会（近畿）	石積 広行 倉山 千春 上乘 正信 齋藤 孝一郎 田代 達一郎 折原 規道
11*	PAL 計算における窓フレームの評価方法 その1 ビル用窓製品のフレームの評価方法	2005年 環境工学Ⅱ (41534) 1097項	日本建築学会 大会（近畿）	田代 達一郎 二宮 秀與 赤坂 裕 木下 泰斗
12*	PAL 計算における窓フレームの評価方法 その2 フレームが PAL 値に及ぼす影響	2005年 環境工学Ⅱ (41535) 1099項	日本建築学会 大会（近畿）	二宮 秀與 赤坂 裕 田代 達一郎 木下 泰斗
13	開口部の断熱・遮熱性能 その4 引違い窓の断熱・遮熱性能に対する実験及び計算評価	2006年 環境工学Ⅱ (41075) 149項	日本建築学会 大会（関東）	石積 広行 倉山 千春 上乘 正信 齋藤 孝一郎 田代 達一郎 折原 規道
14	開口部の断熱・遮熱性能 その5 真空ガラスを用いた窓の熱性能の測定と計算	2006年 環境工学Ⅱ (41076) 151項	日本建築学会 大会（関東）	木下 泰斗 倉山 千春 石積 広行 田代 達一郎 赤坂 裕
15	開口部の断熱・遮熱性能 その9 住宅用窓製品の総合熱性能評価プログラム WindEye 算出値の有効性の検証	2006年 環境工学Ⅱ (41080) 151項	日本建築学会 大会（関東）	折原 規道 倉山 千春 二宮 秀與 上乘 正信 齋藤 孝一郎 石積 広行 田代 達一郎

No	学術論文、研究発表・報告、特許等の名称	発行又は発表の年、巻、号、項等	発行場所、発表雑誌等又は発表学会等名称	著者名
16	開口部の断熱・遮熱性能 その 10 窓-RC 造外壁間の線熱貫流率計算結果と考察	2006 年 環境工学Ⅱ (41081) 153 項	日本建築学会 大会（関東）	宮沢 千頭 赤坂 裕 伊丹 清 倉山 千春 田代 達一郎
17*	PAL 計算における窓フレームの評価方法 その 3 ビル用窓製品のフレームの評価方法	2006 年 環境工学Ⅱ (41143) 285 項	日本建築学会 大会（関東）	田代 達一郎 二宮 秀興 赤坂 裕 木下 泰斗
18*	開口部構成材料の光学特性 その 3 ブラインドスラット及びサッシ型材の光学特性測定結果	2007 年 環境工学Ⅱ (41058) 115 項	日本建築学会 大会（九州）	田代 達一郎 赤坂 裕 倉山 千春 上乘 正信 齋藤 孝一郎 石積 広行
19	開口部の断熱・遮熱性能 その 12 台形出窓の断熱・遮熱性能計算結果	2007 年 環境工学Ⅱ (41073) 145 項	日本建築学会 大会（九州）	折原 規道 倉山 千春 田代 達一郎 上乘 正信
20	開口部の遮熱性能計算方法 その 13 窓-外壁（外張断熱工法）間の線熱貫流率計算結果と考察	2007 年 環境工学Ⅱ (41077) 153 項	日本建築学会 大会（九州）	宮沢 千頭 赤坂 裕 伊丹 清 倉山 千春 田代 達一郎
21	太陽熱集熱板の横並び性能評価 その 1 測定機器、装置及び試験体概要	2008 年 環境工学Ⅱ (41059) 117 項	日本建築学会 大会（中国）	宮沢 千頭 倉山 千春 田代 達一郎 齋尾 梨沙
22	太陽熱集熱板の横並び性能評価 その 2 屋内測定結果	2008 年 環境工学Ⅱ (41060) 119 項	日本建築学会 大会（中国）	齋尾 梨沙 倉山 千春 田代 達一郎 宮沢 千頭

No	学術論文、研究発表・報告、特許等の名称	発行又は発表の年、巻、号、項等	発行場所、発表雑誌等又は発表学会等名称	著者名
23	太陽熱集熱板の横並び性能評価 その 3 気流確認及びフィールドテストとの比較	2008 年 環境工学Ⅱ (41061) 121 項	日本建築学会 大会（中国）	田代 達一郎 倉山 千春 齋尾 梨沙 宮沢 千頭
24	空気式太陽光集熱器を用いたデシカント空調システムに関する実験研究 第 1 報：システム提案と特性解析	2008 年 (A141) 145 項	日本冷凍空調 学会大会（大 阪）	井上 絢子 河合 素直 小金井 真 小松 健 田代 達一郎 吉田 康敏
25	空気式太陽光集熱器を用いたデシカント空調システムに関する実験研究 第 2 報：ソーラーспандレルの概要	2008 年 (A142) 149 項	日本冷凍空調 学会大会（大 阪）	田代 達一郎 井上 絢子 河合 素直 小松 健 高木 正夫 小金井 真
26	開口部の遮熱性能計算方法 その 16 防犯性を考慮した屋外側 付属物を付けた窓の熱的性能測定結 果	2009 年 環境工学Ⅱ (41072) 155 項	日本建築学会 大会（東北）	田代 達一郎 宮沢 千頭 倉山 千春
27	窓－躯体間の熱移動について その 1 測定結果	2009 年 環境工学Ⅱ (41074) 155 項	日本建築学会 大会（東北）	石積 広行 宮沢 千頭 倉山 千春 田代 達一郎
28	窓－躯体間の熱移動について その 2 計算結果と測定結果の比較	2009 年 環境工学Ⅱ (41075) 155 項	日本建築学会 大会（東北）	宮沢 千頭 倉山 千春 石積 広行 田代 達一郎

No	学術論文、研究発表・報告、特許等の名称	発行又は発表の年、巻、号、項等	発行場所、発表雑誌等又は発表学会等名称	著者名
29*	CALCULATION METHOD FOR THERMAL PERFORMANCE OF THE CURTAIN WALLING WITH FRAMES	2010年1月	YSRIM2010 (上海)	Tatsuichiro Tashiro, Hideyo Nimiya, Hiroshi Akasaka, Koichiro Saito
30	低炭素社会における太陽熱活用に関する具体的検討 第2報 日射変動に対するデシカント空調システムの挙動に関する考察	2010年 第44巻, 83-86項	空気調和・冷凍 連合講演会講 演論文集	井上 絢子 小金井 真 中村 拓海 田代 達一郎 吉田 康敏
31	空気式太陽光集熱器の開発とその評価手法の提案	2008年 353-356項	太陽/風力エネ ルギー講演論 文集	井上 絢子 河合 素直 小金井 真 小松 健 田代 達一郎
32*	開口部の熱性能の屋外測定法と評価方法に関する研究 その2 計算法と計算結果	2010年 環境工学Ⅱ (41226) 451項	日本建築学会 大会(北陸)	倉山 千春 田代 達一郎 二宮 秀與 宮沢 千頭
33*	開口部の熱性能の屋外測定法と評価方法に関する研究 その2 計算法と計算結果	2010年 環境工学Ⅱ (41227) 453項	日本建築学会 大会(北陸)	田代 達一郎 倉山 千春 二宮 秀與 宮沢 千頭
34	窓-躯体間の熱移動について その3 測定結果その2	2010年 環境工学Ⅱ (41210) 419項	日本建築学会 大会(北陸)	石積 広行 宮沢 千頭 倉山 千春 田代 達一郎

No	学術論文、研究発表・報告、特許等の名称	発行又は発表の年、巻、号、項等	発行場所、発表雑誌等又は発表学会等名称	著者名
35	窓-躯体間の熱移動について その 4 局所熱伝達率を考慮した計算結果と測定結果の比較	2010 年 環境工学Ⅱ (41211) 421 項	日本建築学会 大会（北陸）	宮沢 千顕 倉山 千春 二宮 秀興 田代 達一郎 石積 広行
36	太陽熱集熱機能を追加した建材型太陽光発電システムの性能評価	2010 年 太陽/風力エネルギー講演論文集 2010, 355-358 項	日本太陽エネルギー学会	川上 隆士 田代 達一郎 太田 勇
37	太陽熱集熱機能を追加した建材型太陽光発電システムの性能評価（その 2）外部風が太陽熱集熱機能に及ぼす影響	2011 年 太陽/風力エネルギー講演論文集 2011, 131-134 項	日本太陽エネルギー学会	佐藤 理人 川上 隆士 太田 勇 田代 達一郎
38	太陽熱集熱機能を追加した建材型太陽光発電システムの性能評価（その 3）シミュレーション計算値と実測値との比較	2011 年 太陽/風力エネルギー講演論文集 2011, 135-138 項	日本太陽エネルギー学会	川上 隆士 太田 勇 佐藤 理人 田代 達一郎
39	太陽熱集熱機能を追加した建材型太陽光発電システムの性能評価（その 4）AMeDAS を用いた数値解析結果と実測値との比較	2010 年 太陽/風力エネルギー講演論文集 2011, 139-142 項	日本太陽エネルギー学会	太田 勇 川上 隆士 佐藤 理人 田代 達一郎
40	フレームと斜入射を考慮したガラスカーテンウォールの遮熱性能計算	2011 年 環境工学Ⅱ (41278)561 項	日本建築学会 大会（関東）	田代 達一郎 二宮 秀興

No	学術論文、研究発表・報告、特許等の名称	発行又は発表の年、巻、号、項等	発行場所、発表雑誌等又は発表学会等名称	著者名
41	窓の断熱性能計算規格の検証および実証試験	2011年 環境工学Ⅱ (41160)325項	日本建築学会 大会（関東）	木村 敏朗 永田 明寛 中山 哲士 田代 達一郎

3. 技術報告（査読あり）

*本研究と関係する論文

No	学術論文、研究発表・報告、特許等の名称	発行又は発表の年、巻、号、項等	発行場所、発表雑誌等又は発表学会等名称	著者名
42	窓と躯体の間の熱移動に関する数値解析と線熱貫流率について	2009年10月 第15巻, 第31号, 789-792項	日本建築学会 技術報告集	宮沢 千頭 赤坂 裕 伊丹 清 田代 達一郎

Summary

Study of field simple measurement and simple evaluation method on the thermal performance of opening

Tatsuichiro TASHIRO

Summary:

With the aim to enable more precise assessment of thermal load calculation, this thesis summarizes the methods for evaluating, from the perspectives of calculation and measurement, the solar shading performance against oblique incidence in a way that takes into account the frame impact and the multiple reflections of the glasses, which currently have not been considered.

Chapter 1 outlines the background and purpose of this research. It includes a literature review and describes the physical theories to be used in this study.

Chapter2 describes a detailed calculating method for solar heat gain coefficient (SHGC) at a window opening considering window frame at the time of oblique incidence. Direct solar radiation component was calculated by taking account of incident angle characteristics of the glass, influence of heat reception due to the difference in frame color and that of shadow on the glass surface cast from the frame, in case of insolation which was received on the window surface by both vertical and oblique incidence. As the result, it has been proved that influence of heat reception due to difference in frame color doesn't have to be taken in to account for the calculation, since it is negligible. Diffuse solar radiation component was found that less than approximately 0.81 times of that obtained by vertical incidence as a result of incident angle calculation by hemispheric integration, while considering the characteristics of window which is mounted vertically against the ground.

Chapter3 describes an apparatus which is able to easily measure SHGC for oblique incidence on the field by using actual product. Even though there was some difference between the results of measurement and calculation since not all phenomena were measured in detail, it has been proved that a tendency similar to the case of calculation appears on measurement result data. The result indicates that it is acceptable to use the calculating method for both direct solar radiation component and diffuse solar radiation component. Further, we've performed comparison with theoretical calculation by organizing heat transmission coefficient (U-Value), radiative heat transfer coefficient and the like from field measurement data.

Chapter 4 as a non- window opening, describes the calculation method for the thermal performance of curtain wall considering frame. Because there are no established international standards, was examined on the basis of European standards about how to take the heat transfer area and the scope of the analysis model. Also, the calculation method of the generic window frames was applied to curtain wall frames, examined how to calculate the heat shield performance and thermal insulation performance. After considering six different frame structures, spandrel panels with openings, showed that there are common trends, respectively.

Chapter 5 describes a simplified calculation method, can be used to calculate the heat load of the building's curtain wall frame. Based on detailed calculations in Chapter 4, we proposed a simplified calculation method. Moreover, SHGC of the waist, because it consists of a glass surface, SHGC calculation of the wall in the PAL has been underestimated. Therefore, we proposed a simplified calculation method for the glass curtain wall. The difference between detailed calculation method and Simplified calculation method, showed that within a few %.

In Chapter 6, about curtain wall, describe similar to calculation method for oblique incidence in Chapter 2. Curtain wall, as much as possible because they tend to flatten the surface of the frame and glass, drop shadow effect in the opening frame is small, and showed that the calculations do not have to consider.

In a case that sun-shading member is used, it has also been proved that sunshade effect calculating formula may be used as it is for direct solar radiation component comparing with that used for PAL calculation.

Chapter 7 using the results of Chapter 2 and Chapter 6, the heat penetration by region, compared with the calculation method has been used in traditional simulation. When considering the oblique and frame, confirmed the impact of the building heat load calculations.

Chapter 8 the results of this study are summarized and avenues for future research on this topic are discussed.