
窓に付属する日射遮蔽物の断熱性能に関する研究

2017年3月

佐久間 英二

目次

第1章 序論	1
1.1 本研究の背景と目的.....	3
1.2 日射遮蔽物の種類.....	4
1.3 日射遮蔽物の熱性能評価の現状.....	8
1.4 外皮平均熱貫流率水準の向上.....	10
1.5 既往の研究.....	11
1.5.1 窓の熱貫流率測定方法.....	11
1.5.2 窓の熱貫流率計算方法.....	12
1.5.3 窓に付属する遮蔽物の熱貫流率評価.....	12
1.5.4 海外の遮蔽物評価例.....	19
1.5 参考文献.....	21
第2章 日射遮蔽物の断熱性能の測定	23
2.1 はじめに.....	25
2.2 断熱試験方法.....	25
2.3 遮蔽物試験体.....	29
2.4 試験結果.....	32
2.5 まとめ.....	54
2.6 参考文献.....	55
第3章 試験値と計算値の比較	57
3.1 はじめに.....	59
3.2 スクリーンの空隙率と通気量.....	59
3.2.1 試験方法.....	59
3.2.2 試験結果.....	61
3.3 素材の放射率測定.....	61
3.3.1 測定方法.....	61
3.3.2 測定結果.....	62
3.4 付加熱抵抗の試験値と計算値の比較.....	63
3.4.1 計算方法概説.....	63
3.4.2 ISO 15099 による計算.....	65
3.4.3 比較結果.....	69
3.5 まとめ.....	71
3.6 参考文献.....	72

第4章 付加熱抵抗を用いた熱負荷計算	73
4.1 はじめに.....	75
4.2 計算方法.....	75
4.2.1 計算条件.....	75
4.2.2 建物モデル.....	76
4.2.3 計算リスト.....	78
4.3 計算結果.....	80
4.3.1 年間暖冷房負荷.....	80
4.3.2 要素集約暖冷房負荷.....	88
4.3.3 建物外皮断熱性能向上モデル暖冷房負荷.....	101
4.4 まとめ.....	104
4.5 参考文献.....	105
第5章 結論と総括	107
5.1 本論文の要約.....	109
5.2 今後の課題と展望.....	112
Summary	115
既発表論文一覧.....	119
謝辞.....	131

第 1 章 序論

第1章 序論

1.1 本研究の背景と目的

近年地球温暖化やエネルギー問題を背景に、COP22などの国際的な枠組みが進むなど、エネルギー消費を抑制し、かつ安全で環境に配慮した社会づくりが今後の人類の大きな課題といえる。

日本のエネルギー消費の中で民生部門（業務・家庭）は、著しく増加傾向にあり、全エネルギー消費量のおよそ1/3¹⁾を占めており、特に建物における省エネルギー対策の強化が必要である。住宅・建築物はその大きな要因であり、その内暖房エネルギーは約26%¹⁾を占める。このため新築・増改築時の省エネ措置の義務化などを盛り込んだ「建築物のエネルギー性能の向上に関する法律」が公布されている。

近年の建築・住宅では、ZEB（ネットゼロエネルギービル）やZEH（ネットゼロエネルギーハウス）の推進など、建物の構造、建材、窓、設備などに様々な改善技術が検討され自然エネルギーの活用含め人工エネルギーの消費を抑制し、省エネプラス創エネ、外皮性能においても外皮平均熱貫流率（ U_A 値）を省エネ基準より高い基準に設定するなどの施策が進んでいる。

近年、建物の高断熱化が推進され、窓開口部の熱性能向上は温熱環境と健康の関係からも注目され、窓（フレーム・板ガラス類含む）の高性能化が進んでいる。

住宅・建築物の窓開口部には、ブラインドやスクリーンなどの日射遮蔽物（以下、遮蔽物と略す）が付属され、日射遮蔽や日射熱取得、採光や意匠性など室内環境の目的に合わせ、開閉やスラット（はね）角度調節など行い使用されている。住宅・建築物の開口部について、窓の日除けである遮蔽物（付属物）は、通常はほとんどの窓に付属していることから、窓の温熱環境を含め快適な窓環境を考慮するためには不可欠な存在である。

遮蔽物の多くは断熱を目的としていないものの近年は、スラット全閉時の回転角度を上げ、スラットどうしの隙間を小さくした高遮蔽ブラインド、金属蒸着により低放射率化したロールスクリーン、セル状の空気層を連続的に形成するハニカムスクリーン、また遮蔽物と窓枠の隙間を塞ぐサイドレールなどにより断熱性の向上に寄与する製品も増えてきている。

遮蔽物の断熱性能の研究については、これまで上乘・倉山らによる付属物の付加熱抵抗の測定²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾や、清水による付属物の断熱性能の測定⁶⁾⁷⁾、平成23・24年度建築基準整備促進事業「34. 開口部材の日射侵入率等熱性能に関する調査」⁸⁾、平成24年度国際標準開発事業窓の断熱性計算方法に関する標準化「窓付属物の断熱性能評価報告書」⁹⁾などにおいて、ブラインドやスクリーンなどの研究報告があるが、近年の高性能化された遮蔽物の詳細な調査・研究まで及んでいないのが実状である。

また、省エネルギー基準においても開口部の熱貫流率の算定において、窓の遮蔽物（付属部材）の熱抵抗 ΔR を数値例で具体的に表現するものは一部（住宅ではシャッター又は雨戸、障子）に限られている。しかし一般的な住宅の窓には、ブラインドやロールスクリーン、カーテンなどの遮蔽物が設置されており、遮蔽物により窓の断熱性能が向上することは定性的

に知られている。

本研究では、冬季の遮蔽物による窓の断熱性能の改善に焦点をあて、同一の測定装置、同一条件にて窓に付属するブラインドやスクリーン類 64 点の断熱性能を測定し、その傾向を開口部の隙間や面材の空隙率、通気、放射率などの要素から分析し、断熱性能向上の要素を取りまとめて報告する。また、断熱性能が向上したことによる省エネルギー効果を熱負荷計算により評価した。

これらの研究結果から、ブラインドやスクリーンなど各種遮蔽物が建物の断熱性能の改善に効果的であることを実証され、将来的な省エネルギー基準への導入や J I S などの評価方法の拡充に反映することを目的とする。

1.2 日射遮蔽物の種類

日射遮蔽物の種類として、主な屋内側遮蔽物の体系図（図 1.1）を以下に示す。
本研究では、ブラインドとスクリーンを対象とした。

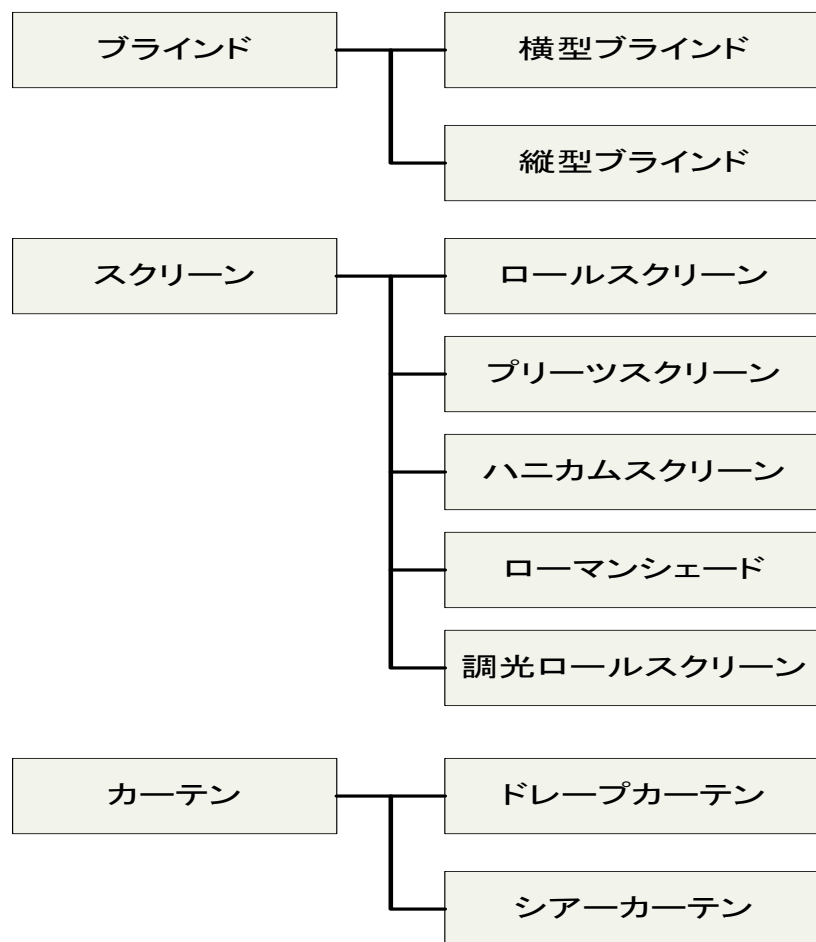


図 1.1 主な屋内側付属物の体系図

表 1.1 日射遮蔽物の主な特徴

日射遮蔽物の種類	主な特徴
<p data-bbox="352 434 580 465">よこ型ブラインド</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的にベネシャンブラインドと呼ばれる。 ・多数のスラット（羽）を水平に組立てたものでスラットの角度が調整でき、かつブラインドを上下に開閉することができる。 ・スラットの素材はアルミニウム合金、天然木、プラスチックなどがある。 ・スラットの形状・素材・色などの違いにより多様な光学特性を持つ。 ・スラットの角度調節により視野の調節に併せ、調光機能をもち昼光のコントロールが可能。 ・近年はスラットを閉めた状態でのスラットどうしの隙間を小さくした高遮蔽タイプの普及が進む。
<p data-bbox="309 1005 544 1037">たて型ブラインド</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的にバーチカルブラインドと呼ばれる。 ・多数のルーバー（スラット）を垂直に並べ組み立てたもので、ルーバーの回転により調光でき、かつブラインドを水平方向（左右）に開閉することができる。 ・ルーバーの素材は化学繊維生地、ガラス繊維複合ビニル製、アルミニウム合金製など多種に及ぶ。 ・ルーバーの幅、素材・色・柄などの違いにより多様な光学特性を持つ。 ・ルーバーの角度調節により視野の調節に併せ、調光機能をもち昼光のコントロールが可能。
<p data-bbox="352 1507 580 1538">ロールスクリーン</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・平滑なスクリーンが上下に可動し調光するものであり、一般的にロールスクリーンと呼び窓の室内に取付けるものである。 ・スクリーンの素材は化学繊維生地、ガラス繊維複合ビニル製など多種に及ぶ。 ・素材・色・柄などの違いにより多様な光学特性を持ち、近年では日射反射率の高い糸や金属蒸着により遮熱・断熱性能を高めたものが普及している。 ・近年はサイドレールなどにより上下左右の隙間を塞ぎ、隙間からの光漏れ抑制や断熱性を向上したものが普及してきている。

日射遮蔽物の種類	主な特徴
<p data-bbox="357 344 614 376">プリーツスクリーン</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的にプリーツスクリーンと呼ばれる。 ・プリーツ（ひだ）状に仕上げたスクリーンが上下に可動し調光する。 ・スクリーンの素材は化学繊維が主体であり、通常の織布に加え不織布も定着している。 ・素材・色・柄などの違いにより多様な光学特性を持ち、近年では日射反射率の高い糸などにより遮熱性能を高めたものが普及しつつある。 
<p data-bbox="357 869 614 900">ハニカムスクリーン</p> 	<p>一般的にハニカムスクリーンと呼ばれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・生地をハニカム構造に結び合わせ、セル化した空気層を持つスクリーン。スッキリとした意匠と高い断熱性能を併せ持つ。 ・上下方向に開閉できる。 ・近年ではセル構造を改良したダブルハニカムなど、更に断熱性能を向上したのも商品化されている。 ・近年はサイドレールなどにより上下左右の隙間を塞ぎ、隙間からの光漏れ抑制や断熱性を向上したものが普及してきている。 
<p data-bbox="373 1370 598 1402">ローマンシェード</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的にローマンシェードと呼ばれる。 ・上下に開閉するカーテンであり主にプレーンスタイル、バルーンスタイル、オーストリアンスタイルの3つのスタイルに分類される。 ・カーテン同様ドレープとシアード（レースなどシースルー系）を2重に使うことも多い ・スクリーンの素材は主に化学繊維主体である。 ・素材・色などの違いにより多様な光学特性をもつ。

日射遮蔽物の種類	主な特徴
<p data-bbox="341 353 632 387">調光ロールスクリーン</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・上下に開閉できるスクリーンの一種である。 ・布地のスラットと2枚のレース生地を係合したスクリーン。 ・スラットを開めて遮光することと、スラットを水平等に回転させて採光することができる。 ・レース生地により通風できる
<p data-bbox="376 853 603 887">ドレープカーテン</p> 	<p data-bbox="719 853 1398 927">主に厚手のカーテンを総称してドレープカーテンと呼ぶ。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水平方向（左右）に開閉できる。 ・素材・色・柄などの違いにより多様な光学特性を持つ。
<p data-bbox="389 1310 590 1344">シアーカーテン</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・主に織機にて織るボイルと編機を用いて編むレースを用いた比較的光透過性のある薄地のカーテンを総称してシアーカーテンと呼ばれる。 ・水平方向（左右）に開閉でき、光透過性のある生地により調光・採光する。 ・素材・色・柄などの違いにより多様な光学特性を持ち、近年では日射反射率の高い糸により遮熱性能を高めたものなど機能性を高めた素材が普及しつつある。

1.3 日射遮蔽物の断熱性能評価の現状と課題

建物外皮の中で、窓は外壁と比べて熱抵抗が小さく、熱損失が大きいことが一般的に知られている。また、省エネルギーや健康の観点から建物の高断熱化が推進され、窓においても断熱性能向上が進められ、それに伴い窓の断熱性能評価方法の定義付けが求められている。

現在、窓の断熱性能評価方法として使われている「JIS A 4710 建具の断熱性能試験方法」¹⁰⁾ (試験法) による熱貫流率測定は、大きな装置が必要であるなどのことから一般的に容易に行うことができない。また窓のサイズや形状は数多くあるためすべてを試験によって評価することは難しい。そのため、計算によって窓の熱貫流率を導き出すことができる「JIS A 2102 窓及びドアの熱性能-熱貫流率の計算」^{11) 12)} (計算法) が平成 22 年度に公示された。ただし、窓に付属する日射遮蔽物の評価は含まれていない。

窓の屋内側付属物 (屋内側日射遮蔽物) は、住宅・建築物に一般的に取り付けられるものとしてブラインドやカーテン、スクリーンなどが上げられる。

近年の地球温暖化問題やエネルギー問題を背景に、窓開口部からの熱損失抑制に注目が集まる中、ガラスは複層ガラス、3層ガラス、エコガラス (Low-E ガラス)、フレームは樹脂サッシ、2重窓などにより遮熱・断熱性能が向上した。但し、窓の効率的な使い方として、夏の日中は日射熱の侵入を防ぐ、冬の日中は自然エネルギーである日射熱を積極的に取り入れる、夜は日射遮蔽物による層を作り熱の流出入を抑制するなど、開閉などの可変機能のある遮蔽物は、窓の総合熱性能をコントロールし、省エネルギー性能を高めるために高いパフォーマンスを持ち、不可欠な存在であると言える。

そのような中、窓の付属物メーカーは遮熱・断熱のデータを整理した上で、高機能商品の商品化してきました。代表的なものとして、ブラインド類では横型ブラインドのスラット (羽) に遮熱塗料を塗るなどにより日射反射性能を高めた「遮熱ブラインド」や生地への金属コーティングや遮熱糸などを使用し日射反射率を高めた「遮熱・断熱スクリーン」、高断熱商品では「ハニカムスクリーン」などが上げられる。但し、このような高機能商品についてメーカーとして独自に性能を示すものの、公に評価する規格が存在せず、各社独自に試験や計算を行い、ユーザーに提示している状況にあった。

唯一第三者機関が実証してその実証性能を公開しているのは環境省環境技術実証事業「E T V」ヒートアイランド対策技術分野である。

遮蔽物メーカーは第三者機関が実証した信頼性のある性能情報をユーザーに提供することを目的とし、同事業に登録した例がある。

環境省環境技術実証事業は、既に実用化された先進的環境技術の中には、環境保全効果等について客観的立場から示された情報がないために普及が進んでいないものがあり、そのような環境技術について、開発者でも利用者でもない信頼できる第三者機関 (実証機関) が実際の現場等で実証し、その結果を環境省ウェブサイト等で公表、閲覧可能とすることで、環境技術の普及を支援し、環境保全に資することを目的とした事業である。

表 1.2 に実証登録済み技術について紹介する。

表 1.2 環境省環境技術実証事業実証登録済技術一覧

実証番号	種類	技術	実証技術名
051-0923	よこ型	高日射反射	ニューセラミー25
051-0924	ブラインド	ブラインド	遮熱スラットブラインド (遮熱塗料仕様)
051-0925			遮熱スラットブラインド (2 コート仕様)
051-1026			遮熱コート
051-1027			遮熱スラットブラインド (メタリック)
051-1031			ロールスクリーン
051-1030	リーン	スクリーン	プリーツスクリーン ペルレ・フェンス
051-1111			ロールスクリーン ラルク・シルト
051-1112			ロールスクリーン ラルク・セルカ
051-1222			ソフィー サンフレクト遮熱
051-1223			ソフィー スヴィエ遮熱
051-1224			ソフィー フォスキー遮熱
051-1229			たて型 ブラインド

このような背景の中、日射遮蔽物の評価を含む窓の遮熱性能の計算方法及び測定方法については、平成 23 年度から「窓の日射熱取得率計算・測定方法の JIS 原案作成委員会」の発足により JIS 化を推進し、平成 25 年には「JIS A 2103 窓及びドアの熱性能-日射熱取得率の計算¹³⁾」並びに「JIS A 1493 窓及びドアの熱性能-日射熱取得率の測定¹⁴⁾」が公示された。ただし、遮蔽物を付属する窓の断熱性能に関する JIS 化については進捗がないのが現状であり、日射熱取得率同様に断熱性能の JIS 制定化が望まれる。

1.4 外皮平均熱貫流率水準の向上

我が国では、エネルギー基本計画（2014年4月閣議決定）において住宅においては2020年までに標準的な新築住宅で、2030年までに新築住宅の平均でZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）の実現を政策目標とし、ZEHロードマップ検討委員会などを中心にZEHの定義や目標を具体的に定め、普及促進を主導している。その中の定義として、「躯体の高断熱化と設備の高効率化により、省エネ基準よりも20%以上の省エネをZEH基準として設定した。このうち高断熱化としては、外皮の平均熱貫流率（ U_A 値）を現在の平成25年省エネルギー基準より高い水準とした。また2020年を見据えた住宅の高断熱化技術開発委員会（HEAT20）では、住宅外皮性能の向上として、さらに高い目標水準を示している。表1.3に各々の外皮平均熱貫流率の水準を示す。

表 1.3 住宅外皮の平均熱貫流率水準目標

断熱水準	地域区分							
	1 地域 (旭川等)	2 地域 (札幌等)	3 地域 (盛岡等)	4 地域 (仙台等)	5 地域 (つくば等)	6 地域 (東京等)	7 地域 (鹿児島等)	8 地域 (那覇等)
平成 25 年 省エネ基準	0.46	0.46	0.56	0.75	0.87	0.87	0.87	-
ZEH基準	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	-
HEAT20 G1 水準	0.34	0.34	0.46	0.56	0.56	0.56	0.56	-
HEAT20 G2 水準	0.28	0.28	0.34	0.46	0.46	0.46	0.46	-

ただし、外皮性能を上げることによる弊害として、地域や季節によっては室内がオーバーヒート現象になることが予測される。このような背景からも断熱と遮蔽、必要なときには開閉により調整ができる遮蔽物を適用することは有効である。

1.5 既往の研究

窓開口部の断熱性能及び躯体の断熱性能は、熱貫流率で評価している。各々の測定法と計算法に関する規格を抜粋して概説する。表 1.4 に各種測定法と計算法に関する規格を示す。また、窓に付属する遮蔽物の断熱性能を評価する測定方法や計算方法は、現状明確な方法はないが、これまで検討してきた評価方法を概説する。

表 1.4 各種測定法と計算法に関する規格

対象	測定法規格		計算法規格	
	ISO	JIS	ISO	JIS
窓全体	ISO 12567-1 ¹⁵⁾	JIS A 4710 ¹⁰⁾	ISO 10077-1 ¹⁸⁾	JIS A 2102-1 ¹¹⁾
	ISO 12567-2 ¹⁶⁾ (天窓・出窓)	JIS A 1492 ¹⁷⁾ (天窓・出窓)	ISO 15099 ²⁰⁾	
壁(躯体)	ISO 8990 ²¹⁾	JIS A 1420 ²²⁾	ISO 6946 ²³⁾	JIS A 2101 ²⁴⁾
カーテンウォール	—	—	ISO 12631 ²⁵⁾	—
ガラス	ISO 10291 ²⁶⁾	JIS R 3106 ²⁹⁾ (放射率測定)	ISO 10292 ²⁷⁾	JIS R 3107 ³⁰⁾
	ISO 10293 ²⁸⁾		ISO 15099 ²⁰⁾	
フレーム	—	—	ISO 10077-2 ¹⁹⁾	JIS A 2102-2 ¹²⁾
			ISO 15099 ²⁰⁾	

1.5.1 窓の熱貫流率測定方法

窓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規格化されている。表 1.4 に示すように国際的には ISO12567-1, ISO12567-2 が規格化されている。我が国でもこれに整合するように改正され最新では JIS A4710, JIS A 1492 が規格化されており、JISA4710 については、2000 年に制定された ISO 12567-1 との整合化を図る目的で、2004 年に改訂され、更に対応国際規格である ISO 12567-1 が 2010 年に改正されたことから整合化が必要であること、及び風速の測定目的が不明確である、バッフル表面温度の測定位置が明確でないなどの問題点があったため、これらの規定内容について、より明確化することを目的とし 2015 年に改正された。ただし、ブラインドやカーテンのような窓に付属する遮蔽物を評価する測定法に関しては、規格化されていない。

1.5.2 窓の熱貫流率計算方法

開口部の熱貫流率の計算法は表 1.4 に示すように、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 3107, ISO 10292, ISO 15099が規格化されている。フレーム及び窓全体の計算法は、ISO 10077-1, ISO 10077-2, ISO 15099が規格化されており、国内では 2011 年 3 月に ISO 10077-1, ISO 10077-2を引用した JIS A 2102-1, JIS A 2102-2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 EN 1394723を基に国際規格として ISO 12631が規格化され、現在日本においてもISO 12631を引用したJISの開発が進められている。遮蔽物に関しては、ISO 15099が規格化され、ブラインドやスクリーンのように窓に付属する遮蔽物を評価できる。ただし国内における評価法はなく、今後JIS開発が望まれる。

1.5.3 窓に付属する遮蔽物の熱貫流率評価

(1) JIS A 4710 を用いた試験

窓に付属する遮蔽物の熱貫流率の測定は、規格は存在しないものの、類似規格である JISA4710 を参考に行うことができる。概要を述べると JISA4710 に準拠し、①先に日射遮蔽物のない窓単体で測定し、②次に遮蔽物を付属した窓として測定し、各々の熱貫流抵抗を②から①を差し引きして、付加された日射遮蔽物と窓と日射遮蔽物の中空層分の熱貫流抵抗を付加熱抵抗として算定する。本論文でもこの方法で評価した内容を示している。

熱貫流率は、熱箱内の発生熱量 ϕ_{in} から試験体以外へ流れた熱量(ϕ_l , ϕ_{sur} , ϕ_{edge})を差し引き、試験体両側の環境温度差と面積で除することにより (1-1) 式で求められる。

$$U = \frac{\phi_{sp}}{\Delta\theta_n \cdot A} = \frac{\phi_{in} - \phi_l - \phi_{sur} - \phi_{edge}}{\Delta\theta_n \cdot A} \quad (1-1)$$

ここに、

U : 熱貫流率[W/(m²・K)]

ϕ_{sp} : 試験体を通過する熱量[W]

ϕ_{in} : 熱箱内の発生熱量[W]

ϕ_{sur} : 取付けパネルを通過する熱量[W]

ϕ_{edge} : 取付パネルの端部損失熱量[W]

$\Delta\theta_n$: 環境温度差[K]

A : 試験体伝熱面積[m²]

ϕ_l : 熱箱の損失熱量[W]

装置概要を図 1.2, 試験条件を表 1.5 に示す。

- ① 遮蔽物が無い窓単体の状態での熱貫流率 U_a
- ② 窓の室内側(高温室側)に遮蔽物を取付け、「窓+遮蔽物」の状態での熱貫流率 U_{a+b}

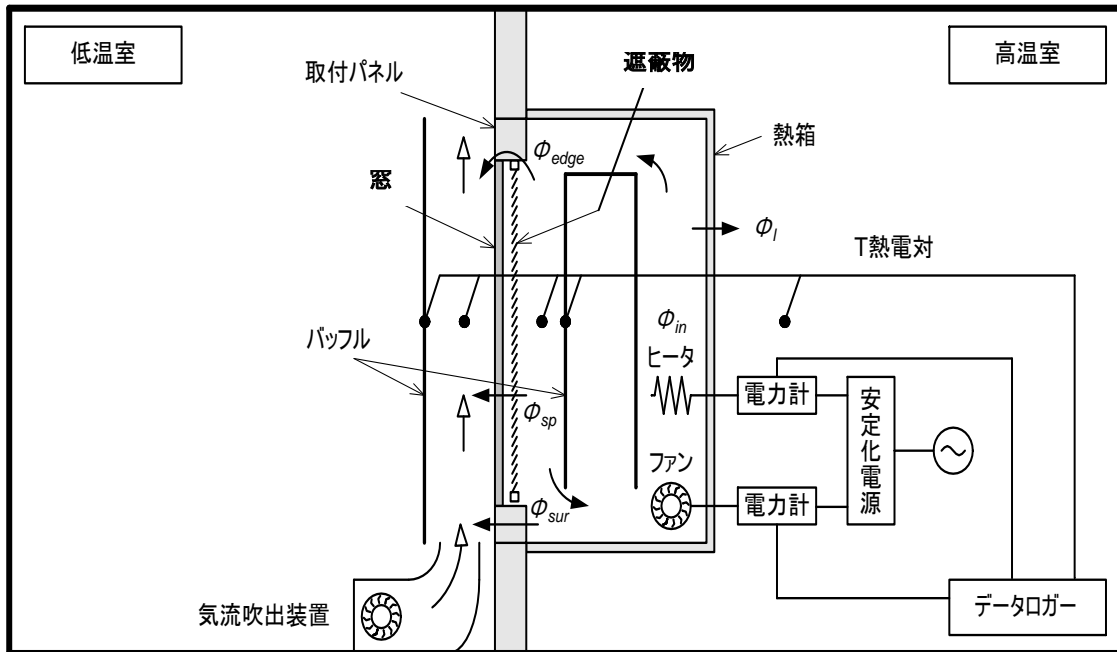


図 1.2 断熱性試験装置概要

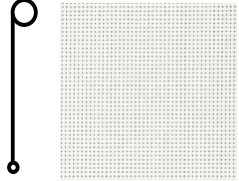
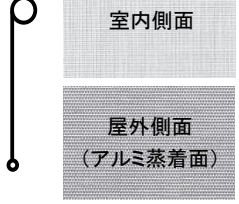


表 1.5 試験条件概要

項目	設定条件
熱箱内および高温室空気温度	20℃
低温室空気温度	0℃
合計表面熱伝達抵抗	0.165±0.01 m ² ·K/W
試験体表面の気流	熱箱側：0.5m/s 以下 低温室側：風速約 1.6m/s
伝熱開口寸法	1,600×1,600 mm
中空層の厚さ（窓と遮蔽物との距離）	100 mm（窓枠内取付けの場合）
遮蔽物の状態	最も下げた状態
遮蔽物の取付け位置	室内側の窓枠内，または窓枠外

(2) JIS A 4710 により測定した例

経済産業省委託平成 24 年度国際標準化事業のなかで「窓付属物の断熱性能評価」⁹⁾を行っている。表 1.6 に実施した試験体を示す。図 1.3 に試験結果から得た付加熱抵抗を示す。

表 1.6 試験体条件

No.	種類	イメージ図	材質	試験体サイズ
1	一般スクリーン (メッシュタイプ)		ガラス繊維 PVCコーティング	製造元 : (株)ニチベイ 商品名 : ソフィー 生地No. : N6433(504) 生地名 : 平織メッシュ 製品幅 : 1,690 mm 製品高さ : 1,375 mm 生地厚 : 0.45 mm
2	遮熱・断熱 低放射型スクリーン (メッシュタイプ)		ガラス繊維 PVCコーティング +屋外側アルミ蒸着	製造元 : (株)ニチベイ 商品名 : ソフィー 生地No. : N5731(2856) 生地名 : シルバースクリーン 製品幅 : 1,690 mm 製品高さ : 1,375 mm 生地厚 : 0.5 mm
3	シングルハニカム (25 mm幅など)		ポリエステル 繊維	製造元 : (株)ニチベイ 商品名 : レフィーナ 生地No. : H1004(3129) 生地名 : ココン 製品幅 : 1,690 mm 製品高さ : 1,375 mm 生地厚 : 約 15 mm (中空含む)
4	ダブルハニカム (35 mm幅など)		ポリエステル繊維 (内側アルミ箔付あり)	製造元 : セイキ総業株 商品名 : ハニカムサーモスクリーン 断熱レール仕様 生地No. : ND-02(キャメルベージュ(BG))※遮光タイプ 幅 : 1695 mm 高さ : 1375 mm 生地厚 : 約 25 mm (中空含む)

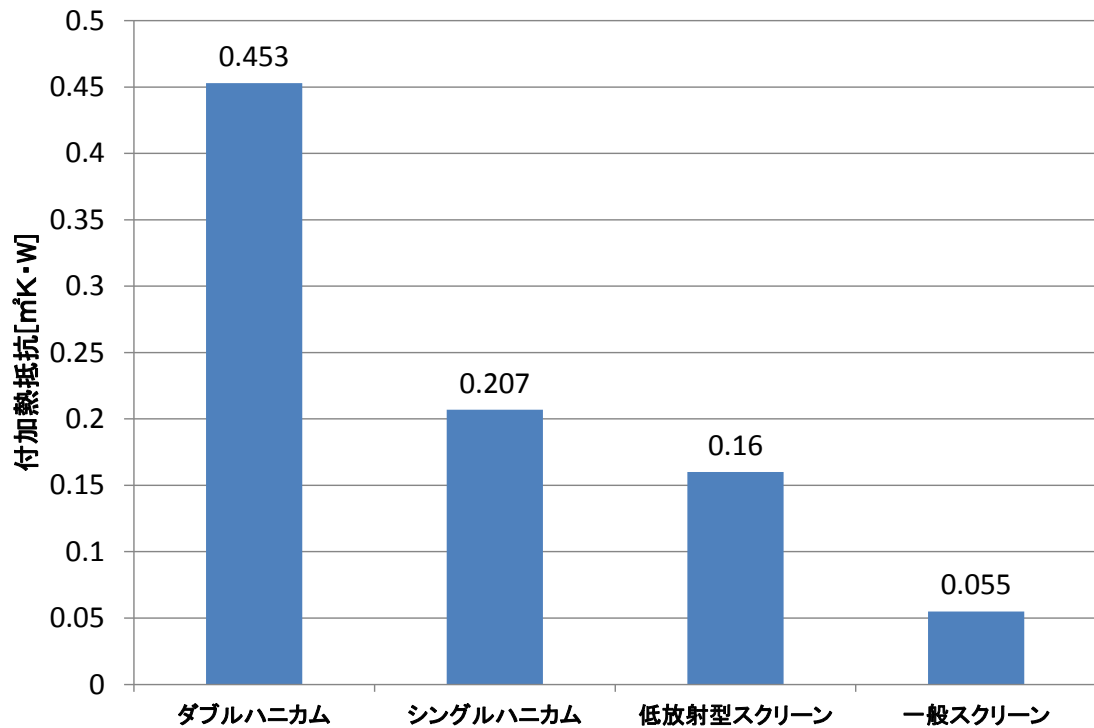


図 1.3 算定結果（付加熱抵抗）

評価において測定は、一般財団法人ベターリビング 清水則夫氏が中心になり行った。同氏は、博士論文や開口部の断熱性性能試験の研究を継続して行っており、窓に付属物するカーテンなどの遮蔽物についても測定を行っている。

(3) JIS A 1493 を用いた試験

JIS A 1493¹⁴⁾ は、国立研究開発法人建築研究所に保有する装置を元に開発された窓及びドアの日射熱取得率を測定するための規格である。この規格は、窓に付属する遮蔽物の日射熱取得率の測定を含む規格である。本規格は、ISO 提案を行い ISO/TC163/SC1/WG17 により現在 ISO/FDIS/19467 として推進している。また経済発展するインドネシアやベトナムなど ASEAN 諸国への普及提案を推進している。

測定装置は、日射照射のための照射装置と、恒温室、並びに計測箱から構成される。図 1.4 に測定装置の全体構成を示す。

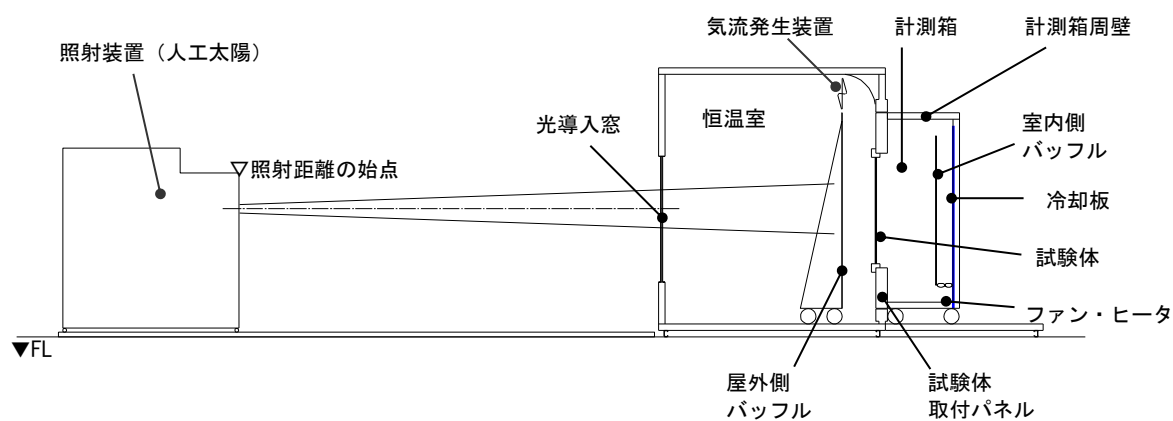


図 1.4 測定装置の概要 (全体構成)

本装置では、図 1.5 に示すとおり日射のない場合の貫流熱量の測定から熱貫流率を算定することができる。

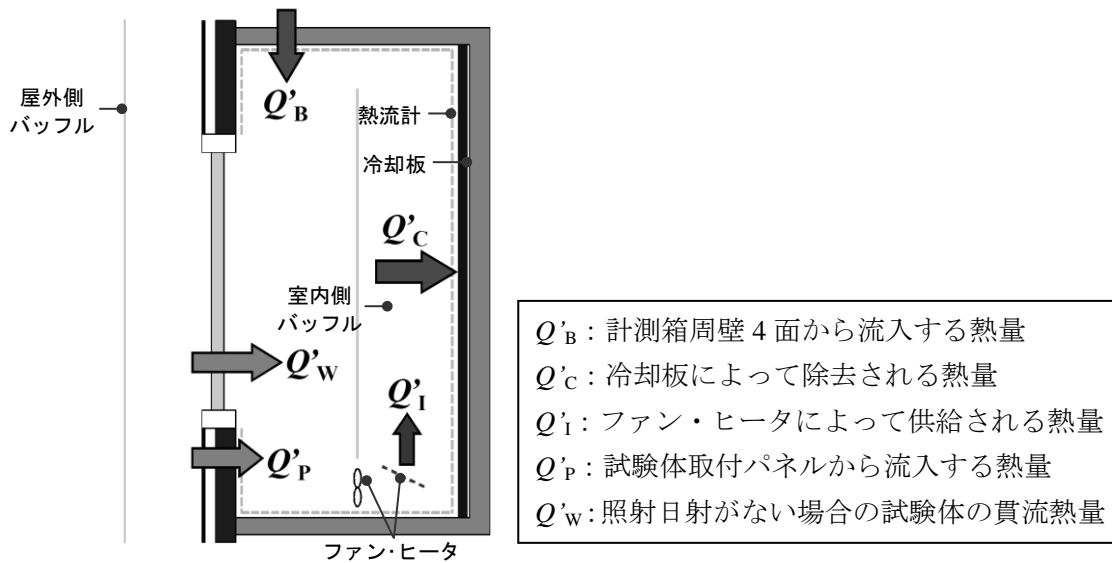


図 1.5 測定装置の概要 (全体構成)

貫流熱量(Q'_w)は、式(1-2)によって求められる。

$$Q'_w = Q'_c - Q'_B - Q'_I - Q'_P \quad (1-2)$$

ここに、

Q'_c : 冷却板によって除去される熱量(W)

Q'_B : 計測箱周壁4面から流入する熱量(W)

Q'_I : ファン・ヒータによって供給される熱量(W)

Q'_P : 試験体取付パネルから流入する熱量(W)

照射日射がない場合の試験体の熱貫流率(U_N)は、式(1-3)によって求められる。

$$U_N = \frac{Q'_w}{A_w} \times \frac{1}{(\theta'_{ne} - \theta'_{ni})} \quad (1-3)$$

ここに、

Q'_w : 照射日射がない場合の試験体の貫流熱量(W)

θ'_{ne} : 照射日射がない場合の屋外側環境温度(°C)

θ'_{ni} : 照射日射がない場合の室内側環境温度(°C)

前項同様、①先に日射遮蔽物のない窓単体で測定し、②次に遮蔽物を付属した窓として測定し、各々の熱貫流抵抗を②から①を差し引きして、付加された日射遮蔽物と窓と日射遮蔽物の中空層分の熱貫流抵抗を付加熱抵抗として算定する。

窓に付属する日射遮蔽物の断熱性能に関する研究

この装置で測定した実績は、この装置の基本構造を開発した倉山千春による開口部の総合熱性能に関する研究、上乘正信、倉山千春、石積広行：開口部の熱性能測定法に関する研究（その 2 付属物の付加熱抵抗の測定）、上乘正信、倉山千春：熱箱法によるブラインドの付加熱抵抗の測定、上乘正信、倉山千春：開口部の断熱・遮熱性能（その 6 ロールスクリーンを用いた窓の熱性能測定結果）、倉山千春ほか 15 名：開口部の日射熱取得性能および断熱性能の評価方法などがある。

1.5.4 海外の遮蔽物評価例 NFRC

National Fenestration Rating Council (NFRC)³¹⁾³²⁾は、窓および窓アタッチメント遮製品（遮蔽物）のエネルギーおよびエネルギー関連の性能に関する評価システムを開発および運用している。評価システムは、製品の熱貫流率、日射熱取得率（SHGC）を算定する。これらは、NFRC 認証製品のラベル付けに必須の評価であり、ラベル証明書に含める義務のある評価です。NFRC 評価システムは、コンピュータシミュレーションと NFRC 認定ラボラトリーによる試験を使用して、窓および窓アタッチメント製品タイプの性能評価を行う。評価する遮蔽物は以下①～⑩である。※（ ）内は日本での一般名称または説明例として図 1.6～1.9 に①③⑤を示す

- ① Cellular Type Attachment（ハニカムスクリーン）
- ② Slat or Louver Type Attachment（よこ型ブラインドまたはたて型ブラインド）
- ③ Sheer Type Attachment（調光ブラインド）
- ④ Shutter Type Attachment（シャッタータイプのブラインド・固定ルーバー）
- ⑤ Pleated Type Attachment（プリーツスクリーン）
- ⑥ Roller Type Attachment（ロールスクリーン）
- ⑦ Roman Shade Type Attachment（ローマンシェード）
- ⑧ Drapery Type Attachment（ドレープカーテンなど）
- ⑨ Flat Panel Attachment – Non-Glazed（網戸）
- ⑩ Flat Panel Attachment – Glazed（ガラスパネル）

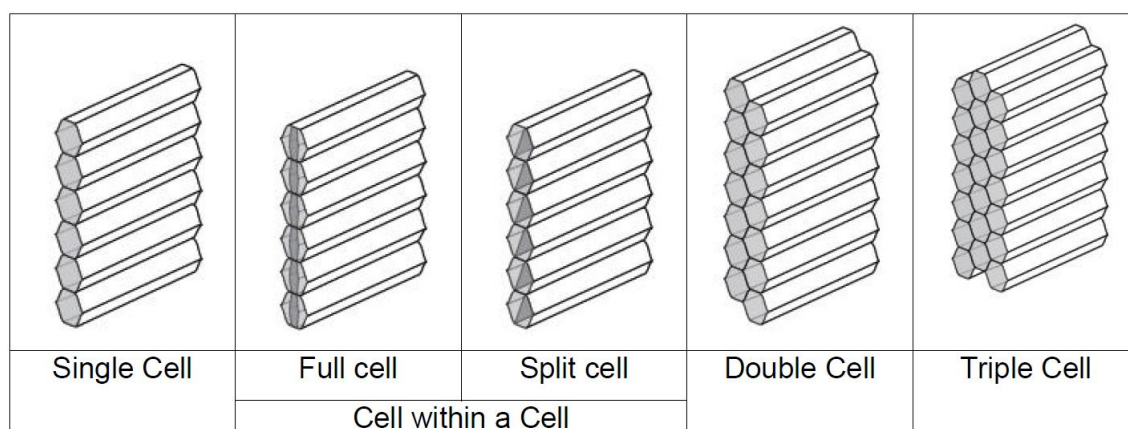


図 1.6 Cellular Type 種類（出典：NFRC 100A-2014）³¹⁾

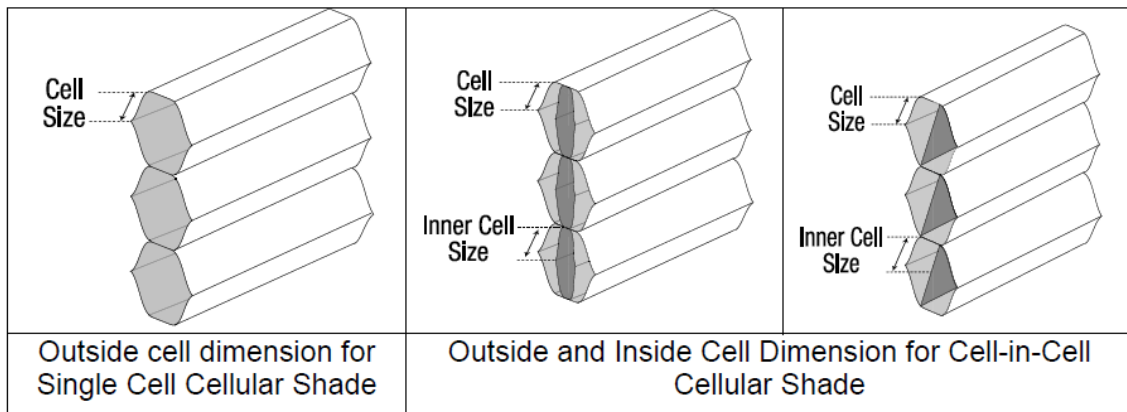


図 1.7 Cellular Type 寸法測定図 (出典 : NFRC 100A-2014) ^{37) 38)}

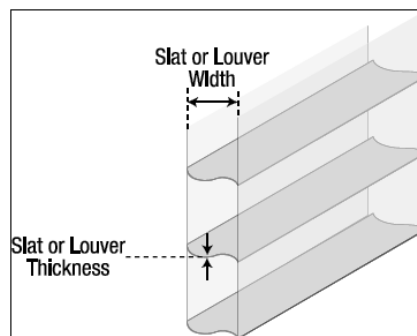


図 1.8 Sheer Type 寸法測定図 (出典 : NFRC 100A-2014) ^{37) 38)}

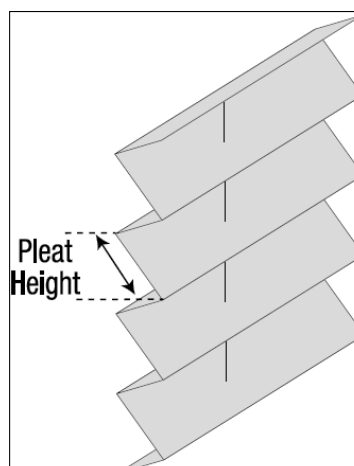


図 1.9 Pleated Types 寸法測定図 (出典 : NFRC 100A-2014) ^{37) 38)}

1.5 参考文献

- 1) 建築物省エネ法の概要, 国土交通省住宅局住宅生産課建築環境企画室, 2016.2
- 2) 上乗正信, 倉山千春, 石積広行: 開口部の熱性能測定法に関する研究, その2 付属物の付加熱抵抗の測定, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2 分冊, pp.5~6, 2001
- 3) 上乗正信, 倉山千春: 熱箱法によるブラインドの付加熱抵抗の測定, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2 分冊, pp.9~10, 2002
- 4) 上乗正信, 倉山千春: 開口部の断熱・遮熱性能, その6 ローラスクリーンを用いた窓の熱性能測定結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2 分冊, pp.153~154, 2006
- 5) 倉山千春: 開口部の総合熱性能に関する研究, 博士論文集, 2007
- 6) 清水則夫: 住宅用窓の付属物による断熱性能の向上効果について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2 分冊, pp.149~150, 2009
- 7) 清水則夫: 開口部の断熱性能に関する研究, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 2011
- 8) 倉山千春ほか15名: 開口部の日射熱取得性能および断熱性能の評価方法, 独立行政法人建築研究所, 2014.7
- 9) 窓の断熱性能実証試験・ISO化委員会: 平成24年度国際標準開発事業, 窓の断熱性計算方法に関する標準化「窓付属物の断熱性能評価報告書」, 一般社団法人日本建材・住宅設備産業協会, 2013.3
- 10) JIS A 4710: 2004 建具の断熱性測定方法
- 11) JIS A 2102-1: 窓及びドアの熱性能-熱貫流率の計算-第1部: 一般,
- 12) JIS A 2102-2: 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方法,
- 13) JIS A 2103: 2014 窓及びドアの熱性能-日射熱取得率の計算
- 14) JIS A 1493: 2014 窓及びドアの熱性能-日射熱取得率の測定
- 15) ISO 12567-1: Thermal performance of windows and doors - Determination of thermal transmittance by hot box method - Complete windows and doors, 2000
- 16) ISO12567-2: Thermal performance of windows and doors -- Determination of thermal transmittance by hot box method -- Part 2: Roof windows and other projecting windows, 2005
- 17) JIS A 1492: 出窓及び天窗の断熱性試験方法,
- 18) ISO 10077-1: Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance -- Part 1:General, 2006
- 19) ISO 10077-2: Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance -- Part 2:Numerical method for frames, 2003
- 20) ISO 15099: 2003 Thermal performance of windows, doors and shading devices—Detailed calculations

- 21) ISO 8990 : Thermal insulation -- Determination of steady-state thermal transmission properties -- Calibrated and guarded hot box, 1994
- 22) JIS A 1420 : 建築用構成材の断熱性測定方法-校正熱箱法及び保護熱箱法
- 23) ISO 6946 : Building components and building elements -- Thermal resistance and thermal transmittance -- Calculation method, 2007
- 24) JIS A 2101 : 建築構成要素及び建築部位-熱抵抗及び熱貫流率-計算方法
- 25) ISO 12631 : Thermal performance of curtain walling -- Calculation of thermal transmittance, 2010
- 26) ISO10291 : Glass in building -- Determination of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing -- Guarded hot plate method, 1994
- 27) ISO10292 : Glass in building -- Calculation of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing

- 28) ISO10293 : Glass in building -- Determination of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing -- Heat flow meter method, 1997
- 29) JIS R 3106 : 1998 板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法
- 30) 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
- 31) NFRC 100A-2014[E0A0] Procedure for Determining Fenestration Attachment Product U-factors
- 32) NFRC 200A-2014[E0A0] Procedure for Determining Fenestration Attachment Product Solar Heat Gain Coefficient and Visible Transmittance at Normal Incidence16)
- 33) 田坂太一, 藤本哲夫, 萩原伸治, 佐久間英二, 遠藤晃 : 内付けブラインドの断熱性能及び日射遮蔽性能に関する研究, その1~3, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2 分冊, pp.29~34, 2009
- 34) 佐久間英二, 二宮秀與, 萩原伸治, 田坂太一, 勝亦俊 : 日射遮蔽物の断熱性能に関する研究, 日射遮蔽物による断熱性能改善の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2 分冊, pp.25~26, 2015

第 2 章 日射遮蔽物の断熱性能の測定

第2章 日射遮蔽物の断熱性能の測定

2.1 はじめに

住宅・建築物の窓開口部には、ブラインドやスクリーンなどの日射遮蔽物（以下、遮蔽物と略す）が付属され、日射遮蔽や日射熱取得、採光や意匠性など室内環境の目的に合わせ、開閉やスラット（ブラインドのはね）角度調節など行い使用されている。

遮蔽物の多くは断熱を目的としていないものの近年は、スラット全閉時の回転角度を上げ、スラットどうしの隙間を小さくした高遮蔽ブラインド、金属蒸着により低放射率化したロールスクリーン、セル状の空気層を連続的に形成するハニカムスクリーン、また遮蔽物と窓枠の隙間を塞ぐサイドレールなどにより断熱性の向上に寄与する製品も増えてきている

本研究では、冬季の遮蔽物による窓の断熱性能の改善に焦点をあて、同一の測定装置、同一条件にて窓に付属するブラインドやスクリーン類 64 点の断熱性能を測定し、その傾向を開口部の隙間や面材の空隙率、通気、放射率などの要素から分析し、断熱性能向上の要素を取りまとめて報告する。

2.2 断熱試験方法

断熱試験は、一般財団法人建材試験センター（以下、建セと略す）にて JIS A 4710:2004 1)「建具の断熱性能試験方法」に準拠して行った。熱貫流率は、熱箱内の発生熱量 ϕ_{in} から試験体以外へ流れた熱量（ ϕ_l ϕ_{sur} ϕ_{edge} ）を差し引き、試験体両側の環境温度差と面積で除すことにより(1)式で求められる。

$$U = \frac{\phi_{sp}}{\Delta\theta_n \cdot A} = \frac{\phi_{in} - \phi_l - \phi_{sur} - \phi_{edge}}{\Delta\theta_n \cdot A} \quad (2-1)$$

ここに、

U : 熱貫流率[W/(m²・K)]

ϕ_{sp} : 試験体を通過する熱量[W]

ϕ_{in} : 熱箱内の発生熱量[W]

ϕ_{sur} : 取付けパネルを通過する熱量[W]

ϕ_{edge} : 取付パネルの端部損失熱量[W]

$\Delta\theta_n$: 環境温度差[K]

A : 試験体伝熱面積[m²]

ϕ_l : 熱箱の損失熱量[W]

装置概要を図 2.1, 試験条件を表 2.1 に示す。試験では, 窓ガラスの代わりにアクリル板 (厚さ 10mm) を使用した。

本研究では, すべての遮蔽物に対して, 次の 2 つの条件で熱貫流率の測定を行った。

① 遮蔽物が無い窓単体の状態での熱貫流率 U_a

② 窓の室内側 (高温室側) に遮蔽物を取付け, 「窓+遮蔽物」の状態での熱貫流率 U_{a+b}

試験体は, 基本的に窓枠内取付けとし, アクリル板と遮蔽物間は, 100 mm にした (図 2.2-a)。また, 比較対象として窓枠外取付けを実施した (図 2.2-b)。その他特殊な取付けは, 都度示す。

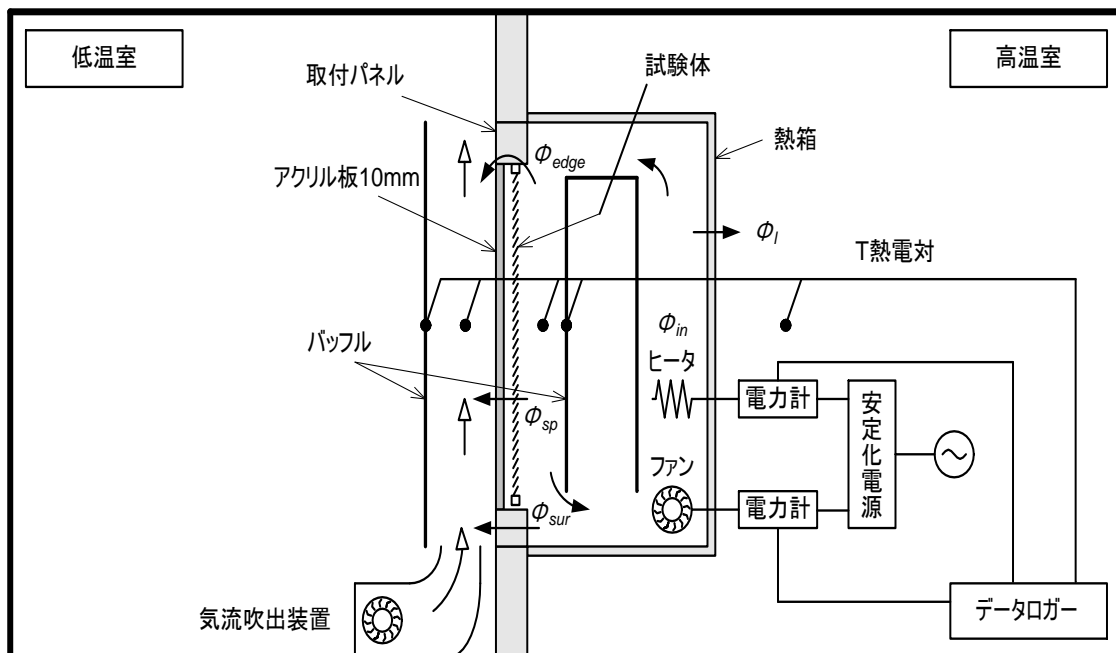


図 2.1 断熱性試験装置概要

表 2.1 試験条件

項目	設定条件
熱箱内および高温室空気温度	20℃
低温室空気温度	0℃
合計表面熱伝達抵抗	0.165±0.01 m ² ·K/W
試験体表面の気流	熱箱側：0.5m/s 以下 低温室側：風速約 1.6m/s
伝熱開口寸法	1,600×1,600 mm
中空層の厚さ（窓と遮蔽物との距離）	100 mm（窓枠内取付けの場合）
遮蔽物の状態	最も下げた状態
遮蔽物の取付け位置	室内側の窓枠内，または窓枠外

注) JIS に従い，校正板を用いて合計表面熱伝達抵抗（低温室側と熱箱側の表面熱伝達抵抗の和）が 0.165±0.01m²·K/W となるように低温室の気流吹出装置と熱箱内のファンを調整した。この気流状態を保持したまま，試験体を設置して測定を行った。

注) JIS A 4710 : 2015²⁾ 及びその基になる ISO12567-1 : 2010³⁾ の規格において，測定精度（不確かさ）は 6～9%と記載されている。本検討に使用した試験装置も概ね同等の仕様のため不確かさは 6～9%と推定される。なお，不確かさの主要因は温度測定に関する項目のため，温度測定に関して十分配慮して測定を実施した。

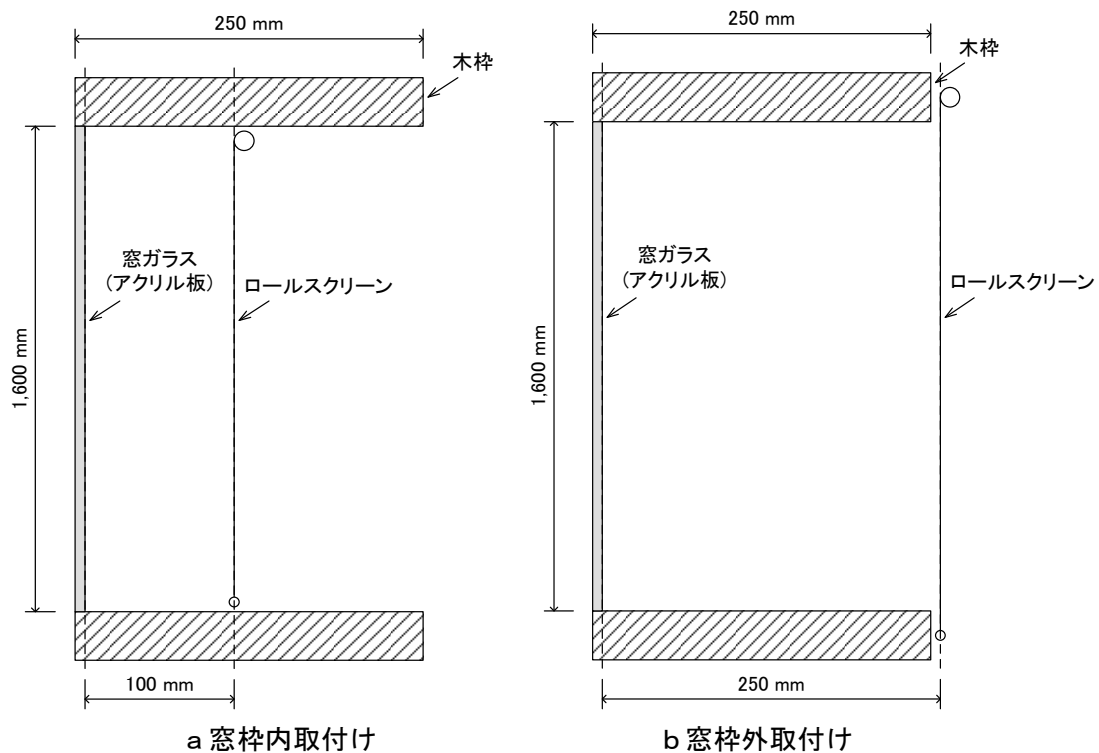


図 2.2 試験体取付け位置（ロールスクリーンの例）

熱貫流率の逆数は、熱貫流抵抗となる。①②の測定結果は、(2)式及び(3)式に示すように、室内外の表面熱伝達抵抗、アクリル板の熱抵抗、アクリル板と遮蔽物に挟まれた中空層の熱抵抗、遮蔽物の熱抵抗の和によって構成される。

この2つの測定結果から(4)式により、遮蔽物を取付けたことによる断熱効果を付加熱抵抗 ΔR （熱貫流抵抗の増加分）として求めた。この付加熱抵抗 ΔR は、アクリル板と遮蔽物に挟まれた中空層の熱抵抗と遮蔽物の熱抵抗の和であり、室内外の表面熱伝達抵抗とアクリル板の熱抵抗は含まれない。従って、遮蔽物を取り付けられたことによる影響（効果）を表現したものとなっている。

$$1/U_a = R_a = R_{se} + R_1 + R_{si} \quad (2-2)$$

$$1/U_{a+b} = R_{a+b} = R_{se} + R_1 + R_{1,2} + R_2 + R_{si} \quad (2-3)$$

$$\Delta R = R_{a+b} - R_a \quad (2-4)$$

ここに、

R_a : アクリル板単体の熱貫流抵抗[m²・K/W]

R_{si} : 室内側表面熱伝達抵抗[m²・K/W]

R_{se} : 室外側表面熱伝達抵抗[m²・K/W]

R_1 : アクリル板の熱抵抗[m²・K/W]

R_{a+b} : アクリル板+遮蔽物の熱貫流抵抗[m²・K/W]

$R_{1,2}$: アクリル板と遮蔽物に挟まれた中空層の熱抵抗[m²・K/W]

R_2 : 遮蔽物の熱抵抗[m²・K/W]

ΔR : 付加熱抵抗（熱貫流抵抗の増加分）[m²・K/W]

2.3 遮蔽物試験体

各試験体を表2～9（試験体No.1～64）に示す。

試験に用いた試験体は、①よこ型ブラインド、②たて型ブラインド、③ロールスクリーン、④プリーツスクリーン、⑤ハニカムスクリーン、⑥ローマンシェード、⑦調光ロールスクリーン、⑧遮蔽物と遮蔽物の2重使いとした。

各々の試験目的を以下に示す。

(1) よこ型ブラインド（表2.2, No.1～18）

- ・スラット角度の違いによる付加熱抵抗の差を、No.1～5で比較した。
- ・スラット幅の違いによるスラット全閉状態での付加熱抵抗の差をスラット幅25mm（No.1）とスラット幅50mm（No.6）で比較した。
- ・高遮蔽ブラインドと一般ブラインドのスラット全閉状態での付加熱抵抗の差を、一般ブラインド（No.1, 6）と高遮蔽ブラインド（No.7～11）で比較した。
- ・エアフローウィンドウ用に開発された高气密ブラインドと一般ブラインドのスラット全閉状態での付加熱抵抗の差を、一般ブラインド（No.6）と高气密ブラインド（No.14）で比較した。
- ・サイドレール有無によるスラット全閉状態での付加熱抵抗を、サイドレール無（No.7, 9）とサイドレール有（No.11, 12）で比較した。
- ・スラット素材の違いによるスラット全閉状態での付加熱抵抗の差を、アルミ（No.1, 6）とポリカーボネート（No.15, 16）で比較した。
- ・スラット素材の違いによるスラット全閉状態での付加熱抵抗の差を、アルミ（No.6, 11）と天然木（No.17, 18）で比較した。

(2) たて型ブラインド（表2.3, No.19～21）

- ・スラットの重なり代の違いによるスラット全閉状態での付加熱抵抗の差を、No.19とNo.20で比較した。
- ・スラット角度による付加熱抵抗の差を、No.19とNo.21で比較した。

(3) ロールスクリーン（表2.4, No.22～34）

- ・スクリーン素材の違いによる付加熱抵抗の差を、No.22～26で比較した。
- ・ロールスクリーンの取付け方法による付加熱抵抗の差を、窓枠内取付け（No.24）と窓枠外取付け（No.27）により比較した。
- ・サイドレールの有無による付加熱抵抗の差を、サイドレール無（22～26）とサイドレール有（No.28～34）で比較した。

(4) プリーツスクリーン (表 2.5, No.35)

- ・ プリーツスクリーンとロールスクリーンの付加熱抵抗の差を、一般のプリーツスクリーン (No.35) と一般のロールスクリーン (No.22) で比較した。

(5) ハニカムスクリーン (表 2.6, No.36~50 および表 13)

- ・ ハニカムスクリーンとロールスクリーンの付加熱抵抗の差を、一般のハニカムスクリーン (No.36) と一般のロールスクリーン (No.22) で比較した。
- ・ スクリーン素材の違いによる付加熱抵抗の差を、シングルでセル幅 25 mmのNo.36~38 で比較した。
- ・ スクリーン素材の違いによる付加熱抵抗の差を、シングルでセル幅 45 mmのNo.39~41 で比較した。
- ・ セル幅の違いによる付加熱抵抗の差を、セル幅 25 mm (No.36), セル幅 38 mm (No.42), セル幅 45 mm (No.39) を各々一般タイプで比較した。
- ・ セルの種類による付加熱抵抗の差を、シングル (No.36), ダブル (No.44), インナーセル (No.45) を各々一般タイプで比較した。
- ・ サイドレールの有無による付加熱抵抗の差を、サイドレール無 (No.36, 37, 39, 40, 43) とサイドレール有 (No.46~50) で比較した。

(6) ローマンシェード (表 2.7, No.51~56)

- ・ ローマンシェードとロールスクリーンの付加熱抵抗の差を、一般シングルのローマンシェード (No.51) と一般のロールスクリーン (No.22) で比較した。
- ・ トップリターンの有無による付加熱抵抗の差を、一般タイプ (No.51) とトップリターン有 (No.52) で比較した。
- ・ シングル (スクリーン生地 1 層) とダブル (スクリーン生地 2 層) の付加熱抵抗の差を、シングル (No.51) とダブル (No.53) で比較した。
- ・ 裏地付の有無による全閉状態での付加熱抵抗の差を、裏地のない通常仕様 (No.51) と裏地付 (No.55, 56) で比較した。

(7) 調光ロールスクリーン (表 2.8, No.57~58)

- ・ 調光ロールスクリーンとロールスクリーンの付加熱抵抗の差を、全閉の調光ロールスクリーン (No.57) と一般のロールスクリーン (No.22) で比較した。
- ・ スラット角度の違いによる付加熱抵抗の差を、スラット角度全閉 (No.57) とスラット角度水平 (No.58) で比較した。

(8) 遮蔽物2重使い(表2.9, No.59~64)

遮蔽物2重使いは、遮蔽物を2層にしたことにより付加熱抵抗の向上を目的にしたものである。

・ロールスクリーン+よこ型ブラインドの2重使いについて、付加熱抵抗を、よこ型ブラインド(No.1)、ロールスクリーン(No.22)とよこ型ブラインド+ロールスクリーン(No.59)で比較した。

・ロールスクリーン+よこ型ブラインドの2重使いにおいて、ロールスクリーンの低温室側にアルミ蒸着素材を用いた場合の全閉状態での付加熱抵抗を、スクリーン素材がポリエステル繊維(No.59)とスクリーン素材が低温室側アルミ蒸着(No.60)で比較した。

・ロールスクリーン+よこ型ブラインドの2重使いにおいて、ロールスクリーンを枠内取付けにした場合と枠外取付けにした場合の付加熱抵抗を、基本の窓枠内取付け(No.59)と窓枠外取付け(No.61)で比較した。

・ロールスクリーン+よこ型ブラインドの2重使いとロールスクリーン+ロールスクリーンの2重使いの全閉状態での付加熱抵抗を、No.59とNo.62で比較した。

・ロールスクリーン+ロールスクリーンの2重使いにおいて、ロールスクリーンの低温室側にアルミ蒸着素材を用いた場合の全閉状態での付加熱抵抗を、スクリーン素材がポリエステル繊維(No.62)とスクリーン素材が低温室側アルミ蒸着(No.63)で比較した。

・ロールスクリーン+よこ型ブラインドの2重使いとローマンシェード+ロールスクリーンの2重使いの全閉状態での付加熱抵抗の差を、No.59とNo.64で比較した。

2.4 試験結果

測定によって算定された付加熱抵抗の結果を図 2.3 に示す。また各々の詳細結果を (1) ~ (8) に示す。

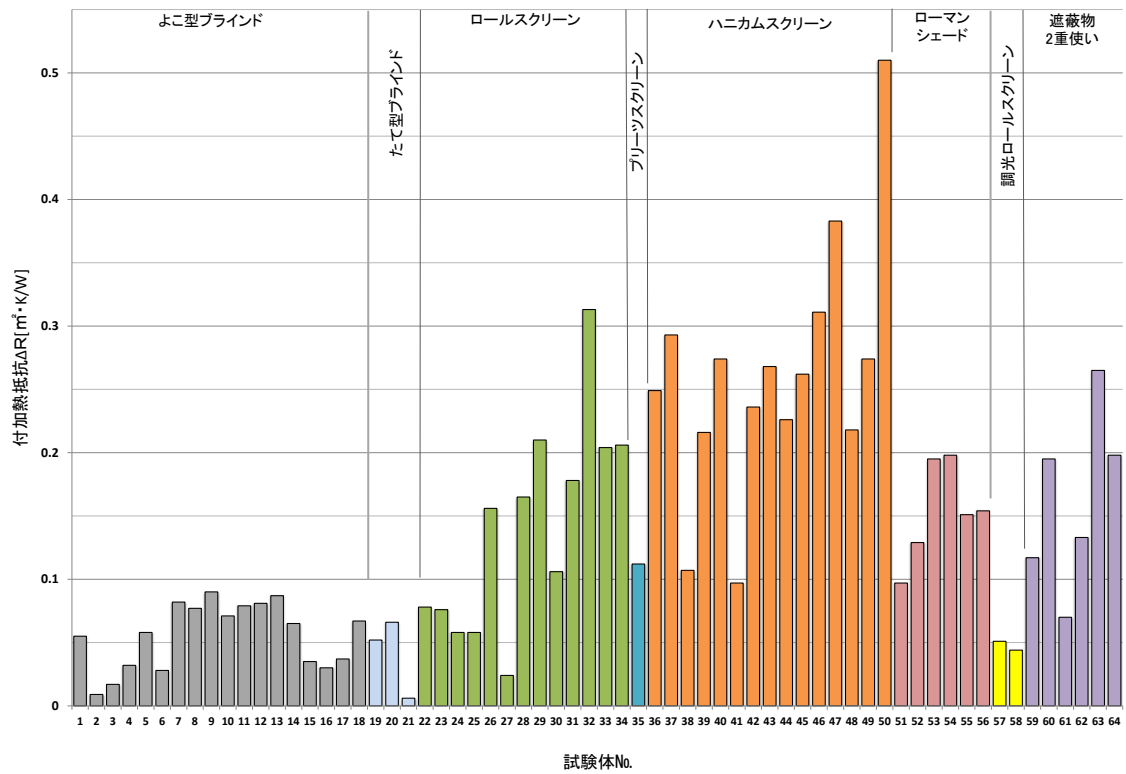


図 2.3 付加熱抵抗 ΔR

(1) よこ型ブラインド (表 2.2, No.1~18)

表 2.2 よこ型ブラインド

No.	タイプ	スラット 素材	スラット幅 (mm)	スラット角度	熱貫流抵抗 Ra+b [m ² ・K/W]	付加熱抵抗 ΔR [m ² ・K/W]
1	一般	アルミ	25	全閉 (75°)	0.282	0.055
2	〃	〃	〃	45°	0.236	0.009
3	〃	〃	〃	水平 (0°)	0.244	0.017
4	〃	〃	〃	-45°	0.259	0.032
5	〃	〃	〃	反全閉 (-75°)	0.285	0.058
6	〃	〃	50	全閉 (75°)	0.255	0.028
7	高遮蔽(住)	〃	25	全閉 (84°)	0.309	0.082
8	高遮蔽(業)	〃	〃	全閉 (84°)	0.296	0.077
9	高遮蔽 (住)	〃	35	全閉 (84°)	0.317	0.090
10	高遮蔽 (業)	〃	〃	全閉 (84°)	0.298	0.071
11	高遮蔽 (住)	〃	50	全閉 (84°)	0.306	0.079
12	高遮蔽 サイドレール付	〃	25	全閉 (84°)	0.300	0.081
13	〃	〃	35	全閉 (84°)	0.314	0.087
14	高气密	〃	50	全閉 (84°)	0.292	0.065
15	採光	ポリカーボネート	〃	全閉 (75°)	0.257	0.030
16	採光	〃	25	全閉 (75°)	0.262	0.030
17	木製	天然木	50	全閉 (75°)	0.264	0.037
18	木製	〃	〃	全閉 (82°)	0.305	0.067

※スラット角度：+はスラット凸面が低温室側，-は高温室側に向いていることを示す。ブラインド幅は1595 mm。

※一般は，標準的な仕様のよこ型ブラインド。

※サイドレールは，スラットと窓枠の隙間からの日射を遮るコの字型のレール。

(住)：住宅用タイプ，(業)：業務用タイプ。ブラインドの操作方法や動作機構に違いがあるが，遮蔽部（スラット部）同一である。

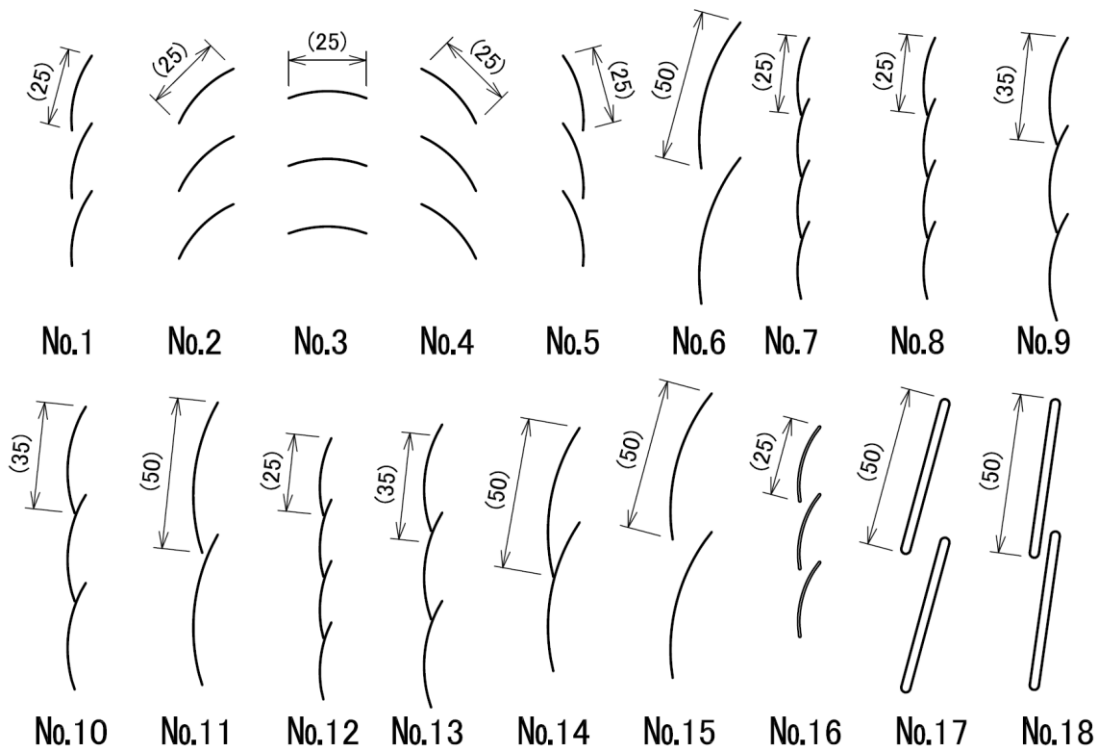


図 2.4 よこ型ブラインドのスラット断面

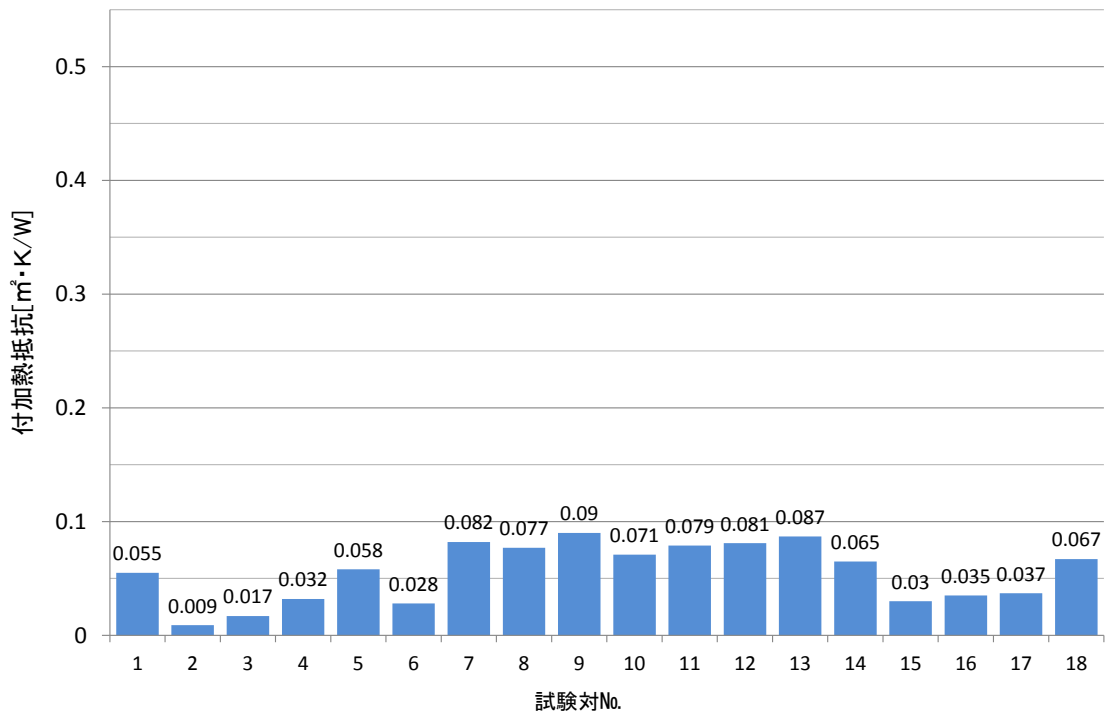


図 2.5 付加熱抵抗 よこ型ブラインド

- ・スラット角度の違いによる付加熱抵抗をNo.1～5で比較した結果、スラット角度全閉(+75°)と反全閉(-75°)が概ね同等であるのに対し、中間角度の+45°と-45°で $0.023 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ の差が生じた。これは、スラットの向きによりスラット近傍の気流の相違が影響し、付加熱抵抗に差が生じたと考えられる。
- ・スラット幅の違いによるスラット全閉状態での付加熱抵抗の差を、スラット幅25 mm (No.1)とスラット幅50 mm (No.6)で比較した結果、25 mm (No.1)と比較し、50 mm (No.6)の付加熱抵抗は、 $0.027 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ 小さい。よこ型ブラインドは、一般的に幅が大きいほどスラット間の隙間が大きく、付加熱抵抗が小さくなったと考えられる。
- ・高遮蔽ブラインドと一般ブラインドのスラット全閉状態での付加熱抵抗を、一般ブラインド (No.1, 6)と高遮蔽ブラインド (No.7～11)で比較した結果、スラット幅25 mmの高遮蔽ブラインド (No.7)は、一般ブラインド (No.1)の約1.5倍、スラット幅50 mmの高遮蔽ブラインド (No.11)は一般ブラインド (No.6)の約2.8倍である。これは、高遮蔽化したブラインドは、全閉状態でスラット間の隙間が少なく、漏気が小さいことから付加熱抵抗が向上したと考えられる。
- ・エアフローウィンドウ用に開発された高気密ブラインドと一般ブラインドのスラット全閉状態での付加熱抵抗を、一般ブラインド (No.6)と高気密ブラインド (No.14)で比較した結果、No.14 (高気密)は、No.6 (一般)の約2.3倍である。高気密化したブラインドは、全閉状態でスラット間の隙間が少なく、漏気が小さいことから付加熱抵抗が向上したと考えられる。
- ・サイドレール有無によるスラット全閉状態での付加熱抵抗の差を、サイドレール無 (No.7, 9)とサイドレール有 (No.11, 12)で比較した結果、ほとんど差が生じなかった。サイドレールを設けても構造上スラット端部の隙間が小さくならないことが要因と考えられる。
- ・スラット素材の違いによるスラット全閉状態での付加熱抵抗の差を、アルミ (No.1, 6)とポリカーボネート (No.15, 16)で比較した結果、スラット幅25 mmは、No.1 (アルミ)に対しNo.16 (ポリカーボネート)が約1/2程度に小さくなった。またスラット幅50 mmは、No.6 (アルミ)とNo.16 (ポリカーボネート)にほとんど差が生じなかった。スラット幅25 mmは、スラット形状の違いなど構造上スラット間の隙間がポリカーボネートの方が大きいことが要因と考えられるが、スラット幅50 mmは、ほとんど差が生じなかったため関係性が明らかになっていない。
- ・スラット素材の違いによるスラット全閉状態での付加熱抵抗の差を、アルミ (No.6, 11)と天然木 (No.17, 18)で比較した結果、スラット幅50 mmの一般アルミブラインド (No.6)と一般天然木ブラインド (No.17)の差は $0.009 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ と小さい。また高遮蔽仕様であっても、アルミ (No.11)と天然木 (No.18)の差は、 $0.012 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ と小さい。これらの結果から天然木は、熱伝導率は小さいもののその影響による付加熱抵抗の向上は見られなかった。これは、ブラインドが短冊状のスラットを並べた構造であることから、スラット間の隙間からの漏気の影響が大きいことが要因と考えられる。

以上の結果からよこ型ブラインドの付加熱抵抗は、スラット角度により差が生じ、スラット角度の中では全閉状態が最も大きく、更に高遮蔽・高气密化することで大きくなることが明らかになった。

(2) たて型ブラインド (表 2.3, No.19~21)

表 2.3 たて型ブラインド

No.	タイプ	スラット 素材	スラット 幅(mm)	スラット 角度	熱貫流抵抗 R_{a+b} [$m^2 \cdot K/W$]	付加熱抵抗 ΔR [$m^2 \cdot K/W$]
19	一般	ガラス繊維 +PVC 両面ラミネート	100	全閉	0.279	0.052
20	重なり代大 ^{注2)}		〃	全閉	0.295	0.066
21	一般		〃	垂直 (0°)	0.235	0.006

※ルーバー全閉時の遮蔽部幅は、No.19:1574 mm, No.20:1580 mm。

※一般は、標準的な仕様のたて型ブラインド。

※スラット角度垂直(0°)は窓に対して垂直の状態。

No.19~21 のスラット部断面図を図 2.5 に示す。重なり代大とは、スラット全閉状態の重なり代が大きいタイプとし、一般の重なり代が 9 mm に対し、重なり代大は 34 mm である。

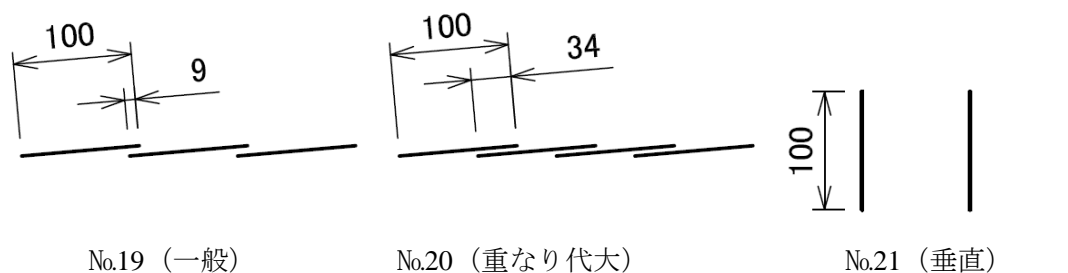


図 2.6 たて型ブラインド スラット断面図

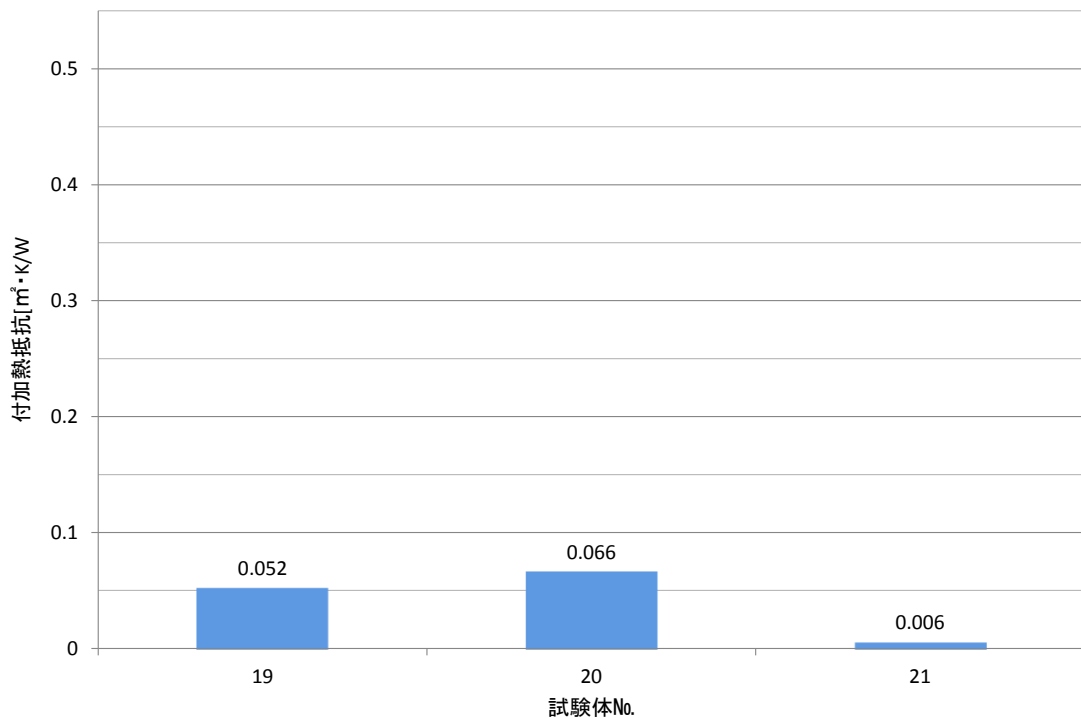


図 2.7 付加熱抵抗 たて型ブラインド

- ・スラットの重なり代の違いによるスラット全閉状態での付加熱抵抗の差を、一般 (No.19) と重なり代大 (No.20) で比較した結果、重なり代大 (No.20) は、一般 (No.19) と比較し約 1.3 倍の付加熱抵抗の向上がみられた。これは、スラットどうしの重なり代を大きくしたことにより、スラット間の隙間からの漏気が小さくなり、付加熱抵抗が向上したと考えられる。ただし、値でみると木製のよこ型ブラインド高遮蔽仕様の全閉状態 (No.18) と概ね同等の付加熱抵抗であった。
- ・スラット角度による付加熱抵抗を、全閉 (No.19) と垂直 (No.21) で比較した結果、垂直 (No. 21) は全閉の 1/8 程度の 0.006 m²·K/W と小さな値となった。これは、スラットを垂直にしていることにより、スラット間からの漏気が大きいことが要因と考えられる。

(3) ロールスクリーン (表 2.4, No.22~34)

表 2.4 ロールスクリーン

No.	タイプ	スクリーン素材	スクリーン幅(mm)	熱貫流抵抗 R_{a+b} [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	付加熱抵抗 ΔR [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]
22	一般	ポリエステル繊維	1569	0.305	0.078
23	暗幕	ガラス繊維+PVC 両面ラミネート (暗幕タイプ生地)	〃	0.303	0.076
24	メッシュ	ガラス繊維+PVC コート (一般メッシュ生地)	〃	0.287	0.058
25	メッシュ	ガラス繊維+PVC コート (目の詰まったメッシュ生地)	〃	0.293	0.058
26	低放射 メッシュ	ガラス繊維+PVC コート 裏面アルミ蒸着	〃	0.385	0.156
27	メッシュ 窓枠外取付	ガラス繊維+PVC コート (一般メッシュ生地)	1664	0.253	0.024
28	一般 サイドレール付	ポリエステル繊維	1564	0.394	0.165
29	暗幕 サイドレール付	ガラス繊維+PVC 両面ラミネート (暗幕タイプ生地)	1504	0.437	0.210
30	メッシュ サイドレール付	ガラス繊維+PVC コート (一般メッシュ生地)	1504	0.333	0.106
31	メッシュ サイドレール付	ガラス繊維+PVC コート (目の詰まったメッシュ生地)	1504	0.405	0.178
32	低放射 メッシュ サイドレール付	ガラス繊維+PVC コート 裏面アルミ蒸着	1524	0.549	0.313
33	一般 サイドレール付	ポリエステル繊維	1514	0.431	0.204
34	一般 サイドレール付	ポリエステル繊維	1524	0.433	0.206

※No.27 は、窓枠の外側に取付た仕様とし、スクリーン幅 (1664 mm) が窓枠より大きい。

※サイドレール付は、左右にサイドレール、上部にはカバー、下部はゴムにて気密性を高めた仕様。図 2.6 にNo.32~34 のサイドレール断面図を示す。(No.28 は、通常コの字型レールに対しL型レールの簡易タイプとした)

※一般は、標準的で流通が多いスクリーン素材のロールスクリーン。

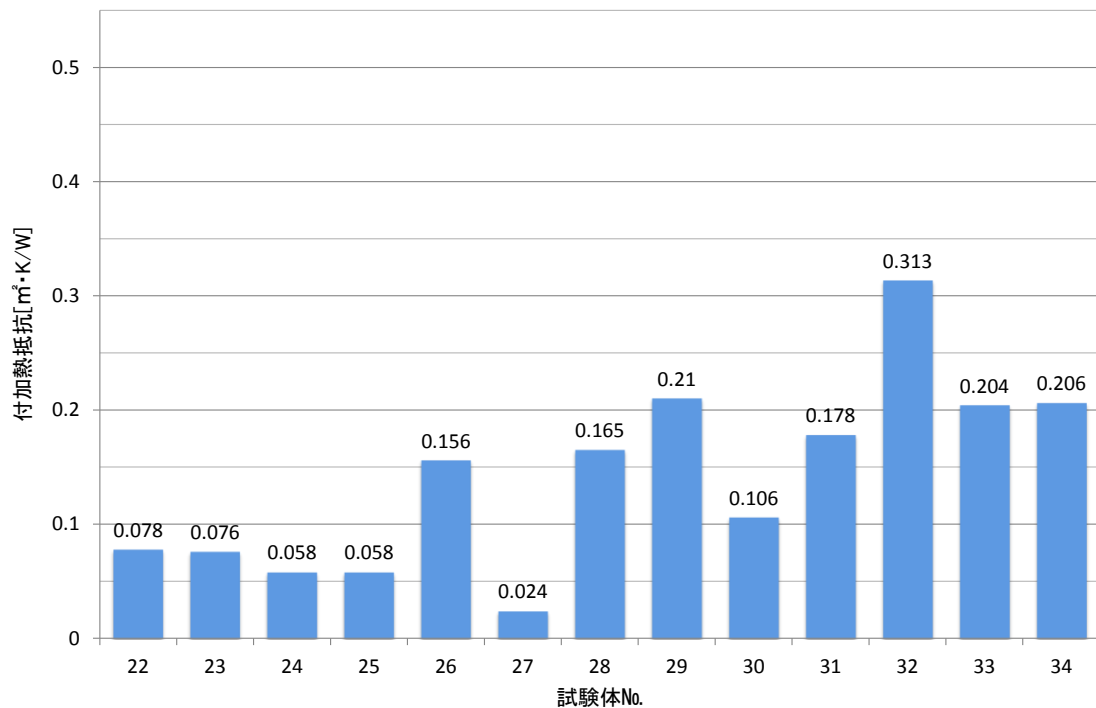


図 2.8 付加熱抵抗 ロールスクリーン

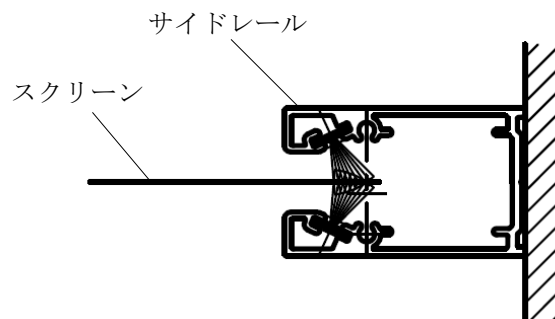


図 2.9 ロールスクリーン サイドレール付 断面図

・スクリーン素材の違いによる付加熱抵抗を，No.22～26 で比較した結果，メッシュ生地（No. 24, 25）は一般（No.22）や暗幕（No.23）に比較し付加熱抵抗が小さくなった。これは，メッシュ生地のように孔が多数あるものは，穴からの漏気により付加熱抵抗が小さくなると考えられる。一方メッシュ生地でも低温室側にアルミ蒸着層を設けた低放射仕様（No.26）は，一般生地約 2 倍の付加熱抵抗である。これは，低放射面により低温室側（アクリル板側）への放射熱伝達を抑制したことが要因と考えられる。

・ロールスクリーンの取り付け方法による付加熱抵抗の差を，窓枠内取付け（No.24）と窓枠外取付け（No.27）により比較した結果，No.24 に対しNo.27 は，付加熱抵抗が 1/2 以下に小さくなった。No.27 は，窓枠の外に付けたことで，窓枠とスクリーン間に上下左右全方位の隙間

が生じ、漏気が増大したことが要因と考えられる。(取付図を図 2.2 に示す)

・サイドレールの有無による付加熱抵抗の差を、サイドレール無 (No.22～26) とサイドレール有 (No.28～34) で比較した結果、サイドレール付は、サイドレール無に対し一般生地で 2.1～2.6 倍、暗幕生地で 2.7 倍、メッシュ生地で 1.8 倍、低放射生地で 2 倍程度の付加熱抵抗となった。特に低放射生地は、サイドレールのない一般生地に対し 4 倍となり、付加熱抵抗が大きく向上した。これは、サイドレールによりスクリーン端部の隙間が減少し、気密性が上がったことが要因と考えられる。

以上の結果からロールスクリーンの付加熱抵抗は、スクリーン素材の種類により差が生じ、スクリーン素材の中では、低温室側をアルミ蒸着 (低放射仕様) にする効果が大きく、更にサイドレール付にすることで付加熱抵抗が向上することが明らかになった。また、スクリーンの取付け位置により付加熱抵抗に差が生じることが明らかになった。

(4) プリーツスクリーン (表 2.5, No.35)

表 2.5 プリーツスクリーン

No.	タイプ	スクリーン素材	スクリーン幅 (mm)	プリーツ織幅 (mm)	熱貫流抵抗 R_{a+b} [$m^2 \cdot K/W$]	付加熱抵抗 ΔR [$m^2 \cdot K/W$]
35	一般	ポリエステル繊維 (不織布)	1595	25	0.339	0.112

※一般は、標準的で流通が多いスクリーン素材のプリーツスクリーン。



図 2.10 プリーツスクリーン断面図

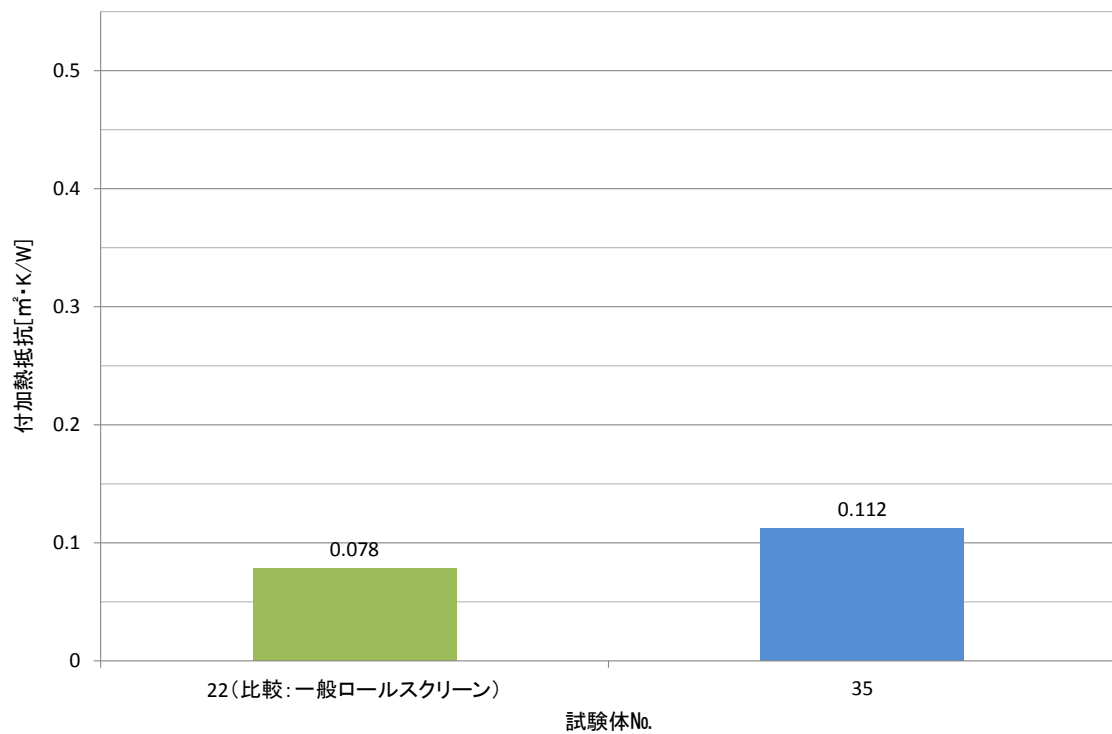


図 2.11 付加熱抵抗 プリーツスクリーン

窓に付属する日射遮蔽物の断熱性能に関する研究

・プリーツスクリーンとロールスクリーンの付加熱抵抗の差を、一般のプリーツスクリーン (No.35) と一般のロールスクリーン (No.22) で比較した結果、一般のプリーツスクリーンは、一般のロールスクリーンの約 1.4 倍の付加熱抵抗となった。これは、プリーツ状 (ヒダ状) の形状によりスクリーンの表面積が増加するなど形状に起因すると推測されるが、1 ケースのみの試験であることから、詳細は、今後の研究課題としたい。

(5) ハニカムスクリーン (表 2.6, No.36~50)

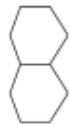






表 2.6 ハニカムスクリーン

No.	タイプ	スクリーン 素材	セル種類	セル幅 (mm)	スクリーン 幅(mm)	熱貫流抵抗 Ra+b [m ² ·K/W]	付加熱抵抗 ΔR [m ² ·K/W]
36	一般	ポリエステル 繊維	シングル	25	1591	0.476	0.249
37	遮光	ポリエステル繊維 内側金属箔	〃	25	〃	0.521	0.293
38	メッシュ	ポリエステル 繊維	〃	25	〃	0.337	0.107
39	一般	ポリエステル 繊維	〃	45	〃	0.442	0.216
40	遮光	ポリエステル繊維 内側金属箔	〃	45	〃	0.500	0.274
41	メッシュ	ポリエステル繊維	〃	45	〃	0.323	0.097
42	一般	〃	〃	38	〃	0.463	0.236
43	一般	〃	ダブル	38	〃	0.495	0.268
44	一般	〃	ダブル	45	〃	0.483	0.226
45	一般	〃	インナー セル	45	〃	0.488	0.262
46	一般 サイドレール付	〃	シングル	25	1585	0.538	0.311
47	遮光 サイドレール付	ポリエステル繊維 内側金属箔	シングル	25	〃	0.613	0.383
48	一般 サイドレール付	ポリエステル 繊維	シングル	45	〃	0.444	0.218
49	遮光 サイドレール付	ポリエステル繊維 内側金属箔	シングル	45	〃	0.500	0.274
50	遮光 サイドレール付	〃	ダブル	35	1578	0.746	0.510

※セル種類 (シングル・ダブル・インナーセル) は, 図 2.12 の断面図参照。

※セル幅は, セルをたたみ込んだときの幅を示す。

※一般は, 標準的なスクリーン素材のハニカムスクリーン。

試験体No.	36, 38, 46	37, 47	39, 41 42, 48	40, 49	43, 44	45	50
タイプ	シングル				ダブル	インナー セル	ダブル
スクリーン 断面図							

※断面図の太線部は、セル内側の金属膜を示す。

図 2.12 ハニカムスクリーン断面

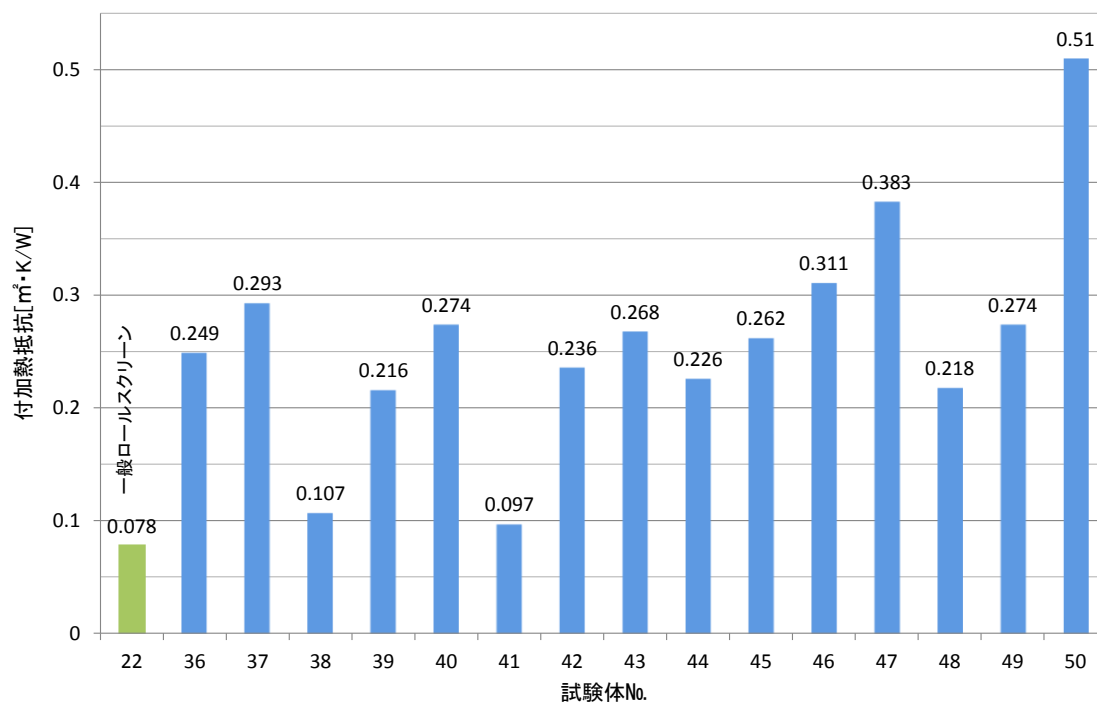


図 2.13 付加熱抵抗 ハニカムスクリーン

- ・ハニカムスクリーンとロールスクリーンの付加熱抵抗の差を、一般のハニカムスクリーン (No.36) と一般のロールスクリーン (No.22) で比較した結果、No.36 は、No.22 の約 3 倍の付加熱抵抗となった。ハニカムスクリーンは、セル構造による空気層で構成されるため、断熱層が増え付加熱抵抗が向上したと考えられる。
- ・スクリーン素材の違いによる付加熱抵抗の差を、シングルでセル幅 25 mm の No.36~38 で比較した結果、一般 (No.36) より遮光 (No.37) は若干付加熱抵抗が大きくなり、メッシュ (No.

38) は1/2以下に小さくなった。また、シングルでセル幅の45 mmのNo.39~41も概ね同じ傾向が見られた。遮光は、セルの内側に金属箔層が設けられていることから、生地の密閉性を高めることと、セル内での放射熱伝達を抑制していることで付加熱抵抗が大きくなると考えられる。また、メッシュは、多数の孔からの漏気により付加熱抵抗が小さくなると考えられる。

・セル幅の違いによる付加熱抵抗の差を、セル幅25 mm (No.36)、セル幅38 mm (No.42)、セル幅45 mm (No.39)を各々一般タイプで比較した結果、セル幅25 mmが0.249 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ 、セル幅38 mmが0.236 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ 、セル幅45 mmが0.216 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ であり、大きな差は見られないがセル幅が大きくなると付加熱抵抗が小さくなる傾向がある。

・セルの種類による付加熱抵抗の差を、シングル (No.36)、ダブル (No.44)、インナーセル (No.45)を各々一般タイプ45 mm幅で比較した結果、シングルが0.216 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ に対し、ダブルが0.226 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ 、インナーセル0.262 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ となりインナーセルが最も付加熱抵抗が大きい。これは、スクリーンの空気層がシングルは一層、ダブルは2層、インナーセルは3層となり空気層が増えることによる効果と考えられる。

・サイドレールの有無による付加熱抵抗の差を、サイドレール無 (No.36, 37, 39, 40, 43)とサイドレール有 (No.46~50)にて比較した結果、サイドレール付の25 mm幅 (No.46・47)は、サイドレール無 (No.36, 37)に対し付加熱抵抗の向上が見られたが、サイドレール付の45 mm幅 (No.48・49)は、サイドレール無 (No.39, 40)と同程度であった。またダブルタイプのNo.50は、最も付加熱抵抗が高く全遮蔽物の中でも最高値 (0.51 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$)となった。No.46~49と比較してNo.50が大きな付加熱抵抗となったのは、サイドレールの構造 (図2.9)にあると考えられる。前者はコの字型で囲んでいる構造に対し、後者はスクリーン端部に溝を設け、レールが溝に入り込む構造にしていることから気密性が向上したことが要因である。

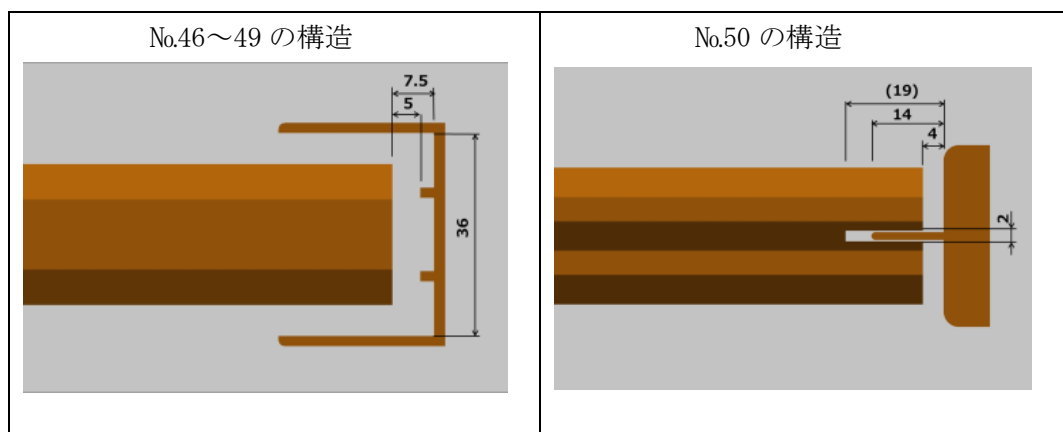


図 2.14 サイドレールの構造 (横断面図)

以上の結果からハニカムスクリーンは、本研究に用いた遮蔽物の中で最も付加熱抵抗が大きいことが明らかになった。付加熱抵抗を大きくする要素は、①セル数を増やし空気層を増

窓に付属する日射遮蔽物の断熱性能に関する研究

やす（シングル⇒ダブル⇒インナーセルなど）、②セル内に金属膜を設ける、③サイドレール付にすることである。特にダブルセル構造でセル内金属箔のスクリーンでサイドレール付にすると、付加熱抵抗は $0.51 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ であり、アクリル板層含む熱貫流抵抗は $0.746 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ （熱貫流率 $1.34 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ）となる。これは、高性能 Low-E ガラス（例：樹脂又は木製建具+ダブル Low-E 三層複層、 $1.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ）などに匹敵する性能である。

(6) ローマンシェード (表 2.7, No.51~56)

表 2.7 ローマンシェード

No.	タイプ	シェード素材	生地幅 1 (mm)	生地幅 2 (mm)	熱貫流抵抗 R_{a+b} [$m^2 \cdot K/W$]	付加熱抵抗 ΔR [$m^2 \cdot K/W$]
51	一般 シングル	ポリエステル繊維	1595	—	0.324	0.097
52	シングル トップリターン	ポリエステル繊維	1695	—	0.358	0.129
53	一般 ダブル	ポリエステル繊維	1595	1595	0.422	0.195
54	ダブル トップリターン	ポリエステル繊維	1695	1595	0.427	0.198
55	シングル裏地付	ポリエステル繊維	1595	—	0.37	0.151
56	シングル裏地付	ポリエステル繊維	1595	—	0.373	0.154

※No.52・56 のトップリターンは、窓枠を覆う仕様のため生地幅 1 (1695 mm) が窓枠より大きい。

※No.53・54 のダブルは、スクリーン生地を 2 枚 (2 層) 使った仕様。

※一般は、標準的仕様のローマンシェード。

トップリターンタイプとは、図 2.10 に示すように遮蔽材に使用している生地により窓枠上部とサイドを塞いだ仕様。



図 2.15 トップリターン納まり

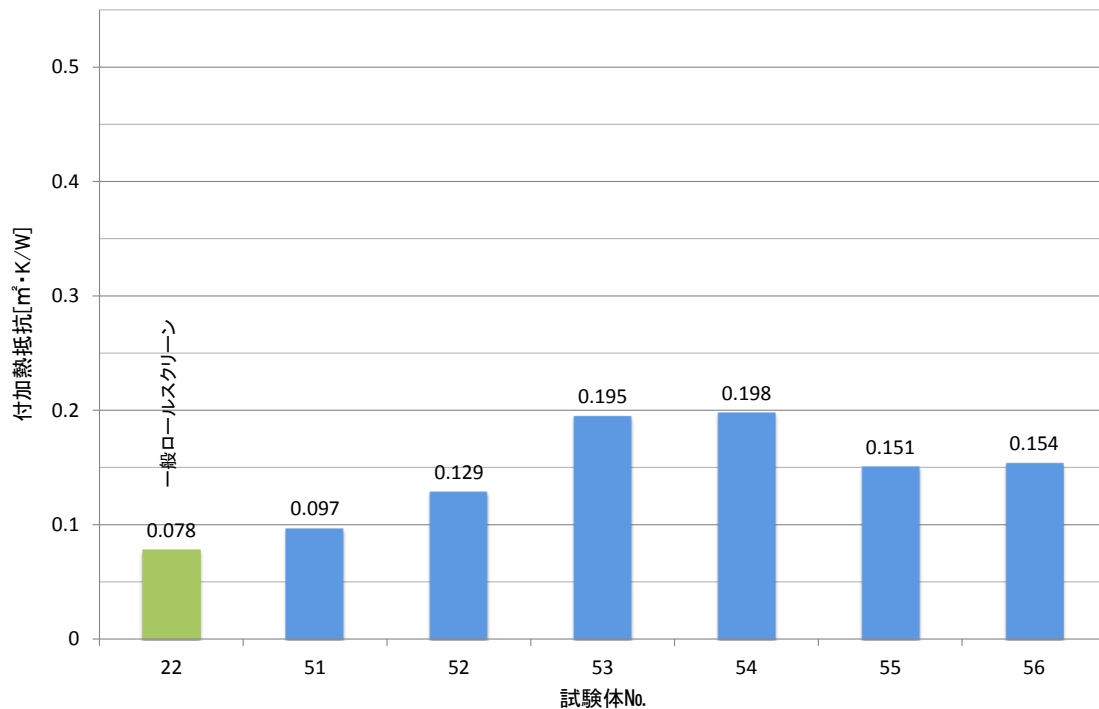


図 2.16 付加熱抵抗 ローマンシェード

- ・ローマンシェードとロールスクリーンの付加熱抵抗を、一般シングルのローマンシェード (No.51) と一般のロールスクリーン (No.22) で比較した結果、一般のロールスクリーンに対し約 1.2 倍の付加熱抵抗である。これはロールスクリーンと比較し左右端部の窓枠との隙間が小さいことが影響したと考えられる。例えば一般ローマンシェード (No.51) は片側隙間 2.5 mm に対し一般のロールスクリーン (No.22) は 15.5 mm である。
- ・トップリターンの有無による付加熱抵抗を、一般タイプ (No.51) とトップリターン有 (No.52) で比較した結果、トップリターン有は、一般タイプに比べ約 1.3 倍の付加熱抵抗の向上が見られた。これは、窓枠上部を生地で塞ぎ左右も窓枠を覆う仕様であることから、気密性が向上し付加熱抵抗が向上したと考えられる。
- ・シングル (スクリーン生地 1 層) とダブル (スクリーン生地 2 層) の付加熱抵抗を、シングル (No.51) とダブル (No.53) で比較した結果、シングルに比べダブルは、約 2 倍の付加熱抵抗向上がみられた。これは、遮蔽するスクリーンの層が増えたことにより、中空層が増えたことが要因と考えられる。
- ・スクリーンの裏地の有無による付加熱抵抗を、一般シングル (No.51) と裏地付 (No.55, 56) で比較した。裏地付は一般シングルに比較し約 1.5 倍の付加熱抵抗の向上がみられた。これは、裏地により生地を 2 重構造にしたことによりスクリーン自体の熱抵抗が向上したことが要因と考えられる。

(7) 調光ロールスクリーン (表 2.8, No.57~58)

表 2.8 調光ロールスクリーン

No.	タイプ	スクリーン素材	生地幅 (mm)	スラット角度	熱貫流抵抗 R_{a+b} [$m^2 \cdot K/W$]	付加熱抵抗 ΔR [$m^2 \cdot K/W$]
57	一般	ポリエステル繊維	1559	全閉	0.289	0.051
58	一般	ポリエステル繊維	1559	水平	0.282	0.044

※一般は、標準的仕様の調光ロールスクリーン。

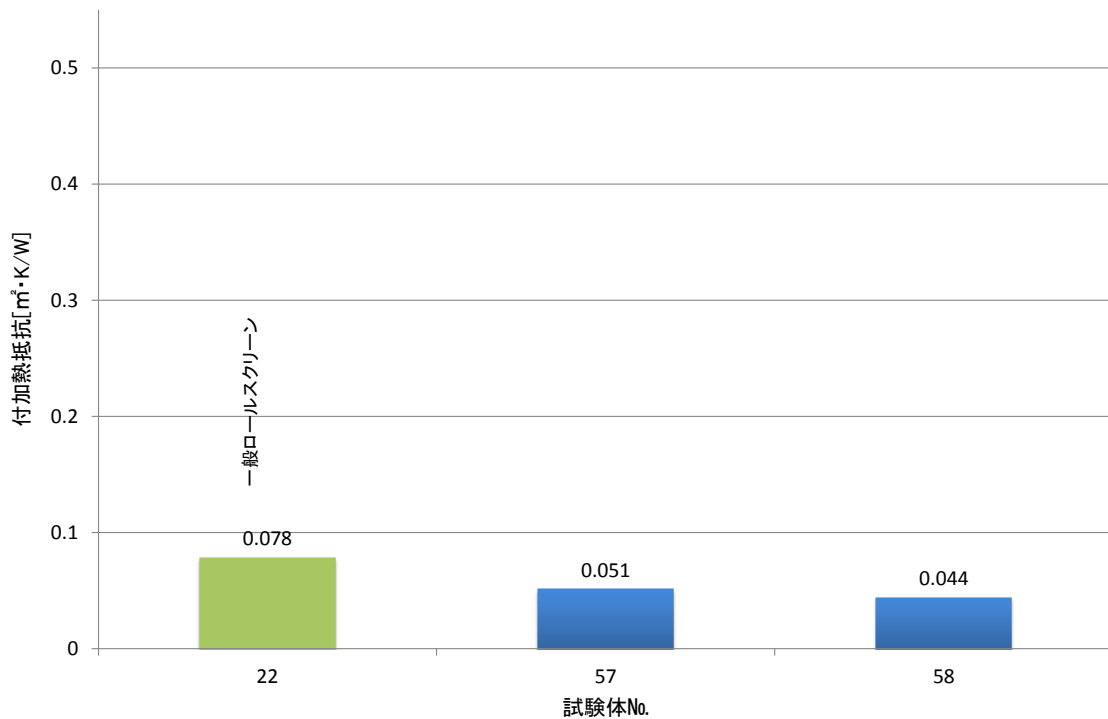


図 2.17 付加熱抵抗 調光ロールスクリーン

調光ロールスクリーンは、図 2.18 に示すように一般生地スラットとメッシュ生地ルーバーが係合されたスクリーン。(調光ロールスクリーンは、他のタイプもあるが本研究ではこのタイプに限定して検討した)

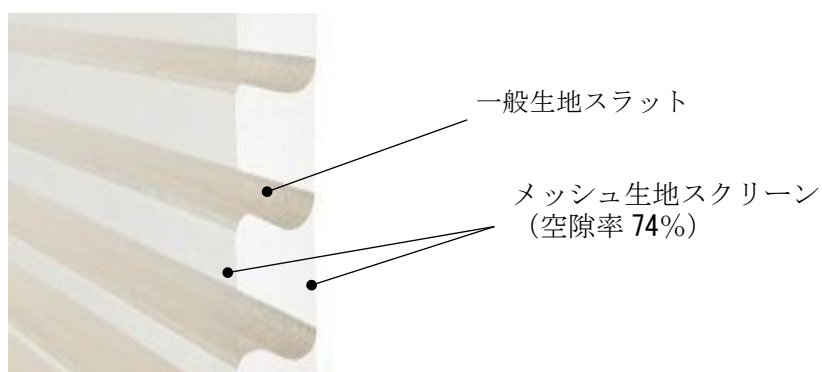


図 2.18 調光ロールスクリーン

- ・調光ロールスクリーンとロールスクリーンの付加熱抵抗を、全閉の調光ロールスクリーン (No.57) と一般のロールスクリーン (No.22) で比較した結果、調光ロールスクリーンは、ロールスクリーンに比べ 3 割程度付加熱抵抗が小さい。これは、調光ロールスクリーンの生地の空隙率が 74%のメッシュ生地のため、スクリーン素材からの漏気が大きいことが要因と考えられる。
- ・スラット角度の違いによる付加熱抵抗を、スラット角度全閉 (No.57) とスラット角度水平 (No.58) で比較した結果、全閉と水平で顕著な差はみられなかった。これはスラットが全閉でもスラット間の隙間が大きく、空隙率 74%のメッシュ生地からの漏気の影響が大きいことが要因と考えられる。

(8) 遮蔽物2重使い (表2.9, No.59~64)

表9 遮蔽物2重使い

No.	タイプ	素材	その他仕様	熱貫流抵抗 R _{a+b} [m ² ·K/W]	付加熱抵抗 ΔR [m ² ·K/W]
59	①ロールスクリーン ②よこ型ブラインド	①ポリエステル繊維 (No.22) ②アルミニウム合金 (No.1)	①一般生地 ②スラット幅 25 mm スラット角度全閉	0.344	0.117
60	①ロールスクリーン ②よこ型ブラインド	①ガラス繊維+PVCコート 低温室側アルミ蒸着 (No.26) ②アルミニウム合金 (No.1)	①遮熱メッシュ生地 ②スラット幅 25 mm スラット角度全閉	0.424	0.195
61	①ロールスクリーン ②よこ型ブラインド	①ポリエステル繊維 (No.22) ②アルミニウム合金 (No.1)	①一般生地枠外取付 ②スラット幅 25 mm スラット角度全閉	0.299	0.070
62	①ロールスクリーン ②ロールスクリーン	①ポリエステル繊維 (No.22) ②ポリエステル繊維	①一般生地 ②シースルー生地	0.362	0.133
63	〃	①ガラス繊維+PVCコート 低温室側アルミ蒸着 (No.26) ②ポリエステル繊維 (No.22)	①遮熱メッシュ生地 ②一般生地	0.493	0.265
64	①ローマンシェード トップリターン ②よこ型ブラインド	①ポリエステル繊維 (No.52) ②アルミニウム合金 (No.1)	①一般生地 ②スラット幅 25 mm スラット角度全閉	0.427	0.198

※素材の () 内No.は、遮蔽物単体試験で実施したものと同素材の試験体No.とする。

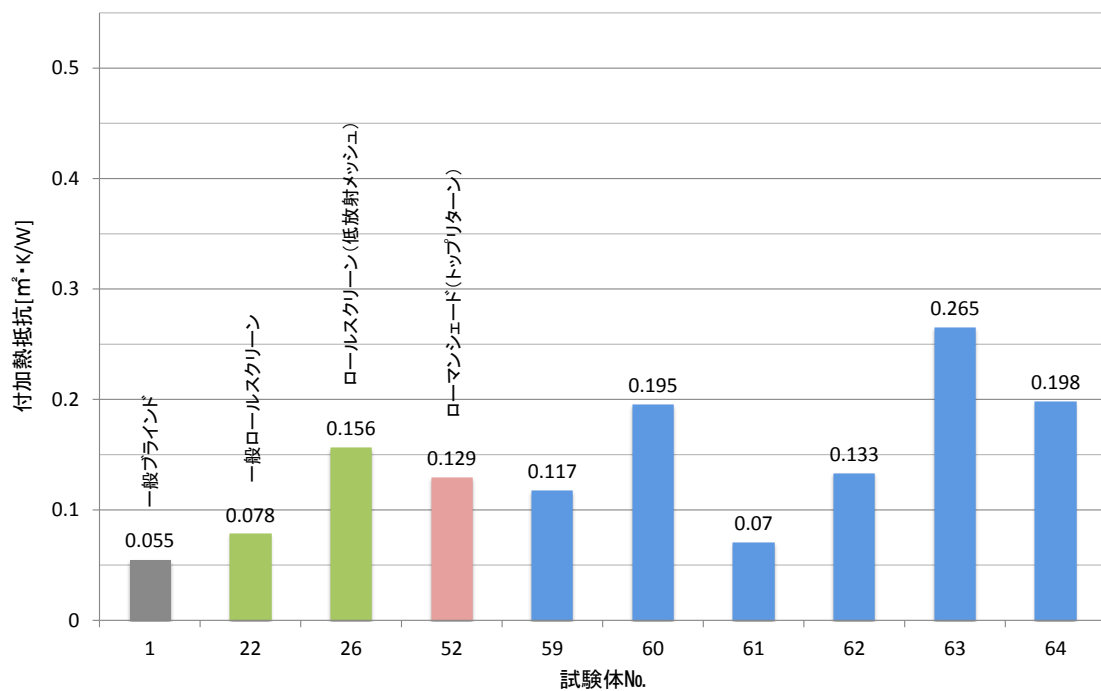


図 2.19 付加熱抵抗 遮蔽物2重使い

遮蔽物 2 重使いは、遮蔽物の組合せにより付加熱抵抗の向上を目的にしたものである。

・ロールスクリーン+よこ型ブラインドの 2 重使いについて、付加熱抵抗を、よこ型ブラインド (No.1)、ロールスクリーン (No.22) とよこ型ブラインド+ロールスクリーン (No.59) で比較した結果、ロールスクリーン+アルミブラインドの 2 重使い (No.59) は、一般ロールスクリーン (No.22) の 1.5 倍、一般ブラインド (No.1) の 2 倍程度の付加熱抵抗となった。これは、遮蔽物を 2 層にしたことにより中空層が増えたことが要因と考えられる。また No.59 は、よこ型ブラインド全閉の単体 (No.1) +一般ロールスクリーンの単体 (No.22) = $0.134 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

に比較すると 0.78 倍となる。これは、2 重使いの場合単純な付加熱抵抗の加算とならないことを示す。以降の No.60~62 も同様の傾向を示した。

・ロールスクリーン+よこ型ブラインドの 2 重使いにおいて、ロールスクリーンの低温室側にアルミ蒸着素材を用いた場合の付加熱抵抗を、スクリーン素材がポリエステル繊維 (No.59) とスクリーン素材が低温室側アルミ蒸着 (No.60) で比較した結果、低温室側アルミ蒸着はポリエステル繊維の約 1.7 倍に向上した。これは、低温室側をアルミ蒸着層にしたスクリーンにより、放射熱伝達が小さくなり、付加熱抵抗が向上したと考えられる。

・ロールスクリーン+よこ型ブラインドの 2 重使いにおいて、ロールスクリーンを枠内取付けにした場合と枠外取付けにした場合の付加熱抵抗を、基本の枠内取付け (No.59) と枠外取付け (No.61) で比較した結果、枠外取付けは $0.07 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ と一般のロールスクリーン単体 (No.22) より低い付加熱抵抗となった。これは、スクリーンを枠外取付けにすると枠とスクリーンの隙間からの漏気が大きくなり、付加熱抵抗が小さくなると考えられる。

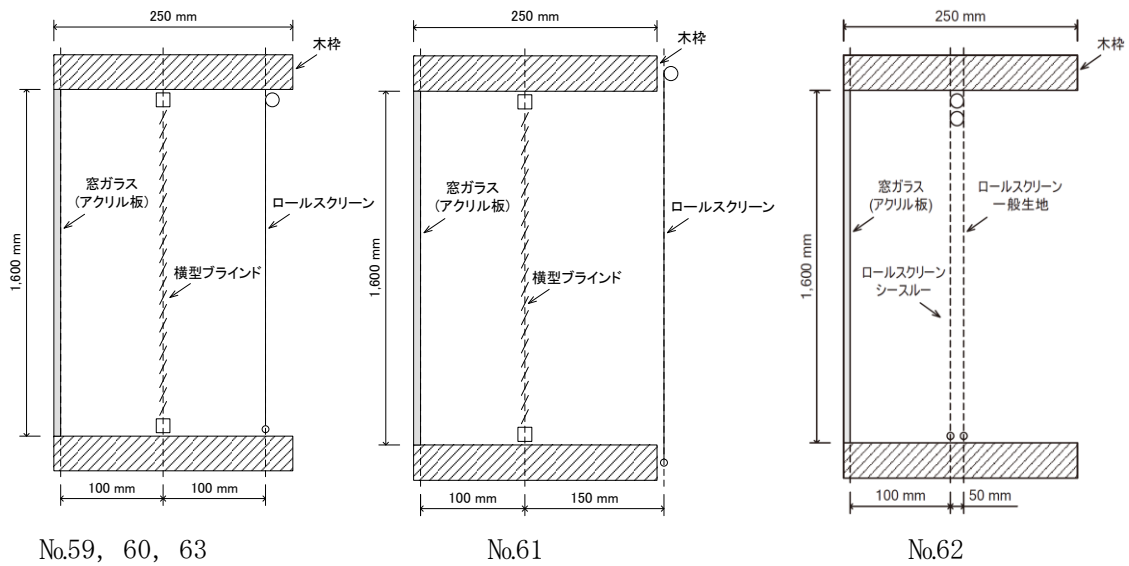
・ロールスクリーン+よこ型ブラインドの 2 重使い (No.59) とロールスクリーン+ロールスクリーンの 2 重使い (No.62) の全閉状態での付加熱抵抗を比較した結果、No.59 より No.62 の付加熱抵抗は約 1 割程度大きい。これは、遮蔽物単体で付加熱抵抗が高いスクリーンどうしを組み合わせため、付加熱抵抗が向上したと考える。

・ロールスクリーン+ロールスクリーンの 2 重使いにおいて、ロールスクリーンの低温室側にアルミ蒸着素材を用いた場合の全閉状態での付加熱抵抗の差を、スクリーン素材がポリエステル繊維 (No.62) とスクリーン素材が低温室側アルミ蒸着 (No.63) で比較した結果、No.62 に対し No.63 の付加熱抵抗は約 2 倍であった。これは、低温室側をアルミ蒸着層にしたスクリーンにより、放射熱伝達が小さくなり、付加熱抵抗が向上したと考えられる。また No.63 は低放射ロールスクリーンの単体 (No.26) +一般ロールスクリーンの単体 (No.22) = $0.234 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ と比較すると 1.13 倍となり、この場合 2 重使いしたほうが、単体どうしの加算を上回った。

・ロールスクリーン+よこ型ブラインドの 2 重使い (No.59) とローマンシェード+よこ型ブラインドの 2 重使い (No.64) の付加熱抵抗を比較した結果、No.59 に対し No.64 の付加熱抵抗は 1.7 倍であった。これは、No.64 のローマンシェードと窓枠との隙間が小さく、左右端部から

の漏気が小さいことから付加熱抵抗が向上したと考えられる。またNo.64 は、ローマンシェードトップリターンタイプの単体 (No.52) +よこ型ブライン全閉の単体 (No.1) = $0.174 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ と比較すると 1.14 倍となり、この場合 2 重使いしたほうが、単体どうしの加算を上回った。

単体どうしの加算と 2 重使いした場合に差異が生じたことについては、対流や放射などの熱伝達が単純ではないことが予想されるが、試験体の状態など含め詳細な分析が必要である。



No.59, 60, 63

No.61

No.62

図 2.20 遮蔽物 2 重使いの取付位置

※No.64 の①ローマンシェード (トップリターン) は図 2.10 と同じ取付である。

2.5 まとめ

本研究では、遮蔽物による窓の断熱性能改善に焦点をあて、同一の試験装置、同一条件にて窓の内側に付属するブラインドやスクリーン類について 64 点の断熱性能を測定し、その傾向を開口部の隙間や面材の空隙率、通気、放射率などの要素から分析し、断熱性能向上の要素を検証した。

- (1) 遮蔽物の断熱性能を向上させるには、遮蔽材（面材）の空隙率や上下左右の隙間を小さくし、低放射率の素材を使い、遮蔽材自体の熱抵抗を大きくすることが要素となる。
- (2) よこ型ブラインドは、高遮蔽・高气密化により断熱性能が向上する。
- (3) ロールスクリーンは、低放射率の生地を使い、サイドレール付にすることにより断熱性能が向上する。
- (4) ハニカムスクリーンは、スクリーン自体がセル構造で空気層を持つため、遮蔽物の中で最も断熱性能が高い。またサイドレール付にして気密性を高めることにより、断熱性能が更に向上する。
- (5) 遮蔽物を 2 重に使うことで断熱性能が向上する。また単体どうしの加算と 2 重使いした場合に差異が生じたことについては、詳細な分析を今後の課題とする。

2.6 参考文献

- 1) JIS A 4710 : 2004 建具の断熱性測定方法
- 2) JIS A 4710 : 2015 建具の断熱性測定方法
- 3) ISO 12567-1 : Thermal performance of windows and doors - Determination of thermal transmittance by hot box method - Complete windows and doors, 2000
- 4) 上乘正信, 倉山千春, 石積広行 : 開口部の熱性能測定法に関する研究, その 2 付属物の付加熱抵抗の測定, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2 分冊, pp.5~6, 2001
- 5) 上乘正信, 倉山千春 : 熱箱法によるブラインドの付加熱抵抗の測定, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2 分冊, pp.9~10, 2002
- 6) 上乘正信, 倉山千春 : 開口部の断熱・遮熱性能, その 6 ロールスクリーンを用いた窓の熱性能測定結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2 分冊, pp.153~154, 2006
- 7) 倉山千春 : 開口部の総合熱性能に関する研究, 博士論文集, 2007
- 8) 清水則夫 : 住宅用窓の付属物による断熱性能の向上効果について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2 分冊, pp.149~150, 2009
- 9) 清水則夫 : 開口部の断熱性能に関する研究, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 2011
- 10) 倉山千春ほか 15 名 : 開口部の日射熱取得性能および断熱性能の評価方法, 独立行政法人建築研究所, 2014.7
- 11) 窓の断熱性能実証試験・ISO 化委員会 : 平成 24 年度国際標準開発事業, 窓の断熱性計算方法に関する標準化「窓付属物の断熱性能評価報告書」, 一般社団法人日本建材・住宅設備産業協会, 2013.3

第3章 試験値と計算値の比較

第3章 試験値と計算値の比較

3.1 はじめに

第2章で行った付加熱抵抗対し、既存計算法による算定を ISO 15099¹⁾ を用いて計算を行い、付加熱抵抗の試験値と計算値の比較分析を目的として行った。本検証では、主な日射遮蔽物である「よこ型ブラインド」、「ロールスクリーン」、「ハニカムスクリーン」を対象とし、各々の遮蔽材の放射率、窓枠との隙間や面材の空隙率を求め計算に用いた。また参考にスクリーンの空隙率と通気量の関係を分析した。

3.2 スクリーンの空隙率と通気量

3.2.1 試験方法

断熱性能（付加熱抵抗）には、スクリーン素材の空隙部からの漏気が大きな影響を与えると考え、ロールスクリーンの空隙率と通気量の関係を見出すことを目的に建材試験センターにて通気性試験を行った。

空隙率は、スクリーン面の写真から空隙部の面積比率を求め表 3.1 に結果を示す。

通気量は、JIS A 1516²⁾ 「建具の気密試験」を参考に、試験体前後の圧力差を段階的に変化させ、その際の通気量を測定し、圧力差-通気量の関係を求めた。試験装置概要を図 3.1 に示す。

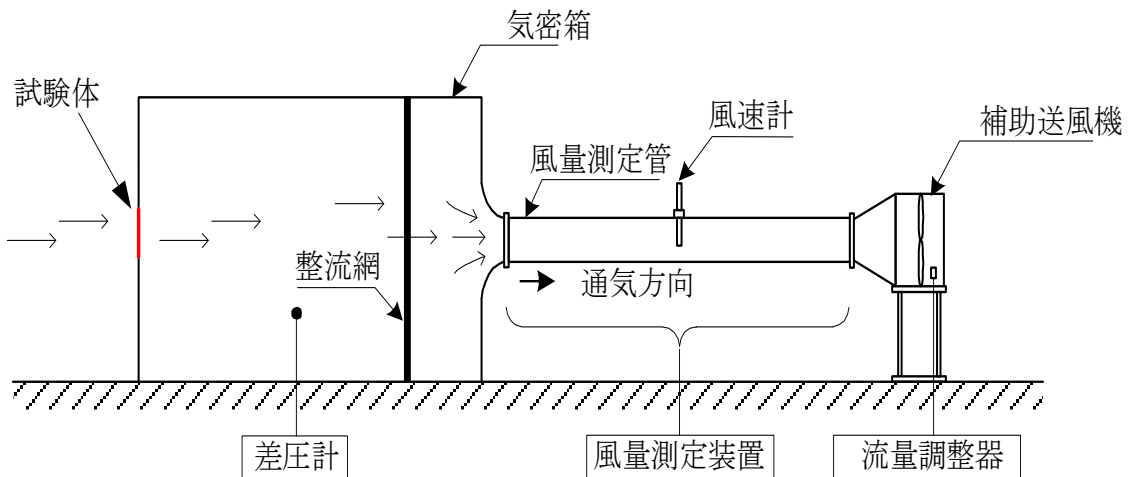




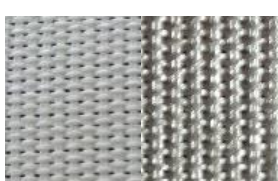


図 3.1 測定装置概要

表 3.1 試験体スクリーンと空隙率

生地No.	当該No.	生地タイプ	スクリーン外観	空隙率(%)
A	22 28	一般生地		0.5
B	23 29	暗幕タイプ		0
C	24 30	メッシュタイプ		9.1
D	25 31	メッシュタイプ (目の詰まったタイプ)		1.9
E	26 32	低放射 メッシュタイプ (写真右側:アルミ蒸着)		4.7

※生地No.は生地単体、当該No.は断熱試験体No.とする。

3.2.2 試験結果

図3.2にスクリーンの圧力差と通気量の試験結果を示す。

スクリーンの空隙率と通気量の関係は、空隙率が $B < A < D < E < C$ に対し通気量は $B < A < E < D < C$ となり、一部 (E 及び D) 整合しない結果となった。空隙率は、スクリーンに対し垂直面から見た空隙孔の面積比率を見ているが、スクリーンは複雑な織構造であることなどから、空隙率のみでは説明できない要因があると考えられ、詳細な分析は今後の課題とする。

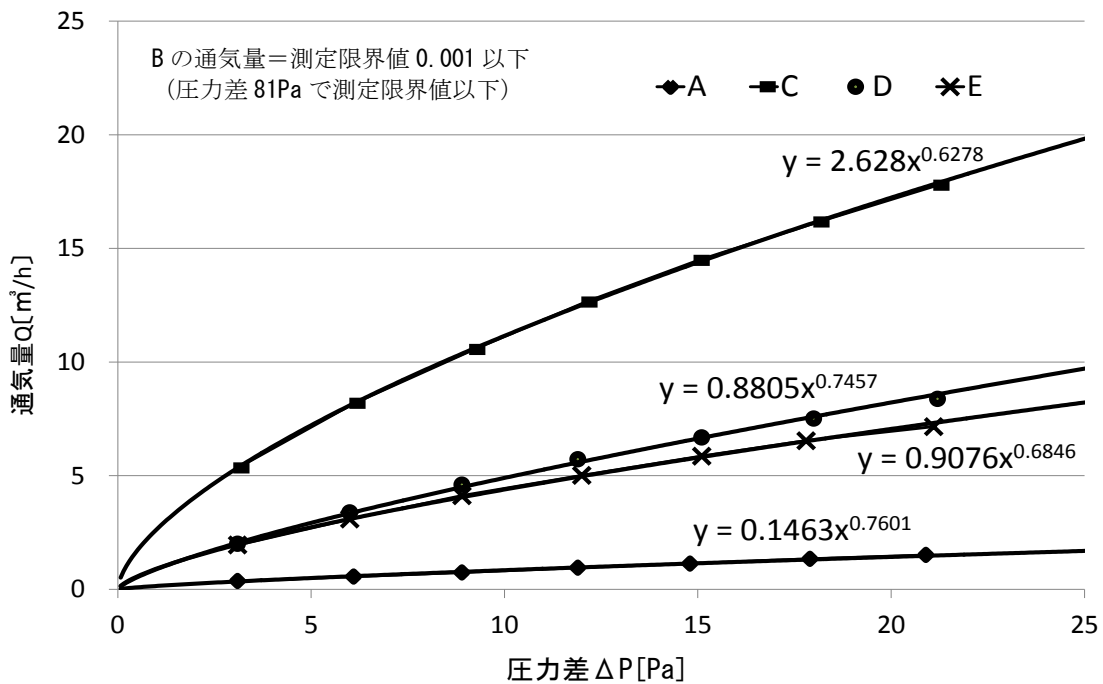


図 3.2 スクリーンの圧力差と通気量

3.3 素材の放射率測定

3.3.1 測定方法

素材の放射率は、断熱性能に与える影響が大きいため、以下の方法で放射率の測定を建セにて実施した。

JIS R3106³⁾ (板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法)の4.4 常温熱放射の波長域における測定及び7.2 垂直放射率の計算に準拠しフーリエ変換赤外線分光光度計及び積分球を用いて、 $5\mu\text{m} \sim 15\mu\text{m}$ の波長範囲における分光反射率を測定した。放射率の算出は、同JIS R3106の7.2及び付表3を参考に16点の波長と標準板の校正値を使用し、測定結果の分光反射率を1から差し引いて得られた結果を半球放射率とした。また空隙のある面材を考慮し、透過成分を減じた調整放射率を求めた。

3.3.2 測定結果

測定結果を表 3.2 に示す

表 3.2 放射率試験結果

生地No.	反射率	透過率	放射率	調整放射率 (透過考慮)
A	0.07	0.01	0.93	0.92
B	0.04	0.01	0.96	0.95
C	0.04	0.10	0.96	0.86
D	0.04	0.02	0.96	0.94
E	0.77	0.05	0.23	0.18

A～D は、樹脂等の一般的な放射率であり、E は放射率が最も低い 0.18 である。これは、金属（アルミ）蒸着面であるため反射率が高いことが要因である。

3.4 付加熱抵抗の測定値と計算値の比較

3.4.1 計算方法概説

対象を「よこ型ブラインド」、「ロールスクリーン」、「ハニカムスクリーン」とし、ISO 15099に準拠し付加熱抵抗を算出した。

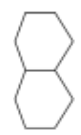






計算では、遮蔽物試験体と窓枠間の上下左右の隙間ならびに遮蔽物自体の空隙率、放射率をパラメータとし、通気を考慮している。

遮蔽物は、付加熱抵抗の試験と同様に幅1,600mm×高さ1600mmの窓枠に設置した条件した。隙間などの条件を表3.4に示す。

付加熱抵抗 ΔR は、試験と同様に①アクリル板の熱貫流抵抗と②遮蔽物+アクリル板の熱貫流抵抗を求め、② - ①により算出した。

①は、10mmアクリル板の熱貫流抵抗の計算値 $0.212 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ を使用した。また、ハニカムスクリーンについては、スクリーン内に中空層を持つ構造であることから、スクリーン部分の熱抵抗を赤坂の評価法⁴⁾にて算定し計算に使用した。ハニカムスクリーンの熱抵抗を表3.3に示す。ロールスクリーンの空隙率は、表3.1の値を使用した。

表 3.3 ハニカムスクリーン熱抵抗 [スケール  10mm]

試験体No.	36	37	39	40	43	45	50
熱抵抗 [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	0.249	0.295	0.254	0.305	0.293	0.316	0.487
タイプ	シングル				ダブル	インナーセル	ダブル
スクリーン 断面図							

※断面図の太線部は、セル内側の金属膜を示す。

表 3.4 遮蔽物条件

	No.	遮蔽面の 空隙 (m ²)	窓枠と試験体の隙間 (m ²)				遮蔽部の放射率	
			上部	下部	左部	右部	室外側	室内側
よこ型ブラインド	1	0.391	0.008	0.004	0.004	0.004	0.9	0.9
	2	1.510	0.008	0.004	0.004	0.004	0.9	0.9
	3	2.240	0.008	0.004	0.004	0.004	0.9	0.9
	4	1.510	0.008	0.004	0.004	0.004	0.9	0.9
	5	0.391	0.008	0.004	0.004	0.004	0.9	0.9
	7	0.005	0.008	0.004	0.004	0.004	0.9	0.9
ロールスクリーン	22	0.012	0.016	0.003	0.024	0.024	0.9	0.9
	23	0.000	0.016	0.003	0.024	0.024	0.9	0.9
	24	0.214	0.016	0.003	0.024	0.024	0.9	0.9
	25	0.045	0.016	0.003	0.024	0.024	0.9	0.9
	26	0.111	0.016	0.003	0.024	0.024	0.18	0.9
	28	0.011	0.000	0.001	0.001	0.001	0.9	0.9
	29	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.9	0.9
	30	0.202	0.000	0.001	0.001	0.001	0.9	0.9
	31	0.042	0.000	0.001	0.001	0.001	0.9	0.9
	32	0.104	0.000	0.001	0.001	0.001	0.18	0.9
ハニカムスクリーン	36	0.000	0.003	0.001	0.007	0.007	0.9	0.9
	37	0.000	0.003	0.001	0.007	0.007	0.9	0.9
	39	0.000	0.003	0.001	0.007	0.007	0.9	0.9
	40	0.000	0.003	0.001	0.007	0.007	0.9	0.9
	43	0.000	0.003	0.001	0.007	0.007	0.9	0.9
	45	0.000	0.003	0.001	0.007	0.007	0.9	0.9
	50	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.9	0.9

※No.26, No.32 の室外側放射率は、表 3.2 の生地No.E の調整放射率を使用、その他の放射率は 0.9 とする

3.4.2 ISO 15099 による計算

(1) ISO 15099 の特徴

ISO 15099 ではガラスと日射遮蔽物間の伝熱量を放射成分と対流成分に分離した計算方法を示している。対流成分においてはガラスと遮蔽物間の中空層の通気を考慮した熱収支式を示し、放射成分の計算においては、ガラス、遮蔽物の面材の長波透過も考慮できるように定式化されている。これらは ISO 15099 の特徴と言える。

(2) 熱収支計算方法の概要

ISO 15099 では中空層に通気のある場合の対流成分の熱収支基礎式を式(3-1) で表し、熱抵抗を便宜上2つの部分に分割し、その間に通気による熱伝達を考慮し(図 3.3)、通気のやり取りがある2層間の流入流出温度が等しいとしている(図 3.4)。このとき中空層内の高さ(x)における温度を式(3-2)とし、式(3-1)～(3-3)から得られる特性高さ(式(3-4))を用いて各要素の温度を算出する。また、発生する流入流出の駆動圧力差を式(3-5)、中空層内の圧力損失の総和を式(3-6)とし、駆動圧力差＝総圧力損失の関係から、中空層風速を算出し、再び式(3-2)、式(3-4)に戻し収束計算を行うことで、各要素の温度を導き出す。ここに放射成分の伝熱量を加え算出した各要素の温度を再び対流・放射成分に戻し収束計算を行うことで、最終的な各要素の温度が算出できるとしている(図 3.4)。

$$q_{vl,i} = q_{cv,b,i} + q_{cv,f,i} \quad (3-1)$$

$$T_{gap,i}(x) = T_{av,i} - (T_{av,i} - T_{gap,i,in}) e^{-x/H_{0,i}} \quad (3-2)$$

$$q_{vl,i} = \rho_i \times c_p \times \varphi_{vl,i} (T_{gap,i,in} - T_{gap,i,out}) / (H_i \times L_i) \quad (3-3)$$

$$H_{0,i} = \frac{\rho_i \times c_p \times b_i}{2h_{cvl,i}} \times V_i \quad (3-4)$$

$$\Delta P_{T,i,k} = \rho_0 \times T_0 \times g \times H_i \times |\cos \gamma_i| \times \frac{(T_{gap,i} - T_{gap,k})}{(T_{gap,i} \times T_{gap,k})} \quad (3-5)$$

$$\Delta P_{T,i,k} = \Delta P_{B,i} + \Delta P_{HP,i} + \Delta P_{Z,i} + \Delta P_{Z,k} + \Delta P_{B,k} + \Delta P_{HP,k} \quad (3-6)$$

ここに

q_{vl} : 換気による熱伝達量 [W/m²]

$q_{cv,b}$: 背面側からの対流熱伝達量 [W/m²],

$q_{cv,f}$: 正面側からの対流熱伝達量 [W/m²]

$T_{gap}(x)$: 高さ(x)の位置(流入部から)の温度 [K]

T_{av} : 平均温度 [K]

- $T_{gap,i,in}$: 流入温度 [K]
 - $T_{gap,i,out}$: 流出温度 [K]
 - H_0 : 特性高さ[m]
 - ρ : 気体の密度[kg/m³]
 - c_p : 気体の比熱[J/(kg·K)]
 - ϕ_{vl} : 換気量[m³/s]
 - b : 中空層の幅[m]
 - V : 中空層の風速[m/s]
 - h_{cvl} : 分割した中空層の対流熱伝達率 [W/(m²·K)]
 - $\Delta P_{Ti,k}$: 駆動圧力差、圧力損失の総和[Pa]
 - T_0 : 基準温度 [K]
 - g : 重力加速度 [m/s²]
 - H : グレージングの高さ[m]
 - L : グレージングの幅[m]
 - γ : 中空層の傾斜角[°]
 - T_{gap} : 等価平均温度[K]
 - ΔP_B : 圧力損失(ベルヌーイ)[Pa]
 - ΔP_{HP} : 圧力損失(ハーゲン-ポワズイユ)[Pa]
 - ΔP_Z : 圧力損失(遮蔽物開口分) [Pa]
- 【添字】 i k : 中空層 i または k を示す。

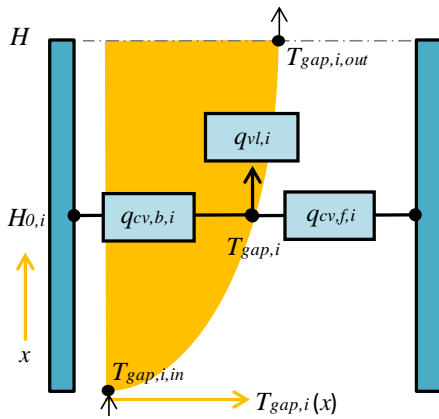


図 3.3 熱収支モデル 1

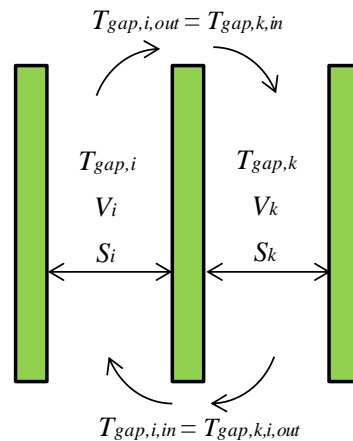


図 3.4 熱収支モデル 2

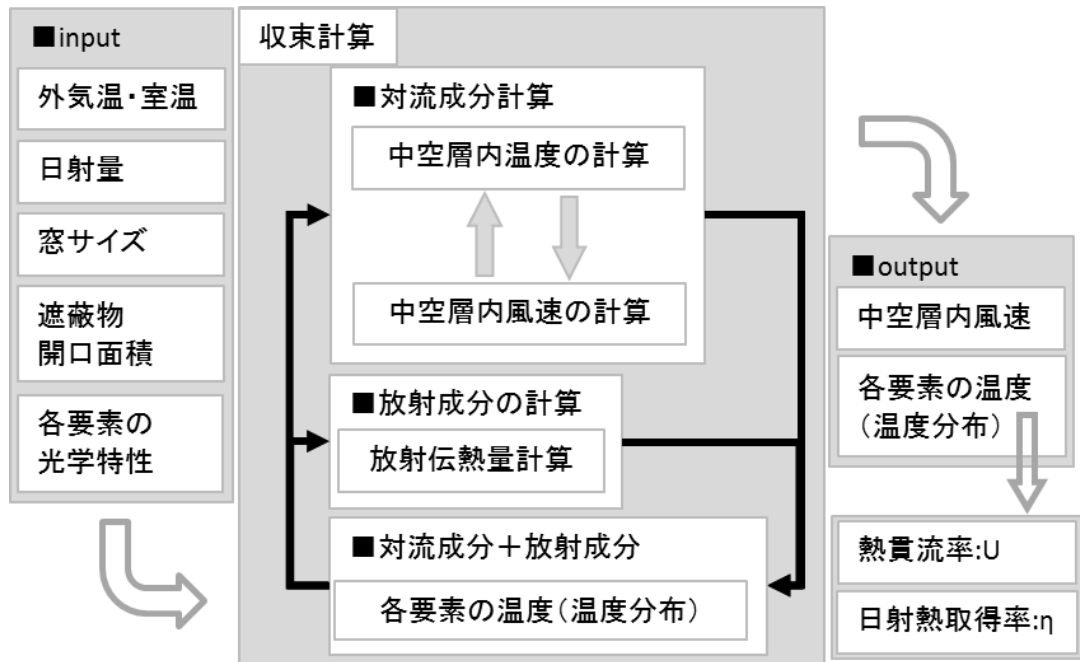


図 3.5 ISO15099 熱収支計算法概略

※本論文では、日射のない場合の熱貫流率を算定したため、日射熱取得率の算定に関する日射量や光学特性のインプットは除外する。

各部位の開口面積から、圧力損失係数を式(3-9)～(3-12)にて算出し、遮蔽物の開口による圧力損失を式(13)にて算出するとしている。

$$A_{eq,in} = A_{bo} + 0.5 \times \frac{A_{tp}}{A_{bo} + A_{tp}} (A_l + A_r + A_c) \quad (3-9)$$

$$A_{eq,out} = A_{tp} + 0.5 \times \frac{A_{bo}}{A_{bo} + A_{tp}} (A_l + A_r + A_c) \quad (3-10)$$

$$Z_{in} = \left(\frac{A_s}{0.6 \times A_{eq,in}} - 1 \right)^2 \quad (3-11)$$

$$Z_{out} = \left(\frac{A_s}{0.6 \times A_{eq,out}} - 1 \right)^2 \quad (3-12)$$

$$\Delta P_Z = 0.5 \times \rho \cdot V^2 (Z_{in} + Z_{out}) \quad (3-13)$$

ここに

$A_{eq.in}$: 流入側開口特性面積 [m²]

$A_{eq.out}$: 流出側開口特性面積 [m²]

Z_{in} : 流入側圧力損失係数 [-]

Z_{out} : 流出側圧力損失係数 [-]

ΔP_z : 圧力損失(遮蔽物の開口分) [Pa]

A_s : 中空層断面面積 [m²]

ρ : 気体の密度[kg/m³]

V : 中空層風速[m/s]

熱貫流率は式 3-14 にて算定され、遮蔽物の付加熱抵抗は測定同様に式 3-15 により窓全体の熱貫流抵抗からグレージングの熱貫流抵抗を減じて算定した。

$$U_{gv} = \frac{q_{int}(I_s = 0)}{T_{ni} - T_{ne}} \quad (3-14)$$

ここに

U_{gv} : 熱貫流率[W/(m²·K)]

q_{int} : 室内側熱流量密度[W/m²]

I_s : 入射日射熱流量の総密度[W/m²]

$q_{int}(I_s = 0)$: 日射なしの場合の室内側熱流量密度[W/m²]

T_{ni} : 室内側温度[K]

T_{ne} : 室外側温度[K]

$$\Delta R = \frac{1}{U_{gs}} - \frac{1}{U_g} \quad (3-15)$$

ここに

ΔR : 遮蔽物の付加熱抵抗 [m²·K/W]

U_{gs} : 窓全体の熱貫流率 [W/(m²·K)]

U_g : グレージングの熱貫流率 [W/(m²·K)]

3.4.3 比較結果

図 3.6～3.8 に付加熱抵抗の試験値と計算値の比較結果を示す。

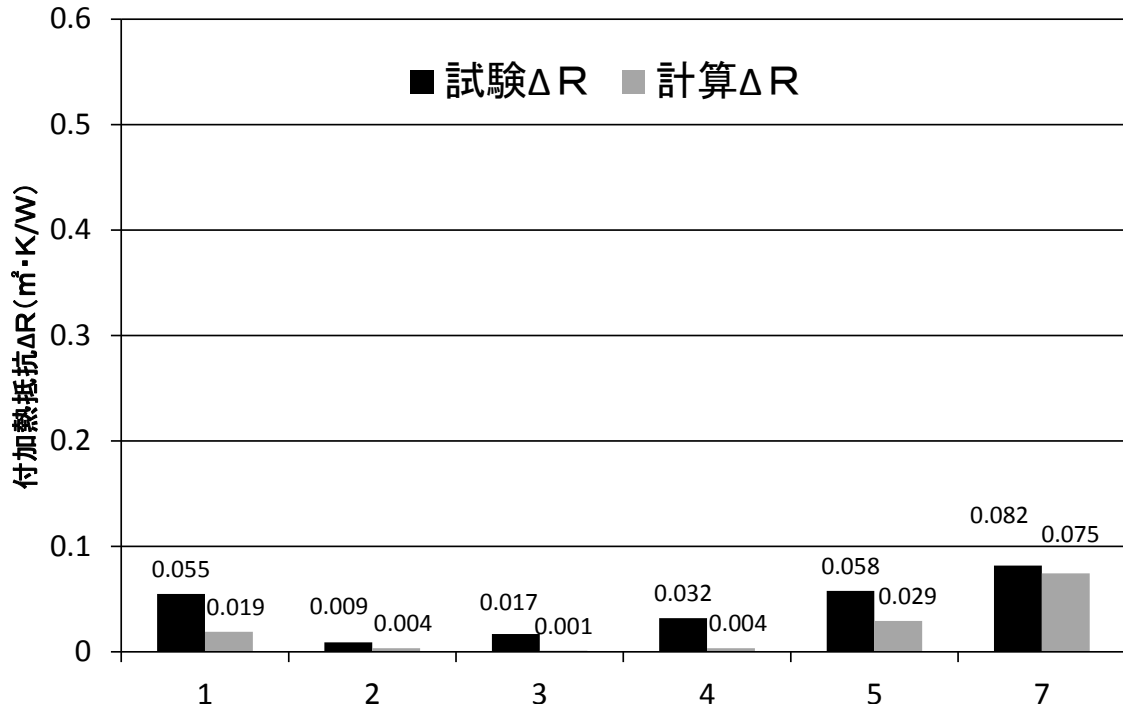


図 3.6 よこ型ブラインド

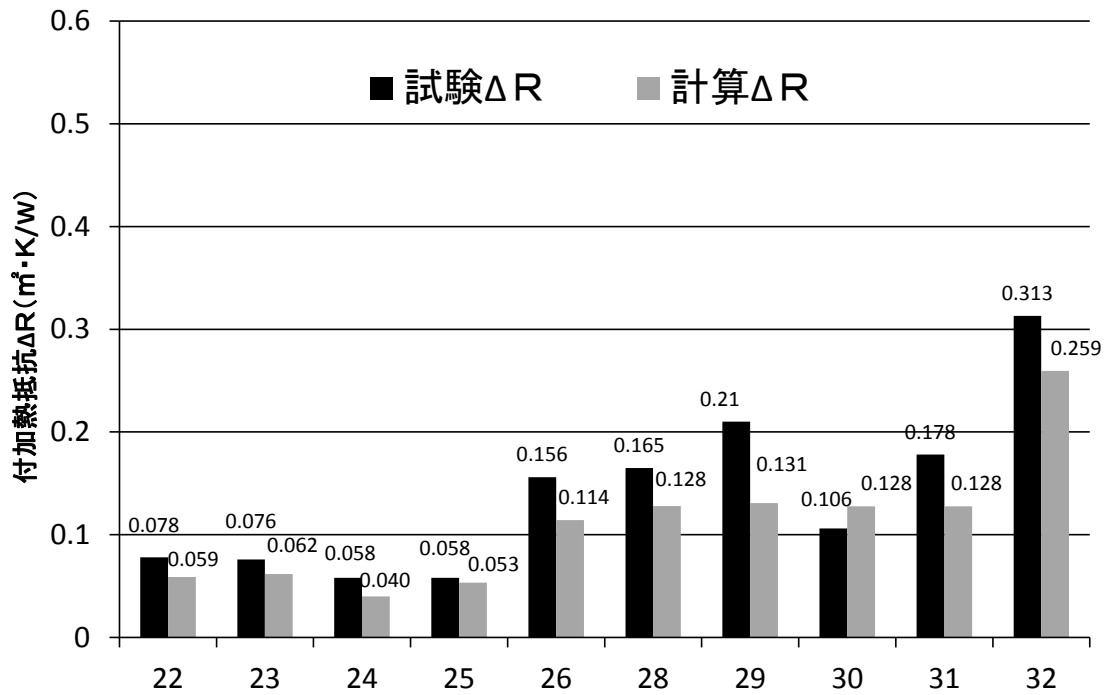


図 3.7 ロールスクリーン

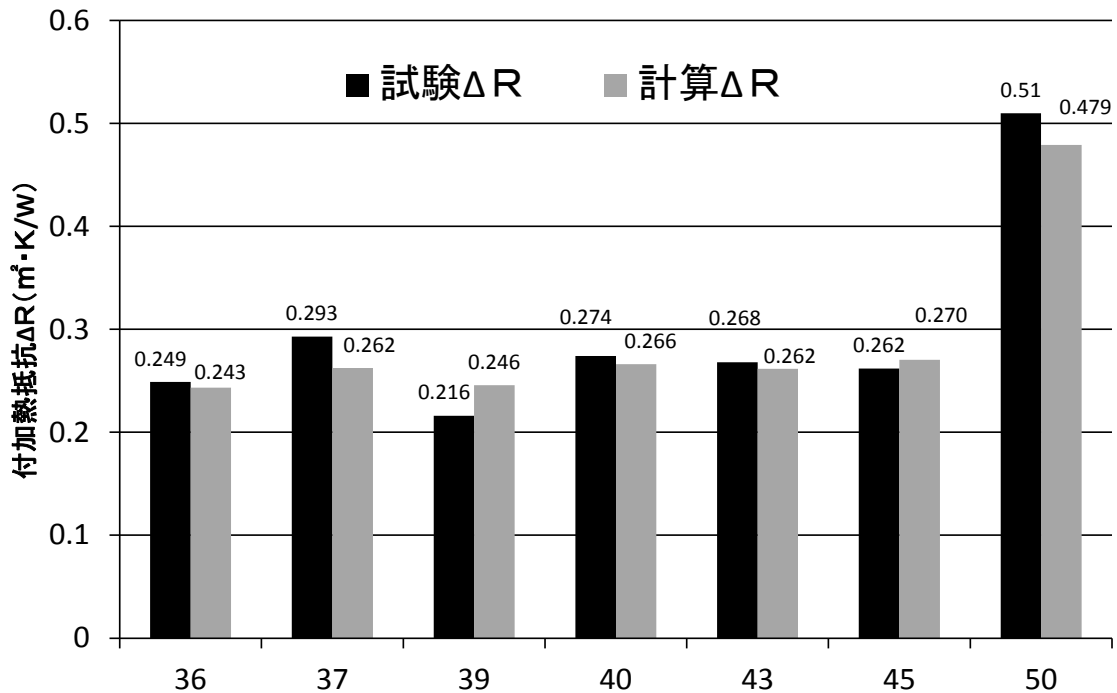


図 3.8 ハニカムスクリーン

よこ型ブラインドは、試験値に対し全体的に計算値が小さい結果となった。またスラット角度が、試験ではNo.2 (45°) < No.4 (-45°) に対し計算は、No.2 (45°) = No.4 (-45°) となった。

この主要因は、試験ではスラット角度 45° と -45° のスラット部近傍の気流の形態が異なるのに対し、計算では、その違いを考慮していないことが要因と考えられる。ブラインド近傍の気流が不規則な流れをしていることは、気流可視化試験により確認している。

ロールスクリーンは、No.22~26 の通常取付けに対し、サイドレール付のNo.28~32 は乖離が大きい傾向にある。この計算では、遮蔽面の空隙の影響が小さく見積もられることなどが要因と考えられる。また、計算に使用するスクリーンの空隙率の算定方法に課題が残り、精度を上げる必要がある。通気（漏気）を考慮した評価方法を今後の課題とする。

ハニカムスクリーンは、概ね試験と計算の整合が見られた。これは、一般取付けであるNo.36~45 のスクリーンの空隙が小さいことから、空隙よりもスクリーン自体の熱抵抗に依存したことが要因と推測できる。

3.5 まとめ

試験値に対し ISO 15099 により行った計算値は、概ね傾向が整合するが差が大きいものもあった。これは ISO 15099 による計算法が窓枠と日射遮蔽物の隙間や遮蔽材の空隙などが生じる通気を考慮したものであるものの、遮蔽物を通る自然対流を正確に考慮した計算となっていないことが要因と考える。

近年の研究により、ブラインドのスラット間を通る気流を実験やCFDを用いて検討した例があるが、気流はブラインドの状態や近傍温度との関係により複雑な気流を示すことがわかってきており、ISO 15099 による計算では、そのような現象を考慮できていない。

遮蔽物を付属した窓の通気（漏気）や遮蔽材の放射率を考慮した断熱性能の評価方法は、遮蔽物による断熱性能を簡便に評価する手法として重要であるため、今後の検討課題とした。

試験値と計算値の差は、10%以内が望ましいと考える(NFRC 100A-2014⁸⁾⁹⁾参考)。

3.6 参考文献

- 1) ISO 15099 : 2003 Thermal performance of windows, doors and shading devices— Detailed calculations
- 2) JIS A 1516 : 1998 建具の気密試験方法
- 3) JIS R 3106 : 1998 板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法
- 4) 赤坂裕:仕切りのある中空層の放射熱伝達率の計算法 日本建築学会計画系論文集, No. 561, pp. 13~20, 2002. 11
- 5) 田坂太一, 藤本哲夫, 萩原伸治, 佐久間英二, 遠藤晃: 内付けブラインドの断熱性能及び日射遮蔽性能に関する研究, その1~3, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2 分冊, pp. 29~34, 2009
- 6) 勝亦俊, 西川祥子, 佐久間英二, 木下泰斗, 二宮秀與: グレージング複合体の熱性能計算方法に関する研究 その1 計算方法の概要及びベネシャンブラインドの開口面積の考慮方法, その2 計算値と測定値の比較, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2 分冊, pp. 117~120, 2013
- 7) 佐久間英二, 二宮秀與, 萩原伸治, 田坂太一, 勝亦俊: 日射遮蔽物の断熱性能に関する研究, 日射遮蔽物による断熱性能改善の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2 分冊, pp. 25~26, 2015
- 8) NFRC 100A-2014[E0A0] Procedure for Determining Fenestration Attachment Product U-factors
- 9) NFRC 200A-2014[E0A0] Procedure for Determining Fenestration Attachment Product Solar Heat Gain Coefficient and Visible Transmittance at Normal Incidence(16)

第4章 付加熱抵抗を用いた熱負荷計算

第4章 付加熱抵抗を用いた熱負荷計算

4.1 はじめに

本章では、試験により算定された日射遮蔽物の付加熱抵抗が、建物の省エネルギーへのどの程度貢献するのか評価することを目的とし、多数室非定常熱負荷計算プログラム LESCOM¹⁾を用いて、建物モデルの開口部内側に取付けられた日射遮蔽物による熱負荷を求めた。

4.2 計算方法

4.2.1 計算条件

1) 計算条件概要

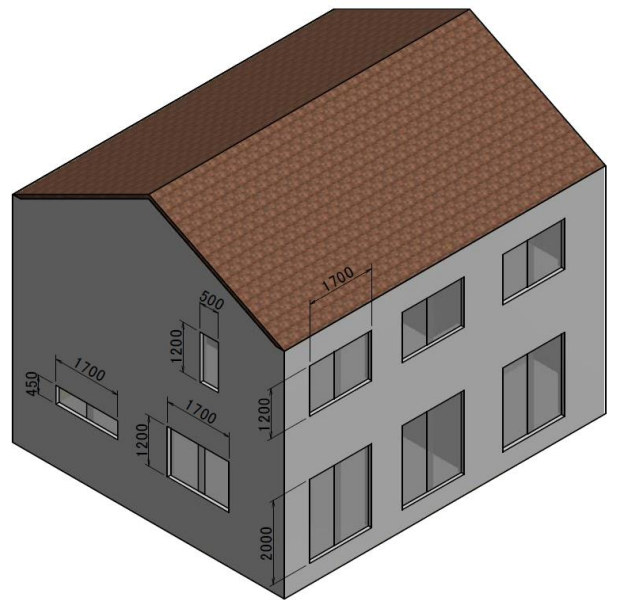
熱負荷計算の条件概要を表 4.1 に示す。

表 4.1 計算条件概要

項目		内容
計算	計算プログラム	多数室非定常熱負荷計算プログラム「LESCOM」
	日射遮蔽物 光学特性計算	ブラインドは、Radiance ²⁾ による入射角度別光学特性を使用 スクリーン類は平面に対する光学特性を使用
建物	建物モデル	戸建木造モデル (4LDK) 日本建築学会熱シンポジウムで提案された標準問題 ³⁾
	床面積(計算部)	94.8 m ²
	ガラス面積	25.1 m ² (計算部)
	ガラス種類	3 種類 (Ⅰ. 透明単板ガラス (FL3), Ⅱ. 透明複層ガラス (FL3+A6+FL3), Ⅲ. Low-E 複層ガラス (3Low-E+A12+FL3))
気象データ		標準気象データ (2000 年代)
空調	スケジュール	6~22 時 (年間 365 日稼働) 間欠運転 (6 時 on→9 時 off、12 時 on→14 時 off、16 時 on→22 時 off)
	設定温度	冷房: 26°C, 暖房 22°C
地域・都市		8 都市 (1 地域: 稚内市, 2 地域: 札幌市, 3 地域: 盛岡市, 4 地域: 仙台市, 5 地域: 富山市, 6 地域: 東京 23 区, 7 地域: 鹿児島市, 8 地域: 那覇市) ※平成 25 年省エネルギー基準 8 地域区分から, 各地域 1 都市を代表する。
遮蔽物開 閉条件	ブラインド類	冬期日中: 指定角度, 冬期以外日中: 全閉, 夜間全期間: 全閉
	スクリーン類	冬期日中: 全開, 冬期以外日中: 全閉, 夜間全期間: 全閉
遮蔽素材 光学特性	測定方法	JIS R3106「板ガラス類の透過率・反射率放射率・日射熱取得率の試験方法」に準じ, 分光光度計による測定値から算定。 ※生地及びスラットの平板素材状態での測定値。

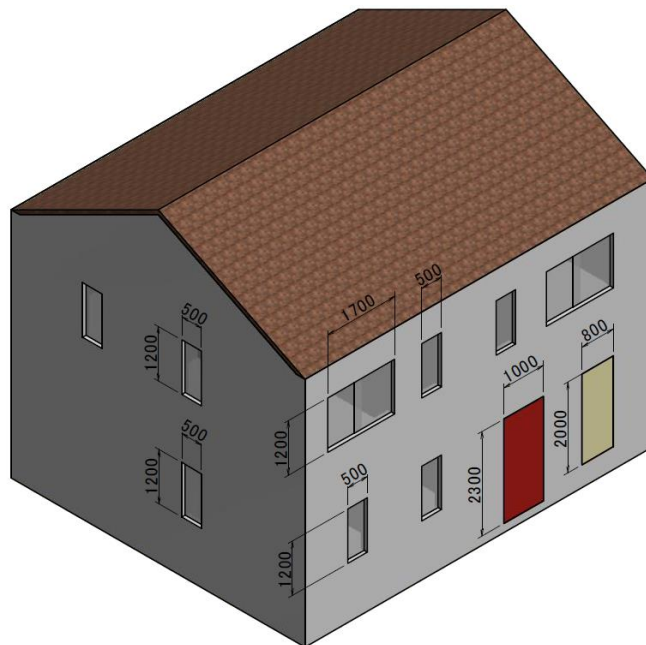
4.2.2 建物モデル

建物モデルは日本建築学会熱シンポジウムで提案された標準問題の戸建木造住宅(図4.1, 図4.2)を使用して計算した。



西側面

南側面



東側面

北側面

図 4.1 建物モデル立体図

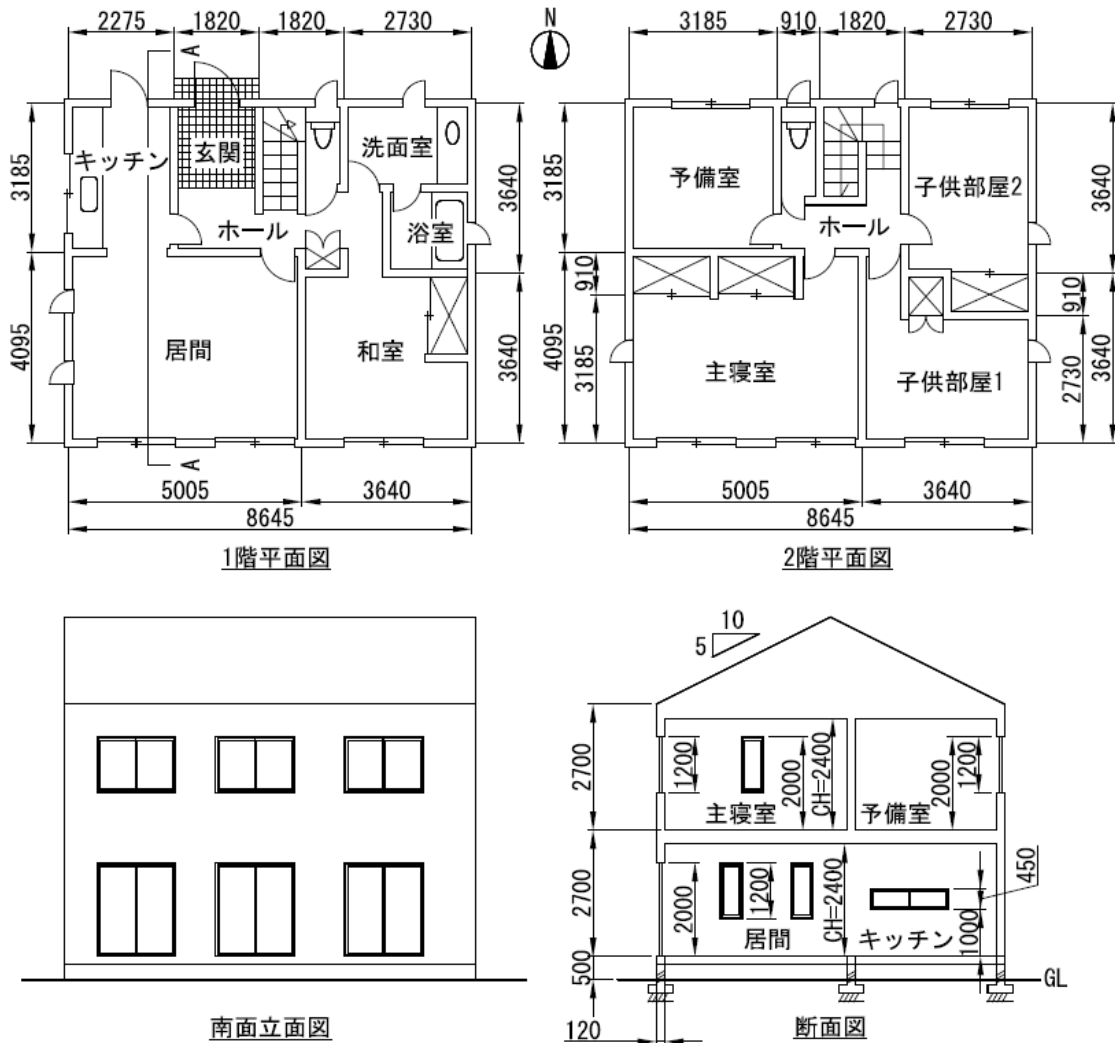


図 4.2 建物モデル立面図・平面図

表 4.2 建物モデル スペース名, 床面積, 冷暖房有無

スペース名	床面積 ^m	暖冷房の有無	備考
キッチン	7.23	有	
居間(LD)	20.49	有	
和室	13.25	無	
予備室	10.14	無	
子供部屋1	11.59	有	
子供部屋2	11.59	有	
主寝室	20.49	有	
一階その他	13.48	無	玄関, ホール, 階段, トイレ
洗面・浴室	8.48	無	ホール, 階段, トイレ
2Fその他	9.12	無	
延床面積	125.86		窓総面積: 25.1 ^m
暖冷房延床面積	94.78		

1) ガラス条件

計算に使用した3種類のガラスの光学特性、熱的特性（日射熱取得率、熱貫流率）について表4.3に示す。

表 4.3 ガラス性能

ガラス種類	構成	光学特性						熱的性能	
		日射			可視光			日射熱取得率:η [—]	熱貫流率:U [W/(m ² ·K)]
		反射率	透過率	吸収率	反射率	透過率	吸収率		
透明単板ガラス	FL3	7.7	86.7	5.7	8.1	90.4	1.5	0.89	6.0
透明複層ガラス	FL3+A6+FL3	13.5	75.7	10.8	14.8	82.2	3.0	0.80	3.4
LowE複層ガラス	Low-E3+A12+FL3	33.0	38.1	28.9	11.9	69.4	18.7	0.43	2.5

2) 建物外皮熱貫流率

主な外皮の熱貫流率は、壁：0.64W/(m²·K)、床：0.65W/(m²·K)、天井：0.7 W/(m²·K)とした。

4.3 計算結果

4.3.1 年間暖冷房負荷

1) 計算結果グラフ

前項の計算条件により表 4.2 の計算リストに挙げられる遮蔽物の地域別, ガラス別に計算された年間暖冷房負荷を図 4.3~4.16 に示す。

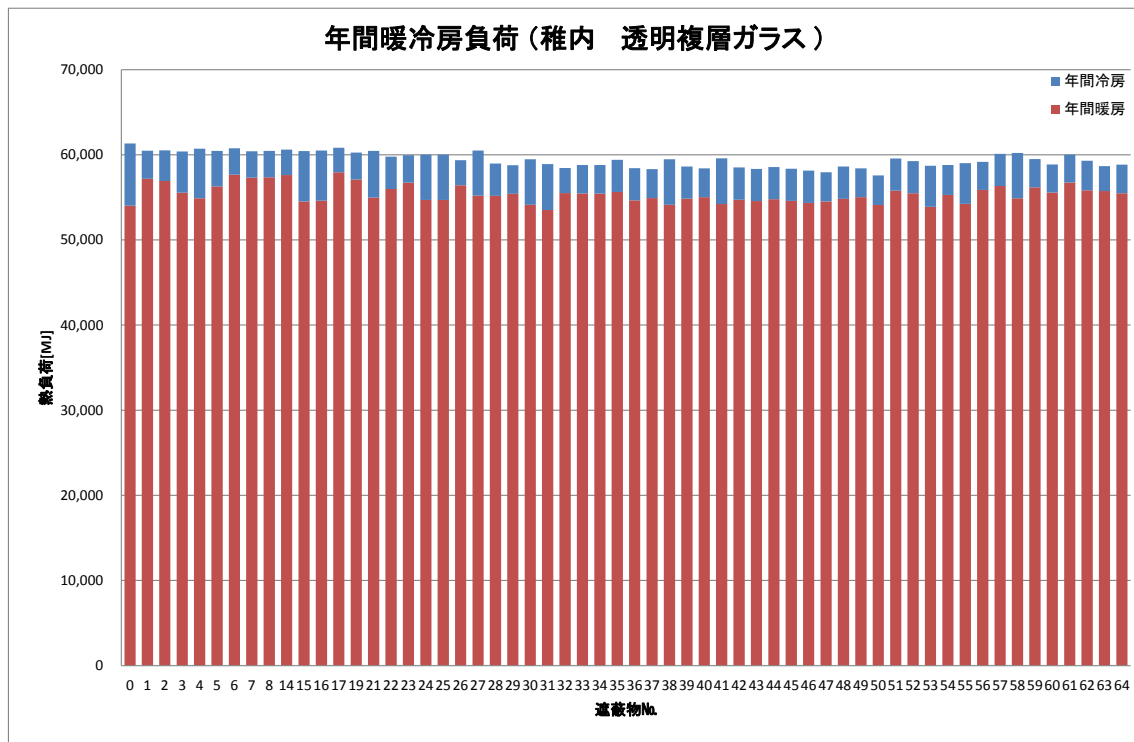


図 4.3 熱負荷計算結果 (1 地域, 稚内市, 透明複層ガラス)

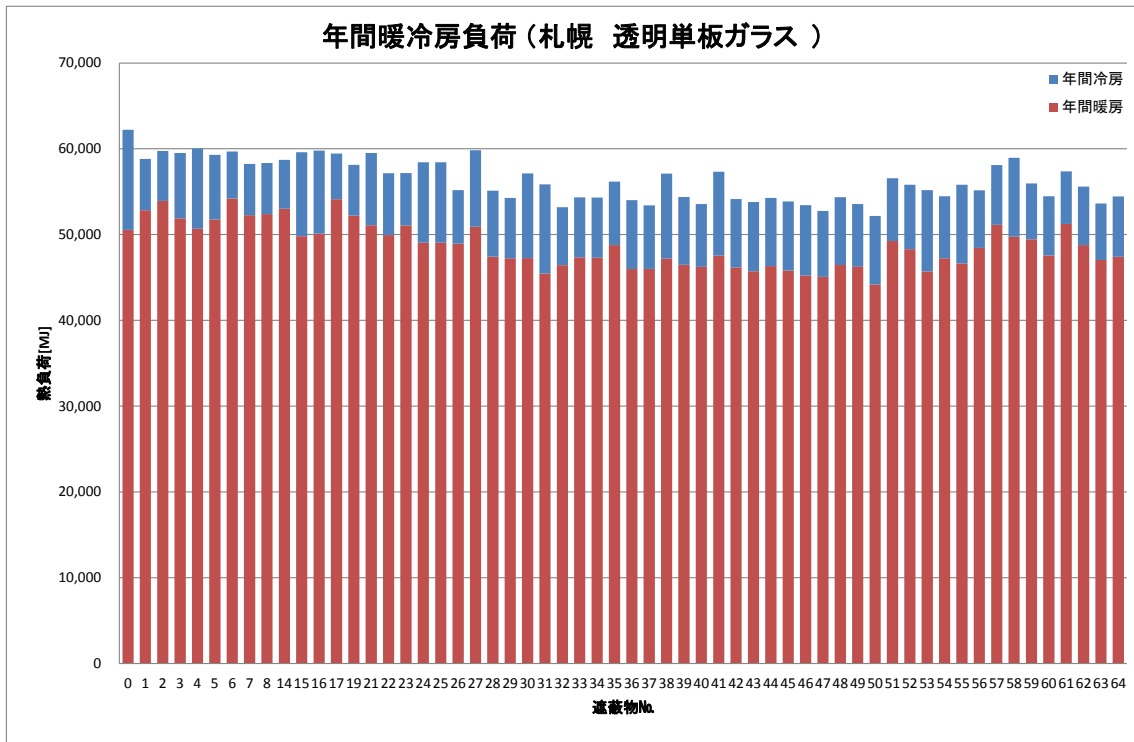


図 4.4 熱負荷計算結果 (2 地域, 札幌市, 透明単板ガラス)

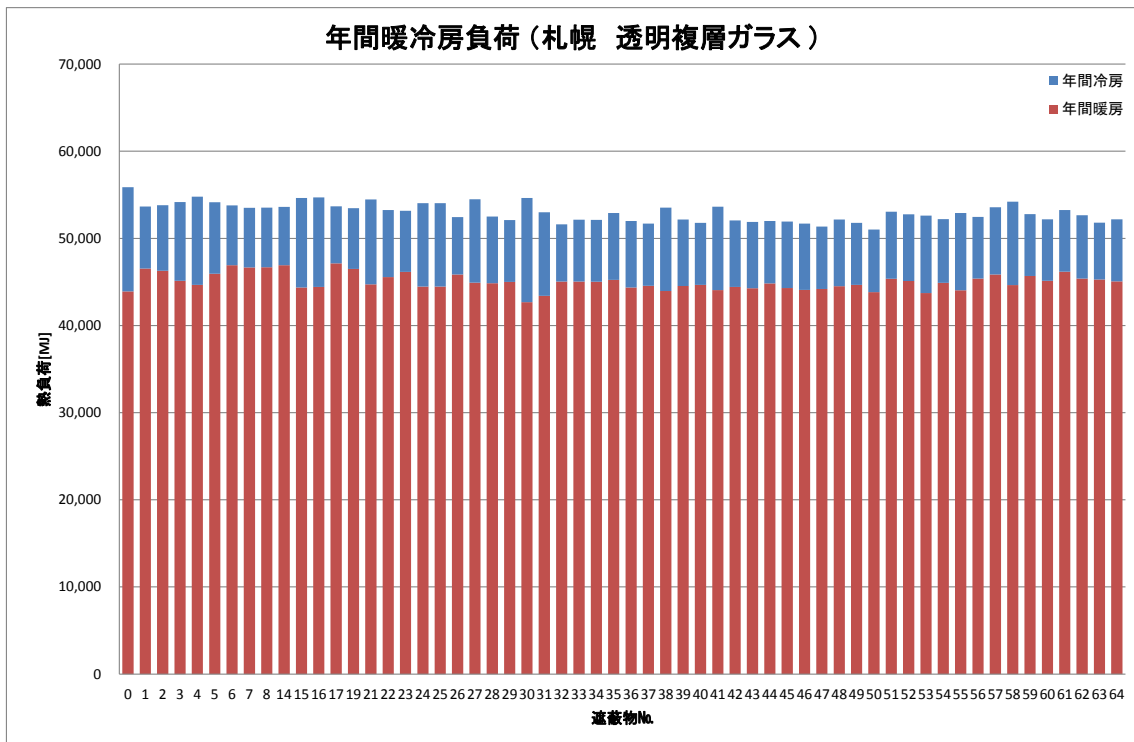


図 4.5 熱負荷計算結果 (2 地域, 札幌市, 透明複層ガラス)

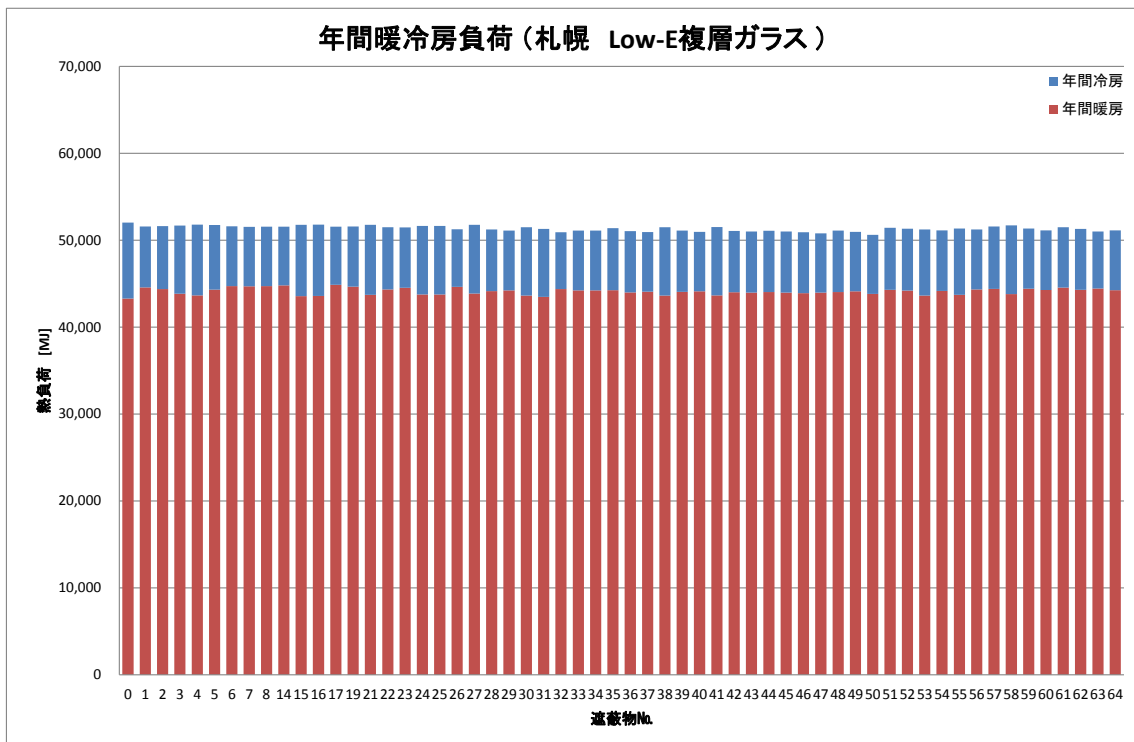


図 4.6 熱負荷計算結果（2 地域，札幌市，Low-E 複層ガラス）

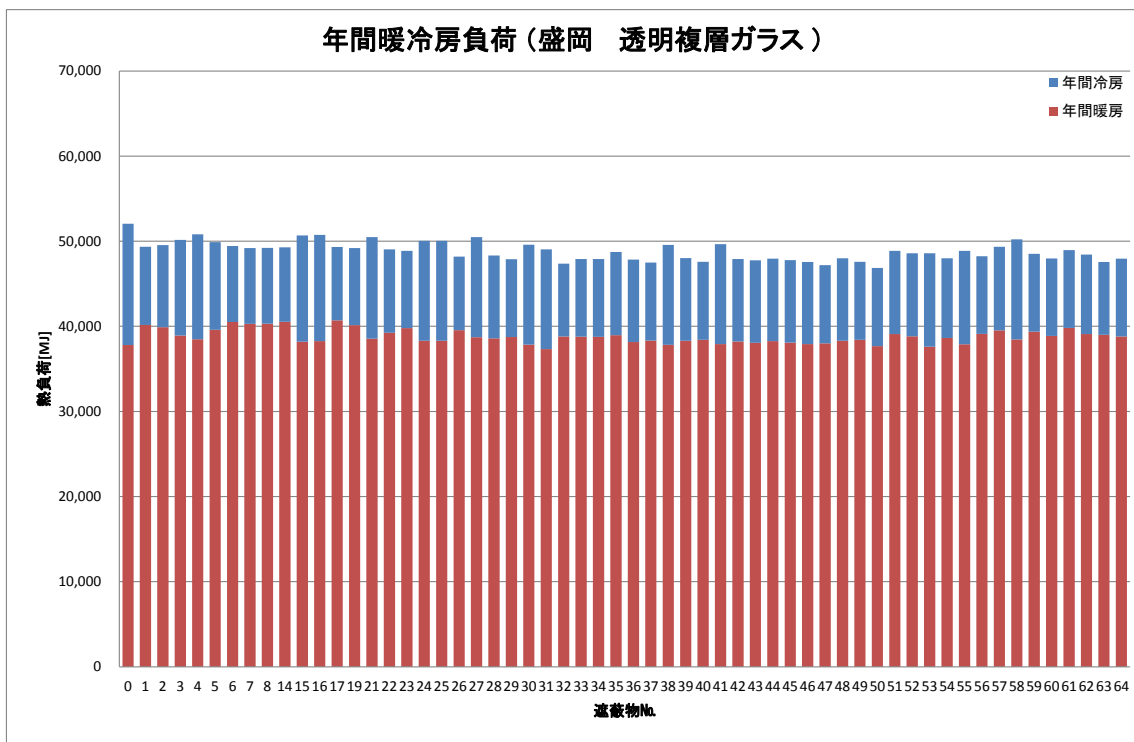


図 4.7 熱負荷計算結果（3 地域，盛岡市，透明複層ガラス）

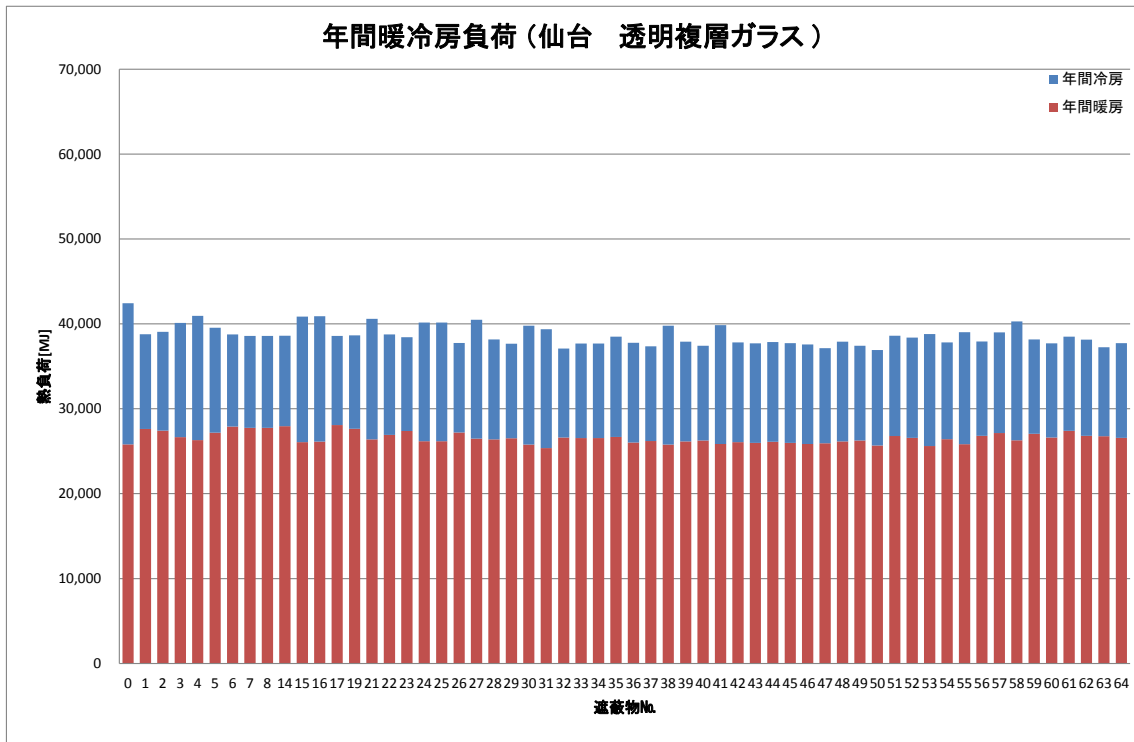


図 4.8 熱負荷計算結果（4 地域，仙台市，透明複層ガラス）

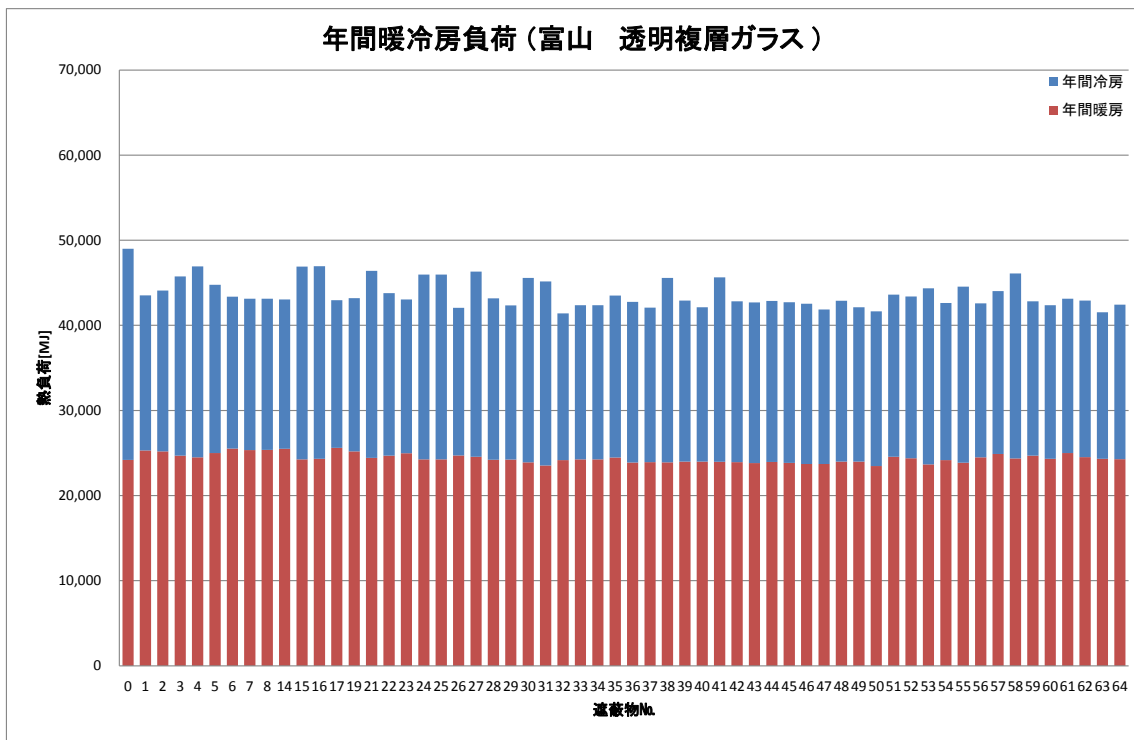


図 4.9 熱負荷計算結果（5 地域，富山市，透明複層ガラス）

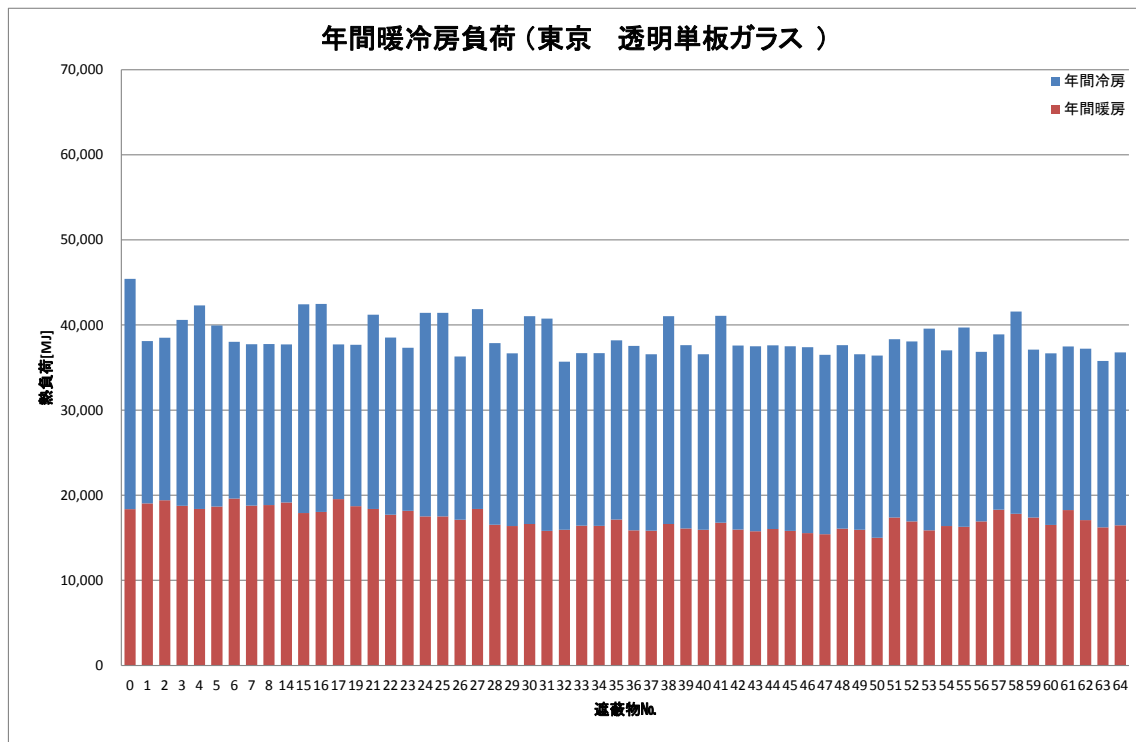


図 4.10 熱負荷計算結果（6 地域，東京，透明単板ガラス）

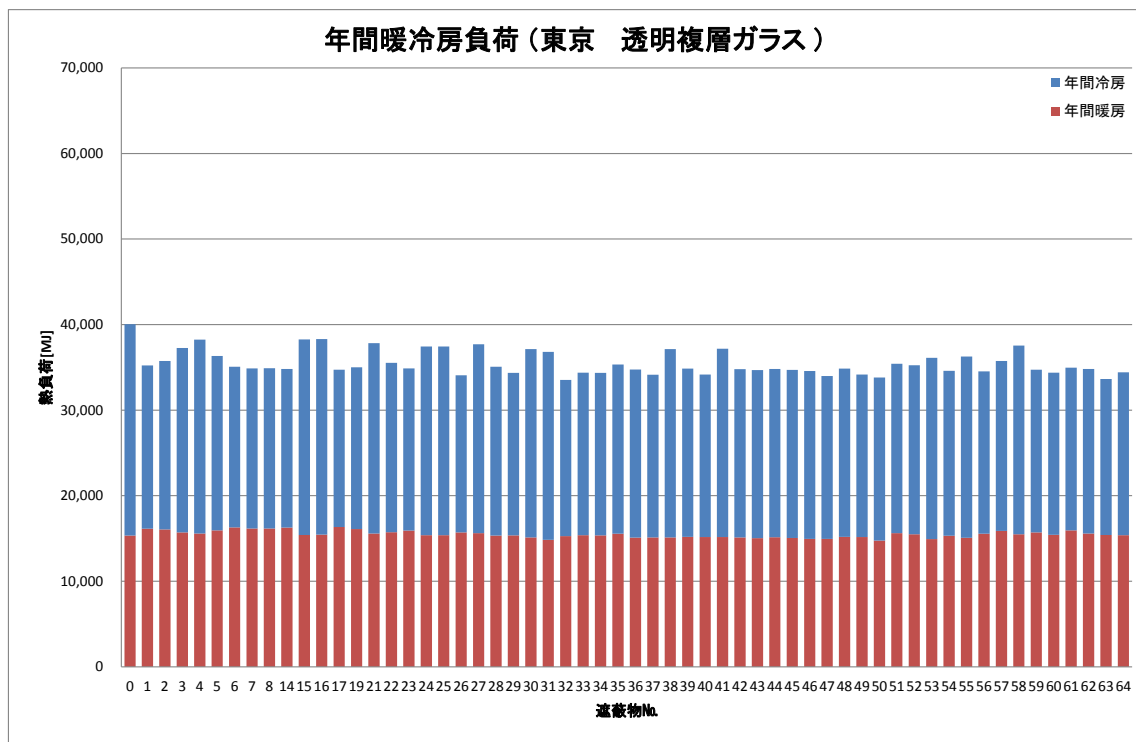


図 4.11 熱負荷計算結果（6 地域，東京，透明複層ガラス）

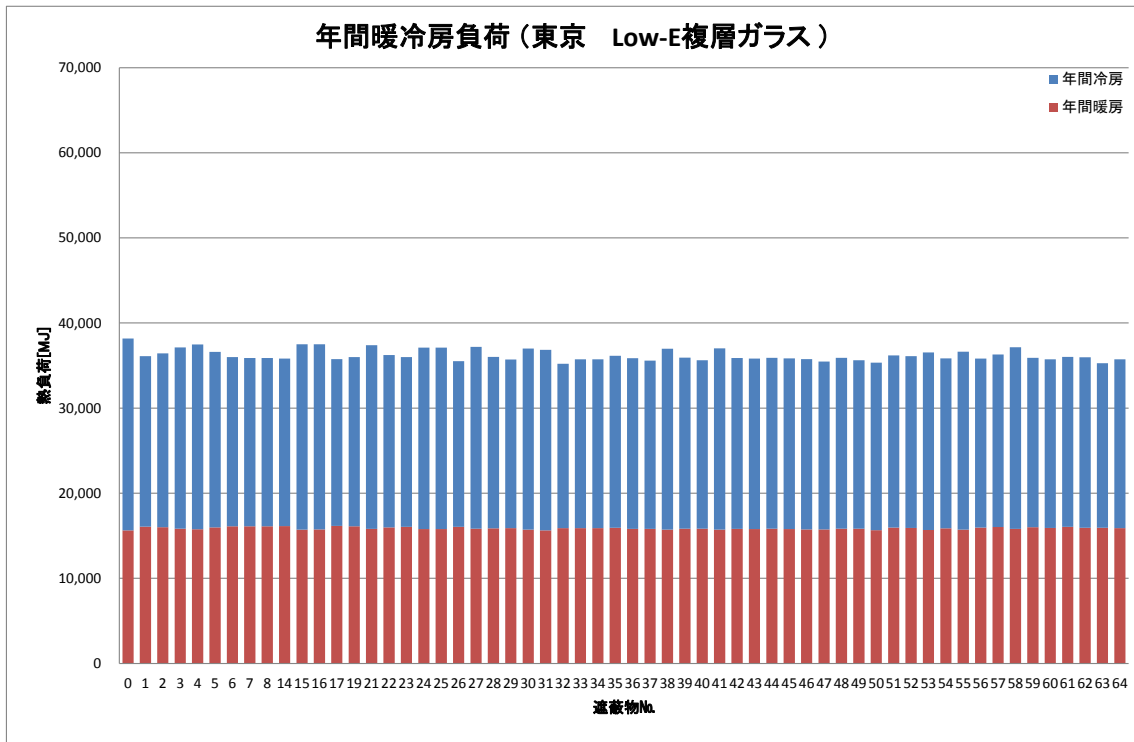


図 4.12 熱負荷計算結果（6 地域，東京，Low-E 複層ガラス）

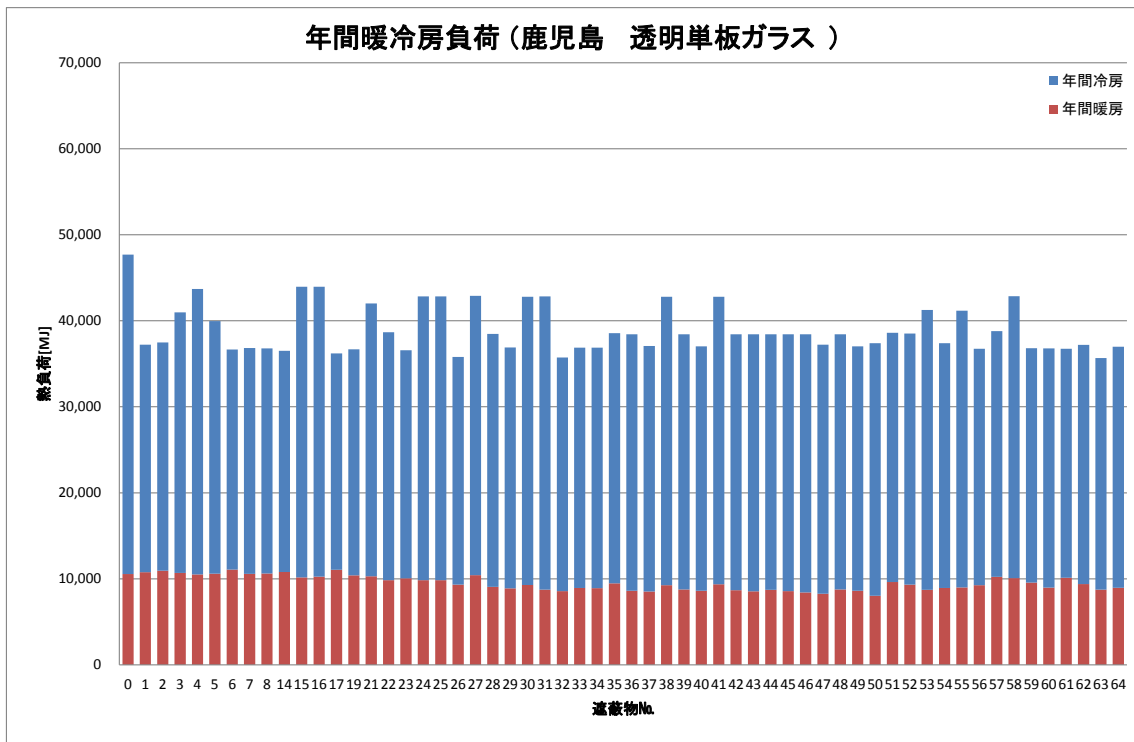


図 4.13 熱負荷計算結果（7 地域，鹿児島，透明単板ガラス）

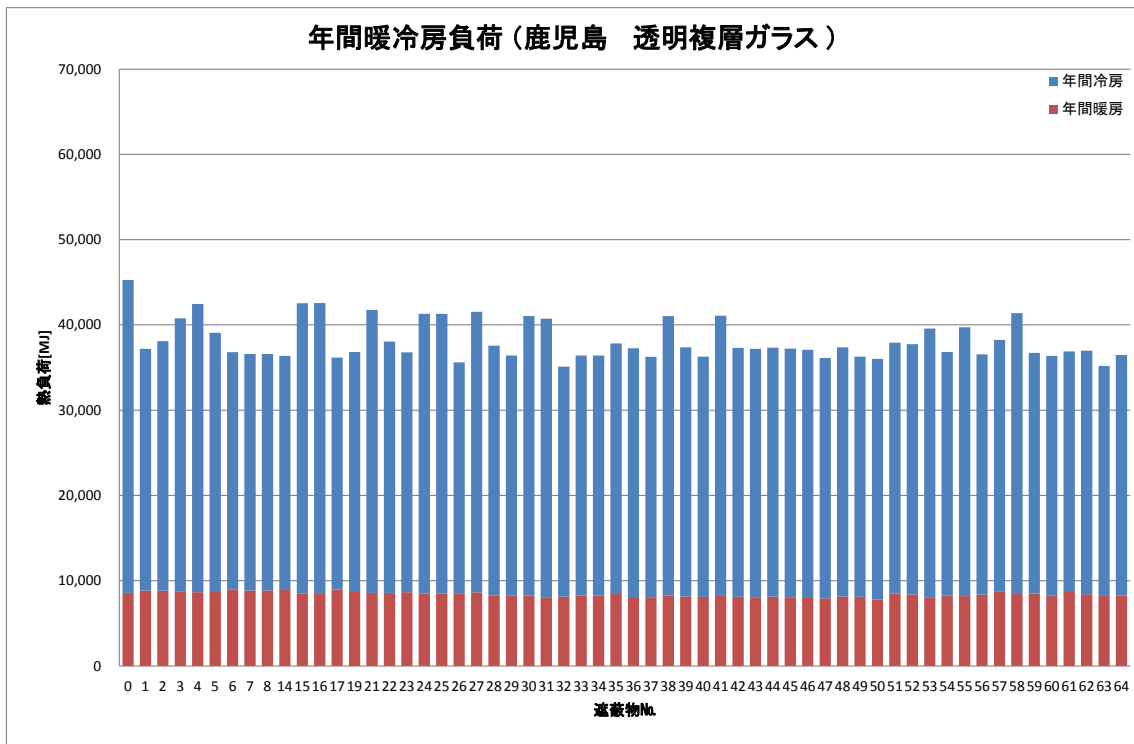


図 4.14 熱負荷計算結果（7 地域，鹿児島，透明複層ガラス）

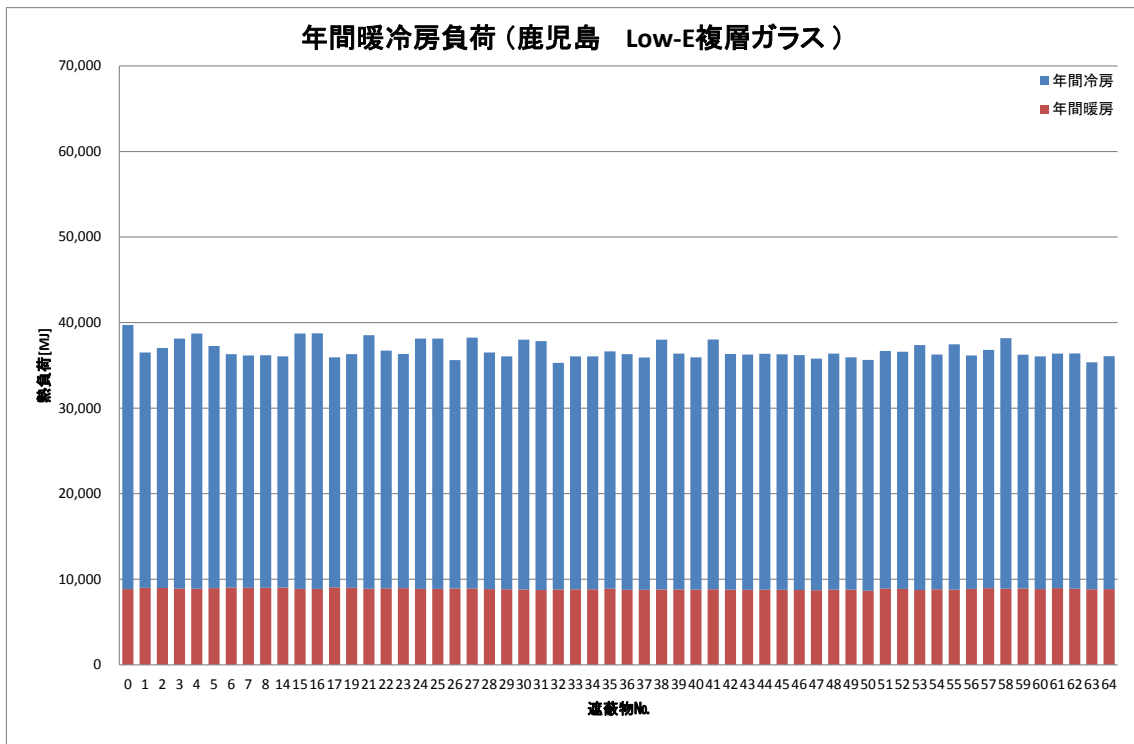


図 4.15 熱負荷計算結果（7 地域，鹿児島，Low-E 複層ガラス）

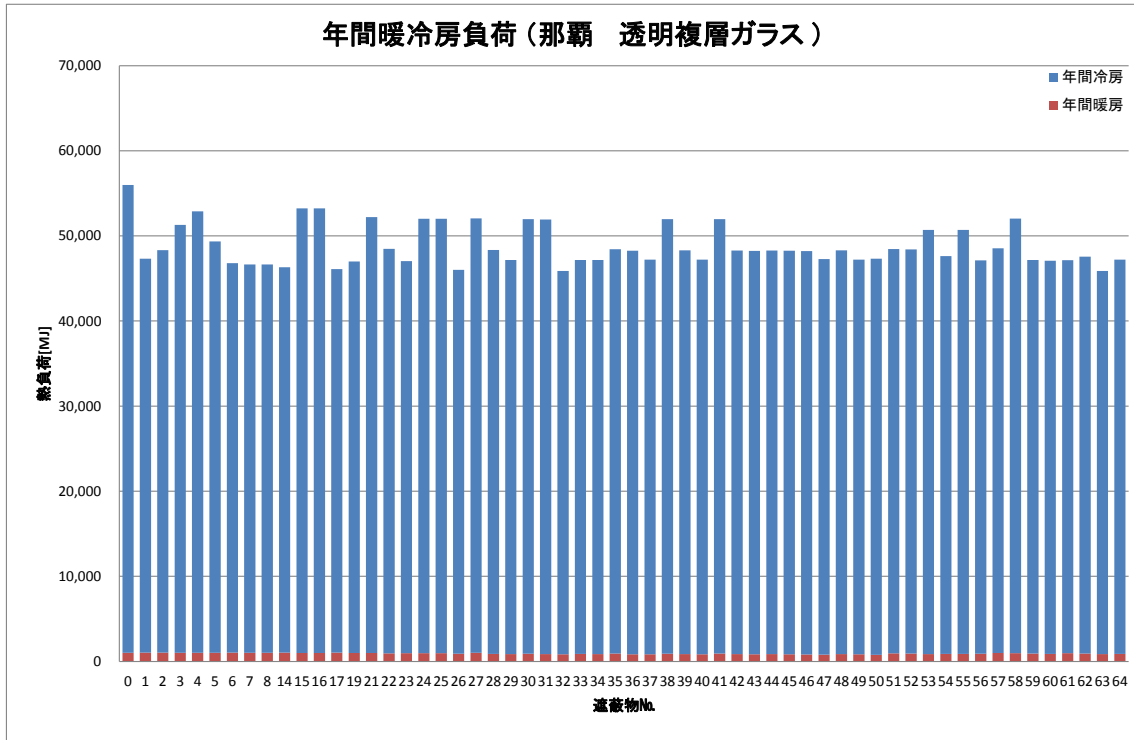


図 4.16 熱負荷計算結果 (8 地域, 那覇市, 透明複層ガラス)

2) 計算結果まとめ

- ・ 1 地域～5 地域の範囲で暖房負荷が冷房負荷を上回り、6 地域～地域では下回る結果となった。
- ・ 3 種類のガラスのうち、各々の遮蔽物の性能差による暖房負荷の差は透明単板ガラスが最も大きく、続いて透明単板ガラス、Low-E 複層ガラスとなる。これは、窓の熱貫流率が高いものは遮蔽物の付加熱低の影響が小さく、熱貫流率が低いものは影響が小さくなる傾向を示したことになる。
- ・ ガラスのみに比べ、遮蔽物を付属した方が暖房負荷は増加する場合があります、特に寒冷地が顕著に生じている傾向にある。これは、冬季は日中遮蔽物を全開（ガラスのみの状態）にして日射熱取得をしているものの、冬季以外では日中に日射を遮蔽していることにより、熱取得が減り暖房負荷が増加することが要因と考えられる。

4.3.2 要素集約暖冷房負荷

前項で求められた計算結果を元に、2章及び3章で述べられた結果から主要要素を比較評価する目的として、以下のケース1～3を抜粋し、状態と付加熱抵抗差による熱負荷の傾向を確認した。

ケース1：よこ型ブラインドにおけるスラット角度、及び全閉状態で一般ブラインドと高遮蔽型ブラインドの比較、

ケース2：ロールスクリーンの一般スクリーン、低放射スクリーン、及びサイドレール付による傾向。

ケース3：ハニカムスクリーンの一般スクリーン、遮光（内側金属箔付）、及びサイドレール付による比較。

表 4.4 計算リスト

ケース	遮蔽物 No.	遮蔽物種類	遮蔽物開閉条件			遮蔽物光学特性		遮蔽物付加熱抵抗 [m ² ・K/W]	透明単板ガラス			透明複層ガラス			LowE複層ガラス		
			冬季以外の日中	冬季日中	夜間	反射率 (%)	透過率 (%)		札幌	東京	鹿児島	札幌	東京	鹿児島	札幌	東京	鹿児島
ケース1	0	ガラスのみ	-	-	-	別表4.3		-	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	1	よこ型 ブラインド	+75° 全閉	全開	全閉	73	※1	0.055	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	2		+45°			73		0.009	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	3		水平			73		0.017	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	4		-45°			73		0.032	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	5		-75° 反全閉			73		0.058	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	7		+84° 全閉			73		0.082	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ケース2	0	ガラスのみ	-	-	-	別表4.3		-	○	○	○	○	○	○	○	○	
	22	ロールスクリーン	全閉	全開	全閉	63	30	0.078	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	26					77	6	0.156	○	○	○	○	○	○	○	○	
	28					63	30	0.165	○	○	○	○	○	○	○	○	
	32					77	6	0.313	○	○	○	○	○	○	○	○	
0	ガラスのみ	-	-	-	別表4.3		-	○	○	○	○	○	○	○	○		
ケース3	36	ハニカム スクリーン	全閉	全開	全閉	63	30	0.249	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	37					64	0	0.293	○	○	○	○	○	○	○	○	
	46					63	30	0.311	○	○	○	○	○	○	○	○	
	47					64	0	0.383	○	○	○	○	○	○	○	○	
	50					64	0	0.510	○	○	○	○	○	○	○	○	

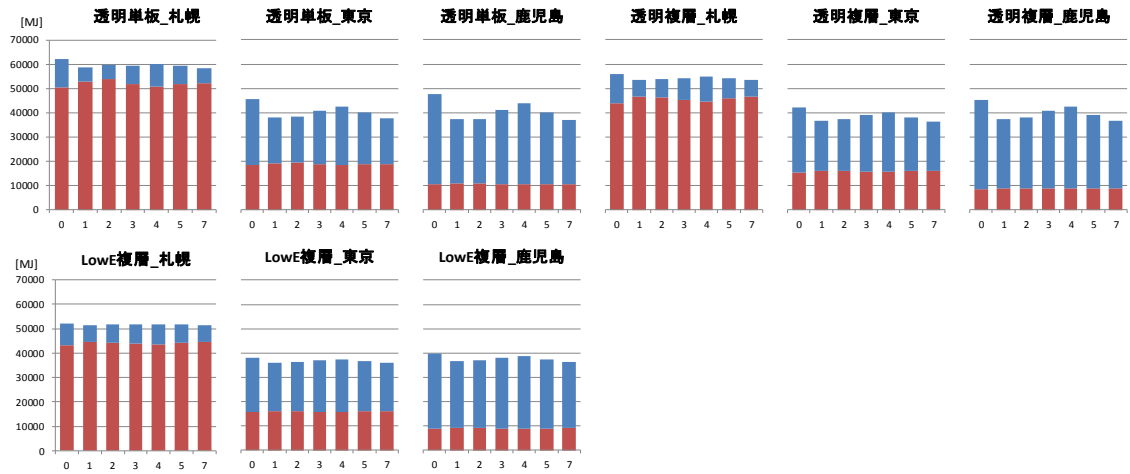
冬季は12月～3月とした。

日中は6時～18時、夜間は、18時～6時とした。

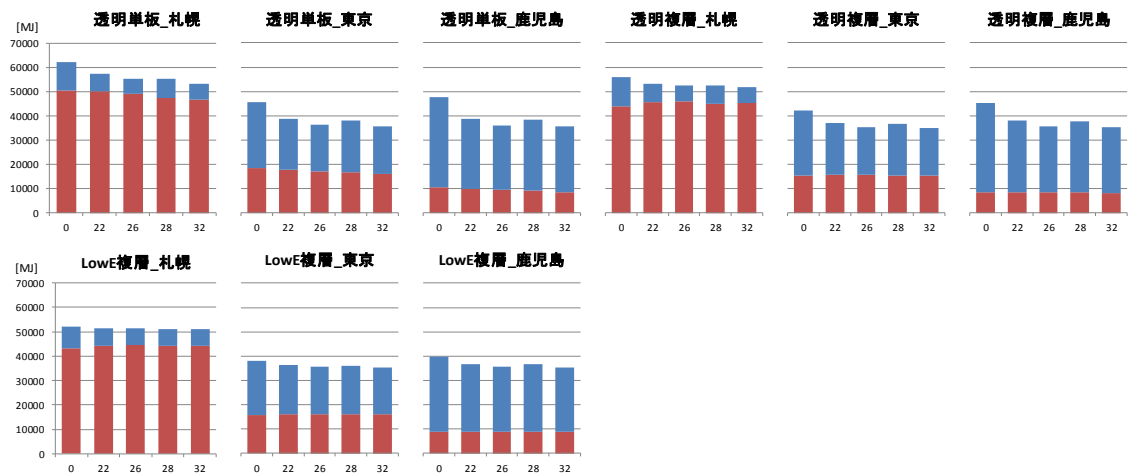
※1 光学特性は本表に示す平板状の素材の反射率を元に、光環境シミュレーションプログラム Radiance²⁾を用いて算出したプロファイル角度ごとの透過率を用いた。

1) 年間暖冷房負荷計算結果

ケース1 横型ブラインド



ケース2 ロールスクリーン



ケース3 ハニカムスクリーン

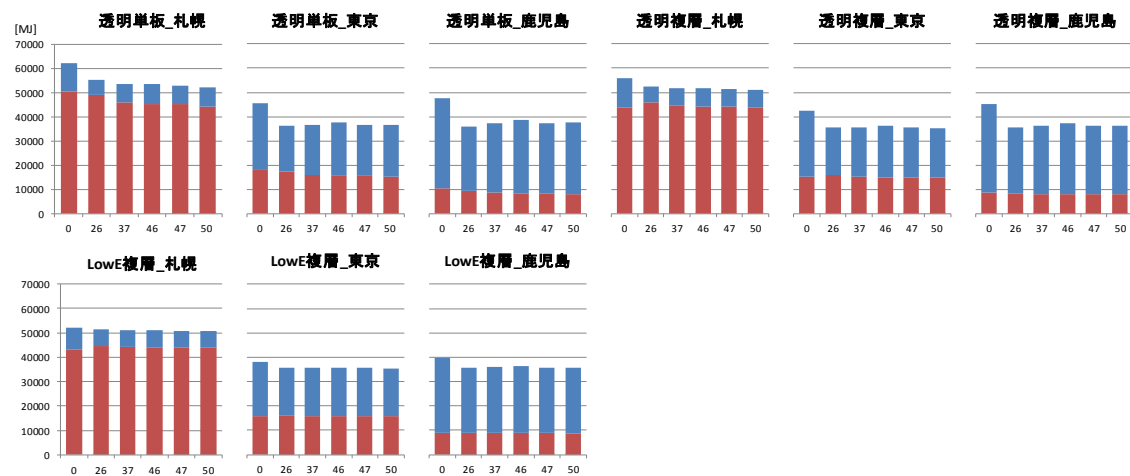


図 4.17 年間暖冷房負荷計算結果（札幌，東京，鹿児島）

2) 年間暖冷房負荷計算結果のまとめ

・ケース 1

よこ型ブラインドにおけるスラット角度，及び全閉状態で一般ブラインドと高遮蔽型ブラインドの比較した結果，特に寒冷地でスラット角度を閉じた状態や高遮蔽型ブラインドのほうが暖房負荷は増加した。これは，よこ型ブラインドの付加熱抵抗は最大でも $0.082 \text{ m}^2\text{K/W}$ と小さいため，それよりも日中の日射熱を遮蔽して日射熱取得が小さくなったことが要因と考える。

・ケース 2

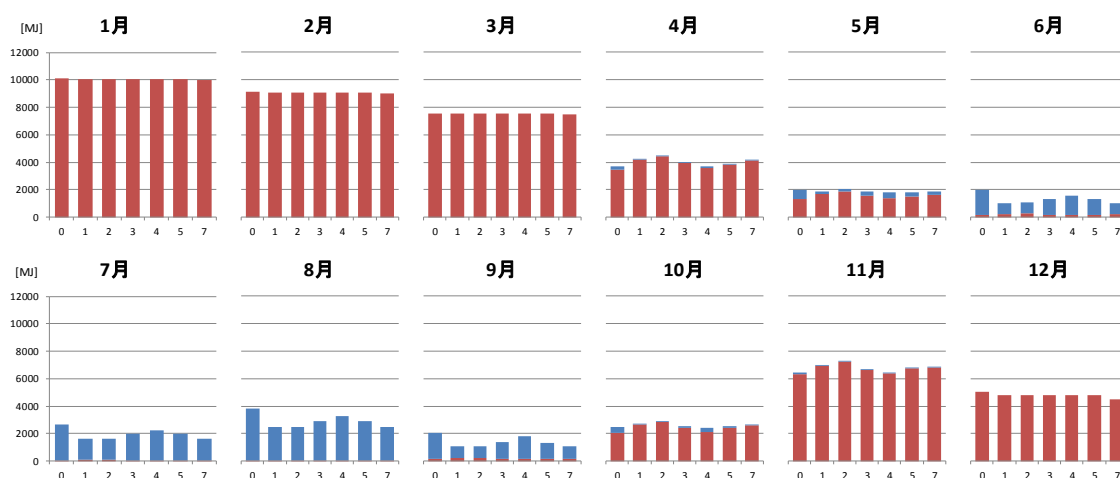
ロールスクリーンの一般スクリーン，低放射スクリーン，及びサイドレール付による傾向を比較した結果，一般スクリーンと比較し低放射スクリーンの暖房負荷が小さくなり，サイドレール付はさらに小さい結果となった。

・ケース 3

ハニカムスクリーンの一般スクリーン，遮光（内側金属箔付），及びサイドレール付による比較した結果，一般スクリーンに比較し遮光（内側金属箔付）の暖房負荷が小さくなりサイドレール付はさらに小さい結果となった。

3) 月別暖冷房負荷計算結果

ケース1 横型ブラインド



ケース2 ロールスクリーン



ケース3 ハニカムスクリーン

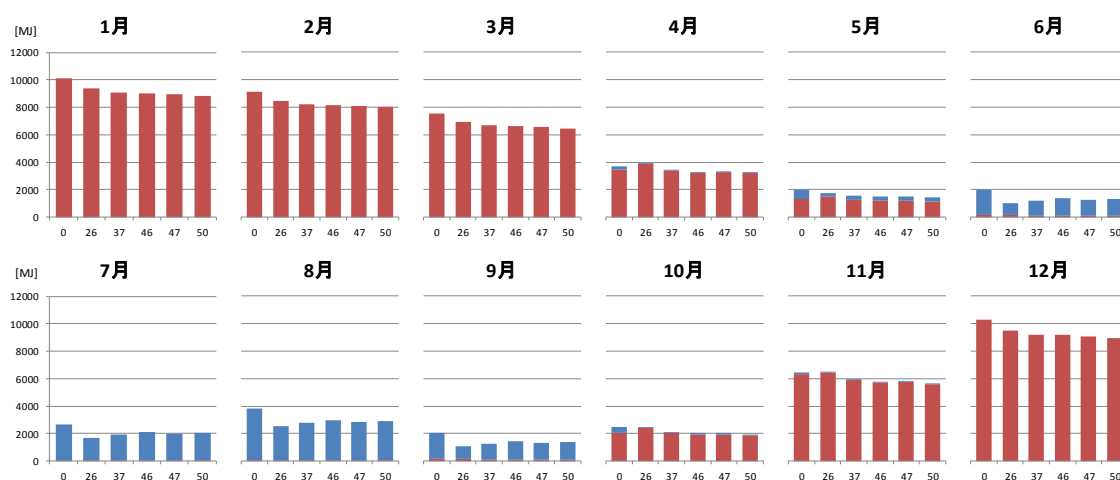
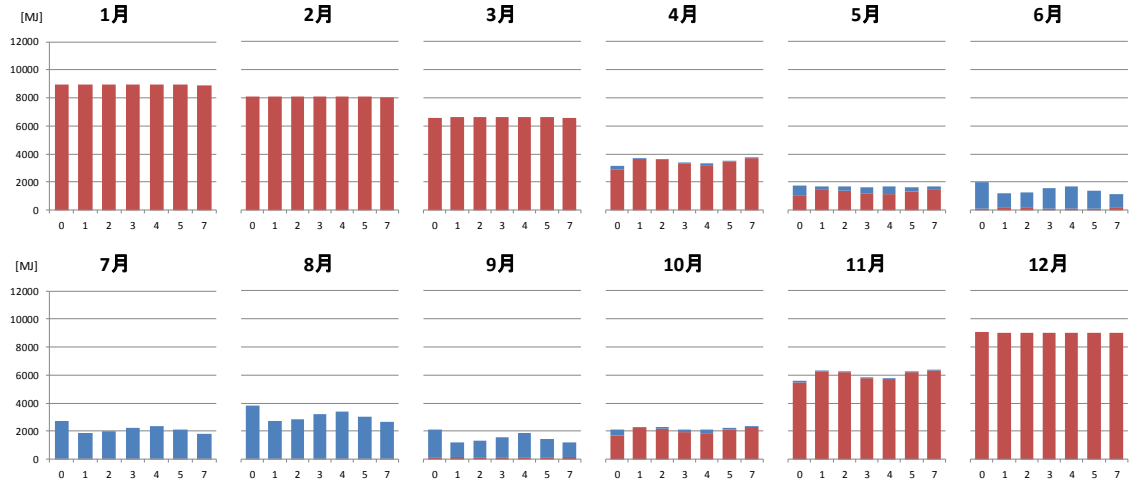


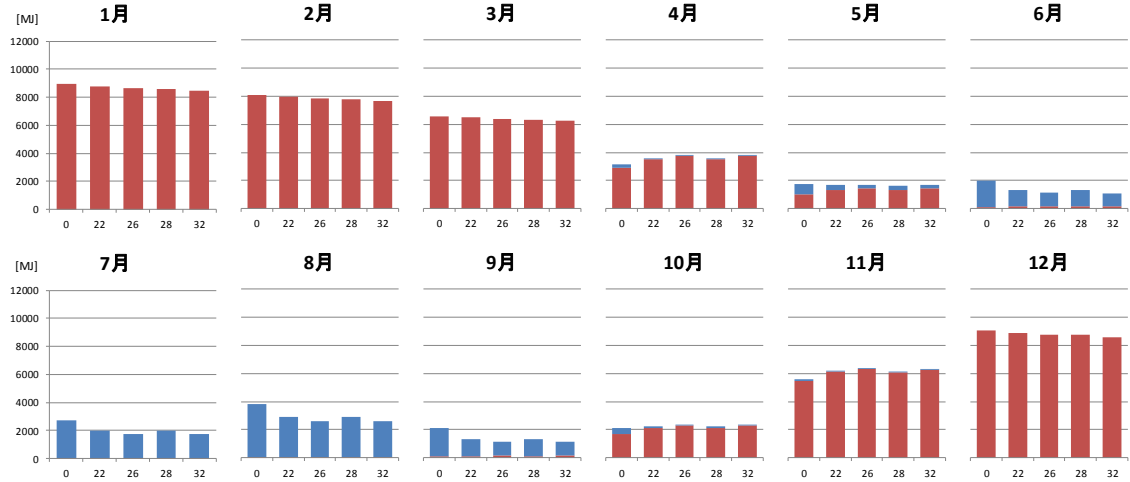
図 4.18 月別暖冷房負荷計算結果 (2 地域, 札幌市, 透明単板ガラス)

窓に付属する日射遮蔽物の断熱性能に関する研究

ケース1 横型ブラインド



ケース2 ロールスクリーン



ケース3 ハニカムスクリーン

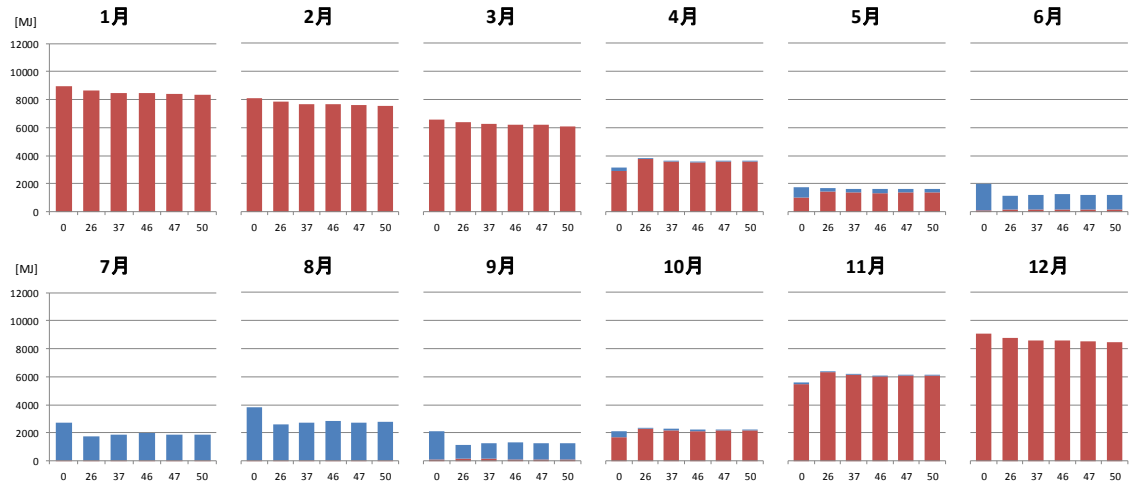
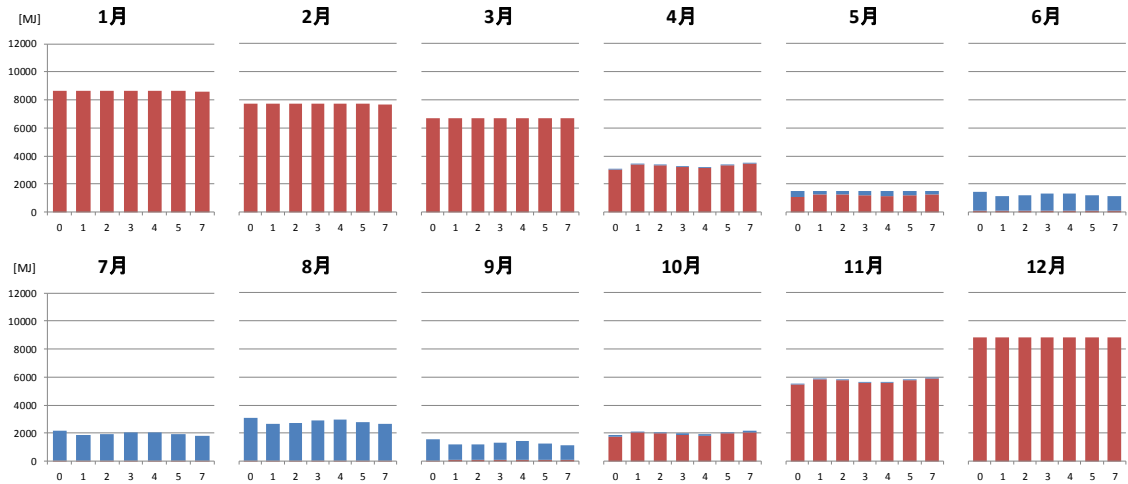
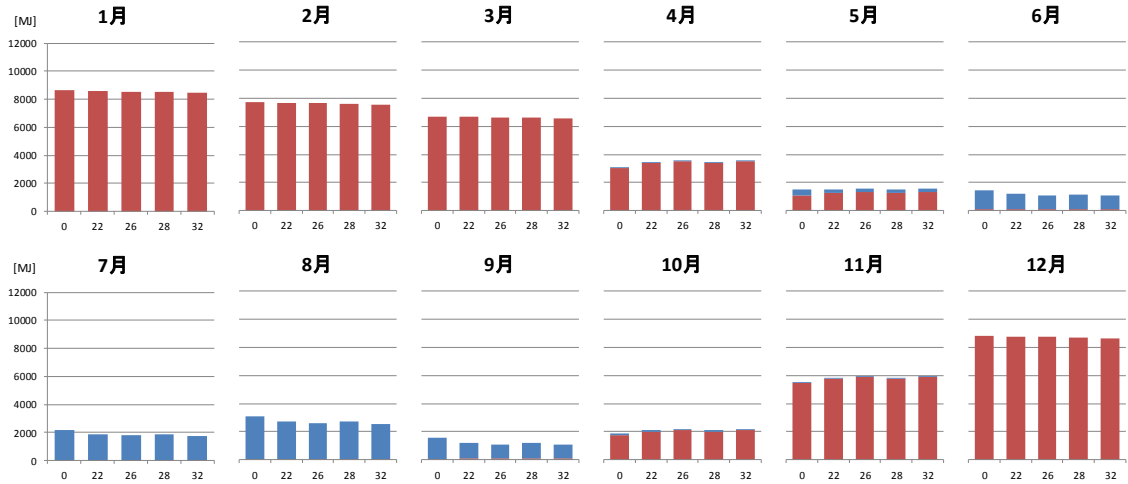


図 4.19 月別暖冷房負荷計算結果 (2 地域, 札幌市, 透明複層ガラス)

ケース1 横型ブラインド



ケース2 ロールスクリーン



ケース3 ハニカムスクリーン

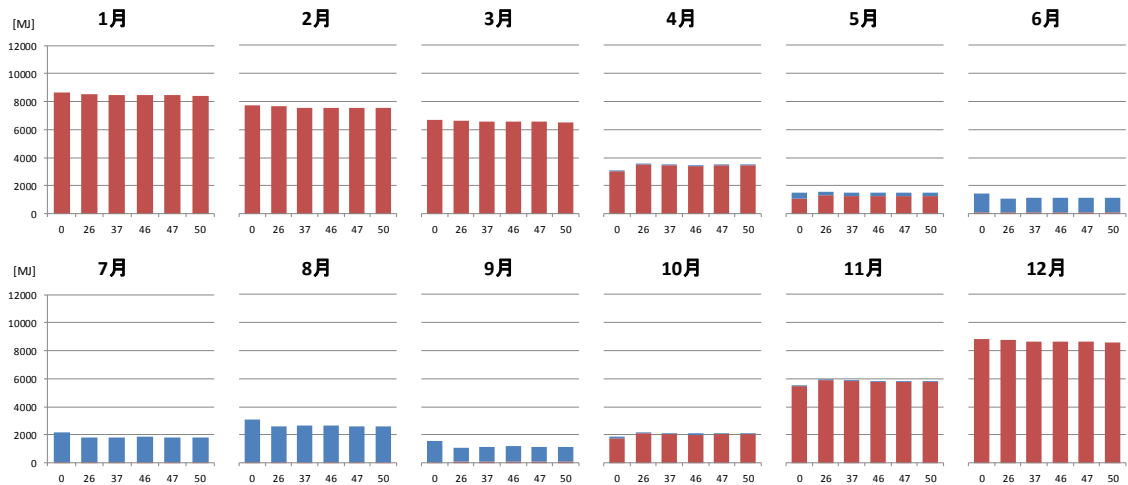
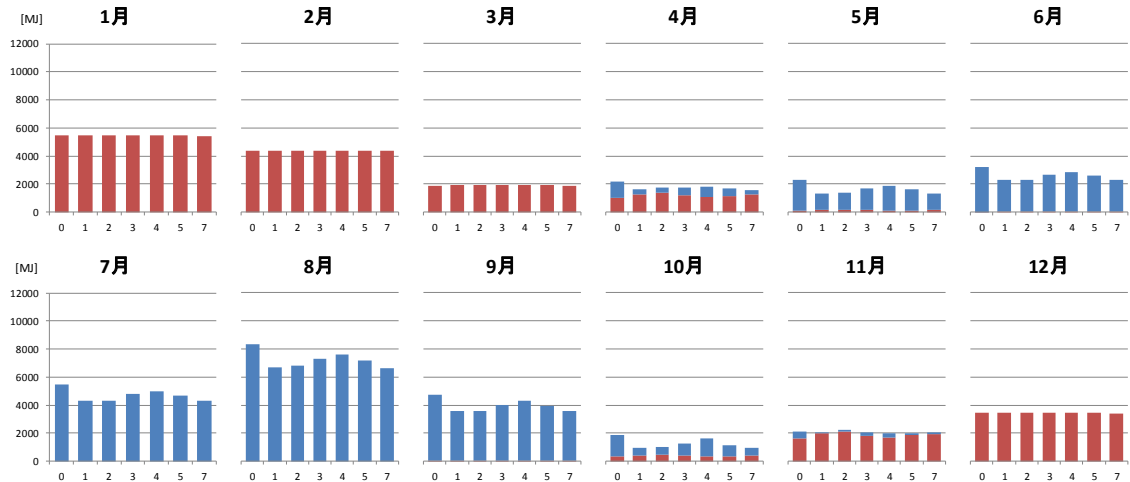


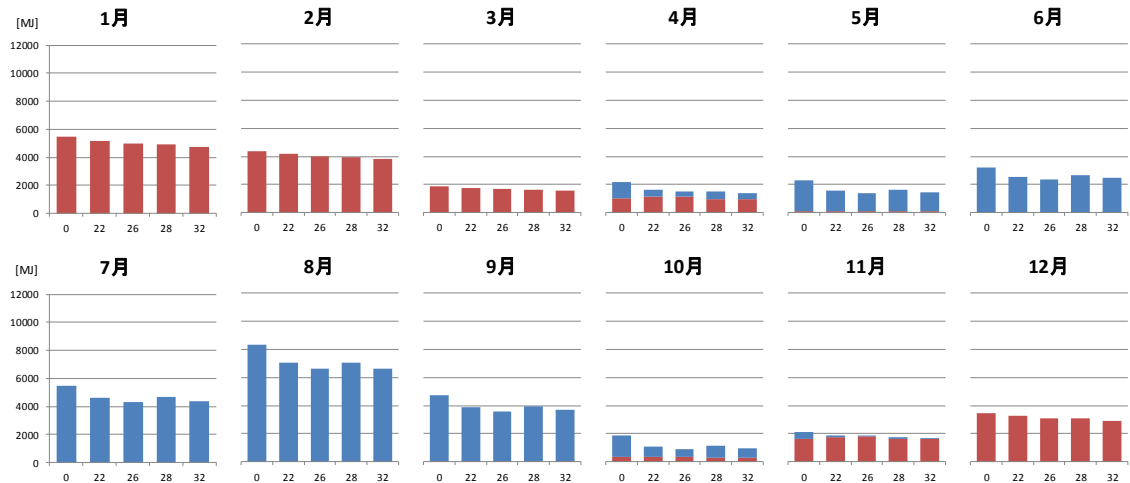
図 4.20 月別暖冷房負荷計算結果 (2 地域, 札幌市, Low-E 複層ガラス)

窓に付属する日射遮蔽物の断熱性能に関する研究

ケース1 横型ブラインド



ケース2 ロールスクリーン



ケース3 ハニカムスクリーン

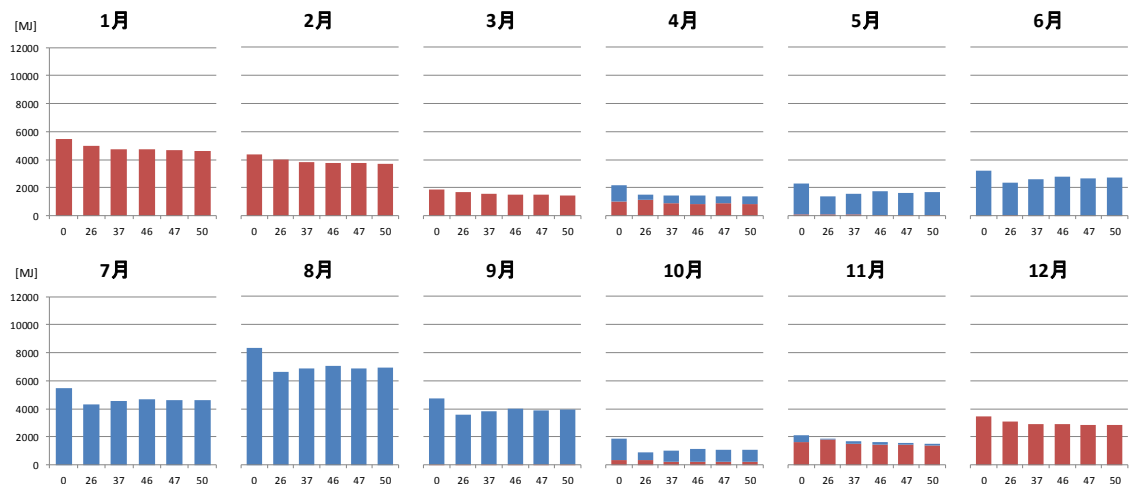
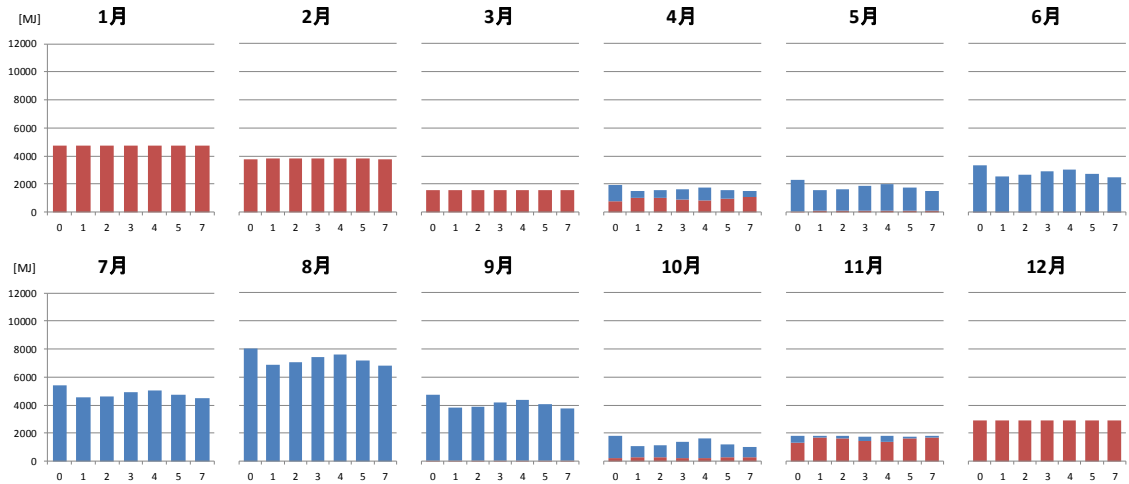
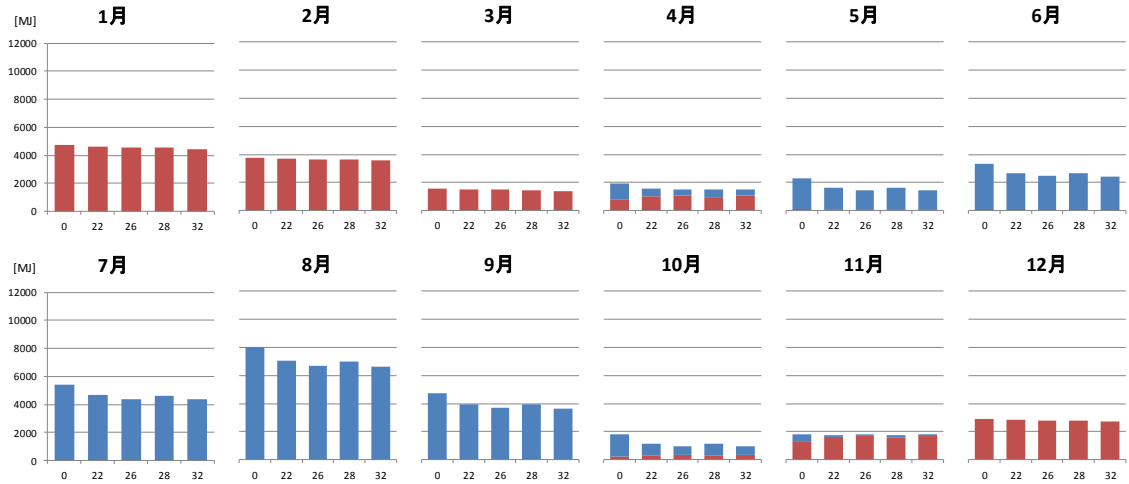


図 4. 21 月別暖冷房負荷計算結果 (6 地域, 東京都, 透明単板ガラス)

ケース1 横型ブラインド



ケース2 ロールスクリーン



ケース3 ハニカムスクリーン

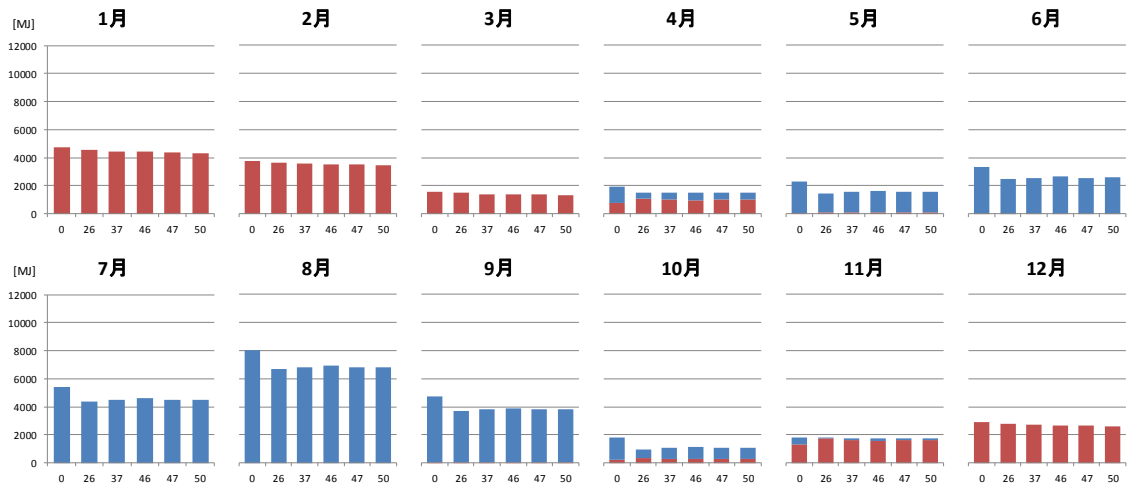
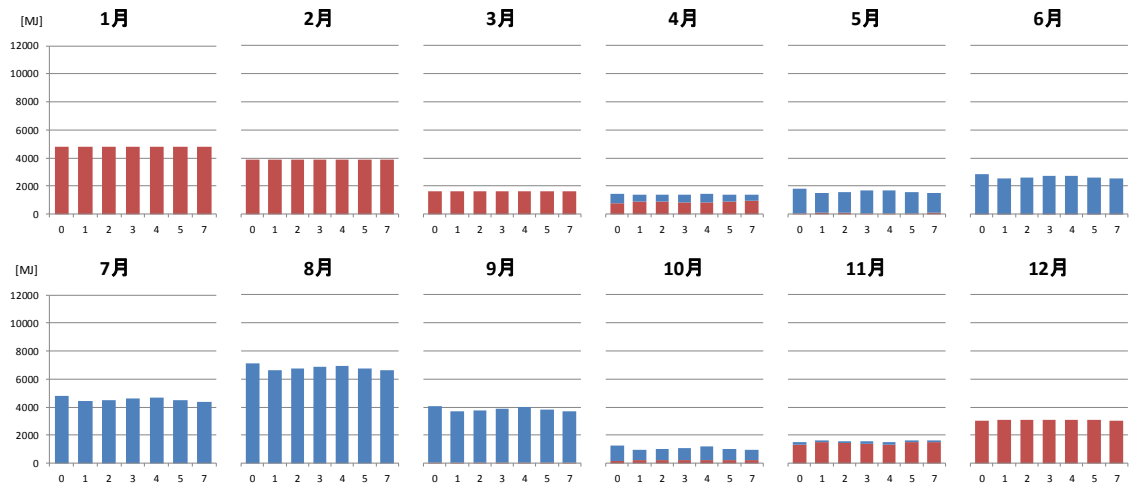


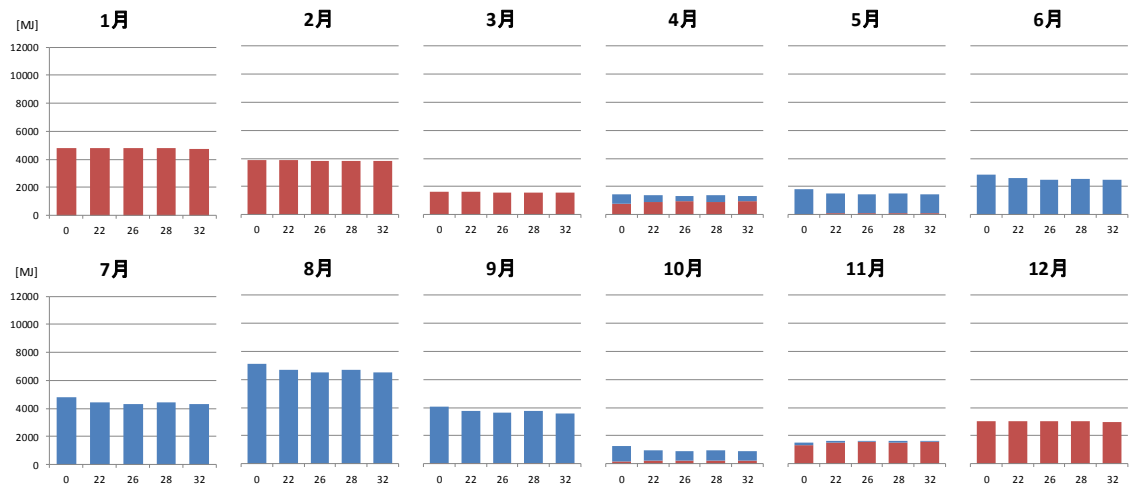
図 4.22 月別暖冷房負荷計算結果 (6 地域, 東京都, 透明複層ガラス)

窓に付属する日射遮蔽物の断熱性能に関する研究

ケース1 横型ブラインド



ケース2 ロールスクリーン



ケース3 ハニカムスクリーン

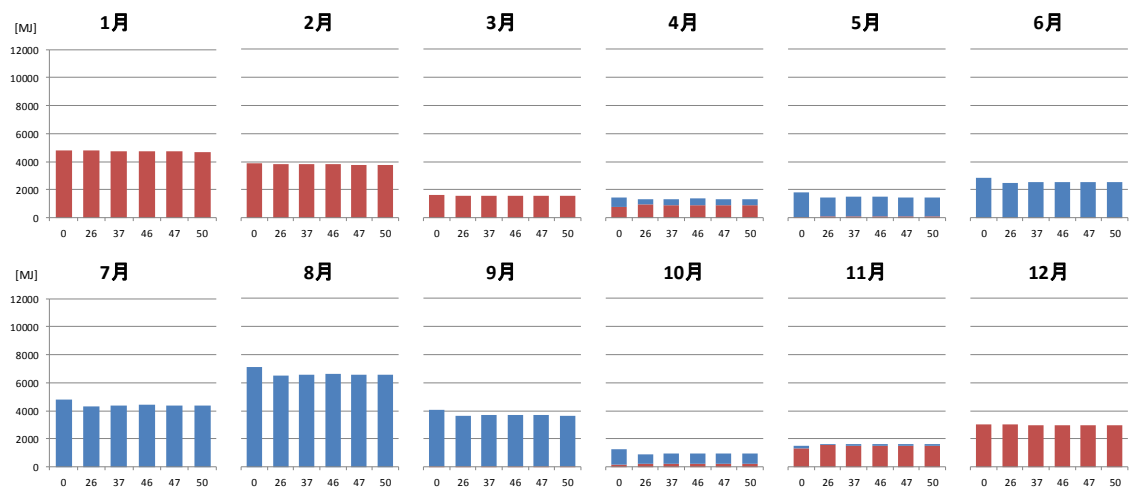
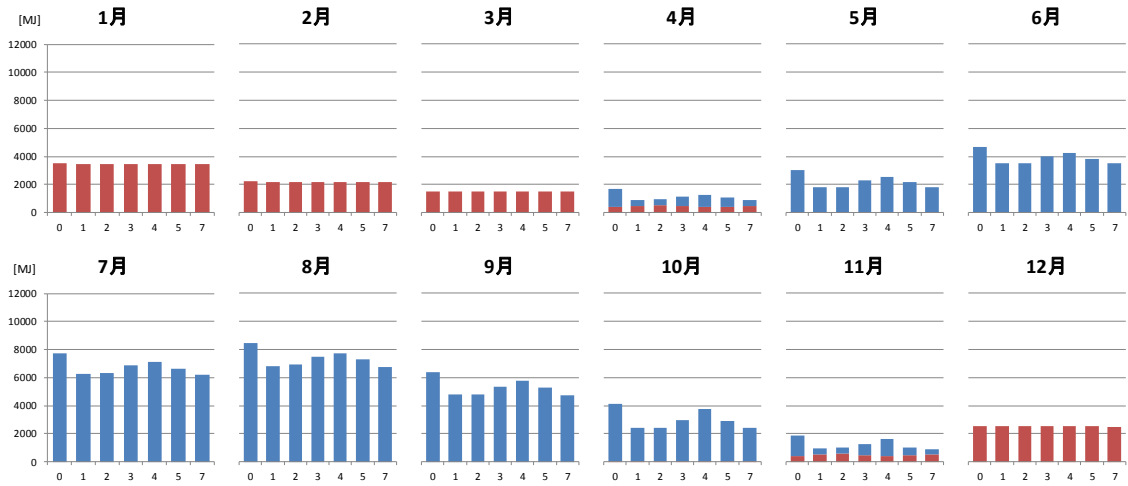
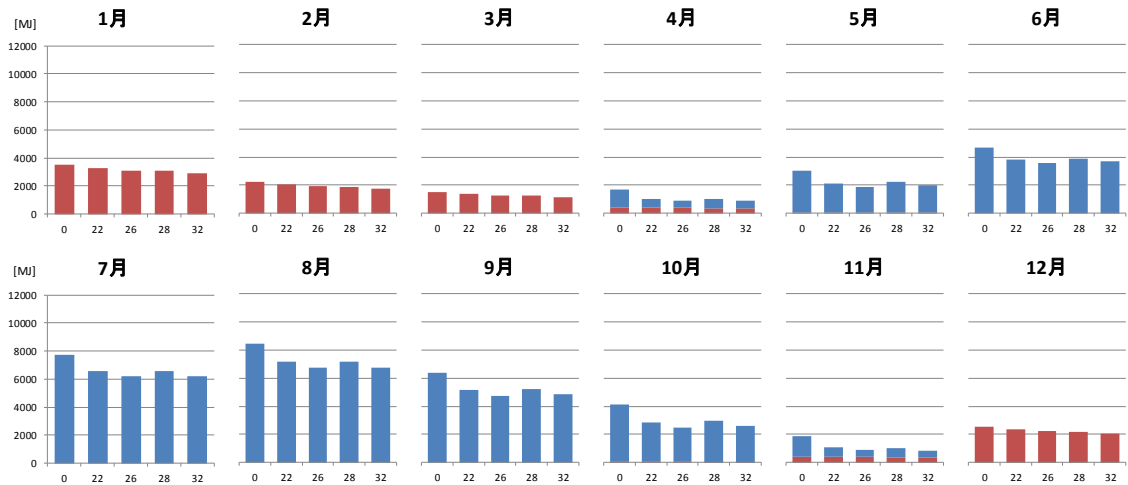


図 4.23 月別暖冷房負荷計算結果 (6 地域, 東京都, Low-E 複層ガラス)

ケース1 横型ブラインド



ケース2 ロールスクリーン



ケース3 ハニカムスクリーン

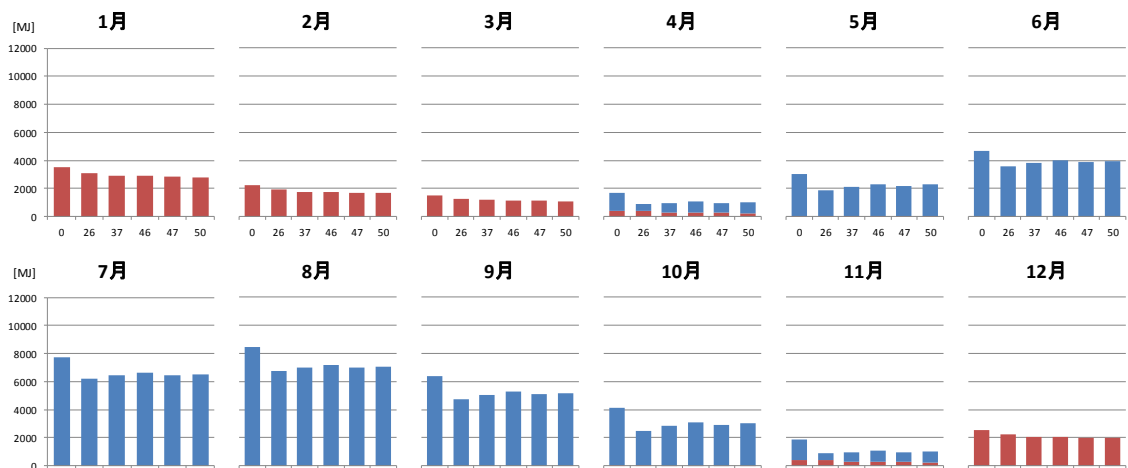


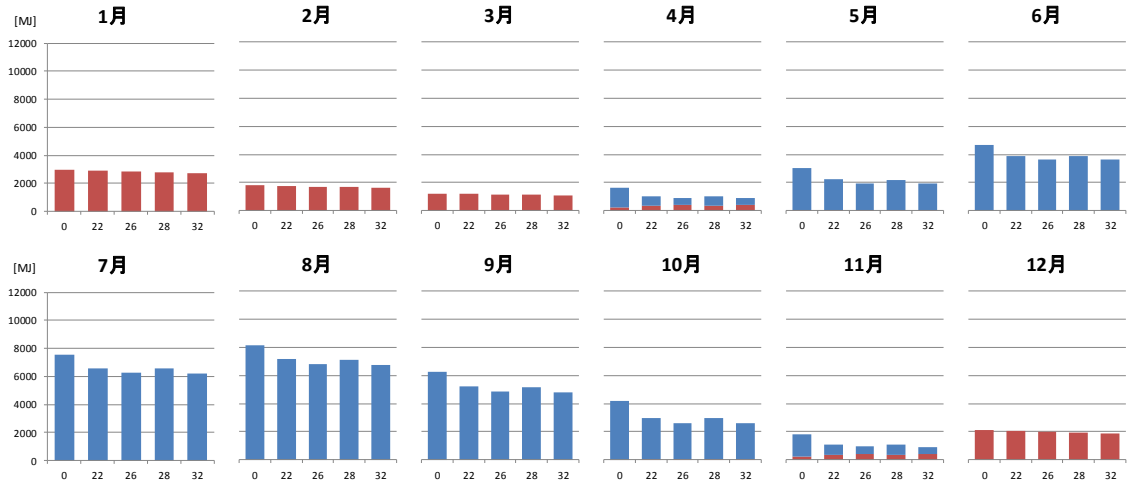
図 4.24 月別暖冷房負荷計算結果 (7 地域, 鹿児島, 透明単板ガラス)

窓に付属する日射遮蔽物の断熱性能に関する研究

ケース1 横型ブラインド



ケース2 ロールスクリーン



ケース3 ハニカムスクリーン

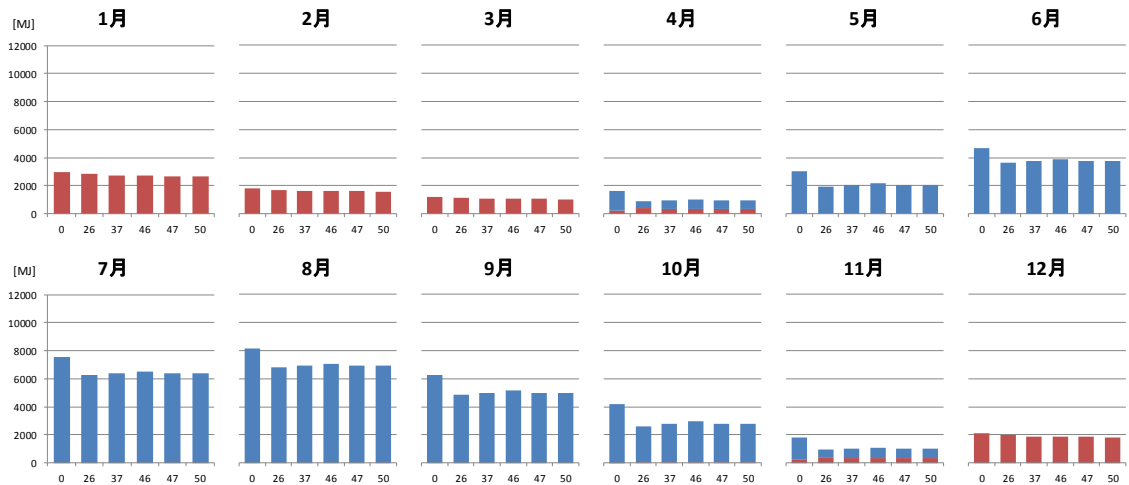


図 4.25 月別暖冷房負荷計算結果 (7 地域, 鹿児島, 透明複層ガラス)

ケース1 横型ブラインド



ケース2 ロールスクリーン



ケース3 ハニカムスクリーン

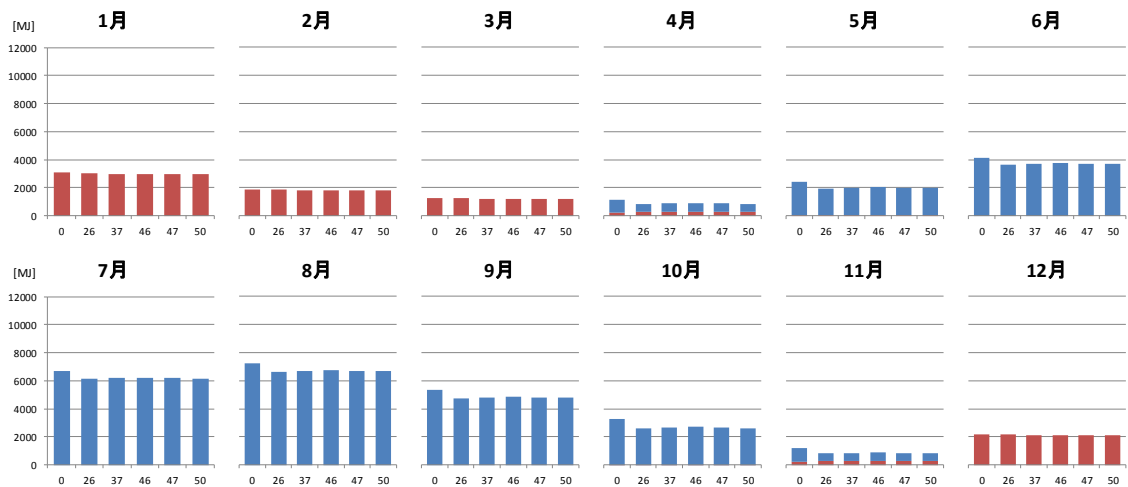


図 4.26 月別暖冷房負荷計算結果 (7 地域, 鹿児島, Low-E 複層ガラス)

3) 月別暖冷房負荷計算結果のまとめ

・ケース 1

よこ型ブランドにおけるスラット角度，及び全閉状態で一般ブラインドと高遮蔽型ブラインドの比較した結果，寒冷地を含め全地域で冬季の暖房負荷に顕著な差は見られなかった。これは，よこ型ブラインドの付加熱抵抗は最大でも $0.082 \text{ m}^2\text{K/W}$ と小さいため，各月の暖房負荷に与える影響が小さいのが要因と考える。

・ケース 2

ロールスクリーンの一般スクリーン，低放射スクリーン，及びサイドレール付による傾向を比較した結果，一般スクリーンと比較し低放射スクリーンの暖房負荷が小さくなり，サイドレール付はさらに小さい結果となった。特に寒冷地の冬期で透明ガラスに効果が大きい傾向にある。

・ケース 3

ハニカムスクリーンの一般スクリーン，遮光（内側金属箔付），及びサイドレール付による比較した結果，一般スクリーンに比較し遮光（内側金属箔付）の暖房負荷が小さくなりサイドレール付はさらに小さい結果となった。特に寒冷地の冬期で透明ガラスに効果が大きい傾向にある。

4.3.3 建物外皮断熱性能向上モデル暖冷房負荷

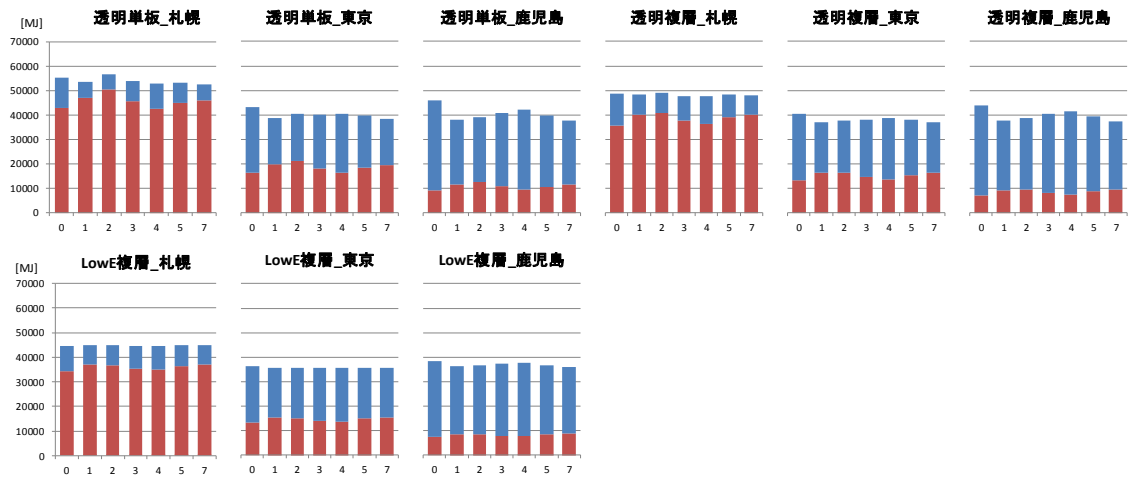
平成 11 年省エネルギー基準に対し，平成 25 年省エネルギー基準では建物外皮の断熱性能を高くし，現在政策がすすめられている Z E H 基準ではさらに高い設定とされている。建物外皮の断熱性能が向上することにより，窓の熱損失の影響が大きくなり，併せて窓に付属する遮蔽物の付加熱抵抗の影響が大きくなると予測されるため，前項で実施した熱負荷計算に対し，窓を除く建物外皮の断熱性能を向上させた場合の熱負荷計算を行った。

表 4.4 建物外皮熱貫流率 $W/(m^2 \cdot K)$

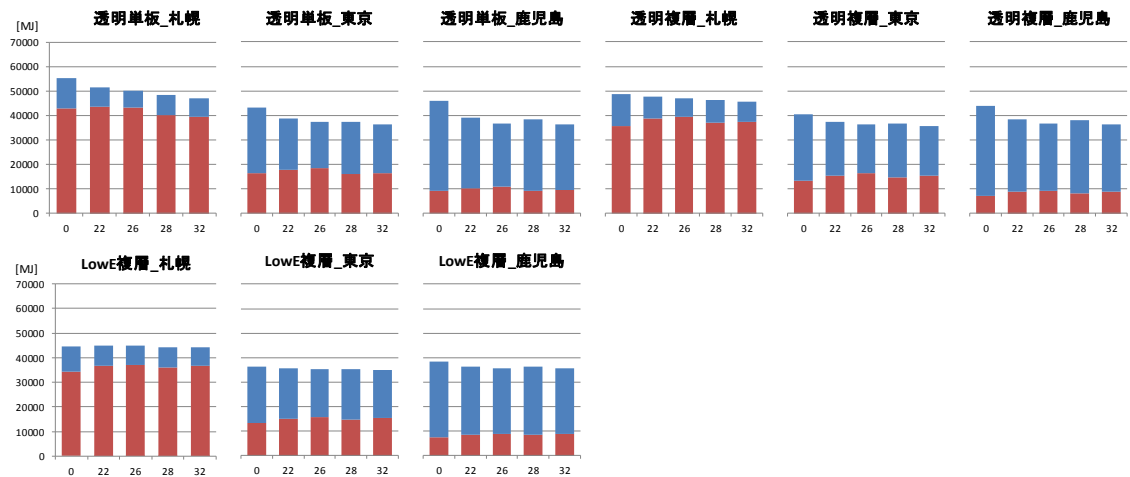
部位	デフォルトモデル前項			外皮断熱性向上モデル		
	札幌	東京	鹿児島	札幌	東京	鹿児島
壁	0.64	0.64	0.64	0.2	0.4	0.4
床	0.65	0.65	0.65	0.2	0.4	0.4
天井	0.70	0.70	0.70	0.2	0.4	0.4

1) 建物外皮断熱性能向上モデル年間暖冷房計算結果

ケース1 横型ブラインド



ケース2 ロールスクリーン



ケース3 ハニカムスクリーン

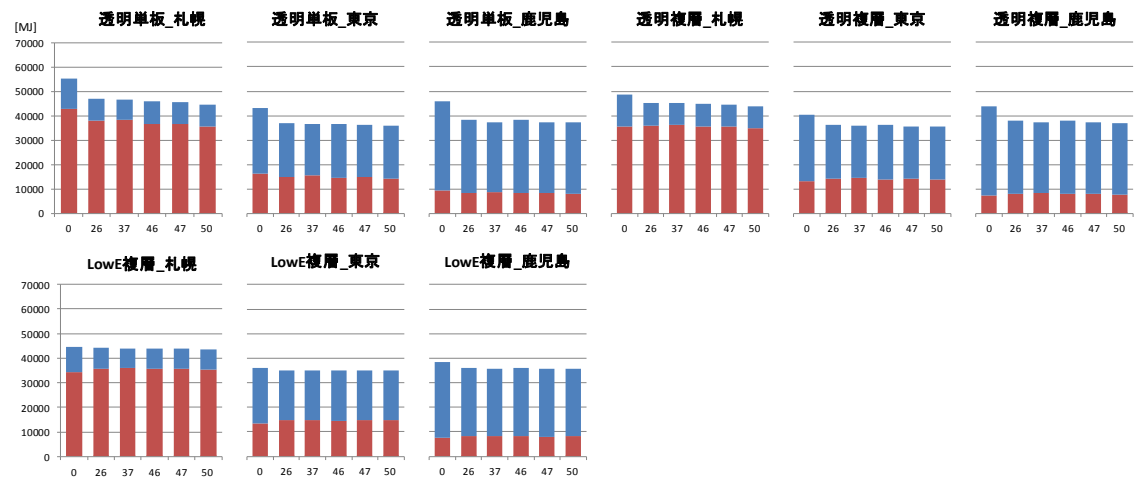


図 4.27 外皮断熱性能向上モデル 年間暖冷房負荷計算結果 (札幌, 東京, 鹿児島)

1) 建物外皮断熱性能向上モデル年間暖冷房計算結果のまとめ

外皮性能を向上したことにより、全体的に暖冷房負荷が小さくなっている。各々の傾向は、前モデルと概ね変わらないが、各々の差が顕著化している。

・ケース1

よこ型ブラインドにおけるスラット角度、及び全閉状態で一般ブラインドと高遮蔽型ブラインドの比較した結果、特に寒冷地でスラット角度を閉じた状態や高遮蔽型ブラインドのほうが暖房負荷は増加した。これは、よこ型ブラインドの付加熱抵抗は最大でも $0.082 \text{ m}^2\text{K/W}$ と小さいため、それよりも日中の日射熱を遮蔽して日射熱取得が小さくなったことが要因と考える。

・ケース2

ロールスクリーンの一般スクリーン、低放射スクリーン、及びサイドレール付による傾向を比較した結果、一般スクリーンと比較し低放射スクリーンの暖房負荷が小さくなり、サイドレール付はさらに小さい結果となった。

・ケース3

ハニカムスクリーンの一般スクリーン、遮光（内側金属箔付）、及びサイドレール付による比較した結果、一般スクリーンに比較し遮光（内側金属箔付）の暖房負荷が小さくなりサイドレール付はさらに小さい結果となった。

4.4 まとめ

試験により算定された日射遮蔽物の付加熱抵抗が、建物の省エネルギーへの程度貢献するのか評価することを目的とし、多数室非定常熱負荷計算プログラム「LESCOM」を用いて、建物モデルの開口部内側に取付けられた日射遮蔽物による熱負荷を求めた。

付加熱抵抗は、ブラインドよりもスクリーン(特にハニカムスクリーン)の効果が高いが、暖房負荷でその効果が実証できた。また、建物外皮の断熱性能を向上したモデルでは、全体の熱負荷が減少し、窓開口部の依存性が高まり、遮蔽物の付加熱抵抗の影響が大きくなる。

ガラスは、単板ガラスや透明複層ガラスで遮蔽物の付加熱抵抗の影響がみられ、古い断熱基準で建てられたストック住宅に効果的であることが実証できた。

4.5 参考文献

- 1) 武田仁,稲沼實,吉澤望,磯崎恭一郎：標準気象データと熱負荷計算プログラム LESCOM, 井上書院,2005年
- 2) The Lawrence Berkeley National Laboratory で開発されたフリーウェアの照明およびレンダリングソフト。
- 3) 宇田川光弘：標準問題の提案（住宅用標準問題），第15回熱シンポジウムテキスト，pp.24-33,日本建築学会環境工学委員会熱分科会（1985）
- 4) 滝沢博：標準問題の提案（オフィス用標準問題），第15回熱シンポジウムテキスト，pp.35-42,日本建築学会環境工学委員会熱分科会（1985）
- 5) 遠藤 晃，武田 仁，磯崎 恭一郎，佐久間 英二，中島 宏之：異なる開口部条件の比較を可能とした熱負荷計算プログラムの開発：各種ブラインドとガラスの組合せによる熱負荷特性の比較，日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2分冊，pp.443-444，2011

第 5 章 結論と総括

第5章 総括

5.1 本研究の要約

本論文は、一般的に住宅や建築物の窓の日除けとして日射遮蔽や日射熱取得、あるいは採光を行うことで知られるブラインドやスクリーンなどの日射遮蔽物（窓付属物）の断熱性能に着目し、様々な日射遮蔽物の製品種類や遮蔽面に使われる素材特性、窓枠との納まりなど断熱性能向上に寄与する要素を分析し、窓に日射遮蔽物を付属することによる省エネルギーの重要性についてまとめたものである。

本研究では、冬季の遮蔽物による窓の断熱性能の改善に焦点をあて、同一の測定装置、同一条件にて窓に付属するブラインドやスクリーン類 64 点の断熱性能を測定し、その傾向を開口部の隙間や面材の空隙率、通気、放射率などの要素から分析し、断熱性能向上の要素を取りまとめて報告する。また、断熱性能が向上したことによる省エネルギー効果を熱負荷計算により評価した。

これらの研究結果から、ブラインドやスクリーンなど各種遮蔽物の窓への最適な使い方を実験や計算などにより求め、遮蔽物を含めた実態に合った窓開口部の総合熱性能を研究し、将来的な省エネ基準への導入や JIS などの評価方法の拡充に反映することを目的とする。

第1章は、序論として本研究の背景と目的を述べ、日射遮蔽物の種類や断熱性能の現状と課題及び既往の研究の概説を述べた。

第2章は、冬季の遮蔽物による窓の断熱性能の改善に焦点をあて、同一の測定装置、同一条件にて窓に付属するブラインドやスクリーン類 64 点の断熱性能（付加熱抵抗）を測定し、その傾向を開口部の隙間や面材の空隙率、通気、放射率などの要素から分析し、断熱性能向上の要素を考察した。

本研究では、遮蔽物による窓の断熱性能改善に焦点をあて、同一の試験装置、同一条件にて窓の内側に付属するブラインドやスクリーン類について 64 点の断熱性能を測定し、その傾向を開口部の隙間や面材の空隙率、通気、放射率などの要素から分析し、断熱性能向上の要素を検証した。

試験結果から以下の要素を考察する。

- (1) 遮蔽物の断熱性能を向上させるには、遮蔽材（面材）の空隙率や上下左右の隙間を小さくし、低放射率の素材を使い、遮蔽材自体の熱抵抗を大きくすることが要素となる。
- (2) よこ型ブラインドは、高遮蔽・高气密化により断熱性能が向上する。
- (3) ロールスクリーンは、低放射率の生地を使い、サイドレール付にすることにより断熱性能が向上する。
- (4) ハニカムスクリーンは、スクリーン自体がセル構造で空気層を持つため、遮蔽物の中で最も断熱性能が高い。またサイドレール付にして気密性を高めることにより、断熱性能が

更に向上する。

- (5) 遮蔽物を2重に使うことで断熱性能が向上する。

第3章は、第2章で行った付加熱抵抗対し、既存計算法による算定をISO 15099を用いて計算を行い、付加熱抵抗の試験値と計算値の比較分析を目的として行った。本検証では、主な日射遮蔽物である「よこ型ブラインド」、「ロールスクリーン」、「ハニカムスクリーン」を対象とし、各々の遮蔽材の放射率、窓枠との隙間や面材の空隙率を求め計算に用いた。また参考にスクリーンの空隙率と通気量の関係を分析した。

- (1) よこ型ブラインドは、試験値に対し全体的に計算値が小さい結果となった。またスラット角度が、試験ではNo.2 (45°) < No.4 (-45°) に対し計算は、No.2 (45°) = No.4 (-45°) となった。この主要因は、試験ではスラット角度 45°と-45°のスラット部近傍の気流の形態が異なるのに対し、計算では、その違いを考慮していないことが要因と考えられる。ブラインド近傍の気流が不規則な流れをしていることは、気流可視化試験により確認している。
- (2) ロールスクリーンは、No.22~26の通常取付けに対し、サイドレール付のNo.28~32は乖離が大きい傾向にある。この計算では、遮蔽面の空隙の影響が小さく見積もられることなどが要因と考えられる。また、計算に使用するスクリーンの空隙率の算定方法に課題が残る、精度を上げる必要がある。通気（漏気）を考慮した評価方法を今後の課題とする。
- (3) ハニカムスクリーンは、概ね試験と計算の整合が見られた。これは、一般取付けであるNo.36~45のスクリーンの空隙が小さいことから、空隙よりもスクリーン自体の熱抵抗に依存したことが要因と推測できる。
- (4) 試験値に対しISO 15099により行った計算値は、概ね傾向が整合するが差が大きいものもあった。これはISO 15099による計算法が窓枠と日射遮蔽物の隙間や遮蔽材の空隙などか生じる通気を考慮したものであるものの、遮蔽物を通る自然対流を正確に考慮した計算となっていないことが要因と考える。
- (5) 近年の研究により、ブラインドのスラット間を通る気流を実験やCFDを用いて検討した例があるが、気流はブラインドの状態や近傍温度との関係により複雑な気流を示すことがわかってきており、ISO 15099による計算では、そのような現象を考慮できていない。
- (6) 遮蔽物を付属した窓の通気（漏気）や遮蔽材の放射率を考慮した断熱性能の評価方法は、遮蔽物による断熱性能を簡便に評価する手法として重要であるため、今後の検討課題としたい。試験値と計算値の差は、10%以内が望ましいと考える(NFRC 100A-2014 参考)。

第4章は、試験により算定された日射遮蔽物の付加熱抵抗が、建物の省エネルギーへのどの程度貢献するのか評価することを目的とし、多数室非定常熱負荷計算プログラム「LESCOM」を用いて、建物モデルの開口部内側に取付けられた日射遮蔽物による熱負荷を求めた。

付加熱抵抗は、ブラインドよりもスクリーン（特にハニカムスクリーン）の効果が高く、暖房負荷によりその効果が実証できた。また、建物外皮の断熱性能を向上したモデルでは、全体の熱負荷は減少するが、窓開口部の依存性が高まり、遮蔽物の付加熱抵抗の影響が大きくなる。ガラスは、単板ガラスや透明複層ガラスで遮蔽物の付加熱抵抗の影響がみられ、古い断熱基準で建てられたストック住宅や寒冷地に効果的であることが実証できた。

5.2 今後の課題と展望

建物外皮のうち、熱損失が大きい窓開口部に焦点をあて、容易に取付け取り外しが可能な日射遮蔽物を付属することにより、断熱性能向上に寄与することを目的に近年開発されている新しいタイプの遮蔽物を含め多くの種類の評価を行い、得られたから結果から今後の研究や技術開発によって解決すべき課題を整理し、展望を述べ総括した。

- (1) 遮蔽物の断熱性能を向上させるには、遮蔽材（面材）の空隙率や上下左右の隙間を小さくし、低放射率の素材を使い、遮蔽材自体の熱抵抗を大きくすることが要素となる。空隙率や上下左右の隙間を小さくすることにより断熱性能が上されるが、窓が遮光状態となり、日中の採光という観点では課題が残る。断熱性と日中の採光を考慮すると、スクリーンの窓面側の放射率を低く保ち、空隙率や上下左右の隙間をなくし、採光が可能な遮蔽物の技術開発が望まれる。
- (2) よこ型ブラインドは、高遮蔽・高气密化により断熱性能が向上する。ただし、スラットが短冊状に重なる構造のため、気密性に限度があり、ロールスクリーンやハニカムスクリーンに比べ断熱性能は劣る課題がある。解決するには、遮蔽時にスクリーン同等の遮蔽面の気密性が保ち、熱伝導率が低い素材を用い、窓面側の放射熱伝達を低くするなど、多くの課題要素を持つが、ブラインド機能と断熱性が両立することは、国際的にみても先進的であるため、今後の技術開発が望まれる。
- (3) ロールスクリーンは、低放射率の生地を使い、サイドレール付にすることにより断熱性能が向上する。(1) 同様、採光機能と断熱機能の両立が望まれる。
- (4) ハニカムスクリーンは、スクリーン自体がセル構造で空気層を持つため、遮蔽物の中で最も断熱性能が高い。またサイドレール付にして気密性を高めることにより、断熱性能が更に向上する。(1) 同様、採光機能と断熱機能の両立により快適性と省エネルギーの両立した最適な遮蔽物への進化を期待したい。
- (5) 遮蔽物を2重に使うことで断熱性能が向上する。2重に使うことは、2つの遮蔽物機能を使用し、季節、地域、日中・夜間などで使い分け、日射熱取得や日射遮蔽、採光や遮光、断熱を最適化できる可能性を持つ。最適化モデルの検討や評価を今後の課題とする。
- (6) 試験値に対し ISO 15099 により行った計算値は、概ね傾向が整合するが差が大きいものもあった。試験値と計算値の差は、10%以内が望ましいと考える（NFRC 100A-2014 参考）。遮蔽物を付属した窓の通気（漏気）や遮蔽材の放射率を考慮した断熱性能の評

価方法は、遮蔽物による断熱性能を簡便に評価する手法として重要であるため、今後の検討課題としたい。

- (7) 遮蔽物による窓の断熱性能向上は有効な手段であるが、ガラスと遮蔽物の中空層に温度差が生じやすく、ガラス表面に結露が生じる可能性があるため、詳細な評価や断熱性が高く結露の生じにくい遮蔽物の開発を今後の課題として留意する。
- (8) 現在、窓に付属する遮蔽物の断熱性能を評価する明確な方法がないため、本研究を参考に、測定法並びに計算法の JIS 開発など評価法の確立を目指したい。
- (9) 本研究により、窓に日射遮蔽物を付属することにより、種類や使い方によって窓の断熱性能が大きく向上することを示すことができた。近年外皮の高断熱化の推進をしており、高断熱な遮蔽物を付属することは重要である。また簡単に取り換えができる付属物の特徴を生かし、ストック住宅の断熱改修としても期待できる。本研究の成果から、省エネルギー基準に付属物（日射遮蔽物）を拡充することを今後の展望とする。
- (10) 開口部は、省エネルギー以外にも、様々な要素と可能性を持つ。それらの要素を以下に示し、今後要素の組み合わせにより、健康・省エネルギー・快適で、少子高齢化社会に対応した日射遮蔽物の進化やその評価法が進むことを展望する。
 - ① 採光による昼光利用と照明エネルギーの削減。
 - ② 遮光による、快眠や健康促進、ホームシアターやプロジェクター利用。
 - ③ 日射遮蔽による冷房負荷低減。
 - ④ 日射熱取得による暖房負荷低減。
 - ⑤ 入射光のコントリールによる不快グレア低減。
 - ⑥ 入射光と遮蔽のコントロールによる、生体リズムのコントロールと健康促進。
 - ⑦ 表面の色・柄の意匠により視的快適空間を創造し、知的生産性向上や心理コントロール。

Summary

Study on additional thermal resistance of windows with shading devices

Eiji Sakuma

Summary

This paper focuses on thermal insulation performance of shading devices (for windows) such as blinds or screens known for solar shielding, solar heat gain, or lighting as sunshades for windows of houses and other buildings. It analyzes properties of materials used in various types of shading device products and shielding surfaces and elements such as fit to the window frame that contribute to improved insulation performance, and it summarizes the importance of energy conservation from attaching shading devices to windows.

Chapter 1, covers the background and objectives of this study as a preface along with types of shading devices and current status and issues in insulation performance.

Chapter 2, places a focus on improvement to window insulation performance by shading devices in winter. Measurement was performed on the insulation performance (additional thermal resistance) of windows with shading devices such as blinds or screens for 64 cases with identical test devices and conditions. Tendencies were analyzed in terms of elements such as gap in the opening, porosity of surface material, ventilation characteristics, and emissivity in order to examine the elements of improved insulation performance.

In chapter 3, calculations are made according to ISO 15099 by conventional calculation methods as opposed to the measurement of additional thermal resistance in chapter 2 in order to make comparative analysis of test and calculation values of additional thermal resistance. In verification herein, calculations were performed to find emissivity of each shielding material, gaps with window frame and porosity of surface material for the main shading devices of "venetian blinds ", "roller screens"

and "cellular screens". For reference, the relation between porosity and volume of ventilation was analyzed.

In chapter 4, thermal load by shading devices attached to the inside of window openings of a model building was sought using a multi-room non-stationary thermal load calculation program. This was done to evaluate contribution to building energy conservation of the additional thermal resistance of shading devices calculated by tests.

Chapter 5 summarizes as a conclusion the study results and findings gained from this research. It also organizes the issues that need to be overcome by future research and summarizes the outlook for the future.

既発表論文一覧

■ 既発表論文一覧

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，頁等	発行場所，発表雑誌等又は発表学会等名称	著者名
1*	窓に付属する日射遮蔽物の断熱性能に関する研究	2017年1月 第82巻 第731号 pp. 31-41	日本建築学会 環境系論文集	佐久間 英二 二宮 秀與 永田 明寛 萩原 伸治
2	角度変化型ブラインドの形状および光学特性値による照明用電力削減効果の比較検討	2016年2月 第50巻 p159-164	日本建築学会 技術報告集	谷口 智子 鳥居 由樹男 佐久間 英二 倉本 義弘 鈴木 道哉 岩田 利枝

1. 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，頁等	発行場所，発表雑誌等又は発表学会等名称	著者名
1*	内付けブラインドの断熱性能及び日射遮へい性能に関する研究 その1 断熱性試験	2009年 環境工学Ⅱ (41015) pp. 29-30	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (東北)	田坂 太一 藤本 哲夫 萩原 伸治 佐久間 英二 遠藤 晃
2	内付けブラインドの断熱性能及び日射遮へい性能に関する研究 その2 日射遮蔽性試験	2009年 環境工学Ⅱ (41016) pp. 31-32	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (東北)	遠藤 晃 佐久間 英二 藤本 哲夫 萩原 伸治 田坂 太一
3	内付けブラインドの断熱性能及び日射遮へい性能に関する研究 その3 日射遮蔽性の推定	2009年 環境工学Ⅱ (41017) pp. 33-34	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (東北)	萩原 伸治 藤本 哲夫 田坂 太一 佐久間 英二 遠藤 晃

窓に付属する日射遮蔽物の断熱性能に関する研究

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, 頁等	発行場所, 発表雑誌等又は発表学会等名称	著者名
4*	内付けベネシャンブラインドの入射角特性を考慮した熱負荷計算	2009年 環境工学Ⅱ (41050) pp. 111-112	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (東北)	佐久間 英二 武田 仁 磯崎 恭一郎 遠藤 晃
5	ブラインドクリーニングによる熱負荷特性 クリーニングによる日射反射率復元効果	2010年 環境工学Ⅱ (41230) pp. 459-460	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (北陸)	佐久間 英二 武田 仁 磯崎 恭一郎 遠藤 晃
6	高反射率ブラインドの熱負荷特性 高反射率塗料, 2層コート, クリア塗装仕様の年間冷暖房負荷	2010年 環境工学Ⅱ (41231) pp. 461-462	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (北陸)	磯崎 恭一郎 武田 仁 佐久間 英二 遠藤 晃
7	高反射性ロールスクリーンによるファザード熱性能改善効果に関する研究	2010年 D-8 pp. 273-276	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集(山口)	千代延 亜弥 米田 拓郎 金正 秀 佐藤 孝広 織間 正行 佐久間 英二 田辺 新一
8*	異なる開口部条件の比較を可能とした熱負荷計算プログラムの開発 各種ブラインドとガラスの組合せによる熱負荷特性の比較	2011年 情報システム技術 (11008) pp. 443-444	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (関東)	遠藤 晃 武田 仁 磯崎 恭一郎 佐久間 英二 中島 宏之
9*	高遮蔽ブラインドの熱負荷特性 スラット部の遮蔽性を向上させたことによる省エネルギー効果	2011年 環境工学Ⅱ (41267) pp. 541-542	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (関東)	佐久間 英二 武田 仁 磯崎 恭一郎 遠藤 晃 中島 宏之

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, 頁等	発行場所, 発表雑誌等又は発表学会等名称	著者名
10	表裏異色ブラインドの熱負荷特性 冷暖房期の表裏を異にした省エネルギー効果	2011年 環境工学Ⅱ (41268) pp. 543-544	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (関東)	磯崎 恭一郎 武田 仁 佐久間 英二 遠藤 晃 中島 宏之
11	高反射性ロールスクリーンを用いた簡易エアフローウィンドウの性能評価 その1 実験概要および室内上下温度分布・放射温度・窓周辺温度分布の結果	2011年 環境工学Ⅱ (41273) pp. 553-554	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (関東)	三宅 宏美 米田 拓朗 和田 一樹 佐久間 英二 田辺 新一
12	高反射性ロールスクリーンを用いた簡易エアフローウィンドウの性能評価 その2 鉛直面日射量・室内断面温度分布の結果および処理熱量解析	2011年 環境工学Ⅱ (41274) pp. 555-556	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (関東)	米田 拓朗 三宅 宏美 和田 一樹 佐久間 英二 田辺 新一
13	昼光利用型ブラインドの比較研究	2011年 5-18 p.114	照明学会全国大会 講演論文集(愛媛)	伊藤 大輔 佐久間 英二 中島 広之
14	DEVELOPMENT OF LIGHTSHELF BLIND FOR DAYLIGHTING	2011年 P-2.5-04	The ISES Solar World Congress 2011 Proceedings	伊藤大輔 岩田利枝 佐久間 英二
15	開口部の日射熱取得性能 その4 各種日射調整フィルムの日射熱取得率測定結果	2012年 環境工学Ⅱ (41025) pp. 49-50	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (東海)	倉山 千春 佐久間 英二 木下 泰斗
16	ベネシャンブラインドの冬季日射熱取得と断熱効果に関する研究 その1 実験の概要および色・遮蔽性による比較	2012年 環境工学Ⅱ (41039) pp. 77-78	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (東海)	佐久間 英二 武田 仁 遠藤 晃 中島 広之 勝亦 俊

窓に付属する日射遮蔽物の断熱性能に関する研究

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, 頁等	発行場所, 発表雑誌等又は発表学会等名称	著者名
17	ベネシャンブラインドの冬季日射熱取得と断熱効果に関する研究 その2 スラット角度の違いによる日射熱取得と断熱性能比較	2012年 環境工学Ⅱ (41040) pp. 79-80	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (東海)	中島 広之 武田 仁 佐久間 英二 遠藤 晃 勝亦 俊
18	ベネシャンブラインドの冬季日射熱取得と断熱効果に関する研究 その3 各種ガラスとブラインドの組合せによる日射熱取得と断熱性能比較	2012年 環境工学Ⅱ (41041) pp. 81-82	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (東海)	勝亦 俊 武田 仁 佐久間 英二 中島 広之 遠藤 晃
19	ベネシャンブラインドの冬季日射熱取得と断熱効果に関する研究 その4 スラット角度の違いによる夜間断熱性能比較	2012年 環境工学Ⅱ (41042) pp. 83-84	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (東海)	遠藤 晃 武田 仁 佐久間 英二 中島 広之 勝亦 俊
20	カーテンのヒダ形状を考慮した熱負荷計算 Radianceによるひだを考慮した光学特性	2012年 環境工学Ⅱ (41078) pp. 155-156	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (東海)	磯崎 恭一郎 武田 仁 佐久間 英二
21	Simplified Air-Flow Window System for Thermal Performance and Visual Comfort	2012年 4E.2	Healthy Building 2012 (Brisbane, Australia)	三宅宏美 田辺 新一 和田 一樹 佐久間 英二
22*	グレージング複合体の熱性能計算法に関する研究 その1 計算方法の概要及びベネシャンブラインドの開口面積の考慮方法	2013年 環境工学Ⅱ (41059) pp. 117-118	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (北海道)	勝亦 俊 西川 祥子 佐久間 英二 木下 泰斗 二宮 秀與

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, 頁等	発行場所, 発表雑 誌等又は発表学会 等名称	著者名
23*	グレージング複合体の熱性能計算法に関する研究 その2 計算値と測定値の比較	2013年 環境工学Ⅱ (41060) pp. 119-120	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (北海道)	西川 祥子 勝亦 俊 木下 泰斗 佐久間 英二 二宮 秀與
24*	付属物のある窓の断熱性能に関する研究	2013年 環境工学Ⅱ (41064) pp. 127-128	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (北海道)	干 海源 永田 明寛 清水 則夫 宮澤 千頭 佐久間 英二
25	開口部の日射熱取得性能 その5 複層ガラス+日射遮蔽物の 日射熱取得率測定結果	2013年 環境工学Ⅱ (41088) pp. 175-176	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (北海道)	石積 広行 倉山 千春 宮澤 千頭 上乘 正信 佐久間 英二 二宮 秀與
26	開口部の日射熱取得性能 その7 遮蔽物の日射減衰係数	2013年 環境工学Ⅱ (41090) pp. 179-180	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (北海道)	上乘 正信 倉山 千春 二宮 秀與 児島 輝樹 佐久間 英二 宮澤 千頭
27	開口部の日射熱取得性能 その8 日射遮蔽物の付加熱抵抗近似式	2013年 環境工学Ⅱ (41091) pp. 181-182	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (北海道)	児島 輝樹 倉山 千春 二宮 秀與 上乘 正信 佐久間 英二
28	ベネシャンブラインドの日射熱取得と断熱効果に関する研究 その5 夏季におけるスラット角度の 違いによる日射熱取得と断熱性能比較	2013年 環境工学Ⅱ (41095) pp. 189-190	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (北海道)	中島 広之 武田 仁 佐久間 英二 遠藤 晃 勝亦 俊

窓に付属する日射遮蔽物の断熱性能に関する研究

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, 頁等	発行場所, 発表雑誌等又は発表学会等名称	著者名
29	ベネシャンブラインドの日射熱取得と断熱効果に関する研究 その6 夏季における各種ガラスとブラインドの組合せによる日射熱取得と断熱性能比較	2013年 環境工学Ⅱ (41096) pp. 191-192	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (北海道)	遠藤 晃 武田 仁 佐久間 英二 中島 広之 勝亦 俊
30	ベネシャンブラインドの日射熱取得と断熱効果に関する研究 その7 低放射スクリーンの表裏の使用方法に関する研究	2013年 環境工学Ⅱ (41097) pp. 193-194	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (北海道)	佐久間 英二 武田 仁 遠藤 晃 中島 広之 勝亦 俊
31	昼光利用における窓面と壁面の好ましい輝度対比に関する研究 その4 ブラインド利用時における窓面輝度の扱いについて	2014年 環境工学Ⅰ (40261) pp. 563-564	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (近畿)	加藤 未佳 吉澤 望 山口 秀樹 三木 保弘 佐久間 英二
32	グレージング複合体の熱性能計算法に関する研究 その3 各種ガラスとブラインドの組合せによる温度分布測定結果	2014年 環境工学Ⅱ (41032) pp. 63-64	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (近畿)	勝亦 俊 西川 祥子 佐久間 英二 木下 泰斗 二宮 秀與 倉山 千春 児島 輝樹 赤荻 弘樹
33*	グレージング複合体の熱性能計算法に関する研究 その4 測定値との比較による計算法の検証	2014年 環境工学Ⅱ (41033) pp. 65-66	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (近畿)	西川 祥子 勝亦 俊 木下 泰斗 佐久間 英二 二宮 秀與 倉山 千春 児島 輝樹 赤荻 弘樹

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, 頁等	発行場所, 発表雑誌等又は発表学会等名称	著者名
34	ベネシャンブラインドの日射熱取得と断熱効果に関する研究 その8 スラット角度の違いによる日射透過率比較	2014年 環境工学Ⅱ (41034) pp. 67-68	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (近畿)	赤荻 弘樹 武田 仁 佐久間 英二 中島 広之 遠藤 晃 勝亦 俊
35	ベネシャンブラインドの日射熱取得と断熱効果に関する研究 その9 夏季における各種ガラスとブラインドの組合せによる日射透過率比較	2014年 環境工学Ⅱ (41035) pp. 69-70	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (近畿)	中島 広之 武田 仁 佐久間 英二 遠藤 晃 勝亦 俊 赤荻 弘樹
36	日射遮蔽物の中空層熱特性に関する研究 その1 ベネシャンブラインドのスラット角度の違いによる中空層風速の測定	2014年 環境工学Ⅱ (41087) pp. 173-174	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (近畿)	佐久間 英二 武田 仁 勝亦 俊
37	日射遮蔽物の中空層熱特性に関する研究 その2 CFDを用いた中空層換気特性	2014年 環境工学Ⅱ (41088) pp. 175-176	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (近畿)	鈴木 宏和 武田 仁 佐久間 英二
38	開口部の日射熱取得性能 その11 遮蔽物付き条件での計算と測定の比較	2014年 環境工学Ⅱ (41089) pp. 177-178	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (近畿)	田代 達一郎 木下 泰斗 倉山 千春 佐久間 英二 二宮 秀與 上乘 正信 児島 輝樹

窓に付属する日射遮蔽物の断熱性能に関する研究

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, 頁等	発行場所, 発表雑誌等又は発表学会等名称	著者名
39	開口部の日射熱取得性能 その12 スラット角度を固定した 状態でのブラインドの測定	2014年 環境工学Ⅱ (41090) pp. 179-180	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (近畿)	上乘 正信 児島 輝樹 勝亦 俊 倉山 千春 木下 泰斗 二宮 秀與 佐久間 英二
40	開口部の日射熱取得性能 その13 調光ガラスを用いた窓の 日射熱取得率測定結果	2014年 環境工学Ⅱ (41091) pp. 181-182	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (近畿)	宮澤 千頭 倉山 千春 二宮 秀與 児島 輝樹 上乘 正信 田代 達一郎 木下 泰斗 佐久間 英二
41	拡散透光によるオフィスの昼光利用 その1 Radianceによるシミュレーション	2015年 環境工学Ⅰ (40213) pp. 459-460	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (関東)	伊藤 誠之 中島 広之 佐久間 英二
42	拡散透光によるオフィスの昼光利用 その2 拡散透光ブラインドのグレア評価	2015年 環境工学Ⅰ (40214) pp. 461-462	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (関東)	中島 広之 佐久間 英二 伊藤 誠之 赤荻 弘樹
43	グレージング複合体の熱性能評価 法に関する研究 その1 グレージング複合体周辺の 気流可視化実験結果	2015年 環境工学Ⅱ (41006) pp. 21-22	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (関東)	勝亦 俊 村井 雄一 永田 明寛 西川 祥子 佐久間 英二 木下 泰斗

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, 頁等	発行場所, 発表雑誌等又は発表学会等名称	著者名
44	グレーディング複合体の熱性能評価法に関する研究 その2 実験と二次元モデルによるCFD解析との比較	2015年 環境工学Ⅱ (41007) pp. 23-24	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (関東)	村井 雄一 勝亦 俊 永田 明寛 西川 祥子 佐久間 英二 木下 泰斗
45*	日射遮蔽物の断熱性能に関する研究 日射遮蔽物による断熱性能改善の検討	2015年 環境工学Ⅱ (41008) pp. 25-26	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (関東)	佐久間 英二 二宮 秀與 萩原 伸治 田坂 太一 勝亦 俊
46	角度変化型ブラインドによる照明用電力削減効果に関する研究	2015年3月 第85巻(Ⅱ) pp. 129-132	日本建築学会 関東支部研究報告集	谷口 智子 岩田 利枝 鳥居 由樹男 佐久間 英二 倉本 義弘 鈴木 道哉
47*	スクリーンの付加熱抵抗の定量化に関する研究	2016年3月 第55巻(Ⅱ) pp. 293-296	日本建築学会 九州支部研究報告集	濱地 加奈 二宮 秀與 佐久間 英二
48*	日射遮蔽物の付加熱抵抗の定量化に関する研究 その1 スクリーンの付加熱抵抗と計算検証	2016年 環境工学Ⅱ (41019) pp. 49-50	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (九州)	佐久間 英二 二宮 秀與 濱地 加奈 萩原 伸治
49*	日射遮蔽物の付加熱抵抗の定量化に関する研究 その2 スクリーンと窓との間の換気量の測定	2016年 環境工学Ⅱ (41020) pp.51-52	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (九州)	濱地 加奈 二宮 秀與 佐久間 英二

窓に付属する日射遮蔽物の断熱性能に関する研究

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, 頁等	発行場所, 発表雑誌等又は発表学会等名称	著者名
50	グレージング複合体の熱性能評価法に関する研究 その3 温度条件を変えた気流可視化実験結果	2016年 環境工学Ⅱ (41021) pp.53-54	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (九州)	勝亦 俊 村井 雄一 神山 輝 西川 祥子 永田 明寛 佐久間 英二 木下 泰斗
51	グレージング複合体の熱性能評価法に関する研究 その4 実験とCFD解析の比較	2016年 環境工学Ⅱ (41022) pp.55-56	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (九州)	村井 雄一 勝亦 俊 西川 祥子 神山 輝 永田 明寛 佐久間 英二 木下 泰斗
52	グレージング複合体の熱性能評価法に関する研究 その5 CFD解析によるケーススタディ	2016年 環境工学Ⅱ (41023) pp.57-58	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (九州)	神山 輝 永田 明寛 村井 雄一 勝亦 俊 西川 祥子 佐久間 英二 木下 泰斗
53	グレージング複合体の熱性能評価法に関する研究 その6 CFD解析とISO 15099に基づく計算の比較	2016年 環境工学Ⅱ (41024) pp.59-60	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (九州)	西川 祥子 勝亦 俊 村井 雄一 神山 輝 永田 明寛 佐久間 英二 木下 泰斗
54*	日射遮蔽物における放射率と断熱性の関係	2016年 環境工学Ⅱ (41030) pp.71-72	日本建築学会大会 学術講演梗概集 (九州)	赤荻 弘樹 馬淵 賢作 佐久間 英二 勝亦 俊

謝 辭

謝辞

本論文は、私が所属する株式会社ニチベイにおいて、2008年からブラインド類の省エネルギーの調査・研究、データ整備を開始し、これまで活動してきた共同研究や、鹿児島大学大学院で研究した窓の付属物であるブラインドなど日射遮蔽物の熱性能に関する研究の成果をまとめたものであり、関係する多くの方にご指導と貴重なご助言をいただきました。最後に、御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2009年から一般社団法人リビングアメニティ協会に組織された窓の熱性能審査委員会に参加させていただいたところより様々のご指導いただきました。同委員会への参加をはじめとしてその後、窓の遮熱性能計算方法 JIS 原案作成委員会、窓の遮熱性能試験方法 JIS 原案作成委員会、平成 23・24 年度建築基準整備促進事業 34.開口部材の日射侵入率等熱特性に関する調査、グリーン建材普及促進基盤構築調査事業（窓協力分科会、窓/ガラス分科会、窓遮熱性能国際標準化分科会、窓のエネルギー性能評価法原案作成分科会、窓・カーテンウォール部会）に召集していただき、国内外の様々な研究者と意見を交わす場を提供していただき、多くのことを学ぶことができました。2014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ました。入学後も主任指導教官としてご多忙の中にも関わらず懇切丁寧な指導を賜りました。全てのことが有意義であり、また通常では経験することのできない貴重な時間を過ごさせていただきました。これまで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 本間俊雄先生、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際に、有益かつ的確なご指導、ご助言をいただきました。ここに深く感謝申し上げます。

東京理科大学名誉教授 武田仁先生には、2008年よりブラインド類の熱負荷計算やプログラムの共同研究、ならびに屋外実験棟における遮蔽物の熱性能評価の共同研究にご協力いただき、多くの意見交換やご指導、ご助言をいただきました。ここに深く感謝申し上げます。

首都大学東京都市環境学部教授 永田明寛先生には、平成 24 年度国際標準化事業 窓の断熱性能実証試験・ISO 化委員会に召集いただき、様々な研究者の方々と意見を交わすことを含め多くの知見を得ることができました。また、本論文の実験値に対する計算評価に対し、多くのご指導・ご助言をいただきました。また、貴大学と共同研究をさせていただいている窓近傍の気流可視化研究では、グレーディング複合体（ガラス-ブラインド近傍）の実験および解析にご協力いただき、有益な発見や知見を得られました。ここに深く感謝申し上げます。

一般財団法人建材試験センター中央試験所環境グループ 萩原伸治博士には、2008年から窓の付属物の断熱性能試験の共同研究において、試験の実施や評価に関しご協力いただき、本論文においても、ご指導ご助言いただきました。同センターでご協力いただきました、藤本哲夫様、田坂太一様を含めてここに深く感謝申し上げます。

窓に付属する日射遮蔽物の断熱性能に関する研究

故・倉山千春博士（当時、国土交通省国土技術政策総合研究所 主任研究官）には、これまで窓の熱性能評価に関する研究や JIS 開発に関する委員会などで多くのご指導をいただきました。特に窓の性能評価を、日射遮蔽物を含めた窓として主導的に推進していただき、日射遮蔽物の我が国での性能評価や研究が発展しました。ここに深く感謝申し上げます。

日本板硝子株式会社 木下泰斗博士には、これまで窓の熱性能評価に関する JIS 開発や調査に関する委員会など海外調査を含め多くの機会にご一緒させていただき、多くのことを学ぶことができました。有志の研究会を共に発足し、窓の未来に向けた勉強会や情報交換ならびに共同研究をさせていただき、多くの知見を得ることと研究の奥深さを学び、大変有意義でありました。また鹿児島大学大学院の先輩として、多くの有益な意見交換をさせていただくとともに多くのご助言やご指導をいただきました。ここに深く感謝申し上げます。

日本板硝子株式会社 西川祥子氏には、木下様同様に有志の研究会で様々な勉強会や情報交換ならびに共同研究をさせていただき、多くの知見が得られ大変有意義なことでありました。ここに深く感謝申し上げます。

YKK AP 株式会社 児島輝樹氏には、これまで窓の熱性能評価に関する JIS 開発、ISO 提案に関する委員会等で多くの意見交換をさせていただき、有益な知見が得られました。また、鹿児島大学大学院では、同期入学生として研究のご助言、ご協力をいただきました。ここに深く感謝申し上げます。

株式会社 LIXIL 宮澤千頭博士には、これまで窓の熱性能に関する委員会等で多くの意見交換させていただきました。また鹿児島大学大学院の先輩として、多くのご助言やご指導いただきました。また、本論文におけるハニカムスクリーンの熱抵抗算定においてご指導、ご助言いただきました。ここに深く感謝申し上げます。

三協立山株式会社 三協アルミ社 上乘正信氏には、これまで窓の熱性能に関する委員会等で多くの意見交換をさせていただきました。また、窓の熱性能に関する知見を惜しみなくご提供いただきましたこと、ここに深く感謝申し上げます。

YKK AP 株式会社 齋藤孝一郎博士には、これまで窓の熱性能に関する委員会等で多くの意見交換をさせていただき、有益な知見が得られました。また鹿児島大学大学院の先輩として、多くのご助言やご指導いただきました。ここに深く感謝申し上げます。

株式会社 LIXIL 田代達一郎博士には、これまで窓の熱性能に関する委員会等で多くの意見交換をさせていただき、有益な知見が得られました。また鹿児島大学大学院の先輩として、多くのご助言やご指導いただきました。ここに深く感謝申し上げます。

YKK AP 株式会社 伊藤春雄氏、日本板硝子株式会社 塩崎智子氏には、これまで窓の熱性能評価に関する委員会等で多くの意見交換をさせていただき、有益な知見が得られました。ここに深く感謝申し上げます。

一般社団法人リビングアメニティ協会窓の熱性能審査委員会委員ならびに関係者の皆さまには、同委員会での WindEye の開発を通じて多くの意見交換をさせていただき、有益な知見が得られました。ここに深く感謝申し上げます。

一般社団法人日本建材・住宅設備産業協会におかれましては、JIS 開発や ISO 提案、海外への普及に関する委員会など多くの委員会に参加させていただき、多くの経験をさせていただき有益な知見が得られました。関係者の皆さまには、ここに深く感謝申し上げます。

株式会社ニチベイ 遠藤晃氏、中島宏之氏、勝亦俊氏、赤荻弘樹氏には、これまで当社のブラインド類の省エネ評価整備や研究を目的とした「省エネチーム」のメンバーとして、共に歩んでまいりました。共に歩んださまざまな調査や研究を通して本論文にたどりつくよう協力いただきましたこと、ここに深く感謝申し上げます

株式会社ニチベイの福岡社長をはじめ、私の所属する商品開発本部ならびに関係部署の方々には、私の大学院社会人学生として博士号取得というチャレンジをバックアップしていただき、会社業務と大学院性の2足のわらじでこれまで遂行することができました。ここに深く感謝申し上げます。

最後に私ごとになりますが、鹿児島大学大学院での博士号取得という私のチャレンジを応援し支えてくれた家族や友人に深く感謝申し上げます。

2017年3月
佐久間 英二