

平成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

---

# 開口部の日射熱取得性能および 断熱性能の評価方法に関する調査

鹿児島大学大学院 / 滋賀県立大学

YKK AP株式会社 / 日本板硝子株式会社

三協立山株式会社 / 株式会社LIXIL

株式会社ニチベイ / 株式会社鹿児島TLO

## 課題背景

- 住宅・建築物の暖冷房負荷を削減するためには、開口部の日射熱取得性能と断熱性能に関する正確な情報が重要である。
- 現行の省エネルギー基準(H24年4月時点)では附属物の評価はレースカーテン、内付ブラインド、紙障子等に限定されており、スクリーンなどの新しい日射遮蔽物に適用できない。
- 開口部材のサイズの違いやカーテンウォール等の扱いも含め、熱性能の評価方法が確立されているとは言い難い。

## 調査目的

- 開口部材の日射熱取得率(日射侵入率)について実測によるデータベースを整備する。
- 開口部材の日射熱取得率の計算による評価方法を検討する。
- 窓サイズの違い等が熱貫流率も含めた外皮全体の熱特性に及ぼす影響について定量的な検討を行う。

## 調査内容

- 代表的開口部材及び日射遮蔽部材の組み合わせを対象とした日射熱取得率(日射侵入率)の計測。平成23年度は単板ガラスを主に検討した。24年度は複層ガラスと遮蔽物の組み合わせについて検討する。
- 国際規格案を含む種々の日射熱取得率の計算方法に関する比較検証及び改良。24年度は日射の斜め入射を考慮した評価方法を整理する。
- 既存の熱貫流率計算方法に関する調査及び比較検証。24年度はカーテンウォールの実用的な計算法の整理と、開口サイズの考慮の要否について検討する。

調査内容の3課題に対して具体的な検討項目が設定されている。

## (イ)日射熱取得率の測定

- 代表的開口部材と開口部附属物を組み合わせた場合の日射熱取得率(日射侵入率)を測定し、結果をデータベース化する。
- 測定は建築研究所の日射熱取得率測定装置を用いて実施する。
- 複層ガラスと日射遮蔽部材を組み合わせた場合(8種類以上)の日射侵入率(日射熱取得率)及び熱貫流率の測定を行い、データを収集整理する。

## (ロ)日射熱取得率計算方法の調査

- 日射の斜め入射特性を考慮した各種仕様の日射熱取得率計算方法の整備を行う。
- 本調査事業の成果をまとめて、既存の熱負荷計算法へ適用するための計算アルゴリズムを検討する。

## (ハ)熱貫流率計算方法の調査

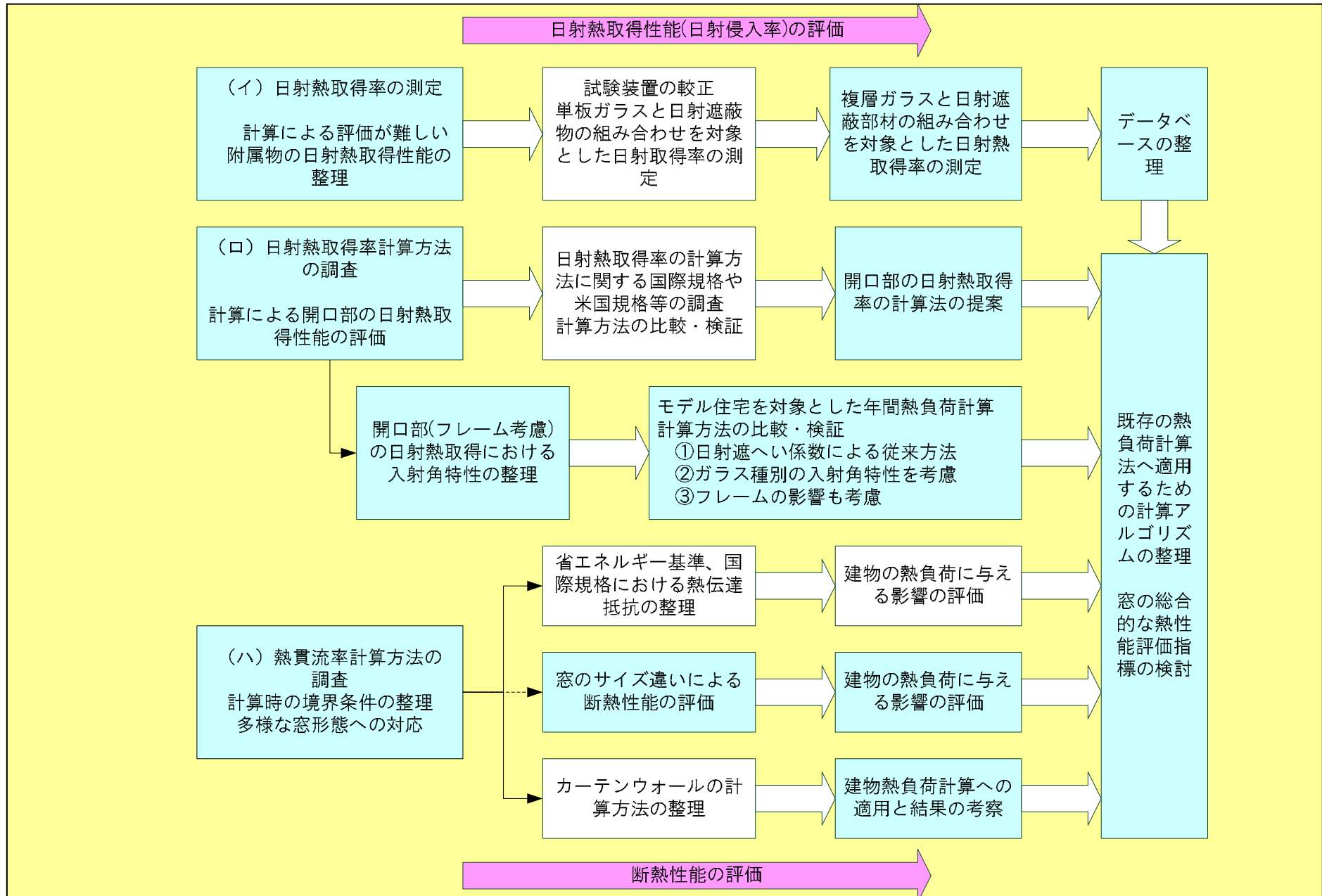
- 実用的なカーテンウォール計算方法の整備を行う。
- 開口部材の熱貫流率計算における熱伝達抵抗、開口部サイズの考慮の要否について整理する。
- 本調査事業の成果をまとめて、既存の熱負荷計算法へ適用するための計算アルゴリズムを検討する。

# 「開口部の日射熱取得性能および断熱性能の評価方法に関する調査」委員会

	配置予定者	所属・役職
主査	二宮 秀與	鹿児島大学大学院理工学研究科・教授
委員	赤坂 裕	鹿児島高専・校長
	伊丹 清	滋賀県立大学・環境科学部・講師
	伊藤 春雄	YKKAP株式会社・上席常務
	齊藤 孝一郎	YKKAP株式会社・開発本部
	児島 輝樹	YKKAP株式会社・開発本部
	木下 泰斗	日本板硝子株式会社・機能硝子部
	塩崎 智子	日本板硝子株式会社・機能硝子部
	田代 達一郎	株式会社LIXIL・金属・建材カンパニー・商品本部
	宮澤 千顕	株式会社LIXIL・IT推進本部
	上乘 正信	三協立山株式会社・三協アルミ社・技術開発統括部
	佐久間 英二	株式会社ニチベイ・商品開発本部
	共同研究者	澤地 孝男
桑沢 保夫		独立行政法人建築研究所・環境研究グループ
宮田 征門		独立行政法人建築研究所・環境研究グループ
赤嶺 嘉彦		独立行政法人建築研究所・環境研究グループ
管理運営	吹留 博実	株式会社鹿児島TLO・代表取締役

調査項目(イ)(ロ)(ハ)についてそれぞれWGを設置する。  
WGは委員外の民間事業者にも参加して頂き、技術的知見の提供等の協力を得る。

**研究委員会とWGを設置して項目毎に調査を実施。**



## (イ) 日射熱取得率の測定 ー調査の目的とスケジュールー

### 調査の目的

- ・窓の日射熱取得率はフレームの材質による影響が少なく、ガラスの性能やフレームの面積比率によって定まる。省エネルギー基準(H24年4月時点)では、遮蔽物の評価対象はレースカーテン、内付ブラインド、紙障子、外付ブラインドに限定されており、近年普及しつつあるスクリーン類が含まれないなど評価できるものが限定される。
- ・本調査では代表的な開口部材と遮蔽物を組み合わせた場合の日射熱取得率を測定にて評価し、データを整理した。

昨年度は単板ガラスとサッシ・遮蔽物の組合せ計21通りで測定を実施し、報告した。

### 測定スケジュール

	平成23年度			平成24年度				
	第2四半期	第3四半期	第4四半期	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	
付属物の日射熱取得率の測定及びDB化	測定装置の整備 試験体の選定		報告書	測定装置の調整		日射熱取得率の測定 結果分析・DB整理		報告書
測定と計算の整合性	日射熱取得率の測定 DB(データベース)化			測定と計算の 整合性の確認				

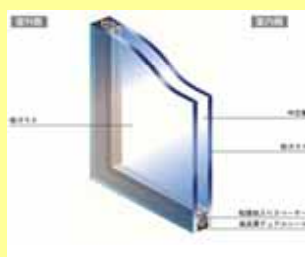


# (イ) 日射熱取得率の測定 ー試験体の選定ー

本年度は複層ガラスとサッシフレーム・遮蔽物の組み合わせにて測定計39通りを実施した。

## \* 複層ガラス(5種類)

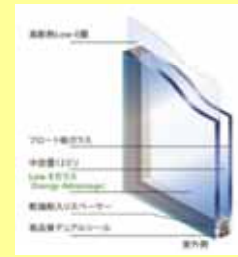
- ・透明普通複層
- ・日射取得型Low-E複層(CVD型)
- ・日射中庸型Low-E複層(銀1層)
- ・日射遮蔽型Low-E複層(銀2層)
- ・複層真空ガラス



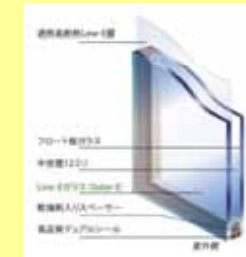
普通複層



日射取得型Low-E複層(CVD)



日射中庸型Low-E複層(銀1層)



日射遮蔽型Low-E複層(銀2層)

## \* 遮蔽物

- ・外付:ブラインド、ロールスクリーン
- ・内付:ブラインド(縦型、横型、高遮蔽型)、ロールスクリーン、プリーツスクリーン
- ・内窓:紙障子、木製サッシ(透明フロート板ガラス)



外付ブラインド



内付ブラインド



内付ロールスクリーン



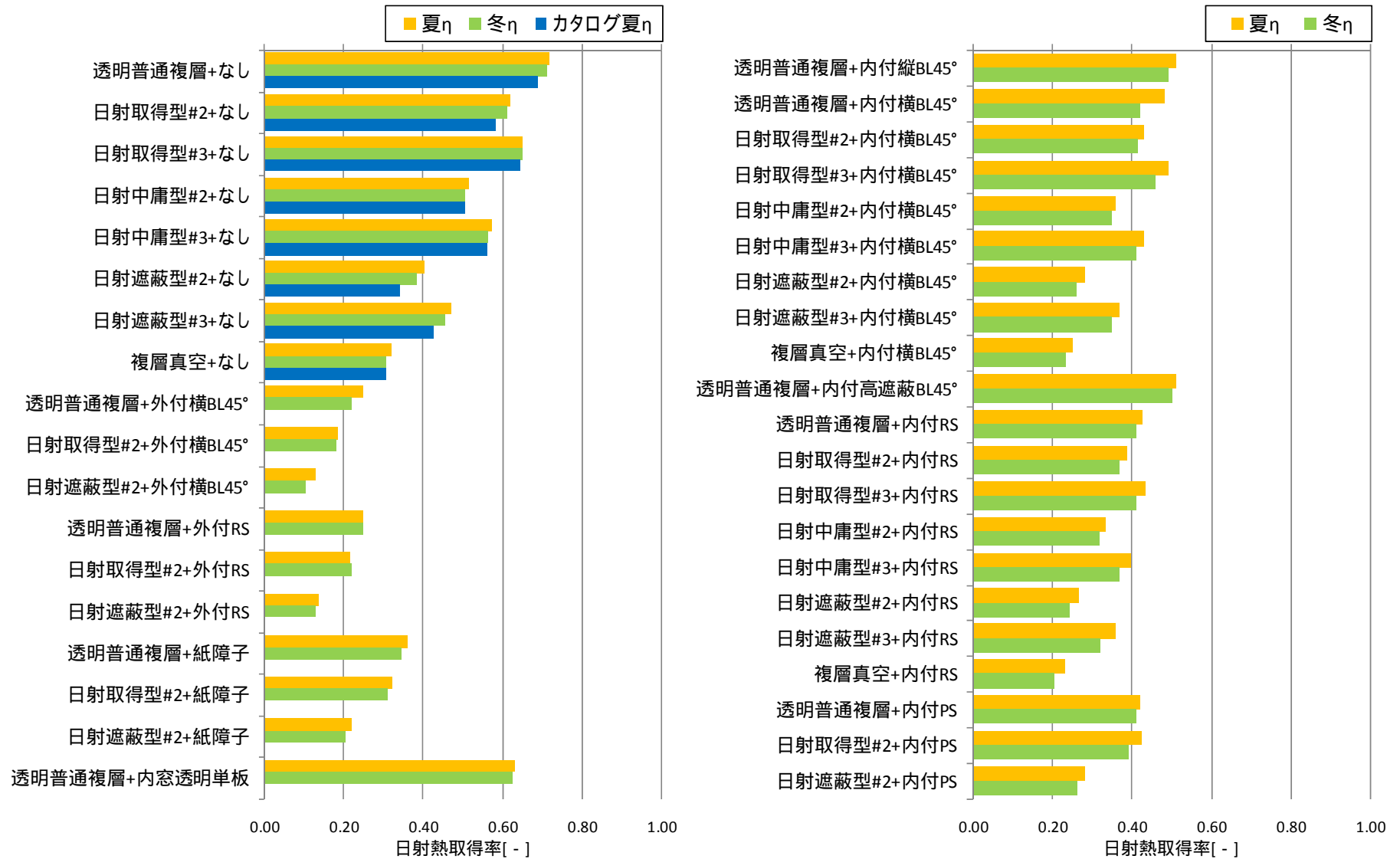
内付プリーツスクリーン



内窓(紙障子)

注) フレームの種類は影響が少ないため、1種類とする。

# (1) 日射熱取得率の測定 一測定結果



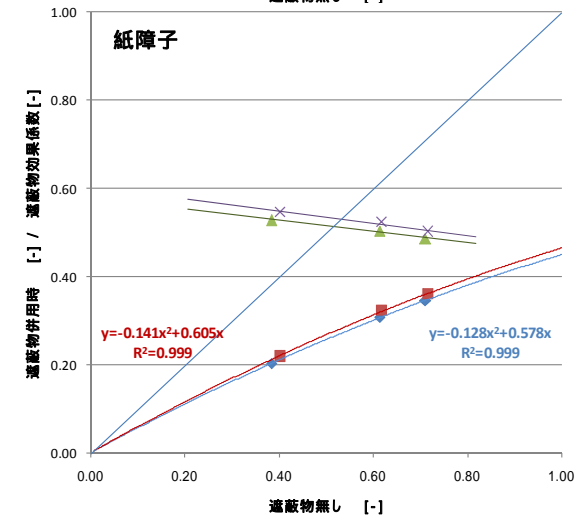
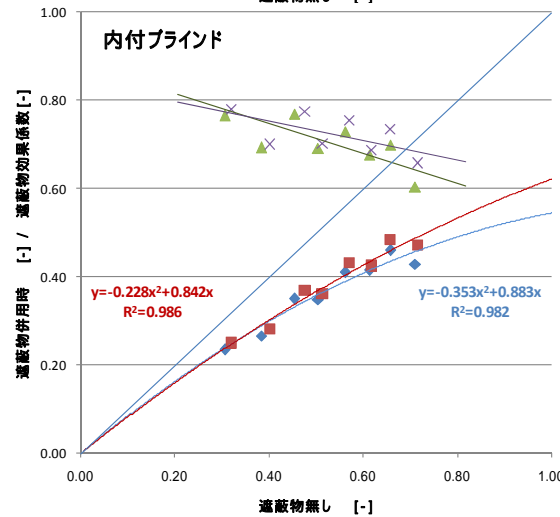
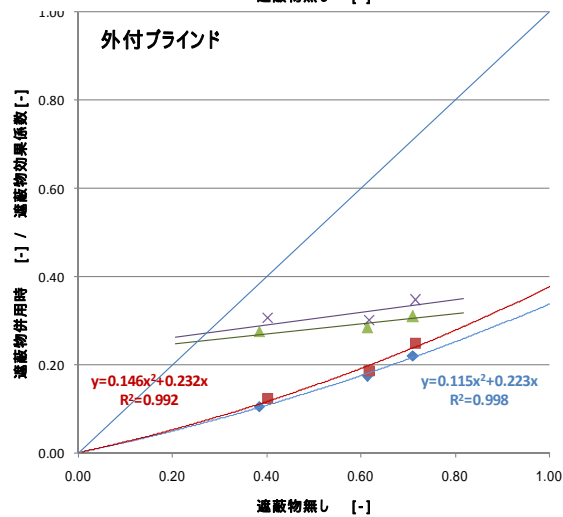
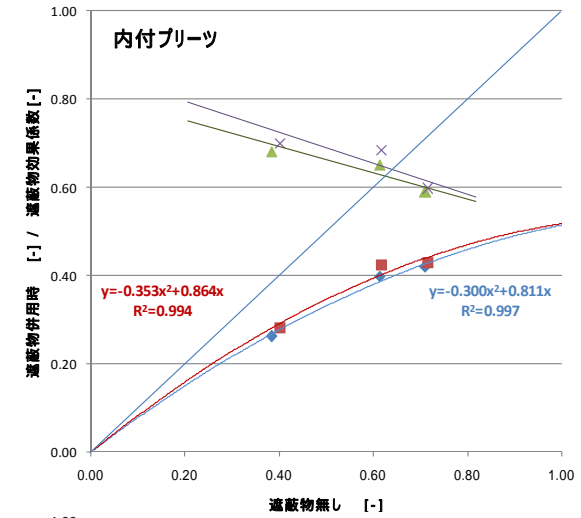
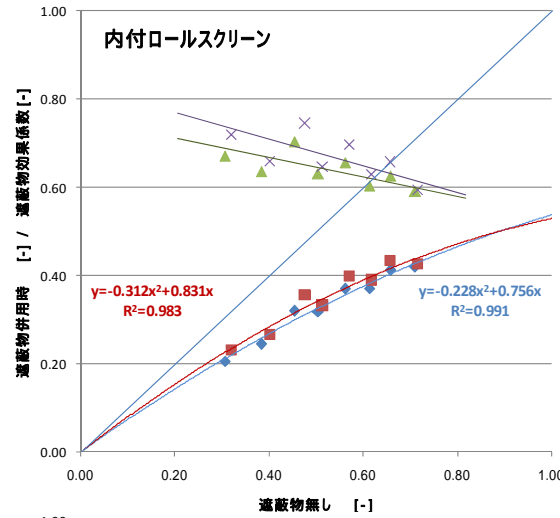
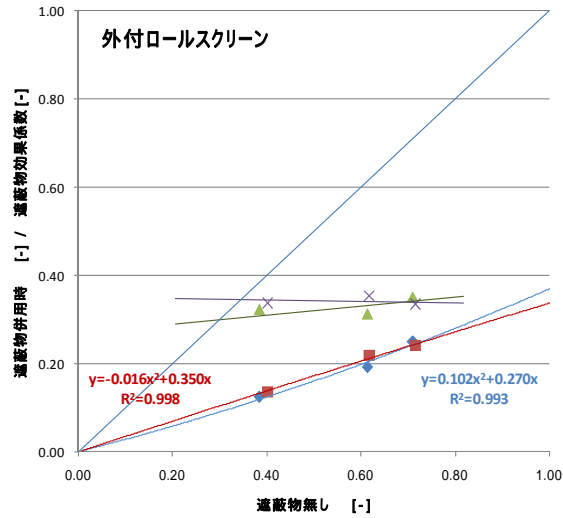
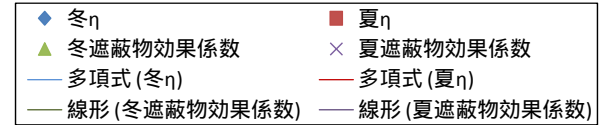
注1) カタログ夏 $\eta$ はガラス 面積比率を乗じた値      注2) BL: ブラインド、RS: ロールスクリーン、PS: プリーツスクリーン

- ・測定結果と複層ガラス単体の日射熱取得率(カタログ値) × ガラス面積比率と概ね一致
- ・日射熱取得率は 外付BL < 外付RS < 紙障子 < 内付RS < 内付PS < 内付BL



## ・遮蔽物の有無による相関、及び遮蔽物効果係数

遮蔽物効果係数は遮蔽物無しに対する遮蔽物併用時の日射熱取得率の比(0~1)で表した値で、遮蔽物単体の日射熱取得率に相当するものとする。



- ・遮蔽物の有無による相関は高く、内付は上に凸の2次曲線，外付は直線に近い
- ・日射熱取得率によって遮蔽物効果係数は、外付ではあまり変わらないが、内付では値が変わる

# (イ) 日射熱取得率の測定 - ガラス-遮蔽物間の付加熱抵抗 -

- 測定による付加熱抵抗の近似式作成
- 測定による付加熱抵抗算出式

$$\Delta R = R_{glz} - R_g$$

$\Delta R$  : 遮蔽物の付加熱抵抗 [m<sup>2</sup>·K/W]  
 $R_{glz}$  : 遮蔽物ありの試験体の熱貫流抵抗 [m<sup>2</sup>·K/W]  
 $R_g$  : 遮蔽物なしの試験体の熱貫流抵抗 [m<sup>2</sup>·K/W]

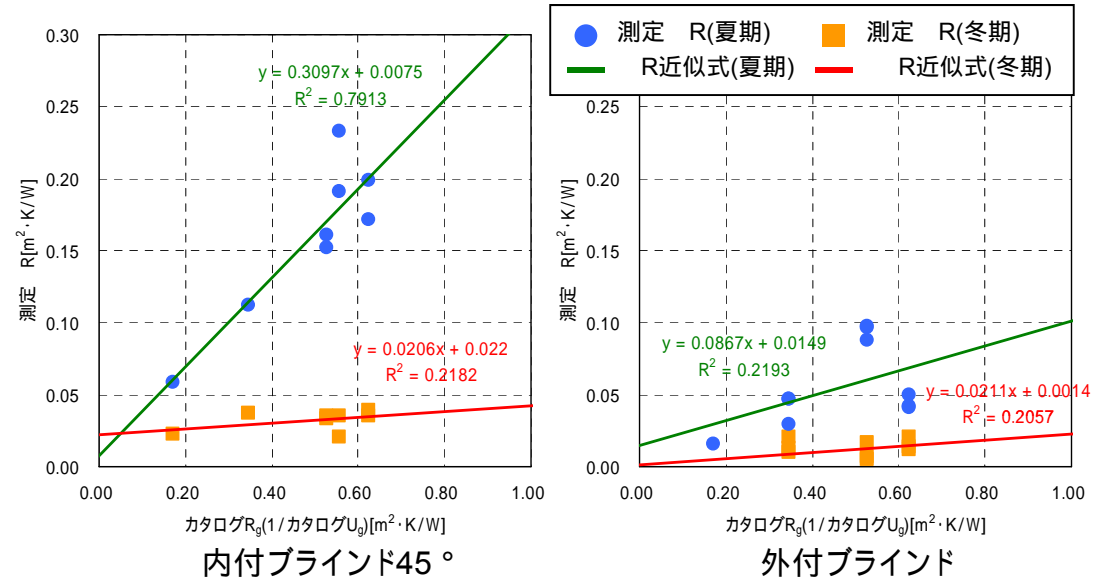
### 付加熱抵抗の近似式作成

- ガラスの熱貫流抵抗  $R_g$  と付加熱抵抗  $\Delta R$  の相関より近似式作成

$$\Delta R = a \cdot R_g + b$$

$a, b$  : 遮蔽物毎の係数

- 付加熱抵抗の遮蔽物毎の係数



季節条件		夏期条件		冬期条件	
遮蔽物毎の係数		$a$	$b$	$a$	$b$
遮蔽物の種類	外付ブラインド	0.087	0.015	0.021	0.001
	紙障子	1.863	- 0.239	0.200	0.184
	内付ブラインド(スラット角度: 水平)	0.220	- 0.018	- 0.009	0.024
	内付ブラインド(スラット角度: 45°)	0.310	0.008	0.021	0.022
	内付ブラインド(スラット角度: - 45°)	0.180	0.009	- 0.008	0.026
	内付ブラインド(スラット角度: 全閉)	0.310	0.045	0.053	0.022
	内付ロールスクリーン	0.310	0.045	0.053	0.022

・ガラス-遮蔽物間の付加熱抵抗を、ガラスの熱貫流抵抗から近似する式を整理した  
 ・測定データはデータベース項目毎に分類し、目的に応じて有効に活用できるよう整理した

# (口) 日射熱取得率計算方法の調査 – 調査の目的とスケジュール –

## 調査の目的

- 最新の国際規格や米国およびEU規格を調査し日射熱取得率(日射侵入率)の計算方法を整理する。そして、国内で開発されている日射熱取得率計算法との比較検証を行う

窓の熱性能の計算法に関して既往の研究を俯瞰すると共に、各国で定められている計算法の規格と本邦での取組み内容を精査する。

計算に使用されているツールを精査し、その特長と問題点を明らかにすると共に、同一モデルの計算を試行しその結果を比較考察する。

遮熱性能計算法JIS案と遮熱性能測定法JIS案による窓の日射熱取得率を比較し、両者の整合性を検証する共に、計算法JIS案の根拠を精査にする。

## 調査スケジュール

	平成23年度			平成24年度(申請時の案)			
	第2四半期	第3四半期	第4四半期	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
1. 国際規格等調査 計算法比較・検証	計算法調査、測定との比較・検証		報告書				
2. フレーム+ガラス 斜入射評価法調査			斜入射計算法開発	計算法整合性確認	DB化		報告書
窓の遮熱性能 計算法の提案				計算法提案 (垂直入射)	計算法・測定法 の比較・検証		報告書

# (口) 日射熱取得率計算方法の調査 — 各国規格調査結果 —

	国際規格	米国	欧州	日本 (JIS案)
基本規格	ISO 15099	NFRC 200	なし	JIS規格案JISC審査中
関連規格	ISO 10077s, ISO 9050, ISO 9845-1	ISO 15099, NFRC 100, NFRC 300	EN 673, EN 410, EN 13363, ISO 10292, ISO 9050,	JIS A 2102s, JIS R 3106, JIS R 3107
遮熱性能の記号と名称	$g_s$ : Total solar energy Transmittance	SHGC: Solar Heat Gain Coefficient	$g$ : Total solar energy transmittance	: 日射熱取得率
窓全体	グレージングとフレームの面積加重平均	ISO 15099の方法に従う	規定なし	ISO 15099の方法に従う
フレーム	フレームの熱貫流率と日射吸収率, フレーム面積と屋外側展開面積, 屋外側表面熱伝達率により算出	ISO 15099の方法に従う ただし, $h_{ex}$ は30[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	規定なし	ISO 15099の方法に従う ただし, 屋外側表面熱伝達率は夏期と冬期の標準値詳細法も附属書に示す
グレージング	日射がある場合の室内への熱流束から室内外温度差による貫流熱を減じ, 日射による熱取得のみを扱う	ISO 15099の方法に従う 室内外境界条件と標準日射スペクトルは別途与える	EN 410およびISO 9050に計算法を規定, 中空層熱コンダクタンスはEN 673及びISO 10292に従う	JIS R 3106の計算法をガラス熱抵抗を考慮するよう拡張, 中空層熱コンダクタンスはJIS R 3107に従う
遮蔽物	・スクリーン, ブラインドなど窓に平行な層として扱う 遮蔽物に限定 ・ブラインドはスラット曲面の鏡面反射は考慮しない ・遮蔽物の通気について, 暫定扱いで解説	・ISO 15099の方法に従う ・遮蔽物を含む遮熱性能評価方法は, NFRC200Aに示されている ・測定方法は, NFRC201に規定されている	・EN 13363-1に簡易計算法が示されている ・EN 13363-2に詳細計算法が示されている	ガラスと同様に一つの層として多重反射計算と熱平衡計算を扱う 窓に平行な層として扱う遮蔽物に限定 ・ブラインドのスラットタイプの光学特性計算方法掲載
境界条件 (夏期)	対流熱伝達率と放射熱伝達率を分離 $t_e = 30$ $t_i = 25$ $I_s = 500\text{W/m}^2$	$v_{in} = 24$ $v_{out} = 32$ $V = 2.75\text{m/s}$ $I_{s,rm,out} = I_{s,out}$ $I_{s,rm,in} = I_{s,in}$ $I_s = 783\text{W/m}^2$ (夏期・冬期の区別なし)	$h_e = 23$ $h_{ci} = 3.6$ $h_{ri} = \frac{4.4}{0.837} \cdot \varepsilon_i$ $m = 10$ $m = 15$ (夏期・冬期の区別なし)	ISO 15099に同じ $t_e = 30$ $t_i = 25$ $I_s = 500\text{W/m}^2$
(冬期)	$t_e = 0$ $t_i = 20$ $I_s = 300\text{W/m}^2$			$t_e = 0$ $t_i = 20$ $I_s = 300\text{W/m}^2$
標準日射スペクトル	ISO 9845-1の全天日射 (Air mass1.5)	ISO 9845-1の直達日射 (Air mass1.5)	CIE No.85の全天日射 (Air mass1.0)	ISO 9845-1の直達日射 (AirMass1.5)
計算ツール	LBNL/WINDOW, THERM, Optics		WIS	WindEye, TB2D/BEM

## (口) 各国計算法規格による計算結果の比較 - ガラス部

## 各国計算法規格



国	規格番号	規格名称
日本	JIS案	窓及びドアの熱性能 - 日射熱取得率の計算 -
	JIS R 3106 <sup>:1998</sup>	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
国際規格	ISO 15099 <sup>:2003</sup>	Thermal performance of windows, doors and shading devices -- Detailed calculations
	ISO 9050 <sup>:2003</sup>	Glass in building - Determination of luminous and solar characteristics of glazing
米国	NFRC 200 <sup>:2011</sup>	Procedure for Determining Fenestration Product Solar Heat Gain Coefficient and Visible Transmittance at Normal Incidence
欧州	EN 410 <sup>:1998</sup>	Glass in building - Determination of luminous and solar characteristics of glazing

## 各種規格による日射熱取得率の計算結果

規格	季節	透明 複層	日射取得型 Low-E複層		日射中庸型 Low-E複層		日射遮蔽型 Low-E複層	
		Type 1	Type 2	Type 2'	Type 3	Type 3'	Type 4	Type 4'
JIS案	夏	0.7928	0.6806	0.7234	0.5945	0.6320	0.4179	0.4726
	冬	0.7875	0.6636	0.7164	0.5796	0.6262	0.3957	0.4657
JIS R 3106	夏	0.7915	0.6676	0.7381	0.5811	0.6432	0.3916	0.4885
	冬	0.7878	0.6622	0.7339	0.5766	0.6393	0.3864	0.4841
ISO 15099	夏	0.7942	0.6825	0.7589	0.6007	0.6603	0.4269	0.5237
	冬	0.7873	0.6704	0.7481	0.5900	0.6554	0.4132	0.5182
ISO 9050	-	0.7882	0.6710	0.7396	0.5905	0.6565	0.4133	0.5195
NFRC 200	-	0.788-	0.662-	0.734-	0.576-	0.638-	0.387-	0.484-
EN 410	-	0.7865	0.6707	0.7387	0.5901	0.6576	0.4189	0.5287

# (ロ) 各国計算法規格による日射熱取得率計算結果 - フレーム部・窓全体

## フレームの計算結果 [ - ]

規格	日本		国際規格	米国	
	遮熱性能計算法JIS案		ISO 15099	NFRC 200	
計算ツール	TB2D/BEM Ver.4	TB2D/BEM Ver.3	THERM WINDOW		
算出法	ISO15099の詳細法に従う 	ISO15099の簡易法に従う 	$\eta_f = a_f \frac{U_f}{\frac{A_{de}}{A_f} h_{ex}}$		
	各種ガラス				
透明複層	Type1	0.035	0.012	0.016	0.008
日射取得型 Low-E複層	Type2	0.038			
	Type2'	0.038			
日射中庸型 Low-E複層	Type3	0.038			
	Type3'	0.042			
日射遮蔽型 Low-E複層	Type4	0.042			
	Type4'	0.036			

## 窓の計算結果 [ - ]

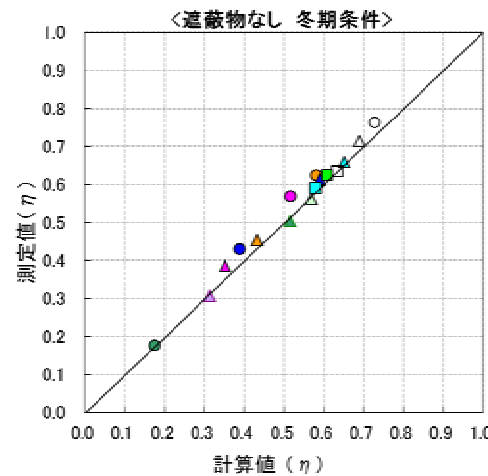
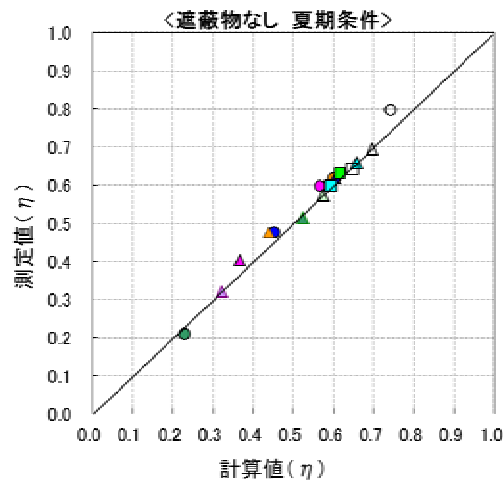
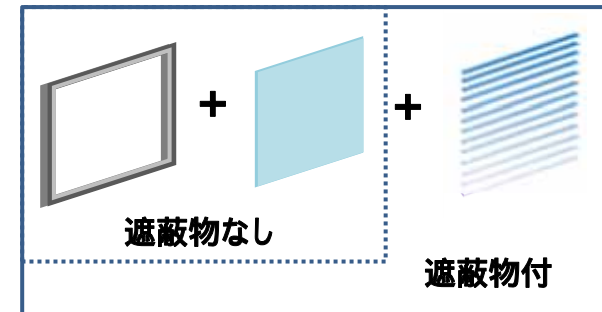
規格	季節	透明複層	日射取得型 Low-E複層		日射中庸型 Low-E複層		日射遮蔽型 Low-E複層	
		Type 1	Type 2	Type 2'	Type 3	Type 3'	Type 4	Type 4'
遮熱性能計算法 JIS案	夏	0.696	0.598	0.636	0.523	0.557	0.370	0.417
		0.689	0.582	0.628	0.508	0.549	0.348	0.409
	冬	0.695	0.587	0.649	0.512	0.566	0.347	0.431
		0.690	0.580	0.643	0.506	0.560	0.340	0.425
国際規格 ISO 15099	夏	0.695	0.597	0.664	0.526	0.578	0.374	0.459
		0.688	0.586	0.654	0.516	0.573	0.362	0.453
	ISO 9050	-	0.689	0.587	0.647	0.517	0.575	0.362
米国 NFRC 200	-	0.688	0.578	0.641	0.503	0.558	0.339	0.423
欧州 EN 13363	-	0.686	0.585	0.644	0.515	0.574	0.365	0.461

# (口) 日射熱取得率計算方法の調査 - 測定値と計算値の比較検証 -

窓(フレーム+ガラス+遮蔽物)の日射熱取得率について、本事業で実施した測定結果と遮熱性能計算法JIS案による計算結果の比較検証を報告する。

種類	ガラス種(名称)	ガラス記号
単板	透明フロート板ガラス 6ミリ	FL6
	熱線吸収板ガラス グリーン6ミリ	MFL6
	熱線反射ガラス クリア6ミリ	CFL6S*
	高性能熱線反射ガラス SGY32・6ミリ	RSFL6SGY32*
	高性能熱線反射ガラス SS8/6ミリ	RSFL6SS8*
複層	普通複層ガラス	FL3+A12+FL3
	Low-E複層ガラス 日射遮蔽型(2面)	RSFL3AG6*+A12+FL3
	Low-E複層ガラス 日射遮蔽型(3面)	FL3+A12+*RSFL3AG6
	Low-E複層ガラス 日射中庸型(2面)	RSFL3AW6*+A12+FL3
	Low-E複層ガラス 日射中庸型(3面)	FL3+A12+*RSFL3AW6
	Low-E複層ガラス 日射取得型(2面)	NFL3LE3*+A12+FL3
	Low-E複層ガラス 日射取得型(3面)	FL3+A12+*NFL3LE3
	真空LowE三層複層(2面+5面)	RSFL3AK6*+Ar9+FL3+V+*RSFL3SH1
二重窓	二重窓(透明フロート+透明フロート)	FL6+(A121)+FL6
	二重窓(透明フロート+普通複層)	FL6+(A121)+FL3+A12+FL3
	二重窓(普通複層+透明フロート)	FL3+A12+FL3+(A121)+FL6

遮蔽物種類	遮蔽材色	スラット幅	遮蔽物取付面
内付ブラインド	ベージュ(C407)	25ミリ	室内側
外付ブラインド	アイボリー(T-13)	80ミリ	屋外側
内付スクリーン	クリーム(TR-7038)	-	室内側
外付スクリーン	ベージュ	-	屋外側
和障子	白	-	室内側



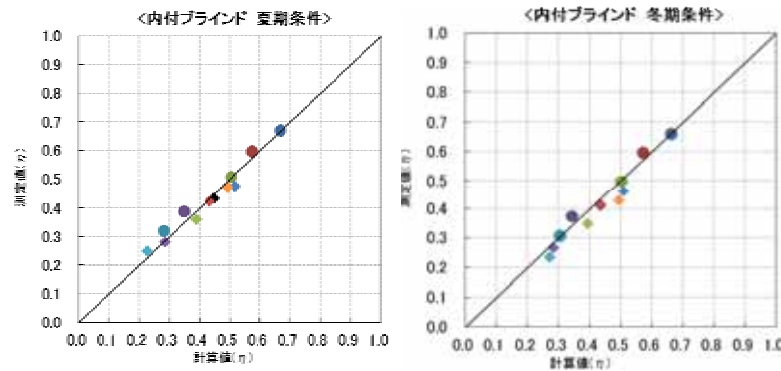
- 透明フロート板ガラス 6ミリ
- 熱線吸収板ガラス グリーン6ミリ
- 熱線反射ガラス クリア6ミリ
- 高性能熱線反射ガラス SGY32・6ミリ
- 高性能熱線反射ガラス SS8/6ミリ
- △普通複層ガラス
- ▲Low-E複層ガラス 日射遮蔽型(2面)
- ▲Low-E複層ガラス 日射遮蔽型(3面)
- ▲Low-E複層ガラス 日射中庸型(2面)
- ▲Low-E複層ガラス 日射中庸型(3面)
- ▲Low-E複層ガラス 日射取得型(2面)
- ▲Low-E複層ガラス 日射取得型(3面)
- ▲真空LowE三層複層(2面+5面)
- 二重窓(透明フロート+透明フロート)
- 二重窓(透明フロート+普通複層)
- 二重窓(普通複層+透明フロート)

遮蔽物なし(ガラス+フレーム)の比較検証の結果、測定と計算の概ね一致を確認

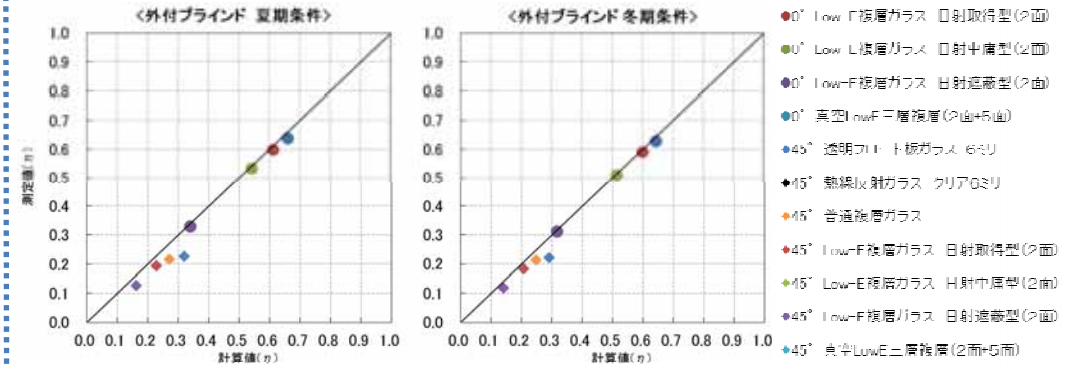


# (口) 日射熱取得率計算方法の調査 — 測定値と計算値の比較検証 —

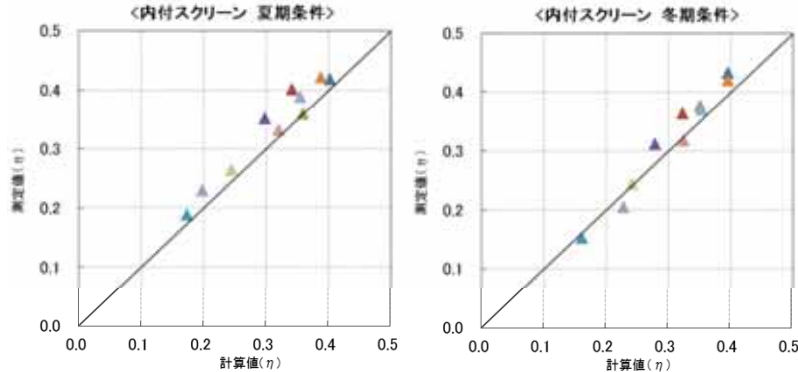
## 内付ブラインド付の窓



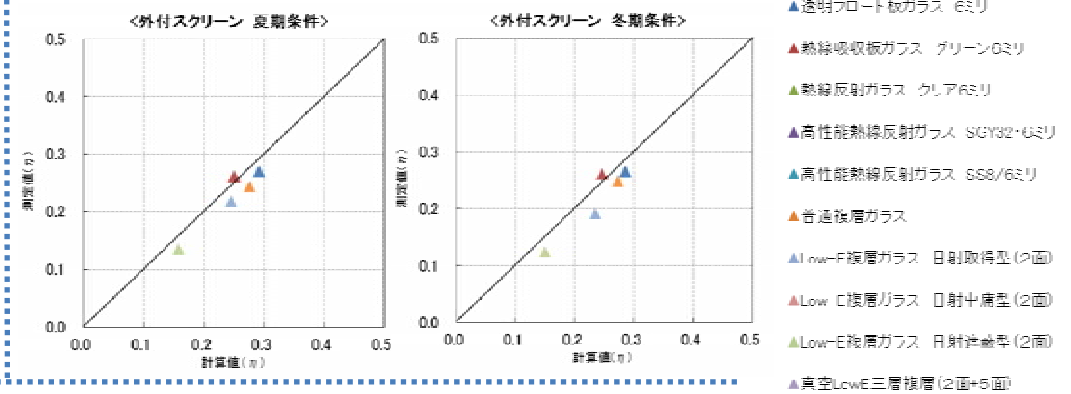
## 外付ブラインド付の窓



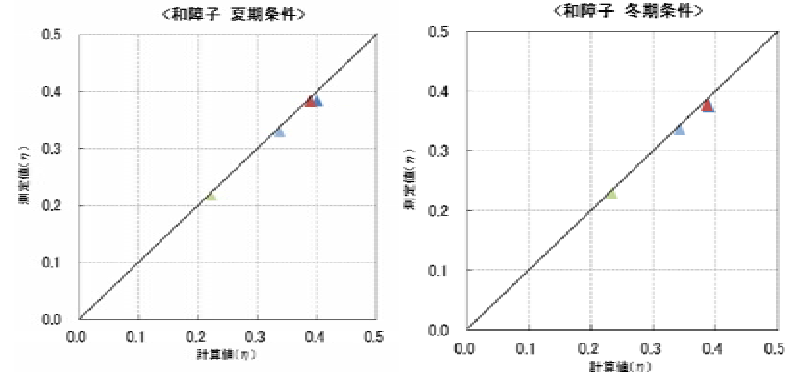
## 内付スクリーン付の窓



## 外付スクリーン付の窓



## 紙障子付の窓

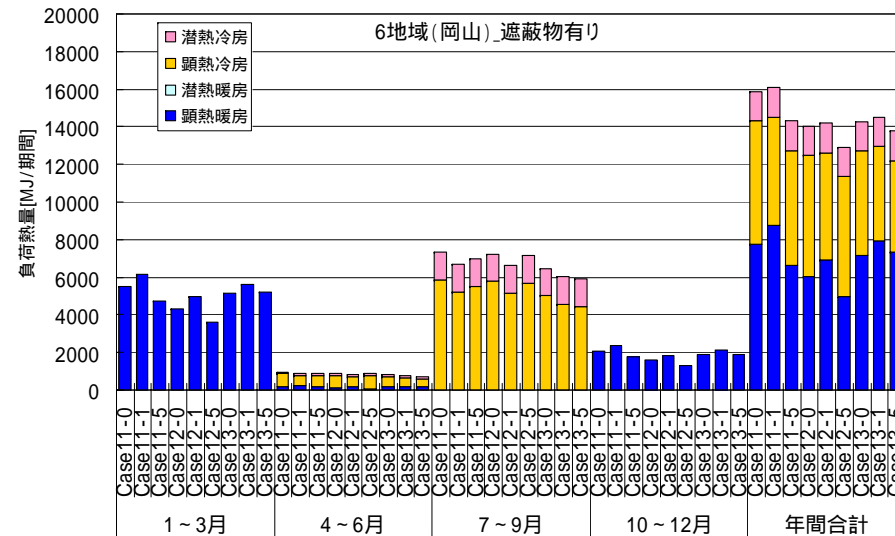
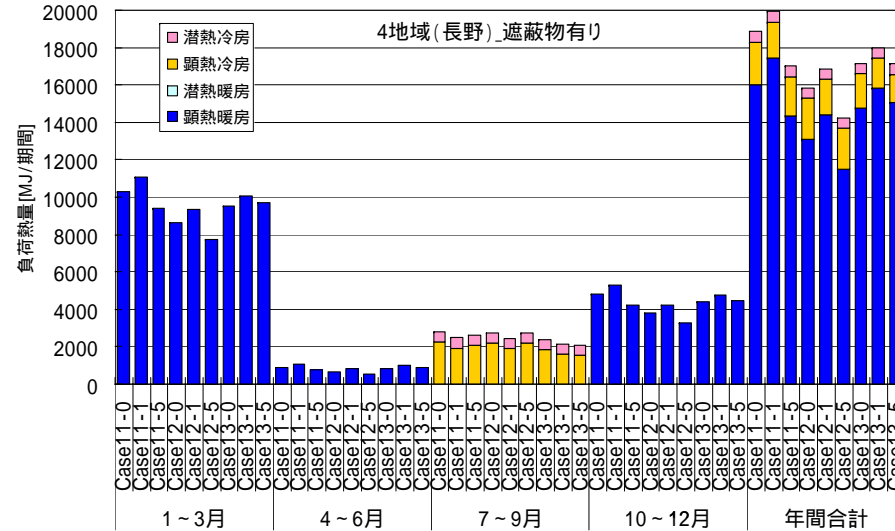


・遮蔽物付の比較検証の結果、測定と計算の概ね一致を確認  
 ・比較検証により生じた乖離の補正を計算法JIS案にフィードバックし、反映した

# (口) 窓の熱性能と住宅・建築物の熱負荷 -住宅熱負荷計算プログラムのカスタマイズ- 17

・今年度は遮蔽物、斜入射を詳細に考慮した熱負荷計算を実施した。

条件	仕様	窓の熱性能
Case11-0	フレーム 考慮しない	Uw 3.49+熱抵抗一定
	ガラス FL3+A12+FL3 (普通複層)	w 全サイズ0.79+ブラインド一定
Case11-1	遮蔽物 ブラインド (SimHeat標準)	斜入射 FL3の角度特性 (SimHeat標準)
	フレーム 面積を考慮する	Uw 3.49+熱抵抗一定
Case11-2	ガラス FL3+A12+FL3 (普通複層)	w 全サイズ0.79+ブラインド一定
	遮蔽物 ブラインド (SimHeat標準)	斜入射 FL3の角度特性 (SimHeat標準)
Case11-3	フレーム 面積を考慮する	Uw 3.49+熱抵抗一定
	ガラス FL3+A12+FL3 (普通複層)	w サイズ別に設定 (精算値)
Case11-4	遮蔽物 ブラインド (スラット角度 =0°)	斜入射 複層間の多重反射考慮
	フレーム 面積を考慮する	Uw 3.49+熱抵抗一定
Case11-5	ガラス FL3+A12+FL3 (普通複層)	w サイズ別に設定 (精算値)
	遮蔽物 ブラインド (スラット角度 =-45°)	斜入射 複層間の多重反射考慮
Case11-2,3,4とCase1-2から最も熱負荷が小さくなる組合せ		
Case12-0	フレーム 考慮しない	Uw 2.33+熱抵抗一定
	ガラス FL3+A12+LE3 (取得型LowE複層)	w 全サイズ0.74+ブラインド一定
Case12-1	遮蔽物 ブラインド (SimHeat標準)	斜入射 FL3の角度特性 (SimHeat標準)
	フレーム 面積を考慮する	Uw 2.33+熱抵抗一定
Case12-2	ガラス FL3+A12+LE3 (取得型LowE複層)	w 全サイズ0.74一定
	遮蔽物 ブラインド (スラット角度 =0°)	斜入射 複層間の多重反射考慮
Case12-3	フレーム 面積を考慮する	Uw 2.33+熱抵抗一定
	ガラス FL3+A12+LE3 (取得型LowE複層)	w サイズ別に設定 (精算値)
Case12-4	遮蔽物 ブラインド (スラット角度 =45°)	斜入射 複層間の多重反射考慮
	フレーム 面積を考慮する	Uw 2.33+熱抵抗一定
Case12-5	ガラス FL3+A12+LE3 (取得型LowE複層)	w サイズ別に設定 (精算値)
	遮蔽物 ブラインド (スラット角度 =-45°)	斜入射 複層間の多重反射考慮
Case12-2,3,4とCase2-2から最も熱負荷が小さくなる組合せ		
Case13-0	フレーム 考慮しない	Uw 2.33+熱抵抗一定
	ガラス LE3+A12+FL3 (遮熱型LowE複層)	w 全サイズ0.39+ブラインド一定
Case13-1	遮蔽物 ブラインド (SimHeat標準)	斜入射 FL3の角度特性 (SimHeat標準)
	フレーム 面積を考慮する	Uw 2.33+熱抵抗一定
Case13-2	ガラス LE3+A12+FL3 (遮熱型LowE複層)	w 全サイズ0.39+ブラインド一定
	遮蔽物 ブラインド (SimHeat標準)	斜入射 FL3の角度特性 (SimHeat標準)
Case13-3	フレーム 面積を考慮する	Uw 2.33+熱抵抗一定
	ガラス LE3+A12+FL3 (遮熱型LowE複層)	w サイズ別に設定 (精算値)
Case13-4	遮蔽物 ブラインド (スラット角度 =0°)	斜入射 複層間の多重反射考慮
	フレーム 面積を考慮する	Uw 2.33+熱抵抗一定
Case13-5	ガラス LE3+A12+FL3 (遮熱型LowE複層)	w サイズ別に設定 (精算値)
	遮蔽物 ブラインド (スラット角度 =-45°)	斜入射 FL3の角度特性 (SimHeat標準)
Case13-2,3,4とCase3-2から最も熱負荷が小さくなる組合せ		



従来計算法 (Case\*-0) と遮蔽物を季節によって変化させたり、斜入射を考慮した詳細計算法 (Case\*-5) を比較すると、窓の高断熱化、日射取得型窓ガラスの採用と季節による遮蔽物の使い分けが重要であることを示した。

# (八) 熱貫流率計算方法の調査 ー 調査内容とスケジュール

## 調査内容

### a) 窓のサイズ違いによる断熱性能の評価

- ・代表的な窓の材質別, 機種別, サイズ別の熱貫流率を比較する。
- ・建物モデルプランにあたりの平均U値(UA値)に差異が生じるか比較する。

### b) カーテンウォールの断熱性能計算法

- ・カーテンウォールの断熱性能計算法を用いて計算を実施し性能を整理する。
- ・PAL計算には遮熱性能の評価も必要になるため, フレームを考慮した計算法を提案, 実施し性能を整理する。
- ・PAL計算に運用可能なフレームを考慮した簡易計算法を提案する。
- ・PAL計算を行い, フレームの影響の有無を比較・確認する。

### c) 熱負荷計算への適用方法提案

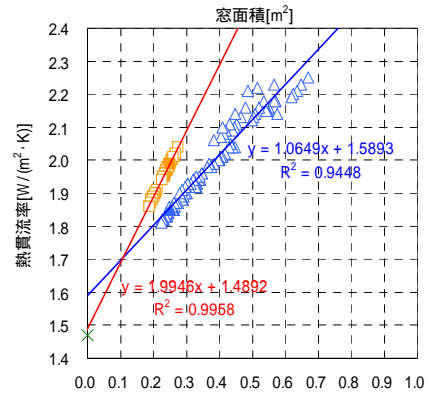
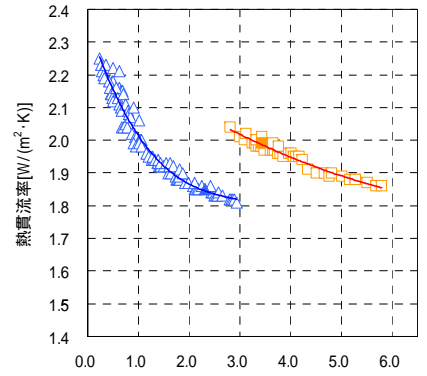
- ・AE-Sim/Heatのプログラムをカスタマイズして, 風向風速に対する熱負荷への影響を確認する。

## 調査スケジュール

	平成23年度			平成24年度(申請時の案)			
	第2四半期	第3四半期	第4四半期	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
国内外の熱伝達抵抗の調査、整理	境界条件の妥当性の検討						
窓のサイズ違いによる断熱性能の評価				機種サイズ別整理			
カーテンウォールの断熱性能計算法	計算法の調査、検討、比較			計算法整理・提案			
熱負荷計算への適用方法提案	建物の熱負荷に与える影響評価			建物熱負荷への適用結果考察		熱負荷計算への適用方法提案	
							報告書

# (八) 熱貫流率計算方法の調査 - 窓のサイズ違いによる断熱性能の評価 -

× ガラス △ 窓 ▲ 窓 (標準試験体サイズ)  
□ テラス ■ テラス (標準試験体サイズ)



フレーム面積比  
 引き違い窓の熱貫流率  
 樹脂フレーム+断熱Low-E複層ガラス  
 (3+A16+E3)

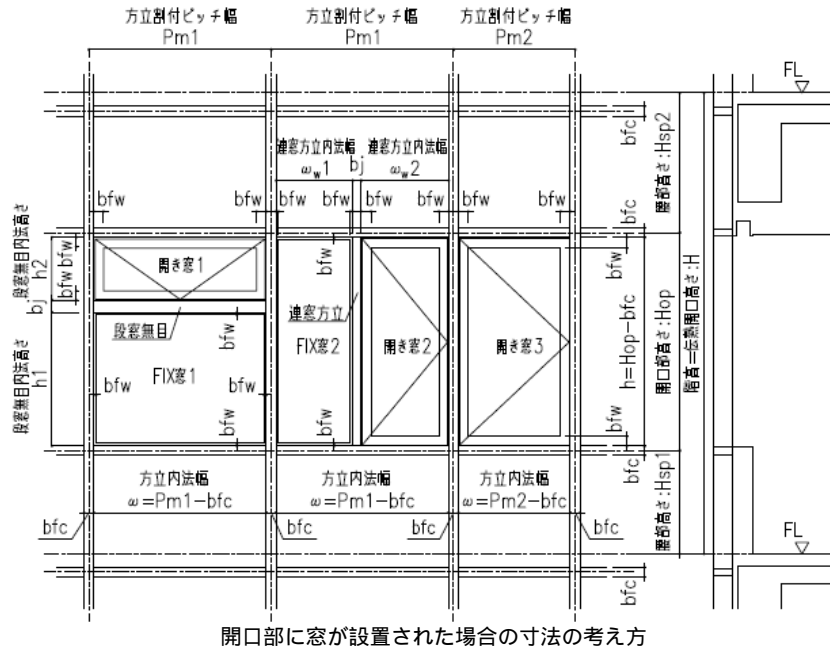
窓サイズの変化によって反比例の関係で変動することが確認された。  
 フレーム面積比に対しては比例の関係で変動することが確認された。

建物の熱損失係数及び平均熱貫流率: 1~2地域(H.11: 地域)における入力条件と計算結果一覧

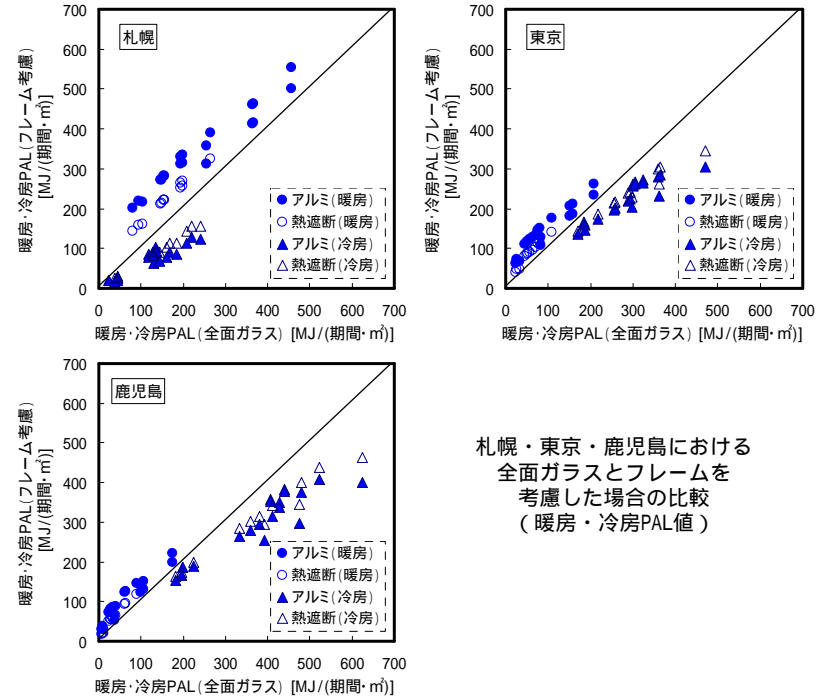
開口部種別			アルミフレーム + 普通複層ガラス (3+A12+3)				樹脂フレーム + 断熱Low-E複層ガラス (3+A16+E3)				開口部の基準値	
部位	A: 面積(m <sup>2</sup> ) L: (m)	H: 温度差 係数	標準試験体 サイズ		実サイズ		標準試験体 サイズ		実サイズ		1,2地域 (U=2.33[W/(m <sup>2</sup> ·K)])	
			部位U値	AUH	部位U値	AUH	部位U値	AUH	部位U値	AUH	部位U値	AUH
天井	67.90	1.0	0.170	11.54	0.170	11.54	0.170	11.54	0.170	11.54	0.170	11.54
壁	146.50	1.0	0.350	51.27	0.350	51.27	0.350	51.27	0.350	51.27	0.350	51.27
床	65.47	0.7	0.340	15.58	0.340	15.58	0.340	15.58	0.340	15.58	0.340	15.58
窓1	2.15	1.0	3.87	8.30	3.91	8.39	1.85	3.97	1.86	3.99	2.33	5.00
窓2	2.97	1.0	3.86	11.46	3.93	11.67	1.99	5.91	2.01	5.97	2.33	6.92
窓3	2.15	1.0	3.87	8.30	3.91	8.39	1.85	3.97	1.86	3.99	2.33	5.00
窓4	1.89	1.0	4.65	8.79	4.65	8.79	2.33	4.40	2.33	4.40	2.33	4.40
窓5	0.35	1.0	4.04	1.39	3.52	1.21	1.73	0.60	1.81	0.62	2.33	0.80
窓6	0.35	1.0	4.04	1.39	3.52	1.21	1.73	0.60	1.81	0.62	2.33	0.80
窓7	0.35	1.0	3.87	1.34	5.27	1.82	1.85	0.64	2.21	0.76	2.33	0.80
窓8	0.35	1.0	3.87	1.34	5.27	1.82	1.85	0.64	2.21	0.76	2.33	0.80
窓9	1.35	1.0	4.65	6.28	4.65	6.28	2.33	3.15	2.33	3.15	2.33	3.15
窓10	0.60	1.0	3.87	2.31	4.97	2.97	1.85	1.11	2.07	1.24	2.33	1.39
窓11	2.15	1.0	3.87	8.30	3.91	8.39	1.85	3.97	1.86	3.99	2.33	5.00
窓12	2.97	1.0	3.86	11.46	3.93	11.67	1.99	5.91	2.01	5.97	2.33	6.92
窓13	2.97	1.0	3.86	11.46	3.93	11.67	1.99	5.91	2.01	5.97	2.33	6.92
窓14	1.82	1.0	3.87	7.02	4.02	7.30	1.85	3.36	1.88	3.41	2.33	4.23
窓15	1.31	1.0	3.87	5.09	4.17	5.48	1.85	2.43	1.95	2.56	2.33	3.06
窓16		1.0		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
窓17	0.84	1.0	3.87	3.24	4.55	3.81	1.85	1.55	2.01	1.68	2.33	1.95
窓18	0.35	1.0	3.87	1.34	5.27	1.82	1.85	0.64	2.21	0.76	2.33	0.80
窓19	0.35	1.0	3.87	1.34	5.27	1.82	1.85	0.64	2.21	0.76	2.33	0.80
AUH			178.55		182.90		127.77		129.02		137.16	
土間床 (玄関)	土間外周部 (m)	3.16 / 0.7	0.37 / 0.53	1.17 / 1.17	0.37 / 0.53	1.17 / 1.17	0.37 / 0.53	1.17 / 1.17	0.37 / 0.53	1.17 / 1.17	0.37 / 0.53	1.17 / 1.17
換気熱損失 (W/K)			2.34		2.34		2.34		2.34		2.34	
換気回数 n			0.50		0.50		0.50		0.50		0.50	
気積B[m <sup>3</sup> ]			287.76		287.76		287.76		287.76		287.76	
0.35nB			50.36		50.36		50.36		50.36		50.36	
総熱損失量(Q値)[W/K]			231.25		235.60		180.47		181.72		189.86	
延床面積S[m <sup>2</sup> ]			120.07		120.07		120.07		120.07		120.07	
総熱損失量(U <sub>A</sub> 値)[W/K]			180.89		185.24		130.11		131.36		139.50	
外皮面積S[m <sup>2</sup> ]			305.09		305.09		305.09		305.09		305.09	
熱損失係数Q[W/(m <sup>2</sup> ·K)]			1.93		1.96		1.50		1.51		1.58	
Q(実サイズ)/Q(代表試験体サイズ) × 100[%]					(102%)				(101%)			
外皮平均熱貫流率U <sub>A</sub> [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			0.593		0.607		0.426		0.431		0.457	
U <sub>A</sub> (実サイズ)/U <sub>A</sub> (代表試験体サイズ) × 100[%]					(102%)				(101%)			
開口部平均熱貫流率U <sub>w</sub> [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			3.97		4.14		1.96		2.01		2.33	
U <sub>w</sub> (実サイズ)/U <sub>w</sub> (代表試験体サイズ) × 100[%]					(104%)				(103%)			

フレーム材質・窓サイズを考慮した熱貫流率を把握し、地域別に建物の外皮の従来Q値及び平均U<sub>A</sub>値の比較を行った結果、標準サイズよりも実サイズの値が最大2%大きいことが確認された。

# (八) 熱貫流率計算方法の調査 - カーテンウォールの断熱性能計算法 -



開口部に窓が設置された場合の寸法の考え方



札幌・東京・鹿児島における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)

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/(m <sup>2</sup> ·K)]		日射熱取得率 $i_c$ [-]
				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	60	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	80	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		2.0		
		腰部	60	方立	13.5	0.00
		無目		9.0		
		腰部	60	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	80	方立	2.0	0.00
		無目				

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 <sup>2</sup> ·K)]		日射熱取得率 $i_w$ [-]
			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
FIX窓	アルミ	20	22.0	15.5	0.26
	熱遮断		14.0	11.0	0.11

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 $b_{fi}$ [mm]	熱貫流率 $U_{fi}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]		日射熱取得率 $i_f$ [-]
			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

市販されているカーテンウォールフレームを考慮して断熱・遮熱計算した結果、フレームの影響は無視できないことが明確となった。実用的な計算法を提案しPAL値への影響を算出した。

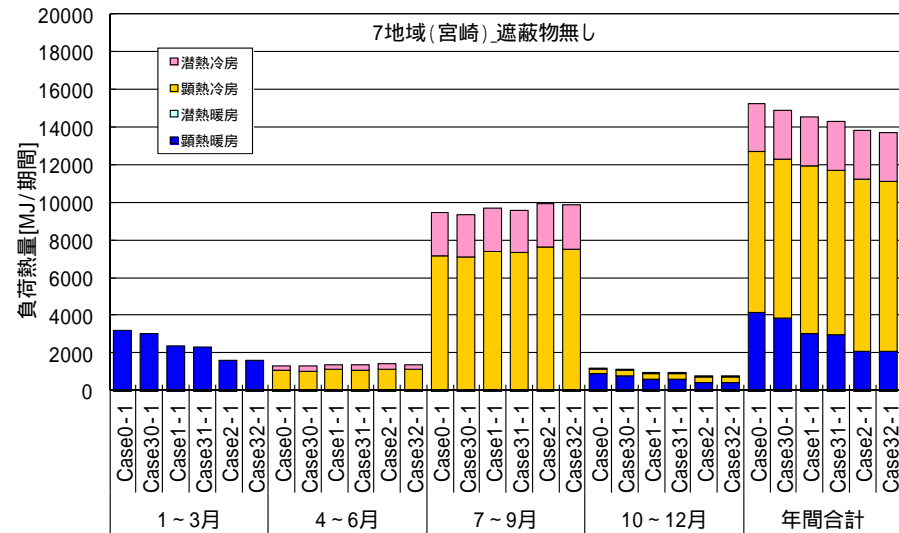
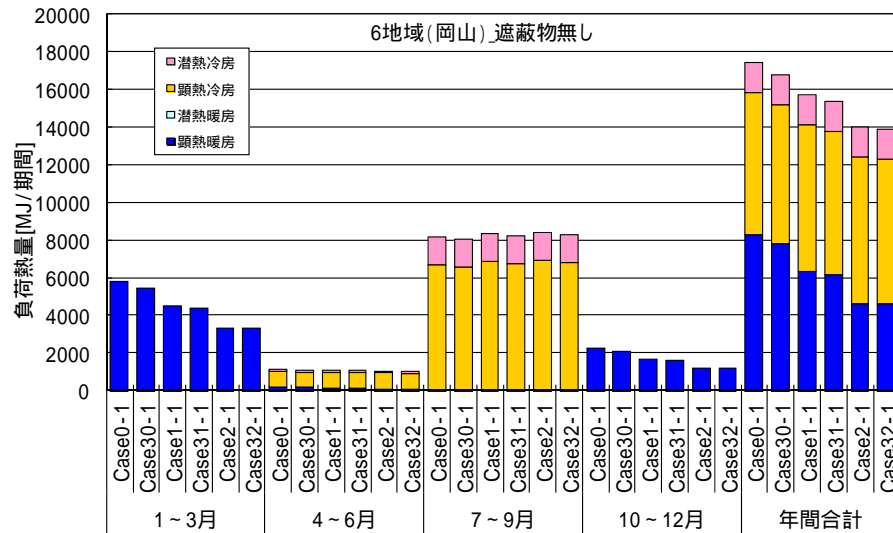
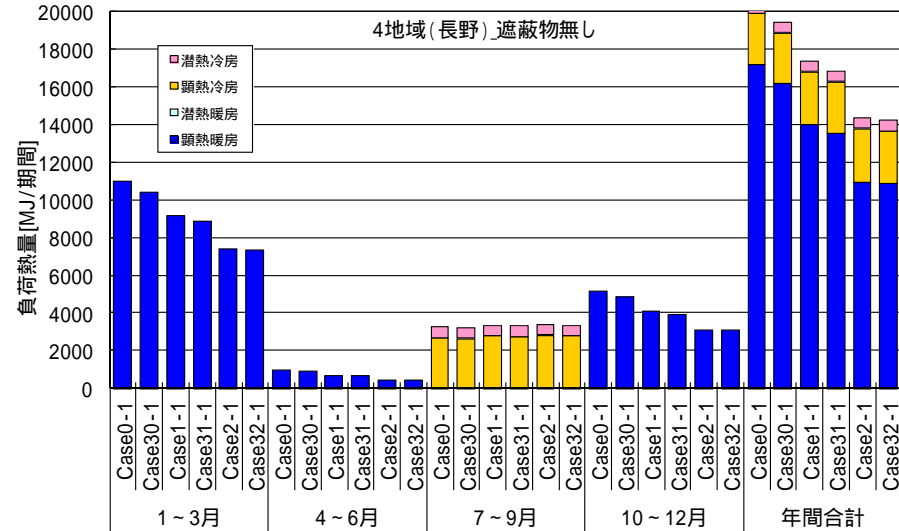


# (八) 熱貫流率計算方法の調査 – 熱負荷計算への適用方法提案 –

・時別の風向風速(表面对流熱伝達率)による窓の断熱性能の変化を考慮した熱負荷計算を実施

計算条件(遮蔽物なし, 外部風向・風速の考慮の有無)

条件	仕様	窓の熱性能		
Case0-1	フレーム	面積を考慮する	Uw	全窓: 4.65
	ガラス	FL3+A6+FL3(普通複層)		
	遮蔽物	なし		屋外側対流熱伝達率: 20.3一定
Case30-1	フレーム	面積を考慮する	Uw	全窓: 4.65
	ガラス	FL3+A6+FL3(普通複層)		
	遮蔽物	なし		屋外側対流熱伝達率: 時刻別に変動考慮
Case1-1	フレーム	面積を考慮する	Uw	全窓: 3.49
	ガラス	FL3+A12+FL3(普通複層)		
	遮蔽物	なし		屋外側対流熱伝達率: 20.3一定
Case31-1	フレーム	面積を考慮する	Uw	全窓: 3.49
	ガラス	FL3+A12+FL3(普通複層)		
	遮蔽物	なし		屋外側対流熱伝達率: 時刻別に変動考慮
Case2-1	フレーム	面積を考慮する	Uw	全窓: 2.33
	ガラス	FL3+A12+LE3(取得型LowE複層)		
	遮蔽物	なし		屋外側対流熱伝達率: 20.3一定
Case32-1	フレーム	面積を考慮する	Uw	全窓: 2.33
	ガラス	FL3+A12+LE3(取得型LowE複層)		
	遮蔽物	なし		屋外側対流熱伝達率: 時刻別に変動考慮



どの地域でも熱貫流率の値が4.65W/(m<sup>2</sup>K)程度の場合は風向風速の熱負荷への影響で暖房負荷が6%低下するが、断熱性能の良い窓ではその影響は小さい。よって従来通りとしてよい。

## (二) 窓のエネルギー性能 (WEP: Window Energy Performance)

ISO 18292

暖房エネルギー性能:

月別計算法

$$WEP_{E,H} = \sum_{m=1}^{12} \frac{Q_{H,nd,m}}{A_w}$$

ISO 18292

冷房エネルギー性能:

$$WEP_{E,C} = \sum_{m=1}^{12} \frac{Q_{C,nd,m}}{A_w}$$

窓からの正味の熱損失 (暖房負荷):  $Q_{H,nd} = f_H \cdot (Q_{ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{gn})$

暖房 ISO 13790より  
ユーティリゼーションファクタ

窓からの正味の熱取得 (冷房負荷):  $Q_{C,nd} = f_C \cdot (Q_{gn} - \eta_{C,ls} \cdot Q_{ht})$

冷房 ISO 13790より  
ユーティリゼーションファクタ

窓からの熱損失 (貫流と漏気):  $Q_{ht} = (U_w \cdot A_w + H_{ve}) \cdot (\theta_{i,set} - \theta_{e,avg}) \cdot \frac{t}{1000}$

窓からの熱取得 (日射):  $Q_{gn} = F_{sh} \cdot g_w \cdot I_{sol} \cdot A_w \cdot \frac{t}{1000}$

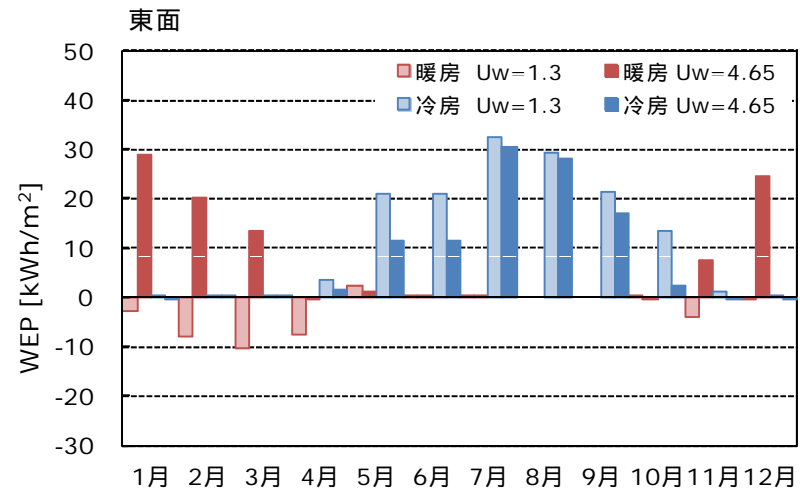
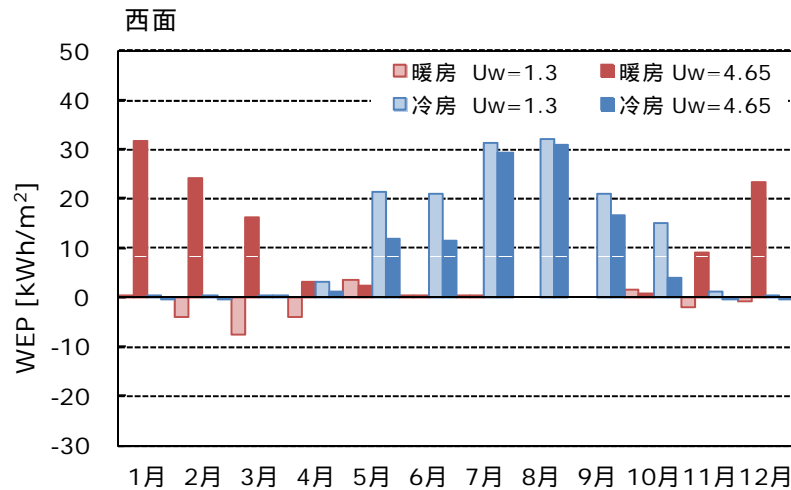
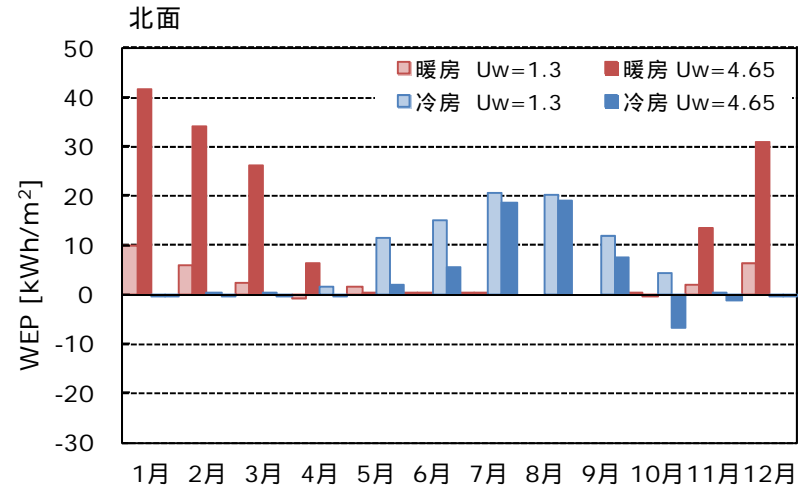
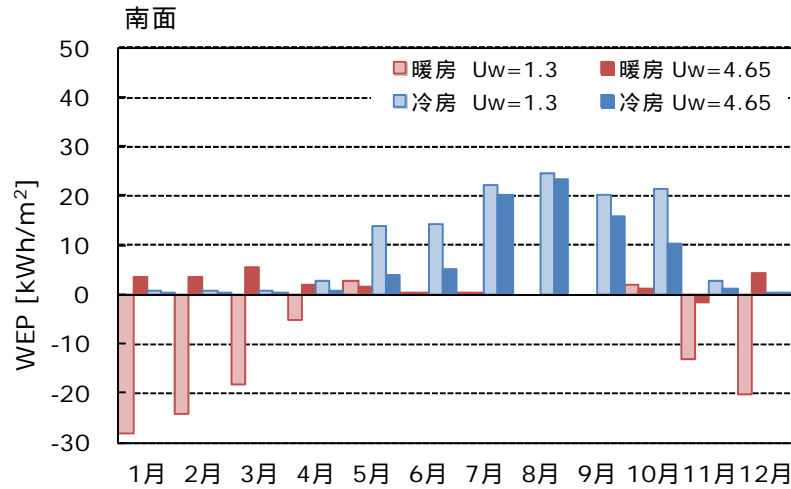
漏気量から熱損失係数の換算:  $H_{ve} = \left( \frac{\Delta p}{\Delta p_{ref}} \right)^{2/3} \cdot \rho \cdot C_p \cdot L_{\Delta p_{ref}}$



## (二) 方位別の窓のエネルギー性能の検討

地域 : 6地域 東京  
 窓の熱貫流率 : 1.30, 4.65 [W/(m<sup>2</sup>·K)]  
 窓の日射熱取得率 : 中程度

サッシ気密等級 : A-4等級  
 遮蔽物 : なし  
 庇 : なし



WEPを小さくするには、窓の断熱性能の向上が必須

## (二) 庇と遮蔽物の組み合わせによる窓の熱性能と窓のエネルギー性能の検討

夏期と冬期で日射取得/日射遮蔽性能を変化させる(遮蔽物と庇の効果)

地域 : 6地域 東京

サッシ気密等級 : A-4等級

窓の熱貫流率 : 1.3, 2.33, 4.65 [W/(m<sup>2</sup>K)]

遮蔽物 : なし, LC, 内BL, 外BL

窓の日射熱取得率 : 低, 中, 高

庇 : なし, あり

WEP 小 大

庇	遮蔽物	窓の日射熱取得率 [-] gw	暖房W EP			冷房W EP			暖冷房W EP		
			窓の熱貫流率 [W/(m <sup>2</sup> K)]			窓の熱貫流率 [W/(m <sup>2</sup> K)]			窓の熱貫流率 [W/(m <sup>2</sup> K)]		
			U <sub>w</sub> =1.3	U <sub>w</sub> =2.33	U <sub>w</sub> =4.65	U <sub>w</sub> =1.3	U <sub>w</sub> =2.33	U <sub>w</sub> =4.65	U <sub>w</sub> =1.3	U <sub>w</sub> =2.33	U <sub>w</sub> =4.65
なし	なし/LC	低	-22	17	103	53	40	11	31	57	114
		中	-74	-35	51	86	73	43	12	37	94
		高	-106	-68	19	101	88	59	-5	21	78
	なし/内BL	低	-22	17	103	47	34	4	25	50	108
		中	-74	-35	51	73	60	31	-1	25	82
		高	-106	-68	19	84	71	42	-22	3	61
	なし/外BL	低	-22	17	103	3	-10	-40	-19	6	63
		中	-74	-35	51	13	0	-30	-61	-36	22
		高	-106	-68	19	18	5	-25	-89	-63	-6
あり	なし/LC	低	-16	22	109	42	29	-1	26	51	108
		中	-65	-26	60	69	56	27	5	30	87
		高	-95	-57	30	83	70	41	-12	13	70
	なし/内BL	低	-16	22	109	36	23	-6	20	46	103
		中	-65	-26	60	59	46	17	-6	20	77
		高	-95	-57	30	68	55	26	-27	-1	56
	なし/外BL	低	-16	22	109	-1	-14	-43	-17	8	66
		中	-65	-26	60	8	-5	-35	-57	-32	26
		高	-95	-57	30	12	-1	-31	-83	-58	-1

窓の高断熱化, 窓開放による通風換気, 日射取得型窓ガラスの採用と季節による遮蔽物の使い分け, 地域, 方位による適切な庇の設計, が重要な要因となる。

## ✓ 窓の夏期日射侵入率(日射熱取得率)の測定

- 複層ガラスと日射遮蔽部材を組み合わせた場合の日射熱取得率(日射侵入率)及び熱貫流率の測定を行いデータを収集整理した。
- 日射遮蔽物を設置した場合の付加熱抵抗をガラスの熱抵抗から近似する式を整理した。

## ✓ 日射熱取得計算法の調査

- ガラス部の日射透過率は規格によって若干の差が見られ、その差は日射遮蔽型Low-E複層で大きくなった。
- フレーム部の日射熱取得率はガラスの違いで変化するが、その差は小さくガラス種の違いによる影響は軽微であることが確認された。
- 窓単体及び日射遮蔽物を附属した場合の日射熱取得率を計算値(計算法JIS案)と比較したところ、両者は良く一致することを確認した。
- 住宅用熱負荷計算プログラムに、遮蔽物の季節毎の状態設定と日射熱取得の斜入射特性を評価する機能を追加した。これにより 窓の高断熱化、日射取得型窓ガラスの採用と季節による遮蔽物の使い分けが重要であることを明らかにした。

## ✓ 熱貫流率計算方法に関する調査

- 代表的な窓の材質別、機種別、サイズ別の熱貫流率を比較し、窓面積と熱貫流率には反比例の関係があることを示した。
- 窓サイズによる熱貫流率の変化が建物全体に及ぼす影響はについて検討した。窓を実サイズで評価するケースと標準試験体サイズで評価するケースで、外皮平均熱貫流率の差は2%程度であった。

## ✓ 窓の熱性能と住宅・建築物の熱負荷

- 住宅熱負荷計算において、窓フレームの影および複層ガラスの入射角特性を考慮しないことは、窓の日射熱取得率を過大に評価することになり、暖房負荷の過小評価、冷房負荷の過大評価を招く可能性がある。
- 熱負荷計算においてブラインドスラット角とガラス入射角と太陽位置の関係から窓の日射熱取得率が時々変化することを厳密に扱った。このことにより地域によって最適なガラス品種とブラインドスラット角の組み合わせが異なることを明らかにした。
- ISO規格に規定されている窓のエネルギー性能（WEP）の評価指標を日本の住宅に適用させるために、標準住宅の設定とそれを表す数値パラメータの同定を行い、住宅熱負荷計算による暖冷房負荷と同等の結果を得ることを確認した。
- WEP試算により、住宅の暖冷房負荷の低減のために、窓の高断熱化、窓開放による通風換気、季節による遮蔽物の使い分け、窓の高日射取得化、地域・方位ごとに適切な庇の設計、などが重要であることを示した。

本調査事業では、開口部の断熱性能と日射熱取得性能(遮熱性能)について、2年間にわたり基礎的データの収集と文献調査、並びにシミュレーションによる考察を行った。この事業により、日射遮蔽物の断熱・遮熱のに関する基礎データを体系的に収集できたことは大きな成果と言える。また計算法に関して国内外の規格を調査し、境界条件やアルゴリズムの違いが窓の熱性能値にどの程度影響するか検討し多くの知見が得られた。平成25年1月に公布された改正省エネルギー基準では、住宅に関しては紙障子、外付ブラインドのみが評価の対象となったが、開口部からの日射熱取得はスクリーン等の日射遮蔽物によって大きく変化する。このため建物の省エネルギーを考える際に附属物の評価は不可欠であり、本調査事業で得られた知見は、窓の熱性能を規定する基礎データとして広く活用されることが期待される。