

# 住宅における日射熱の遮蔽・利用に関する 地域性を活かした技術の評価手法の検討

一般財団法人 建材試験センター  
共同研究：国立研究開発法人 建築研究所

# 事業の目的と概要

## 背景

現行の省エネ基準等において、住宅の外皮性能は断熱技術を中心に検討されてきた。このため、日射遮蔽部材、窓の付属部材、緑化など、日射熱を遮蔽あるいは利用する技術、特に蒸暑地域で用いられる技術は、適切に評価されているとはいえない。

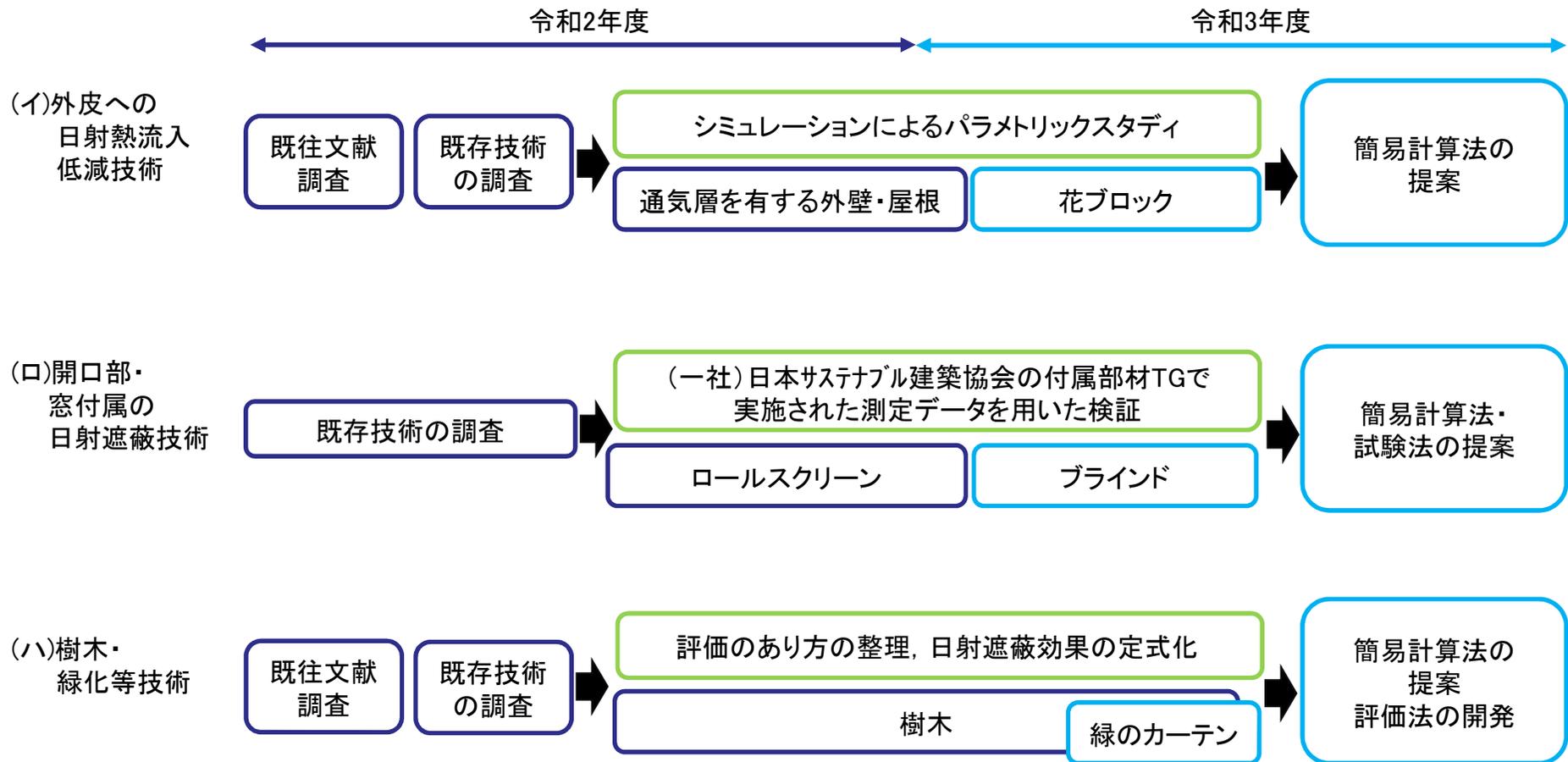
## 目的

現在、評価対象となっていない、あるいは、評価方法として必ずしも十分とはいえない技術について、各種検討を行い、新たな評価手法・指標などを検討・提案する。

## 概要

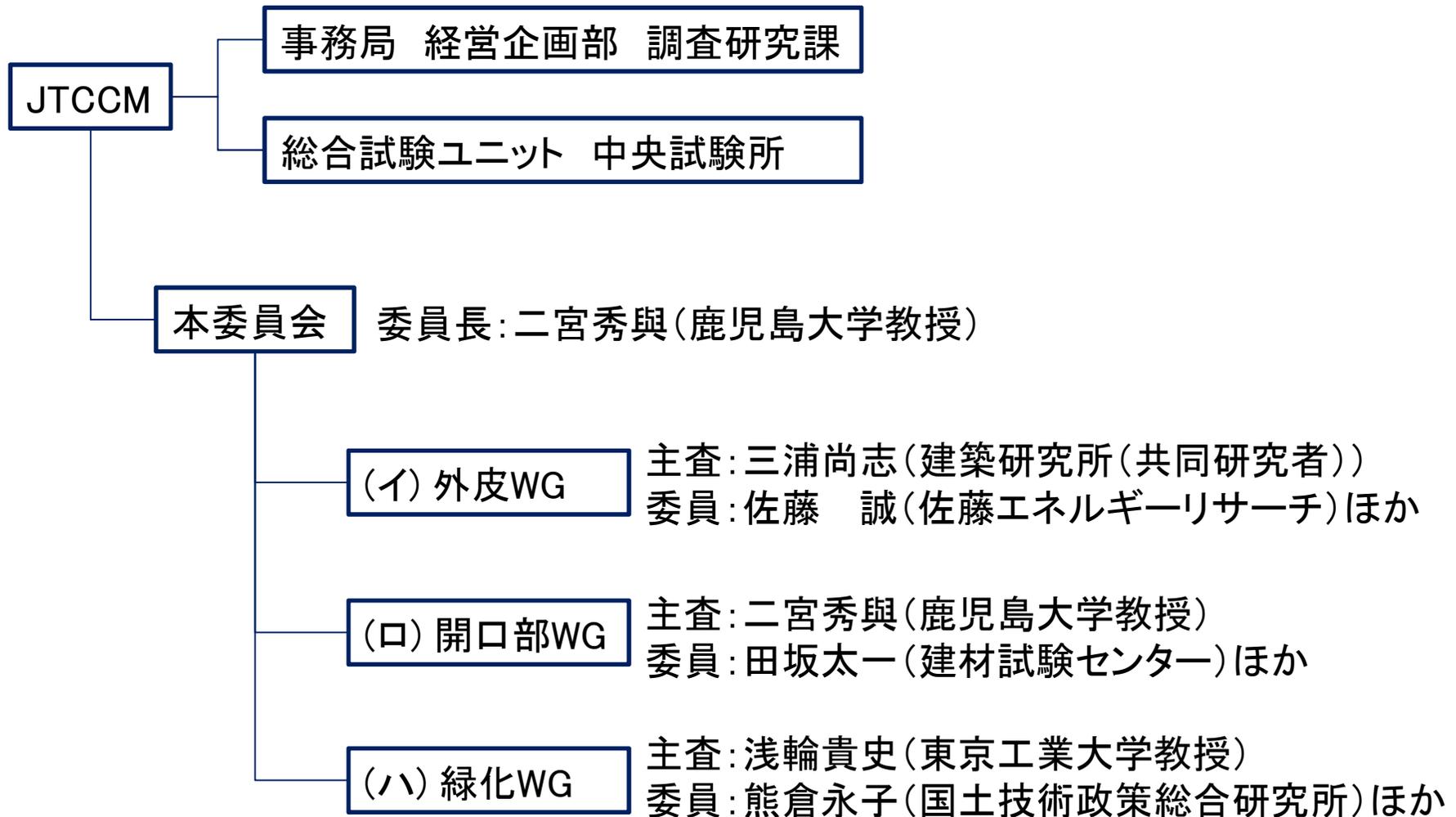
適切に評価がなされていない技術のうち、  
(イ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に外皮への日射熱の流入を低減させる技術  
(ロ) 開口部において窓に付属させて日射を遮蔽する技術  
(ハ) 樹木や緑化等の技術  
について、関連技術等の調査・各種実験・数値解析等を行い、評価方法を検討する。

# 事業のフロー



# 事業の実施体制

国立研究開発法人建築研究所と共同研究により、以下の体制で実施。



# (イ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 花ブロックの評価方法の現状と検討フロー

## 現状の課題

- 蒸暑地で一般的に用いられてる花ブロックの日除け効果の評価方法がない。
- 現状の省エネ基準で評価可能な外部日除けの形状が限定されている（オーバーハング型、サイドフィン型、ボックス型のみ）。

花ブロックの日除け効果が評価できないため、蒸暑地において外皮性能向上のための評価技術が限られている。

## 花ブロックの日射遮蔽効果の簡易評価法検討フロー

### (1) 精緻な計算プログラムの作成

花ブロックの日射遮蔽効果の計算方法を整理し、日射遮蔽効果の計算を精緻に行うためのプログラムを作成する。

### (2) パラメトリックスタディの実施

複数の形状の花ブロックを対象とし、花ブロックの期間日射遮蔽効果に関するパラメトリックスタディを実施する。

### (3) モデル化による簡易な計算方法の作成

花ブロックの日射遮蔽効果の計算方法のモデル化を行い、花ブロックの日射遮蔽効果の簡易評価方法を作成する。

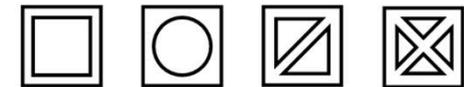
## 本事業で明らかにしたこと

- 花ブロックのカタログから入手可能な情報（※）から、花ブロックの期間日射遮蔽効果を推定する近似式を提案した。
- 地域区分、方位別に、花ブロックの期間平均総合透過率を推定する近似式の係数を同定した。

※花ブロック奥行、花ブロック開口部の合計周長・開口部の合計側面積から求められる評価指標（パラメータ $t'$ ）を定義

$$t' = \frac{L_{depth} \times \sum_{i=1}^n P_{opening,i}}{\sum_{i=1}^n A_{opening,i} \times 2}$$

$$\tau_{total,season} = r_{opening} \times \left(1 - \beta' (1 - e^{-\alpha' t'})\right)$$



$L_{depth}$  : 花ブロックの奥行（厚さ）（mm）  
 $P_{opening,i}$  : 花ブロックの開口部 $i$ の周長（mm）  
 $A_{opening,i}$  : 花ブロックの開口部 $i$ の面積（mm<sup>2</sup>）  
 $\tau_{total,season}$  : 花ブロックの期間平均総合透過率（-）  
 $r_{opening}$  : 花ブロック等の開口率（-）  
 $\alpha', \beta'$  : 地域区分、方位、季節別の近似式の係数（-）

## 省エネ基準への適用イメージ

- ① 近似式から花ブロックの暖房期平均総合透過率 $\tau_{total,H}$ 、冷房期平均総合透過率 $\tau_{total,C}$ を求める。
- ② 日射熱取得率の計算式における日除けの効果係数を、①で求めた暖房期平均総合透過率 $\tau_{total,H}$ ・冷房期平均総合透過率 $\tau_{total,C}$ で置き換える。

※開口部の場合

$$\eta_{H,i} = f_{ang,H} \times f_{sh,H} \times \eta_{d,i} \rightarrow \tau_{total,H}$$

$$\eta_{C,i} = f_{ang,C} \times f_{sh,C} \times \eta_{d,i} \rightarrow \tau_{total,C}$$

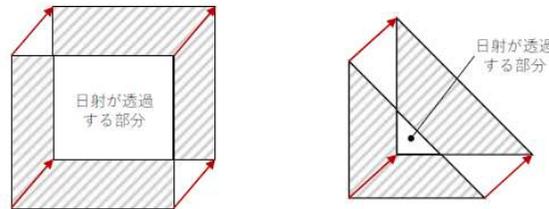
$\eta_{H,i}$  : 開口部 $i$ の暖房期の日射熱取得率  
 $\eta_{C,i}$  : 開口部 $i$ の冷房期の日射熱取得率  
 $f_{ang,H}$  : 暖房期の垂直入射に対する斜入射の基準化日射熱取得率（-）  
 $f_{ang,C}$  : 冷房期の垂直入射に対する斜入射の基準化日射熱取得率（-）  
 $f_{sh,H}$  : 暖房期の日除けの効果係数（-）  
 $f_{sh,C}$  : 冷房期の日除けの効果係数（-）  
 $\eta_{d,i}$  : 開口部 $i$ の垂直面日射熱取得率（(W/m<sup>2</sup>)/(W/m<sup>2</sup>）

# (イ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 花ブロックの総合透過率の精緻な計算方法の検討

$$\tau = \frac{A_{transmit}}{A_{opening}}$$

ここで、

- $\tau$  : 花ブロックの透過率 (-)
- $A_{transmit}$  : 花ブロックの日射透過部分の面積 (mm<sup>2</sup>)
- $A_{opening}$  : 花ブロックの開口面積 (mm<sup>2</sup>)

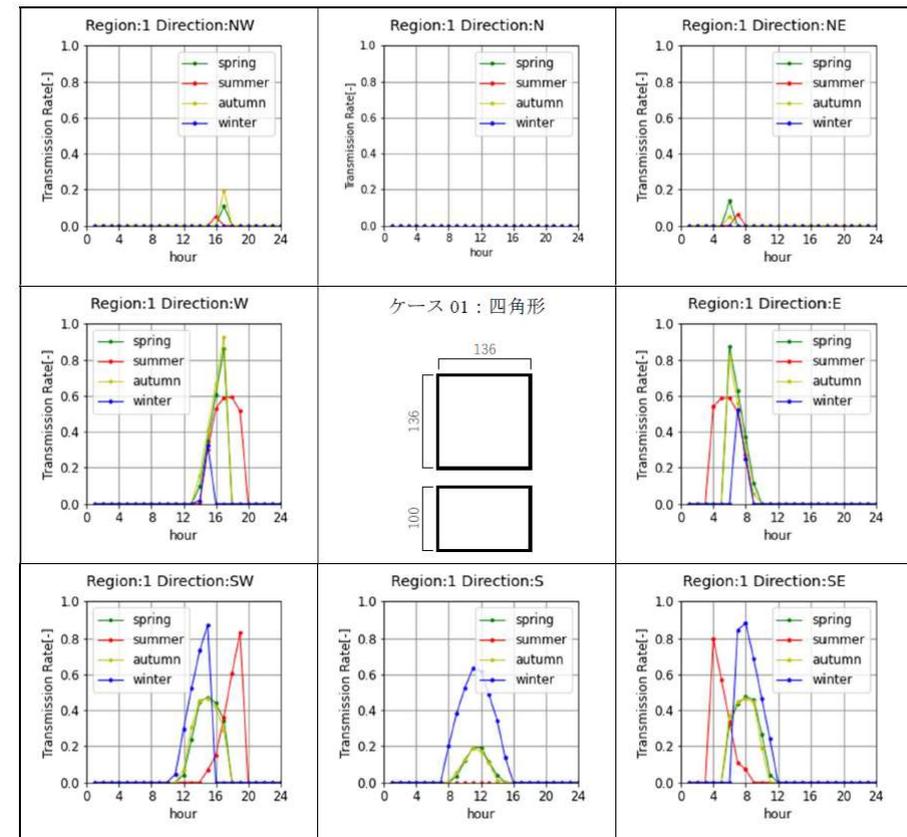


$$\tau_{total,t} = \frac{I_{D,t} \times \tau_{D,t} + I_{S,t} \times \tau_S + I_{R,t} \times \tau_R}{I_{D,t} + I_{S,t} + I_{R,t}}$$

ここで、

- $\tau_{total,t}$  : 時刻tにおける花ブロックの総合透過率 (-)
- $\tau_{D,t}$  : 時刻tにおける花ブロックの直達光の透過率 (-)
- $\tau_S$  : 花ブロックの天空光の透過率 (-)
- $\tau_R$  : 花ブロックの地物反射光の透過率 (-)
- $I_{D,t}$  : 時刻tにおける傾斜面直達日射量 (W/m<sup>2</sup>)
- $I_{S,t}$  : 時刻tにおける傾斜面天空日射量 (W/m<sup>2</sup>)
- $I_{R,t}$  : 時刻tにおける傾斜面反射日射量 (W/m<sup>2</sup>)

春分	3月23日
夏至	6月22日
秋分	9月21日
冬至	12月22日

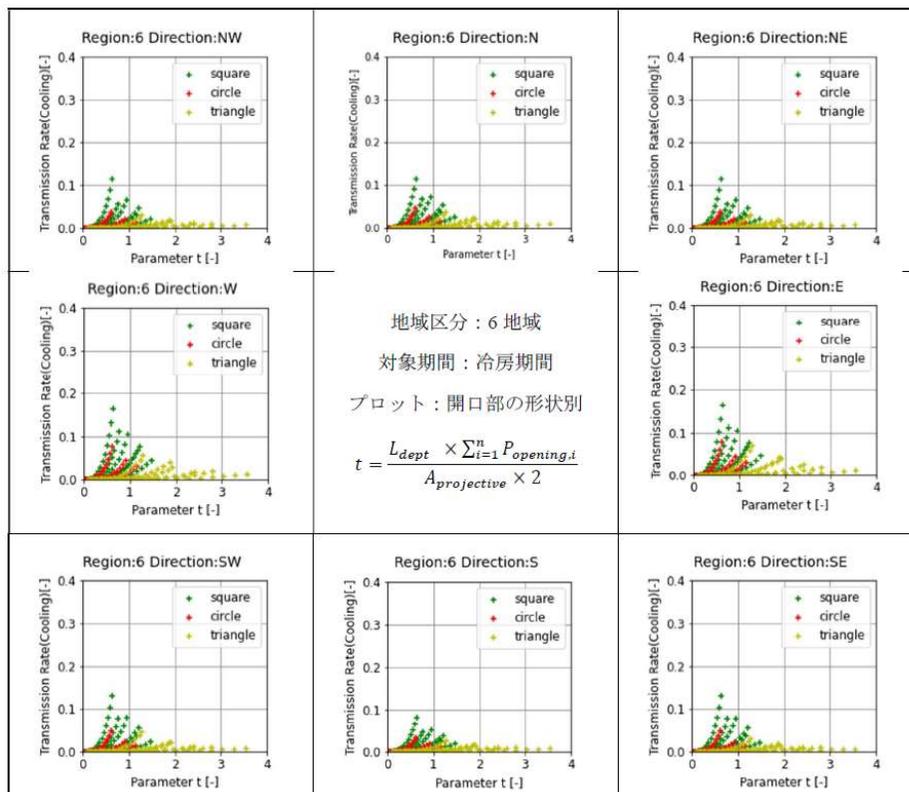


開口形状別 (四角形, 円形, 三角形) に花ブロックの透過率の計算方法を整理

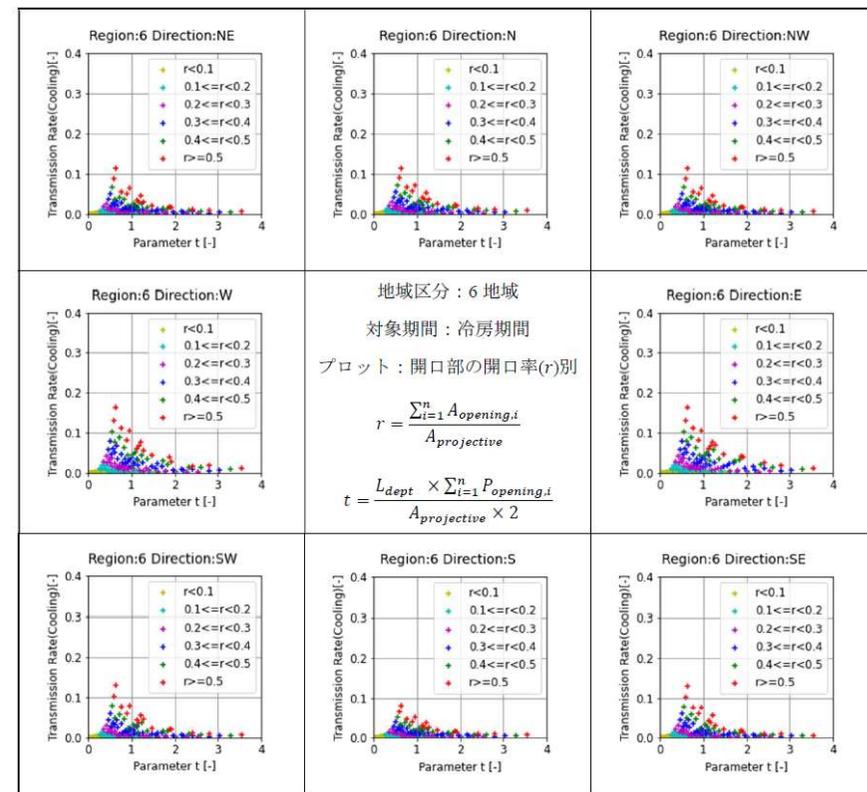
# (イ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 パラメトリックスタディによる開口部総合透過率の計算結果

花ブロックの寸法・開口部の仕様・開口率などを変えてパラメトリックスタディを実施。  
形状は、四角形(正方形□, 長方形▭), 円形○, 三角形△ ▽ の5パターン。

形状別の期間平均開口部総合透過率



開口率別の期間平均開口部総合透過率



形状別では、 $t$ が小さくなるほど期間平均総合透過率は0に近づくが形状によって異なる。  
開口率別では、 $t$ が小さくなるほど期間平均総合透過率は大きくなるが開口率により異なる。

# (イ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 開口率に依存しない総合透過率の計算方法の検討

## 形状別の期間平均開口部総合透過率

$$t' = \frac{L_{depth} \times \sum_{i=1}^n P_{opening,i}}{A_{projective} \times 2} \times \frac{1}{r_{opening}}$$

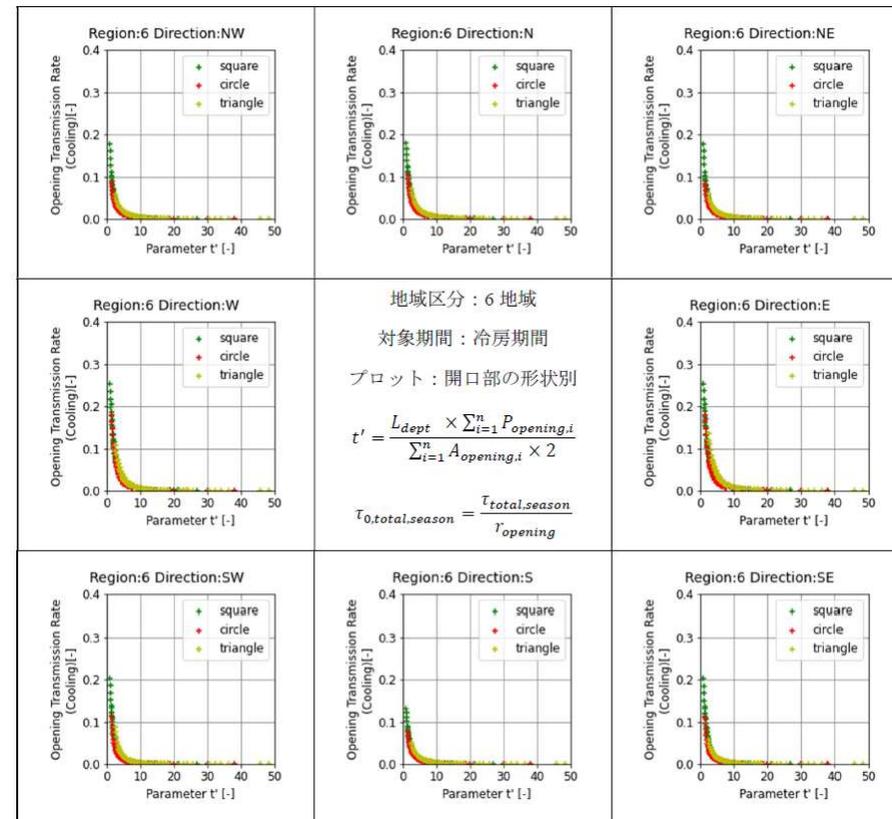
$$= \frac{L_{depth} \times \sum_{i=1}^n P_{opening,i}}{A_{projective} \times 2} \times \frac{A_{projective}}{\sum_{i=1}^n A_{opening,i}}$$

$$= \frac{L_{depth} \times \sum_{i=1}^n P_{opening,i}}{\sum_{i=1}^n A_{opening,i} \times 2}$$

$$\tau_{0,total,season} = \frac{\tau_{total,season}}{r_{opening}}$$

ここで、

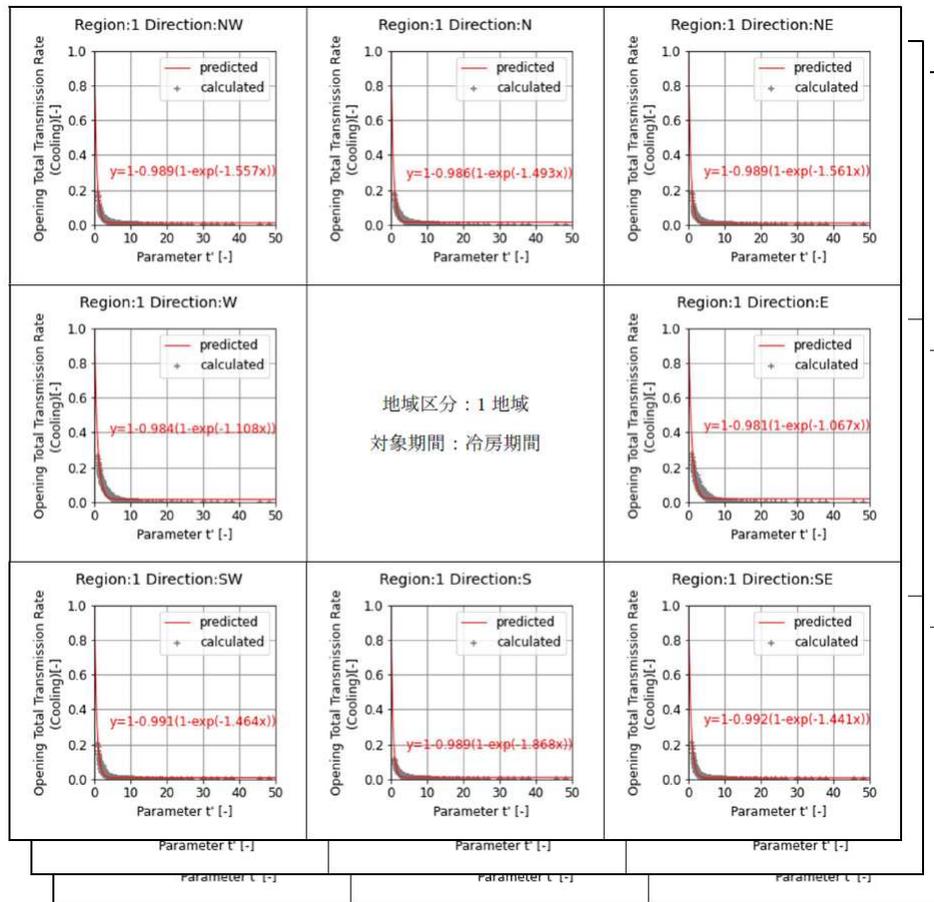
- $t'$  : パラメータ  $t'$  (花ブロックの評価指標) (-)
- $\tau_{0,total,season}$  : 花ブロックの期間平均開口部総合透過率 (-)
- $r_{opening}$  : 花ブロックの開口率 (-)
- $A_{projective}$  : 花ブロックの見付け面積 (mm<sup>2</sup>)
- $A_{opening,i}$  : 花ブロックの開口部  $i$  の面積 (mm<sup>2</sup>)
- $n$  : 花ブロックの開口部の数 (個)
- $P_{opening,i}$  : 花ブロックの開口部  $i$  の周長 (mm)
- $L_{depth}$  : 花ブロックの奥行 (厚さ) (mm)
- $\tau_{total,season}$  : 花ブロックの期間平均総合透過率 (-)



形状や開口率に依存せず、 $t'$ が大きくなるほど期間平均開口部総合透過率が減少。

# (イ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 開口率に依存しない総合透過率の近似式の提案

期間平均開口部総合透過率の近似式



同定した係数 $\alpha'$ ,  $\beta'$

方位角	方位名	地域区分							
		1		2		3		4	
		$\alpha'$	$\beta'$	$\alpha'$	$\beta'$	$\alpha'$	$\beta'$	$\alpha'$	$\beta'$
-180	北(N)	1.493	0.986	1.493	0.986	1.493	0.986	1.493	0.986
-135	北東(NE)	1.561	0.989	1.555	0.988	1.560	0.988	1.600	0.989
-90	東(E)	1.067	0.981	1.178	0.983	1.246	0.983	1.146	0.983
-45	南東(SE)	1.441	0.992	1.490	0.991	1.521	0.990	1.501	0.991
0	南(S)	1.868	0.989	1.832	0.989	1.813	0.989	1.777	0.989
45	南西(SW)	1.464	0.991	1.482	0.991	1.442	0.991	1.527	0.990
90	西(W)	1.108	0.984	1.131	0.984	1.067	0.983	1.199	0.985
135	北西(NW)	1.557	0.989	1.558	0.989	1.575	0.989	1.584	0.988

$$\tau_{0, total, season} = 1 - \beta'(1 - e^{-\alpha' t'})$$

ここで、

$\tau_{0, total, season}$  : 花ブロックの期間平均開口部総合透過率 (-)

$t'$  : パラメータ $t'$  (花ブロックの評価指標) (-)

$\alpha'$ ,  $\beta'$  : 近似式の係数 (-)

いずれの地域・方位も期間平均開口部総合透過率を概ね精度良く再現できていることを確認

# (イ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 評価法への適用

花ブロックの各部分の寸法がわかれば、予め期間平均日射熱取得率を計算しておくことができる。

- (1) 近似式から花ブロックの暖房期平均総合透過率，冷房期平均総合透過率を求める。
- (2) 日射熱取得率の計算式における日よけの効果係数を(1)で求めた暖房期平均総合透過率，冷房期平均総合透過率で置き換える。

一般部の場合

$$\eta_{H,i} = 0.034 \times f_{sh,H,i} \times U_i$$

$$\eta_{C,i} = 0.034 \times f_{sh,C,i} \times U_i$$

開口部の場合

$$\eta_{H,i} = f_{ang,H} \times f_{sh,H} \times \eta_{d,i}$$

$$\eta_{C,i} = f_{ang,C} \times f_{sh,C} \times \eta_{d,i}$$

ここで、

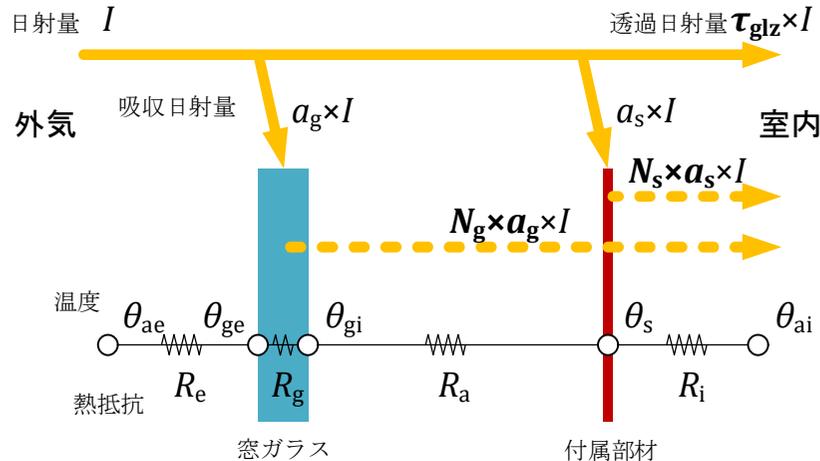
$\eta_{H,i}$	:	一般部位 <i>i</i> または窓等の開口部 <i>i</i> の暖房期の日射熱取得率 ((W/m <sup>2</sup> )/ (W/m <sup>2</sup> ))
$\eta_{C,i}$	:	一般部位 <i>i</i> または窓等の開口部 <i>i</i> の冷房期の日射熱取得率 ((W/m <sup>2</sup> )/ (W/m <sup>2</sup> ))
$f_{sh,H,i}$	:	一般部位 <i>i</i> の暖房期の日除けの効果係数 (-)
$f_{sh,C,i}$	:	一般部位 <i>i</i> の冷房期の日除けの効果係数 (-)
$f_{sh,H}$	:	暖房期の日除けの効果係数 (-)
$f_{sh,C}$	:	冷房期の日除けの効果係数 (-)
$f_{ang,H}$	:	暖房期の垂直入射に対する斜入射の基準化日射熱取得率 (-)
$f_{ang,C}$	:	冷房期の垂直入射に対する斜入射の基準化日射熱取得率 (-)
$U_i$	:	一般部位 <i>i</i> の熱貫流率 (W/m <sup>2</sup> K)
$\eta_{d,i}$	:	開口部 <i>i</i> の垂直面日射熱取得率 ((W/m <sup>2</sup> )/ (W/m <sup>2</sup> ))

## (イ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 令和3年度の成果

- (1) 既往調査等を参考に、時々刻々の花ブロックの透過日射の計算方法を整理し、期間日射遮蔽効果の詳細計算プログラムを作成した。またこのプログラムを用いて、複数の形状の花ブロックを対象とし、地域区分・方位に応じた花ブロックの期間日射遮へい効果に関するパラメトリックスタディを実施した。
- (2) パラメトリックスタディの結果を踏まえて、既往研究で提案された花ブロックの期間平均透過率の近似式の検証を行い、花ブロックのカタログから入手可能な情報(花ブロック面積・奥行、花ブロック開口部の合計周長・開口部の合計側面積)から、花ブロックの期間日射遮へい効果を推定するモデルを提案した。

# (ロ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 付属部材を有する窓の評価法の現状と検討フロー

## 付属部材を有する窓の $\eta_{glz}$ の評価法の現状



$$\eta_{glz} = \tau_{glz} + N_g \cdot \alpha_g + N_s \cdot \alpha_s$$

透過分 室内への再放出分

中空層の熱抵抗(日射がないときの値)

$$N_g = R_e / (R_e + R_g + R_a + R_i)$$

$$N_s = (R_e + R_g + R_a) / (R_e + R_g + R_a + R_i)$$

$N_s = 1$  (付属部材が吸収した日射熱はすべて室内に)

## 付属部材を有する窓の $\eta_{glz}$ の評価法の検討フロー

### (1) 熱平衡モデルの検討

- ・付属部材を有する窓の日射遮蔽効果を現行の方法よりも正確に計算できるモデル式を作成

### (2) 測定および解析の実施

- ・モデル式の妥当性の検討
- ・各部の熱流束・熱伝達率の解析

### (3) 熱伝達率を定式化するための試験方法の作成

- ・解析データをもとに、各種熱伝達率の定式化手順を整理

## 新たな日射熱取得率 $\eta_{glz}$ の計算式のイメージ

付属部材内外への換気による熱移動 $q_v$ を加味した熱平衡式を解くことにより評価

$$\eta_{glz} = \tau_{glz} + \frac{q_{c,s \rightarrow ai} + q_{r,s \rightarrow bi} + q_{v,gi \rightarrow ai}}{I}$$

対流分 放射分 換気分

透過分 室内への再放出分

# (ロ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 測定結果の解析－JIS A 1493による既往の測定事例

## ○試験体

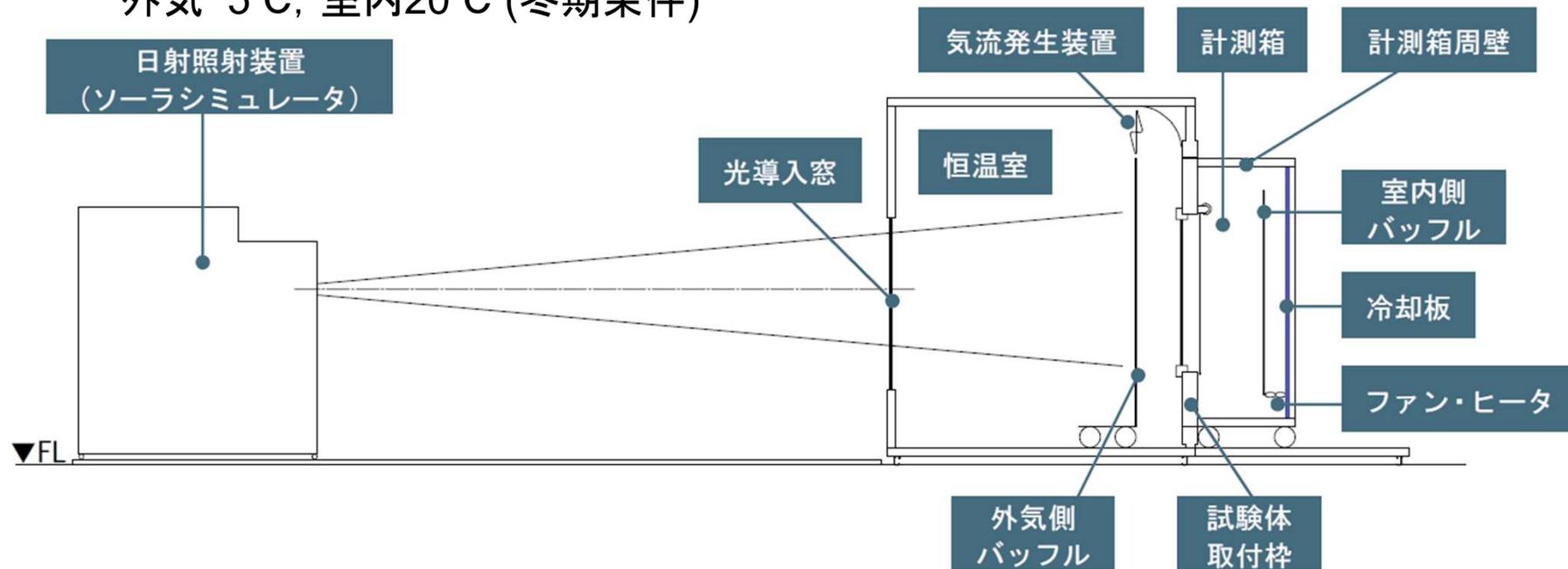
- －窓ガラス:透明アクリル板(厚さ10mm)
- －付属部材:内付けロールスクリーン(ホワイト, セピア)  
内付けブラインド(ホワイト, グレイ)

## ○測定条件

- －照射日射:0～800W/m<sup>2</sup>
- －温度:外気30℃, 室内20℃ (夏期条件)  
外気 5℃, 室内20℃ (冬期条件)

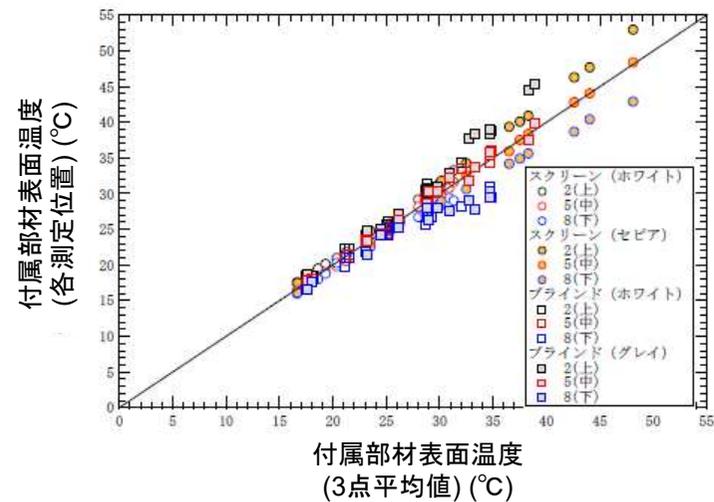
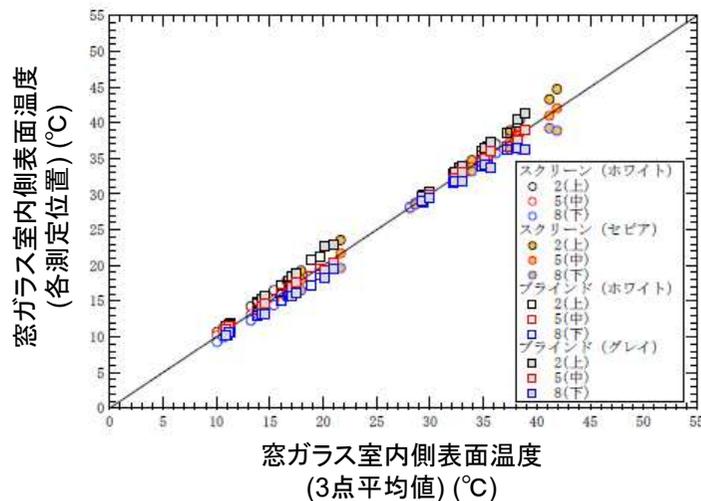
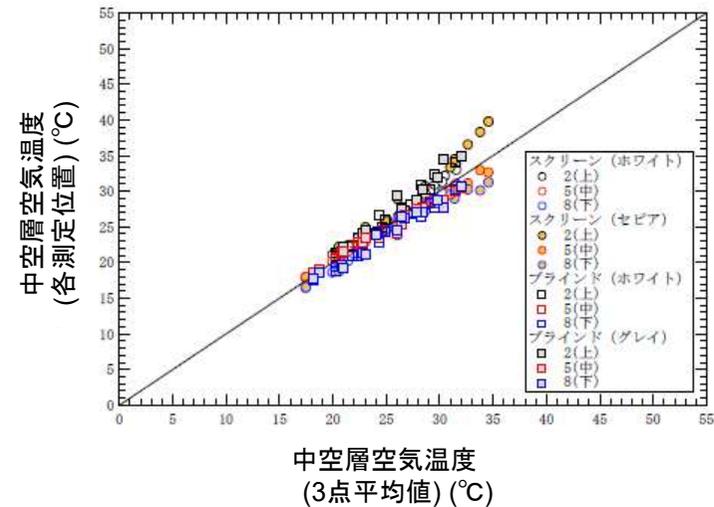
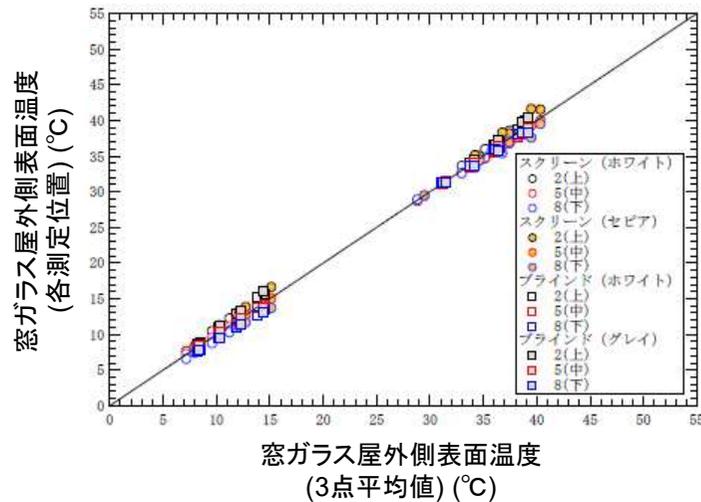
スクリーン(ホワイト)

ブラインド(ホワイト)



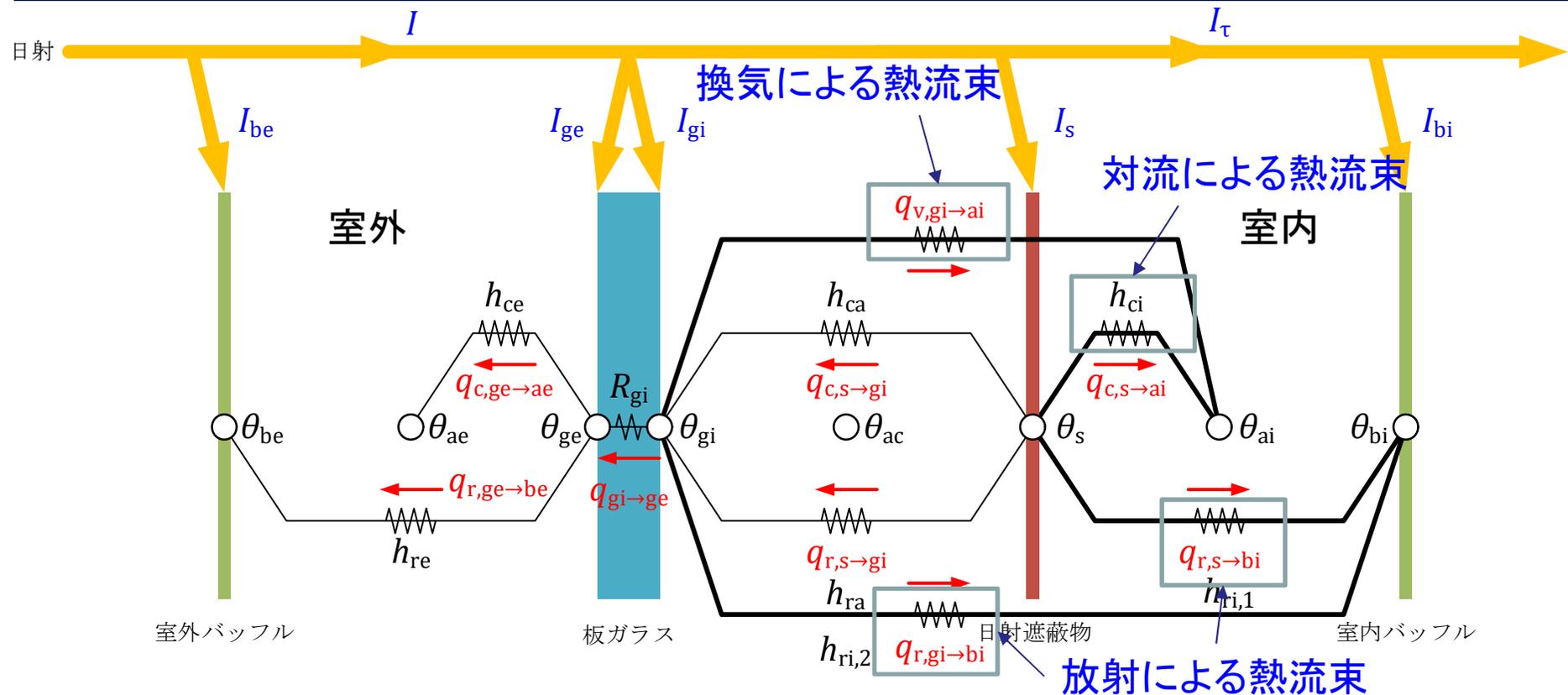
JIS A 1493による既往の測定データを用い, 検討した熱平衡モデルにより各熱流束を解析.

# (口) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 JIS A 1493による各部の温度測定結果



中空層内の空気温度は上下分布が大きく、中央値と3点の平均値が一致しない場合がある。  
付属部材の表面温度は上下分布が大きいが、中央値と3点の平均値は概ね一致する。

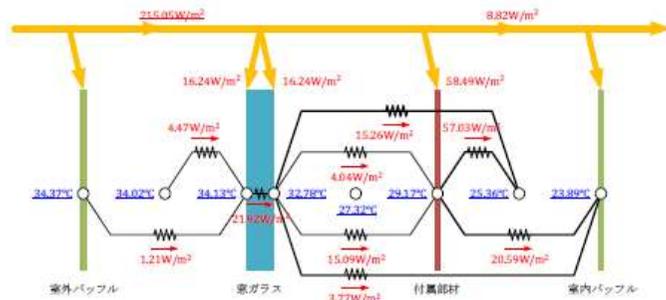
# (ロ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 熱平衡モデルの検討



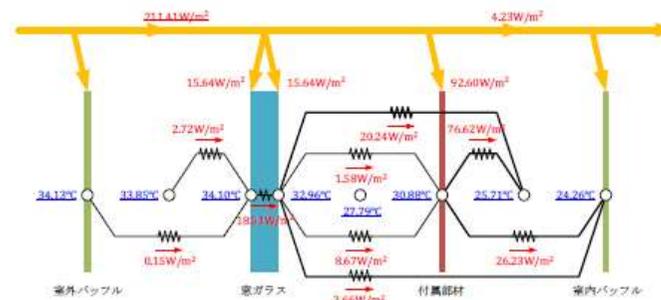
$$\eta_{glz} = \tau_{glz} + \frac{h_v(\theta_{gi} - \theta_{ai}) + h_{ci}(\theta_s - \theta_{ai}) + h_{ri,1}(\theta_s - \theta_{bi}) + h_{ri,2}(\theta_{gi} - \theta_{bi}) - U_N(\theta_{ae} - \theta_{ai})}{I}$$

日射熱取得に寄与するそれぞれの熱伝達率 $h$ を定式化できれば、  
さまざまな熱・光学的性能を有する窓ガラスとの組み合わせでの日射熱取得率を評価できる。

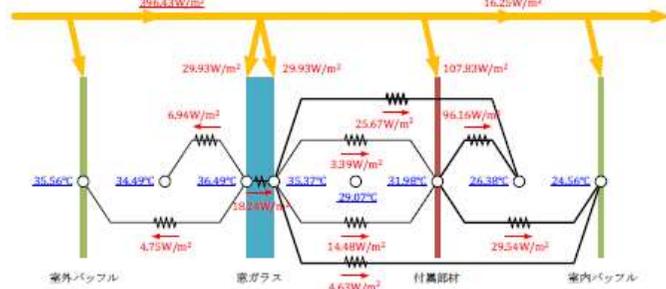
# (ロ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 測定結果の解析—各熱流束の計算結果



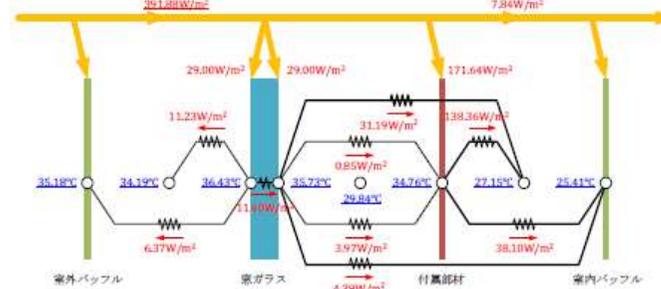
(ブラインド(ホワイト)、スラット角 75°、夏期 10K、日射量 200W/m<sup>2</sup>)



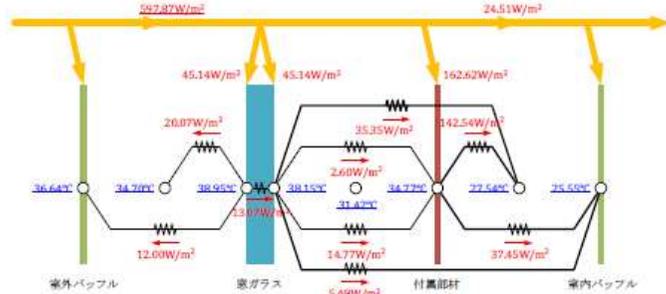
(ブラインド(グレイ)、スラット角 75°、夏期 10K、日射量 200W/m<sup>2</sup>)



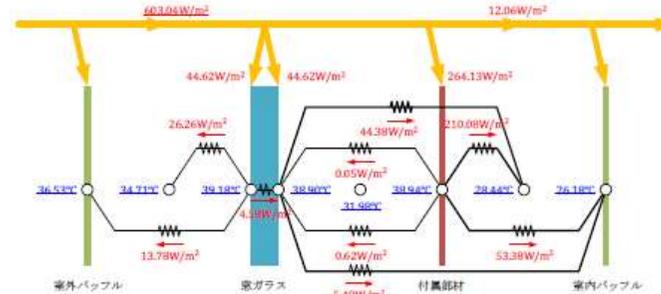
(ブラインド(ホワイト)、スラット角 75°、夏期 10K、日射量 400W/m<sup>2</sup>)



(ブラインド(グレイ)、スラット角 75°、夏期 10K、日射量 400W/m<sup>2</sup>)



(ブラインド(ホワイト)、スラット角 75°、夏期 10K、日射量 600W/m<sup>2</sup>)

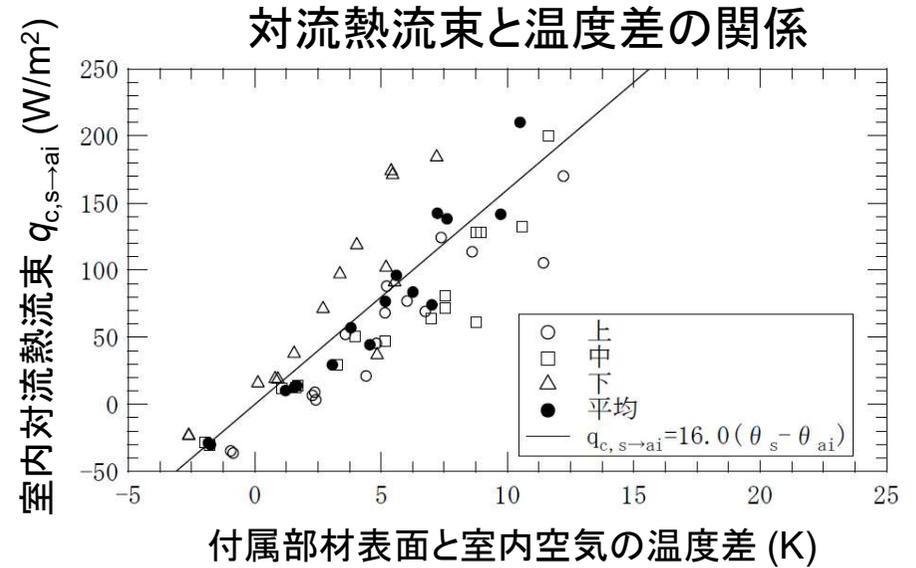
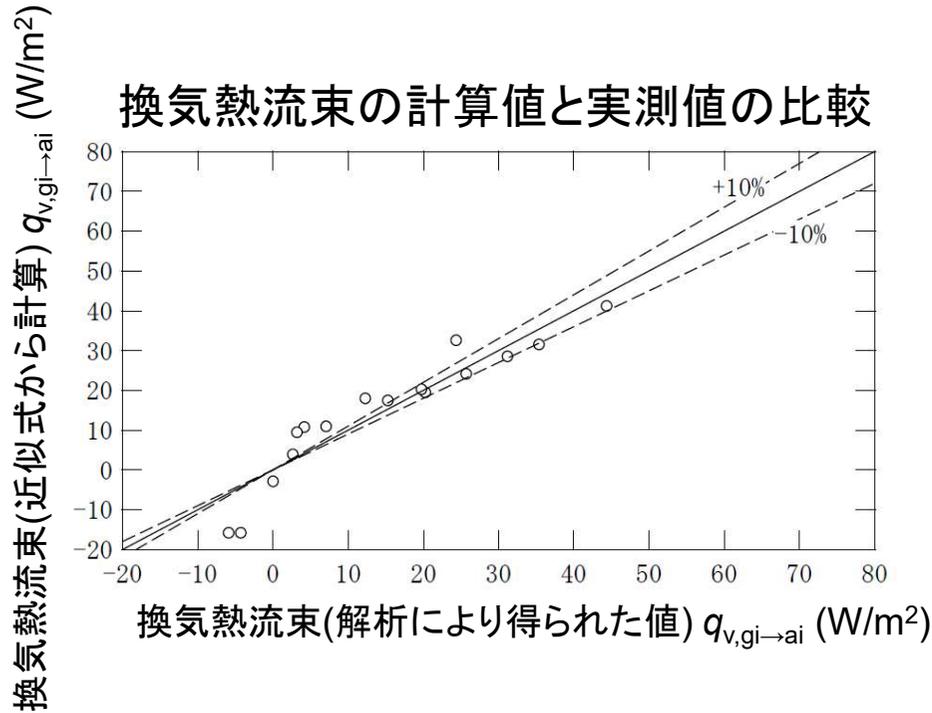


(ブラインド(グレイ)、スラット角 75°、夏期 10K、日射量 600W/m<sup>2</sup>)

- 下線の値  
既往の測定データ
- グレーディング複合体の日射透過量, 窓ガラス・付属部材の日射吸収量  
窓ガラス, 付属部材の光学特性の測定結果をもとに, JIS A 2103により求めた値を用い計算
- その他  
付属部材の熱抵抗と仮定

JIS A 1493の測定結果をもとに, 検討した熱平衡式から各熱流束を同定できることを確認。

# (ロ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 測定結果の解析－熱伝達率の定式化の検討



実験により求まる係数 付属部材表面温度

$$q_{v,gi→ai} = A \cdot (\theta_{gi} - \theta_{bi})^{4/3} - B \cdot (\theta_s - (\theta_{gi} + \theta_{bi}) / 2)^{4/3}$$

ガラス室内側表面温度 室内側バツフル表面温度

換気熱流束：既往の研究で提案される上式で近似し，概ね精度良く計算できることを確認。  
付属部材室内側対流熱流束：付属部材表面と室内空気の温度差に概ね比例することを確認。

# (ロ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 付属部材を有する窓の日射熱取得率の評価方法案

## (1) JIS A 1493により日射熱取得率を測定

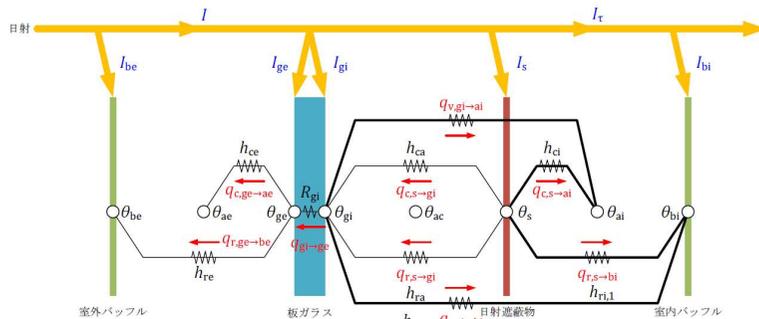
項目		夏期条件	冬期条件
室温	°C	25°C (又は 23°C)	20
外気温	°C	30°C (又は 33°C)	0°C (又は 5°C)
室内側表面熱伝達率	W/(m <sup>2</sup> ·K)	8	8
屋外側表面熱伝達率	W/(m <sup>2</sup> ·K)	14	24
日射強度	W/m <sup>2</sup>	0, 200, 400, 600	0, 200, 400, 600

$$q_{v,gi\rightarrow ai} = \alpha \cdot (\theta_{gi} - \theta_{ai})^{\frac{4}{3}} + \beta \cdot \left( \theta_s - \frac{\theta_{gi} + \theta_{ai}}{2} \right)^{\frac{4}{3}} \quad (a)$$

ここに、

- $q_{v,gi\rightarrow ai}$  : 中空層の換気熱流束 (W/m<sup>2</sup>)
- $\alpha$  : 係数 [W/(m<sup>2</sup>·K<sup>4/3</sup>)]
- $\beta$  : 係数 [W/(m<sup>2</sup>·K<sup>4/3</sup>)]
- $\theta_{gi}$  : 板ガラス室内側の表面温度 (°C)
- $\theta_s$  : 日射遮蔽物の表面温度 (°C)
- $\theta_{bi}$  : 室内側バップルの表面温度 (°C)

## (2) 熱平衡モデルにより各熱流束を算定



$$\eta_{glz} = \tau_{glz} + \frac{h_v(\theta_{gi} - \theta_{ai}) + h_{ci}(\theta_s - \theta_{ai}) + h_{ri,1}(\theta_s - \theta_{bi}) + h_{ri,2}(\theta_{gi} - \theta_{bi}) - U_N(\theta_{ae} - \theta_{ai})}{I} \quad (b)$$

ここに、

- $\eta_{glz}$  : グレージング複合体の日射熱取得率
- $\tau_{glz}$  : グレージング複合体の日射透過率
- $h_v$  : 板ガラスと日射遮蔽物に挟まれた中空層の換気熱伝達率 [W/(m<sup>2</sup>·K)]
- $h_{ci}$  : 日射遮蔽物室内側表面の対流熱伝達率 [W/(m<sup>2</sup>·K)]
- $h_{ri,1}$  : 日射遮蔽物室内側表面－室内バップル表面間の放射熱伝達率 [W/(m<sup>2</sup>·K)]
- $h_{ri,2}$  : 板ガラス室内側表面－室内バップル表面間の放射熱伝達率 [W/(m<sup>2</sup>·K)]
- $U_N$  : グレージング複合体の熱貫流率 [W/(m<sup>2</sup>·K)]
- $I$  : 日射強度 (入射放射強度) (W/m<sup>2</sup>)
- $\theta_{ae}$  : 外気温 (°C)
- $\theta_{gi}$  : 板ガラスの室内側表面温度 (°C)
- $\theta_s$  : 日射遮蔽物の表面温度 (°C)
- $\theta_{ai}$  : 室温 (°C)
- $\theta_{bi}$  : 室内放射温度 (°C)

## (3) 各熱流束の定式化

付属部材室内側表面の対流熱流束  $q_{c,s\rightarrow ai}$ :

付属部材表面－室内空気温度差と熱流束の関係を線形近似

中空層の換気熱流束  $q_{v,gi\rightarrow ai}$ :

式(a)により重回帰分析し係数  $\alpha, \beta$  を決定

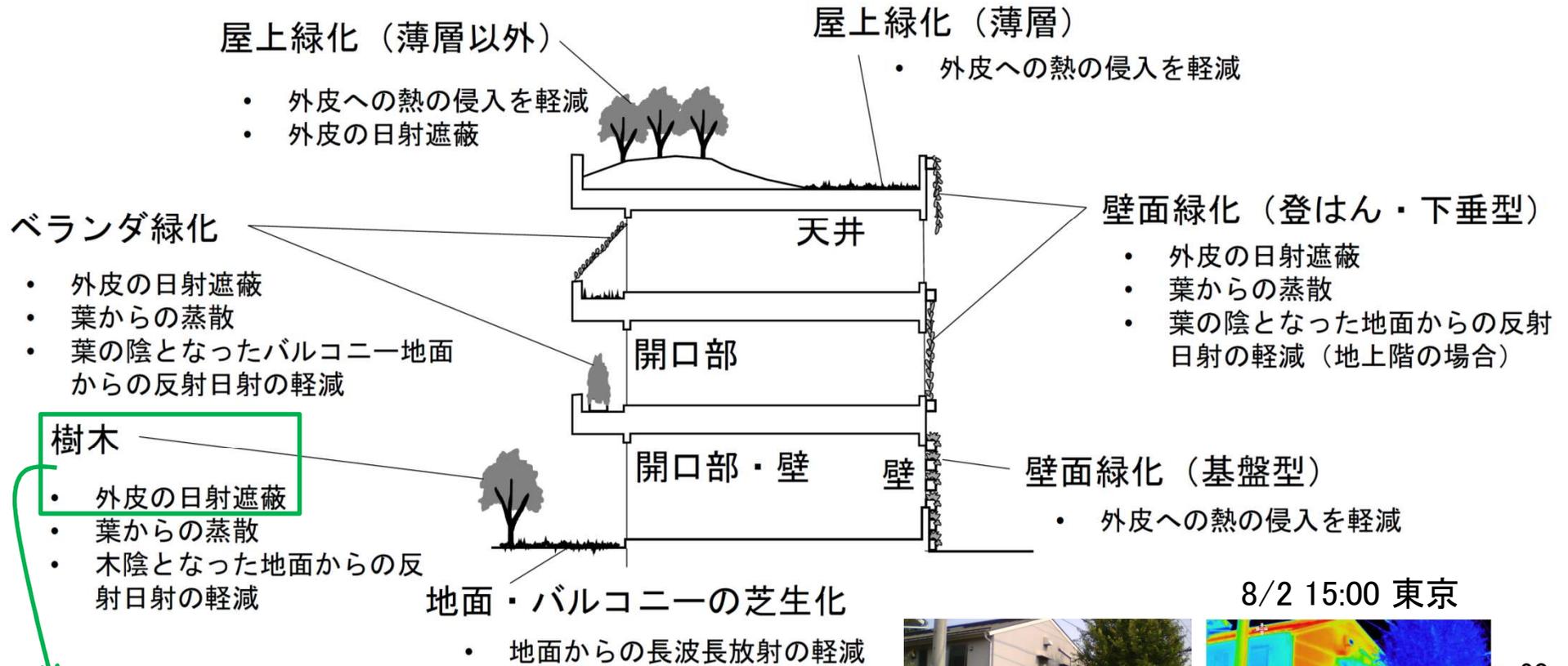
## (4) グレージング複合体の日射熱取得率の決定

式(b)により任意の窓ガラスとの組み合わせによる  $\eta$  値を算定

## (ロ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 令和3年度の成果

- (1) スクリーンやブラインドなどの一般的な付属部材を有する窓(グレーディング複合体)について、中空層の換気に伴う熱移動を加味した熱平衡モデルを組み立てた。JIS A 1493による実験結果に基づいて熱平衡モデルを解析した結果、日射がある場合とない場合のいずれも中空層内の空気温度分布が大きく、その代表温度を決定するのは困難であることがわかった。一方、窓ガラス室内側表面温度は、その中心部と平均温度が概ね一致する結果が得られた。以上を踏まえ、換気熱流束の接点は窓ガラス室内側表面－室内空気間として熱平衡モデルを組み立てた。
- (2) 実験結果に基づいて組み立てた熱平衡モデルから換気熱流束(中空層から室内への換気に伴う熱移動量)を求め、その程度を把握した。その値は既往研究で示される回帰式及び付属部材表面と室内空気の温度差の関数で近似でき、いずれも概ね精度良く計算できることを確認した。また、提案する熱平衡モデルで付属部材室内側の対流熱伝達率を定式化できることを確認した。
- (3) 熱平衡モデルならびに対流熱伝達率及び換気熱伝達率を定式化する手順を整理し、付属部材を有する窓の日射熱取得率の新たな評価方法案をとりまとめた。

# (ハ) 樹木や緑化等の技術に関する調査・検討 緑化の種類とその日射遮蔽効果

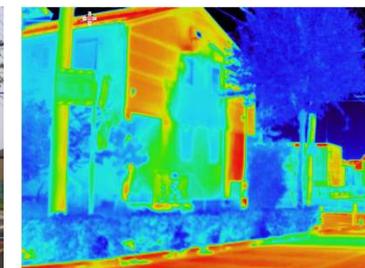


令和3年度の主な検討対象

## 現状の課題

- ①  $\eta$  AC値への樹木の効果の定式化
- ② 日よけ効果係数算出ツールの樹木への対応
- ③ 樹木による日射遮蔽効果の影響度

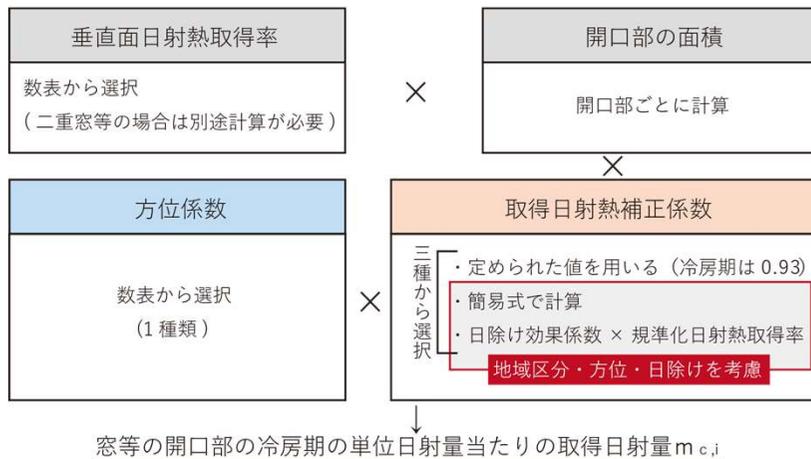
8/2 15:00 東京



# (ハ) 樹木や緑化等の技術に関する調査・検討 ηAC値への樹木の効果の定式化

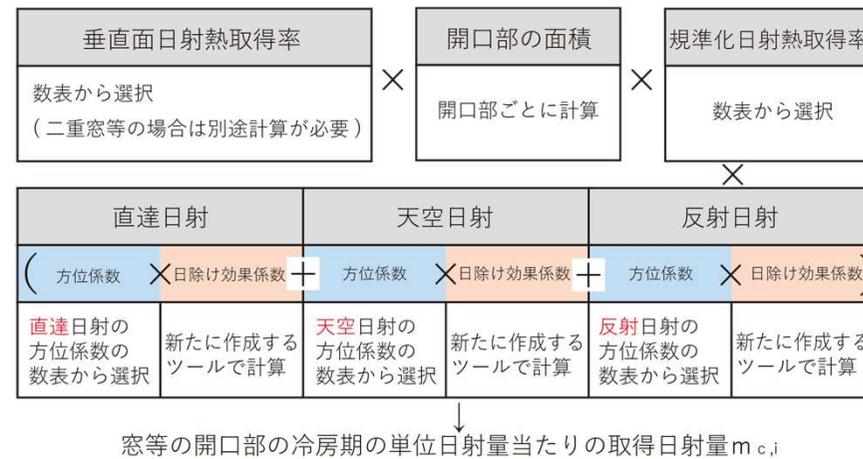
## ① 現行の算定式

$$m_c = \sum_i \eta_i A_i v_{c,i} f_{c,i}$$



## ② 新たな算定式

$$m_c = \sum_i \eta_i A_i f_{ang,c} (v d_{c,i} f_{d_{sh,c}} + v s_{c,i} f_{s_{sh,c}} + v g_{c,i} f_{g_{sh,c}})$$



方位係数と取得日射補正係数を、直達・天空・反射の各日射成分にわけたものに変更。  
樹木による効果は、直達・天空日射の日よけ効果係数に導入。

## (ハ) 樹木や緑化等の技術に関する調査・検討 新たな算定式にもとづく方位係数の整理

日射3成分の冷房期の方位係数(拡張アメダス気象データ2010年版を用いた場合)

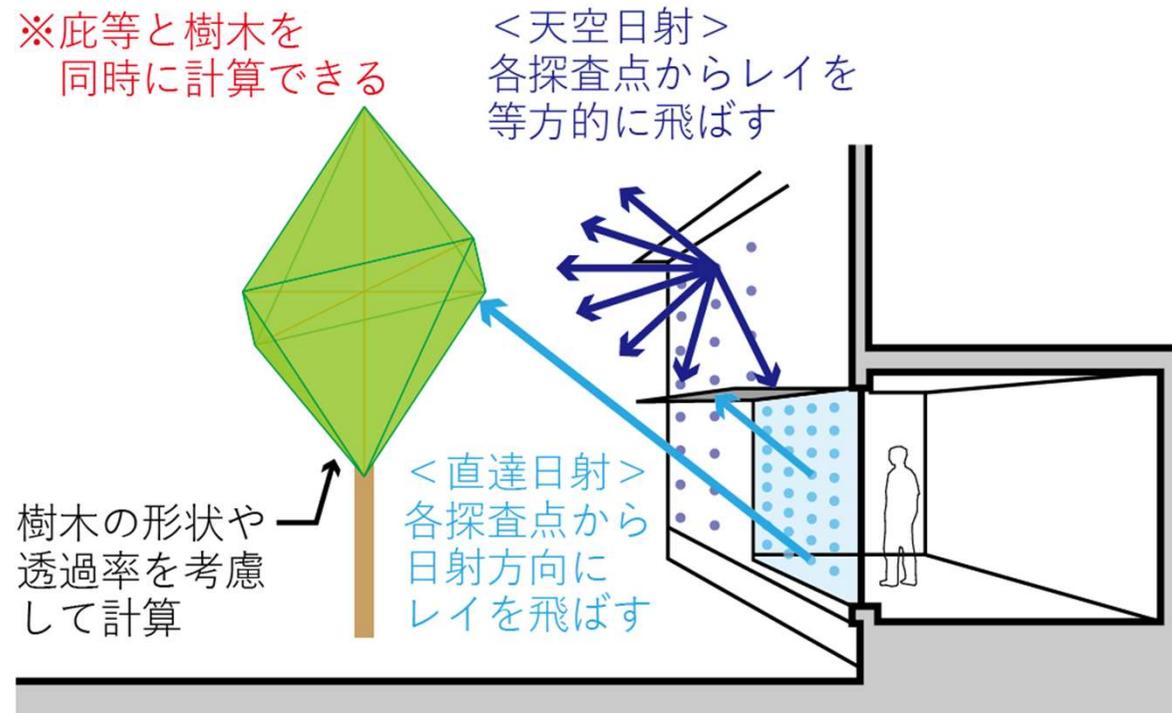
	1地域			2地域			3地域			4地域		
	直達	天空	反射									
北	0.023	0.268	0.050	0.019	0.265	0.050	0.015	0.253	0.050	0.018	0.228	0.050
北東	0.129			0.107			0.087			0.135		
東	0.243			0.219			0.176			0.243		
南東	0.249			0.240			0.194			0.237		
南	0.184			0.201			0.168			0.159		
南西	0.209			0.240			0.216			0.204		
西	0.196			0.225			0.205			0.201		
北西	0.101			0.115			0.107			0.108		
上面	0.463	0.537	0.000	0.471	0.529	0.000	0.494	0.506	0.000	0.544	0.456	0.000
	5地域			6地域			7地域			8地域		
	直達	天空	反射									
北	0.016	0.294	0.050	0.026	0.248	0.050	0.030	0.234	0.050	0.034	0.230	0.050
北東	0.079			0.123			0.136			0.138		
東	0.147			0.211			0.231			0.249		
南東	0.151			0.196			0.218			0.246		
南	0.114			0.128			0.148			0.179		
南西	0.165			0.201			0.198			0.231		
西	0.171			0.220			0.200			0.235		
北西	0.099			0.131			0.113			0.134		
上面	0.413	0.587	0.000	0.503	0.497	0.000	0.532	0.468	0.000	0.541	0.459	0.000

気象データの年代毎, 冷房期・暖房期毎に, 日射3成分の方位係数の一覧表を作成.

## (ハ) 樹木や緑化等の技術に関する調査・検討

# 日よけ効果係数算出ツールの樹木への対応

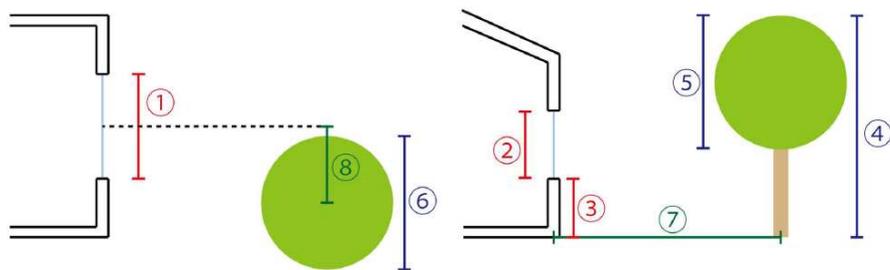
レイトレーシング法(開口部から太陽方向及び天空方向に多数の探査線を射出することで、日よけのポリゴンとの交点計算により日よけによる日射遮蔽の判定を行う方法)を用いた樹木と庇等の日よけを同時に計算できるプログラムを検討。



樹木と庇等の日よけ効果を考慮した直達及び天空日射の帆除け効果係数の算出が可能

# (ハ) 樹木や緑化等の技術に関する調査・検討 計算に必要なパラメータの整理

## パラメータ

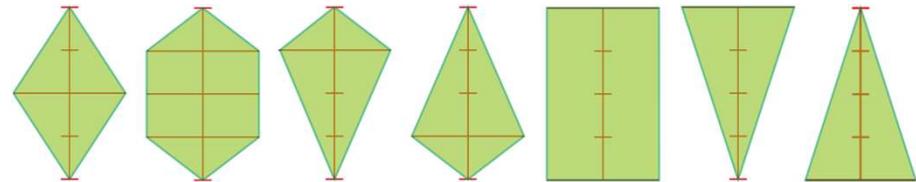


建築物側のパラメータ	樹木自体のパラメータ
① 窓の横長	④ 樹木の高さ
② 窓の縦長	⑤ 樹冠の高さ
③ 窓の地面からの高さ	⑥ 樹冠の幅 (枝張り)
建築物と樹木の位置関係	建築物の立地
⑦ 窓と樹木との距離	⑨ 面の方位
⑧ 窓中心から樹木までの窓と水平方向の距離	⑩ 地域区分

平面図

立面図

## 樹木の簡易形態



## 樹冠の日射透過率

$$\left( \text{樹冠内の空隙面積} - \text{樹冠面積} \right) / \text{樹冠面積} = \text{空隙率}$$

## 落葉・着葉・移行期間のスケジュール

	落葉期間	移行期間
1～6地域	12月23日～3月19日	春分の日(3月20日)～4月20日
7地域	1月1日～3月9日	3月10日～4月10日

	着葉期間	移行期間
1～6地域	4月21日～11月21日	11月22日～冬至(12月22日)
7地域	4月11日～11月30日	12月1日～12月31日

レイトレーシング法を用いるにあたり、必要な樹木の簡易形態、落葉・着葉、移行期間を設定

## (ハ) 樹木や緑化等の技術に関する調査・検討

# 樹木による日射遮蔽効果の影響度の検討

自立循環型住宅モデルを対象に、新たな日よけ効果係数計算プログラムを用い、太陽高度が高い南面の開口部及び太陽高度の低い東面の開口部の最適な樹木配置を検討。

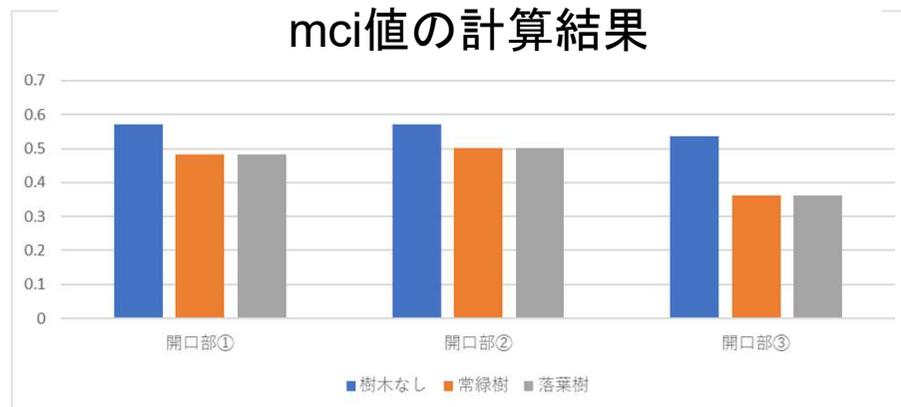
### 計算条件

#### □ 樹木

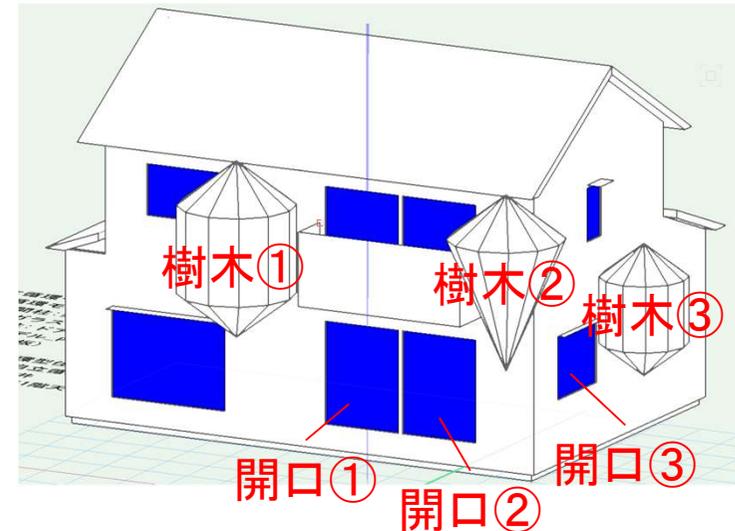
- ・なし, 常緑樹, 落葉樹

#### □ 樹幹の日射透過率

- ・常緑樹: 通年0.06
- ・落葉樹: 着葉期0.06, 落葉期0.6, 移行期0.33



### 住宅モデルと樹木の配置



### $\eta_{AC}$ , $\eta_{AH}$ の計算結果

	$\eta_{AC}$	$\eta_{AH}$
樹木なし	3.0	3.5
常緑樹	2.9	3.4
落葉樹	2.9	3.4

mci, mhi値,  $\eta_{AC}$ ,  $\eta_{AH}$ 値のいずれも、樹木配置することで減少することが示された。

# (ハ) 樹木や緑化等の技術に関する調査・検討 新たな日よけ効果係数計算ツールの構想

## 0. 計算する日よけ効果係数について

- 新たに提案する $m_{ci}$ の算定方法(日射を3成分に分割)



窓等の開口部の冷房期の単位日射量当たりの取得日射量 $m_{ci}$

$$\text{日よけ効果係数} = \frac{\text{日除けがある場合の面の取得日射熱量}}{\text{日除けがない場合の面の取得日射熱量}}$$

## 1. 透過率を設定する

- A. ツール上で選択する方法



透過率の異なる樹木の写真 or 3Dモデルをツール上で表示

ユーザーは空隙率が近いものを1つを選択

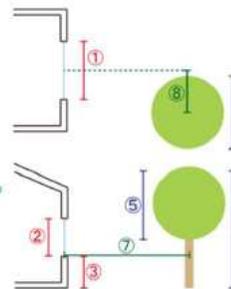
透過率が設定される  
(遮蔽量が多くならないよう安全側で設定)

- B. ユーザーが撮った写真の樹冠の空隙率から自動計算される方法

## 2. パラメータの入力

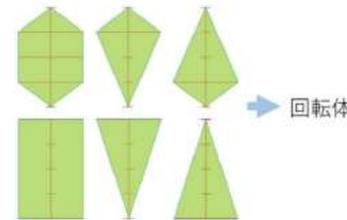
- ツール上で各種パラメータを入力。

- 窓の横長
- 窓の縦長
- 窓の地面からの高さ
- 樹木の地面からの高さ
- 樹冠の高さ
- 樹冠の幅(枝張り)
- 窓と樹木の距離
- 窓の中心から樹木までの窓と水平方向の距離
- 面の方位
- 地域区分



### 樹冠の形状に関して

- A. 単純な形状を選択or自動設定



回転体

- B. 写真を撮影しツール上でトレース

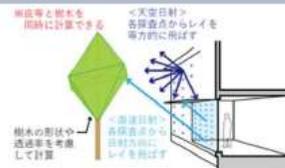


この場合、計測の難しい樹冠の高さの情報は不必要。

この形態の回転体を樹冠とする。

## 3. レイトレーシングの実行

設定した透過率と各種パラメータ(庇等も含む)の情報を用いて、直達・天空日射に関してレイトレーシングを行う。  
(樹木と庇等とを同時に解く)  
その後、ツール上で各係数等を計算。



## 4. 結果の表示

- 日よけ効果係数(直達・天空のみ。反射は要件等)
- 熱収支表

## (ハ) 樹木や緑化等の技術に関する調査・検討 令和3年度の成果

- (1) 樹木の日除け効果を評価できる新たな $\eta$ AC値の算定方法を提示し、その妥当性を検証した。現行の $\eta$ AC値の算定方法との相違は、「方位係数」及び「日よけ効果係数」を直達・天空・反射の各日射成分にわけて考える点である。これにより反射日射に関わる地面の材質や樹冠による影の効果も定式化できる。提案する日射3成分(直達・天空・反射)の方位係数は、計算方法を整理し各地域の係数値を表にまとめた。
- (2) 樹木と庇等の日除けを同時に計算できる新たな日よけ効果係数計算プログラムを作成した。プログラムにレイトレーシング法を用いることで樹木による日射遮蔽効果を評価できることを示した。このプログラムにより、樹木と庇等の日除けを考慮した直達及び天空日射の日よけ効果係数の算出が可能となる。また、樹木の評価に必要な樹木の簡易形態、落葉、着葉、移行期間の設定等の情報を整理した。
- (3) 樹木による日射遮蔽効果の影響度を新たな日よけ効果係数計算プログラムを用いて確認した。自立循環型住宅モデルを対象に熱負荷削減に効果的な樹木配置を検討した結果、樹木を効果的に配置することで、mci値、mhi値等の基準値や熱負荷に好ましい影響を及ぼすことがわかった。また、樹木の日射遮蔽効果は、住宅の外皮性能評価指標である $\eta$ AC値及び $\eta$ AH値に影響を与え得ることが示された。