

# 温室設置住宅における 省エネルギー効果の地域性

本村隆雄 (ミサワホーム中国)  
 中園真人 (感性デザイン工学科)  
 岡山晃土 (高松建設)  
 岩田真次 (グリーンデザインオフィス)  
 岩本慎二 (感性デザイン工学科)  
 中村安弘 (感性デザイン工学科)

## Regional Differences of Saving Energy Effect of Detached House Having Attached with Greenhouse

Takao MOTOMURA (Misawa Homes Chugoku Corporation)  
 Mahito NAKAZONO (Dept. of Kansei Design & Engineering)  
 Akido OKAYAMA (Takamatsu Corporation)  
 Shinji IWATA (Green Design Office)  
 Sinji IWAMOTO (Dept. of Kansei Design & Engineering)  
 Yasuhiro NAKAMURA (Dept. of Kansei Design & Engineering)

The purpose of this study is to examine effect next rooms from hot air of greenhouse in winter and measures of rising in greenhouse temperature in summer, and regional differences of saving energy effect of attached with greenhouse, to estimate room temperature by model of thermal circuit. In winter, the next rooms temperature of the greenhouse rise, opening door and jalousie of the greenhouse by daytime. Irradiance is many and hours of sunlight is long at region that is expected saving energy effect by attached with greenhouse in winter. At all analyzed regions, greenhouse temperature is equal to atmospheric temperature, if the sunshine is obscured by blind inside the greenhouse and planting with morning glories outside the greenhouse at the same time in summer.

**Key Words:** Attached with Greenhouse, Saving Energy, Detached House, Regional Differences

### 1. 序論

住宅の省エネルギー対策として考えられるのは太陽などの自然エネルギー利用システムの導入であるが、比較的安価でまたリフォーム等の増改築工事の面からも設置しやすい温室設置型住宅が考えられる。温室を設置することにより冬期においては居室の採

暖効果が高まり、室内の暖房負荷を軽減することが可能になる。しかし夏期において温室は高温となり、そのため居室の冷房負荷が増大し、住宅の省エネルギー、室内環境快適性は負の方向に作用する問題点が挙げられる。また日本は地域により気候条件が大きく異なり、気候条件に大きく左右される温室設置

型住宅の省エネルギーには地域性が生じるものと考えられる。冬期における温室有効利用方法と夏期における室温上昇問題の解決策を確立し、地域による温室の温熱特性を明らかにする事は温室設置型住宅の建設計画に有効であるものとする。

前稿にて付設温室の冬期における採暖効果と夏期における遮熱対策を実測調査にて検討したが、本稿では熱回路網モデルによる住宅熱負荷計算プログラムにより、付設温室の採暖効果と遮熱対策を同一条件下で定量的に把握し、さらに気候条件の異なる地域での付設温室の有効性を検討し、省エネルギー効果の地域性を明らかにする事を目的とする。

## 2. 住宅モデルとシミュレーションの設定

### (1) 実験住宅概要

研究対象とした住宅は前稿と同じく山口県宇部市宇部興産(株)中央病院敷地内の付設温室実験住宅である。実験住宅の断面図を図-1に示す。ほぼ真南に面した外断熱鉄筋コンクリート造二階建、延床面積246.6㎡(室容積約590m³)である。温室の床面積は15.8㎡(室容積約80m³)、6.8mmの単板ガラスで、付属設備として温室の南面(屋外側)・北面(2階ホール側、1階は鉄筋コンクリート打放し)と両袖部分には開閉式電動ジャロジー、天井には2つの開閉式電動窓及び室内ブラインドが備え付けられている。また温室と1階寝室とは木製建具(片引戸)で仕切られており、玄関吹き抜けのジャロジーは電動式で開閉可能となっている。断熱は外壁硬質ウレタンフォーム40mm(開口部は5mm・6mm・3mmペアガラス)、屋根発砲ウレタンフォーム40mm、床は1階土間コンクリート230mm、2階鉄筋コンクリート換算厚150mmにフローリング置床仕様である。

### (2) 住宅モデルの設定

使用する住宅熱負荷計算プログラムは一般住宅に適応したプログラムである。このプログラムに気象

条件と住宅の構造・部材等のパラメーターを代入し室温の推計を行う。気象データは実験地と同じ気候区で緯度・経度の近い広島市のデータを用い、住宅モデルに必要なデータは実験住宅の図面から用いた。実験住宅のパラメーターを表-1に示す。なお、人体発熱・発熱器具等の顕熱負荷量や潜熱負荷量については考慮しない。

### (3) 熱貫流率の設定

熱貫流率とは壁の両面の空気層を含んだ経路の熱抵抗の逆数である。つまり熱抵抗が大きくなれば熱貫流率は小さくなり熱を通しにくくなる。この熱の通しやすさを数値に示したものである。通常の住宅などの場合の木造壁の熱貫流率は2~3位の値を取り、熱貫流率が1より小さい場合はかなり保温性のよい壁であり特別の保温構造を必要とする。これより各部材の熱貫流率の設定にはまず各部材の層構成と各層厚を図面より以下の式に代入し算出する。熱伝達率は戸外気に対して20(kcal/m²h)、室内側では6または8(kcal/m²h)の一般的数値を用いた。

$$K = \frac{1}{R} = \frac{1}{(r_i + r_1 + r_0)} = \frac{1}{\frac{1}{i} + \frac{l}{k} + \frac{1}{o}}$$

ただし、 $r_i = \frac{1}{i}, r_0 = \frac{1}{o}, r_1 = \frac{l}{k}$

多層壁のときは

$$R = r_1 + r_2 + \dots + r_n = \sum_{k=1}^n \frac{l_k}{k}$$

$k$ : 熱貫流率(kcal/m²・h)

$R$ : 熱貫流抵抗(m²・h / kcal)

$r_i, r_o$ : 空気の熱伝達抵抗(m²・h / kcal)

$i, o$ : 空気の熱伝達率(kcal/m²・h)

$k$ : 壁の熱伝導率(kcal/m²・h)

$l$ : 壁の層厚(m)

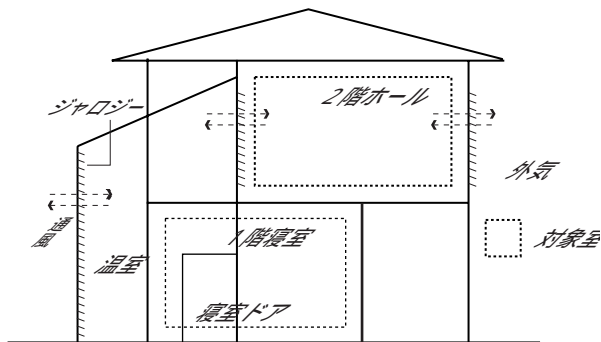


図-1 実験住宅断面図

表-1 実験住宅のパラメーター

地表面反射率	10 %		
地盤熱伝導率	0.6 kcal/mh		
空調運転方式	間欠運転		
	温室	寝室	2階ホール
床面積	23.4 m²	15.8 m²	29.6 m²
室容積	55.6 m³	68.1 m³	70.9 m³
換気回数	0.5 回/h	0.6 回/h	0.5 回/h
顕熱容量	4.5 kcal/m³	4.5 kcal/m³	4.5 kcal/m³
潜熱容量	6.0 kcal/m³	6.0 kcal/m³	6.0 kcal/m³

(4) 日射遮蔽係数の設定

夏期における温室の温度上昇を防ぐために室内ブラインド等の日射遮蔽物を用いるが、ここでは個々の遮蔽物がどの程度日射量の入射があるのかを全入射を1として表す。放射遮蔽係数SCR、対流遮蔽係数SCCはすべて太陽光の入射角の関数であるが、SCR、SCC等は入射角によってそれほど変化しないので、便宜上入射角が30°の時の数値で表した一定値と定義すると日射遮蔽係数SCは以下の式で表すことができる。

$$SC = SCR + SCC$$

$$SCR = 0.5 SC + 0.568$$

$$SCC = 0.5 SC - 0.568$$

SC : 日射遮蔽係数

SCR : 放射遮蔽係数

SCC : 対流遮蔽係数

: 窓の日射透過率

また日射侵入率と定義すると日射遮蔽係数SCとの関係は以下の式で表すことができる。

$$= 0.88 SC$$

: 日射侵入率

一方、n層の半透明体から構成される窓において、外気側からn番目のをn、tnとrnはそれぞれn層目の半透明体の透過率と反射率であり、1=r1、1=t1と定義するとnは以下の式で表すことができる。

$$X_n = \frac{t_n}{1 - r_n} \quad r_n = r_n + t_n X_{n-1} \quad r_n = r_{n-1} X_n$$

ただし 1=r1 1=t1

tn: n層目の日射透過率

rn: n層目の日射反射率

3. 実測調査概要

熱負荷計算プログラムによる推計室温の妥当性を検証するため、推計室温と前稿の実測室温との比較を行う。計測条件を表-2に示すが、冬期における採暖効果と夏期における遮熱対策の有効性を検討するにはシミュレーションの基本となるこれらの種々な条件での検証が必要と考える。

実測調査の計測方法は室内を自然室温の状態にして、温湿度計、データロガーとパソコンにより自動計測した。計測点は(図-1) 温室・寝室・2階ホールの室内高中低3点を計測し、外気については2階バルコニー北側の軒下の温度、湿度を1点で計測した。計測のインターバルは10分間隔で、

推計室温との比較には1時間当たりの平均室温を用いる。調査期間は、冬期は1998年3月3日~14日、夏期は1998年7月29日~8月18日である。計測期間中の気象条件を図-2に示す。

表-2 計測条件

冬期		計測箇所			
Case					
W1		温室+寝室			
W2		温室+2階ホール			
夏期		計測条件			
Case		ジャロ	ブライ	アサガ	その他
		ジー	ンド	オ	
S1		-	-	-	
S2		○	-	-	
S3		○	○	-	
S5		○	○	-	散水(11時~17時)
S6		○	-	○	
S7		○	○	○	

注) ○: ジャロジー開放・ブラインド遮蔽・アサガオ植生

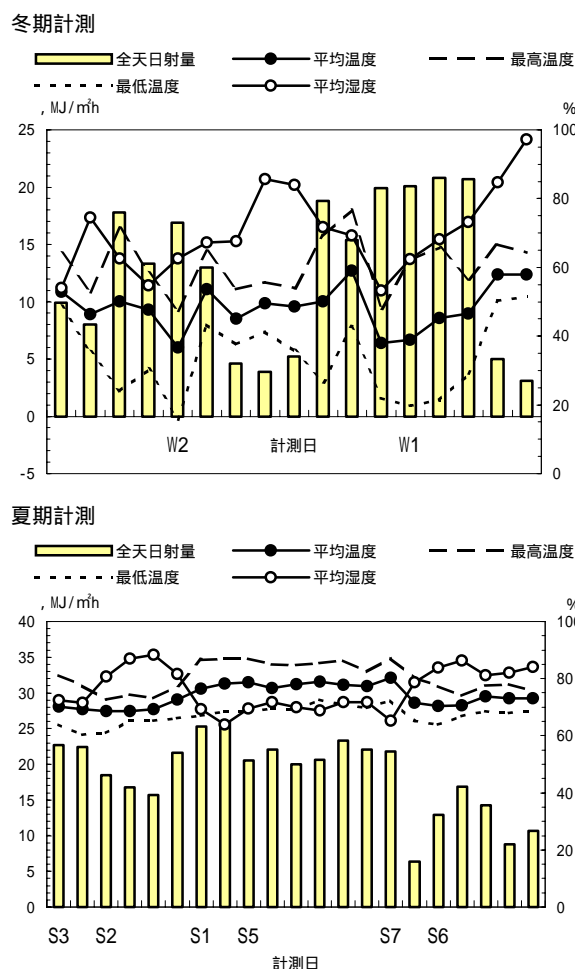


図-2 計測期間中の気象条件

4. 室温の推計

(1) 推計方法

以上の条件より、住宅熱負荷計算プログラムによって1時間毎の室温を温室・寝室・2階ホール別に推計する。推計対象日は(図-2)実測調査より冬期は気温が最も低い2日を選定し(W1:寝室計測,W2:2階ホール計測)夏期は設定条件の異なる6日(S1~S7)を選定した。冬期において選定した2日は1月下旬の外気温に相当する。気象データの作成に当たっては実測値を元にして乾球温度、相対湿度を算出し、日射量については標準気象データを元の実測データと相関係数と最高温度が近似しているデータを用いた。以下に冬期・夏期の推計結果を示す。

(2) 冬期推計結果

推計した室温と実測値との誤差を表-3に、推計日W2の温室の推計値と実測値の室温変動を図-3に示す。実測値との誤差の最大差が4以上あるものの平均誤差は2以下で比較的良好な結果である。誤差は夜間と早朝に見られ昼間は小さいので、昼間での採暖効果を主として検討するには有効な結果と考える。

(3) 夏期推計結果

推計した室温と実測値との誤差を表-4に、推計

表-3 実測値との誤差(冬期)

単位:

CASE	温室			寝室			2階ホール		
	最大誤差	最小誤差	平均誤差	最大誤差	最小誤差	平均誤差	最大誤差	最小誤差	平均誤差
W1	4.7	0.0	1.7	2.9	0.0	1.5			
W2	3.2	0.0	1.5				1.6	0.0	0.6

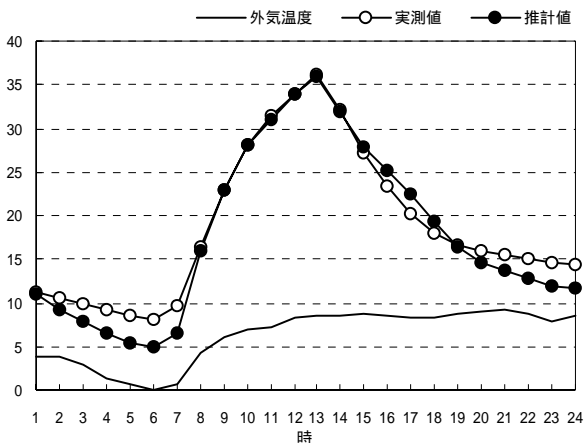


図-3 推計値と実測値の室温変動(冬期)

日S1とS7の温室の推計値と実測値の室温変動を例として図-4に示す。S5~S7は最大誤差が1~3程度で、平均誤差も2以下と良好な結果である。ジャロジー開放・ブラインド遮蔽・アサガオ植生したS7は、環境が複合しているが誤差は小さく、これらの条件でも熱負荷計算プログラムは有効であるといえよう。一方S1~S3は最大誤差が4以上と大きい。S1では温室の平均誤差が2.1と大きいですが、最高温度のピーク時が3時間程度ずれているものの室温はほぼ同じで、1日当りの熱量を比較する場合には大きな支障はないと判断する。

表-4 実測値との誤差(夏期)

単位:

CASE	温室			寝室			2階ホール		
	最大誤差	最小誤差	平均誤差	最大誤差	最小誤差	平均誤差	最大誤差	最小誤差	平均誤差
S1	4.8	0.2	2.1	1.8	0.1	0.8	4.7	0.1	1.6
S2	5.2	0.1	1.2	1.4	0.0	0.6	4.7	0.2	2.0
S3	4.1	0.0	1.4	2.7	0.2	1.5	1.6	0.1	0.8
S5	2.7	0.1	0.9	2.7	0.3	1.5	2.0	0.0	0.9
S6	1.9	0.0	0.7	0.9	0.1	0.4	2.4	0.4	1.0
S7	2.1	0.0	1.0	2.3	0.0	1.2	2.8	0.0	0.9

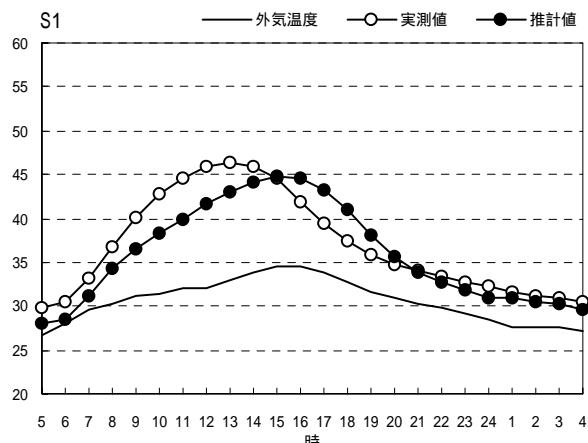
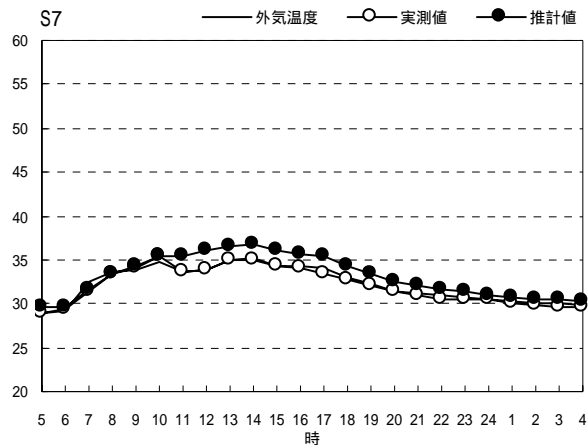


図-4 推計値と実測値の室温変動(夏期)

### 5. 採暖効果と遮熱対策のシミュレーション (1) 冬期における採暖効果

温室と周辺室との建具(ジャロジー)を開閉した場合の採暖効果は前稿にて検討したが、環境条件を変更した場合の室温の推計が熱負荷計算プログラムによって可能であることが示されたので、同一日で建具(ジャロジー)を開閉しその採暖効果を比較する。寝室の建具と2階ホールのジャロジーの開閉は終日閉鎖・終日開放・一時開放(11~17時)の3パターンとし、これらの条件で寝室(W1)と2階ホール(W2)の室温を推計した。推計した室温変動を図-5に示す。

寝室では、建具を終日開放すると終日閉鎖と比較し10時頃から室温が上昇し、14~16時で2.5以上の差が見られる。20時まで採暖効果が見られるが、21時以降では温室から冷気が流入し室温は下降する。建具を一時開放すると、夜間に温室から冷気が流入しないため室温は下降せず、また昼間で取込んだ暖気によって20時以降でも建具を終日閉鎖した場合より室温が1程度高まる。

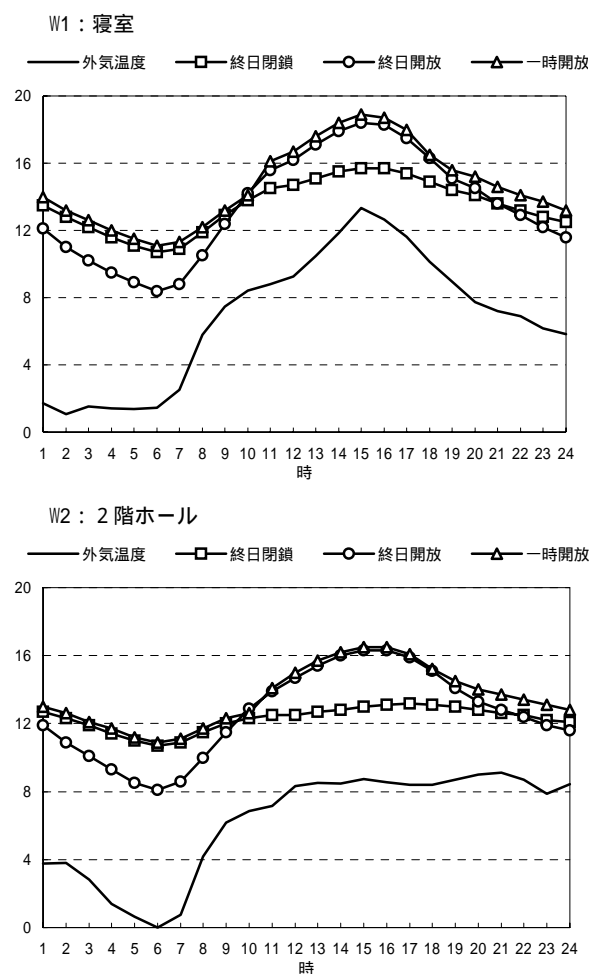


図-5 建具を開閉した場合の室温変動

場合より1程度高まる効果をもつ。

2階ホールでは、ジャロジーを終日開放すると10時頃から室温が上昇し、14~16時で終日閉鎖と比較し3程度の差が見られる。21時まで採暖効果が見られるが、21時以降では温室から冷気が流入し室温は下降する。ジャロジーを一時開放すると、夜間に温室から冷気が流入しないため室温は下降せず、また昼間で取込んだ暖気によって20時以降でも建具を終日閉鎖した場合より室温は1程度高まる。2階ホールの場合、外気温が低いため昼間でも室温は15前後であるが、居室の温度ほどの確保は必要とされないため、温室からの採暖を有効に活用できる。

次に寝室と2階ホールの建具・ジャロジーを同時に開放した場合の効果を検討する。推計日W1,W2を対象として建具とジャロジーを同時に開放し、両日の室温を推計した。建具とジャロジーの両開放のパターンをそれぞれW1-b,W2-bとする。採暖効果が最も有効な一時開放の結果を例として図-6に示す。室温の変動は一方を開放した場合と比較し変化しないが、両方の建具を開放すると寝室・2階ホールともに昼間での室温が1程度低くなる。

建具とジャロジーを同時に開放した場合と一方だ

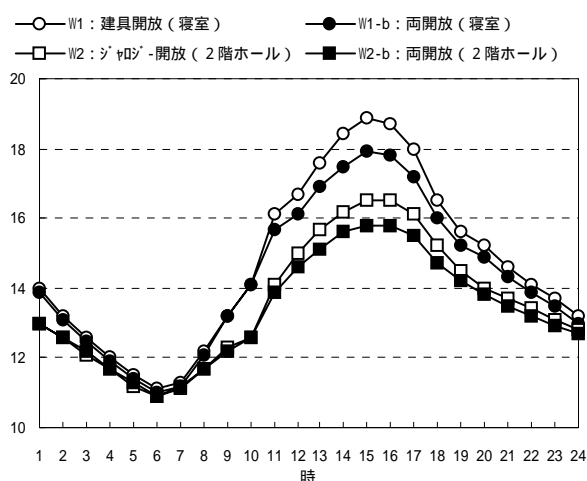


図-6 建具を同時に開放した場合の室温変動

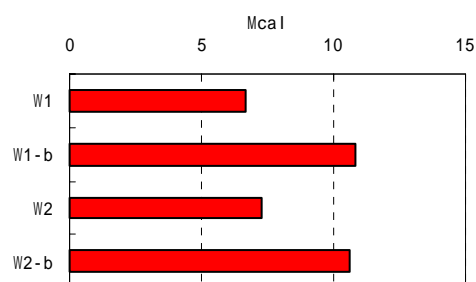


図-7 採暖効果の比較

けを開放した場合との採暖効果を比較するために、建具とジャロジエを終日閉鎖した場合との温度差を累計し1日当りの熱負荷量を換算した。一時開放した場合を例として寝室と2階ホールの総熱負荷量を図-7に示す。建具とジャロジエを同時に開放すると、W1では6.7Mcalから10.8Mcalに、W2では7.3Mcalから10.6Mcalにそれぞれ約1.5倍増加する。よって両方を同時に開放すると昼間での室温は若干低くなるが、省エネルギーという点では効果は高まるものと考えられる。

(2) 夏期における遮熱対策

夏期における遮熱対策も同一日で環境条件を変えその効果を比較する。設定した環境はジャロジエ閉鎖・ジャロジエ開放・室内ブラインド遮蔽・アサガオ植生・室内ブラインド遮蔽+アサガオ植生・室内ブラインド遮蔽+散水(11~17時)の6ケースである。それぞれの条件について熱負荷計算プログラムにより温室温度を推計した。推計日は実測調査の計測日S1であり、外気の最高温度は14時で34.2、ジャロジエを閉鎖した場合、温室温度は最高46に達する。遮熱対策による室内外温度差を図-8に示す。

ジャロジエを閉鎖した場合、10~15時まで室内外温度差は10以上に及び、20時でも外気より5高い。ジャロジエを開放した場合、室内ブラインドで遮蔽した場合でも室内外温度差は最高10以上で、ジャロジエを閉鎖した場合と比較し減少する温度は1~3程度である。一方、温室の外面で日射を遮蔽するアサガオ植生では、室内外温度差は最高でも5以下に抑えられ、室内ブラインド遮蔽を併用するとさらに1~2減少する。最も効果が見られたのは散水と室内ブラインド遮蔽を組合せたケースで、室温が上昇する11~17時でも室内外温度差は2以下に抑えられる。

次に各ケースの遮熱対策を比較するため、ジャロジエを閉鎖した場合との温度差を累計し1日当りの熱負荷量を換算した(図-9)。ジャロジエを開放した場合、室内ブラインドを遮蔽した場合の熱負荷量は-13.3Mcal、-6.6Mcalと効果は小さいが、散水をした場合は-23.6Mcal、アサガオを植生した場合は-30.1Mcalと効果は大きい。室内ブラインド遮蔽は単独で使用するとその効果は小さいが、アサガオ植生や散水に併用すると熱負荷量はさらに減少する。アサガオ植生や散水の遮熱対策が最も期待されるが、室内ブラインド遮蔽、またジャロジエ開放を併用することによって、遮熱効果が大きくなるものと予測される。

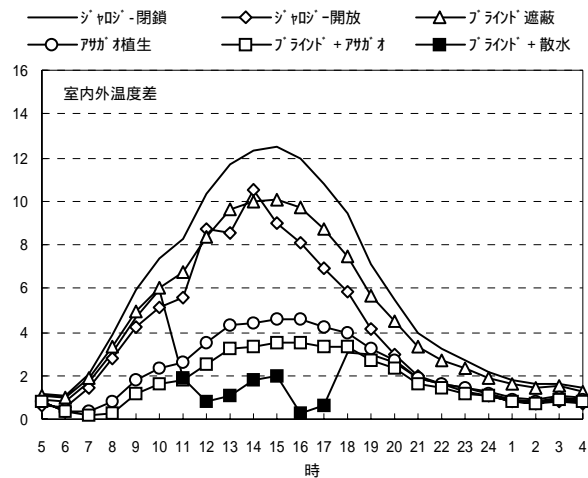


図-8 遮熱対策による室内外温度差

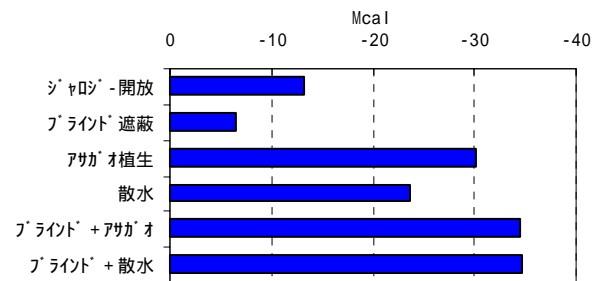


図-9 遮熱対策の比較

6. 省エネルギー効果の地域性

これまで実験地(山口県宇部市)において冬期の採暖効果と夏期の遮熱対策をシミュレーションにより検討した。しかしこのシミュレーションは比較的温暖かつ日射量の多い瀬戸内の気候条件による結果である。そこで気候条件の異なる地域を対象として、冬期の採暖効果と夏期の遮熱対策を熱負荷計算プログラムによりシミュレーションし、省エネルギー効果を明らかにするとともに地域による差異を検討する。

(1) 設定条件と評価指標

シミュレーションの設定条件を表-5に示す。計算期間は、冬期は1月1日~31日、夏期は7月29日~8月18日までである。冬期では建具を終日閉鎖・一時開放(11~17時)した環境とともに温室の構成部材として複層ガラスを設置した環境(建具は一時開放)を設定した。夏期では温室のガラス面に遮蔽無し・室内ブラインド遮蔽とアサガオ植生を併用した環境とともに冬期に設定した複層ガラスを使用した環境も設定した。

冬期における省エネルギー効果の評価指標として

は、室温を20 に保持する暖房負荷量を基準として建具を一時開放することにより得られる暖房削減負荷量の割合を暖房効果率、普通ガラスを複層ガラスを設置することにより得られる熱負荷量の上昇率を暖房効果上昇率として設定した。以下に算定式を示す。

$$H = DO / DC \times 100$$

H：暖房効果率

DO：建具の一時開放による暖房削減負荷量

DC：建具を終日閉鎖した状態で室温を20 に保持する暖房負荷量

$$RH = (PG - NG) / NG \times 100$$

RH：複層ガラス設置による暖房効果上昇率

PG：複層ガラスによる暖房削減負荷量

NG：普通ガラスによる暖房削減負荷量

### (2) 気候区と分析対象都市

気候区を図-10に示す。これらの気候区より瀬戸内気候区の宇部市とともに北海道気候区の札幌市・日本海気候区の米子市・内陸気候区の前橋市・南海気候区の高知市を対象としてシミュレーションを行う。

採暖効果と遮熱対策に影響するシミュレーション

表-5 設定条件

	冬期	夏期
計算期間	1/1~1/31	7/29~8/18
設定条件	建具：終日閉鎖 建具：一時開放(11~17時) 複層ガラス(PG)使用 K=5.6 2.0	遮蔽：無し 遮蔽：室内ブラインド+アサガオ 複層ガラス(PG)使用 K=5.6 2.0



図-10 気候区と分析対象都市

期間中の平均気温を表-6に、日射量と日照時間を図-11に示す。宇部市と高知市は日射量が類似しており、冬期においても日射量が多いが高知市は夏期の日射時間が比較的短い。また高知市は冬期の平均気温が6.2 と高い。前橋市は冬期の日射量が多く日照時間は長いことに対して、夏期の日射量が少なく日照時間は短い。一方、札幌市と米子市は夏期における日射量は多く日照時間は長い、冬期における日射量は少ない。特に米子市ではその傾向が強い。

### (3) シミュレーション結果

以上の条件で5都市を対象に冬期31日、夏期21日の室温を推計し、冬期では評価指標値を算出した。1日当たり平均値をシミュレーションの結果として図-12に示す。

冬期の気温が低くまた日射量が少ない札幌市では、採暖効果と暖房効果率は低いが、複層ガラスを設置させた効果を表す暖房効果上昇率は対象とした地域の中で最も高い。北海道気候区のような寒冷地では断熱性能を向上することにより省エネルギー効果は高まることを示す。夏期では室内ブラインド遮蔽とアサガオ植生により最高温度差でも5 以内、平均温度差では1 程度でほぼ外気温に等しく室温を保持する事ができる。

冬期の平均気温は瀬戸内気候区同じ程度であるが

表-6 シミュレーション期間中の平均気温

気候区	都市	単位：	
		冬期	夏期
北海道気候	札幌市	-4.7	22.5
日本海気候	米子市	3.2	27.4
内陸気候	前橋市	2.6	26.8
瀬戸内気候	宇部市	3.4	28.0
南海気候	高知市	6.2	27.1

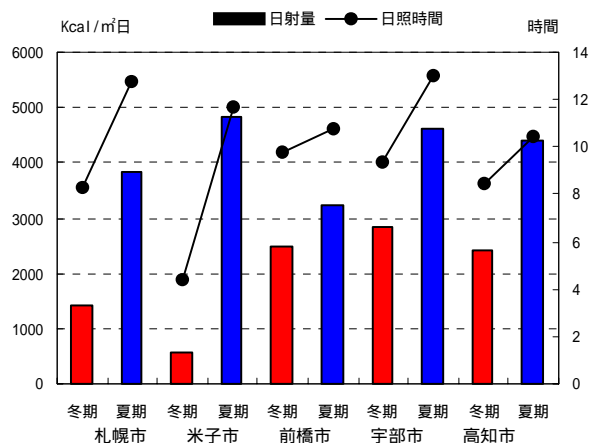


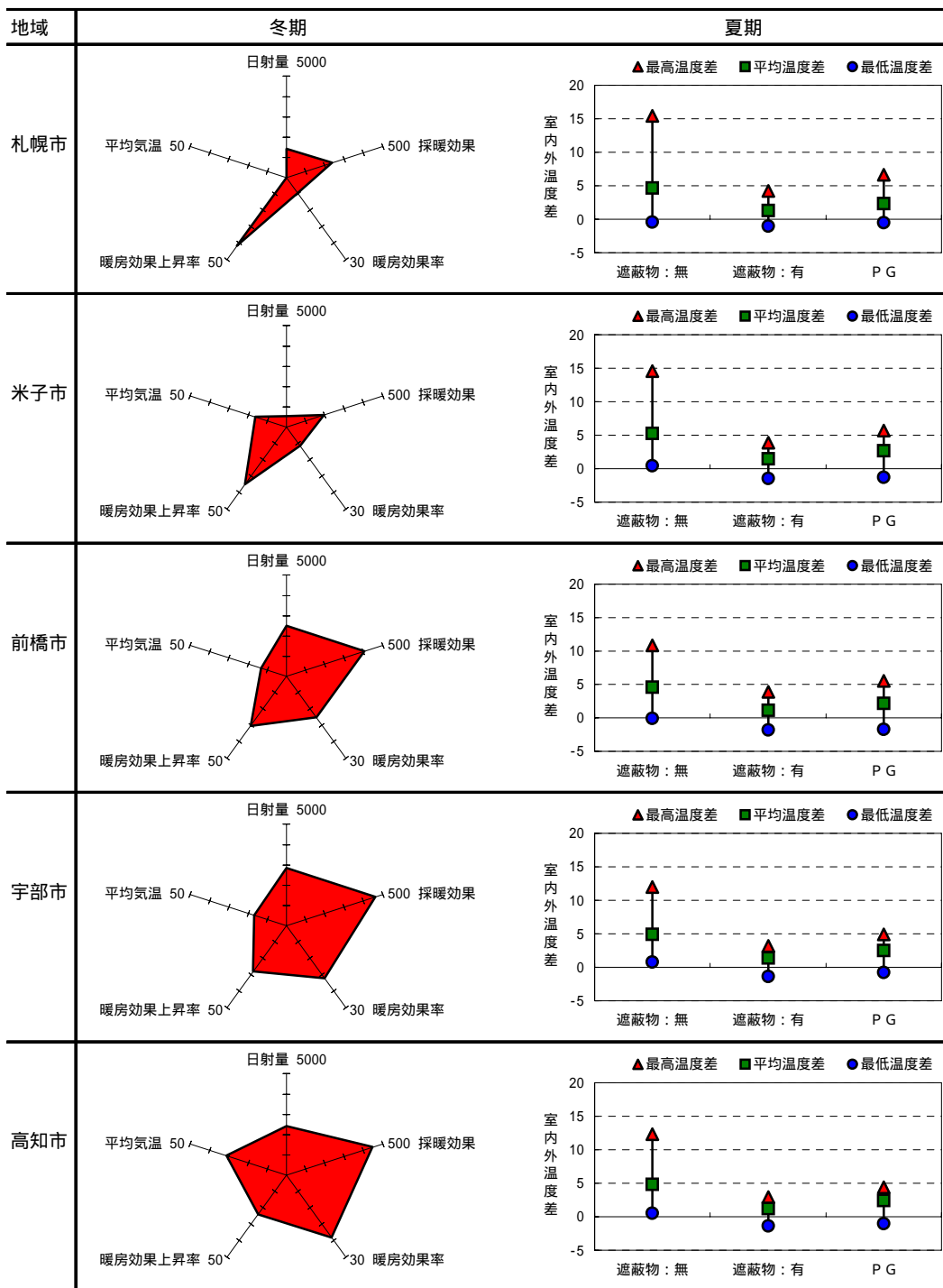
図-11 日射量と日照時間

日射量は少ない米子市では、採暖効果・暖房効果率ともに低い。夏期では日射量が高いにもかかわらず、温室内外に遮蔽物を設置する事により外気温にほぼ等しく抑えることが可能である。

冬期の日射量は多く夏期の日射量が少ない前橋市

では、採暖効果と暖房効果率は高く、また夏期における室内外温度差も低い。遮蔽物を設置すると外気と同等の室温を保持する事ができる。

気象条件が類似し冬期の日射量の多い宇部市と高知市では、採暖効果・暖房効果率は高い。夏期では



単位：平均温度（ ） 日射量（Kcal/m<sup>2</sup>日） 採暖効果（Mcal）

図 - 12 シミュレーション結果



温室に遮蔽物が設置されていないと室内外温度差は最高で12～13となるが、温室内外に遮蔽物を設置すると最高温度差は5以内、平均温度差も1程度に抑えることができる。しかし冬期の暖房効果上昇率は共に低く、複層ガラスの設置は有効ではないといえよう。

## 7. 結論

本研究では温室設置型住宅を対象として、熱回路網モデルによる住宅熱負荷計算プログラムにより、付設温室の採暖効果と遮熱対策を同一条件下で定量的に把握し、さらに気候条件の異なる地域での付設温室の有効性を検討した。得られた知見を以下に示す。

1) 熱回路網モデルによる室温の推計は比較的良好な結果が得られ、住宅の温熱環境をシミュレーションするには有効なモデルであることを示した。このモデルを用いて冬期の採暖効果と夏期の遮熱対策を検討し、次いで5気候区を対象としてその有効性をシミュレーションした。

2) 冬期では温室と周辺室との建具を昼間に一時開放することにより、周辺室へ暖気が流入するため室温は上昇する。寝室・2階ホールの建具を同時に開放すると、各室の室温は若干低下するものの省エネルギー効果は上がった。

3) 夏期の遮熱対策では散水が最も効果はあり、次に温室外面のアサガオ植生である。これらの対策とともに室内ブラインド遮蔽、ジャロジー開放などの遮熱対策を併用することで効果がさらに上がるもの

と予測される。

4) 日射量が多く日照時間が長い地域では、冬期における温室設置による省エネルギー効果が見込まれるが、日射量が少ない地域では省エネルギー効果は見込めない。しかし温室の構成部材の断熱性能を高めれば、日射量が少ない地域でも一定の採暖効果は得られる。

5) 夏期では温室内外にアサガオと室内ブラインドを設置すれば、5地域とも温室温度を外気温程度に抑えることが可能である。

## 参考文献

- 1) 佐藤博之 他：付設温室型パッシブソーラーハウスの熱的性能に関する研究，日本建築学会大会講演梗概集，pp.447-448，1995.8
- 2) 武田 仁 他：温室を付設した実験住宅の温熱環境その1，その2，日本建築学会大会講演梗概集，pp.83-86，1995.8
- 3) 加藤友也 他：長野市を中心とした一戸建住宅の室内温熱環境と住居者意識の冬期と夏期の差，日本建築学会計画系論文集第481号，pp.23-32，1996.3
- 4) 浦野良美 他：住宅のパッシブクーリング，森北出版
- 5) 木村健一：建築環境学1，丸善株式会社
- 6) 木村健一：建築環境学2，丸善株式会社
- 7) 入江建久 他：建築環境設備学，彰国社
- 8) P.W. オカラガーン：省エネルギー建築，森北出版

(平成11年11月30日受理)