

## B-16 家庭等における二酸化炭素排出抑制システムに関する研究

### (2) 家庭等における二酸化炭素排出抑制のための太陽エネルギーの利用促進に関する研究

	研究代表者	国立環境研究所	若松伸司
環境庁 国立環境研究所			
地域環境研究グループ	統括研究官	内藤正明	
	都市大気保全研究チーム	若松伸司・上原 清	
	交通公害防止研究チーム	清水 浩	
(委託先)	東北大学	吉野 博	
	東北工業大学	石川善美	
	室蘭工業大学	窪田英樹・鎌田紀彦	
	東京理科大学	真鍋恒博	

平成3-5年度合計予算額 30,973千円  
(5年度予算額 10,324千円)

#### [要旨]

モデル住宅を用いて太陽エネルギーの利用方法の検討を行ったところ給湯システムへの利用が最も実用的であり、その効果も高いとの結果が得られた。

仙台市に建設された自然エネルギー利用住宅の熱環境性状や自然エネルギー利用システムの性能およびエネルギー消費量などについて、実測調査を行い、冬期における住宅内の温度分布を明らかにした。家屋内の温度は、高い断熱気密性能と暖房設備および自然エネルギー利用システムの効果などが相まって、外気温に比べて大きな温度差を保つことができた。

家屋周囲に埋没したクールチューブによって、冬期は、外気温よりも高い温度の空気を室内へ供給することができた。クールチューブファンの動力源の一部に太陽光発電システムを用いた。太陽電池の変換効率は約11%であった。また高断熱・高气密住宅に通風システムを導入することにより夏季における居住環境の改善とエネルギー消費の低減がはかられることが示された。

[キーワード] 太陽エネルギー、蓄熱槽、パッシブソーラーシステム、エコハウス

#### 1. 序

本サブテーマにおいては、現在の技術で対応可能な、住宅における太陽エネルギーの有効利用に関する研究を、ハード、ソフトの両者から行った。具体的には実モデル住宅における実験、モデル計算による評価、並びに住宅の長寿命化やリサイクルシステムの検討を行い二酸化炭素排出削減効果を明らかにすることを目的として研究を実施した。

#### 2. 家庭における太陽エネルギーの利用方法と検討内容

家庭等における二酸化炭素排出抑制のためには太陽エネルギーの有効利用が今後最も有望であ

ろうと考えられる。具体的には太陽電池や太陽熱温水器などを用いてエネルギーや熱を直接取り出すシステムを住宅に取り込む方法や、パッシブ住宅等のように住宅内部に熱容量の大きな材料を設置し太陽エネルギーを貯蔵する方法等が考えられるが、住宅を保温構造化することにより一次エネルギーを節約することや、熱効率、エネルギー効率の高い設備機器を使用すること、並びに住宅を長寿命化すること、建築材料をリサイクルすること、なども間接的には太陽エネルギーの有効利用と考えられる。

本研究においては、安価で耐久性も耐用性も住宅と同程度の50年近い寿命を目標とした太陽熱の利用システムとして、アクティブでありながら、そのデメリットを克服する空気循環式のソーラーシステムの実スケールでの検討を行った。これとともに仙台地域においてモデル住宅実験を実施した。この住宅においては構法として高断熱・高気密仕様を採用し、設備としてクールチューブと太陽光発電システムを設置した。またパッシブソーラーシステムを採り入れた住宅の性能をシミュレーションモデルを用いて評価した。これと同時に住宅の長寿命化やリサイクルシステムの体系化に関する研究並びにエコハウスシステムに関する検討を行った。

### 3. 住宅におけるソーラーシステム実験

太陽熱温水器が全国的に広く普及しない要因としては美観上の問題や生活意識の問題と共に、初期投資、維持費用等にも問題があると考えられる。今後は建築物を新築の際に建築物の一部としてこの種の施設を検討して行くべき状況にある。高断熱、高気密住宅における太陽熱利用システム設計のポイントは、①設備機器としての太陽熱集熱コレクターではなく、建築工事の屋根工事の一部として、空気集熱のコレクターを採用する。これによりコレクターの耐久性が飛躍的に高め、建築構法としても屋根パネルとして部品化が可能とする。その結果集熱面積もローコストで大きな面積を確保できる。②1日～2日分位のローコストな蓄熱槽を床下に設置し、太陽熱利用の効率化をはかり、且つ補助エネルギーのエネルギー源の多様化を図る。③建築構法として木造住宅の蓄熱容量を高め、空気熱源をローコストに有効に利用する。④現状の北海道での高断熱高気密住宅での給湯及び全室暖房での年間灯油消費量1500lを今後の生活水準向上による給湯量増大も含めて灯油750lに半減することを目標とし、且つコスト増を200万円程度を目標とする、といった点である。この考えに基づいて設計されたシステムの実性能を評価するために、屋根上に設置したソーラーパネルに外気を通し、太陽熱で空気を加熱し、この加熱された空気でお湯を採り、残った温風を床下に通す事によって床下に蓄熱し、暖房にも利用するシステムを用いて実スケールのモデル住宅実験を行った。北海道伊達市に建設された木造プレカットパネルシステムにより新在来木造構法で建てられた住宅を用いて省資源、省エネルギーの検討を行うとともに、空気循環式ソーラーシステムの実稼動性能評価を行った。実験の結果冬期間でも灯油消費量分の4割の熱量をソーラーシステムによる集熱が補っており、夏季の給湯はほとんど全部を太陽熱によってまかなう事が出来た。家庭用用途別エネルギー消費原単位の中で最も比率が高いのが給湯によるものである。1990年の全国平均でその割合は約35%に達しており、暖房と給湯の合計が家庭における全エネルギー消費の約63%を占めている。住宅におけるソーラーシステムは家庭エネルギー削減に極めて効果的であることが実測結果から明らかにされた。

### 4. 仙台市における環境調和型モデル住宅の実測調査

近年、東北地方の住宅においても、断熱気密化の動きとともに、自然エネルギーの積極的利用に対する関心が高まってきている。しかし、パッシブソーラーシステムのような自然エネルギー利用の熱的効果に対しては、実際の住宅にシステムを適用して居住状態でその効果を検討した例は大変少ないのが現状である。そこで、仙台市に建設された、いくつかの自然エネルギー利用の工夫を施した断熱気密住宅を対象として、居住状態における室内熱環境と各システムの熱的性能に関する実測を実施し、その居住性における問題点とエネルギー性能等に関して検討した。

#### <住宅概要>

本実測の対象とする住宅は、木造2階建ての断熱気密住宅として、仙台市宮城野区の住宅地に、1993年10月、建設された。工法は、断熱材外貼りの在来工法である。住宅の向きは、真南より42度西を向いており、敷地の南側に道路が隣接する他は、隣家に囲まれている。棟高は9.1m、軒高は3.6m、全壁面積154m<sup>3</sup>（屋根を除く）に対する開口部面積の割合は約22%である。床面積は、1階が100m<sup>2</sup>、2階が75m<sup>2</sup>であるが、居間部分に20m<sup>2</sup>の吹き抜け部を持っている。断熱材は、外壁に40mmウレタンボード2枚、屋根に40mmウレタンボードと125mmグラスウール、基礎に40mm発砲ポリスチレン板が施されており、天井と床には断熱材は施されていない。基礎断熱の深さは15cmである。また、建物周囲の土間下には、90cmの巾で、30mm発砲ポリスチレン板が水平に施されている。

この住宅に設置した自然エネルギー利用システムは、表1に示す通りで、次の3つである。

- ①居間ペリメータ部の床に、ダイレクトゲインシステムにおける蓄熱体としてコンクリート床を敷設した。これは、日中の日射熱の蓄熱効果と夜間の放熱効果をねらったものである。コンクリート床は、厚さ20cm、表面積6.6m<sup>2</sup>で、黒色タイル仕上げとした。熱容量は約580kcal/°Cである。
- ②家屋周囲の地中1.5mの深さにクールチューブを設置し、室内へ供給する空気の冷熱源、温熱源として、地中熱を有効利用できるようにした。このシステムによる室内への供給空気は、集中換気システムの給気として用いられる。クールチューブは直径20cm、地中水平長さ約32mの硬質塩化ビニール製で、床下に導いた一方の端にファンを接続して南側廊下下床から室内に吹き出し、他方の端から外気を吸い込むものがある。
- ③南西向き45度勾配屋根に太陽電池を設置し、得られた電気エネルギーをクールチューブのファンの動力源として供給できるように、太陽光発電システムを計画した。太陽電池は、1枚の大きさが1.04m×0.46mのシリコン多結晶型の半導体モジュールで、これを10枚設置した。使用した太陽電池の発電特性は、素子温度25°C、放射強度100mW/cmのとき、最大出力が600W、モジュール効率が11.5%である。システムの構成はこの他に、蓄電池、過充放電制御器、インバータからなり、得られた交流電力を、タイマーによって設定された時間帯に家屋内の負荷に供給する方式をとった。なお、この設定時間帯以外は、負荷への電源供給は商用電源によって供給することができるようにした。

#### <暖房、換気設備と入居者構成>

暖房は、食堂に置かれた蓄熱式電気暖房器と、居間に置かれたFF式薪ストーブによる。ただし、薪ストーブの使用頻度は、週1度か2度と少なく、使用時間帯も短い。蓄熱式電気暖房器は、夜間、深夜電力によってユニット内のマグネサイト蓄熱材に蓄熱し、日中温度が下がると自動的に

放熱して暖房するものである。カタログ値で見れば、蓄熱量は31,600kcal、出力は4.5～5.5kWである。換気は、集中換気システムによって、各室とも24時間換気される。換気のための給気は、通常、クールチューブからの吹き出しによって行われるが、クールチューブを止めたときは、居間、1階廊下、2階主寝室、2階子供室の4カ所の外壁の換気口から給気される。計画換気の設定風量は165m<sup>3</sup>/hである。このほか、浴室と台所と2階暗室には、集中換気システムとは別の独立した換気扇を備えている。なお、本住宅は、全電化住宅であり、エネルギー源は、薪ストーブを除いてすべて電気である。契約アンペア数は90kVAで、時間帯別電灯契約をしており、23時から7時までの夜間時間に使用するすべての電力量に低料金が適用される。家族構成は、夫婦に子供3人（うち1人は幼児）と祖母の計6人である。日中の午前中は、在室者が1～2人の時が多い。また、来訪者が多く、時には数十人になるときもあるという。冬期は、室内が乾燥ぎみなので、洗濯物を2階で干している。

#### <実測の内容>

実測は、大別すると、①室内熱空気環境の実態と外乱や住まい方との関係に関する実測、②自然エネルギー利用システムの性能に関する実測、③エネルギー消費量に関する実測、の3つの部分に分けられる。表2に、実測の項目と測定機器を示す。外部環境の測定項目は、外気の温湿度、傾斜面全天日射量である。日射量は、太陽電池モジュールの設置面と同じ面にソーラーメーターを設置して測定する。面の方位角は42度、傾斜角は45度である。建物内においては、室内各部の温湿度、壁体内部の温湿度、コンクリート床の内部温度を測定した。室内空気環境については、赤外線CO<sub>2</sub>分析計を用いて、居間の二酸化炭素濃度を連続測定した。クールチューブ関係では、吸い込み口、吹き出し口の温湿度をはじめとして管周囲の地中温度など、太陽光発電システム関係では、太陽電池の動作電流やインバータの動作電流などのほかに、太陽電池モジュール裏面のシート表面温度を測定した。温度の測定には0.3mmφ銅-コンスタンタン熱電対、湿度の測定には高分子湿度センサーを用い、これらのデータは、すべて、多点記録計とマイクロコンピュータを介して10分間隔で自動収録した。なお、エネルギー消費量に関しては、積算電力計の読み取りによって消費電力量の総量を、機器用の精密電力計などによって主な電気機器の消費電力量を測定できるようにした。実測は、1993年10月より開始し、長期にわたり、データを蓄積する予定である。図1に冬期約4カ月間にわたる測定結果の一例を示す。

#### <解析結果>

仙台市に建設された自然エネルギー利用住宅の熱環境性状や自然エネルギー利用システムの性能およびエネルギー消費量などについて、建設初年度の冬期（1993～1994）における実測結果をまとめると、以下のような解析結果が得られた。

(1)住宅気密性能は、隙間の相当開口面積が0.72cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>となり、高いレベルにあることが判った。熱損失係数も、1kcal/m<sup>2</sup>h°Cと算定され、高い断熱性能をもつことが推定された。

(2)居住状態における各室の温湿度性状を4カ月にわたって実測し、冬期における住宅内の温度分布を明らかにした。家屋内の温度は、高い断熱気密性能と暖房設備および自然エネルギー利用システムの効果などが相まって、外気温に比べて大きな温度差を保つことができた。

(3)床の一部に設置した蓄熱体は、居住状態においても、蓄放熱効果のあることが判った。しかし、

表1 自然エネルギー利用システムの概略

	利 用 方 法
1. 日射熱の利用	居間床にコンクリートを敷設し、日中の日射熱を蓄熱する。
2. 地中熱の利用	家屋周囲にクールチューブを埋設し、地中土壌と熱交換した空気を室内に供給する。
3. 太陽光の利用	屋根に太陽電池を設置し、得られた電力を家屋内の一部の負荷に供給する。

表2 実測項目と測定機器など

実 測 項 目		測定機器	備 考
気密性能	室内外圧力差と風量	気密性能測定器	竣工前後3回測定
外部環境	外気温度	CC熱電対	
	外気湿度	高分子湿度センサー	
	日射量	ソーラーメーター	屋根傾斜面45度(南西面)
室内環境	各室温度	CC熱電対	居間ほか4室と小屋裏、床下
	各室湿度	高分子湿度センサー	居間、小屋裏、床下
	居間CO <sub>2</sub> 濃度	赤外線CO <sub>2</sub> 分析計	
壁内温湿度	壁内温度	CC熱電対	南側と北側外壁3ヶ所づつ
	壁内湿度	高分子湿度センサー	南側と北側外壁1ヶ所づつ
	コンクリート床内部温度	CC熱電対	上下方向5ヶ所
クールチューブ関係	吸込、吹出温度	CC熱電対	
	吸込、吹出湿度	高分子湿度センサー	
	管周り地中温	CC熱電対	位置別、深さ別5ヶ所
	管表面温度	CC熱電対	北側1ヶ所
	管内温度	CC熱電対	北側と南側の2ヶ所
太陽光発電システム関係	太陽電池動作電流	電流計	
	インバータ動作電流	電流計	
	蓄電池電圧	電圧計	
	インバータ出力電力量	電力トランスデュサ	(測定準備中)
	太陽電池裏面温度	CC熱電対	
エネルギー消費量	総電力消費量	積算電力計読み取り	毎月1回読み取り
	暖房器の電力量	精密電力計	
	冷蔵庫の電力量	機器用電力計	(測定準備中)

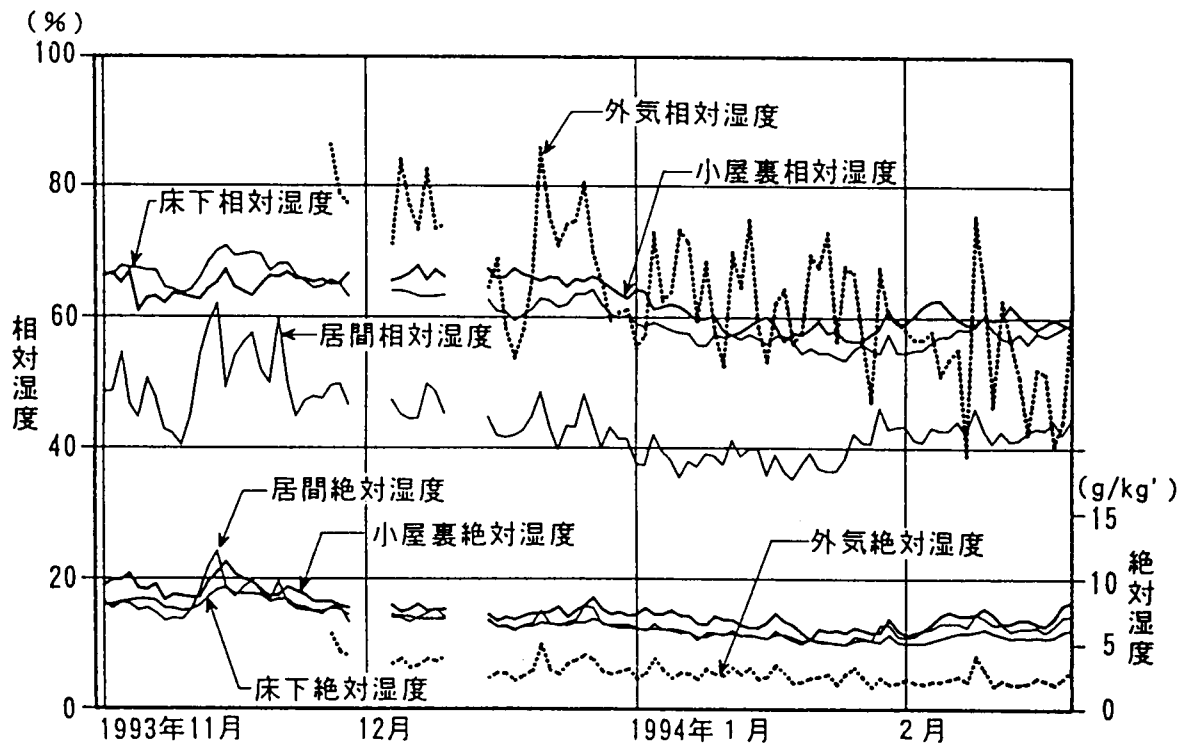
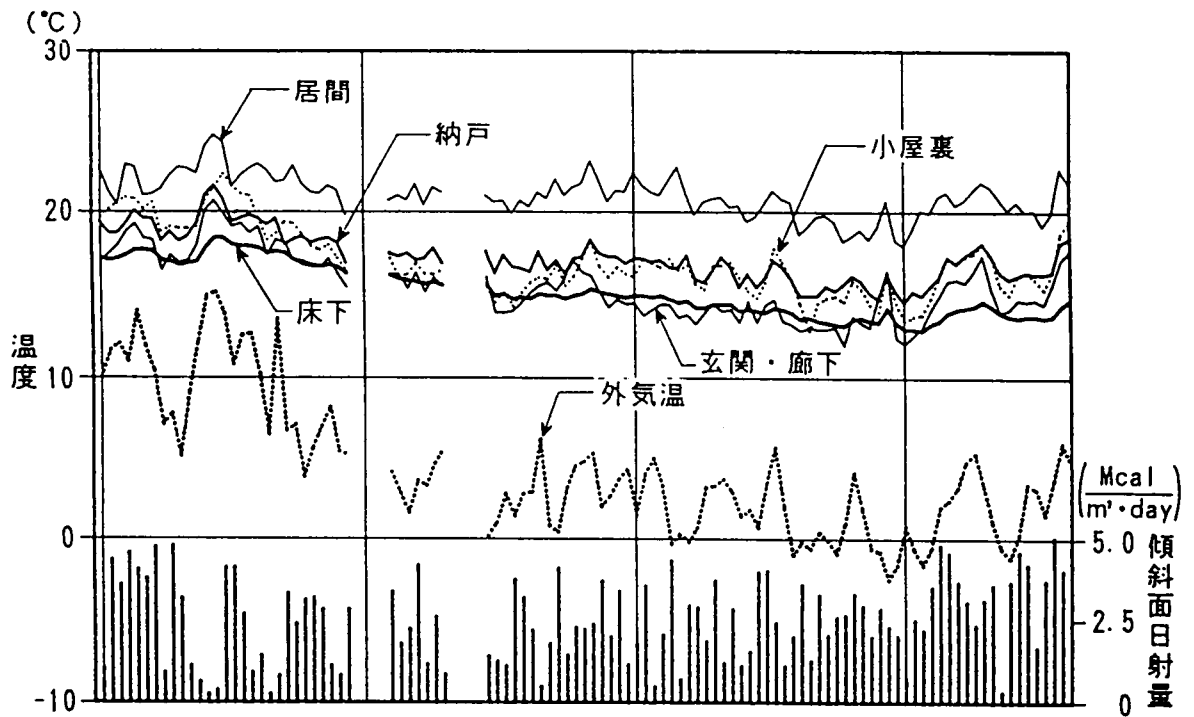


図1 冬期約4カ月間にわたる室内各部の日平均温湿度の変動

放熱による室温上昇への直接の寄与はほとんどなく、むしろ、室温の低下を抑え、温度安定化の役割の方が大きいことが推察された。

(4)家屋周囲に埋設したクールチューブによって、冬期は、外気温よりも高い温度の空気を室内へ供給することができた。今回の実測では、外気温との温度差が、最大で、12℃を記録した。ただし、換気システムの給気として用いる場合は、換気経路の問題が課題として残された。

(5)クールチューブファンの動力源の一部に太陽光発電システムを用いることについては、所期の目的を達成した。太陽電池の変換効率は約11%であった。

(6)全電化住宅として、寒さの最も厳しい1月のエネルギー消費量は、約2.3Gcalであった。また、暖房に使われる電力量は、全電力消費量の約35%であった。

## 5. パッシブタイプ住宅のモデル実験

家庭における太陽エネルギーの有効利用を検討するために、パッシブソーラーシステムを用いた住宅の性能評価をモデル計算により行った。住宅の構造は熱容量を大きくとることを目的に鉄筋コンクリート(RC)造り一部木造構造とした。地域としては、つくばと沖縄を想定し、それぞれの地域に対応する住宅プランを考えた。つくば田園型プランは137m<sup>2</sup>、沖縄における亜熱帯型プランは123m<sup>2</sup>であり、ともに夫婦と子供の4人世帯である。シミュレーション結果によれば、つくばにおける住宅では冬季の深夜および明け方の冷え込み時に暖房が必要であるが、その他の季節については暖冷房はほぼ必要ない。沖縄における亜熱帯型プランの場合には1月の平均室温は18.8℃であり、十分快適な環境が得られた。また8月の平均室温は27.7℃、最高でも28.5℃で夜間の換気蓄冷の冷却効果が認められた。

## 6. リサイクル性を考慮した構法計画

リサイクル性を考慮した構法の体系化を行うための基礎的な検討を行った。一般にリサイクルとは不要になった材料や製品等を回収し再利用することと、そのための処理を言うが、建築材料設計・構法設計においても、建物に一度使用した材料を再利用する際のエネルギー・コストを最小限にするような観点が必要である。リサイクルの対象物は、①建物を解体した際に発生する、コンクリートがら、木材、ガラス、石膏ボードなど、②建物の建設過程で副次的に発生する、梱包材、仮設材、養生材、加工削り屑など、③生活行為、生産行為等から生まれる「ゴミ」全般、④ヒートポンプの排熱・排冷熱、エンジン・ボイラー等の排気熱、各種設備や機器の冷却廃熱、換気される空気の持つ熱、雑排水や浄化槽からの排熱などの無駄に外界に排出されるエネルギー、⑤洗浄等に使った排水、下水に流入する湧水、雨水等の水、などである。このようなものの中でリサイクルが成立する条件としては、ある程度以上まとまった量の廃棄物が存在し、それらが有用な属性を持ち、再生の技術が存在し、再生品の需用があることがあげられる。廃棄物が資源として利用出来→材料→部材→部品→建物となるためにはそれぞれの過程でエネルギーが必要である。このエネルギーの総和をあらたに資源を生み出すエネルギーより小さくすることが必要である。このためには資源の分別回収が必須である。またリサイクル手法の原理として①解体段階での手法、②再利用段階での手法、③材料の設計段階での手法、④回収段階での手法、の体系化が有用である。

## 7. エコハウス設計上の留意点

エコハウスの具体的な設計上の留意点を以下の6種の分野について検討した。①全体計画・住宅のプランニング関係、②冷暖房・空調関係、③給湯・給水・水利用関係、④照明・コンセント関係、⑤排水・廃棄物関係、⑥情報化・安全関係である。

エコハウスの設計にあたっては住宅単体を提案するだけでは解釈されない問題も多い。このような理由からエコハウス設計上の課題を、大別して、住宅を含めた宅地内の設備・機器のレベル、構造躯体や仕上げなどの住宅本体に関わるレベル、幾つかの住宅がまとまりを持った街区程度のレベル、の三つの階層に分けて整理した。更に住宅建設時の環境負荷低減に関わる問題を、特に”長寿命化・標準化・工業化”の課題として検討した。

## 8. 人工通風システムとエコハウス

快適な冬の室内環境を少ないエネルギーで実現するために要請される性能が「高断熱高気密」である。冷房を必要とする地域において省エネルギー的な快適住居を実現するにあたっては、住居の内と外とを明確に区別する性能が要請される。すなわち「高断熱高気密」は冷房にとっても必要な性能であることがわかる。冷房をあまり必要としない北海道等の寒冷地においては好感をもって受け入れられるこの性能、特に「高気密」は伝統住居の環境に慣れ親しんだ本州の人々には拒絶反応を引き起こす場合がある。「住居の外と内との一体的な環境＝通風環境」とは真っ向から対立する語感があり、このことが高性能住居を全国的に普及させるおおきな心理的な妨げの原因となっている可能性があるわけである。

快適な環境を実現する「手段」として建物に要請される性能「高断熱高気密」は、いわば、建物を建てる工務店の技術者向けのスローガンと考えることができる。必須の性能を簡潔にしかも的確に表現しているといえる。しかしながら、この表現が居住者に心理的な抵抗感を引き起こすのであれば、住む側の人々に対して「手段」としての性能をとりたてて強調する必要は必ずしもない。必要なのはその性能によって実現しようとする「目的」である。すなわち、住む人にとっては、冬は暖かく夏は涼しく爽やか、というその建物によって実現される環境がより大切であろう。この観点からも、エコロジカルハウスにとっては目的としての性能アピールする表現を工夫する必要があり、快い通風のイメージが望まれよう。

ここで、人工通風システムには次のような役割が期待できる。

- エコロジカル住宅のイメージ向上・・・「爽やか通風住居」・・・
- エコロジカル住居の冷房時の省エネルギー性
- エコロジカル住居の快適性の向上

である。

エコロジカル住居が「伝統住居のイメージ」を継承することが大切である。人工通風の最も大切な役割の一つが、イメージの継承に寄与することにあると考えられる。夏を旨とする伝統的住居では、酷暑の夏を窓から窓へと吹き抜ける風（通風：cross ventilation）に助けられて過ごしてきた。しかし、通風のみで過ごすには日本の夏は暑すぎる。加えて、かつては風が豊かであった土地にも家々が立ち並び家の周りの風の様子も大きく影響を受けている。これは、集合住宅・戸建住居を問わない。クーラーに依存せざるを得ない状況に置かれているのが現状である。

人工通風システムがあれば、外の風の有無には関係なく、最適な通風を発生させることが出来



る。「人工通風」は今日の住宅における通風環境を抜本的に改善することができ、かつ、高气密住宅のイメージとして「爽やか通風住居」を標榜することができる。

人工通風システムを適用すれば、外の風がなくとも十分な通風を確保できると同時に室内の気流をも調整できるので、室内気流と外気の温湿度状態の組み合わせが非不快域にある期間はエネルギー消費の大きいクーラーを使用せずに過ごすことが可能となる。人工的通風システムでは大型軸流送風機を小容量の電力(100-200W)で稼働させるので、クーラーの1/10程度の電力で済む。また、太陽電池の電力を効果的に利用することができる。

さらに、夜間に低温の外気を適宜取り入れ、建物を冷やし蓄冷することができ、日中の高温に対処できる期間も増加しよう。このような観点から実験住宅にハウスファンを設置して総通風量、室内気流の状況を調べた。送風機の羽根の直径は61cmで電動機の容量は186Wである。定格風量は $175\text{m}^3/\text{s}$  ( $6300\text{m}^3/\text{h}$ )である。風量は窓面の中央において縮流がはじまる前の流速を計測し、その流速に実開口面積を乗ずることにより求めた。測定結果を図2に示す。

実験住居の全ての窓を明けた $7\text{m}^2$ のときで約 $0.7\text{m}/\text{s}$ の風速であった。また居間の窓のみを開口した時の流速分布の測定結果によれば $3\text{m}/\text{s}$ 程度の流速が $0.5\text{m}$ 程度の幅で流れていることがわかった。

このような環境の中での快適性の評価を定量的に行うために、被験者を用いた実験を行った。実験結果の要約を図3に示す。実験においては被験者の額からの放熱量、室内気流、室温を測定しその時の快適性を評価した。実験結果によれば室温が $26\sim 28^\circ\text{C}$ の範囲であっても適当な気流があれば快適環境が得られることがわかった。このシステムにおいて人工通風に要する電力は $150\text{W}$ 足らずである。ソーラーハウスで目標としている $3\text{kW}$ (太陽電池 $30\text{m}^2$ )の5%( $1.5\text{m}^2$ )で人工通風システムは稼働させることができるわけである。

このシステムを適用するに際しては、住居内の通風経路や室内戸の通風制御性、流速・風量の制御方法など、検討課題はいくつかあるが、浮力も利用する場合を除けば、送風機の取り付けには小屋裏のスペースなどの高い位置には限らない。任意の空間を有効に利用できることで、現実性の高いシステムと考えられる。住宅における省エネルギーを実現するには建物の構造の工夫のみでは不十分で環境を制御する方策も考慮しなければならない。そのため的人工的通風システムの効果と限界について検討したが、限定された期間での調査であり将来に残された課題も少なくない。列挙すると、気流の効果に関する流速( $>1\text{m}/\text{s}$ )、湿度の影響、省エネ効果の予測(たとえば外気温が $30^\circ\text{C}$ 以上のとき冷房を行う場合)、除湿負荷などである。いわば、限りなくパッシブに近い人工環境制御技術を確立するためには、これらの基礎的な知見を得ることは不可欠であり、今後とも調査を続けることが望まれる。

## 9. まとめ

住宅における太陽エネルギーの利用促進のための一つの方法として空気循環式ソーラーシステムを用いた実スケール実験を行った。性能的には良好な結果が得られたが、建設コストや装置設置上の制約など多くの検討課題が残されている。本システムを普及促進させるためには、システム自体の簡略化、材料の量産化、工法の規格化などが必要である。またパッシブソーラー住宅のモデル計算結果は夏季の対策として積極的な通風システムの採用やクールチュウープの併用などの検討を更にすすめて行きたい。

今後北海道における実験とともに仙台市における実験も行い各種の太陽エネルギー利用シス

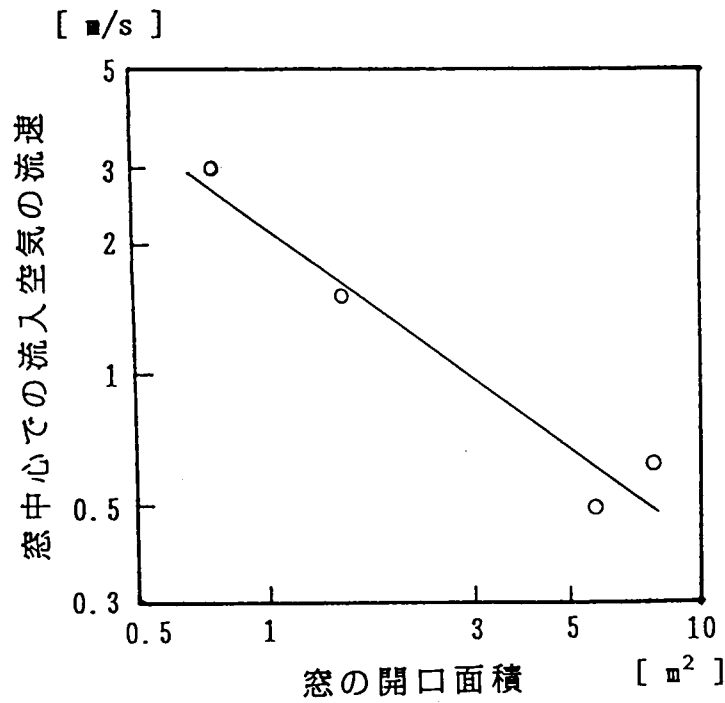


図2 窓の開口面積と窓中心での流入空気の流速

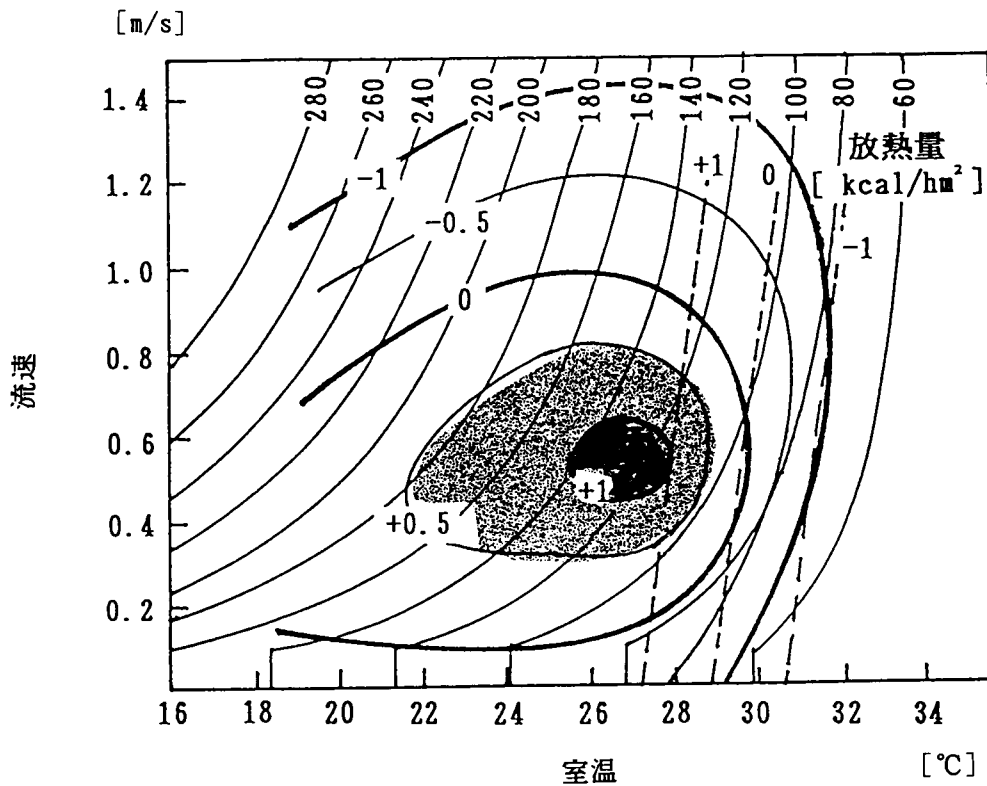


図3 室内気流による快適性改善への効果  
 +1 : やや快適、-1 : やや不快

テムの検討を行うとともに、リサイクルや、エコハウスの概念をより具体化し包括的にまとめたエコハウス設計マニュアルの作成が課題である。

#### 10. 成果発表

内藤正明（1993），エコ都市づくりの系譜と現状，環境科学会誌、6(1)，p43-58

石川善美、佐々木睦史、吉野 博(1993)，クールチューブの熱交換特性に関する長期実測、

日本建築学会東北支部研究報告集、第56号

鎌田紀彦(1993)，空気集熱コルクターによるソーラーシステム実験住宅，日本建築学会大会学術講演梗概集

窪田英樹（1993），気流感と雰囲気気温感に留意した「快適」室内気候，日本建築学会大会

学術講演梗概集

真鍋恒博ほか（1993），建築に於ける環境負荷低減手法の体系化に関する研究，日本建築学会

大会学術講演梗概集

H.Yoshiono, et al(1992)，Measurement of Thermal Performance of Earth Tube and Its

Application to Heat Pump System, The American Society Mechanical Engineers