

住宅建築のサステナブル・デザインのためのTSS手法の開発

ー地域性と周辺環境に適した Typical Solution Sets と応用ー

主査 林 基哉^{*1}

委員 須永 修通^{*2}, 長谷川 兼一^{*3}

本研究では、住宅建築のサステナブル・デザインの意義を認めた上で、最終的に、設計段階でのデザインツールの提案を行う。まず、国内外のサステナブル・デザインの普及に対する取り組みの状況を整理し、市場性の観点から見た検討を行い、地域性を考慮したデザイン志向が有用であることを指摘した。次に、TSSを「地域の気候条件に適した環境負荷低減のための建築的手法の最適組み合わせ」と定義し、地域性を有したTSS手法を適切に評価する手法を提案した。本研究では、TSS手法の評価に有用であるデータベースの構築を行うとともに、TSS手法の評価プロトコルを提示し、その妥当性を示した。

キーワード：1)サステナブル・デザイン，2)住宅，3)TSS手法，4)地域性，5)自然エネルギー，
6)温熱性能評価，7)暖冷房負荷，8)数値計算

DEVELOPMENT OF TSS METHODOLOGY FOR SUSTAINABLE HOUSING DESIGN

- Typical Solution Sets Applying to Design with Climatic Conditions -

Ch. Motoya Hayashi

Mem. Nobuyuki Sunaga and Kenichi Hasegawa

Recently, due to deeper interest in the problems of global environment, a sustainable design for buildings has been appreciated in many countries. It is very important to develop a design protocol of building sustainability. Firstly, this paper describes marketing analysis for sustainable design and its key factors for promoting. Secondly, a TSS methodology for sustainable housing design is shown. The TSS is defined as optimized methods in combination with low energy technologies in a climatic condition. Thirdly, this methodology developed is shown to be very effective in penetrations of sustainable housing design.

1. はじめに

1.1 研究の目的

地球温暖化対策の一環として、建築分野においては建築物のサステナビリティの模索や環境共生建築の試行が行われている。住宅建築に対する環境配慮として、先の次世代省エネルギー基準に見る断熱・気密性能の強化を始めとして、太陽熱・光エネルギーの利用、自然素材・リサイクル材の採用などが挙げられるが、これらは、ユーザや設計者の環境配慮への意識が高い場合に限り実践されており、一般化しているとは言い難い。

これまで、省エネルギーシステムの開発・検証や環境負荷の少ない材料の提案など、環境配慮のための建築的手法としてハード面での検討がなされてきたものの、このような手法を、地域性や周辺環境などの建物の与条件を考慮してどのように組み合わせるか、また、実際に普及させるための方策とその効用という観点からの分析は、十分に行われておらず、ユーザや設計者が参照でき

るような情報として整理されていない。

国連にてサステナブル・ディベロプメント(1987年、ブルントラント委員会)という考え方が提起されてから久しいが、住宅のサステナビリティを実現するためには、①地域性を考慮した環境配慮のための適切な建築的手法の適用、②その地域の気候、風土、周辺環境との調和、③居住者の生活環境の質を維持・向上させること、が必要といえる。実際にサステナブル・デザインを志向した住宅建築を普及させるためには、環境配慮へのコンセプトやシステムのみに注目するのでは不十分であり、建設やメンテナンスにかかるコスト、使い勝手等の要因を含めて、その市場性を加味する必要がある。

住宅建築のサステナブル・デザインに関する検討は、IEA(国際エネルギー機構)内に設置された委員会 ANNEX38(Sustainable Solar Housing, 2001年4月～2005年4月)にて試みられている。申請者らはこの委員会メンバーであるが、我が国の状況に照らし合わせた検

^{*1}宮城学院女子大学 教授

^{*2}首都大学東京 准教授

^{*3}秋田県立大学 助教授

討とともに、ユーザや設計者がサステイナブル・デザインを採用するに当たっては、評価するためのシステム構築が必要である。

そこで、本研究は、住宅建築のサステイナブル・デザインを普及させるための基礎的資料を得ることを目的として、主に以下の3点について検討する。

- ①サステイナブル・デザイン志向の住宅建築の市場性を、欧米の事情を含めて調査し、我が国の特徴と可能性を明らかにする。
- ②サステイナブル・デザインの動向や評価ができるよう、優れた事例に関するデータベースの枠組みを構築し、デザインツールとしての可能性を探る。
- ③地域の気候条件に適した環境負荷低減のための建築的手法の最適組み合わせをTSS(Typical Solution Sets)と定義し、TSS手法の有効性を示す。

1.2 研究の概要

本研究では、以下の項目を実施する。

- (1)市場性を考慮したサステイナブル・デザインの意義に関する考察

国内外のサステイナブル・デザインの普及に対する取り組みの状況を整理し、市場性の観点から見た検討を加えることにより、デザイン手法としての可能性や意義を検討する。

- (2)データベースの構築

TSS手法のデザイン・ツールとしての可能性を探るために、国内外におけるサステイナブル・デザインとして優れた事例を収集したデータベースを構築するとともに、自然エネルギー利用手法等の動向や手法の評価を行うための適切な枠組みを検討する。

- (3)TSS手法の提案と妥当性の検討

TSS手法の評価プロトコルを提案する。本研究では、熱負荷室温計算モデルTRNSYSと換気計算モデルCOMISを連成させたモデルによる数値解析とともに、新たに提案する居住者の環境調整行動を考慮した温熱性能評価方法を用いて、TSS手法の妥当性を検証する。

- (4)TSS手法による建築環境デザインの地域性の検討

検討地域として、秋田、府中を対象として、TSS手法による建築環境デザインの評価を試み、本手法の有効性を示す。

2. 市場性を考慮したサステイナブル・デザインの可能性に関する検討

2.1 検討方針

サステイナブル・デザインとして挙げられる我が国の既往のコンセプトに、「省エネルギー住宅」や「ソーラーハウス」があり、1970年代以降、省エネルギー告示に基づく住宅金融公庫による助成制度等によって、普及の推

進が行われきた。近年では、「環境共生住宅」、「自立循環型住宅」などの新たなコンセプトが示され、研究、実用化、普及が展望されている。また国外においても、サステナブル・デザインの普及に向けての取り組みが行われている。サステイナブル・デザインにおける手法の基本的な構成要素となる建物熱負荷の軽減と太陽エネルギーに代表される自然エネルギー利用を主なコンセプトとしたものがソーラーハウスである。ここでは、国内外の普及の取り組みについて調査した結果を踏まえて、サステナブル・デザインの意義を検討する。

2.2 国内及び欧州諸国の状況

我が国における省エネルギー住宅及びソーラーハウス(以後、これらを合わせて省エネ住宅と呼ぶ)の普及の経緯は、以下のような状況であった。1973年のオイルショックを契機に国内外で省エネ住宅の実用化研究がはじまり、我が国では1979年の旧省エネルギー告示において住宅の断熱基準が示され、断熱住宅の普及が始まった。1986年に、パッシブソーラーシステム認定が始まり、省エネ基準に対してさらに太陽エネルギーを利用することで暖冷房エネルギーを削減する住宅に、住宅金融公庫の割増融資が行われることとなった。同時に、パッシブソーラーシステム認定を受けた住宅供給者を中心としたパッシブソーラーシステム推進協議会が発足して、ソーラーハウスの普及活動を開始した。1991年には、新省エネルギー告示によって、断熱及び気密に関する基準の強化が行われ、1993年には、パッシブソーラーシステム認定は、アクティブソーラーシステム(太陽光発電)を認定の対象に加えてソーラー住宅認定に改名した。1994年には、太陽光発電の助成制度が始まり、1998年に、次世代省エネルギー告示が示され、住宅の省エネルギー性能の向上と普及が推進されている。次世代省エネルギー告示に伴って、ソーラー住宅認定については、住宅金融公庫の環境共生割増融資が、省エネルギー住宅工事(パッシブ型)と、省エネルギー型設備設置工事(太陽光発電設備設置型)それぞれに行われるようになった。このように、我が国における省エネ住宅の推進は、国の指針に沿って住宅関係業界が対応する形で進められてきた。また、我が国で独自の発展を遂げた戸建の工業化住宅では、省エネルギー化、具体的には断熱気密化などに対してシステムとして対応がなされるために、一定の普及を早めることとなった。

他の先進諸国においても、以下に例を示すような普及への取り組みが行われている。カナダの“ENERGUIDE”は、住宅及び住生活における省エネルギーについての指針を、家庭調査員、住宅供給者等を通じて施主に情報提供し、その結果の評価までを行うものである。これによって1998年から5万人程度が参加して

19%の省エネを達成した。このプロジェクトは、市場における環境問題意識への訴求によるもので、国による助成など強い誘導によるものではない。さらなる普及のためには、各地域における訴求とフィードバックの徹底の難しさが指摘された。ノルウェーでは、高齢化対応などの社会保障の観点で、国営の住宅銀行によって、省エネ住宅の普及が行われている。すべての国民は、将来ハンディキャップを負う可能性があることを前提に、生涯を考えた住宅建設の要素として、省エネルギー化を推進した。実施までの技術的な整備、ローンの整備に基づいて、テレビ、セミナーなどによる広報で、普及をはかった。この指針に対応する住宅は、1993年で25%、その後50%程度になった。しかし、高齢者の増加が生涯住宅の訴求力を下げ、建設市場の低迷による他の低利ローンとの競争が、普及の阻害要因となり、さらなる普及率向上はなかった。オランダでは、環境意識への訴求に基づく国が主体となった普及策がとられている。国の財政支援によって環境に配慮した住宅を建設し、環境配慮を訴求力として居住者を得るものである。財政の持続がそのプロジェクトを推進させることになるが、住宅市場において、需要が持続されるかが課題である。

2.3 市場性の観点から見た検討

先に示したように、既往の普及策は多様であるが、IEA(国際エネルギー機構)Annex38 “Sustainable solar housing” では、マーケティングの基本的な手順は、市場調査と分析、目標設定、手法の選択、成果の予想、行動計画、評価としている。我が国における前述のソーラー住宅の普及活動においては、関係省庁、民間企業等が連携し、1990年代には認定された住宅の建設数が1年1000戸程度増加する成果が見られ。しかし、その後は省エネ住宅全体の普及は持続したが、「ソーラー住宅」としての普及はさらに進展する傾向がみられず、この普及活動も低下した。先進諸国の事例を踏まえると、住宅供給側を中心とした活動は、参加者全体の技術的向上が図れるが、市場に対する認識が向上しづらい傾向があり、特に、市場における環境意識を期待したり育てたりすることが難しい傾向があったと考えられる。市場との関係性を改善することが今後の課題であるが、その要素としての地域性は、重要な観点である。

今後、住宅の断熱気密性能などの基本性能の充足に伴って、冬期の室内環境の改善と省エネルギー化が行われると共に、夏期への対応やさらなる自然エネルギー利用が市場における訴求力を向上させる要素となると考えられるが、太陽光発電のような全国共通の基本技術の利用に加えて、地域に対応した住宅建築設計が評価されることが、住宅におけるさらなる省エネルギー化には必要である。サステナブル・デザインの基礎である地域に

適合した住宅建築設計の実施のためには、地域の市場に呼応した住宅建築建設におけるサステナブル・デザイン手法の確立が不可欠である。IEAにおいても、サステナブル・デザインの手法の確立と普及が大きな課題となっている。この課題に中心となって取り組んでいるのは、冬期の暖房負荷削減が中心の課題となるヨーロッパ諸国であるが、我が国の気象条件は多様であり季節変化も大きい。また住宅建設の規模も大きく、生活様式の変化も急激であったために、先進諸国の経験をそのまま適応することが出来ない。住宅数が既に充足し人口減少傾向の中で、個々の住宅建築のコンテキストは、今後、さらに多様化すると考えられる。多様なコンテキストに対応したサステナブル・デザインは、従来の「ソーラー住宅」の場合よりも大きな包容力を持つ必要があり、住宅建築デザインにおいて新しい高度な要素となると考えられる。マーケティングから住宅建築設計、建設までの幅広い専門性や専門家の協働が求められる。このような中にて、TSS手法は我が国の市場におけるサステナブル・デザインの実行に貢献出来ると期待される。

3. TSS手法の応用のためのデータベース構築

地域・気候条件に適したTSSを策定するためには、各地域でどのような環境共生手法が採用されているかを気候特性との関係で明らかにしておく必要がある。そこで、環境共生手法を取り入れた日本と海外の住宅事例を広く収集してデータベースを作成し、採用された環境共生手法の現状・傾向を把握する。

3.1 データベースの構成

データベースは建物データ、地域・気象データ、および環境共生手法データによって構成されるが、筆者らの過去の研究成果^{文1)}、^{文2)}をベースに再構成した。表3-1に概要を示すが、地域気象データは気象データベース^{文3)}、^{文4)}からそれぞれの建物所在地に最も近い観測点における標準年のデータを用いることとした。環境共生手法の分類項目は、環境共生住宅認定基準^{文5)}およびグリーン庁舎計画基準^{文6)}を参考に作成した。環境共生手法分類項目の概略を表3-2に示す。

3.2 住宅建築事例の概要

1) 調査対象および方法

環境共生、自然エネルギー利用をテーマとして戸建住宅と集合住宅の事例を取り上げている文献等を対象として調査を行い、各データ項目を拾い上げ、データベース化を行った。抽出する事例は竣工前であるものや、実験住宅は対象外とした。文献中に文章または図による記述があったものを抽出し、その建物の採用手法として入力した。なお、戸建住宅の事例ではIEA(国際エネルギー

表3-1 データベースの構成

大分類	小分類	項目
建物整理データ		整理番号、建築名称、掲載文献、所在地
建物データ	建築データ	施工年月、建築面積、敷地面積、建築構造、配置形など
	設備データ	暖房エネルギー源、暖房方式、給湯エネルギー源、補助熱源
	性能データ	熱損失係数、熱貫流率など
地域気象データ		緯度、経度、気温、日射量、デグリデーなど
環境共生手法データ		屋上緑化、太陽光発電、雨水利用、健康建材、バリアフリーなど

表3-2 環境共生手法の分類項目

周辺環境の配慮・調和	地域生態系の保全	自然の地形に配慮、緑のネットワーク、ビオトープ
	都市気候緩和・地下水源涵養	敷地内緑化、屋上緑化、壁面緑化
	まちなみ景観への配慮	周辺建築との調和、周辺地形との調和、電柱の地中化
	地域文化・地域産業の反映	地場産材の有効利用、地場産業への反映、地域文化の反映
運用段階の省エネ・省資源	a)負荷の抑制	
	外壁・屋根・床断熱	高断熱・高气密、外断熱、断熱戸、バフファーズン
	窓の断熱・日射遮蔽	庇など日除け、複層／Low-e／ヒートミラーガラス
	局所空調・局所換気	タスク・アンビエント空調、床吹出空調、局所排気
	b)自然エネルギー利用	
	自然採光	自然採光を考慮した窓デザイン、ライトコート、トップライト
	自然通風	自然通風を促進するデザイン、ナイトパージ、換気窓・換気ダンパ制御
	自然エネルギー利用	太陽光発電、太陽空気集熱、ダイレクトゲイン、地熱利用
	c)エネルギー・資源有効利用	
	エネルギーの効率的利用	コジェネレーションシステム、燃料電池、排気熱回収
	負荷平準化	水蓄熱、蓄熱槽、深夜電力
	水資源の有効活用	排水再利用、雨水利用、中水利用、地下水利用
長寿命	変化対応型構工法	SIと可動間仕切り
	建築材料の合理的耐久性・耐震	耐久性に優れた材料、耐久性を高める構法、免震構造
エコマテリアル	低環境負荷材料	自然材料、使い捨て材料の最小化、人体に無害な材料
	熱帯材型枠の使用合理化	型枠材の配慮・工夫、各種代替型枠、PC化
適正利用・適正処理	副産物・再生資源の活用	再生砕石・再生資材、発生土適正処理
	廃棄物の削減	分別収集を考慮した設計、ゴミ搬送システム、生ゴミの処理
健康快適性・安全安心	建築副産物の発生抑制・再資源化	分別収集の徹底・再資源化、適量購入、梱包レス化、プレハブ化
	バリアフリー化	建物、街区、歩車分離
	高度な遮音・防音性	高度な遮音・防音性
	共同スペースの充実	広場・菜園、文化施設、その他

表3-3 事例件数(戸建住宅)

国名	事例数	基本性能(壁U値、W/m ² K)	主な自然エネルギー利用手法	その他の手法
フィンランド	1	断熱気密(0.15)	ダイレクトゲイン	熱回収換気システム、地域暖房、ヒートポンプ
ノルウェー	2	断熱気密(0.16)	ダイレクトゲイン	熱回収換気システム
スウェーデン	2	断熱気密(0.11)	太陽光発電・集熱	熱回収換気システム
スコットランド	1	断熱気密(0.10)	太陽光発電・集熱、ダイレクトゲイン	熱回収換気システム
イギリス	3	断熱気密(0.11-0.20)	温室、太陽光発電・集熱、ダイレクトゲイン、雨水利用	熱回収換気システム、ヒートポンプ、屋根緑化
オランダ	3	断熱気密(0.12)	温室、太陽光発電・集熱、ダイレクトゲイン	熱回収換気システム
ドイツ	6	断熱気密(0.13-0.20)	太陽光集熱、ダイレクトゲイン、蓄熱タンク	熱回収換気システム、地域暖房、ヒートポンプ、屋根緑化
スイス	5	断熱気密(0.10-0.25)	太陽光発電・集熱、蓄熱タンク、地熱(ヒートパイプ)	熱回収換気システム
オーストリア	6	断熱気密(0.11-0.15)	太陽光発電・集熱、ダイレクトゲイン、蓄熱タンク、地熱利用	熱回収換気システム、雨水利用、コンボジットトイレ、バイオマスボイラー
イタリア	1	断熱気密(0.10)	太陽光発電・集熱、ダイレクトゲイン	熱回収換気システム、ヒートポンプ
ニュージーランド	1	断熱気密(0.33-)	太陽光集熱、ダイレクトゲイン	熱回収換気システム
アメリカ(カンザス)	1	断熱気密(0.05)	ダイレクトゲイン	熱回収換気システム、ヒートポンプ(冷房)
日本	7	断熱気密(0.27-0.56)	太陽光発電・集熱、ダイレクトゲイン、蓄熱タンク、躯体蓄熱	熱回収換気システム、ヒートポンプ、雨水利用
合計	39			

表3-4 事例件数(集合住宅)

事例所在地	事例件数
東京都	11
神奈川県、埼玉県、福岡県	5
愛知県、大阪府	3
青森県、石川県、茨城県、千葉県、富山県、兵庫県、北海道	2
秋田県、沖縄県、鹿児島県、熊本県、栃木県、鳥取県、長崎県、山口県	1
オランダ	11
ドイツ	7
デンマーク、フランス	6
オーストラリア	5
イタリア	4
アメリカ、イギリス、オーストリア、スペイン	2
アイルランド、ギリシャ、ベルギー、スウェーデン	1
合計	58

機構)のインターネットサイトにて公開されている事例を優先的に抽出しているが、これは各国の最新の事例であることや、国際的な組織で共通の評価がなされている事例であるためである。

2) 収集事例

収集事例のうち、表3-3に戸建住宅、表3-4に集合住宅について、所在地とその所在地における事例件数を示す。戸建住宅に関しては、躯体の熱性能や自然エネルギー利用手法等も示す。

戸建住宅の事例のうち主なものとして、国内7件、海外32件ある。それぞれ、積極的に自然エネルギー利用が図られており、居住後のエネルギー消費量をもとにし

た評価がなされている。ここに挙げた事例は、各地域の一般的な住宅よりもエネルギー消費量が少なく、かつ居住環境の質の向上を達成したことが確認されている。

集合住宅の事例件数は国内60件、海外51件である。国内事例は全国各地に広く分布している。海外事例はほとんどがヨーロッパであるが、調査対象とした文献の偏りによるものと考えられる。図3-1は敷地面積別の事例件数である。ただし、海外事例においてはほとんど記述されていなかったため、国内事例のみで分析を行うこととした。図3-2は事例所在地の暖房デグリーデー(以下HDD)と年積算日射量を表したものである。国内の事例は比較的HDDの値が小さい。また、HDDの大きい地域でも日射量には恵まれていることがわかる。

3.3 データベースを用いた集合住宅の環境共生手法の傾向分析

環境共生手法を取り入れた日本と海外の集合住宅の事例を広く収集・分類することでその傾向を分析し、環境共生集合住宅の現状と課題を明らかにする。

図3-3は国内・海外それぞれで多く採用されている手法を用いている典型的な事例である。図3-4、図3-5は国内・海外別に採用率25%以上の手法とその採用率を示したものである。国内事例は敷地内緑化など植物や施設などで建物や敷地を豊かにする手法が多く、海外事例は全体の9割近くが採用している高断熱・高気密を始めとして、エネルギー消費量を減らすことを目的とした手法が大半を占めていることがわかる。右の欄は図3-3の事例が採用している手法を示している。

図3-6は国内・海外別の種類別手法採用率を比較したものである。国内事例と比べ、海外事例は運用段階の省エネ・省資源の手法が多く採用されている。

図3-7は国内・海外の太陽熱利用率を機械動力使用の有無によって、アクティブ・パッシブに分けて表したものである。国内事例はアクティブのみ採用する割合、海外はパッシブのみ採用および併用の割合が高い。

国内の環境共生集合住宅の事例では、省エネよりも周辺環境へ配慮した手法が多い。太陽熱利用は機械動力を用いるものが多い。健康快適性への意識が高まってきている。などの傾向があることが示された。パッシブソーラーや断熱などの運用段階での省エネ・省資源に関する手法は海外事例を参考に取る余地があること、建物の長寿命化、適正使用・適正処理に関する手法は採用が少ないことが今後の課題といえる。

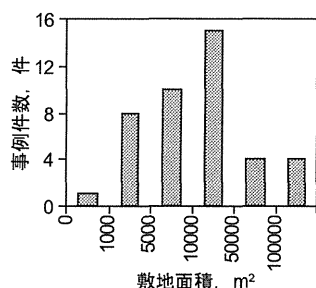


図3-1 敷地面積別件数

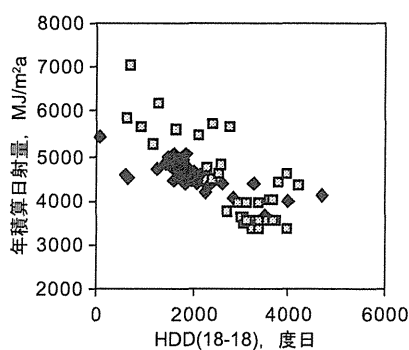


図3-2 所在地の気象条件

3.4 デザインツールとしてのデータベースの可能性

本研究にて構築したデータベースは、国内外におけるサステナブル・デザインとして優れた事例をもとにしている。収められた情報は、設計段階において随時、参照され、対象地域で用いられている各種手法の傾向を把

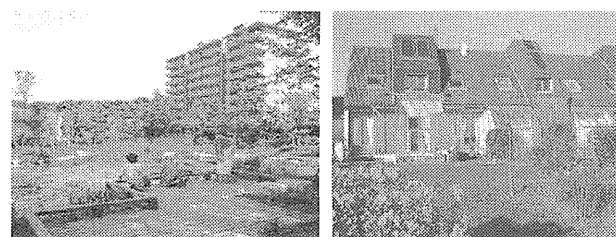


図3-3 代表的な国内・海外の事例

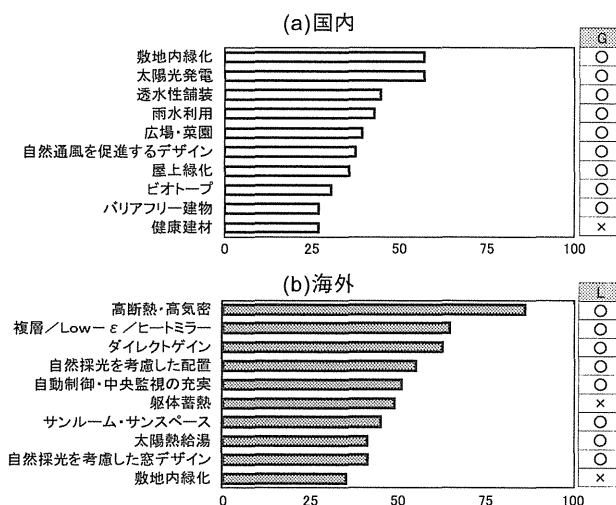


図3-4 採用上位の手法(上段：国内、下段：海外)

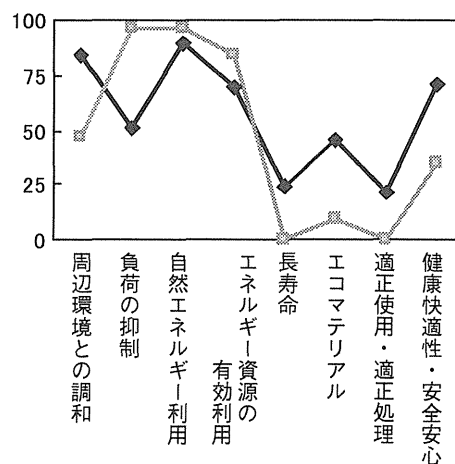


図3-5 種類別採用率

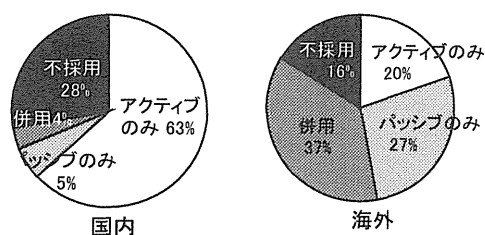


図3-6 太陽熱利用手法採用率

握したり、その結果としての環境性能を確認することができる。採用手法の検討には、コンピュータ・シミュレーション技術を利用することは可能であるが、必要データの入力や境界条件等の設定、適切なモデル化等のある程度経験が求められ、実務レベルでの活用は容易ではないと推察される。本研究にて構築したデータベースを用いれば、地域のTSS手法を導き出すことが可能であり、設計段階での有効なデザインツールとなり得る。さらに、設定したTSS手法の環境性能を評価するためには、次章に示すTSS手法の評価プロトコルが有効と考えられる。

4. TSS手法の構築

4.1 TSS手法の評価プロトコルの提案

1) 概要

TSS手法を検討するために、戸建て並びに集合住宅を対象とした室内環境の数値シミュレーションを行う。本研究では、既存のアプリケーションを使用することとし、ソーラーエネルギーシステムの環境評価に定評のある熱負荷室温計算モデルTRNSYSを採用した。また、TSS手法として、夏季の涼房効果を狙った通風も評価することが望ましいが、TRNSYSでは窓開け換気による通風計算ができない。そこで、通風効果が計算可能な多数室換気計算モデルCOMISを採用し、両者の連成計算モデル(以下、連成モデル)を構築した。

本研究にて構築した連成モデルにより、住宅内の各室温度、湿度、風速、エネルギー消費量等の計算結果が得られる。それらのデータを用いて、各種TSS手法の評価を行うが、本研究では、省エネルギーの観点から、年間暖冷房負荷と室内快適性に着目し、これらをもとに定量的な評価を試みる。すなわち、年間暖冷房負荷が小さくかつ、室内快適性が高い条件が、その地域にふさわしいTSS手法と考える。

また、本研究にて行う温熱性能評価において、居住者の環境調節行動を含めた評価の可能性を検討し、居住者の様々な状態での快適範囲を示すとともに、その快適範囲に基づく評価方法を提案する。

図4-1にTSS手法を評価するための計算フローを示す。まず、①計算対象地域において適当と思われる省エネルギー手法や自然エネルギー手法を、市場性調査により得られた知見や、本研究にて構築したデータベースに見られる事例を基に抽出する。それらの手法の組み合わせた計算用住宅モデルを作成する。この住宅モデルにはTSS手法が反映されている。次に、②連成モデルにより、対象地域の気象データを与え、年間の計算を行う。③連成モデルによる計算により得られたデータを用いて、温熱性能評価指標を算出する。最後に、④年間暖冷房負荷並びに温熱性能評価指標を用いてTSS手法を評価する。

以下に、連成モデルと室内快適性評価について示す。

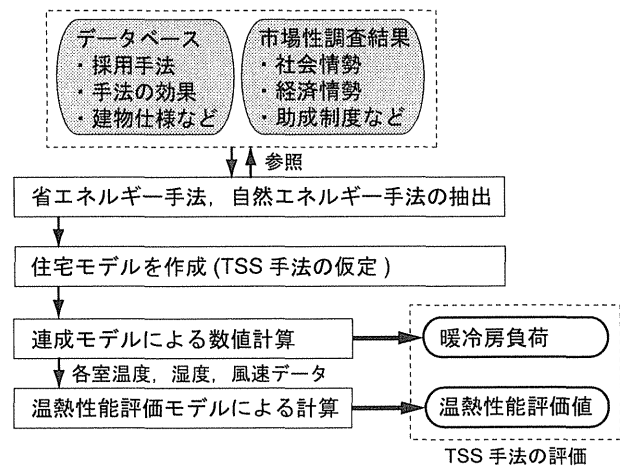


図4-1 TSS手法の評価のための計算フロー

2) 連成モデル

TRNSYSはアメリカ・Wisconsin大学により開発された熱負荷室温計算モデルであり、モジュール化された要素(TYPE)を組み合わせることで、任意の住宅モデルが作成可能な汎用性の高いモデルである。また、COMISはIEA・ANNEX23委員会による国際プロジェクトとして開発された多数室換気計算モデルである。各国で多くの研究者により検証が行われており、実用的かつ信頼性の高いモデルである。

本研究では文献7)を参考にして、両者を連成させるモデルを作成した。連成モデルでは、TRNSYSにて各室の室温を算出し、その結果をCOMISに与え、浮力の効果を考慮した換気計算を行う。COMISにて算出された各室の換気量は、TRNSYSに与えられ室温計算を行う。以上のようなデータの相互交換が毎時間に行われ、一年間の各室室温、換気量等の計算が可能となる。

3) 温熱性能評価

(1) 快適範囲の拡張

本研究では、現在一般的に使用されているASHRAE快適範囲を居住者の条件(生活行為、代謝量、着衣量、室内気流速度)により拡張することを考えた。ASHRAE快適範囲で通常固定パラメータとして与えられる人間の生活条件(行動による代謝量の変化)と好みの条件(積極的に変化させる着衣量・気流速度)を居住者ごとの変動パラメータとして扱うことができたようにした。図4-3に快適範囲の変換目的と手順、図4-4にSET*による快適域(以後SET*快適域と記す)の変動パラメータとSET*パラメータとの関係を示す。また、表4-1にASHRAE快適範囲と本研究の空気温度・相対湿度による快適範囲(以後TRH快適範囲と記す)の条件を示す。まず快適範囲の変換手順として、ASHRAE快適範囲のET*による快適域(以後ET*快適域と記す)をSET*快適域に変換する。次に、SET*快適域を空気温度による快適域(以後T快適域と記す)に変換する。そのT快適域を相対湿度ご

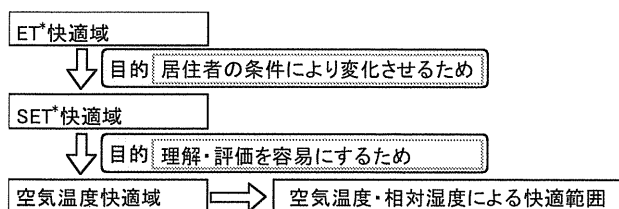


図4-3 快適範囲の変換目的と手順

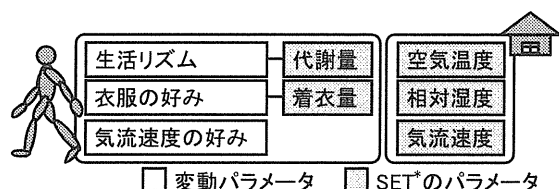


図4-4 SET*快適範囲の変動パラメータ

表4-1 ASHRAE 快適範囲と TRH 快適範囲の条件

ASHRAE			TRH 快適範囲		
	夏季	冬季			
ET* °C	20-23.5	22.5-26	SET* °C	21.53-25.37	
湿球温度 °C	20	18	相対湿度 %	90	
露点温度 °C	2		湿球温度 °C	20	
			露点温度 °C	2	

表4-2 計算範囲と計算間隔

	計算範囲	計算間隔
空気温度 °C	10~40	0.2
放射温度 °C	=空気温度	0.2
相対湿度 %	10~90	5.0
気流速度 m/s	0.1~1.0	0.1
着衣量 clo	0.3~1.2(3.0)	0.1
代謝量 Met	0.8~2.2	in 冬季睡眠時 : 3.0
大気圧 kPa	101,325	行動による
		固定

とに求め、表4-1のTRH快適範囲の条件を付加し、TRH快適範囲に変換する。ASHRAE快適範囲をTRH快適範囲に拡張することで、居住者の状態に合わせた理解、評価の容易な快適範囲とすることができる。

(2) 快適範囲の拡張条件

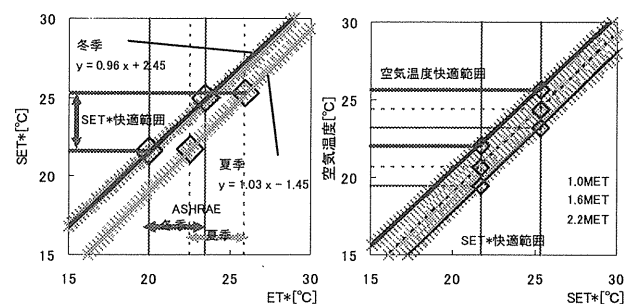
快適範囲を拡張する際の計算範囲と計算間隔を表4-2に示す。居住者ごとの変動パラメータとして扱う気流速度は1.0m/sまで、着衣量は0.3clo(半袖+短パン)から1.2clo(長袖シャツ+セーター+長ズボン)までとし、居住者の許容条件として自由選択できるようにした。選択間隔は気流速度0.1m/s、着衣量0.1cloとした。ただし、冬季の睡眠時は蒲団分の着衣量も考慮するために3.0cloを上限とした。また、生活行為に関しては空調和衛生工学会の標準スケジュールに基づき、表4-3にその生活行為と代謝量の関係を示す。

(3) 快適範囲の作成方法

手順①：ET*快適域からSET*快適域への変換 図4-5(a)にET*快適域からSET*快適域への変換方法を示す。ET*快適域(平均放射温度=空気温度、相対湿度：50%、代謝量：1.1Met、気流速度：0.15m/s、着衣量：0.5clo(

表4-3 生活行為と代謝量の関係

MET	生活行為	MET	生活行為
0.8	睡眠	1.4	食事
	療養・静養		洗顔
	在宅	1.6	着がえ
	家族対話		洗濯
1.0	新聞		アイロンがけ
	雑誌		入浴
	本		掃除
	マンガ		洗濯干し・取入れ
	無行為	2.0	社会参加
1.2	学業		仕事つきあい
	勝負ごと		行楽・散歩
	趣味		スポーツ
	テレビ	2.2	けいこごと
	ラジオ		炊事



(a)SET*快適域への変換

(b)T快適域への変換

図4-5 SET* 快適域への変換(左)と T 快適域への変換(右)

夏季)・0.9clo(冬季))の範囲内となるSET*をSET*快適域として求めた。人の条件(年齢・体格・基礎代謝量)による違いを検討したがSET*快適範囲はほぼ変わらないことからASHRAE標準人を対象とし、SET*快適域：21.53～25.37℃を用いることとした。

手順②：SET*快適域からT快適域への変換 図4-5(b)に手順①で求めたSET*快適域からT快適域への変換方法を示す。図4-5(b)は相対湿度：50%、代謝量：1.0Met・1.6Met・2.2Met、気流速度：0.1 m/s、着衣量：0.6cloのT快適域を例として示した。相対湿度、代謝量、気流速度、着衣量によってT快適域は変化する。

手順③：T快適域からTRH快適範囲への変換 各相対湿度・各変動パラメータによるT快適域を表4-1に示す。TRH快適範囲の条件を付加し、TRH快適範囲を作成する。表4-1に示すASHRAE快適範囲からTRH快適範囲への変換条件とは、ASHRAE快適範囲における夏季の条件である湿球温度20℃と相対湿度90%まで、露点温度は2.0℃である。図4-6のa) b)は着衣量による違いを示す例であり、気流速度がa) 1.0m/s、b) 0.1m/sと異なる。c)は代謝量による違いを示す。d)には快適範囲の夏季(4～9月)と冬季(1～3月、10～12月)の快適範囲の違いを示す。夏季と冬季の快適範囲のズレは冬季の睡眠時着衣量にふとんを考慮し3.0cloとしたことによる。

(4) 温熱性能評価方法

図4-7に本研究で提案する評価方法のフロー図を示す。本評価方法では建物の温熱性能を評価するために、

まずシミュレーションで室環境を算出する。算出した各室環境(空気温度, 相対湿度, 気流速度)を各居住者の在室スケジュールをもとに合成し, 各居住者の曝露環境を作成する。曝露環境を生活スケジュールによる代謝量と, 各居住者の環境調整行動(許容着衣量・許容気流速度)をパラメータとしたTRH快適範囲をにより評価する。各居住者の曝露環境が快適範囲内の場合は快適時間率, 快適範囲外の場合は快適範囲と曝露環境との温度差(以後TDと記す)を算出する。すなわち, どれくらい快適な時間があるのか, どれくらい快適範囲から離れているかにより建物を評価するわけで, どのような計画変更を行えばより良い温熱環境を持つ住宅になるのかを考えることができる。

4.2 TSS手法の評価のための温熱性能評価例

本研究にて提案したTSS手法の評価法のうち, 温熱性能の評価例を示す。

1) 温熱性能評価事例計算概要

(1)対象建物

日本建築学会標準問題の戸建住宅モデル^{文7)}を対象とした。図4-8に対象住宅の平面図, 表4-4に各部位の構成を示す。

(2)対象地点と気象データ

対象地点は, 次世代省エネルギー基準にて定義されているIV地域とし, 暖房デグリーデーが平均値に近く, 人口の多い府中市とした。気象データにはMETEONORM Ver.5.0を用いた。

(3)計算条件

断熱性能は, 次世代基準の気候区分による木造充填工法に準ずることとした。断熱材はグラスウール 32Kとし, 表4-4にIV地域におけるこの断熱材の厚さを示す。家族構成, 熱発生スケジュールは空気調和・衛生工学会の住宅用標準スケジュール^{文8)}を用いた。

今回, 空調を行わなくとも環境調整行動(着衣の調整・通風)を行うことにより, どの程度住宅の温熱環境が快適となるかを評価することを目的とした。そのため通風以外の手法は考慮せず, 計算条件は, 常時窓閉鎖(model_1)と窓開閉(外気温度20℃以上の時窓開放)(model_2)の2条件とした。また, 外気温が高すぎる時は空調を利用することとなるため窓を閉めた方が良く考えられるが, 今回は環境調整行動のみでどの程度快適に過ごすことができるかを評価することを目的としたため, 外気温が高いときでも20℃以上なら窓は閉鎖しないこととした。

2) 室内気流速度の計算方法

連成モデルでは, 室内気流速度は直接計算されず, 室

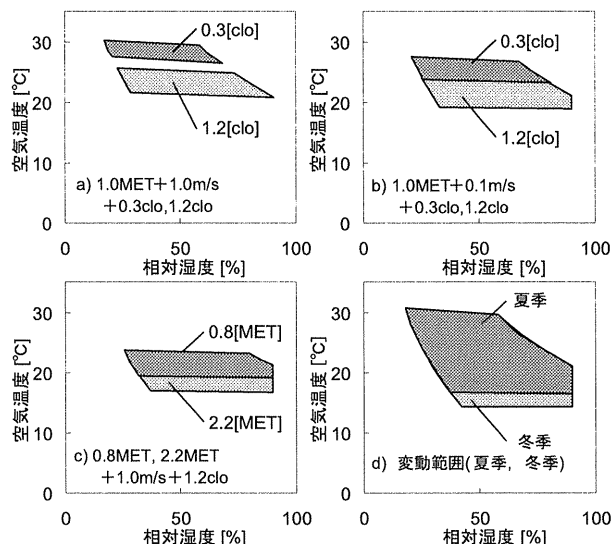


図4-6 快適範囲の拡張結果

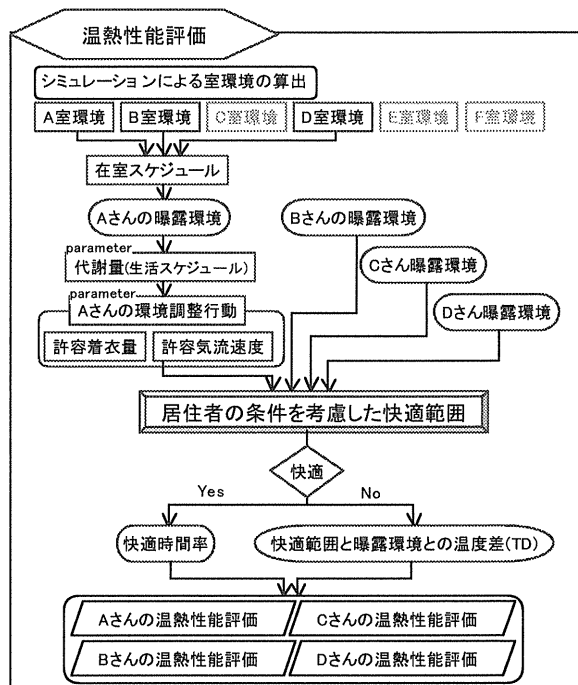


図4-7 室内快適性評価方法のフロー

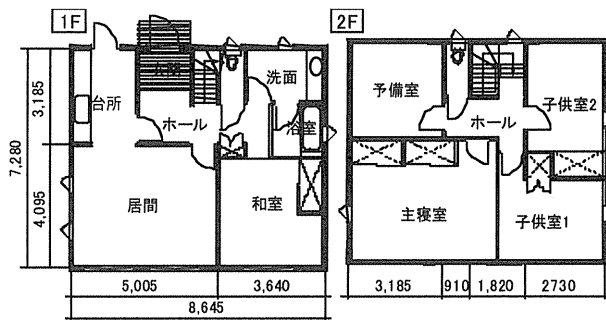


図4-8 戸建住宅モデル

換気量と外気導入量が算出される。しかし, 居住者の環境調整行動を考慮した温熱性能評価をするためには室内気流速度を算出する必要がある。そこで, 室内気流速度

表4-4 各部位の構成

部位	構成
外壁	モルタル(30)+合板(9)+空気層+断熱材(90)+石膏ボード(12)
内壁	石膏ボード(12)+空気層+石膏ボード(12)
屋根	スレート(12)+合板(12)+空気層+断熱材(160)+石膏ボード(12)
1階床	床板(10)+合板(12)+断熱材(90)
2階床	カーペット(15)+合板(12)+空気層+断熱材(90)+石膏ボード(12)
開口部	複層ガラス

()内の数値は部材厚さ[mm]

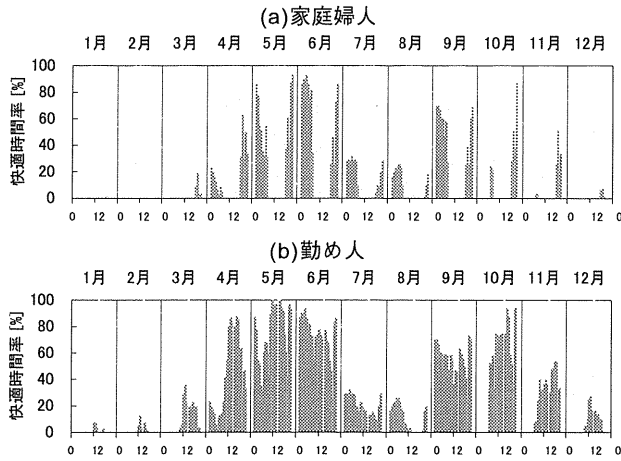


図4-8 月平均24時間快適時間率

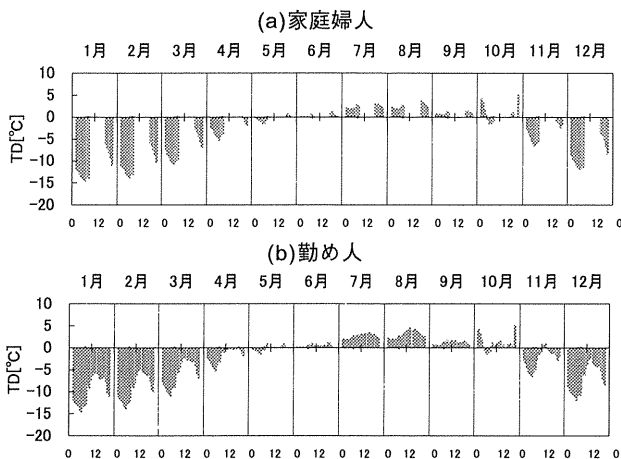


図4-9 月平均24時間TD

の換算を行い、各室換気量と外気導入量から室内空気流量を算出し、窓開放面積の最も多い壁体に平行な室断面積の1/2で除した^{※10)}ものを室内気流速度とした。

3) 温熱性能評価結果

前報で示した曝露環境、居住者の許容着衣量・気流速度、生活スケジュールに沿った代謝量を変動パラメータとし、前報で示した快適範囲の範囲内に居住者の曝露環境が入るか否かにより評価する。快適範囲内の場合は、快適時間率として算出する。図4-8に許容着衣量3.0～1.2clo、許容気流速度1.0m/sである家庭婦人と勤め人の月平均24時間快適時間率を示す。また、快適範囲外の場合には、その曝露環境と快適範囲との温度差をTDとして算出する。図4-9に同条件の家庭婦人と勤め人の月平均24時間TDを示す。この二つの図をみることで何月の何時ごろどれくらい快適な時間が見込め、どの程度暑

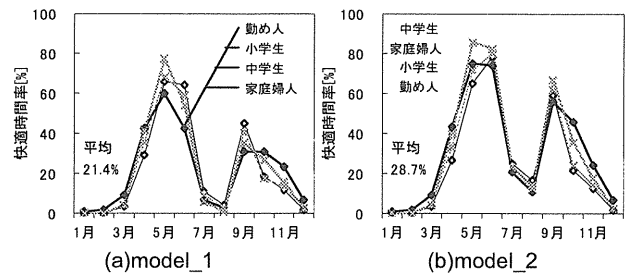


図4-10 居住者別月平均快適時間率

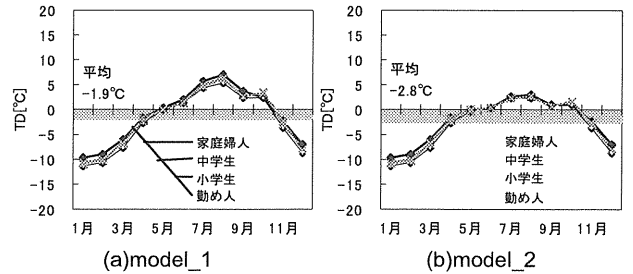


図4-11 居住者別月平均TD

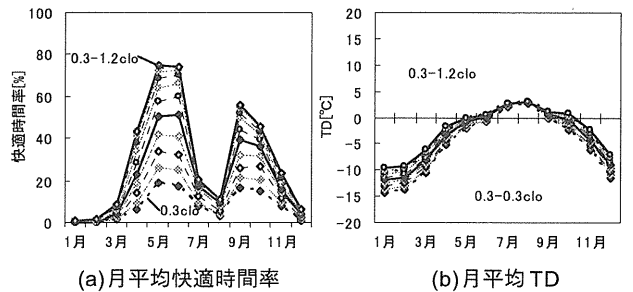


図4-12 着衣量幅の上限変動

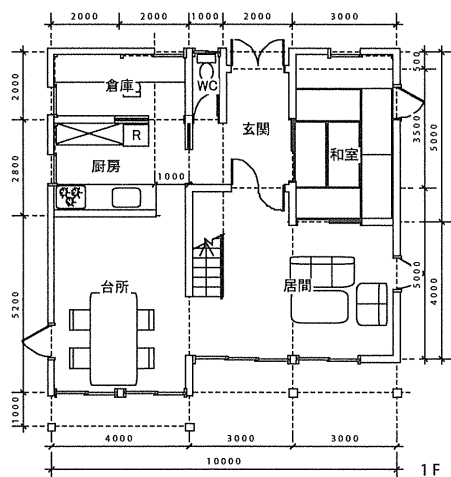
いか寒いのかなどを予想できる。

また、図4-10はmodel_1とmodel_2の年間平均快適時間率の変動を居住者ごとに示す。図4-11はmodel_1、model_2の年間月平均TDを示す。model_1とmodel_2は自然換気の有無のみの違いであるが、model_2では5月、6月に自然室温で8割近く、9月は自然室温で6割近く、また年平均では28.7%快適に過ごせることがわかる。また、この建物は通風によって年平均で7.3%快適時間率が増加する。

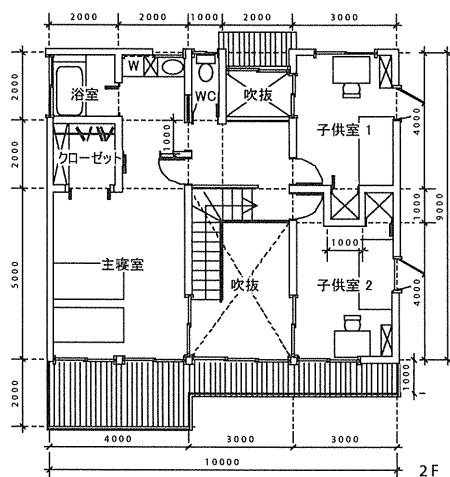
4) 居住者の着衣量の変化幅による温熱性能評価違い

図4-12(a)に着衣量の下限を0.3cloとして着衣量の上限を0.3-1.2cloまで変化させたときの月平均快適時間率を示す。図4-12(b)は同条件のTDである。気温変動が大きい5月、6月は着衣量幅0.3-1.2cloのときは快適時間率約8割となるが、着衣量0.3cloのみの場合は快適時間率約2割と着衣量を調節することによって快適時間率は6割程度異なっている。また、夏季の快適時間率、TDは着衣量を変化させてもさほど変わらない。一方、冬季は着衣量を1.2cloまで増やしても寒さを補いきれず、またTDをみると着衣量が少ないほど快適範囲から離れることがわかる。

提案した温熱性能評価方法によれば、通風を行うこと



(a)平面図



(b)日射の取り入れと通風経路

図5-1 住宅モデルの概要

表5-1 住宅モデルの概要

条件	内容
構造/階数	木造・RC造/2階建
床面積	184.0m ²
部屋数(床下含む)	16室
壁体構成	日本建築学会・標準問題の壁体構成(表4-3)
断熱材	各地域の次世代省エネルギー基準の断熱レベルに対応
床仕上げ	フローリング、畳
建具	木製ドア
機械換気	窓閉鎖時に常時0.5回/h
カーテン	居室の開口部にレースカーテンを想定

表5-2 計算条件

条件	地域	構造	開口部の大きさ	開口部の開放	備考
C1	秋田	木造	基本条件	日中	夏季の通風効果の検討
C2				夜間	
C3				日中	
C4				夜間	
C5		RC造	基本条件	なし	冬季のダイレクトゲイン効果の検討
C6				南開口部を2/3	
C7				基本条件	
C8				南開口部を2/3	
C9	府中	木造	基本条件	日中	夏季の通風効果の検討
C10				夜間	
C11				日中	
C12				夜間	
C13		RC造	基本条件	なし	冬季のダイレクトゲイン効果の検討
C14				南開口部を2/3	
C15				基本条件	
C16				南開口部を2/3	

で5月、6月および9月は20%程度快適時間率が向上することや、着衣量調節によって大幅に快適時間率が変化することが示された。

5. TSS手法の地域性に関する検討

5.1 検討概要

本研究にて提案したTSS手法の評価プロトコルの有効性を示すために、住宅モデルを作成し、異なる地域を対象としたTSS手法の評価を試みる。対象地域は、東北地方の日本海側沿岸地域である秋田市と、暖房デグリデーが我が国の平均値を示す府中市であり、前者は特に、積雪寒冷地域として位置づけられ、冬季の日射量が極端に少ない。次世代省エネルギー基準では、前者をⅡ地域、後者をⅣ地域に該当する。

5.2 対象住宅モデルの作成

図5-1に住宅モデルの平面図と夏季と冬季の建築環境デザインの基本的な考え方、表5-1に住宅モデルの概要を示す。住宅モデルは2階建てとし、床面積は184.0m²である。構造は木造とRC造の2種類設定する。壁体構成は日本建築学会の標準住宅モデル^{文8)}の壁体構成に習い設定するが、断熱性能は次世代省エネルギー基準にて規定されているレベルを確保するものとする。間仕切りのための建具は木製ドアとし夏季、冬季とも開放したままとする。居室の開口部にはレースカーテンを想定し、常に閉じている状態とした。また、窓閉鎖時には換気回数0.5回/hを確保するよう、機械換気を行うこととした。

住宅モデルは夏季の涼房に対して、通風経路を3経路設けている。設計段階において狭い家の中での配置を考慮すると通常1経路となってしまうがちであるが、夏季を快適に過ごすためには通風を行うことが必須であると考え。一方、冬季は閉じることが必要であるとともに、

日射を多く取り入れることが必要である。そのため、より多くの通風量、日射量を取り入れるために南面の開口を大きくとり、適切な規模の庇を設定した。

在室者の設定は4.2節にて示した条件と同様とし、勤め人、家庭婦人、中学生、小学生の4人家族とする。

5.3 計算条件

表5-2に計算条件を示す。地域は秋田、府中の2地域、構造は木造、RC造の2種類に対して、開口部の大きさと通風パターンをパラメータとして条件を設定した。夏季は主に通風による涼房効果、冬季は、日射熱取得による室温上昇効果に期待する。夏季の計算では冷房の使用は行わず、TSS手法の評価は温熱性能評価のみとし、冬季は暖房負荷と温熱性能評価による評価を行う。冬季の

表 5-3 温熱性能評価指標の計算結果(秋田)

秋田		月平均快適時間率, %				月平均TD, °C			
		家庭 婦人	勤め人	中学生	小学生	家庭 婦人	勤め人	中学生	小学生
C1	7月	29.9	14.9	19.6	15.6	3.5	5.2	4.7	5.7
	8月	22.4	11.1	17.1	11.8	4.5	6.3	5.8	6.8
	9月	44.5	20.7	28.7	23.6	1.0	1.6	1.3	2.1
C2	7月	28.0	15.1	18.8	15.6	2.6	3.1	2.4	3.8
	8月	20.1	13.1	15.8	10.5	3.6	4.4	3.6	5.1
	9月	42.6	19.2	28.1	24.6	0.1	-0.2	-1.1	0.5
C3	7月	29.9	15.1	20.1	16.5	3.7	5.6	5.1	6.1
	8月	23.9	12.7	17.7	13.2	4.7	6.9	6.3	7.4
	9月	48.4	24.1	31.8	25.7	1.7	2.8	2.5	3.5
C4	7月	30.2	16.5	21.0	18.1	2.6	3.4	2.5	4.2
	8月	23.9	13.0	18.2	13.3	3.6	4.8	3.6	5.3
	9月	46.6	21.2	29.0	26.2	0.3	0.3	-0.9	1.1
C5	1月	0.8	0.1	0.1	0.0	-1.9	-1.5	-1.3	-1.4
	2月	1.1	0.0	0.0	0.0	-1.9	-1.5	-1.3	-1.4
	3月	2.4	0.1	0.2	0.1	-1.6	-1.4	-1.3	-1.3
C6	1月	0.8	0.1	0.1	0.0	-1.9	-1.5	-1.3	-1.4
	2月	1.0	0.0	0.0	0.0	-1.9	-1.5	-1.3	-1.4
	3月	2.2	0.1	0.2	0.1	-1.6	-1.4	-1.3	-1.3
C7	1月	0.8	0.1	0.1	0.0	-1.9	-1.5	-1.3	-1.4
	2月	0.9	0.0	0.0	0.0	-1.9	-1.5	-1.3	-1.4
	3月	1.6	0.1	0.2	0.1	-1.6	-1.4	-1.3	-1.3
C8	1月	0.8	0.1	0.1	0.0	-1.9	-1.5	-1.3	-1.4
	2月	0.9	0.0	0.0	0.0	-1.9	-1.5	-1.3	-1.4
	3月	1.6	0.2	0.3	0.2	-1.6	-1.4	-1.3	-1.3

暖房は、居室を連続暖房とし、設定温度は18℃とやや低めに設定した。これは、日射熱による室温上昇を期待しているためである。

5.4 計算結果に基づく地域性の観点から見たTSS手法の検討

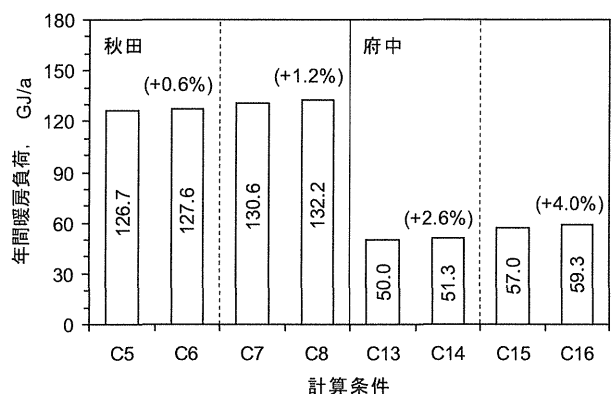
表 5-3 と表 5-4 に、秋田と府中における温熱性能評価指標の計算結果、図 5-2 に暖房負荷の計算結果を示す。

まず、夏季の計算結果として、C1～C4、C9～C12に着目する。いずれの条件においても、秋田の方が快適時間率が大きく、TD も小さくなっており、当然のことながら地域の気候条件の違いが顕著に表れている。また、秋田、府中とも木造(C1, C2, C9, C10)よりも RC 造(C3, C4, C11, C12)の方が快適時間率が高い。通風の仕方として、秋田では夜間換気を行うよりも日中に窓を開放して通風を促した方が快適性は向上している。一方、府中では、夜間換気の効果が高いことが確認できる。以上の結果より、TSS 手法として、秋田では木造、RC 造いずれの場合でも日中に通風を積極的に行うことが望ましく、府中では、熱容量を付加した上で夜間換気を促進した方が、高い涼房効果が得られることがわかる。

次に、冬季の計算結果として、C5～C8、C13～C16に着目する。表 5-3 と表 5-4 に示した快適時間率はいずれも低く、10% 前後となっている。これは、暖房設定温度を18℃とやや低めにしているとともに、快適性評価に用いる快適範囲をやや狭く設定していることに起因している。快適時間率を向上させるための在室者側の対応策としては、設定温度を上げたり、着衣量を調整することなどがあり、本手法により評価が可能である。また、図 5-2 に示す暖房負荷の計算結果を見ると、次世代省エ

表 5-4 温熱性能評価指標の計算結果(府中)

府中		月平均快適時間率, %				月平均TD, °C			
		家庭 婦人	勤め人	中学生	小学生	家庭 婦人	勤め人	中学生	小学生
C9	7月	10.5	4.8	6.3	4.7	6.1	8.1	7.5	8.5
	8月	1.2	0.6	0.9	0.6	6.6	8.8	8.2	9.2
	9月	34.9	20.6	25.5	20.9	3.4	4.9	4.3	5.1
C10	7月	9.6	5.5	6.1	4.4	5.1	6.1	5.8	7.2
	8月	5.1	1.9	2.6	1.3	5.7	6.8	6.4	7.9
	9月	36.0	18.7	23.7	20.5	2.1	2.4	1.7	3.5
C11	7月	10.7	5.4	5.6	5.2	6.2	8.4	7.7	8.8
	8月	1.2	0.2	0.2	0.1	6.9	9.3	8.7	9.7
	9月	37.2	21.1	25.9	21.7	3.8	5.7	5.1	6.0
C12	7月	12.1	6.8	8.6	6.9	5.0	6.3	5.8	7.3
	8月	5.9	2.9	3.6	2.6	5.7	7.1	6.4	8.0
	9月	38.6	20.3	26.4	23.4	2.3	3.0	2.1	4.2
C13	1月	2.8	0.3	0.4	0.3	-1.5	-1.3	-1.2	-1.3
	2月	4.2	0.4	0.5	0.4	-1.5	-1.3	-1.2	-1.3
	3月	14.3	3.0	4.5	4.1	-1.1	-1.2	-1.1	-1.1
C14	1月	2.5	0.1	0.1	0.1	-1.6	-1.3	-1.2	-1.3
	2月	3.6	0.2	0.3	0.1	-1.5	-1.3	-1.2	-1.3
	3月	12.9	2.3	3.8	3.5	-1.1	-1.2	-1.1	-1.1
C15	1月	2.2	0.1	0.1	0.1	-1.6	-1.3	-1.2	-1.3
	2月	3.1	0.2	0.3	0.1	-1.5	-1.3	-1.2	-1.3
	3月	10.2	1.2	1.8	1.1	-1.2	-1.2	-1.1	-1.2
C16	1月	2.1	0.1	0.1	0.1	-1.6	-1.3	-1.2	-1.3
	2月	3.0	0.2	0.3	0.1	-1.5	-1.3	-1.2	-1.3
	3月	9.0	1.2	1.4	0.9	-1.2	-1.2	-1.1	-1.2



※()内の数値は、開口部を2/3とした場合の熱負荷の増加分を示す。

図5-2 暖房負荷の計算結果

ネルギー基準の断熱性能レベルを確保しているため、いずれの条件においても顕著な差は見られない。しかし、開口部面積の変更による変化には地域による差異が確認でき、府中の方が影響が大きい。すなわち、秋田では開口部を大きくしても、冬季の日射量が少ないため、あまり変化は見られないが、府中では、開口部を大きくして日射熱を取り込む方が、暖房負荷の低減に繋がる可能性が高い。以上の結果より、TSS 手法として、秋田では開口部を大きくよりむしろ、壁体の断熱性能を高める方が望ましく、府中では、積極的にダイレクトゲインを建築デザインに取り込む方が、暖房負荷の低減に繋がる可能性が高いことがわかる。

6. 結言

本研究では、住宅建築のサステナブル・デザインの意義を認めた上で、設計段階でのデザインツールの提案を行った。以下に得られた知見と今後の課題を示す。

- ① 国内外のサステナブル・デザインの普及に対する取り組みの状況を整理し、市場性の観点から見た検討を行った。各国には供給者側のアプローチが見られるものの、市場での需要が活性化するには至らない場合が多い。対応策として財政支援が主であるが、市場の環境意識を向上させる方策が必要である。一方、地域性は重要なキーワードであり、ヨーロッパの例のように、地域の市場に対応したデザインが求められる傾向にある。
- ② TSS手法の地域性を明らかにするには、各地域でどのような自然エネルギー利用手法が採用されているかを把握する必要がある。そこで、環境配慮のための手法を取り入れた日本と海外の住宅事例を広く収集するとともに、TSS手法の評価に有用なツールとし活用できるデータベースの枠組みを構築した。
- ③ TSS手法の評価プロトコルを提案した。本手法を用いれば、室内環境の質とともに、エネルギー消費量の観点から、地域性を有したTSS手法が適切に評価することが可能である。ここでは、居住者の環境調整行動を含めて評価するために、市場への環境意識を向上させるような情報を提供することが可能である。
- ④ 本研究にて着目したTSS手法は、サステナブル・コンセプトに見合う重要なキーワードである。現段階では、評価プロトコルの提案を行い、その有効性を示すに留まっているが、今後はデータベースの充実とともに、実際の設計活動に活用可能なデザインツールとなるよう継続して検討する必要がある。

<参考文献>

- 1) Nobuyuki Sunaga, Hideyuki Mineno, Keiko Muro and Hiroshi Yoshino: Database of Passive and Low Energy Houses and Analysis of Other Trends, Proceedings of the 14th International Conference on PLEA, pp.333-338, 1997.1
- 2) 長谷川兼一, 吉野 博, 絵内正道, 永村一雄, 澤地孝男, 須永修通, 山岸明浩; 環境に配慮して設計された住宅の熱環境性能とエネルギー消費量, 日本建築学会技術報告集 第14号, pp.161-164, 2001.12
- 3) Jan Remund and Stefan Kunz: METEONORM Ver5.0, 2003.4
- 4) 日本建築学会: 拡張アメダス気象データ, 丸善, 2000.1
- 5) 建築環境・省エネルギー機構: 環境共生住宅・認定事例集 1999-2000, 2000.10
- 6) 公共建築協会: グリーン庁舎計画指針および同解説(平成11年版), 2000.3
- 7) Viktor Dorer and Andreas Weber: Multizone Air Flow Model COMVEN-TRNSYS TRNSYS Type157 Documentation, 1997.5
- 8) 宇田川光弘: 標準問題の提案 住宅用標準問題, 日本建築学会環境工学委員会 第15回熱シンポジウム, pp.23-33, 1985.9
- 9) 空調調和衛生工学会 住宅の消費エネルギー計算法小委員会: 生活スケジュール自動生成プログラム SCHEDULE Ver.2.0 ユーザーガイド, 2000.3
- 10) 佐々木寛, 浦野良美, 山崎 均, 石井昭夫, 渡辺俊行, 林徹夫, 龍 有, 田中 聰: 住宅設計におけるパッシブクーリング性能予測, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.837-838, 1989.10

<研究協力者>

深澤たまき 首都大学東京 大学院博士課程
横田 歩 首都大学東京 大学院修士課程