

「木一人」の関係の 科学が求められる時代

スローガン

東京大学大学院
農学生命科学研究科 信田 聰

「木一人」の関係を科学する

大量消費に支えられた物質的な生活レベルの向上に向けられてきた我々の目は、我々自身の営みの結果発生した地球環境の悪化による人間やその他の生物の存続の危機が突きつける課題の解決へと向けられつつある。こうした時代背景があつて、木材や木材を用いる製品が再び受け入れられる土壤が育ちつつある。そして木材を利用した製品は「人にやさしい、地球にやさしい」という地球環境時代にふさわしいキャッチフレーズを持って様々なメディアで宣伝されるようになった。良いことである。しかし、言葉が先行している感もある。したがって、どのようにやさしいのか、というよ

うな「木一人の関係」を論じる段となると、しっかりした物差しが準備されていないため、話は雨散霧消してしまい、かえって木材のいい加減さを宣伝する結果となりかねない。

そこで重要なのは「木一人」の関係をしっかり科学することである。日本人にとって木はなぜいいの?という問いに明確な答えを準備することである。「木一人」の関係を科学することがますます必要となっている。

ここでは、「木一人」の関係を検討するという立場で行われた研究の紹介および、なにを研究開発していくべきかについて主に住宅関連を中心に私見を述べてみたい。

居住性と快適性

「木一人」の関係の科学は、例えば木材学会の居住性・住宅分野で研究が進められている。

居住性とは住宅に人が住んだときの住み心地に關係した住宅性能全般を意味する言葉であり、人間の感覺的な評価との關係を基礎にしているが、あくまで物の性能値であるため積極的には「良い」、「悪い」、「不快」、「快適」というような人の評価や判断が表には出てこない。

一方「快適性」という言葉は人が「快適に思うか」、「不快に感じるか」という判断がまず第一にあり、人の判断を積極的に前面に押し出す言葉である。

従来の居住性能値は快適性と運動した表現をあまりとっていない。



住宅室内の快適性を評価するためのPMV計測と官能検査風景

室内の快適性を評価する方法の一つにISO7730にあるPMVがある。これは、温度、湿度、風速、平均放射温度の温熱、4要素および人の着衣量、代謝量などから人体の熱収支を計算し、これと実際に人が感じる快適性の関係を対応させ快適方程式をつくり、これを解き、「寒い」から「暑い」までを±3の数値としての快適性を表すことができる。ここでは被試者に環境の快適性について同時にアンケートをしている。

たがって、ある性能値が人間にとてどうなのかという直感的な理解がし難い。

今後は、性能値を求めるに重点が置かれるのではなく、性能値と人間の評価の間の関係を探ることが重要に思われる。人間の評価は千差万別であるため、ばらつきが生じる。つまり、ある刺激に対して個々人の下す感覚判断は大きく異なり、快適値として一つの値を定めにくい性質がある。人間が下す評価のばらつきを排除して一元的なまとめ方をすると、あまり適正ではない基準になる。したがって、ばらつきを認めた上で合理的な基準の示し方を模索することが必要になる。例えば室内の温熱環境の快適性を評価する方法にPMV (Predicted Mean Vote)¹⁾ という指標がある。これはよく知られている不快指数などと似ているが、室内環境（温度、湿度、風速、放射温度）の測定値に加え、人間の状態（人間の着衣量、運動量）を含めて、人間の感覚的評価値として-3(寒い)～+3(暑い)までの数値で温熱的な快適さを計算する。その結果-0.5～+0.5の範囲を快適範囲としている。同時に、求められた数値について、それに同意できない人の割合(PPD (Predicted Percentages of Dissatisfied))が示される。このように人の状態を評価に組み込むためにはばらつきを含めた評価が必要になってくる。そのためには材料物性・住宅自体の諸性能と人間の行動や心理的、生理的反応評価との関連性を検討していくこと、

「木一人」の関係を科学することが必要になってくる。

「木一人」の関係の検討例

ベンチの利用観察による好まれる座板の評価

「木一人」の関係を探るという意味から行われた研究の一つである「ベンチの利用観察による好まれる座板の評価」^{2), 3)} を紹介してみよう。本研究は木材がよく使われる製品として円形ベンチを取り上げて、その座板に4種類の材質が異なる板を配置して、それらが季節別にどのように利用されるかを観察することを通して好まれる座板の評価を試みたものである。この評価を行う場合の物性値として大切な値は熱伝導率であるが、用いた4種類の材質の違う座板の熱伝導率は表1のようである。すなわち、木材は熱伝導率が低い（熱を伝えにくい）ので人が座ったときに冷たく感じない材料であるということが感覚的に推測できる。しかし

表1 ベンチ座板の熱伝導率²⁾

座 板	熱伝導率* (W/m°C)
ス テ ン レ ス 板	1.67
レ ッ ド ウ ッ ド	0.08
白 御 影 石	1.50
硬質発泡塩化ビニル板	0.07

注) *:JIS A 1412 比較法による測定値。



ベンチの座板の快適性を評価する実験風景

ベンチの座り心地の評価を行うために、円形ベンチに異なる座板を配して座ったときの官能検査と、人体から座面への熱損失を測定している（東京大学にて）。

快適性を考慮すると本当にそうであろうか、という疑問がある。表2は、用いた座板4種類の四季別の利用状況結果である。確かに木材の利用頻度は四季を通して多いことがわかった。また木材以外にも熱伝導率が低い合成樹脂板の頻度も高いことがわかる。

一方、石材は冬はあまり使用されないが、夏には利用頻度も高い。このように季節によっては利用頻度が異なり、木材の一人勝ちにはならない。座板としての使用頻度を観察した結果、木材は優秀な座板であることが検証されたが、それ以外にも季節（温度）により使用頻度が異なることが明らかであり、単に熱伝導率

表2 ベンチ座板別の四季別利用状況

座板種類	観察項目	使用状況				座板別年間計
		冬	春	夏	秋	
合成樹脂 (硬質塩ビ発泡材)	使用頻度(回)	31	70	35	36	172②
	総使用時間(分)	179	742	440	268	1629②
	使用時間(分/回)	6	11	13	7	10④
木材 (レッドウッド)	使用頻度(回)	42	59	34	47	182①
	総使用時間(分)	252	1145	426	399	2222①
	使用時間(分/回)	6	19	12	8	12①
金属 (ステンレス(SUS304))	使用頻度(回)	17	66	23	25	131④
	総使用時間(分)	106	1000	186	267	1559③
	使用時間(分/回)	6	15	8	11	12②
石材 (白御影石)	使用頻度(回)	19	42	36	39	136③
	総使用時間(分)	74	634	444	370	1552④
	使用時間(分/回)	4	15	12	10	11③
季節別計	使用頻度(回)	109④	237①	128③	147②	621
	総使用時間(分)	611④	3521①	1496②	1304③	6962
	使用時間(分/回)	6④	15①	12②	9③	11

注) 表中の①~④は季節別および座板別の使用状況の順位。

が低いから温かい材料であり良い、という一元的な推論による評価は深みがないことがわかる。

以上のように快適性という概念を導入すると、夏は石材もヒンヤリして快適であるという人間の評価が下される可能性があり、どのような条件の時に快適であるかという結論の出し方が重要となる。

住宅における「木一人」の関係

住宅関連について今後望まれる「木一人」の関係について検討すべき課題を述べてみたい。以下に述べることは表3にまとめて示した。

1 木材物性と人間の心理的・生理学的反応との関係の検討

木材が持つ熱、音、光、振動、臭気、色、触に対する物性が、人間の生理的・心理的な面にどのような影響を与えるのかを検討することである。居住性の物差しを開発するために重要である。

2 住宅室内の居住環境の評価

住宅室内の居住環境が人間にとて快適であるか、



2世帯同居住宅におけるエクステリアウッドの活用

都市部では狭小な敷地に3階建て住宅を建て親子世帯の同居が多くなる傾向がある。世帯間のコミュニケーションの確保や健康な住環境を確保するためにデッキなどのエクステリアウッドの活用が望まれている(株)一色建築設計事務所 梶山英幸氏提供)。

表3 居住性に関する研究課題

研 究 課 題	研究課題と関係するキーワード				
	健 康 快適性	高 齢 化 対 応 住 宅	多 世 帯 3 階 建 住 宅	エ ネ ル ギ ー 環 境 負 荷	住 ま い 方 ラ イ フ ス タ イ ル 環 境 共 生
快適性	木材物性と人間の心理・生理的反応関係	○			
	軸組構法住宅室内の居住環境評価	○	○		
	快適性見地からの居住環境の評価尺度の検討	○			○
材料	耐結露性の向上	○		○	○
	低ダニ性仕上げ材料（特に床）	○			○
	低VOC放散性材料開発	○			○
	すべり・転倒防止複合材料の開発	○	○	○	
	手すりなどの軸材料開発		○		
	感触の優れた材料開発	○	○		
	庭、屋上などのエクステリアウッド・緑化材料開発	○	○	○	○
	吸音材料の開発	○	○		
	木質系の断熱化	○		○	
	乾燥材使用の促進—低コスト乾燥技術	○	○	○	
構造	リサイクルによる木質材料開発			○	○
	軸組の断熱気密化の検討	○		○	○
	低ダニ性室内仕上げ方法の検討	○			○
	適正換気方法に関する構造的検討	○		○	○
	転倒防止仕様の検討	○	○	○	
	親世帯の居室環境に関する検討	○	○		○
	庭、屋上などの緑化計画	○	○	○	○
	モジュールの検討	○	○	○	
	多世帯向け間取りの検討	○	○	○	
	3階建て住宅における採光・通風計画	○	○	○	○
設備	重量衝撃音対策	○	○		
	開口部の遮音仕様の検討	○	○		
	パッシブソーラーシステムの検討	○		○	○
	冷暖房（床暖房）の検討	○	○	○	○
	低コスト換気システムの検討	○		○	○
	効率の良い熱交換システム検討			○	
	太陽電池による自家発電の検討			○	○
	安全管理システムの検討	○	○		○
	家庭での廃棄物（ゴミ）処理の検討			○	○
	ホームエレベータの検討	○	○	○	○

不快であるかを検討するには住宅の室内環境（居住環境因子が複雑に複合された空間）下での人間の快適性について、物理的、心理学的、生理学的な観点からのフィールドワークが必要であり、前述のPMVのような快適性を表す指標の提案が望まれる。

3 乾燥材使用の促進

居住性の視点からも乾燥材の使用は重要である。住宅で生じる不都合は未乾燥材使用による寸法変化が原因となるものが多い。すなわち、軸組構造躯体の収縮による透き間発生に伴う断熱性能低下、床梁、桁、根太の収縮によるきしみ、遮音性の低下、接合部の遊びによる振動性能の変化など建設後居住時に発生する問題が多い。また生材使用により、蒸発水分が住宅構造内で滞留することによる湿気、カビ、ダニ発生という健康に影響を与える問題もある。したがって住宅における構造部材への乾燥材使用と諸性能および人間の住み心地の変化の関係の把握は重要となる。

4 庭、屋上などへのエクステリアウッド、緑化材料の利用検討

住宅の敷地が狭く、庭が取れない都市部の住宅では、3階建て住宅が増える傾向にある。屋上やルーフバルコニーを利用した庭園、緑化、それらの環境評価が望まれる。また快適性、健康、省エネルギー、高齢者の住生活にとって重要な役割を演じるこれらの屋上、ルーフバルコニー等の緑化およびエクステリアウッド開発が望まれる。また構法として屋上、ルーフバルコニーをどのように取り入れるかが重要な課題となる。

5 内装仕上げ材料としての木材の活用

木材の吸放湿特性を活かし室内の湿度環境を快適に保つための内装仕上げ材料の開発およびビニルクロス代替材料の開発などが望まれる。

また、住宅の面材料としての木質材料の耐結露性の向上が望まれる。結露防止は居住者の住まい方、すなわち室内の湿度をあげないこと、換気を励行するなどと関連があるが、木材の持つ吸放湿特性を活かした耐結露性の向上を図った材料開発も望まれる。結露はカビ、ダニなどの発生を招き、健康に悪影響を及ぼすとともに、住宅の断熱性能低下によるエネルギー消費、耐久性の低下の原因となる。さらに耐結露性向上は断熱、防湿方法との関係が深いため断熱気密構造との関係で検討することが重要である。

6 すべり・転倒防止複合材料の開発

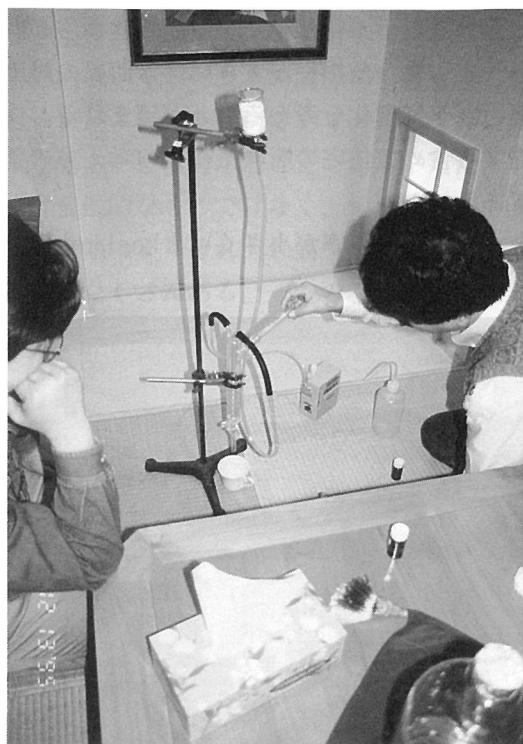
高齢者とくに70才以上の老人となれば家の中のいた

ところで転倒などによる事故を起こす可能性がある。転倒事故を防止し、安全で快適な生活を送るために階段や風呂場等における滑り防止、転倒防止に効果的な仕上げ材料、補助材料の開発が望まれる。またモジュールをはじめ住宅の構造的検討をする必要がある。また内装仕上げの段差の取り方をはじめとするバリアフリー構造について人間工学に基づく検討が望まれる。

7 重量床衝撃音・遮音・吸音対策

2世帯、3世帯が同居する場合は、各世帯の居住性、独立性、プライバシーを確保する上で重量床衝撃音を低減することが重要となる。そのための軸組構法住宅における構造的検討が望まれる。

また、住宅が林立する都市部では、自宅内、近隣世帯の生活騒音、車の往来などの外部騒音の問題が顕在化している。2世帯住宅においては個人のプライバシーの欲求など家族間における音問題もあり、音環境の快適性向上の見地から、防音、遮音のための窓、扉などの開口部の遮音性能の向上が望まれる。また音に関する積極的な遮音向上の観点からは、趣味の楽器演奏などのための防音設計室なども重要である。



住宅室内空気中のホルムアルデヒド測定のための空気サンプリング風景

健康な室内環境を目指すために室内空気環境の実体を把握する必要がある。最近のVOC問題に関連して室内のホルムアルデヒド濃度測定のために携帯型ポンプで空気を吸引してそれを水に通して分析用サンプルを得ている。

8 低ダニ性仕上げ材料の開発

高気密高断熱化住宅の発展に伴い、住み方を間違えると室内においてダニの発生が顕在化してアレルギーなど健康影響が懸念される。床材など内装仕上げ材料において低ダニ性の材料開発を進めることが望まれる。

9 低VOC放散性材料開発

ホルムアルデヒドの問題が現在話題となっているが、このほかにも揮発性の有機化学物質が様々な建材に利用されている。その健康影響が問題視されているが、有害と思われる化学薬剤の使用を抑えた木質建材の開発が望まれる。同時にこれらの物質の健康影響の検討もさらに明らかにしていくことが重要である。

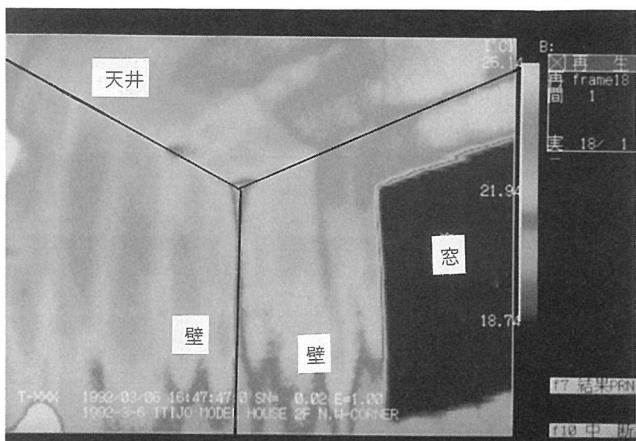
10 3階建て住宅における採光・通風計画

都市部では狭小地での3階建て住宅が増える傾向にある。2世帯住宅としての利用も考えると、隣地との境界が迫り、日照確保、通風確保など快適性、健康的な住宅とするには課題が多い。これらに関する構造的な検討が望まれる。木材の光反射特性と人間の感覚に関する検討も望まれる。

11 軸組の断熱気密化の検討

省エネルギー、快適性確保の観点から、例えば軸組構法におけるパネル化部材による断熱化構法の開発が考えられる。また熱損失が大きい透き間風の対策、開口部等の断熱気密化を考えることが望まれる。住まい方の提案も含めて住宅の断熱気密化の考え方の整理が必要である。

また木材は熱伝導率が小さく（1kcal/mh°C以下）



軸組在来構法住宅室内の上部隅角部のサーモグラフィー

赤外線カメラは壁内の間柱の熱橋の程度、断熱材の効果など見えない部分を非破壊で2次元的に測定することができる。住宅の断熱性能の検査や室内空間の温度環境を把握するのに威力を發揮する。

天然の断熱材である。この性質をさらに発展させ、また製造時のエネルギーを押さえ地球環境負荷低減を考慮した木質系断熱材の開発が望まれる。

12 多世帯向け間取りの検討

日本社会は今後ますます高齢化を迎える。また住宅や土地の価格はそれほど下がりそうにもない。したがって、世帯形態は2世帯、3世帯が同居あるいは隣居する形態が増える。このような世帯形態にふさわしい住宅構造、あるいは住まい方とは何か、など居住性面からの検討も望まれる。とくに親世帯と子供世帯との同居については、時代とともに変化するであろう世帯形態の変化に対応できる間取り・住宅構造の提案が望まれる。また各世帯の独立性を保ちながら、協力関係が保てる住宅のプランの提案がなされるべきであろう。

13 適性換気方法に関する構造的検討

健康に良い室内空気環境をつくるための適正換気量を確保するためにどのようにすればよいのか。換気については設備的な対処が必要であるが軸組構造自体の気密度（換気量）はどの程度とすべきか、またその構造はどうすればよいのかという検討も必要である。さらに換気に関する考え方は住まい方にも関連が深く、住まい方に関するしかるべき提言も望まれる。また、換気と省エネルギーは表裏一体の課題であるため、両者を有機的に確保する設備的な検討、気密構造的な解決も望まれる。これは材料仕様にも関連する複合的な課題である。換気システムとしては全熱交換を考慮し



住宅室内の自然換気回数の計測風景

気密性の高い住宅が望まれているが、高気密住宅では適正な換気量を確保することが健康的な住宅のためには不可欠である。ここでは、2×4工法の高気密住宅室内の自然換気量を「炭酸ガス法」で計測している。室外に置いた炭酸ガスボンベを用いて室内に炭酸ガスを送り込んで、その濃度減衰から換気量を計測している。

た省エネルギーに寄与するシステムが望まれている。

14 パッシブソーラーシステム等の検討

生活に必要なエネルギー源として化石資源への依存度を軽減し、地球環境負荷を低減するためにも省エネルギー化が必要である。また快適性の観点からも軸組構法住宅におけるパッシブソーラーシステムの導入を進めることが望まれる。並行して、住宅の断熱構造化が不可欠である。

また、太陽電池による自家発電は将来重要な設備となる。自分の家で使用するエネルギーは太陽エネルギーから得るという発想は、化石資源に頼るエネルギー使用を減らし地球環境負荷軽減に向いた発想であり今後ますます重要となる。現在、自家発電で余った余剰電力は売電することもできるが、地震などの天災に対しても電気の自給ができるることは、そのための備えにもつながる。パッシブソーラーシステムと並び今後ますます重要性が増す。

15 冷暖房（床暖房）の検討

健康的な住まい、高齢者対応、省エネルギーの各立場からとくに軸組構法住宅における床暖房設備、その他健康的な暖房・冷房設備および制御方式の開発が望まれる。すなわち、快適性を考えるとその制御方法については、外気環境が快いものであれば設備を停止して窓を開け、外気の風を入れるなどの制御を取り入れるというようなおおらかさがある制御方式、ソフトウエアがあつてもよい。

16 ホームエレクトロニクス

住宅の火災予防、盗難防止、また高齢者の安全確保、快適性向上のために、ホームエレクトロニクスによる安全管理システムの発展が望まれている。

また、高齢者対応、3階建て住宅における住まい方等、居住環境改善との関連で、ホームエレベータ、階段昇降機などの設備の検討が望まれる。都市部では建て替え需要により多世帯同居の3階建て住宅が増加すると思われるが、従来は親世帯は下階に、子世帯は上階と住み分けることが多かった、しかし上階ほど日当たりがよいことが多いため、環境が良い上階に老夫婦が住もうということも良い方法と思われる。ホームエレベータ等の導入により住み分けスタイルの自由度が広げられると可能となる。

17 快適性と住まい方

ただスイッチを押せば快適な環境が機械設備的に得られるという発想が本当に人間にとて快適な環境を

創出できるかといえば、そうではない。おなじく、大量消費は省エネルギー的ではなく地球環境に対する負荷が大きいことも言うまでもない。

人間の生活の中で、自らの体感による判断と快適性を得るために行動をとらせる範囲を著しくせばめることも重要である。そのため人が過大な苦労を強いられないで、自らがなしうる環境反応の範囲を示し、自らの行動による快適性確保の技についても検討すべきであろう。それでも足りない分については設備のお世話になるという考え方を取ることがよいと思われる。

おわりに

アメニティという言葉がある。原意は「しかるべきところにしかるべきものがある」という意味である。したがって、現在が、快適な秩序が保たれていた状態から逸脱した状態であるとすれば、それを復元（単に昔へ帰れというのではなく、新しい形で取り戻す）したいということがアメニティの向上ということになる。都市化による自然、緑の減少、地環規模の砂漠化や温暖化など、これらの現象はアメニティ（秩序）を失った状態である。「木一人」の関係を検討することは、まさしくアメニティとは何であり、どのように新しい形で取り戻すかを検討することである。ただ、アメニティとは普遍的なものではなく、地域、国家、人種、時代、その他によりそれぞれ異なってしかるべきである。答えはたくさんある。一つの答えを押しつけることなく、それぞれのアメニティを再興することが重要である。日本における「木一人」の関係の研究も、そのような立場で行われるべきであろう。

文 献

- 1) ISO 7730 : "Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort", (1984).
- 2) 信田 聰：森林文化研究, Vol.14, (Dec.) p.25-31 (1993).
- 3) 信田 聰：木材工業, Vol.52, (No.2) p.67-72 (1997).

第6回 のグランドフェア

～温もり、ふれあいを暮らしに～



～見て、触れてみよう～ 全国木のおもちゃ &パズル展

第5回北海道こども 木工作品コンクール ～木工作品&レリーフ～

大型木製遊具展

ウッド・サマー・フェスティバル ～親と子・木の夢ランド～ 8月9日(土)・10日(日)



- 木工教室 (バーデテーブル製作)
- 北海道こども木工作品コンクール & 北海道親子日曜大工教室コンクール 表彰式
- 林産試験場 一般公開
- 木つ端市、地場産品の即売など

とき 7月26日(土)～8月24日(日)
AM 9:00～PM 5:00

ところ 北海道立林産試験場内
『木と暮らしの情報館』

木と暮らしに活かす集い

■木質系建材展

－ 体にやさしい建材紹介－

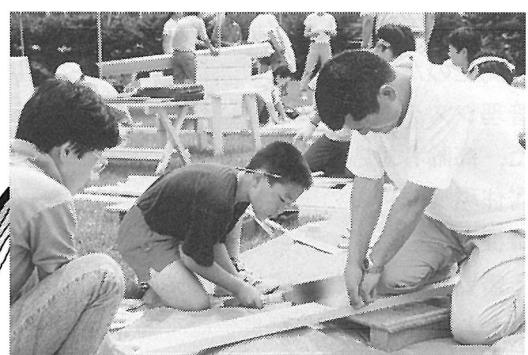
■木造住宅建材相談室

■講演会

『木を使った家づくり』

－快適に暮らすために－

7月26日(土) PM



第2回 北海道親子 日曜大工教室 (コンクール)

とき 7/27(土)・28(日)
8/1(金)・2(土)・3(日)