

寝具の性能評価と性能表示

要旨：寝具の性能の重要なものには、保温性、弾力性、吸放湿性、重量、なじみ性、耐久性等である。これらの性能評価方法と性能表示方法の概要を述べる。

1. はじめに

睡眠環境の構成要素には、熱、光、音、振動、空気の質などがあるが、布団等の寝具はこの内の熱について適正な身体周囲環境を形成する役割を担うものである。一般には夜間の外気の寒さを住居、寝具で遮断して適正な睡眠環境を形成しないと良好な睡眠は得られない。

睡眠時の体温調節を考えると、体内温は夜間の睡眠では日内リズムに従って、朝方に向かって低下し、代謝量も低下する。その反面、末梢血管は拡張し、手足の皮膚温は上昇する。一方、寝室内の環境は、地域、季節により異なっているが、一般には一様ではなく指数関数的に低下していく。従って、人体から発生し寝具を通して室内に放散される熱は、人体の変化と室温の変化の相対関係により、かなり複雑な時間経過をとって変化している。寝具に要求される保温性能は、寝室環境に応じたそれぞれの値が必要となってくるし、習慣、個人差、性差、年齢差等によっても修飾され、そして、時間経過に伴っても変化している。

ここで、適正な身体周囲環境は何かということが問題

になり、十分には判明していないが、一般には脳および身体の疲れを十分に回復することの出来る「よいねむり」を保証する身体周囲環境であると考えられる。これらの課題の解明には睡眠時の体温調節および疲労の本態がよく判らなければならない。

寝具の吸湿性と放湿性は就寝時の快適性、寝心地に影響を及ぼす。皮膚から蒸散した水分は一部は寝具に吸収され、一部は寝具を透過して周囲の環境へ放散されていく。寝具の吸湿性や透湿性が悪いと、皮膚近傍の空気の湿度が高くなり、皮膚から出た汗は蒸発しないでそのまま皮膚に止まるか、寝具に水滴のまままで吸収されてしまう。こうなると汗の体温調節の操作機能に支障をきたし、寝苦しくなる。実際の就寝時には、この水分の物質移動は熱移動を伴って起きており、吸湿、放湿と熱移動が複合した毎日繰り返される周期的現象である。

睡眠中には体内の血液循環などのため、寝返りを打っている。適正な寝返りを打てないと極端な場合には褥瘡ができる。局所的な皮膚の圧迫を和らげるのに寝具がふっくらしていることは必要であるが、弾力性が適当でないと寝返りのために必要以上のエネルギーを要してしまう。また、このような睡眠中の動きのために、寝具には適度なドレープ性が必要となる。

こうして見ると寝具に要求される性能の項目はかな

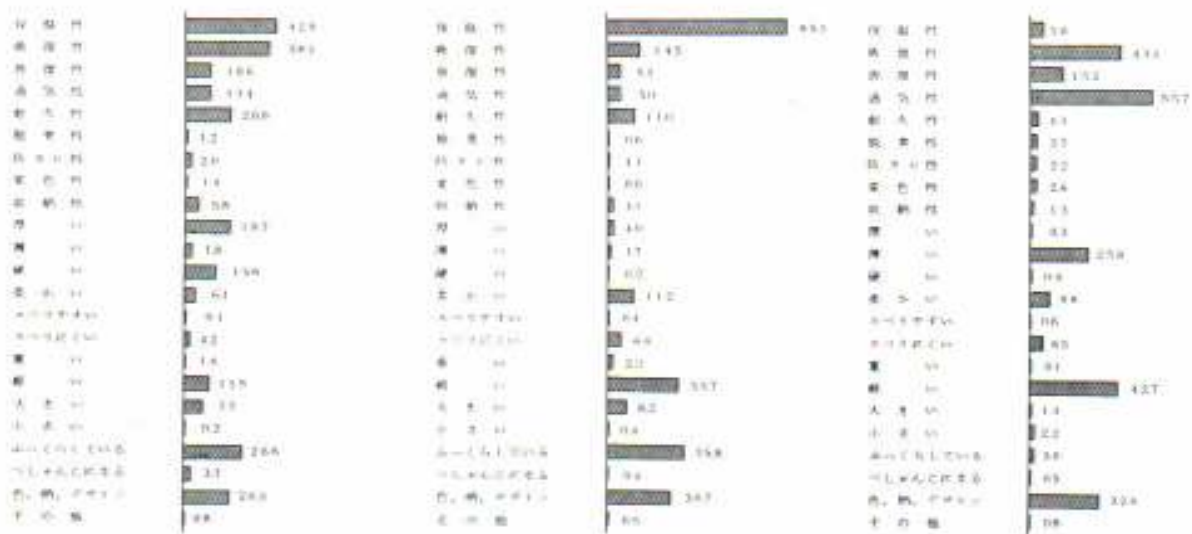


図1 布団購入上の重視点 左から敷きふとん、冬掛けふとん、夏掛けふとん (寝具についての消費者アンケート調査報告書, 全日経, 1984)

り多く、そして微妙で複雑である。寝具の性能の重要なものをあげると保温性、弾力性、吸放湿性、重量、なじみ性、耐久性等であり、これらの寝具の性能はふとん、毛布などを含めた寝具全体で検討されなければならない。

上述のような多くの困難性を認識しながら、ふとんに要求される性能を明らかにし、試験方法を確立していかなければならない。

問題は、これまでに述べた性能のほとんどが、評価方法もなく測定もされていないことである。表示もされていないから消費者は寝具の見かけの色柄、デザインと充填物の記載程度に頼って選ぶしかない。品質の良い製品を普及させていくためには、「性能の評価と表示」をして、消費者自身で総合判断できるようにしていくことが必要である。布団のように内容物を広げてみることの出来ない製品は、性能の表示が特に重要である。

「夜の生活」の重要な寝具、寝室について、科学的に性能を解明し、データに基づいて製造し、性能を表示して販売することが大切であり、寝具関連産業の近代化が必要である。性能が不明のまま流通している現在の社会機構を変革していかないと、かつては貴重品であった「ふとん」が、低価格競争一途に転落し、安かろう悪かろうの最悪の事態になる。

2. 研究の経緯

古くは室町時代に始まったといわれる「ふとん」が、何らその性能について論じられることなく受けつがれてきた。この様な状況を打開するため昭和58年度に、工業技術院の「ふとんの規格体系調査委員会」が全日本わた寝装品製造協同組合を事務局として発足した。この委員会では、従来のような「中わた」の標準化のみでなく、「ふとん完成品」として、人間の生理的・心理的特性との関連で評価すべきであるとの結論に達した。

そこで、「寝具」に要求される性能を抽出するための全国アンケート調査を実施した。調査は、一般の家庭主婦に対する面談方式で、北海道から九州までの4,200世帯を調査対象としたものである。調査結果は多岐にわたっているが、性能の要求度の高い順に記載すると、冬掛ふとんでは、保温性、弾力性、重量、吸放湿性、なじみ性、冬敷ふとんでは、保温性、吸放湿性、弾力性、耐久性、となった。

横浜国大温熱研究班では、このアンケート調査結果の優先度の高い順に、ふとんの性能評価の方法を開発してきた。これまでに、①保温性試験機、②弾力性試験機、③前処理用ふとん乾燥器、④形状測定器、⑤水分移動特性試験機、⑥疲労試験機を完成させ、「ふとんの性能表示方法」を提案し、「ふとんの総合的な性能評価方法」として体系化を進めてきた。

ふとんの保温性等の至適値は、寝室の温度、湿度など

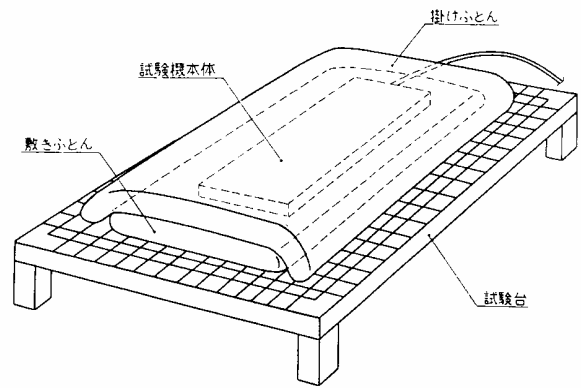


図2 保温性試験機

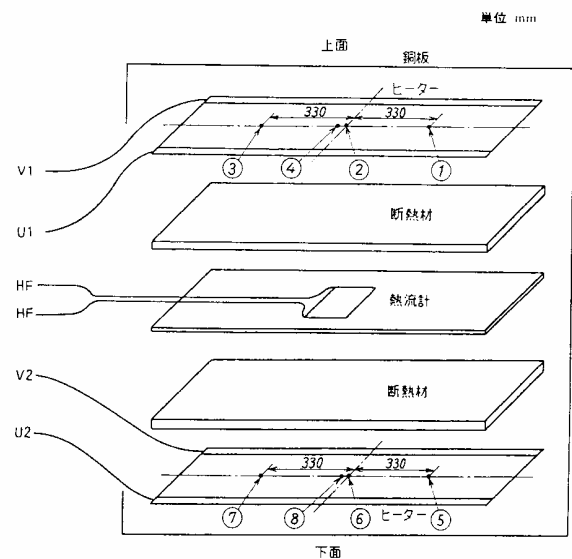


図3 保温性試験機本体

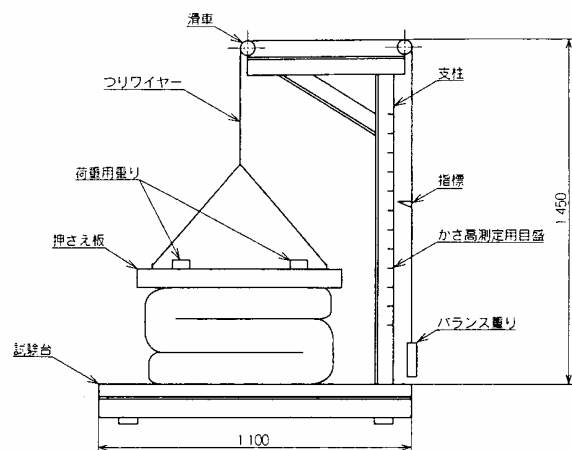


図4 弾力性試験機

の室内環境条件に依存する。快適な睡眠環境と寝具の性能との関連に関して、人工気候室において睡眠実験を行い、体温調節、睡眠脳波などの睡眠時の生理、寝具内の温湿度環境、寝室内環境を測定してきた。

実際の住宅における寝室環境は、実験室での条件と異なり、一定ではなく季節、地域、住宅の構造、暖冷

房の有無などによって大きく変動する。解析が困難な場合が多いが、実態を知ることによって、条件を設定した実験室実験では知り得ない多くの事柄が判明してくる。実態をよく把握しなければならない。本格的な寝室環境の実態調査研究を実施する必要がある。全日本わた寝装品製造協同組合の会員等の方々との協力により寝室環境の測定調査を春期、夏期、秋期、冬季に全国規模で実施した。また東京電力の協力により高齢者の寝室環境の測定調査を沖縄から北海道まで全国規模で実施した。

そして、睡眠時の人体の体温、寝床内環境、寝室内環境、屋外気候を総合的に把握する睡眠環境の総合調査方法を確立し、その表現方法を提示してきた。

ふとんの性能は使用の経過に伴って劣化する。このふとんの耐久性の本格的な調査研究のために、各種のふとんを実際の生活で使用して、性能の劣化を調査する「ふとんの耐久性の実用調査」をふとん業界の協力を得て実施した。

これらの結果から、日本睡眠環境学会の寝具性能評価基準委員会で、「ふとんの性能の評価基準」を作成して、「ふとんの性能表示方法」を作成した。また、これらのふとん等の寝具の性能試験と評価を行い、性能表示の認定等を実施していく機関が必要であり、「睡眠環境研究センター」を設立した。

ふとんの性能評価の研究を開始してから、長い年月を要したが、ようやく纏まった。

本報告は、日本睡眠環境学会、全日本寝具寝装品協会からの依頼で、横浜国立大学で行ってきたふとんの性能評価に関する研究の概要である。

3. ふとんの性能評価方法

3.1 保温性

一般の衣服と同様にふとんの保温性試験方法には、①人体による着用試験による方法、②発熱体による恒温法、③冷却法、が考えられる。

3.1.1 着用試験

着用試験による方法は、寝具を使用中の被験者の各部皮膚温、代謝量、発汗量、寝具各層の温度分布、寝室内温度分布等を測定して、寝具の保温性を求めるものである。各項目の測定、特に発汗量の測定法と取扱いが煩雑であるが、寝具の保温性を求める場合には、発汗を生起させない低温環境にして行うと良い。また、必ずしも入眠させないで覚醒状態で行うことにより、姿勢や寝返りの影響などをみることも可能である。しかし、代謝産熱の放散量を上下の方向別に測定出来ないため、寝具全体の保温性としてしか求められない。

3.1.2 冷却法

冷却法は、温めた物体をふとんに入れて冷却過程を測定することにより、ふとんの保温性を求めようとするも

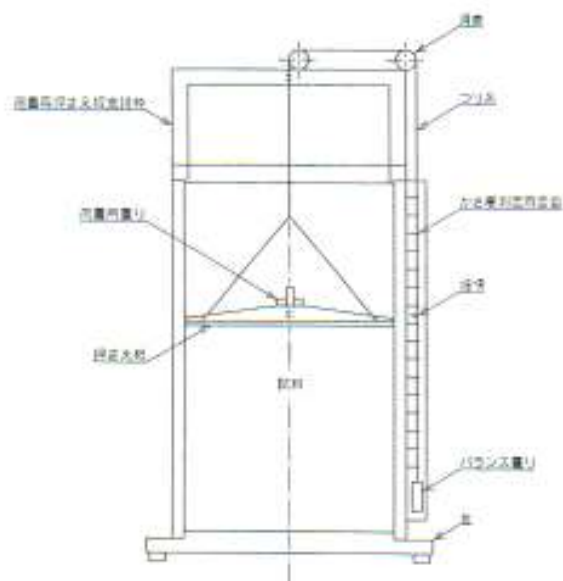


図5 素材の弾力性試験機



図6 ふとんの弾力性

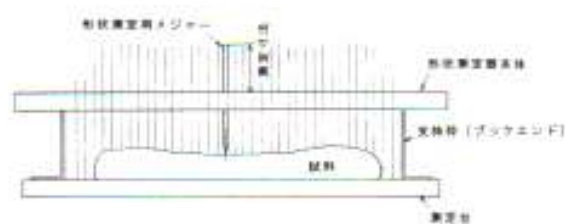


図7 ふとんの形状測定器

ので、比較的安価に製作出来る利点がある。平板状にした場合は上面、下面に熱流計を組み込むことにより、掛けふとん、敷きふとんを別々に測定することが出来る。試験機の熱容量に比較してふとんが厚過ぎると、ふとんを通過した熱量より、ふとんに蓄積した量が多くなり、熱遮断能としての測定精度は極度に落ちる。

3.1.3 恒温法

冷却法の欠点を補うために発熱体を組み込んで、表面温度を一定温度に制御して、供給熱量から求めるものである。

3.1.4 ふとん保温性試験機

試験の精度を上げるために、上下別々に発熱体を設け、内部での移動量を熱流計を設置して測定して補正することにした。発熱体はシート状カーボンヒーターとし、表面に 0.1 m/m の銅板を張り黒体化塗料を塗ってある。表面温度制御用のセンサーおよび安全装置のセンサーは銅板の下面に封入して、制御装置は温度変動を小さくするために、PID 調節器を用いている。形状については、人体に近いものがよいが、取扱いの容易さ、価格等を考慮して普及型として平板状とした。

この試験機は、①上下別に同時に測定できる、②寝具の積層材料（ふとん、毛布など）ごとに保温性を求められる、③本体に熱容量の小さい材料を用いているため比較的速く測定できる、などの利点がある。

この保温性試験機により、保温性と充填物の材質、充填量との関係、保温性に及ぼすふとん側の影響、敷きふとんの保温性の荷重による影響、ふとんに含まれる水分率による影響などを測定してきた。

この保温性試験機は、日本工業規格（JIS）として発効している。

3.2 弾力性

3.2.1 ふとんの弾力性

アンケート調査の結果によれば「ふっくらしていること」の要求度が高い。これはいいかえれば、保温性が長期間保持されていること、いわゆる、せんべいふとんになりにくいことを要求しているとみることが出来る。

3.2.2 ふとん完成品の弾力性試験機

ふとんを三つ折りまたは四つ折りとして、軽く変形しない押さえ板（100mm 厚さの発砲スチロール板等）をのせて、重錘を加重して、圧縮荷重と寸法（嵩高）の関係を求める。30Kg 程度迄加重して、その後、減重して回復の過程を測定する。摩擦抵抗の少ない滑車を用いて、押さえ板と釣り合わせて、加重ゼロから測定することが出来るようにした。

3.2.3 羽毛（素材）の弾力性試験機

羽毛のかさ高試験（JIS-L1903）では、実際の使用状態より大きな圧縮荷重を掛けて測定するため、素材品質の比較はできるが、使用時の性能いわゆる消費性能に連結させるには不十分である。そこで、羽毛（素材）の弾力性の測定装置を作成した。

測定方法は、重量を極力軽減した押さえ板（13g）と一定重量の重錘（14g 10 枚）を準備し、内径 29cm の円筒容器に 30g の羽毛（素材）を自然落下させて投入した後、押さえ板を乗せ、重錘を一枚ずつ加重して、圧縮荷重と寸法（嵩高）の関係を求める。回復の過程も同様に測定する。この際、摩擦抵抗の少ない滑車を用いて、押さえ板と釣り合わせて、加重ゼロから測定することが出来る

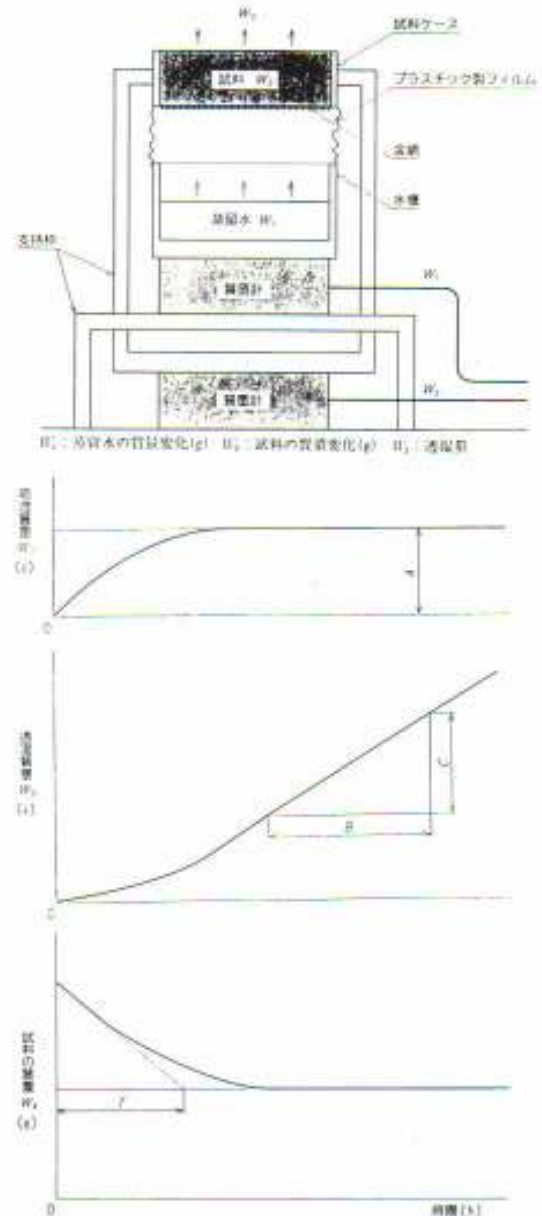


図8 ふとんの水分移動特性（上から、水分移動特性試験機、吸湿性、透湿性、放湿性）

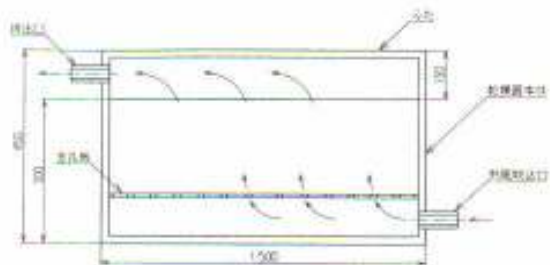


図9 ふとんの加湿乾燥機

ようにした。

これらの弾力性試験方法は、日本工業規格（JIS）として発効している。

3.2.4 繊維集合体の特殊な弾力特性

ふとん完成品の測定結果によると、荷重を片対数目盛りで表すと、かさ高と荷重の関係が直線になる範囲の存在することが判明した。羽毛素材が異なっても、また綿、羊毛、合繊等の素材でも、同様な弾力特性を示す。素材での弾力特性も同様な結果になった。

一般のバネ材では、荷重と寸法は単純な比例関係になり比例定数をバネ定数と称しているが、これとは基本的に異なった特性を示す。この特殊な弾力特性は、繊維集合体の一般的な特徴と見られ、ファイバー単体の弾力性とファイバー間の摩擦によるものと考えられる。

このかさ高と荷重の関係が直線になる範囲を「繊維集合体の弾性範囲」と称することにする。敷きふとんでは、この範囲が重要であり、この範囲をはみ出して用いると、「床付き感」を生ずることになる。敷きふとんは、この弾性範囲内で使用することが望ましい。

3.3 ふとん完成品の形状測定器

水平に置いた板の上にふとん完成品を広げてのせ、ふとんの横方向を約30mm間隔で板とふとん表面の距離（嵩高）を、接触針で測定してふとん表面の形状を描く。ふとんのまち（棧立て）の位置等でふとん下面が板より浮いて間隙が出来るような場合は、両面テープでふとん下面を板に張りつけて測定する。ふとん全体の形状を測定したい場合は、これを縦方向に移動させて測定する。

3.4 水分移動特性

3.4.1 ふとんの吸湿性、放湿性、透湿性

ふとんの吸湿性と放湿性は就寝時の快適性、寝心地に影響を及ぼすと見られている。睡眠中の人体からは一晩に100CC程度の水分が放出されている。皮膚から蒸散した水分は一部はふとんに吸収され、一部はふとんを透過して周囲の環境へ放散されていく。ふとんの吸湿性や透湿性（ふとんを通しての水分の透過性をいう）が変わると、皮膚近傍の空気の湿度が高くなり、皮膚から出た汗は蒸発しないでそのまま皮膚に止まるか、ふとんに水滴のまま吸収されてしまう。こうなると汗の体温調節の操作機能に支障をきたし、寝苦しくなる。

ふとんに溜まった水分は一般には、自然またはより効果的な日干し、乾燥機などによって放散される。しかし、室内の湿度が高い季節などでは、ふとんが体温により温められるため就寝中に乾燥し、昼間に吸湿する逆の場合も実測されている。

ふとんの性能としては、このように吸湿性、放湿性、透湿性について考えていく必要があり、静特性（定常特性）ばかりではなく、時間経過を知るために動特性を把握する必要がある。

実際の就寝時には、この水分の物質移動は前記のように熱移動を伴って起きており、吸湿、放湿、透湿が複合

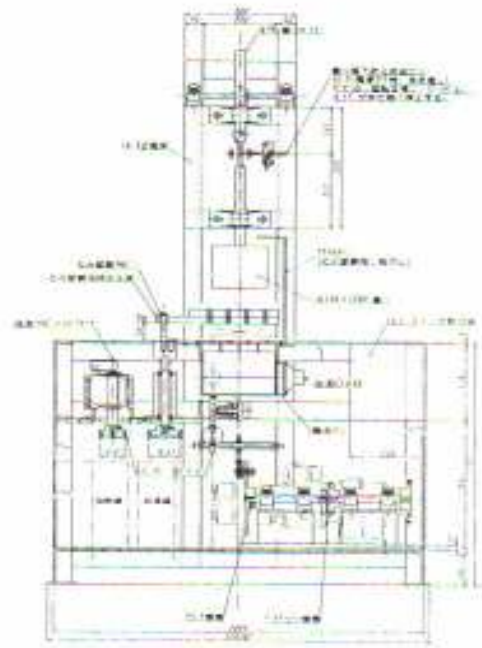


図10 ふとんの耐久性試験機

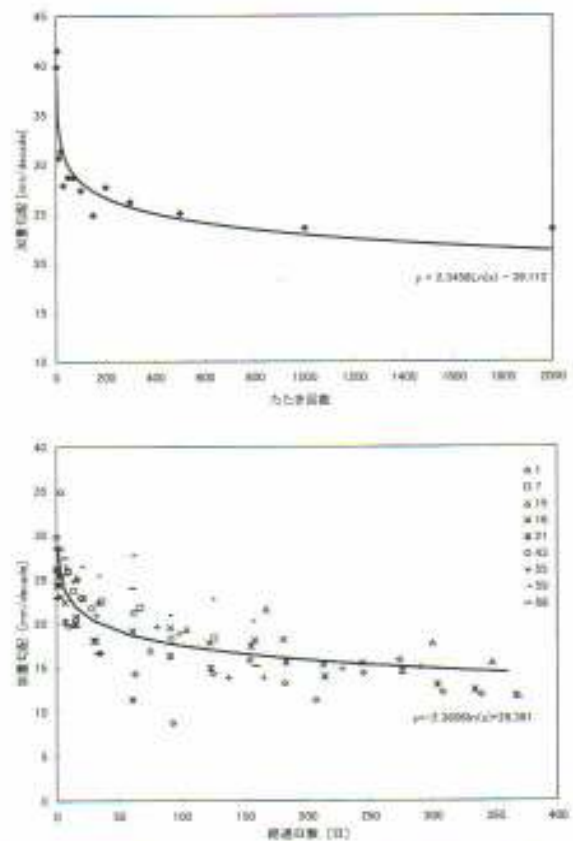


図11 耐久性試験機の結果（上）と実用調査の結果（下）

した毎日繰り返される周期的現象である。吸湿性、放湿性、透湿性の評価方法を確立しなければならない。

3.4.2 ふとんの水分移動特性

ふとん充填材料には、材料毎に固有の飽和水分率があり、この範囲内で睡眠中の人体あるいは周囲の空気から水分を吸収し、日干し等によって水分を放散して

いる。また、睡眠中は人体から移動、放散した水分はふとんを透過して、寝室内の空气中に放散する。①水分の保有容量である飽和水分率は完全乾燥状態（絶乾状態）と標準状態の試験室内での平衡状態の重量差から求めることができる。②吸湿性、放湿性の移動特性は絶乾状態から平衡状態へ移行する過程、あるいは平衡状態から絶乾状態へ移行する過程を調べることによって求めることができる。しかし、この移行過程は、このときのふとんの形状、表面状態によっても大きく変わるので、試験方法の標準化が必要である。③透湿性は、寝床内部と寝室内の湿度差によって、ふとんを透過して移行する量を測定することによって求めることができる。

ふとんの水分移動特性の試験方法として、吸湿性、放湿性、透湿性のどの特性を重視するか、全部か、あるいは混合した試験方法を用いるか、基本的な検討を必要とする。透湿性の試験方法としては、一定水分量を寝床内部に供給して寝床内部と寝室内の湿度差から透湿速度を求める方法、寝床内部の湿度を一定に制御して結果として供給される水分量から透湿速度を求める方法がある。

3.4.3 水分移動特性試験機

開発した試験機は、2台の精密な重量計を用い、試験材料に供給される水分と、試験材料に吸収される水分とに分けて測定する方法を用いた。吸湿性、透湿性、放湿性をそれぞれ個別に測定出来る。ふとんの水分移動特性の試験方法は、JISとして発効している。

3.5 ふとん加湿乾燥器

ふとんの吸・放湿性を調べるためには、ふとんの水分率を調整できるようにしなければならない。

そこで、ふとんに含まれる水分を比較的簡単に加減できる「ふとん加湿乾燥器」を製作した。ふとんの性能は含まれている水分による影響を受ける。

3.6 ふとんの耐久性試験方法

3.6.1 耐久性

ふとんの保温性、弾力性、水分移動特性などの基本的な性能は、ふとんを作成した初期のみではなく一定期間は保有されなければならない。「ふっくらしていること」いわゆる「せんべいぶとんになりにくいこと」が使用者から要求されている。この当然の消費者からの質問に対して、従来は性能劣化の評価方法もなく耐用年数の調査もされて来なかったため、ふとんメーカーは答えることが出来ていない。

また、「性能劣化の見極め」がつけられないため、実際には殆ど使用しないふとんを、押入れなどに仕舞い込み、ただでさえ狭い住宅事情を悪化させている。いわゆる「賞味期限」、適正な使用の判断基準を示していく必要がある。「ふとんの廃棄およびリサイクル」の基本計画はふとん

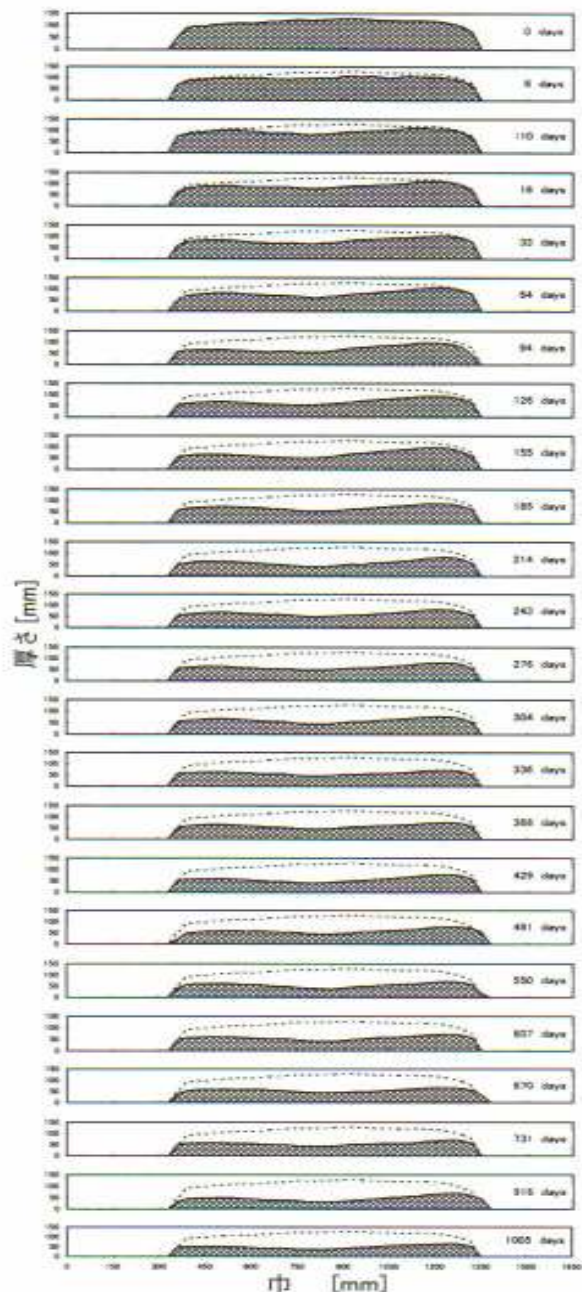


図12 ふとんの形状の経時変化
(中央部、試料 綿)

の劣化のデータなしには成立しない。

3.6.2 ふとんの疲労試験機

耐久性の試験方法は、新しいふとんについて弾力性などの初期性能を測定し、疲労試験機にかけて疲労させた後の性能を測定して、この間の性能の劣化をもって評価することにした。

ふとんに与える疲労は、実際の使用状態を考慮して、「加熱乾燥」と「加湿」を繰り返しながら、「繰り返して圧縮加重」と「揉み」を負荷させる。試料の大きさを20×20cmと小さくしたため、1号機に比較して小型になり、取り扱いも容易になった。この疲労試験機で「揉み」の効果が著しく大きいことがわかった。ふとんの耐久性や性能劣化の過程は、実際の使用による

実用調査を実施しないと判らない。このような状況から、プロジェクト「ふとんの耐久性の実用調査」を寝具業界と協力して実施した。

この疲労試験機での結果と「ふとんの耐久性の実用調査」の結果と対応させることによって、試験回数と耐用年数との関係が求まる。この関係から疲労試験で得られたデータから「ふとんの耐用年数」を予測することが可能になった。

実際の睡眠時を考慮して、たたき、揉み、加熱乾燥、加湿を経時的に加える「複合試験法」と簡便法としての「たたき試験法」を策定した。

図15は、「ふとんの耐久性の実用調査」の結果の一部であり、ふとんは使用初期に大きく劣化する。嵩高が6ヶ月で50%、1年で30%に劣化するものもあった。消費者が、初期の見かけだけで粗悪品を掴まされる顕著な例であろう。

3.7 寝具の積層、重さとなじみ性

一般にふとんは毛布等と積層して使用する。消費者がふとんや毛布を選ぶ場合、毛布なら毛布だけでよし悪しを判断していることが多いようである。

本当はふとんや毛布を積層したときの特性を考えるとよい。積層したときの特性を考慮することによって、例えば毛布はしっかりした地の厚いものより薄手のものにして、その重量分はふとんの嵩高を増やすことにするほうが良いことがよく理解される。同じ保温性とするなら軽い積層寝具とすることができるし、同じ重さならより高い保温性の積層寝具とすることができる。

毛布はふとんのなじみ性等を補佐する緩衝材としての役割を担っていると考えられる。ふとん自身もなじみ性は必要であり、「ふとんのドレープ性の測定方法」として一般の布地のドレープ性の試験方法と同様に、30φ×100cmの円筒にふとんを被せて、出来る襞の数で評価する方法とした。

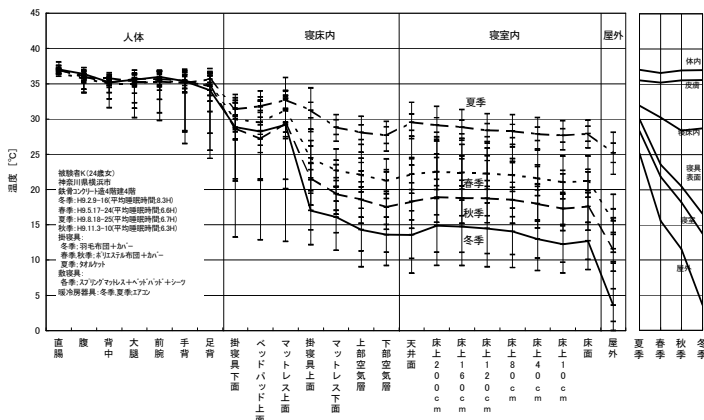


図13 睡眠環境実態図 (季節変化)

ふとん性能表示								日本睡眠環境学会	
	小				大				
	1	2	3	4	5	6	7		
保温性									
弾力性									
吸湿性									
軽さ									
耐久性									

保温性 7.8clo
 弾力性 110mm/decade
 吸湿性 6.3g/m²
 軽さ 4.2kg
 耐久性 26%/年

品名 ○○
 側地サイズ 145×200cm
 表地 綿100%
 裏地 綿100%
 詰め物 ○○100%
 製造者 日本○○(株)
 表示No. 第45-9998号 TEL 123-4567-9988

図14 ふとんの性能表示 (2003)

4. ふとんの性能表示

	小				大			
	1	2	3	4	5	6	7	
保温性 [clo]	1.5未満	1.5以上 3.0未満	3.0以上 4.5未満	4.5以上 6.0未満	6.0以上 7.5未満	7.5以上 9.0未満	9.0以上	
弾力性 [mm/decade]	10未満	10以上 20未満	20以上 30未満	30以上 40未満	40以上 50未満	50以上 60未満	60以上	
吸湿性 [g/m ²]	20未満	20以上 40未満	40以上 60未満	60以上 80未満	80以上 100未満	100以上 120未満	120以上	
軽さ [kg]	6以上	5以上 6未満	4以上 5未満	3以上 4未満	2以上 3未満	1以上 2未満	1未満	
耐久性 [%/年]	20未満	20以上 35未満	35以上 50未満	50以上 65未満	65以上 80未満	80以上 95未満	95以上	

図15 性能評価基準 (2003)

ふとんの性能には、この他に収納性、防炎性、色柄、デザイン等があり、消費者にとって価格も重要な購入時の判断項目である。

問題点はこれまでに述べた性能のほとんどが、測定されていないことである。表示もされていないから消費者は側地の色柄、デザインと充填物の記載程度に頼って選ぶしかない。本当に品質の良い製品を普及させるためには、『性能の評価と表示』をして、消費者自身で総合判断できるようにしていくことであろう。総合判断は画一的にする必要はなく、どの項目を重視するかは消費者個人の個性に任せるがよい。メーカーがそれぞれの性能を明示することが重要である。

住宅とりわけ寝室は人の生活の「睡眠による疲労回復」の場である。「夜の生活」の重要な寝具、寝室について、科学的に性能を解明し、データに基づいて製造、販売することが大切である。図14、図15は、ふとんの性能評価基準値と表示方法である。

5. あとがき

ふとんの性能の測定方法と表示方法を述べた。消費者に提供する製品の性能を測定し、表示して販売することが望ましい。

(文責 川島美勝)

