

徳島すぎ活用読本

はじめに

この冊子は、林業改良指導員が木材について基礎知識を得ることを目的として作成されたものです。

林業・木材産業において、川上の素材生産から川下の製品流通に至るまで、一貫した普及指導を実践するためには幅広い情報や技術が必要とされます。このため、木材の性質から環境問題まで幅広くとりあげました。構成は木材の基本的な知識を学ぶ基礎編、葉枯らし乾燥技術や人工乾燥、強度試験の概要を学ぶ技術編に加え、情報編として環境問題と木材の関わりを掲載しています。さらに、実践編として国産材需要開発センターを利用して出来る簡単な試験方法を解説しました。実際に自分で実験をすることで、木材に対して理解が深まることを期待しています。

なお、昨年末に徳島新聞に掲載された、いきいき技術「県の OUR 研究」の中から木材に関わる記事を再録していますので、勉強の合間にお読み下さい。

また、本書はいつも携行でき親しみやすいようにコンパクトなサイズとしています。普及職員だけでなく、木材関連企業の新人教育のテキストとしても使っていただきたいと考えています。そしてこの発刊をきっかけにし、少しでも多くの方々が木材に興味を持ち、その名のとおり徳島すぎの活用が図られれば幸甚です。

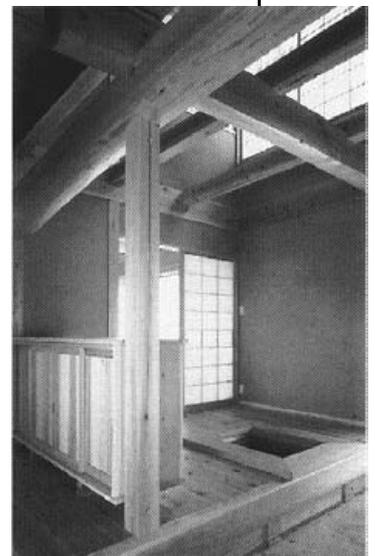
最後に、発刊にあたってご協力願った徳島県林業総合技術センターの佐藤尚史所長はじめ研究員の方々にお礼申し上げます。

平成11年 3 月

徳島県林業振興課長 西 又 文 喜

第1章 基礎編

木材の基礎知識



ききき技術

……県のOUR研究……

＝76＝

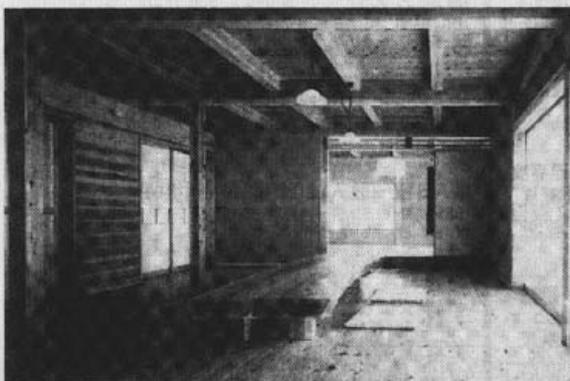
「家のつくりようは夏を旨とすべし」とは兼好法師の言葉ですが、昔から日本人は夏の高温、多湿の風土に適応した家づくりを行ってきました。伝統的な日本の住まいは通気性を重視し、自然の風をたくみに利用した工夫が随所にみられます。

徳島スキの利用開発

快適な住空間を追求

が、冷暖房などの発達により住宅が高気密化してきました。柱を壁に押し込めたこのような住宅では、壁内で結露やカビが発生し、ダニが繁殖しやすくなります。さらに換気量が不足すると、建材などからいわゆる揮発性有機化合物(VOC)が放散し、室内空気を汚染します。

当センターでは、県内の林業者と共同で、スキを生かした木造住宅の性能評価を行い、快適な住空間を追求しています。



徳島スキを生かした住空間—那賀郡那賀川町のモデルハウス

ています。ここでは快適性評価のため、年間を通じた各部屋の温湿度の変化などの測定を行っています。実験室の内装面にスキとビニールクロスを張って、室内の湿度変化を比べると、スキではその変動幅が小さく、湿度が一定に保たれる様子がわかります。湿度が高くなれば水分を吸収し、湿度が低くなれば水分を放出するという、木の湿度コントロール機能は、さながら天然のエアコンのよう

です。また、羽ノ浦町のモデルハウスでは、スキの厚板(三杉)で屋根、床、壁を構成し、調湿性や断熱性を生かした家づくりの提案を行っています。木は断熱性に優れ、スキではコンクリートの十二分の一、鉄の四百八十分の一しか熱を伝えません。スキ厚板の断熱性能は、市販の断熱材と比べても優れていることが実験でも確かめられています。

本来、家づくりは地域の風土に根ざしたものです。土地の気候や木材に熟知した大工技術によって建てられた木造住宅が、ヒトに優しいことに私たちはやっと気づき始めました。その快適性を数値化し、皆さんに分かりやすく伝えられればと考えています。(具林業総合技術センター木材利用科 長 網田克明)

1 木材流通の現状と変化

徳島県の木材産業の歴史

本県においては、豊富な木材資源を背景に古くから木材産業が発達してきた。藩政時代には木頭地域から伐採された材が那賀川河口で建築材や造船材に加工され、大阪の間屋で販売された。明治24年頃那賀川流域で最初の製材が設立された後、大正時代に製材業が発達し、紆余曲折を経ながら、戦後、杉の薄板生産で阪神市場の下見板・へい廻り板の8割を供給するまでになる。これにより那賀川材の名は一気に広まった。

一方、吉野川流域では藩政初期から土佐材の流送により、河口の徳島市場や木材加工業が発達した。そして明治期に入ると吉野川の流送に加え銅山川流送により三好郡の製材が発達した。明治30年代には徳島市周辺の家具木工業が発達したほか、明治20年頃からの関西の紡績木管需要に対応し県内の素材生産が高まった。戦後には徳島市に3製品市場が開設され、建材需要に応じ木材小売商が増加した。

こうした中で昭和40年代から急増した外材輸入に対応し、那賀川河口の製材業者の多くは外材挽きに転換する。昭和45年から48年には徳島市津田に木材工業団地が造成され、11組合130企業が進出した。

一方、国産材製材は昭和50年代の半ばに、那賀川流域と神山町の製材企業の一部が連合して、スギ割柱と造作材を九州に出荷する体制（約30社）を整えたほか、那賀川上流域と吉野川流域の製材が連合して、それまでのスギ並物建築材や土木用材挽きからスギ足場板を主に関西市場に販売する木材産地を形成した。

木材流通の現状と変化

製材業では建築用材を中心に年間700,000m³前後の製品が近畿を中心に出荷されているが、県内需要の70%程度を外材に依存しており、国産材のシェアは年々低下している。

外材輸入の多くは米材、南洋材、北欧材、北洋材であるが、そのうち米材工場は建築用材として米松、米樺を加工し、大部分を京阪神市場に出荷している。これら外材工場は概して設備を大型化し量産体制をとっているが、原木価格の高騰や海外からの製品輸入の増加に伴い、プレカット事業の導入や高次加工への対応を図っている。

南洋材工場は、本県の地場産業である家具・仏壇の原材料加工部門として立地しているが、最近の環境問題や木工業の基盤の弱さなどから取り扱いが減少傾向にある。

また外材と国産材の併用工場は吉野川中流域の市街地や那賀川河口に中小規模のものが集積している。これらは過去国産材専門工場であったものが、昭和40年代の需要拡大時に外材を扱うようになったものである。近年は、外材ウェットが高まり、専門工場化しているものが多い。

一方、国産材専門工場は郡部に分散しているが、那賀川下流部、丹生谷、三好郡、神山町等に比較的まとまった団地を形成し、それぞれ組合を組織している。

2 徳島すぎの利用形態

丸太の径級区分について

日本農林規格では素材の種類について径により小丸太（14cm未満）、中丸太（14cm～30cm未満）、大丸太（30cm以上）に分類している。しかしながら実際の木材市場では慣例的に、小径材（末口直径16cm以下）、中目材（径18～28）、尺上材（径30cm以上）に区分されている。小径材はさらに柱用丸太（14～16cm）と小丸太13cm下に分けられる。

なお、地方によって丸太の径級区分は微妙に違っている。丸太から尺材を得るためには末口34cm以上は必要であることから、徳島県内では34cm以上を尺上材、18cm～32cmを中目材と呼ぶことが多い。伐期60～80年の徳島すぎ丸太の利用形態を概念的に図1に示した。

徳島すぎの利用方法について

伐採木の根元部分は元玉材と呼ばれ、多くは尺上材となる。この節の少ない元玉の尺上材からは敷居・鴨居、長押等の造作材が加工される。なお徳島県内では、杉下見板などの幅広の板挽に変わり、昭和50年頃から丹生谷や神山町を中心に尺上材から芯去りの割角（割柱）を挽くようになり、こうした造作類は主に九州市場に向けて出荷されている。

中目材は素材全体に占める材積割合が大きく（60%）、歩止まりの悪さが課題となっている。主に焼すぎの原板や足場板などの板材、貫・垂木・胴縁などの小割材に加工されており、足場板については阪神市場のスギ足場の50%のシェアを確保してきた。最近では他産地との価格競争が激しくなっている。このほか、特に県内の林業グループは中目材を住宅用梁・桁として需要拡大を図るため試験データを積み重ね強度性能を実証している。（第3章を参照）

小径材では、柱用丸太は吉野川流域に発達したツインソー、ツインバンドソー等の設備を持った専門製材の原料に使われ、主にプレカット用部材として流通している。このほか集成材の原料として、木頭村や山城町の集成材工場で加工されている。

県産材のブランド「徳島すぎ」

徳島県では、歴史が古い「木頭林業」から産出される優良大径のスギ材を京阪神に出荷し、「木頭杉」の名称で3分板などの幅広の薄板が高い評価を受けてきた。

こうしたなか、昭和50年代に入り、戦後の造林もピークを過ぎ、県下一円に森林造成が進んできたことや将来増大するスギの需要拡大に対応することが必要となった。このため、全国よりいち早く、産地原木から製品まで含んだブランドとして、木材関係団体を中心に「徳島すぎ」のブランド名を冠した製品づくりが進められた。前述したとおり、元玉からは割角や造作材などスギ銘木を展開する一方、中目材からは「徳島すぎ足場板」を関西へ直送するなど需要を掴んできた。

さらに、葉枯らし乾燥や強度試験など、明確にされてこなかったスギの地域特性をデータで証明し、優良な材である「徳島すぎ」のブランドを広く普及している。

また、平成3年からは、「徳島すぎ」を積極的に使用した県産木造住宅供給システムの整備に着手、現在では「徳島すぎ」の良い面を出した住宅の普



及にまで至っている。

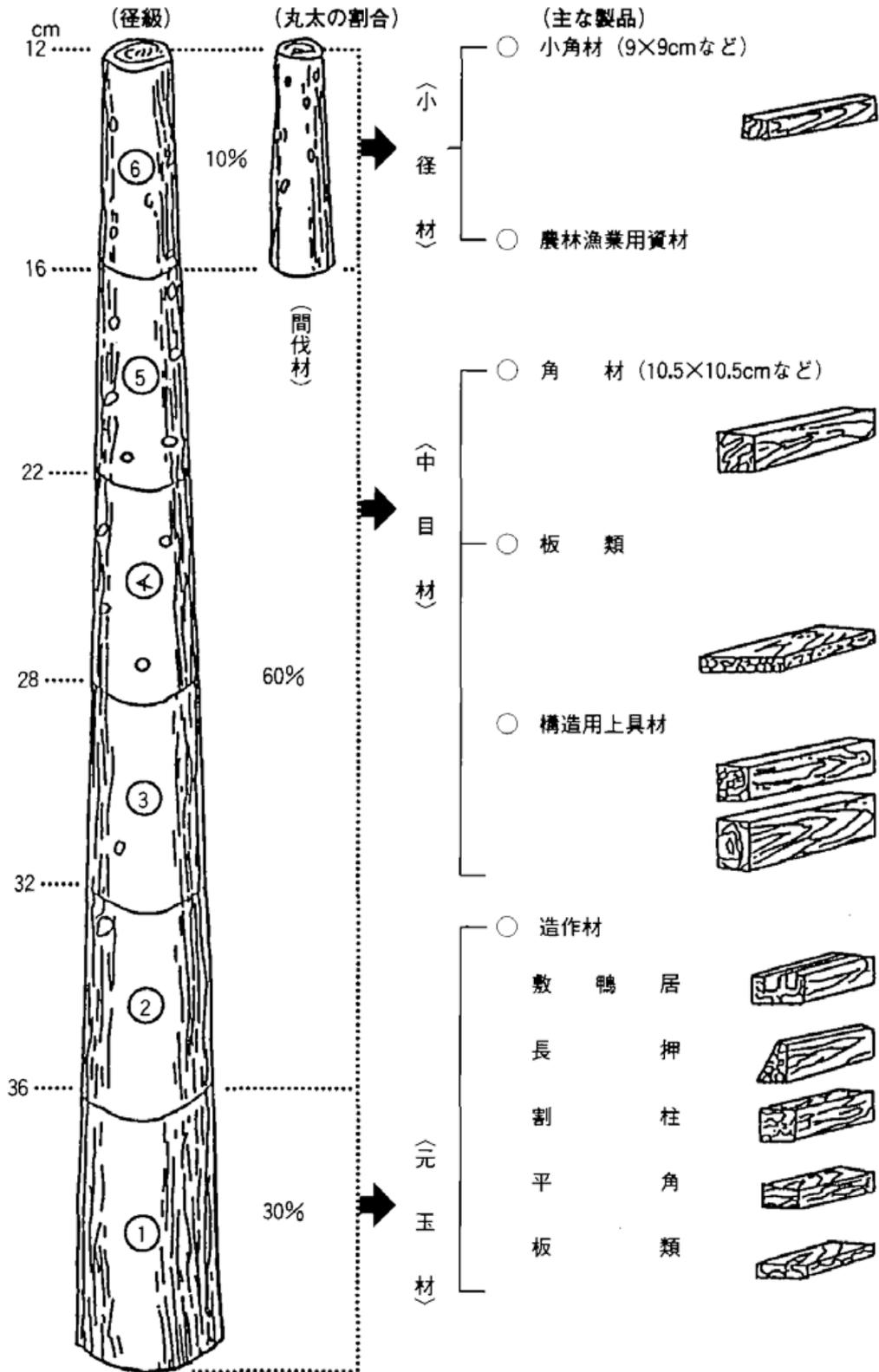


図1 徳島すぎの利用形態

表1 スギの径級別素材価格

素材価格：円/m

末口径(cm)	長さ(m)	区分	1994	1995	1996	1997	1998
8~13	4	1等	20,000	18,700	22,000	18,400	14,200
14~16	3	1等	23,300	19,900	23,500	18,100	16,800
14~16	4	1等	24,400	22,400	25,000	21,200	17,500
18~32	4	1等	24,500	24,700	26,500	24,200	21,100
34~	3	元玉	103,300	106,100	106,100	98,400	85,000
34~	4	元玉	75,000	72,000	74,600	68,500	68,000

資料：徳島県木材流通対策協議会

表2 スギ並材から得ている径級別の製材品

末口径(cm)	製材製品(mm)
8~13	根太、野縁 45×30, 45×45, 60×60×長さ3000, 4000 母屋、小屋東、大引 90×90×3000, 90×90×4000
14~16	柱、母屋、棟木、大引き 105×105×3000と4000 (副) ラス下地板、野地板 12~15×60~105×2000
18~32	柱 120×120×3000 胴差、梁 120×(240, 270)×4000 足場板 36×200~270×2000, 4000 (副) ラス下地板、野地板等 12~15×60~105×2000, 12~15×120×200×2000 貫 15, 18×105×4000
34~	割柱 105×105, 120×120×3000 鴨居 45, 60×105, 120×2000, 3000, 4000 廻縁 45×45, 60×60×3000, 4000 板(化粧) 8, 12×105×2000 (副) ラス下地板、野地板等 12~15×60~105×2000, 12~15×120×200×2000 貫 15, 18×105×4000

※丸太から取れる主製品に加え、背板部分から副製品がとれる。

3 木材の性質

木材は、金属やプラスチックなど他の材料と違った多くの特色を持っている。ここでは、木材の物理的な性質について、その特徴をいくつか取り上げてみる。

木材の含有水分

木材中の水分には、細胞の内腔や細胞壁の間隙にあって比較的自由に移動する自由水と細胞壁の中にあるセルロースなどに吸着されている結合水とがある。伐採直後の木材など、含水率の高い木材の細胞内腔、細胞壁は自由水、細胞壁は結合水で満たされているが、乾燥の進行とともに自由水が減少し、含水率が約30%になると自由水はなくなり結合水のみとなる。さらに乾燥が進み全乾状態になると結合水もなくなる。

自由水がなく、結合水のみが満たされた状態を繊維飽和点という。この繊維飽和点以下における含水率の増減によって、収縮・強度・電気的性質など木材の物理的性質は大きく変化する。

含水率の測定

木材の含水率測定方法としては、電気抵抗や誘電率を利用した計器による方法もあるが精度の点から一般的に用いられるのは、全乾重量による方法である。

含水率は、次式で定義されている。

$$\text{含水率 } U = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100 (\%)$$

W : 測定しようとする木材の重量
W₀ : 全乾状態における木材の重量

全乾状態における木材重量とは、JISにおいて「換気の良い乾燥機の中で、温度100～105℃で乾燥し、恒量に達したときの重量」とされている。

比重

木材の比重は、単位体積当たりの重量(容積重)で表される。含水率によって変わるが、含水率0%の時の比重を全乾比重、含水率15%の時の比重を気乾比重という。国産主要樹種の気乾比重は・スギ0.38、ヒノキ0.44、アカマツ0.52、ケヤキ0.69とされている。

また、比重は木材の強度にもっとも大きな影響を与え、強度と比重は比例関係にある。

電気的性質

乾燥した木材は、電気を通しにくい性質を持っているが、含水率の増加とともに電気抵抗は小さくなる。含水率7%～繊維飽和点の間で電気抵抗と含水率のそれぞれの対数は比例するが、この性質を応用したのが電気抵抗式含水率計である。

熱に対する性質

木材は、他の物質に比べて熱を伝えにくい。熱の伝わりやすさは熱伝導率で表すが、スギの熱伝導率は、0.08 (kcal/m・h・℃)で、鋼の1/4,300、コンクリートの1/10である(表3)。

木材の熱伝導率は密度と含水率に依存し、密度が小さいほど熱伝導率は小さく、また、含水率が1%増加すると熱伝導率は約1.3%増加する。さらに熱伝導率は温度にも依存する。常温の範囲では温度

が高いほど熱伝導率は大きく、温度1℃あたり0.5%大きくなる。

したがって木材は、熱伝導率が小さく比熱が大きいので断熱性能が高く、保温性に優れた材料といえる。

音に対する性質

音エネルギーが壁などに当たった時、そのエネルギーは①壁から反射されるもの、②壁の中で吸収されてしまうもの、③壁を透過するものの三つに変わる(図2)。その内の透過・吸収されたエネルギーの比率を吸音率という。

また、材料や壁に入射した音をどの程度遮音できるか、つまり、どれくらいの音エネルギーが通り抜けるかを表したものを透過率という。

木材は透過と吸収が大きく、反射は小さい。逆にコンクリートは反射が大きく吸音はほとんどない。したがって、木質系材料でできた部屋では吸音率が高いので内側は静かであるが、透過損失が小さく遮音性能は低い。コンクリートの部屋では、内側は騒がしいが遮音性能は高いといえる。

表3 いろいろな材料の熱伝導率

物	質	温度(℃)	熱伝導率(λ) (kcal/m·h·℃)
鋼		0	347
鋼(ステンレス)		0	21.1
ガラス(パイレックス)		30~75	0.937
コンクリート		常温	0.860
木材(スギ、エゾマツ、比重0.30~0.45)		20	0.08
木材(ヒノキ、ラワン、比重0.46~0.60)		20	0.11
木材(ミズナラ、ブナ、比重0.61)		20	0.14
合板(比重0.55)		20	0.11
シーリングボード(比重0.3~0.4)		20	0.045
ポリスチレン		常温	0.068~0.103

(出典) 理科年表などから作成

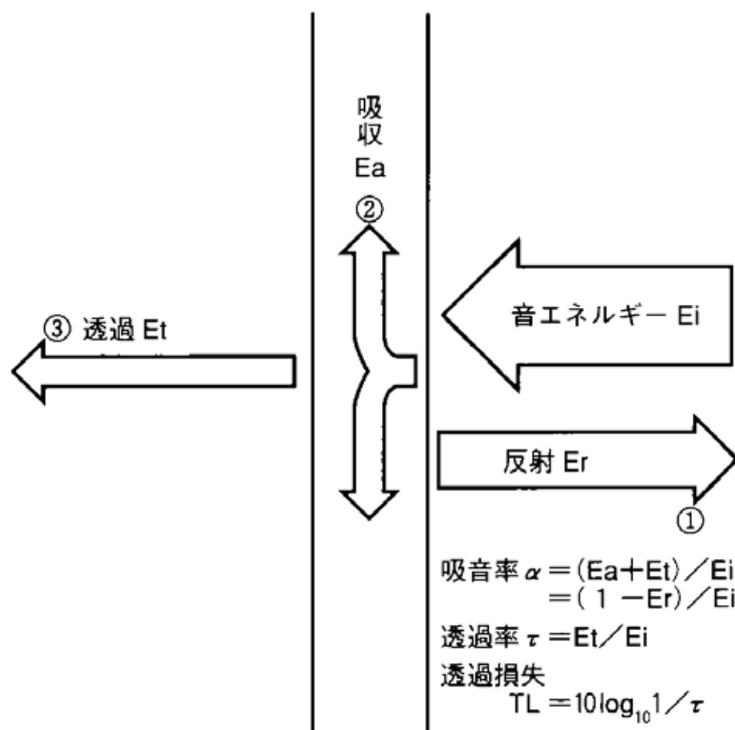


図2 音の入射・反射・吸収・透過

4 木材の強度

「木材のつよさ」と一口に言ってもいろいろな種類がある。ここでは、木材の曲げに関するつよさの意味を考えることにする。

折れにくいのがつよい

木材に外力(荷重)が作用すると、外力につりあう内力が木材の内部に生じる。これを応力という。また、単位面積あたりの応力を応力度という。一般に応力と言った場合は、応力度を示すことが多い。

材料が破壊せずに耐えうる最大の応力度が、厳密な意味での強度である。応力度や強度の単位は、木材の場合、「kgf/cm²」がいままでよく使われてきたが、計量法の改正に対応し今後 MPa（メガパスカル：1 MPa=10⁶Pa）となる。

注）パスカルは国際単位（SI）で圧力、応力の単位
1 Pa=1.01972×10⁻⁵kgf/cm²

表4 各種材料のヤング係数

木材	70~90tf/cm ²
鋼	2100tf/cm ²
コンクリート	210tf/cm ²

たわみにくいのがつよい

木材を住宅用の梁などに使用する場合、たわみそのものが問題となることが多い。この「たわみにくさ」が曲げヤング係数である（表4）。ヤング係数の定義は、「応力度／ひずみ度」である。ヤング係数の単位は「tf/cm²」がよく使われてきたが、今後 GPa（ギガパスカル：1 GPa=10⁹Pa）となる。

実大強度試験等の結果から、曲げヤング係数が高いほど強度が高いという傾向があることがわかり、曲げヤング係数によって強度を推測できる。これが機械等級区分の考え方であり、曲げヤング係数を強度の指標と見なすことができるようになった。

なお、梁のたわみは時間とともに増加していくのが普通であり、この現象をクリープという。クリープによるたわみ量は含水率の変化があるとさらに増加するので、生材で施工された梁のたわみは乾燥材よりも大きくなる。

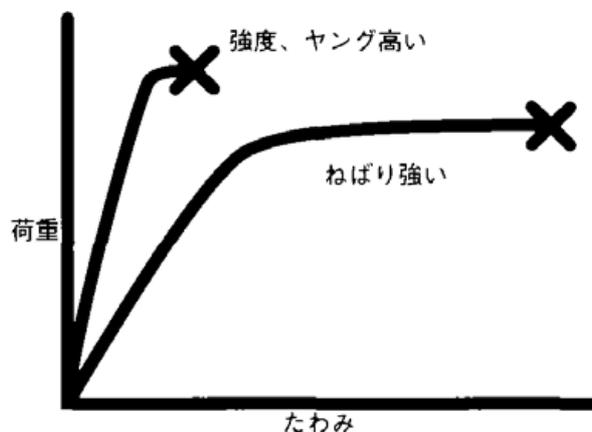


図3 たわみー荷重曲線

たわんでも折れにくいのがつよい

梁に一定の外力が与えられた場合、たわみが少ないということは曲げヤング係数が高いということであり、曲げ強度も高いと推測される。しかし、たわみを与え続けた場合「折れずにたわむ」ということは、外力からのエネルギーを吸収していることになり、たわみが大きければ^{じんせい}靱性（=ねばりづよさ）が高いということになる。この靱性が大きいほど地震に対して抵抗力があると言える。

5 製材の評価

地域で生産された丸太のほとんどは製材を経由して流通する。高性能林業機械の導入等でいくら素材生産の生産性を上げても、製材が伸び悩めば地域林業は停滞してしまう。

これまで林業普及の場でなじみの薄かった製材所を評価する簡単な方法（1式から4式）について述べる。ストップウォッチを持って製材所に行ってみよう。

工場の製材能力をみる

製材作業の基本動作はアイドリング、空送時間、実切削時間に分解できる。この3つの作業を1サイクルとし、左のストップウォッチで1サイクルの全体時間を、右のストップウォッチで実切削時間を測定（10回以上の平均値）し、製材能力を大まかに知ることが出来る。

ちなみに、自動送材車付帯鋸盤の標準的な切削回数は1日当たり1000回（挽材1サイクル23.0秒）程度と言われる。このときに原木を4m材とした切削速度は41.7m/minとなる。

(1)式 切削効率E (%) = (正味挽材時間 / 全作業時間) × 100

※正味挽材時間は鋸の鼻入れ時から挽材の終了時まで

※全作業時間は最初の鼻入れ時から次の鼻入れ時の直前まで

(2)式 1日当たり切削回数N = 1日当たり作業時間 / 全作業時間

※製材工場での1日の実稼働時間は23,000秒とされている。

(3)式 材の送り速度V = (丸太の材長 × 60) / 1回当たり切削時間

＜計算してみよう＞

※測定値 (4材)

切削時間 5.75秒

全体時間 23.0秒

※結果

切削効率E 25.0%

切削回数N 1000回/日

走材速度V 41.7m/分

工場の経営体質をみる

付加価値生産性 (1人1日当たりの付加価値額) は企業などの経済活動をあらわす最も重要な指標である。この値は下の4式のようにあらわすことができる。

国産材製材の特質として、製品価格cや原木価格eが大幅な変動を示しているに関わらず原木1m³当たり加工高cd-eはほぼ変化がないと言われる。つまり、製材の付加価値生産性を高めるには従業員1人当たりの原木消費量、すなわちfを高めることが得策である。このためには①省力化・省人化と②作業の高速化・効率化が必要となる。

ちなみに健全な経営を継続させるためには、付加価値生産額が1人1日当たり人件費の2.5倍(加工高の40%)、最低でも2倍を確保することが必要である。

(4)式 付加価値生産性G = [製品単価c (円/m³) × 歩止りd - 原料単価e (円/m³)] × 生産性f (m³/人日)

※製品単価からは本来外注費が除かれる。外注費とは製品運賃、製品市場での販売手数料、はい立料、原木運賃(製品当たり)等である。なおこの計算例では外注費は勘案していない。

＜計算してみよう＞

※調査値

c 50,000円/m³

d 0.65

e 20,000円/m³

f 2.5m³/人日

※結果

G 31,250円

6 木材の乾燥

木材の乾燥は、接着などほとんどの木材加工の前提となるものであるが、必ずしも十分には行われていない。また、針葉樹の乾燥は容易であると考えられているが、樹種や材の厚さによっては、困難なものも少なくない。

人工乾燥の必要性

- ①未乾燥材を使用すると乾燥にともなって収縮がおこり、製品に狂いや隙間ができる。
- ②乾燥材は強度的性能が向上し、接着力、塗装性など加工性がよくなる。

人工乾燥の特徴

- ①短い時間で所定の含水率まで乾燥することができる。
- ②乾燥室の温度と湿度を自由に変えられるので、天然乾燥中に生じやすい割れなどの損傷を防ぐことができる。
- ③天然乾燥では到達できない含水率まで乾燥することができる。

どれくらい収縮するか

木材の収縮率は、木材の方向によって大きく異なる。すなわち、年輪に対して接線方向の収縮が最も

大きく、半径方向はその1/2で、材の長さ方向は最も小さい。それぞれの比は、ほぼ10:5:1~0.5である。この性質を木材の収縮異方性という。

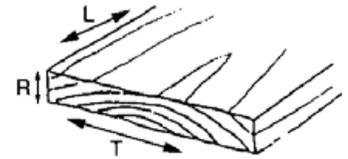


図4 木材の収縮異方性

実際には、生材が含水率15%の気乾状態まで乾燥すると接線方向で、スギで3.5%、ヒノキで3.5%、アカマツで4.4%、ブナでは6.9%も収縮する(図4、表5)。また、木材の収縮は繊維飽和点(含水率28~30%)から始まり、含水率が高い状態では生じない。

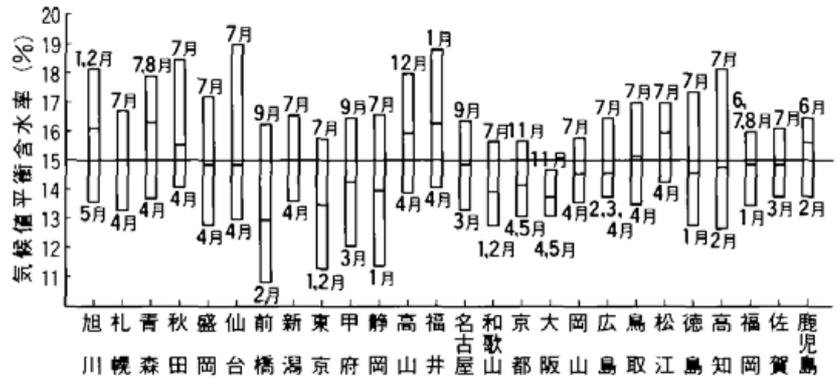


図5 日本各地の平衡含水率

どこまで乾燥させるか

ある温度と湿度のもとに木材を放置すると、その含水率は一定になり変化しなくなる。この含水率を平衡含水率という。木材をあらかじめ使用する場所の平衡含水率まで乾燥させておけばその後含水率は変化せず、したがって収縮もおこらない(図5)。

ある地域の気候に由来する平衡含水率を気候値平衡含水率といい、日本国内では15%とされている。

表5 各樹種の収縮率

樹種	収 縮 率 (%)									比 重		
	含水率15% (α_1)			全乾まで (α_2)			含水率1%当り (α_3)					
	T	R	L	T	R	L	T	R	L	r_0	r_{15}	
針葉樹材	スギ	3.5	1.1	0.03	7.2	2.4	0.19	0.26	0.09	0.011	0.33	0.36
	トドマツ	4.1	1.0	0.03	9.5	2.8	0.19	0.38	0.12	0.010	0.39	0.41
	ヒノキ	3.5	1.5	0.05	6.4	3.1	0.25	0.21	0.11	0.013	0.37	0.41
	モミ	2.6	1.3	—	6.1	3.0	0.29	0.24	0.12	—	0.40	0.44
	カラマツ	4.1	1.7	0.01	8.6	3.9	0.18	0.31	0.14	0.011	0.50	0.53
	ツガ	2.9	1.6	0.02	7.2	4.0	0.16	0.30	0.17	0.010	0.51	0.54
	アカマツ	4.4	1.9	0.03	8.9	4.1	0.20	0.31	0.15	0.013	0.52	0.55
	ベイスギ	—	—	—	5.0	2.4	—	0.14	0.07	—	—	0.38
	ベイモミ	—	—	—	6.9	2.9	—	0.20	0.08	—	—	0.43
	ペイトウヒ	—	—	—	7.5	4.3	—	0.19	0.12	—	—	0.45
ベイツガ	—	—	—	7.9	4.3	—	0.23	0.13	—	—	0.47	
ベイマツ	—	—	—	7.8	5.0	—	0.23	0.14	—	—	0.55	
アガチス	4.2	1.8	0.02	8.6	4.1	0.17	0.30	0.16	0.011	0.43	0.46	
広葉樹材	キリ	2.2	0.5	0.02	5.2	1.4	0.17	0.20	0.06	0.011	0.26	0.29
	カツラ	4.1	1.9	0.15	7.5	4.0	0.44	0.24	0.15	0.020	0.45	0.49
	シナノキ	5.7	3.7	0.08	9.6	6.7	0.25	0.28	0.21	0.012	0.46	0.49
	ブナ	6.9	2.4	0.11	11.5	5.0	0.37	0.33	0.18	0.017	0.64	0.68
	ミズナラ	5.9	2.0	0.24	10.1	4.3	0.48	0.30	0.16	0.016	0.65	0.70
	マカンバ	3.9	2.6	0.20	7.6	5.2	0.44	0.26	0.21	0.016	0.61	0.65
	タブノキ	4.1	1.6	0.06	8.1	4.0	0.23	0.28	0.16	0.012	0.63	0.68
	アカガシ	6.8	2.6	0.09	12.1	5.6	0.27	0.38	0.20	0.013	0.87	0.92
	イスノキ	8.9	3.9	0.11	14.2	6.9	0.29	0.39	0.21	0.012	0.88	0.92
	レッドワン	4.2	1.4	0.05	8.1	3.3	0.26	0.27	0.13	0.014	0.47	0.51
	カブール	5.2	1.7	0.03	10.0	4.2	0.24	0.35	0.17	0.013	0.62	0.65
	アビトン	6.6	2.8	0.01	11.3	5.7	0.21	0.34	0.20	0.013	0.68	0.72
	クルイン	8.3	3.9	0.03	13.7	7.5	0.22	0.39	0.25	0.013	0.76	0.79
ジョンコン	4.1	1.8	0.02	8.1	4.1	0.18	0.28	0.16	0.011	0.47	0.50	
ラミン	5.3	1.7	0.03	10.8	4.8	0.16	0.39	0.21	0.011	0.62	0.65	

T: 接線方向, R: 半径方向, L: 繊維方向, r_0 : 全乾比重, r_{15} : 気乾比重

る。一方、冷暖房の完備した室内においては7～10%になり、より乾燥させる必要がある。

人工乾燥機の操作

木材の人工乾燥に大きく関与するのは、温度、湿度と風速である。中でも温度は最も大きな因子で、他の条件が同じなら温度が高いほど乾燥速度は速くなる。木材乾燥では、表面の水分だけを蒸発させても内部の水分が表面に移動してこなければ乾燥は進まず、乾燥温度は内部水分の移動に大きく影響

表6 乾球温度、乾湿球温度差と平衡含水率

乾湿球温度差 Od - Ow (°C)	乾 球 温 度 Od (°C)																
	0	10	20	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
2	12.2	15.5 (76)	17.0 (82)	17.9 (86)	18.0 (87)	18.1 (88)	18.2 (89)	18.1 (89)	17.9 (90)	17.6 (90)	17.1 (91)	16.8 (91)	16.3	15.9	15.5	15.2	14.9
3	9.0	12.0 (65)	14.2 (74)	15.4 (79)	15.8 (81)	16.0 (82)	15.9 (83)	15.8 (84)	15.6 (85)	15.3 (86)	15.0 (87)	14.7 (87)	14.4	14.1	13.8	13.4	13.2
4	6.6	10.4 (54)	12.2 (66)	13.4 (73)	13.9 (75)	14.0 (77)	14.2 (78)	14.1 (79)	14.0 (80)	13.8 (81)	13.6 (82)	13.3 (83)	13.1	12.8	12.5	12.3	12.0
5	3.8	8.5 (44)	10.6 (58)	11.8 (67)	12.1 (70)	12.4 (72)	12.6 (73)	12.7 (75)	12.7 (76)	12.5 (77)	12.3 (78)	12.1 (79)	12.0	11.6	11.4	11.1	11.0
6		7.0 (34)	9.2 (51)	10.6 (61)	11.0 (64)	11.2 (66)	11.4 (68)	11.5 (70)	11.5 (72)	11.4 (73)	11.3 (75)	11.1 (75)	11.0	10.7	10.5	10.2	10.1
7		5.3 (24)	8.2 (44)	9.6 (55)	10.0 (59)	10.3 (62)	10.6 (64)	10.7 (66)	10.7 (68)	10.6 (69)	10.5 (70)	10.3 (71)	10.1	9.9	9.7	9.5	9.3
8		3.6 (14)	7.2 (37)	8.8 (49)	9.2 (53)	9.5 (57)	9.7 (60)	9.8 (62)	9.9 (64)	9.8 (65)	9.7 (67)	9.6 (68)	9.5	9.3	9.1	9.0	8.8
9		1.7 (05)	6.1 (30)	8.0 (44)	8.4 (49)	8.8 (52)	9.0 (55)	9.2 (58)	9.3 (60)	9.2 (62)	9.1 (63)	9.0 (65)	8.8	8.7	8.5	8.4	8.2
10			5.0 (24)	7.2 (39)	7.7 (44)	8.2 (48)	8.5 (51)	8.6 (54)	8.7 (56)	8.7 (58)	8.5 (60)	8.5 (62)	8.3	8.2	8.0	7.9	7.7
11			4.0 (18)	6.5 (34)	7.2 (40)	7.6 (44)	8.0 (47)	8.0 (50)	8.1 (53)	8.1 (55)	8.0 (57)	8.0 (58)	7.8	7.7	7.5	7.4	7.3
12			2.9 (11)	5.8 (29)	6.5 (36)	7.0 (40)	7.4 (44)	7.5 (47)	7.6 (50)	7.7 (52)	7.5 (54)	7.5 (55)	7.3	7.2	7.1	7.0	6.9
13			1.7 (05)	5.0 (25)	5.9 (31)	6.4 (37)	6.8 (40)	7.0 (44)	7.1 (47)	7.2 (49)	7.1 (51)	7.0 (53)	7.0	6.8	6.7	6.6	6.5
14				4.3 (21)	5.3 (27)	5.9 (33)	6.3 (37)	6.6 (40)	6.7 (43)	6.7 (46)	6.7 (48)	6.7 (50)	6.6	6.5	6.4	6.3	6.2
15				3.6 (16)	4.7 (24)	5.3 (29)	5.9 (33)	6.2 (37)	6.3 (40)	6.4 (43)	6.4 (45)	6.4 (47)	6.3	6.2	6.1	6.0	5.9
16				2.9 (12)	4.1 (20)	4.9 (26)	5.4 (30)	5.7 (34)	5.9 (37)	6.0 (40)	6.0 (42)	6.0 (44)	5.9	5.9	5.8	5.7	5.6
18				1.1 (04)	3.0 (13)	3.9 (19)	4.5 (24)	4.9 (28)	5.2 (32)	5.4 (35)	5.4 (38)	5.4 (40)	5.4	5.4	5.3	5.2	5.1
20					3.0 (13)	3.8 (19)	4.2 (23)	4.6 (27)	4.8 (30)	4.8 (33)	4.9 (35)	4.9 (37)	4.9	4.0	4.9	4.8	4.8
22					1.8 (07)	2.9 (14)	3.5 (18)	3.9 (22)	4.2 (26)	4.3 (29)	4.4 (31)	4.4 (33)	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
24							2.8 (14)	3.3 (18)	3.7 (21)	3.9 (24)	4.0 (27)	4.0 (29)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
26							2.1 (09)	2.7 (14)	3.1 (18)	3.4 (21)	3.5 (23)	3.6 (25)	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
28							1.4 (05)	2.2 (10)	2.6 (14)	2.9 (17)	3.1 (20)	3.2 (22)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
30								1.5 (07)	2.1 (11)	2.4 (15)	2.7 (17)	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0

注 平衡含水率の単位：%，()は当該温度における関係湿度

する。これに対し、湿度は材表面の水分の蒸発をコントロールする。材表面の乾燥が速すぎて表面割れが懸念されるような時は湿度を高め、水分の蒸発を抑制する。結果的に、乾燥にともなって乾燥機内の平衡含水率は低くなる。

風速は棧積み全体に均一に熱を供給する役目と、材から蒸発した水分を速やかに取り除く役目を果たす。

湿度は、一般的に乾湿球温度差により測定する。空気中の水蒸気が飽和状態、すなわち湿度100%のとき、乾球温度と湿球温度は同じである。しかし、普通の状態では湿球側の湿らせた布から水分が蒸発するため、蒸発熱がうばわれて湿球温度が下がり、乾球と温度差が生じる。そして、湿度が低いほどその差は大きくなる。乾燥操作にあたっては、こうした乾湿球温度（温度差）で温湿度を制御するのが普通である（表6）。

7 木材の接着

木材の接着は、集成材、合板、ボード類の製造に用いられ、内装や建具の現場で行われ、木材工業では欠かせないものとなっている。ところが最近、いわゆるシックハウス症候群にみられるように、接着剤から出てくるホルムアルデヒド等の揮発性物質が問題となっている。このため、用途・使用箇所に基づいて接着剤を選択する必要がある。

接着剤の種類

木材用の接着剤には次の表7のようなものがあり、用途に応じて使い分けられている。

表7 接着剤の種類と性質

接着剤の種類	分類	溶剤	可使時間	接着温度	耐水	用途
レゾルシノール	熱硬化	水	数時間	常温	◎	構造用集成材
フェノール	熱硬化	水、アルコール	長い	常～高温	◎	合板、パーティクルボード、LVL
ユリア	熱硬化	水	自由	常温	△	合板、パーティクルボード、MDF
メラミン・ユリア	熱硬化	水	長い	常～高温	○	合板、パーティクルボード、MDF
エポキシ	熱硬化	なし	数時間	常温	?	一般
水性高分子-イソシアネート	熱可塑	水	数時間	常温	◎	集成材、合板
アクリル	熱硬化	なし	短い	常温	○	瞬間接着、床タイル、カーペット
合成ゴム	熱可塑	有機溶媒	—	常温	○	Pタイル、木質フロア
ポリ酢酸ビニル	熱可塑	水	—	常温	×	一般
ホットメルト	熱硬化	なし	数時間	常温	○	一般
天然系(カゼイン、にかわ等)	天然物	水	数時間	常温	×	一般

※可使時間：製糊してから使用できなくなるまでの時間

接着条件

木材側の因子

- ・含水率：一般的に7～15%に調整。また、木材どうしの含水率に差がない程良い。
- ・表面荒さ：平滑なほど良好な接着が得られる。一般的にプレーナーがけで十分である。
- ・繊維方向：繊維どうしが平行に近いほど良好な接着が得られる。木口が接着面になると接着強度は低い。このため、集成材の縦継ぎではフィンガージョイントなどの方法がとられる。
- ・その他：抽出成分や汚れによって、接着剤浸潤の低下や接着剤の硬化阻害があるため注意が必要である。

接着剤・工程の因子

- ・塗布量：接着層は薄く均一なほど接着力が大きい。表面荒さによるが適正な塗布量がある。表面荒さが大きくなるほど、塗布量を増やす必要がある。
- ・圧縮圧力：一般に軟材では低く、硬材では高くする。スギ・ヒノキでは5～7 kgf/cm²
- ・圧縮時間：熱圧（ホットプレスなど）による圧縮時間は、熱伝導時間によって左右される。合板でフェノール樹脂の場合30～60秒/mmとされる。冷圧（常温接着など）では、短時間で接着強さが出る接着剤を除くと一般に20時間程の圧縮時間が必要とされる。

8 集成材

集成材の定義

集成材は合板と並んで木質材料の代表格である。木質材料とは、木材を一旦構成要素(エレメント)に分解し、それを再構成した材料のことを言う。代表的な木質材料とその製造工程を図に示す。この図からも分るように、集成材は製材されたひき板(ラミナ)をエレメントとする木質材料である(図6)。

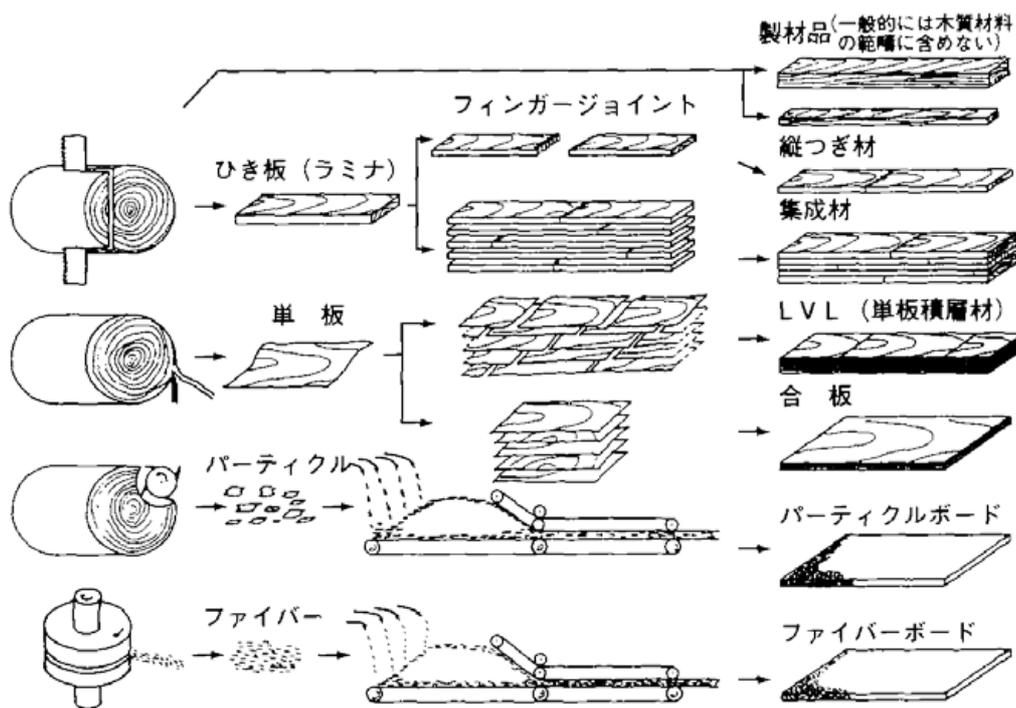


図6 代表的な木質材料とその製造工程の概略図

集成材は「集成材の日本農林規格」「構造用集成材の日本農林規格」に規定され、「ひき板又は小角材等その繊維方向を互いにほぼ平行にして、厚さ、幅及び長さの方向に集成接着した一般材」をいう。集成材の用途別区分は、次の表8のとおりである。

構造用集成材の種類

構造用集成材は、ラミナの構成、断面寸法、使用環境により、次のような種類がある。

1. ラミナの構成から見た種類

異等級構成集成材…構成するラミナの品質が同一でない集成材。

(外層の品質が内層よりも高い)

表8 集成材の用途別区分

区分	等級	定義	主な用途
造作用集成材	1・2等	素地のままの集成材、ひき板の積層による素地の美観を表した集成材で、主として構造物等の内部造作に用いられるもの。	階段の手すり、カウンター、壁材
化粧ばり造作用集成材	1・2等	表面に美観を目的として薄板をはりつけた集成材で、主として構造物等の内部造作に用いられるもの。	なげし、敷居、鴨居、床板
化粧ばり構造用集成柱		所要の耐力を目的としてひき板を積層し、その表面に美観を目的として薄板をはり付けた集成材のうち、主として在来軸組工法住宅の柱材として用いられるもの。	柱
構造用集成材	強度等級	所要の耐力を目的としてひき板をその繊維方向を互いにほぼ平行にして積層した一般材（化粧ばりを含む）であって、主として耐力部材として用いられるものをいう。	柱、桁、梁、アーチ

同一等級構成集成材…構成するラミナの品質が同一の集成材

2. 断面から見た種類

大断面集成材…短辺が15cm以上、断面積が300cm²以上

中断面集成材…短辺が7.5cm以上、長辺が15cm以上（大断面を除く）

小断面集成材…短辺が7.5cm未満または長辺が15cm未満

3. 使用環境から見た種類

使用環境1…接着剤の耐水性、耐候性又は耐熱性について高度な性能が要求される。

使用環境2…接着剤の耐水性、耐候性又は耐熱性について通常の性能が要求される。

集成材の長所

- ① ラミナの乾燥が容易になるために、材料を十分に乾燥することができ、くるいの少ない製品ができる。
- ② 材の形状と長さが自由になり、湾曲材の製造が可能になる。
- ③ 構造材ではラミナの欠点分散・除去と合理的構成により、要求された強度性能のものをバラツキ少なく生産することができる（図7）。

集成材の短所

- ① 材料の切削、欠点除去により歩留まりが低下する。
- ② 接着剤等の副資材、製造エネルギー代などのコストがかかる。
- ③ 工程が多いため、生産性が低くなる。

集成材の製造法

製材→乾燥→仕分け→縦継ぎ・幅はぎ→積層接着→仕上げ→検査→出荷

ラミナの縦継ぎ

集成材ラミナの縦継ぎには通常フィンガー

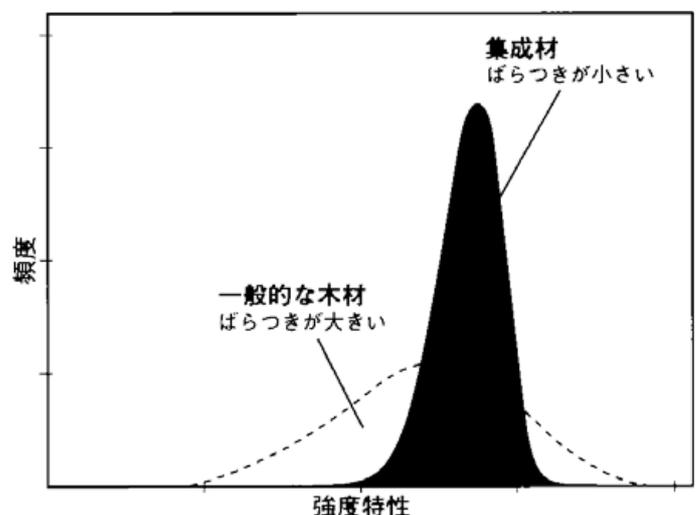


図7 一般的な木材と集成材の強度特性の比較

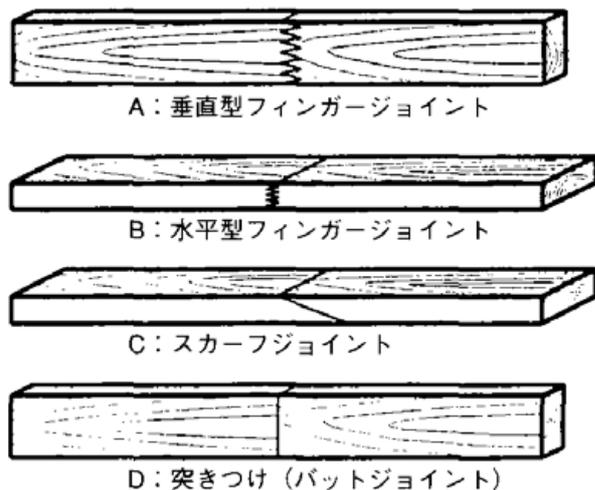


図8 縦継ぎの種類

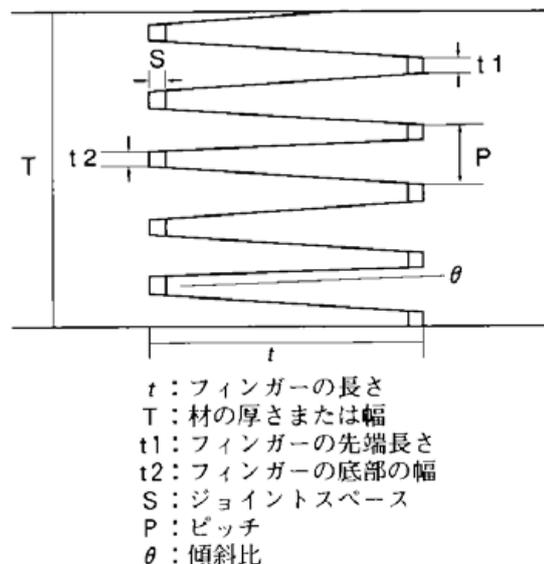


図9 フィンガージョイントの構成要素

(注) 長さ方向の接合を縦継ぎと呼ぶのに対し、幅方向の接合を幅はぎと呼ぶ。幅はぎは造作用集成材で幅広い製品を製造する場合に行われ、構造用や大断面構造用の場合にはほとんど行われない。
また、ラミナを厚さ方向に重ね合わせながら接着することを積層接着という。

ジョイントが用いられる。構造用集成材の場合は垂直型フィンガージョイントが用いられることが多い。なお、構造用のフィンガーの長さは20mm以上で、ジョイントスペースが0.5~1mm程度あることが望ましい(図8、9)。

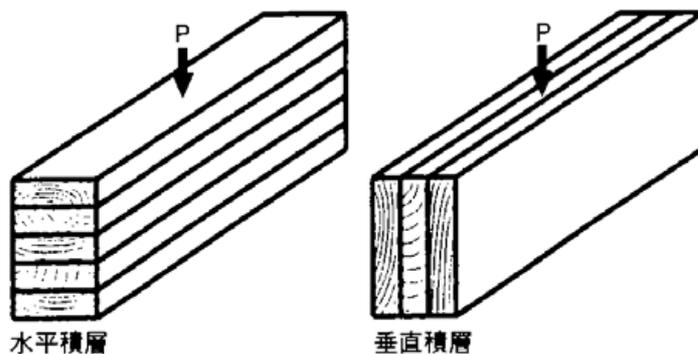


図10 ラミナ積層方向

ラミナの積層方向

製造される集成材が、梁などの横架材の場合、荷重方向と積層方向の関係に2種類が存在する。荷重とラミナの積層面が垂直な場合を「水平積層」といい、荷重とラミナの積層面が平行の場合を「垂直積層」という(図10)。大断面の横架材の場合は、梁せい方向を長くしなければならないので、「水平積層」となる場合がほとんどである。また、この場合、外層に高品質、内層に低品質のラミナを使用する異等級構成集成材とする場合が多い。「垂直積層」の場合、曲げの力がどのラミナも均一に働くことから、同一等級構成でよい。また、断面が正方形で、同一構成の場合、フィンガージョイントが分散され、積層接着面に水平せん断力がかからない「垂直積層」の方が有利となる。

9 木材の劣化

木材には、含水率の変化による寸法変化・腐る・虫に食われる・燃えるといった性質がある。木材需要を促進するためには、これらの欠点を改善した商品の開発に加え、工法の工夫や劣化を防ぐための保守点検が必要になる。

ここでは木材を屋外で使用する際問題となる、腐る・虫に食われるといった生物劣化を重点的に解説したい。

劣化の原因

1 腐朽

一般に微生物による分解は、養分（木材）、水分、空気（酸素）、適当な温度が必要であり、どれかが欠けると腐朽は起きない。これらの4条件の中で、工法によって調節できるのが水分である。たとえば、雨が掛からないようにする、かかってもすぐ乾くようにする、湿度を高くしないため通気をよくするといった工夫が挙げられる。

腐朽菌には、木材成分中のセルロースを多く分解する褐色腐朽菌、リグニンを主に分解する白色腐朽菌がある。腐朽による強度の低下は激しく、10%の質量減少でも強度は50%程度低下するので腐朽には注意が必要である（図11）。

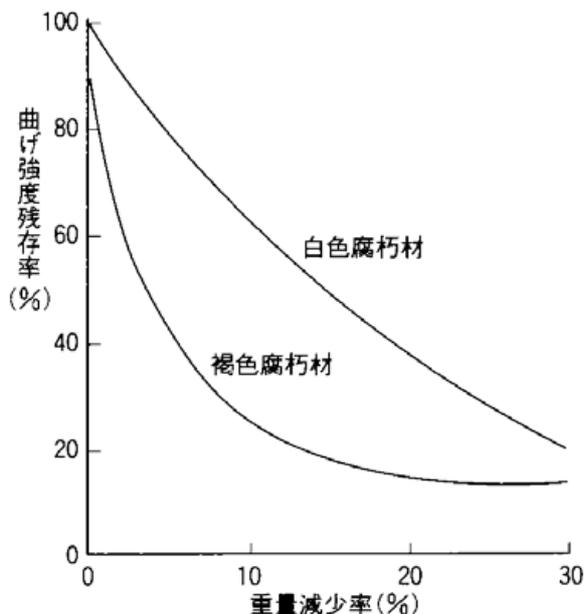


図11 腐朽によるスギ材の重量減少と曲げ強度残存量との関係

2 シロアリ

国内にはイエシロアリ（中部以南）、ヤマトシロアリ（北海道以南）、ダイコクシロアリ（南西諸島）アメリカカンザイシロアリ（一部地域）が存在する（図12）。

イエシロアリとヤマトシロアリは、湿った木材を好んで食害する。イエシロアリは水を運ぶことが可能なため、水を補給できるのであれば直接水のかからない柱や梁も食害するため被害が大きい。

ダイコクシロアリとアメリカカンザイシロアリは、乾燥した木材をも食害するが生息地が限られている。

四国ではイエシロアリとヤマトシロアリが生息している。

羽根アリは、春から夏にかけて出てくるが、クロアリとの違いは前後の羽根が同じ大きさ、触覚がまっすぐなどである（表9、図13）。

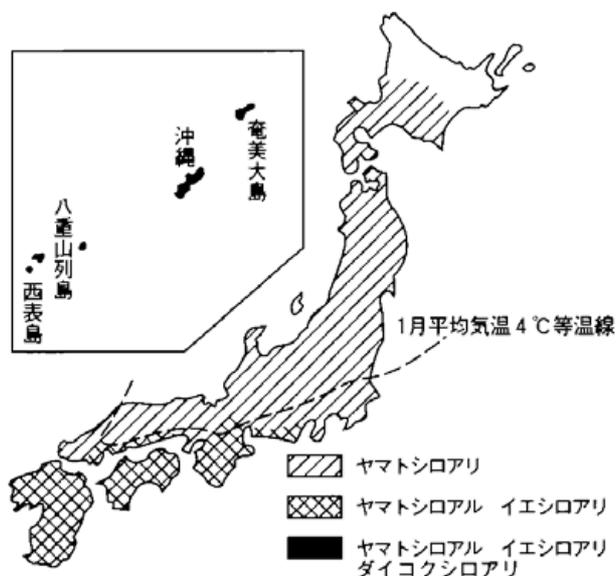


図12 シロアリの分布

表9 シロアリとアリの違い

	アリ	シロアリ
胴	くびれている	ずん胴
触覚	「く」の字型	数珠状・まっすぐ
羽根	前翅が大きく 後翅は小さい	前・後翅が ほぼ同形同大

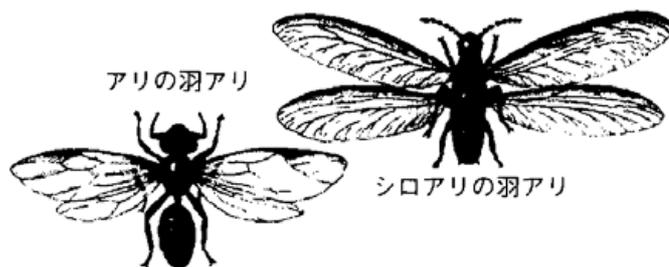


図13 アリとシロアリの羽アリの違い

3 乾材害虫

ヒラタキクイムシが挙げられるが、広葉樹材を食害する。主に、材中のでんぷん等の養分を摂取する。

4 燃焼

木材が加熱され温度が200℃を超えると分解されて可燃性ガスが出る。温度が250℃付近になると引火する。

腐れやシロアリに強い木、弱い木

一般に密度の高い木や、硬い木が腐れやシロアリに強いといった傾向がみられるが、心材成分（フェノール類、テルペン類など）によって強弱が決まる。腐れやシロアリに強いといわれる木であっても、辺材部分はこうした心材成分が少ないので弱くなる。また、同じ樹種でも品種や個体差により強弱が認められる。心材の耐久性区分を表10に示す。

表10 心材の樹種別耐久性の比較

心材の耐久性	*野外耐用性	日本材	北米・北洋材	南洋材
極大	9年以上			ボンゴシ(アゾベ)、 ドューシェ
大	7～8年	ヒノキ、ヒバ、クリ、 ケヤキ	ベイヒ、レッドウッド、 ベイスギ、ベイヒバ	マホガニー、チーク、 ジャラ、ピンカドー
中	5～6年	カラマツ、スギ、ナラ、 カシ類	ベイマツ、シベリアカラマツ	クルイン、ケンプ、 カプール、カロフィルム
小	3～4年	マツ類、モミ、マカンバ、 ブナ、コナラ	ベイツガ、サザンパイン、 ソフトメープル	アピトン、レッドラワン、 ジョンコン、タウン、ナトー、 ユーカリ
極小	1～2年	エゾマツ、トドマツ、キリ	ベイモミ、スブルース、 ラジアタマツ	アガチス、ジェルトン、 アルストニア、ラミン

*野外耐用性は土に接する部分で、土と接しなければこの値の2倍程度の耐用性があると考えられる。

10 木材の保存処理

木材を屋外で使用する際、通常は防腐防蟻性を付与するために薬剤処理が行われる。この薬剤処理材について説明する。

保存処理材種類とその耐用年数について

防腐・防蟻処理材の耐用年数は、使用される環境によって大きく違うため、一概に示すことはできないが、実用的には必要な情報である。目安として森林総合研究所のスギ材での野外杭（3×3cm）試験のデータを次にしめす（最終調査は1997年11月）。

・クレオソート油（記号：A）

石炭の乾留によって得られ、多くの化合物を含み、これらの総合的な効果で高い生物劣化抵抗性がある。材の色は黒褐色になり、臭いがあることから用途が限定される。耐用年数は吸収量503kg/m³で、39年以上。

・クロム・銅・ヒ素化合物（記号：CCA）

クロム、銅、ヒ素の3種混合物で加圧用薬剤として多く使用される。クロム化合物は、他の化合物

と反応して材中に固定される定着剤としてきわめて重要な化合物である。しかしながら、工場の廃水処理の関係で近年その使用が急激に減少してきている。薬剤の毒性のほか使用済処理材の環境への負荷が大きいため、欧州各国では使用禁止か規制対象となっている。JASでは、この薬剤のみ吸収量の規制（上限）が決められている。処理材は緑色に着色する。耐用年数は、吸収量 $12\text{kg}/\text{m}^3$ で、34年以上。

・アルキルアンモニウム化合物（記号：AAC）

有効成分はジデシルジメチルアンモニウムクロライド（DDAC）に添加剤が加えられている。処理材への着色はない。耐用年数は、吸収量 $8\text{kg}/\text{m}^3$ で、10年以上。

・銅・アルキルアンモニウム化合物（記号：ACQ）

有効成分は、酸化銅、炭酸銅等の銅化合物とアルキルアンモニウム化合物（AAC）を組み合わせたものである。処理材は緑色に着色する。耐用年数は、吸収量 $1.3\text{kg}/\text{m}^3$ で、11年以上。

・ナフテン酸銅（記号：NCU）

石油中に2～7%含まれるナフテン酸に銅が5～10%結合したもので、水に溶けにくいため有機溶媒に溶かしたものが古くから使用されていた。近年、乳剤化され加圧注入に用いられてきている。処理材は緑色に着色する。耐用年数は、油剤で吸収量 $1\text{kg}/\text{m}^3$ で、20年以上、乳化剤で吸収量 $1.3\text{kg}/\text{m}^3$ で、4.5年以上。

・ナフテン酸亜鉛（記号：NZN）

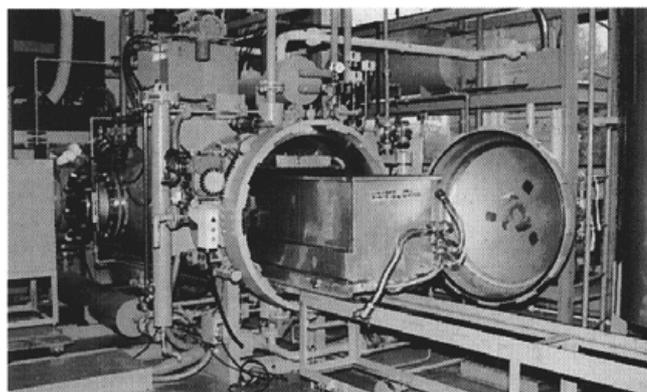
ナフテン酸に亜鉛が4～16%結合したもので、NCUと甲じく油剤と乳化薬剤がある。処理材の着色はない。耐用年数は、油剤で吸収量 $1\text{kg}/\text{m}^3$ で、6年。乳化剤で吸収量 $2.5\text{kg}/\text{m}^3$ で、4.5年以上。

この他にもAQ認証製品では、バーサチック亜鉛・ピレストロイド系(VZN)、銅・ほう素・アゾール系(CUAZ)、プロパタンホス・アゾール系(AZP)、ほう酸・アルキルアンモニウム化合物系(BAAC)などがある。この中の銅・ほう素・アゾール系(CUAZ)の耐用年数は、吸収量 $5.6\text{kg}/\text{m}^3$ で、45年以上。

また、林業総合技術センターでは、木材中で有機酸亜鉛をポリエチレングリコールメタクリレートやエチレンウレアと結合させ、木材から有効成分の亜鉛が溶けださないようにしたものを開発している。この薬剤の有効成分は、それぞれ防腐剤用途でなく一般用途で使用されているもので、安全性は高いと考えられる。

含浸処理

木材の薬剤処理では、木材中に必要量の薬剤を注入する必要がある。この方法として、減圧（材中の空気を抜く）後、薬液とともに加圧する（薬液を圧力で押し込む）方法（ベセル法）が一般的である。このため、材を注入前に乾燥しておく必要があるほか、難注入材や信頼性が要求されるものは、インサイジング等の前処理が行われる。

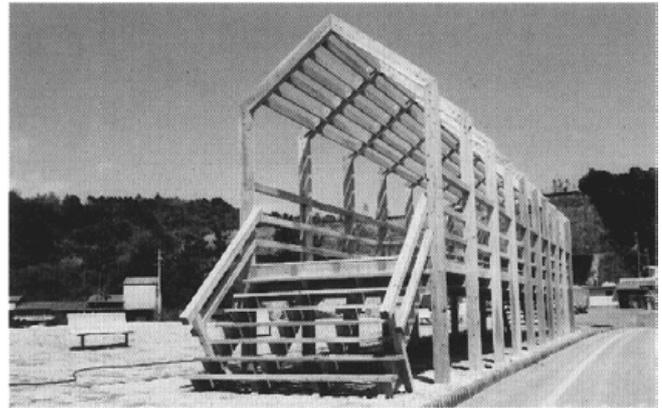


含浸処理装置

保存処理木材の安全性

近年、化学物質過敏症等が注目され、保存処理材の安全性が問題になる機会が増加すると考えられる。木材保存薬剤は、微生物や害虫から木材を守るために使用されるものであるが、人体や環境への影響ができるだけ少ないものを使用するようになってきている。

保存処理木材は、建築物の土台や屋外に使用されるが、このうち屋内で使用されることを想定し、(財)日本住宅・木材技術センターが処理材からの成分揮発性試験を行っている。この結果では、60℃で30日間置いても有効成分の減少(揮発)は見られなかった。なお、屋外での水への溶脱による環境への影響は、これからの検討課題である。



屋外での含浸処理 木材の使用事例

表11 徳島県内木材含浸加工処理業者

処理業者名	使用薬剤名(商品名)	処理材の性状等	処理単価 (千円/㎡)	耐用 年数
あじさい木工(株) 那賀郡相生町朴野10-1 (08846-2-1973)	ACQ(マイトレックACQ)	緑色・無臭	25	10年
	AAC(レザックR)	無色・無臭	26	10年
	AAC十寸法安定剤(レザック・K3)	無色・無臭・割止め	76	10年
中山源太郎商店(株) 徳島市南田宮2丁目4-7 (0886-32-1848)	ACQ(マイトレックACQ)	緑色・無臭	35	10年
	AAC(レザックR)	無色・無臭	35	10年
(株)もくさん (08854-6-0693) 安井製材(有)(共同事業) 勝浦郡上勝町生実94 (08854-6-0214)	CUAZ(タナリスCuAz)	緑色・無臭	25	10年
	ACQ(マイトレックACQ)	緑色・無臭	25	10年
ミロモックル産業(株) 徳島研究所 徳島市応神町吉成字長田73-1 (0886-41-0980) 本社 大阪府大阪市淀川区中 島5丁目9-6 新大阪サン アールビル801 (06-6390-0102)	有機酸亜鉛十寸法安定剤(モックル処理)	無色・無臭・割止め	100	10年
山城町森林組合 ログハウス工場 三好郡山城町光兼 (0883-86-1477)	CUAZ(タナリスCuAz)	緑色・無臭	25	10年
	AAC(モクボーAAC)	無色・無臭	36	10年

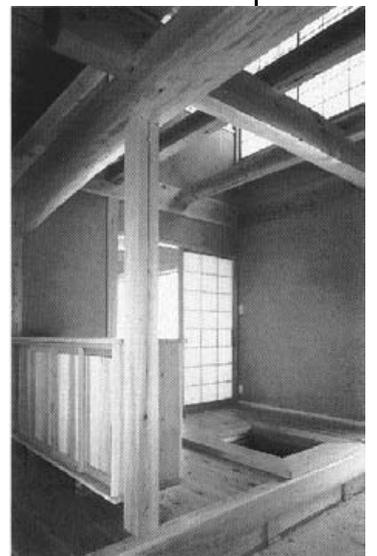
【第1章の参考・引用文献】

- 『木材の基礎科学』日本木材加工技術協会関西支部編 海青社 1992.9
- 『コンサイス木材百科』(財)秋田県木材加工推進機構 1998.9
- 『木材の人工乾燥』(社)日本木材加工技術協会 1986.4
- 『木材保存学入門』(社)日本木材保存協会 1998.1
- 『木材科学講座12 保存・耐久性』屋我・河内・今村編 海青社 1997.3
- 『新しい木質建材』日刊木材新聞社 1995.3

- 7 『高信頼性木質建材 — エンジニアリングウッド』 林 知行編著 日刊木材新聞社 1998.10
- 8 『木材活用事典』(株)産業調査会事典出版センター 1995.2
- 9 『林政総研レポートNo52 製材工場の最適経営規模』(財)林政総合調査研究所 1997.3

第2章 情報編

環境問題と木材



きぎぎ技術

県のOUR研究

=78=

木材は、使われる場所によっては腐ったり、虫に食われたりします。これは木材が生物材料である以上、自然現象としてごく当然のことです。しかし、木材を材料として使うためには、一定の間、性能を保つ必要があります。

え薬剤の開発が急速に進み、その結果、AAC（アルキルアンモニウム化合物系）などに置き換えてきました。

新たに開発されたものは、毒物・劇物を含まず、銅・亜鉛などの金属や界面活性剤（せっけん）

高耐久スキの活用化

劣化防止へ薬剤開発

のようなもの)が主成分で、安全性にも十分配慮されています。

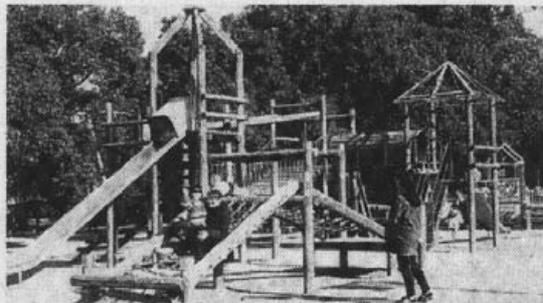
最近、県内でも木製デッキやボードウォークを見かけるようになりましたが、アフリカ産や南米産の外材がよく使われています。それ自身、高い耐久性を持つ種類の木ですが、価格はスキの十数倍もします。

安価で性能の高いものが身近にあるにもかかわらず使われないというのは、PR不足を反省するところですが、経済林で繰り返し生産することのできるスキが、もっと使われるようになれば、熱帯雨林の破壊に負担することもなくなるのではないのでしょうか。

(県林業総合技術センター 専門研究員兼木材化工科長 仁木龍祐)

タンクの中で木材に薬剤を加圧注入するという方法がとられてきました。

防腐防虫性能を持つ薬剤として、日本では四十年近く前から、CCA（クロム・銅・ヒ素）が大量に使われてきました。この薬剤は効果は非常に高いのですが、薬剤の毒性のほか、処理木材を廃棄するとき有害成分が飛散し、環境汚染を引き起こすとされ、大幅に使用が制限されるようになりまし。それに伴って、この十年余り代替



現在試験中の最も古いサンプルは八年以上になります。が、まだまだ健全な形を保っています。

AACなど外国で開発されたものが多い中で徳島発純

アクリル酸亜鉛で処理されたスキの木製遊具(徳島市の蔵本公園)

1 はじめに

世界的に環境意識が高まり、地球温暖化や環境汚染防止に向けた取り組みが行われている。産業界においても製品製造のエネルギー効率を良くすることや、廃棄時の環境負荷を少なくすることに努力を払い、さらには資源をリサイクルする動きが活発になされるようになった。このような中で、林業・木材業界にあっても地球環境保全にむけた産業システムのあり方を真剣に考える時期にきている。巷でよく言われるように、「木材は生物資源で環境に優しく、植林すれば資源のリサイクルが可能だ」とたかをくくっているだけではすまされない、大きな産業変革の波が打ち寄せている。

木材産業を環境という側面から眺めればいろいろな課題がある。まず製材等の焼却処理は、代表的な環境ホルモンといわれているダイオキシンの排出問題を孕む。防腐・防蟻処理材は環境汚染の問題に絶えず向き合っており、CCA 処理材は西欧ではすでに使用禁止あるいは規制対象となっている。さらに身近な問題として、合板・集成材等の建材から放散されるホルムアルデヒド等の問題はシックハウス問題として住環境に影響を与えるが、これは一面無垢材等、国産材復権の流れとなっている。また、1999年4月に告示される次世代省エネ基準の背景には、地球温暖化防止のためのCO₂排出抑制という目的がある。

今この時期にこうした木材の地球環境に果たす役割を積極的にPRするとともに、林業から木材製品の製造、消費等に至る資源の循環系を環境負荷のより少ないシステムに転換することが必要である。

表1 木材産業を巡る環境規制等の動向

1988.11	気候変動における政府間パネルの設置
1992. 6.13	地球サミットで気候変動枠組条約が成立（日本が署名）
1997. 2. 1	CCA等に含まれるヒ素化合物の排出基準値の強化(水質汚濁法の改正)
1997. 6.18	廃棄物の処理及び清掃に関する法律の一部改正
1997. 8.29	大気汚染防止法施行令の一部改正
1997.12.11	地球温暖化防止京都会議（COPⅢ）で京都議定書の採択
1998. 4	厚生省、建設省、通産省、林野庁に加え関係業界団体からなる健康住宅研究会が室内化学物質汚染についてガイドラインを発表
1999. 4	次世代省エネ基準の告示

2 環境ホルモンと木材

米国の生物学研究者シーア・コルボーンらはその著書『奪われし未来（Our Stolen Future 1996年刊）』で、合成化学物質が人類に及ぼす影響について警告を発した。環境ホルモンとは、私たちの内分泌¹⁾系を乱し、私たちの子孫にまで悪影響をおよぼす外界からの有害物質のことである。ここでは環境ホルモンについて簡単に概説する。

環境ホルモン(内分泌攪乱化学物質)は、人間が広範に使用し、環境に蓄積させてしまった合成化学物質のうち、人をはじめとする様々な動物の内分泌系を狂わせる汚染物質のことである。代表的なものに、DDT²⁾などの農薬、PCB³⁾類などの工業化学物質、ダイオキシンなどの非意図的生成物、DES⁴⁾などの医薬品などがある。生物がこれらの物質をごく微量でも発生初期に浴びたり、長期に浴びたりすると、内分泌系、免疫系、神経系に様々な形で異常を引き起こすことが分かってきている(図1)。

このように、環境ホルモンはさまざまな生物学的作用をひき起こすが、次のような共通した特徴を持っている。

- ・ベンゼン環⁵⁾を持っている。
- ・分子サイズが小さく単純な構造。
- ・水に溶けにくく油に溶けやすい。
- ・生分解性が低い。

すなわち、ベンゼン環は医薬品、合成繊維、木材など身の回りにある物質の重要な基本構成である。そして環境ホルモンは脂溶性で分子サイズも小さいため、容易に細胞内に侵入できる。さらに生体内で分解しにくく、そのままの形態を保ち続けてしまうのである。

その他、環境ホルモンはごく微量⁶⁾で作用する、性ホルモンとよく似た振る舞いをする等の特徴をもつ。女性ホルモンのエストロゲン⁷⁾とよく似た生理作用を示すことから、多くの環境ホルモンを「エストロゲン様物質」とよぶ。

環境ホルモンについてはまだ十分分からないことが多いが、木材の焼却に伴うダイオキシンの発生はもちろん、高次加工に係る化学物質の使用について、注意を払っていく必要がある。⁸⁾

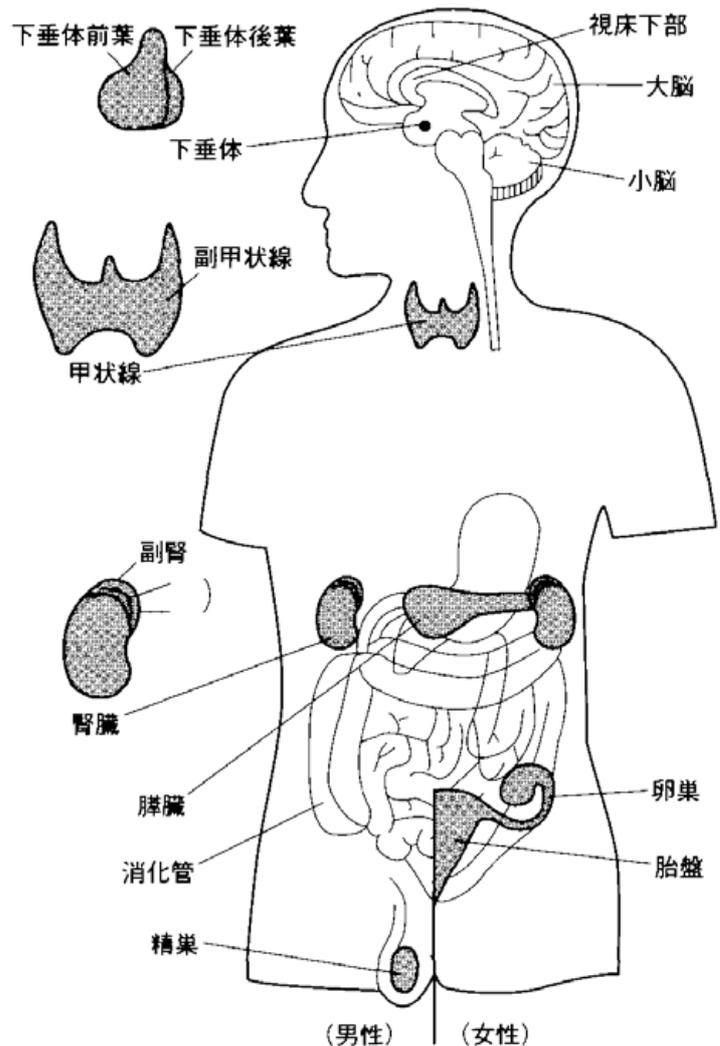


図1 ヒトの主な内分泌器官の位置

- 1) 消化酵素のように分泌管を経由して放出される外分泌に対して、管を経ずに直接血流に放出されるホルモンの分泌などを内分泌という。
- 2) 1877年に初めて合成され、農薬、チフスの防除に使われた。マラリアなどの予防のため、まだ中南米等で使用されている。DDTを投与されたオスの精巣は発育が著しく阻害される。
- 3) ポリ塩化ビフェニール。1881年に独の科学者によって合成され1929年にはじめて工業生産される・電気絶縁体、熱媒体、難燃剤、溶剤、潤滑油などに広く利用されてきた。日本ではカネミ油症による中毒事件を契機に1972年に生産中止となった。サルを用いた生殖試験では月経出血異常や受胎率の減少が認められている。
- 4) 1938年に女性ホルモンのエストロゲンのように作用する奇跡の薬 DES (ジエチルstilbestrol) が開発された。切迫流産防止のため広く用いられたが胎児へ悪影響を及ぼすことがわかり1971年に使用禁止となった。
- 5) 6個の炭素(C)が環状につながったところに水素(H)がついた単純な構造であり、医薬品、合成繊維、木材などの重要な基本的構成物である。

6) ホルモンの濃度で問題となるのは ppt (1兆分の1) という単位。甲子園球場に水を満たして1個の角砂糖を入れて十分かきまぜるとその濃度は1 pptになる。

ppm : parts per million 100万分の1の濃度

ppb : parts per billion 10億分の1の濃度

ppt : parts per trillion 1兆分の1の濃度

7) 女性の卵巣などから分泌される女性ホルモン。

8) 環境庁が1997年7月に発表した「環境ホルモンの疑いがある67物質」ではダイオキシン類、PCBなどのほかに殺虫剤や殺菌剤、合成化学物質の原料、可塑剤などの建材に関連しそうな物質があげられている。このなかで明らかに使われている物質を示す。

フタル酸エステル類：DEHP (DOP)、DBP など塩化ビニル樹脂、酢酸ビニル樹脂など合成樹脂の可塑剤
(樹脂の柔軟性を出す薬剤)

ピレスロイド系薬剤：ベルメトリン。殺虫剤、防蟻剤に用いられる。

3 ダイオキシンと木材

ダイオキシンとは何か

- 環境ホルモンの代表格といわれるダイオキシンは、モノの燃焼に伴って非意図的に生成される有害な有機塩素化合物である。ポリ塩化ジベンゾ-p-ダイオキシン (PCDD) とポリ塩化ジベンゾフラン (PCDF) とを合わせた総称をダイオキシン類と呼び、結合できる塩素との組み合わせで PCDD では75個、PCDF では135種類のダイオキシンが生成される (図2、3)。

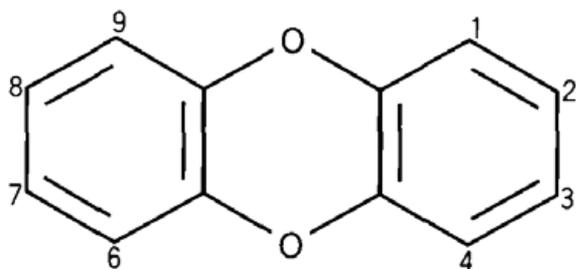


図2 PCDDの化学構造

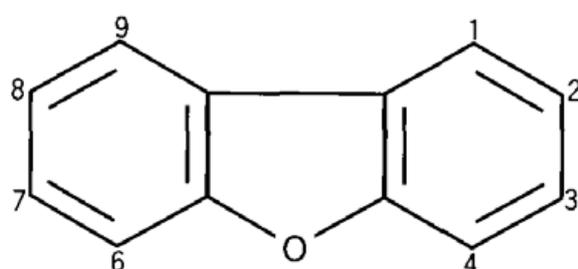


図3 PCDFの化学構造

※1～9の位置に塩素 [Cl] が合計1～8個つく

- ダイオキシン類は、環境中で分解しにくく、生物の脂肪細胞に蓄積することが知られている。そして、ダイオキシン類の中でも最も毒性の強い2,3,7,8-TCDDについては、人に対する発がん性が確認されている。
- 主な排出源としては、廃棄物焼却施設、金属精錬用電気炉、紙パルプ工場等が知られており、我が国のダイオキシン総排出量の約9割が廃棄物焼却施設からの排出であるとされている。
- 人体へのダイオキシン類の摂取は、食品及び空気からのものがほとんどであり、食品からの摂取が多い。

木材からのダイオキシン発生について

木材中の主成分であるリグニンは多数のベンゼン環がつながっており、セルロースも焼却炉内で分解すると様々な過程を経てベンゼン環を持った有機化合物が生成されると言われる。そして、これら

の有機化合物がゴミや大気中の塩素と反応すると、最終的に PCDD や PCDF のダイオキシン類が生成するとされている。

木材からのダイオキシンの発生源については実態の把握が難しく、評価は必ずしも定まっていないが、各国で次のような調査がされている。

デンマーク：小規模の焼却炉でブナ、シラカンバ、トウヒを燃焼させた結果、高濃度は検出されなかった（最高で約 $1.5\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ ）^{1),2)}としている。年間の負荷は推定で $0.4\text{g-TEQ}/\text{yr}$ であり、焼却全体の1/100以下である。

スイス：天然木材（ブナ）は $0.019\sim 0.214\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ と低くチップボードも同じレベルである。これが廃木材となる $2.7\sim 14.4\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ となり、木材防腐剤の影響が考えらる。また、家庭用ストーブでは $114\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ と高いためか、年間の負荷は $3\sim 10\text{g-TEQ}/\text{yr}$ であり、全排出量の3～10%を占めるとしている。

ドイツ：木材プラントで行われた調査では天然木材でも $0.1\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ を超える場合があり、塩化アンモニウム（難燃化）合板やPVC被覆合板を添加した場合には燃焼条件の悪化により $10\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ 近い濃度となった。年間の排出量は1プラントあたり $1\sim 50\text{mg-TEQ}/\text{yr}$ と推定しており、人口の少ない非工業地帯では15%に相当する。

（参考）ダイオキシンの排出削減規制

平成9年6月18日に「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」が改正され、平成9年12月1日からダイオキシン排出削減に係る規制が施行された。我が国のダイオキシンの総排出量の約8～9割が廃棄物焼却施設から出されているという推計もあり、廃棄物の焼却について今回規制の強化が図られたものである。

また平成9年6月20日に環境庁の諮問機関である中央環境審議会において、ダイオキシン類が大気汚染防止法の指定物質に指定され、対策実施の指針となる大気環境濃度を設定する等の答申が行なわれた（表2）。これを受けて8月には大気汚染防止法施行令の一部が改正され（平成9年12月1日施行）、排出抑制対策の具体化が図られた。

表2 中央環境審議会「ダイオキシン類の排出抑制対策のあり方について」の要点

- ・ダイオキシン類を大気汚染防止法附則第九項の指定物質に指定すること。
- ・大気汚染防止法附則第九項に基づくダイオキシン類に係る指定物質排出施設として廃棄物焼却炉等を指定すること。
- ・大気汚染防止法附則第九項に基づくダイオキシン類に係る指定物質抑制基準の考え方として、次のように提案すること。
廃棄物焼却施設 新設 $0.1\sim 5\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$
既設 $1\sim 10\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ （5年以内に達成。ただし1年以内に達成可能な当面の基準として、 $80\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ ）
- ・施策実施の指針となる大気環境濃度として、当面、年平均値 $0.8\text{pg-TEQ}/\text{m}^3$ 以下とすること。

- 1) 1 mg (ミリグラム) : 1000分の1g, 1 μg (マイクログラム) 100万分の1g, 1 ng (ナノグラム) : 10億分の1g, 1 pg (ピコグラム) : 1兆分の1g 厚生省研究班では、健康影響の観点から一生涯にわたり1日当たり摂取しても許容される量として TCDD として体重1キログラムあたり1日10pg と提案している。
- 2) TEQ: 毒性等量。ダイオキシン類の中で最強の毒性を有する2,3,7,8-TCDD (青酸カリの1000倍の毒性をもつ)の量に換算した量として表していることを示す符号。
- 3) N: 0度、1気圧の状態に換算した気体の体積。

4 地球温暖化防止と木材

平成9年12月に地球温暖化防止京都会議が開催され京都議定書が採択された。この議定書は先進国が2008年から2012年までの5年間(第1期)に温暖化ガスの平均排出量を90年比で約95%以内に減らすことを決めたものである。そして各国が約束した排出目標量をいかなる国内制作手段で達成するかは、それぞれの国の自主的判断にゆだねられており、我が国でも法制定の動きがある。

そもそも地球温暖化問題とは、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガス(CO₂¹⁾のほかにメタン²⁾・亜酸化窒素³⁾・フロンガス⁴⁾が過剰に放出・蓄積されることにより、大気中の温室効果ガス濃度バランスが崩れ、地球上の気温が上昇する現象である。

地球温暖化問題を検討する IPCC (気候変動に関する政府間パネル) の試算によれば、現状が放置された場合、21世紀末の地球全体の平均気温は、約2℃、海水面は約50cm上昇するとされている。過去1万年の人類の歴史の中で、19世紀の産業革命以降の経済の発展とともに、排出、蓄積された温室効果ガスによる温暖化現象が顕在化しつつあり、近年注目されている。

人体に直接健康被害を及ぼすダイオキシン等と違って地球温暖化問題は長期にわたり徐々に気候変動をもたらすものであり、対策に関するコンセンサスが得られにくい。人類の生活環境を悪化させるという意味で環境問題であると同時に、省エネルギー、クリーンエネルギーへの転換が必要であることからエネルギー問題でもある。

これまで木材は「燃える、腐る、狂う」という3大欠点を持つと言われてきたが、地球環境問題を考えると、それはそのまま3大長所と言い換えることができる。分解しやすい(燃える・腐る)上に、このような異方性の材料(そのため狂う)を人工的につくろうと思えば莫大なコストがかかるからである。製造時の消費エネルギーでは、1m³の木材(天然乾燥)を生産するのに炭素換算で約16kgであるのに比べ、鋼材とアルミニウムはそれぞれ5,320kg、22,000kgと木材が桁違いに少ないことがわかる(表3)。金属、化石資源には限りがあり・炭素貯蔵や資源の再生産面でのメリットと考えあわせると、これほどの材料



は他に見当たらないといえる（表4）。

1) 二酸化炭素：大気の主成分は水分を取り除くと窒素（78%）酸素（21%）の2つの化学物質でほとんど構成される。二酸化炭素は大気中に350ppmしか含まれない微量気体である。地表から放出されるエネルギーは赤外線を取り、大気にある水蒸気や二酸化炭素などによって吸収される。この熱エネルギーはまた地表に向けて再放射され、地表の温度を高める役割を果たす。

注) 1 ppm：大気中の分子100万個のうち分子が1個含まれる。

1 ppb：大気中の分子10億個のうち分子が1個含まれる。

2) メタン：有機物が酸素の不足している状態で、腐敗、発酵するとき発生するといわれている。自然湿地、水田、家畜の腸内発酵、あるいは糞尿や堆肥の処理過程などから発生する。その大気中の濃度は1.7ppmで毎年1%程度の割合で増えている。二酸化炭素に比べるとはるかに微量しか含まれていないものの、温暖化効果は二酸化炭素の20倍から60倍で温暖化現象の20%を占めるといわれる。

3) 亜酸化窒素：海洋や森林土壌から自然放出される他、化石燃料やバイオマス燃料、開墾、肥料などからも放出される。大気中濃度は310ppbで毎年0.2ないし0.3%の割合で増えている。微量ではあるが温暖化効果は二酸化炭素の230倍程度で大気中での存在年数も150年と長く全体の温暖化要因のほぼ6%を占めると考えられている。

4) フロンガス：冷蔵庫、クーラーの冷媒、スプレー、半導体の洗浄など多方面で利用されてきたが、オゾン層を破壊するという危険な性質を持っていることがわかり、1987年にカナダのモントリオールの国際会議でその製造と使用を20世紀の終わりまでに全廃するという決議が採択された。しかしながらこれまでに放出されたフロンガスは100年間にわたり大気中に残存する。

表3 各種材料製造における消費エネルギーと炭素放出量

材 料	製造時消費エネルギー		製造時炭素放出量	
	MJ/ton	MJ/m ³	kg-C/ton	kg-C/m ³
天然乾燥製材 (比重：0.50)	1,540	770	32	16
人工乾燥製材 (比重：0.50)	6,420	3,210	201	100
合 板 (比重：0.55)	12,580	6,910	283	156
パーティクルボード (比重：0.55)	16,320	10,610	345	224
銅 材	35,000 [25,200**]	266,000 [191,500**]	700 [504**]	5,320 [3,830**]
アルミニウム	435,000 [228,500***]	1,100,000 [577,500***]	8,700 [4,570***]	22,000 [11,550***]
コンクリート	2,000	4,800	50	120

*：回収率35%、回収・再加工のためのエネルギーは鉄鉱石からの20%と確定。

**：回収率50%、回収・再加工のためのエネルギーはボーキサイトからの5%と仮定。

表4 金属・化石資源の可採年数

資 源	単 位	確定埋蔵量 R	年間採掘量 P	可採年数 (R/P)
石 油	億バレル	10,016	218	46
天然ガス	億m ³	1,130,000	21,000	56
石 炭	億トン	13,113	32.8	328
鉄 鉱 石	億トン	2,130	9.2	232
ボーキサイト	億トン	232	1.0	232
ニッケル	百万トン	10,941	85.7	129
鉛	百万トン	12,500	577.2	22
錫	百万トン	428	18.4	23
銀	千トン	435.8	14.4	30
金	千トン	48.2	1.5	31
銅	百万トン	56,000	1,057.3	53
亜 鉛	百万トン	29,500	725.5	41

資料：資源エネルギー庁（1988）

5 シックハウス症候群

シックハウスとは、住宅の室内化学物質汚染が原因で化学物質過敏症、アレルギー症状を引き起こ

表5 優先取組物質の主な用途

ホルムアルデヒド：合板・パーティクルボードなどに使われる接着剤の原料。壁紙、壁紙接着剤の防腐剤として利用されているものもある。
トルエン：施工用の接着剤や塗料の溶剤などに利用される。
キシレン：施工用の接着剤や塗料の溶剤などに利用される。
木材保存剤：木材の防腐・防蟻、防虫及び防かびを目的とした薬剤で土台などの木材処理に利用される。
可塑剤：プラスチック（ポリ塩化ビニルなど）の材料に柔軟性を与えたり、加工をしやすくするために添加する薬剤。ビニルクロスや合成樹脂系のフローリング材に利用される。
防蟻剤：しろありによる被害を防ぐために用いられる薬剤で土台などの木部の処理や土壌処理に利用される。

出典：『室内空気汚染の低減のためのユーザーズ・マニュアル』（平成10年3月 健康住宅研究会刊）

表6 ホルムアルデヒドの放散量に関する規格（単位mg/ℓ）

合板・複合フローリング（JAS規格）	F 1：平均0.5以下最大0.7以下 F 2：平均5以下最大7以下 F 3：平均10以下最大12以下
MDF・パーティクルボード（JIS規格）	E 0： 0.5以下 E 1： 1.5以下 E 2： 5以下

す住宅のことである。海外ではシックビルディング症候群という表現がよく用いられる。ここ数年、建材等から放散する揮発性有機化合物（VOC¹⁾）による健康被害が問題となっている。

そのため、平成8年7月には建設省、通産省、林野庁や関連業界等が「健康住宅研究会」を組織し室内空気汚染対策を検討し、平成10年4月

には検討の成果としてガイドラインを発表した。その中で安全な居住空間を実現するために当面優先的に配慮されるべき優先取組物質（ホルムアルデヒド²⁾、トルエン、キシレンの3物質、及び木材保存剤、可塑剤、防蟻剤の3薬剤）が選定されている（表5）。このうちホルムアルデヒドは木質材料にとって重要な物質

であり、合板、集成材、パーティクルボード、MDF等に使用される接着剤には多く含まれている（表6）。厚生省はホルムアルデヒドの室内濃度の指針値をWHOに従い、0.1mg/m³³⁾以下と定めた。

ホルムアルデヒドの基本的な低減対策については、①使用材料の低・非ホルムアルデヒド化、②設計、施工での材料選択、③通風・換気、がいられている。

表7 有機性室内空気汚染物質の分類（WHO）

名 称	略 称	沸点範囲(℃)
超揮発性有機化合物	VVOC	<0 50-100
揮発性有機化合物	VOC	50-100 240-260
半揮発性有機化合物	SVOC	240-260 380-400
粒子状物質	POM	>380

表8 ホルムアルデヒド濃度と人間への知覚状況

気中の濃度(ppm)	知覚状況
0.2	臭気を感じるが、すぐになれて感じなくなる。
0.5	明らかに臭気を感じる。
1~2	不快感（目・鼻の刺激）がおこる。
3	刺激による苦痛を覚える。
5~10	目・鼻・のどに強い刺激。短時間耐えられる限度。
10~20	涙・せきが出る。深い呼吸が困難になる。
50~100	5~10分で深部気道障害を招く。

- 1) 有機性室内空気汚染化学物質について WHO（世界保健機関）は沸点に応じて分類している。VOC は沸意が50℃～100℃、240℃～260℃の揮発性有機化合物のこと。ちなみにホルムアルデヒドは超揮発性有機化合物（VVOC）に属し、沸点が0℃以下と50℃から100℃にある（表7）。
- 2) 化学式 HCHO の無色で鋭い刺激臭の可燃性気体で、水によく溶けその水溶液はホルマリンと呼ばれる。毒物及び劇物取締法では劇物に指定されている。ホルムアルデヒドの気中濃度が数 ppm 以上に達すると異臭を感じ、目がちかちかする、喉が痛むといった症状が出る（表8）。なおホルムアルデヒドは多くの食品中や木材にも天然で含まれている。
- 3) ホルムアルデヒド濃度0.1mg/m³とは、室温23℃の下で約0.08ppm に相当する。

6 木材利用のあり方

前項でみたとおり、20世紀は資源浪費、環境破壊型の経済システムにより大気汚染や地球温暖化をもたらした。これを反省し、世界各地で環境負荷の少ない経済社会の構築に向けた取り組みがなされている。1995年4月、国連大学は廃棄物を全く出さない革新的な製造技術の開発を目指す「ゼロ・エミッション計画」を提唱した。ゼロ・エミッションとは廃棄物ゼロと訳される。企業活動や生産活動の中で排出物、廃棄物を一切出さないようにする仕組みである。環境庁の外郭団体である環境事業団では、平成9年度より自然環境・社会環境・経済環境との共生を目指した地域企業を核とした排出物ゼロを目指した企業団地づくりに着手した。神奈川県川崎地区や屋久島全島などにおいてエネルギー、物質・資源の効率的利用の推進・排出される廃棄物の原料化（リデュース）・再利用（リユース）

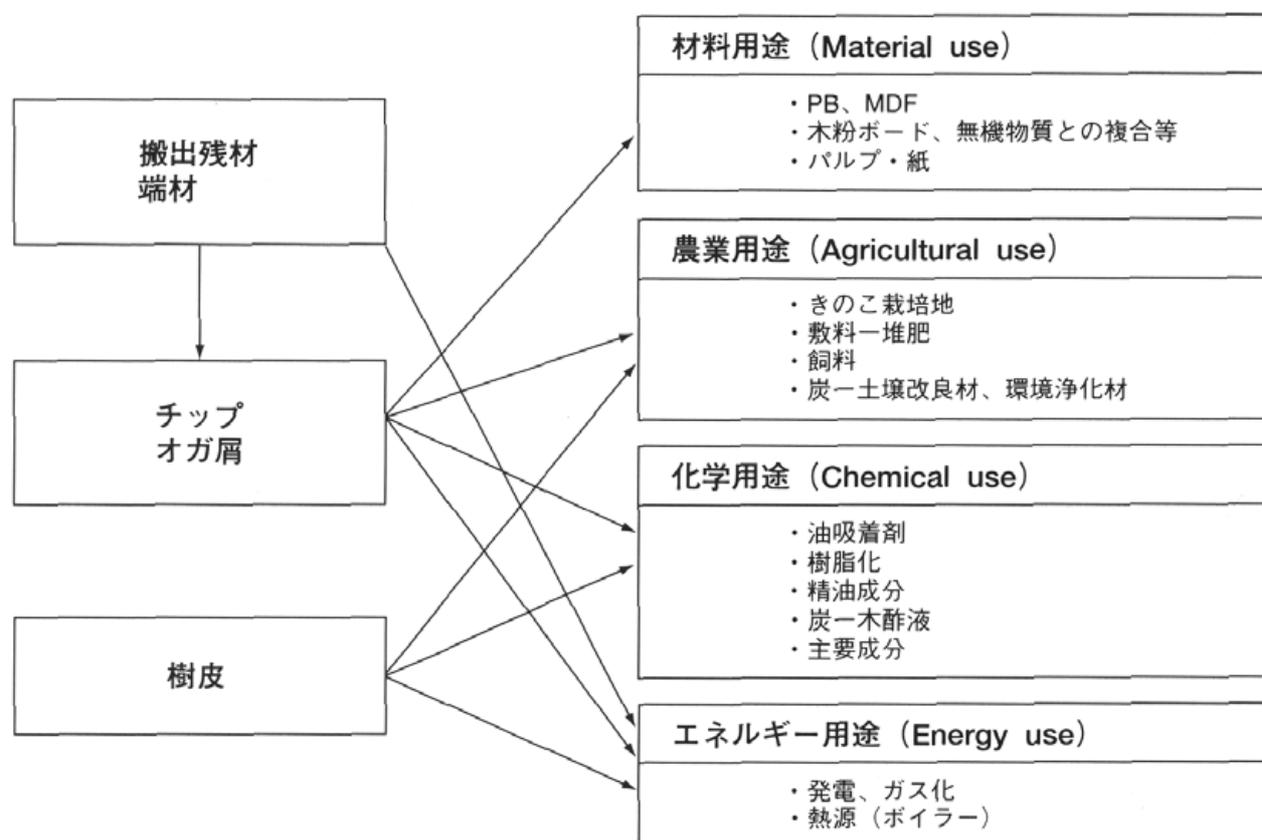


図4 廃材利用の概念

出典：『平成9年度地域異業種交流技術開発推進事業報告書 [徳島県]』(社)全国林業改良普及協会刊

ス)・再資源化(リサイクル)などを目指した団地づくりがなされる。

さて木材産業であるが、木質材料は原料形態が素材―製材―板―削片―繊維というように基本的にカスケード(段階)利用型をなしている。このように木材産業は本来、環境負荷の少ない資源であって、廃棄物発生抑制のやり方によればゼロエミッション形産業への脱皮も夢ではないと言える(図4)。

こうしたなかで、最近、商品の品質管理・保証と環境管理をチェックする国際規格「ISO9000/14000シリーズ」の認証を取得する企業・団体が増えている。製品の設計、製造から検査までの一連の工程における品質管理能力を品質システムとしてとらえ、これを認証するために必要な事項を規格化したものが国際標準化機構(International Organization for Standardization)のISO9001~9003までのシリーズである。これに加え、地球環境の負荷低減という社会的ニーズの高まりにより、1996年9月環境管理に関する国際規格ISO14000シリーズが発行された。

ISO14000シリーズは環境管理システム、環境監査、環境パフォーマンス評価、LCA(ライフサイクルアセスメント)、環境ラベリングからなる。このうち、ライフサイクルアセスメントは製品の設計から廃棄まで、いわゆるゆりかごから墓場までの環境影響を最小化するための手法である。

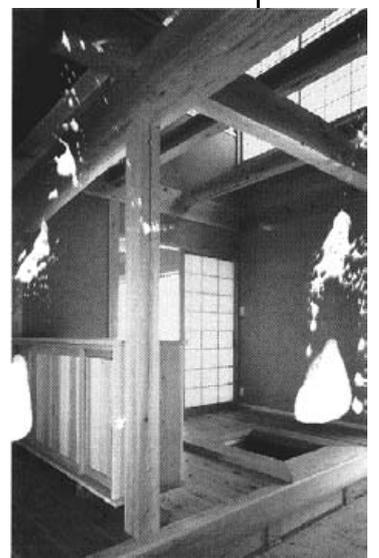
そして、このシリーズのうちISO14001は、環境マネジメントシステムについて規定したISO14000シリーズの核となるものである。経営トップが企業の方針を決定し、各部署においてそれに基づく計画を立て、実行し点検と是正を行ない、うまく行かなかった場合は再度方針や計画を見直すというシステムを環境という観点で実施するというもの。木造住宅メーカーの大手住友林業では、1997年8月に住宅本部・北関東ブロックを対象にISO14001を取得し、商品開発から建設、建設廃棄物のリサイクルまで家づくりの全過程を対象とした取り組みを始めた。

【第2章の参考・引用文献】

- 1 『環境ホルモン』 笹 義人 講談社ブルーバックス 1998.9
- 2 『環境ホルモン入門』 立花 隆、東京大学教養学部立花隆ゼミ 新潮社1998.7
- 3 『廃棄物処理におけるダイオキシン類削減対策の手引き』 平岡正勝、岡島重伸編 環境新聞社 1998.8
- 4 『奪われし未来』 シーア・コルボーンほか 翔泳社 1997.9
- 5 『ゴミと化学物質』 酒井伸一 岩波新書 1998.6
- 6 『室内化学汚染』 田辺新一 講談社現代新書 1998.
- 7 『室内空気汚染の低減のためのユーザーズ・マニュアル』 健康住宅研究会 1998.3
- 8 『建築知識 健康建材のメリット・デメリット』 野池政宏 1998.9
- 9 『木材の接着・接着剤』(社)日本木材加工技術協会編 1996.2
- 10 『地球温暖化を考える』 宇沢弘文 岩波新書 1995.8
- 11 『地球温暖化対策に関する最近の国内動向』 河野裕之 山林 1998.10
- 12 『ゼロ・エミッションの日本経済』 三橋規宏 岩波新書 1997.3
- 13 『環境に関する国際規格―ISO14001と森林経営』 小林紀之 山林 1998.2
- 14 環境庁ホームページ www.eic.or.jp/eanet/
- 15 通産省ホームページ www.miti.go.jp/index.html
- 16 厚生省ホームページ www.mhw.go.jp/index.html

第3章 技術編

徳島すぎの利用技術



スギの技術

県のOUR研究

=77=

木材が鉄筋コンクリートよりも強いということをご存じの方は、存じでしょう。鉄筋コンクリートが鉄(引っ張りに強い)と、コンクリート(圧縮に強い)の性質を補充した優れた建築材料であることは言うまでもありません。

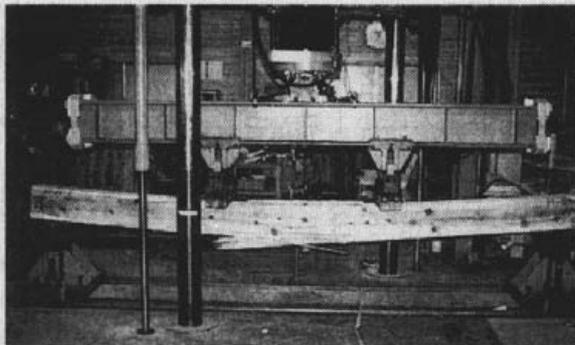
ところが、建築材料を同じ重量で比較した

「比強度」は木材が勝っています。スギの比強度は、引っ張りの強さで鉄の四倍、圧縮強さでコンクリートの五倍もあり、鉄筋コンクリートと比べても四倍の強さを持ちます。つまり、スギと鉄筋コンクリートで同じ強さの構造物を造ったとすると、スギの方がずっと軽くできるということです。さらに軽い方が基礎工事が簡単で、地震に対しても有利となります。

こうしたことから、県林業総合技術センターでは県産スギを建築の構造

高強度、課題は均質性

徳島スギの利用開発



実大強度試験機によるスギ梁材の曲げ試験

されてきました。これまで、スギ梁材(一〇センチ×二四センチ×四センチ)を破壊し強度試験を行ってきた結果、曲げ強度の平均値では一立方センチメートル当たり約三百五十キログラム(約七トンの荷重に耐えられる)であり、建築基準法施行令で定められているスギの材料強度(一立方センチ当たり二百二十五キログラム)よりも高いということが分かりました。全国でもこうした強度データを蓄積してきた結果、スギは丸太から製品に至る合理的な出荷体制について検討されています。

木材は生物材料ですから、鉄などと違って強度にバラツキが生じます。このため、強度試験とあわせて、材を破壊せずに木材強度を推測する合理的な材料選別の方法を検証しています。製材品の木口をハンマーなどで打撃し、その音の周波数(高さ)と重量から強度を推測するという方法です。この方法は丸太段階でも有効であることを実証しており、現在、県内の林業グループと一緒に丸太から製品に至る合理的な出荷体制について検討されています。

度が低くならず、同じような節がある場合、ベイマツよりも強度が高いことも分かり、このことが建設省に認められるようになりまし

す。こうした方法で材料を仕分ければ、強度のバラツキが抑えられ、より信頼性の高い構造材を出荷することができま

(県林業総合技術センター 主任研究員 坂田和則)

1 徳島すぎの葉枯らし乾燥技術

葉枯らし乾燥の考え方

1 葉枯らし乾燥とは

「葉枯らし乾燥」とは、伐木後枝葉をつけたまま一定期間林内に放置し、枝葉が黄変し、または赤変して枯れるまで自然乾燥させるもので、一般にあく抜き、又は渋出しと称する乾燥処理法である。

2 葉枯らし乾燥の必要性

伐採直後の木材は、多量の水分が含まれている。木材は水分量によって膨脹・収縮する。生材のまま使用すれば乾燥するにつれて収縮し、製材品に隙間や狂い、割れなどが発生する。また、生材のままではカビが生じ易く、腐蝕する危険も大きくなる。

こうしたことを防ぐためには、木材をあらかじめ十分乾燥しておく必要がある。

3 葉枯らし乾燥が見直される背景

スギの葉枯らし乾燥は、昭和20年代までは伐木運材の一工程としてほとんどの林業地で行われてきた。その第一目的は、材を乾燥させることにより集運材作業を容易にさせることにあった。また、吉野林業地で行われた「渋出し・アク抜き」といわれるのは、材の色出しをすることでか虫菌類の被害の軽減を図るなどが主要なものであった。

しかし、昭和30年代に入ってから、伐木運材作業の機械化の進展と樹皮の利用が低下したことから葉枯らし乾燥は衰退したといえる。

最近では、この葉枯らし乾燥が見直され、復活する林業地が増加している。この要因としては、まず第一に生材に比べて幾分高価に販売出来る可能性があること。また乾燥にともなう材の軽量化によって集運材費が低下すること。さらに消費者ニーズとして高品質材志向が増加していることなどがあげられる。つまり、葉枯らし乾燥は付加価値向上策の一つとして注目されている。

4 葉枯らし乾燥のメカニズム

葉枯らし乾燥効果を樹木の生理面から見ると、樹木は伐倒後一定期間生きており、生理的機能を持ったまま急激に水分を失って、ついに機能を停止する変化の過程といえる。樹木の水分減少による生理的变化が成分に及ぼす影響は、エチレンが最も顕著と見られている。エチレンは心材形成や変色材形成の引金となっている。

また、外因による樹体の傷害でエチレンを投与した際には着色材が形成されて、デンプンの消失やベンゼン含有量の増加及びフェノール含有量の増加等が観察されている。

すぎ葉枯らし乾燥の実務

1 作業手順の決定

葉枯らし乾燥を実施するためには、伐出作業を一時中断する必要がある。すなわち、立木を伐倒した後一定期間林内に放置し、枝葉が黄色または赤色に変色した後に枝払いと一定の寸法に玉切りしなければならない。さらに、一定箇所を集積し、原木市場などの目標地点まで運搬した上、長径級別にはい立をして生産を完了することとなる。

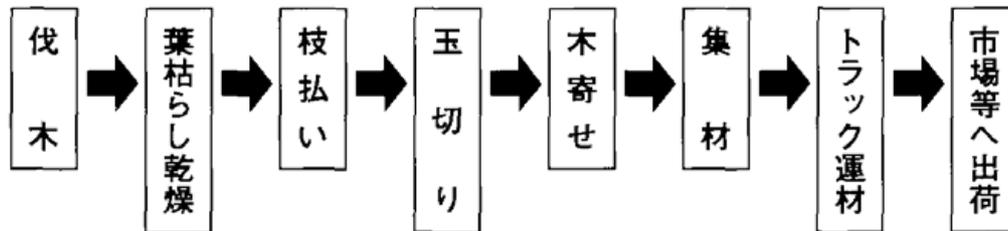


図1 葉枯らし材生産の作業手順

作業仕組は地域や地形また作業規模等によって様ではないが、標準的な作業手順を示すと次のとおりである（図1）。

2 伐採の時期

昭和61年12月の森林所有者を対象としたアンケート調査によると、春伐り（3月）2%、夏伐り（7～8月）10%、秋伐り（9～11月）55%、寒伐り（1～2月）33%となっており、本県の場合は秋伐りが主体を占めている。

葉枯らし乾燥を実施する場合には、葉枯らし期間の長短を考慮すれば年間を通じて伐採することが可能である。しかし、樹皮付き材の場合は虫菌害防止のため梅雨期の伐採を避けることが望ましい。

3 伐採の方法

伐採の方向は山側でも谷側でも、乾燥の程度はあまり変わらない。しかし、谷側方向に倒すと葉が重なり、下積みの木は蒸散量が制限され、葉枯らしの効果は小さくなる。

葉枯らし乾燥効果をより大きくするためには、伐倒木の梢頭部が山の傾斜面の上方に向くように伐倒し、その伐り口の下端は伐り株の上に乗せて土に着かないように処置することが重要である。

4 伐倒木の枝払いと剥皮

枝葉が多い程葉枯らし乾燥効果が大きいことから、梢頭部の枝葉は出来るだけ多い方が良い。従って、一般には枝払いをしないか又は、枝払いをする場合でも、6m程度までは必ず枝葉を残すことが必要である。

なお、剥皮については、材面の干割れや損傷防止の面を考慮すれば、皮付きのまま葉枯らしする方が得策である。

5 穿孔性害虫の予防

葉枯らし乾燥を実施する際の問題点の一つとして穿孔性害虫の予防技術の確立が上げられる。

スギ伐倒木に被害が認められる主な害虫は、ハンノキクイムシ、トドマツオオクイムシ、オオゾウムシ、ヒメスギカミキリ等の穿孔性害虫である。

誘引トラップ（誘引剤はα-ピネンを主成分とするマダラコールとエチルアルコール、誘引器は黒色湿式）によるクイムシ類等の成虫捕獲調査によると2器の誘引器で捕獲した成虫の主な種類の月別捕獲数は、図2のとおりである。

なお、主要な穿孔性害虫の中で早いものは4月中旬から産卵を開始する。従って、遅くとも4月中旬までは、葉枯らし乾燥を完了（1月までに伐採完了）しておく必要がある。

次に、一般的な虫害予防法を示すと次のとおりである。

①伐倒木の剥皮：クイムシ類には効果はないが、オオゾウムシやヒメスギカミキリの被害は完全

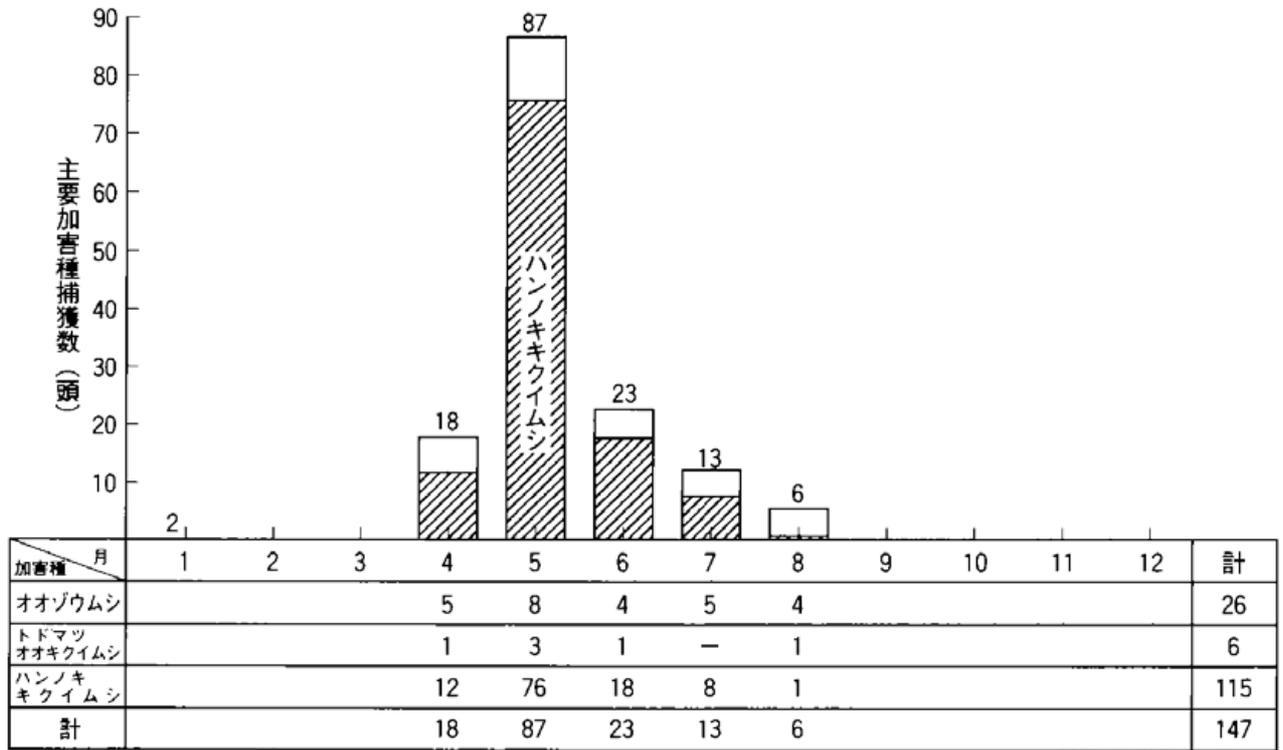


図2 主要な穿孔性害虫月別捕獲数

に防ぐことができる。

- ②伐採時期の調整：1月中旬までに伐採すれば、デンプン含有量の減少による防虫効果によって被害は受けにくい。
- ③薬剤散布：MEP 1・5%乳剤を600cc/m²の割合で樹皮表面に散布すると最低2か月間は予防効果がある。



伐り口を伐根に乗せ地表面との接触を避ける



峰方向に伐り倒し、枝葉を残す

6 葉枯らし乾燥の実施基準

スギ葉枯らし乾燥材の生産に当たっては、次の実施基準によることが望ましい。

(1) 葉枯らし乾燥の目的

木材の含水率を軽減することにより、ねじれ、反り、狂いといった欠点を少なくするとともに、スギ材独特の色・艶の向上を図ることで徳島すぎの付加価値を高めるものとする。

(2) 葉枯らし乾燥の実施基準

- ①伐採時期 : 乾燥の程度からみると7月中旬の梅雨明けから9月中旬が適期（最適期は8月下旬から9月上旬）である。穿孔性害虫の予防面からは2～6月における伐採は避けることが望ましい。特に4～6月は穿孔性害虫の生息密度が最も高いので、材の玉切り・搬出には十分注意する必要がある。
- ②伐倒方向 : 原則として、伐倒木の梢端部を峰方向に伐倒するものとする。ただし、作業の安全確保については、十分に留意するものとする。
- ③伐倒木元口の取扱い : 元口は出来るだけ伐根の上に置き、直接地面に触れないようにする。
- ④梢端部枝葉の程度 : 梢端部の枝葉は樹高の30%以上を残すものとする。
- ⑤葉枯らし乾燥期間 : 原則として、目標含水率を80%に置き、少なくとも夏期では2か月、春・秋期では3か月、冬期では4か月以上とする。

2 徳島すぎの人工乾燥技術

人工乾燥装置

密閉された室内に木材を積みし、適当な温度と湿度に調整された空気を循環させて乾燥する熱風乾燥が多く用いられている。

加熱方式としては蒸気ボイラーを用いる場合が多い。蒸気乾燥というと蒸気で蒸して乾燥すると誤解される場合があるが、加熱ヒーターを介して乾いた空気を供給しており、湿った蒸気は、湿度調整のために用いられる。

乾燥条件を自由にコントロールすることができるので、損傷を押さえながら木材の性質や仕上げの程度に応じて、効率的な乾燥ができる。

乾燥スケジュール

熱風乾燥では、木材の損傷を防ぎながらできるだけ早く乾燥させるため、木材の乾燥度合いに応じて段階的に温度と湿度を変える必要がある。乾燥初期に高温で乾いた空気になると表面割れが生じ、逆に乾燥末期に湿度が高すぎると乾燥が進まなくなる。

中温乾燥では、50℃～80℃の間で木材の含水率の低下とともに温度を上げていき、湿度は平衡含水率が木材含水率の1/2～1/3になるように調節する。

表1 スギ平割の乾燥スケジュール

含水率(%)	乾球温度(℃)	乾湿球温度差(℃)
生～50	55	4.0
50～40	◇	5.5
40～35	◇	8.5
35～30	◇	11.0
30～25	60	14.0
25～20	65	17.0
20～15	70	20.0

寸法：5.5cm×12cm、日数：8～12日(森林総合研究所)

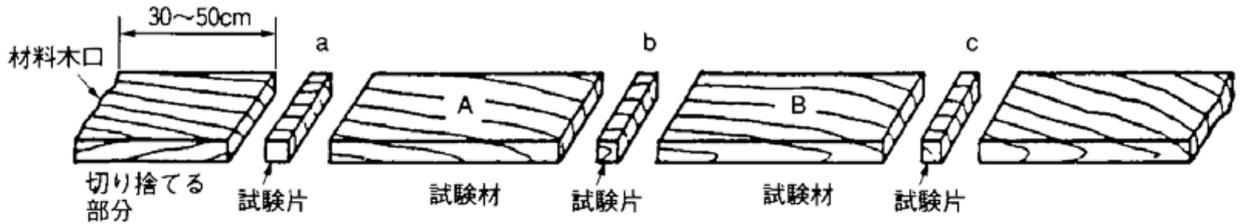


図3 試験材の取り方

乾燥スケジュールの一例を表1に示す。

熱風乾燥の操作

乾燥の手順を下に示す。

含水率の把握

乾燥させる木材のロットから、含水率が平均よりやや高めで、乾燥が少し遅れそうな材をサンプルとして選び、これを基準にしながら乾燥を進める。

まず、抽出したサンプルから試験片を切り取り、全乾法により含水率を求め、サンプル材の含水率を算出する。そして含水率のわかっているサンプル材を乾燥材と一緒に乾燥し、サンプル材の含水率を乾燥材全体の含水率と見なしてスケジュールを進める目安にする。

人工乾燥の手順

1 乾燥前の注意

栈積み

栈木の厚さ（断面約25mm角）

栈木の間隔（板厚によって変わる。薄いものほどせまくする。）

材の厚さと栈木間隔

材 厚 (cm)	1.2以下	1.2~2.4	2.4~3.6	3.6~6.0	6.0以上
栈木間隔 (cm)	30	45	60	75	90

栈積みの側面（まっすぐにする。）

サンプルの調整と含水率の測定

サンプルの選別（やや含水率が高く、乾燥の遅れそうなもの）

含水率の推定

サンプル材の置き方（乾燥しやすいところに置かない。）

乾燥スケジュールの決定

材の厚さ（スケジュールは、材の厚さによって決まる。）

天然乾燥材（最初は含水率区分を1段階高めを適用する。）

湿球温度計のガーゼの取り替え

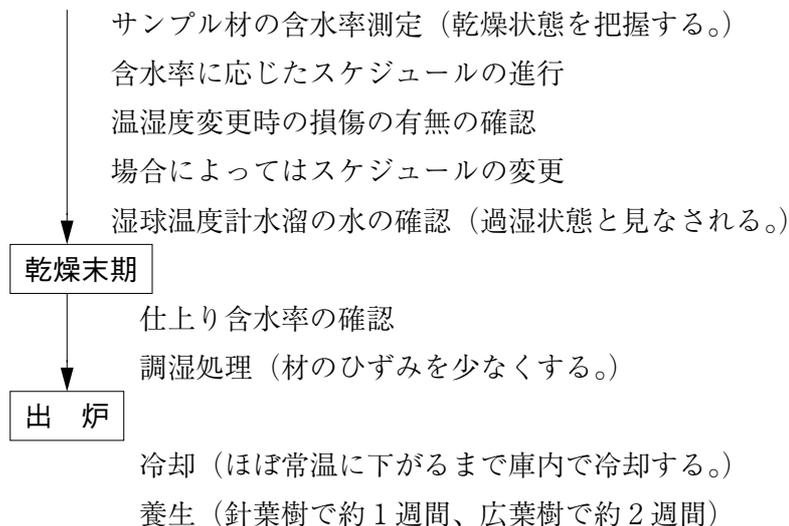
2 乾燥中の注意

乾燥開始

材温の上昇

蒸気噴射装置のないものでは表面割、表面異常乾燥に注意

乾燥中期



3 徳島すぎの強度

木材強度をどう把握するか

建築基準法施行令には木材の許容応力度（設計上許容される材料の強さ）が定められており、設計者はその値を部材強度として構造計算を行う（表2）。そして許容応力度を求める基準値は、従来、小さな試験体（JIS 曲げ試験では2～3cm角）のデータが使われていた。

ところが昭和50年以降にカナダで発表された一連の実大材強度試験の結果から、この基準値と実際の製品強度とが必ずしも一致しないことが分かった。このため各国で実大による強度試験が行なわれ始めたのである。

我が国でも昭和56年から3ヶ年間、本県のほか岩手、山形、静岡、奈良、島根が参加した共同プロジェクトで（林総セ 山本ら1981～1983）10.5cm角のすぎ正角の実寸法の強度試験が行われた。この研究から、強度を推定するのにヤング係数が有効であること、曲げヤング係数が高いものほど曲げ強度が高くなっていることなどが分かった（図4）。

ちなみにヤング係数とは木材の応力度（木が外力に抵抗する力）を、歪み度（外圧によって変形したものが復元する度合い）で割った数値のこと。簡単に言えば材のたわみ度合いを表わしこの数値が

表2 木材の繊維方向の許容応力度

種類	許容応力度	長期応力に対する許容応力度				短期応力に対する許容応力度			
		圧縮	引張り	曲げ	せん断	圧縮	引張り	曲げ	せん断
針葉樹	あかまつ、くろまつ及びべいまつ	75	60	95	8	長期許容応力度の2倍			
	からまつ、ひば、ひのき及びべいひ	70	55	90	7				
	つが及びべいつが	65	50	85	7				
	もみ、えぞまつ、とどまつ、べにまつ、もみ、 すぎ、べいすぎ及びスプルス	60	45	75	6				
広葉樹	かし	90	80	130	14				
	くり・なら・ぶな及びけやき	70	60	100	10				

（建築基準法第89条による）

大きいほどたわみにくい材ということになる。

中目材の構造的利用

こうした中で、昭和59年に林業クラブ青年部（徳島すぎクラブ）が提供した材により平角（梁材）の強度試験が行われた。当時、スギ中目材（丸太の末口径18～32cm）を梁などの横架材として利用しようという研究は行われていなかった。また中目材については用途が限られ、どこの林業産地でも課題となっており、その意味からも画期的な試験であったといえる。

国立林業試験場で本島の阪井らが測定したスギ平角（12cm×24cmなど）の曲げ強度と曲げヤング係数の平均値はそれぞれ419kgf/cm²、92.1tf/cm²で、いずれも建築基準法施行令等に示された基準値（曲げ強度225kgf/cm²、曲げヤング係数70tf/cm²）を大きく上回った。（国林試中井ら1985）

スギと米マツの強度

その後、林業総合技術センターでは、昭和62年に、最大曲げ荷重20ト、圧縮100トまでの強度試験ができる木材実大強度試験機を導入し、試験体制を整備することとなった。そして徳島県下の各流域のスギを使って行なった試験では、曲げ強度350kgf/cm²という平均値を得た（表3）。（林総セ 吉村、坂田 1987～1989）

そして他県でも強度試験が行なわれ始め、大きな流れとなった。全国21研究機関の実大材データが木材学会で取りまとめられ、その分析結果から、①樹種を問わず曲げ強さを推定する最も有効なものはヤング係数であること、②スギについては節があるからと言って弱いとは言えない事などが示され

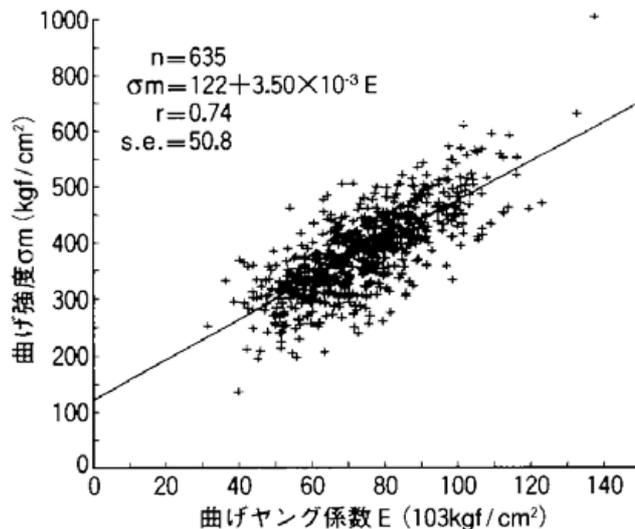
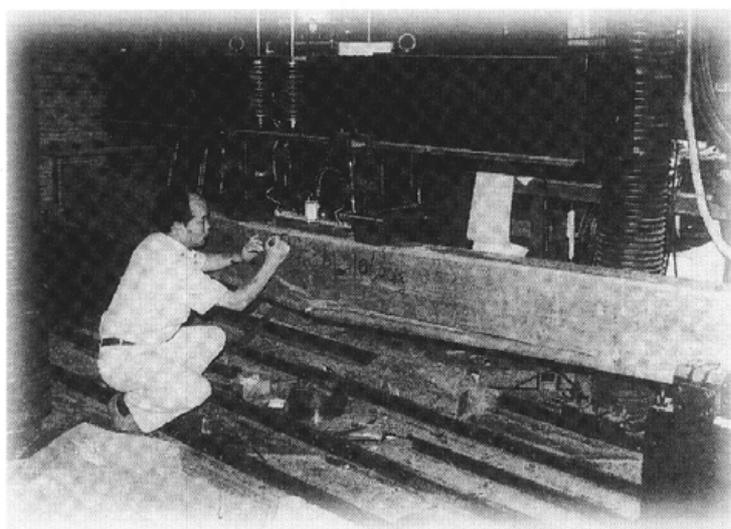


図4 スギ正角の曲げヤング係数と曲げ強さ

（資料：中井孝『構造用製材の強度等級区分に関する研究』）



日本初めての杉梁材実大曲げ試験風景
 （昭和59年農林水産省林業試験場にて）

表3 徳島スギの強度試験結果

徳島県林業総合技術センター

調査年度	n	曲げヤング係数 (tf/cm ²)	曲げ強度 (kgf/cm ²)	曲げ強度下限値 (kgf/cm ²)	変動係数 CV (%)	林齢 (年)	葉枯期間 (ヶ月)	天乾期間 (ヶ月)	産地
1988	36	74.2	342	242	17.7	55	2～3	8	那賀川
1989	50	75.7	351	249	17.7	40～60		4	吉野川
1990	50	72.7	355	247	18.6	60	3		那賀川
1994	50	89.1	413	330	12.1	70	7	1	那賀川
1997	33	86.0	403	314	13.3	76	3	3	那賀川
1998	31	81.0	410	328	12.1	60	3	3	那賀川
	252	74.2	377	269	17.0				那賀川

た。

この成果をもとに、平成3年1月、「針葉樹の構造用製材の日本農林規格（JAS）」が新たに制定され、建設省ではこれに適合する製材の許容応力度を設定した。平成4年1月に出された通達では、スギが米マツに劣らず十二分に強いことを認め、2級構造材では米マツよりも高い値が設定された（表4）。

表4 目視等級区分製材の許容応力度 (H4.1.31 建設省通達)

樹種	区分	等級	長期応力に対する許容応力度 (kg/cm ²)			長期応力に対する許容応力度 (kg/cm ²)		
			圧縮	引張り	曲げ	圧縮	引張り	曲げ
べいまつ	甲種構造材	1級	90	65	110	長期応力に対する 圧縮、引張り又は 曲げのそれぞれの 数値の2倍とする。		
		2級	60	45	75			
	乙種構造材	1級	90	55	90			
		2級	60	35	60			
すぎ	甲種構造材	1級	70	50	90			
		2級	65	50	85			
	乙種構造材	1級	70	40	70			
		2級	65	40	65			

(注) 甲種構造材:主として曲げ性能を必要とするもの、土台・梁・桁など
乙種構造材:主として圧縮性能を必要とするもの、柱・束など

強度等級区分法の確立

そのほか、林業総合技術センターでは、材を破壊せずに、簡単にその強さを予測する方法を検討している。

材料に打撃などを加えたときに発生する振動を利用してヤング係数が計測できる。これは縦振動法と呼ばれ、木口面をハンマーで打撃したときに発生する振動波をマイクロホンでとらえ、材の基本振動周波数を求めるものである。この方法は、丸太、さらには立木にまで適用できることから、強度的に優れた材を製材前に選別することが可能になる。

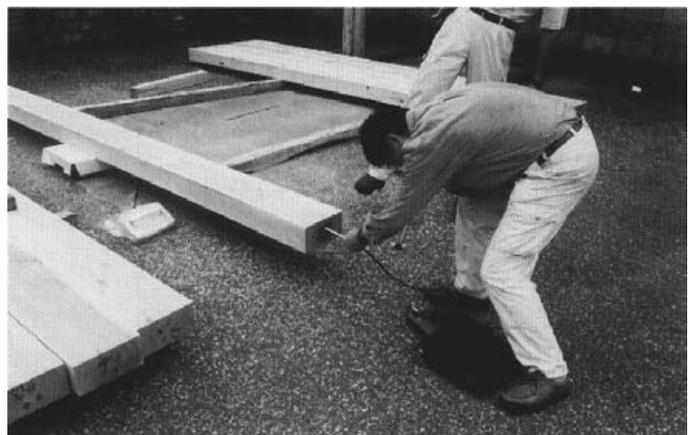
この方法を用いて行なった丸太や製材品での非破壊検査では材料選別が有効なことが確かめられた。(林総セ吉永、坂田1994～1997)

こうした強度試験のノウハウは別のところでも生かされている。スギ足場板には明確な安全基準がなく、アルミ・鋼製足場と競争する際の障害となっていたが、曲げ強度試験等によるデータの集積により強度分布を求め(三井、坂田1988～)これらのデータを活用して業界サイドで高い安全基準を満たした出荷体制を整えた。

平成10年6月、建築基準法が改正された。そのポイントは工法や材料等の仕様規定を性能規定へ移行するというものである。今後増々材料性能が重視されることは間違いない。建築材料を供給する製造者が、きちんと性能を保証し出荷する時代になってきた。林業も例外ではない。

【第3章の参考・引用文献】

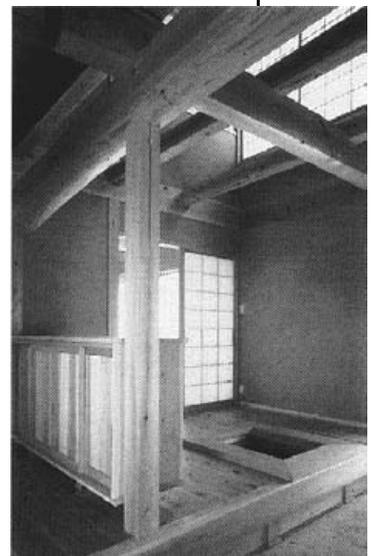
- 1 『スギ葉枯らし乾燥』 徳島県、徳島県木材協同組合連合会1992.3
- 2 『木材の人工乾燥』 徳島県、徳島県木材協同組合連合会1992.3
- 3 『構造用木材一強度データの収集と分析』 木材強度・木質構造研究会、日本木材学会1988.3
- 4 『スギ材の構造的利用の方向と問題』 木材強度・木質構造研究会、日本木材学会1988.10



FFTアナライザーによる固有振動周波数の測定

第4章 実践編

木材の性能評価試験



ききき技術

木のOUR研究

=79=

無垢(むく)の木材が最近注目されています。自然素材である無垢材には温かみがあり、手触りがほじょい(よ)と、人の感性に訴えるからでしょう。さらに、調湿作用や精油成分など香りの放出といった働きもあります。しかし、一

木の表面の材質改良

用途により化学処理

乱物質(環境ホルモン)などの問題が話題にのぼり、

方では表面が柔らかいので傷が付きやすく、多孔質のため汚れやすいといった欠点があります。これまでは、塗装やフィルムといった樹脂で表面を保護してきました

このため興林業総合技術センターでは、物理的な方法と化学的な方法で表面の材質改良を行っています。

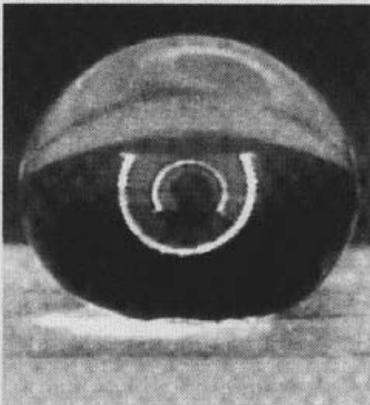
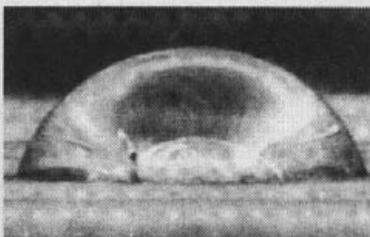
まず物理的方法は、木材を加熱したローラーで

化学物質の多用・乱用への批判が高まっています。木材は基本的には無垢で使うべきだとは思いますが、用途によって、紹介した物理的・化学的処理などを使い分ける必要があります。(興林業総合技術センター木材化工科研究員 住友将洋)

押しつぶします。すると木材の表面だけの細胞がつぶれ、光沢が増し、つやつやした感じとなります。表面の密度が高まることで木の性質を損わず傷つきにくく、汚れにくい材が得られます。実際にこの技術を使って住宅の内装材などに利用されています。

また化学的方法では、木材に撥水性(はっすいせい)り水をほじょく性質)を持たせます。木材とフ

近づけるでは、室内揮発性有機化合物汚染(シックハウス)や内分泌かく



無処理の木材①とフッ素処理した木材②に落とした水滴の状態。処理によって水のはじき方がこのように変わる

1 実大強度試験

実大曲げ試験

1 支持および荷重方法

支持および荷重方法は図1に示す。試験体は単純支持とし、スパン（支点間距離 L ）を材せい（ h ）の18倍とした3等分点4点荷重法とする。

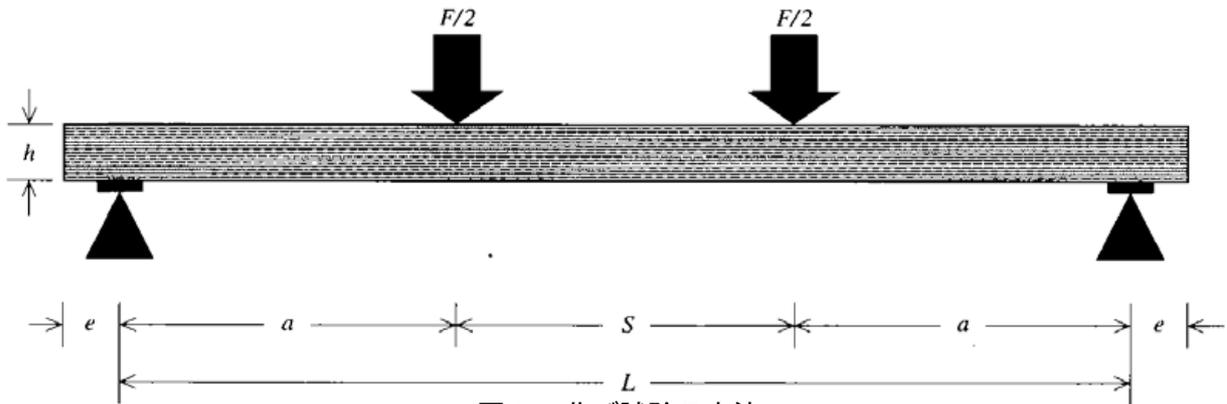


図1 曲げ試験の方法

すなわち、各寸法は、 $a = S = 6h$ である。また、試験体の張り出し部分（ e ）は100mm以上とする。

やむを得ずこの条件の試験体が調達できない場合は、 $a = (6 \pm 1.5)h$ 、 $S = (6 \pm 1)h$ 、の範囲で設定できるものとする。

2 荷重速度

荷重は、荷重点の移動速度がほぼ一定となるように加え、最大荷重に達するまでの時間が1分以上となるように試験を行うこととする。

3 試験結果

(1) 曲げ強さ

曲げ強さ（ f_m ）は以下の式から算出する。単位は MPa とし、小数点第1位まで求める。

$$f_m = \frac{a F_{\max}}{2 Z}$$

ここで、 a ：支点から荷重点までの距離

F_{\max} ：最大荷重

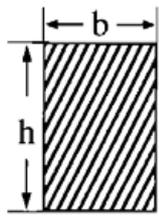
Z ：断面係数、矩形断面では $bh^2/6$ 、ただし、 b は材幅である

(2) 曲げヤング係数

本法に定める荷重方法をそのまま用いて曲げヤング係数を評価するときは、図1におけるスパン中央の全体たわみを測定し、次の式によりせん断影響を含んだ曲げヤング係数（ E_m ）を算出する。単位は GPa とし、小数点第2位まで求める。

$$E_m = \frac{a(3L^2 - 4a^2)}{48I} \cdot \frac{F_2 - F_1}{w_2 - w_1}$$

ここで、 I ：断面2次モーメント、矩形断面では $bh^3/12$

断面	断面積A (cm ²)	断面2次モーメントI (cm ⁴)	断面係数Z (cm ³)
	bh	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{bh^2}{6}$

$F_2 - F_1$: 荷重変形曲線の直線部分の荷重の増分。 F_1 は $F_{max.est}$ (最大荷重の推定値) の約10%、 F_2 は約40%とする。

$w_2 - w_1$: $F_2 - F_1$ に対応する変形の増分

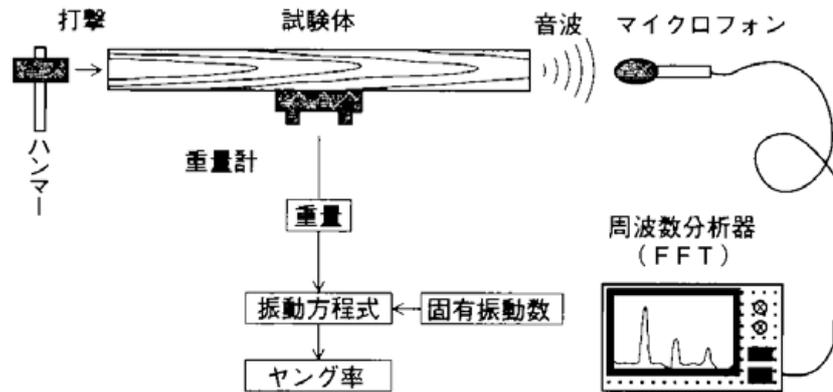


図2 縦振動法による動ヤング率の測定

(注) 柱や梁が受ける力として、圧縮力・引張力・せん断力のほかに、曲げモーメントがある。モーメントとは物を回転させようとする力のことであり、断面係数と断面2次モーメントは、断面の形状をあらわす係数である。

縦振動法によるヤング率の測定

本方法は図2のように材の重量と固有振動数を測定し、以下の式によって縦振動ヤング率 (E_d) を計算するものである。

$$E_d = (2Lf)^2 p$$

ここで、 L : 材長 (m)

f : 一次共振周波数 (Hz)

p : 密度 (kg/m³)

E_d の単位は Pa で表し、これを10⁹で除すと GPa となる。

参考

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 9.8 \text{ MPa} \quad (M = 10^6)$$

$$1 \text{ tf/cm}^2 = 9.8 \text{ GPa} \quad (G = 10^9)$$

※この試験方法は構造用木材の強度試験法((財)日本住宅木材技術センター) によった。

2 壁倍率試験

試験方法

壁倍率は施行令等に規定されているが、実験によって求めることができる (図3)。

1 試験体

通常1間幅のパネル (桁・柱・土台の軸に筋かいを入れたり、面材を張ったりしたもの) を使用する

る。

2 試験体の設置

試験体の土台を試験機にボルトで固定するとともに、土台の両側にすべり止めを配し、横倒れしないよう桁部に振止めを付ける。

3 変形の測定

試験体の変形を測定するため、変位計4台を取り付け、水平方向の変位と上下方向の変位を測定する。

4 加力

①桁の木口面を油圧ジャッキ（最大荷重10t）で徐々に加力し、荷重と変位を測定・記録する。

②加力は、一方向の繰り返しとし、最大荷重が得られるまで行う。

③（加力例）

0 kg⇒200kg⇒0 kg⇒400kg⇒0 kg⇒600kg⇒0 kg⇒最大荷重

④なお、同一試験体が複数ある場合は、1体目を予備試験（単調増加式）とし、2体目以降を最大荷重の1/5、2/5、3/5で繰り返し加力を行う。

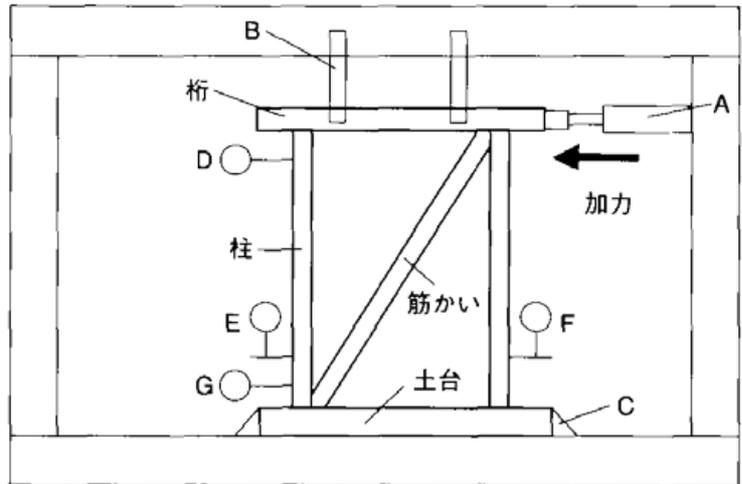


図3 壁の性能試験の方法

A：加力ジャッキ

E：脚部上下変位測定

B：振止め

F：脚部上下変位測定

C：すべり止め

G：脚部水平変位測定

D：頂部水平変位測定

壁倍率の算出

1 次の①～③の荷重を把握する。

①水平方向の変形が1/120ラジアン時の荷重

②最大荷重の2/3の荷重

③最大荷重時の変形量（水平方向）の1/2の変形量時の荷重

2 ①～③の荷重のうち、最小の数値を使用して倍率を計算する。

（計算例）壁の幅が2m、最大荷重が2100kgの時、

①1000kg ②1400kg (2100kg×2/3)

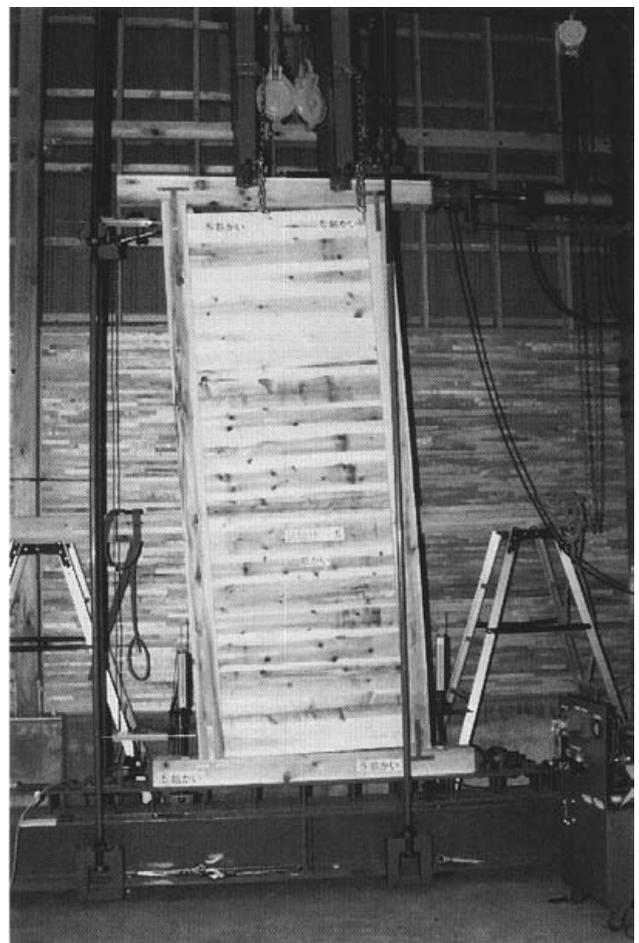
③1500kgと仮定すれば、

壁倍率 = $1000\text{kg} \times 3/4 \div 2\text{m} \div 130\text{kg} \div 2.8\text{倍}$

（注）3/4はデータのばらつきを考慮した安全率

（参考）壁倍率について

地震や台風など水平からの力に対して抵抗力を有する壁のことを耐力壁と呼んでいる。



壁の性能試験

そして壁の強さを判断する基準として壁倍率がある。

壁が水平力（壁幅1mあたり130kg）を受けて120分の1ラジアンの変形を生じたとき壁倍率1となる。壁倍率は建築基準法施行令や建設省告示で壁の種類ごとに定められている（表1）。

木造住宅では壁量の計算が義務づけられており、壁量は壁倍率と壁の長さ（幅）の積で表される。たとえば倍率2.5倍の壁が10mあったとすれば、壁量は25mとなる。また建築基準法施行令では、地震に対して床面積あたりの必要な最低限の壁量を、階層ごとに規定している。

※この試験方法は、JIS A1414（建築用構成材及びその構造部分の性能試験方法）に準拠した。

表1 主な耐力壁の種類と倍率

種類		倍率
壁	土塗壁	0.5
	木ずり(片面)	0.5
筋かい	大貫	1.0
	柱三つ割り	1.5
	柱二つ割り	2.0
	柱同寸	3.0
面材	石膏ボード	1.0
	構造用合板	2.5

(注) 筋かいを、たすき掛けした場合の倍率はそれぞれの数値の2倍となり、異なる壁を併用した場合はその和となる。
(ただし、上限は5倍)

3 集成材の剥離試験

集成材の接着がどの程度であるかを評価する方法に剥離試験がある。比較的簡単にできる試験である。

JASにおけるその方法を解説する。

試験片の作成

各試験集成材から試験片を作成する。試験片は、木口面は集成材の断面のまま、長さ75mmに切断する（図4）。

各試験の試験片の個数は、造作用集成材、化粧ばり造作用集成材および化粧ばり構造用集成柱は3個、構造用集成材では、両端からそれぞれ1個（あわせて2個）作成する。

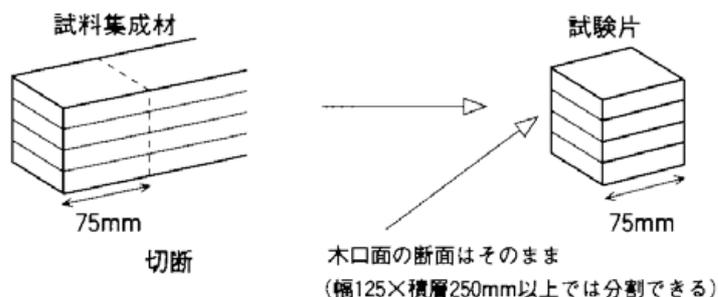


図4 試験片の作成方法

表2 浸漬温度と時間

区分	試験	浸漬温度	浸漬時間
造作用集成材、 化粧ばり造作用集成材	浸漬剥離	室温 (10~25℃)	6
	浸漬剥離	室温	6
化粧ばり構造用集成柱 (化粧薄板は、造作用に準ずる)	煮沸剥離	沸騰(100℃)	4
		後、室温	1
構造用集成材	浸漬剥離	室温	24
	煮沸剥離	沸騰	4
		後、室温	1

試験方法

1 浸漬

試験片を水に浸漬する（おもりなどで材を沈める）。温度と時間は表2のとおり

2 乾燥

浸漬後の試験片を乾燥する。温

度と時間は表3のとおり

表3 乾燥の温度と時間

区 分	試験	乾燥温度	乾燥時間
造作用集成材、 化粧ばり造作用集成材	浸漬剥離	40±3℃	18
	煮沸剥離	70±3℃	18
化粧ばり構造用集成柱	浸漬剥離	70±3℃	18
	煮沸剥離	70±3℃	18
構造用集成材	浸漬剥離	70±3℃	24
	煮沸剥離	70±3℃	24

(※) 構造用集成材の使用環境1については、浸漬と乾燥のサイクルを2回繰り返す。

結果の評価

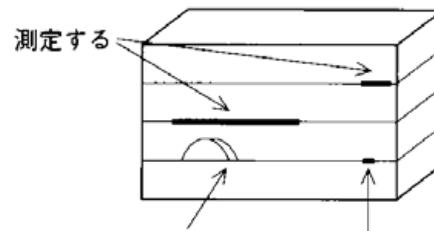
試験片の両木口面について、はくり長さが3mm以上のものを長さを測定する（干割れ、節等による木材の破壊は、はくりとみなさない）（図5）。

はくり率および各接着層におけるはくりの割合を求める（表4）。

$$\text{はくり率(\%)} = \frac{\text{両木口面のはくりの長さの合計}}{\text{両木口面の接着層の長さの合計}} \times 100$$

$$\text{はくり割合} = \frac{\text{同一接着層におけるはくりの長さ}}{\text{同一接着層の長さ}}$$

※この試験方法は、集成材の日本農林規格「浸せきはくり試験」によった。



干割れ、節による木材の破壊は測定しない
3mmより小さいはくりは測定しない

図5 性能の評価方法

表4 試験片の適合基準

区 分	試験	剥離率(\%)	剥離割合
造作用集成材、 化粧ばり造作用集成材	浸漬剥離	10%以下	1/3以下
	煮沸剥離	5%以下	1/4以下
化粧ばり造作用集成柱 構造用集成材	浸漬剥離	5%以下	1/4以下
	煮沸剥離		

地 域 產 材 利 用 促 進 普 及 指 導 強 化 事 業