

2章 木材・木造建築物の環境への効果

木材あるいは木造建築物には、室内の湿度を制御する、空気を浄化するなど、人が過ごしやすい環境づくりに効果があることが、科学的に明らかになってきました。

本章では、この環境への効果の内容を、科学的に検証されたデータをまじえて紹介します。

Q 1.1 人がいる居住空間内で、 木材は湿度を調節してくれるのでしょうか？

A 内装に木材を用いることで
空間内の湿度をある程度一定に保った
過ごしやすい環境づくりが可能となります。

本当ですか？

室内の壁、床、天井に無垢材など木材を内装に用いると、木材の吸放湿作用が室内空間の湿度をある程度一定に保ちます。それによって、過ごしやすい環境づくりが可能になります。

また、湿度を保つことでハウスダストの原因となるダニや細菌の生存がしにくい環境にもなります。

実証実験では…

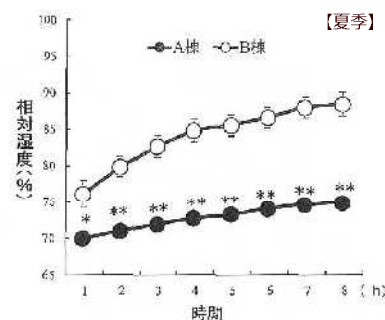
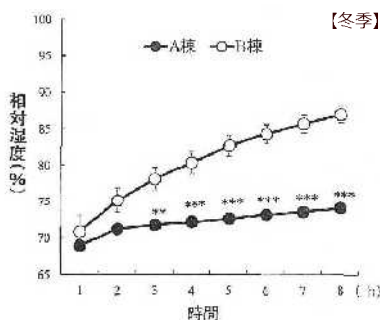
●人が寝ている室内で木材の吸放湿作用により湿度の上昇が抑えられます。

内装に木の無垢材を用いた部屋と、木目調のビニルクロスを用いた部屋で睡眠時における室内の湿度を測定すると、季節に関わらず、無垢材の部屋の方が、ビニルクロスを張りつけた部屋より湿度が低くなります(右図)。

通常、寝ている状態では人の呼気や発汗等により時間と共に湿度が上昇しますが、無垢材が吸湿作用を発揮し、その上昇を抑制したと考えられます。

ビニルクロスを貼り付けた内装では、水分をあまり吸収しない素材が表面に露出しているため、容易に湿度が上昇してしまいます。

【睡眠時、内装の異なる部屋の季節ごとの湿度比較】



内装の違いによる室内の湿度変化 / A棟(無垢材)のほうがB棟(木目調のビニルクロス)よりも湿度が低く保たれている。

(図中の*はA棟とB棟に明白な差が認められたことを示す)

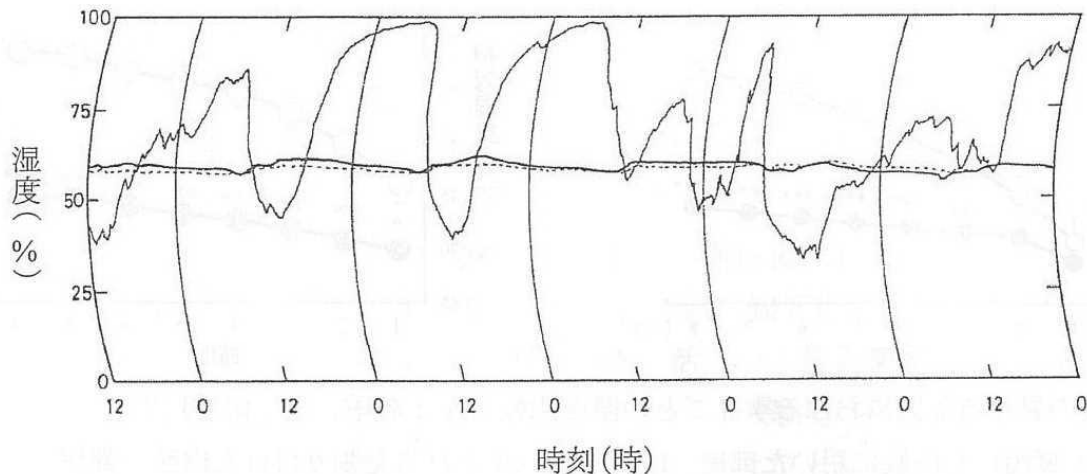
出典 / 本傳晃義ほか：日本木材学会九州支部大会講演集，23，II -13-7 (2016)

より詳細を…

●木材の吸放湿作用とは？

木は切られてしまえばすべてで空気中の水分を放出したり吸収したりするため、俗に“呼吸”と表現されることがあります。切られて木材に加工されても、この吸放湿作用は続きます。

[内装の違いによる室内の湿度変化]



内装の違いによる室内の湿度変化／太線：木材、点線：ケイ酸カルシウム板、細線：百葉箱
出典／則元京：木材研究・資料，11，17-35（1977）

実験により、外気の湿度変化と比較して、木材内装の部屋ではあまり湿度が変化していないのが分かっています。

これは“木材の吸放湿作用”が働いているからで、木材は室内

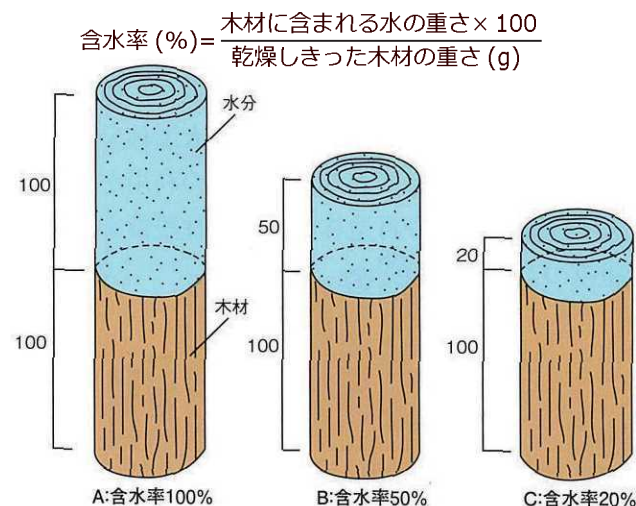
が乾燥している状態では木の中に含まれている水分を放出して、湿度を上げようとします。反対に、湿気が多い状態では余分な湿気を吸収しようとするのです。また、木材は大気に比べて湿

気を蓄える能力が著しく大きい特質があります。そのため、木材中からの水分の出入りだけで、室内の湿度を十分にコントロールして安定した状態に保つことができるのです。

●木材の含水率と吸放湿作用の関係

木材の含水率は、含まれる水の重さを乾燥しきった木材の重さで割った数値で表します。

木材を大気中に放置すると、含水率は11～17%まで下がり安定した値を示し、安定している状態（平衡含水率といいます）になって、木材ははじめて吸放湿作用を発揮します。未乾燥材では吸放湿作用は期待できないということです。



木材の含水率

出典／「最新データによる木材・木造住宅のQ&A」，木構造振興株式会社，p.13（2011）

Q 12 木材は、消臭や抗菌に役立ちますか？

A 木材に含まれる様々な成分が、悪臭物質の吸着、大気汚染物質の除去、および抗菌の効果をもたらします。

本当ですか？

木材は、アンモニアなどの悪臭成分を吸着することによる消臭効果を有します。

また、木材から調製された精油には、二酸化窒素などの大気汚染物質の除去作用もあります。

精油などには低分子化合物が含まれており、それにより抗菌効果をもたらされます。



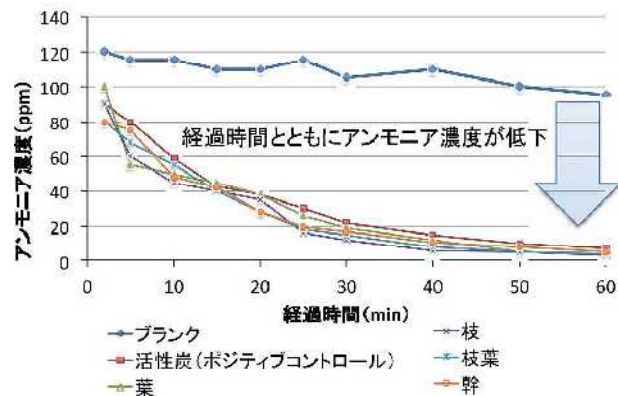
より詳細を…

●木材には悪臭や大気汚染物質を除去する空気浄化作用が確認されています。

木材チップ等によるアンモニアの濃度の低下

精油をとった後の枝葉や木材チップを乾燥させ、悪臭に暴露した試験において、アンモニアの濃度を急激に低下させました(右図)。

活性炭は悪臭をよく吸着することが知られていますが、枝葉や木材チップも、同等の消臭効果をもつことが示されています。



木材チップ等の曝露に対するアンモニア濃度の変化
出典 / Nakagawa, T., et al.: J. Wood Chem. Technol., 36, 42-55 (2016)

スギなどのタンニンによる悪臭物質の吸着

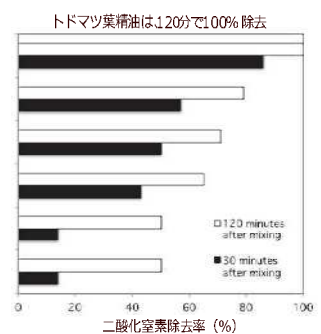
スギ(特に樹皮)に多く含まれる、縮合型タンニンがアンモニア等を吸着することが明らかになっています。

樹木の精油による二酸化窒素等の除去効果

トドマツの精油における、二

酸化窒素等の大気汚染物質の除去効果が示されています(右図)。

大気を混和すると、トドマツ葉精油は120分後に二酸化窒素が100%除去されました。ヒノキやスギの精油も、120分後には約50%の除去率を示しました。これらには精油に含まれるテルペン類が関与しています。



各種樹木精油の二酸化窒素除去率
出典 / 大平辰朗(ほか): 木材学会誌, 61, 226-231 (2015)

● 樹木の精油などによる抗菌効果が報告されています。

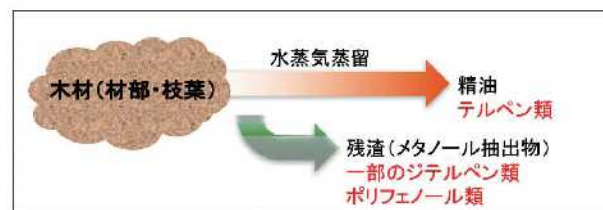
スギの精油や抽出物には、黄色ブドウ球菌に対し強い抗菌活性が報告されています（右表）。

精油では、主にテルペン類などの低沸点化合物によって、菌の生育抑制または殺菌効果が発揮されたと考えられます。

また、残渣のメタノール抽出物では、精油には抽出されにくい一部のジテルペン類やポリフェノールなどの比較的高沸点の化合物によって、同様の効果が発揮されたと考えられます。

またこれとは別に、ニオイヒバ、ヒノキ、チャボヒバ、ヒノキアスナロ、ツガ、ストロブマツの精油は、カビの生育を阻害したことが報告されています。

	部位	大腸菌		黄色ブドウ球菌	
		最小発育 阻止濃度(mg/ml)	最小殺菌 濃度(mg/ml)	最小発育 阻止濃度(mg/ml)	最小殺菌 濃度(mg/ml)
精油	葉		活性無し	2.0	2.3
	枝葉	1.4	2.4	1.1	1.1
	枝		活性無し		活性無し
	幹		活性無し		活性無し
残渣メタノール抽出物	葉		活性無し	0.8	1.1
	枝葉		活性無し	0.8	1.1
	枝		活性無し	0.5	0.8
	幹		活性無し	0.2	0.2



スギ精油および精油抽出残渣の抗菌効果

出典（上表）：Nakagawa, T., et al.: J. Wood Chem. Technol., 36, 42-55 (2016) [一部改変]

参考

● タンニンとは

植物の葉などに含まれるポリフェノールで、タンパク質に結合する収れん性のある物質の総称。

加水分解性のあるタンニンと加水分解されない縮合型タンニンに分けられます。

木材では、縮合型タンニンが

樹皮に多く含まれています。

縮合型タンニンの種類は、樹種によって異なります。

● 木材の低分子化合物——テルペン系化合物

木材の匂い成分や精油の主要な化合物群をいい、モノテルペン（炭素数 10 個）、セスキテルペン（炭素数 15 個）、ジテ

ルペン（炭素数 20 個）などに分類されます。

一般に、炭素数が増えるほど揮発性が低くなります。

モノテルペンの多くは、木材の代表的な匂い成分でもあります。

Q 13 木材に含まれる揮発性成分（匂い成分）の特性は何でしょうか？

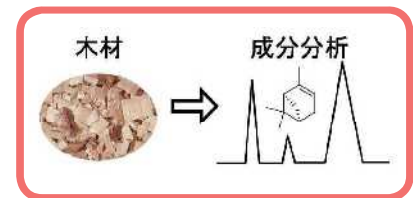
A 木材の含有成分、特に揮発性成分の組成と量は樹種により異なります。また、揮発量は製材過程の乾燥方法や季節により変化します。

本当ですか？

木材の含有成分、特に揮発性成分に関する情報は、木材の耐久性や匂いなどの特性を評価する指針となっています。

たとえば、乾燥材の需要の増加に伴い、乾燥方法や乾燥材の特性について様々な検討が行われた結果、高温乾燥材は天然乾燥材に比べて含有成分が減少することが確認されています。

また、木材の揮発性成分の発散量は温度によって変化し、夏期の方が冬期に比べて高くなることが分かっています。



より詳細を…

● 乾燥処理により木材に含まれる成分は変化します。

乾燥温度が最高 120℃となる高温乾燥により、スギ心材に含まれるテルペン類は、天然乾燥に比べ減少すること、特にセスキテルペン類のエピクベボール *Epicubebol* とクベボール *Cubebol* は消失してしまうこと

が報告されています（下表）。

一方で、高温乾燥後のテルペン類の含有量は、赤心材では材の端部が中央部よりも多く、黒心材では材の中央部が端部よりも多かったとされています。

木材の含有成分は、部位や心

材色によって含有量が異なるため、こうした様々な要因を考慮した上で、さらに乾燥処理による影響を評価することが重要だと考えられます。

試験材記号		赤心材			黒心材		
		A	B	C	D	E	F
エピクベノール <i>Epicubebol</i> (a)	端部	0	0	0	0	0	0
	中央部	0	0	0	0	0	0
クベボール <i>Cubebol</i> (b)	端部	0	0	0	0.8	0	0
	中央部	0	0	0	1	0	0
サンダラコピマリナール <i>Sandaracopimarinal</i> (c)	端部	48.4	48.9	41.8	57.4	69.3	75.4
	中央部	28.2	22.9	38.1	68.6	75.8	50.9
サンダラコピマリノール <i>Sandaracopimarinal</i> (d)	端部	47.5	41.2	39.2	50.5	58.3	70.3
	中央部	37.3	42.2	59.4	83.8	82.4	102.5
フェルギノール <i>Feruginol</i> (e)	端部	54.6	48.5	40.6	45.8	61.1	79
	中央部	46.8	48.6	68.5	81.8	92.9	114.1

高温乾燥後のスギ心材の主要なテルペン類の含有量（天然乾燥材と比較した成分の含有量、単位：％）

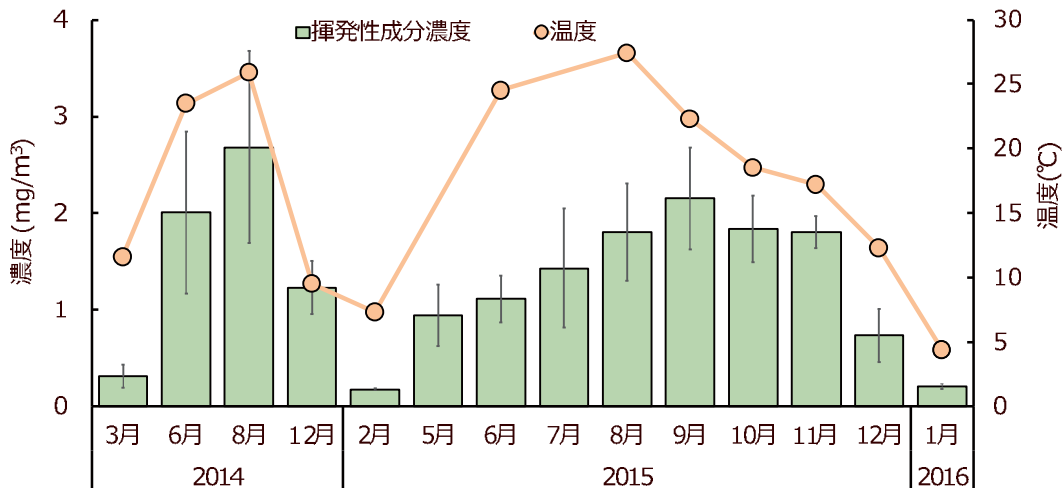
出典／澁谷栄ほか：木材保存，32，196-202（2006）[一部改変]

●季節（温度変化）により木材の揮発性成分の発散量は変化します。

スギ材を内装に用いた室内における木材の揮発性成分（匂い成分）の濃度は、温度によって変化し、夏期の方が冬期に比べて高くなります（下図）。

夏期は温度が高く、低温である冬期に対し、物質の蒸気圧が上昇するため、夏期の揮発量が高くなると考えられます。

したがって、木材を内装材として使用した室内空間では、季節（温度）変化により感じる匂いの強さが変化すると考えられます。



スギ材を内装に用いた室内の揮発性成分量の変化
出典/清水邦義ほか：木材学会誌，63，126-130 (2017)

参考

●木材の揮発性成分の樹種による違い

人は、木材に含有される成分のうち揮発する成分を匂いとして感じています。

この揮発性成分の組成および

その量比は樹種により異なり、この成分の差異が、スギ、ヒノキやマツといった樹種の匂いの特性となります。

さらに成分が異なるため、抗菌や防虫、耐久性の効果は、樹種により異なります。

●時間経過による木材揮発性成分の室内検出量の変化

木材の匂い成分は住宅の築年数が経てもある程度は持続するといわれています。

スギ、ヒノキを内装材として使用した室内空間で日常的な

使用状態で4年間が経過しても、室内空気中には木材由来のテルペン系化合物が数多く検出されることが報告されています。

室内の木材由来の揮発性成分

を複数年にわたり分析した報告例は少ないため、より長期的な分析や揮発性成分の組成の変化といった詳細な計測が必要となっています。

Q 14 木材を使うことで、ダニを「防除」できますか？

A 居住空間内で木材を使うことは、チリダニ類の「防除」に有効な手段のひとつです。

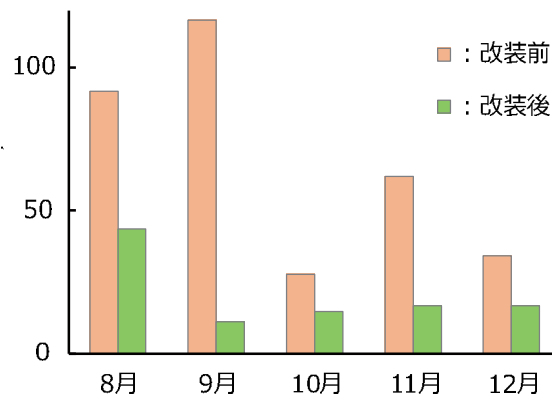
本当ですか？

木材の利用によるダニの防除効果のひとつは、木の床による防除効果（物理的にダニの住処をなくす）であり、もうひとつは、木材の匂い成分による防除効果（化学的な効果）です。

より詳細を…

● 床材を木の床に改装した結果、ダニ数が減少したとの報告があります。

集合住宅のリビングルームの床を畳あるいはカーペットから木の床に改装し、改装前6か月と改装後11か月の各月毎に各部屋の床およびカーペット、ソファ、ベッドのダニ数を測定しました。その結果、8月と9月の家の中の1平方メートルあたりのダニ数の平均は104匹から23匹に減少したという研究結果が得られています(右図)。



木の床への改装によるダニ数の変化 (床上のダニ数の月別比較)
出典/高岡正敏(ほか): 日本衛生学雑誌, 42, 223 (1987)

● 木材の匂い成分により、ダニの行動が抑制されたとの報告があります。

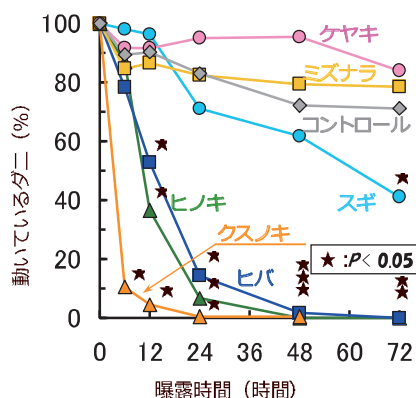
ダニがチップに直接接触することがないように通気穴のある容器に入れて、住宅や家具などによく用いられる木材(ヒノキ、ヒバ、スギ、ミズナラ、ケヤキ、クスノキ)のチップの上に設置しました。

その後、温度25℃、相対湿度85%の環境で、72時間後まで動いているダニ数を数え、割合を算出しました。

その結果、チップから発散さ

れる匂い成分には、ヤケヒョウヒダニの行動を抑制する効果が

あるという研究結果が得られています(下図)。



木材チップから発散される匂い成分がヤケヒョウヒダニの行動に及ぼす効果
出典/平松靖: SCIENCE & TECHNONEWS TSUKUBA, 78, 29 (2006)

●チリダニ類とアレルギー性疾患の因果関係

住宅の中には、通常、ヤケヒョウヒダニ (*Dermatophagoides pteronyssinus*) などのチリダニ類が生息し、それらのフンや死骸も存在します。

それらは、気管支喘息やアトピー性皮膚炎などのアレルギー性疾患を引き起こす原因のひとつです。
ダニが原因となるアレルギー

性疾患を防ぐためには、家の中のダニ数を減少させ、ダニと接触する機会を減らすことが重要です。

●木材から発散される匂い成分

樹種名	精油含量
ヒノキアスナロ	1 ~ 1.5
クスノキ	2 ~ 2.3
ツガ	~ 0.2
ヒマラヤスギ	~ 2.5
コウヤマキ	~ 2.0
スギ	0.1 ~ 2.0
ヒノキ	1 ~ 3.0
サワラ	0.5 ~ 2.0
ネズコ	0.7 ~ 1.0
コノテガシワ	~ 0.2

100g当たりの精油含量(ml)

木材には数パーセントの精油が含まれており、これらの物質が木材に樹種固有の匂いを与えています。
精油の含有量は樹種によって

異なります。

発散される匂いの成分は主としてテルペン類で、その組成も樹種によって異なります。

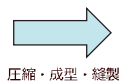
主な樹種の材油含量

出典/谷田貝光克「植物抽出成分の特性とその利用」, 八十一出版, p.18 (2006)

●木材を利用したダニ防除の今後の研究課題



ヒノキ材 スライス片
(幅 5mm、厚さ 0.1~0.3mm、長さ 50~400mm)



圧縮・成型・縫製



ヒノキ畳の芯
(畳表を張って仕上げる)

ヒノキ畳 (ヒノキ材スライス片畳)

出典/「森林総合研究所平成 16 年度研究成果選集」, (独) 森林総合研究所, p.51 (2004)

畳の中のチリダニ類を防除することを目的として、ヒバ単板、ヒノキ単板をはさみこんだ畳や、ヒノキ材スライス片を原料とした畳を用いた研究も行われています。

木材の匂い成分を実際の生活環境の中でダニの防除に利用するためには、防除効果の持続性を高めるための技術開発や、実際の利用を想定した環境下での実験を行うことが重要です。

● Q12 木材は、消臭や抗菌に役立ちますか？

- Hashida, K., Makino, R., Ohara, S.: Amination of pyrogallol nucleus of condensed tannins and related polyphenols by ammonia water treatment., *Holzforschung*, 63, 319-326 (2009)
- Cameron, F.A., Pizzi, A.: Tannin-induced formaldehyde release depression in urea-formaldehyde particleboard. In: Formaldehyde Release from Wood Products. Eds. Meyer, B., Kottes-Andrews, B.A., Reinhardt, R.M., *American Chemical Society*, Washington DC. (1986)
- 谷田員光克, 大平辰朗: 針葉抽出成分の用途開発, バイオマス変換計画研究報告, 24, 36-52(1990)

● Q13 木材に含まれる揮発性成分 (匂い成分) の特性は何でしょうか？

- Yatagai, M.: Terpenes of Leaf Oils from Conifers., *Biochemical Systematics and Ecology*, 14, 469-478(1986)
- 大平辰朗: 未利用林地残材の有効利用 マイクロ波を利用した香り成分の抽出技術, (におい・かおり環境学会誌, 43, 138-154(2012)
- 独立行政法人森林総合研究所: 木質建材から放散される揮発性有機化合物の評価と快適性増進効果の解明, 森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集, 5, 9-27 (2005)

● Q14 木材を使うことで、ダニを「防除」できますか？

- Miyazaki, Y.: Effect of hiba wood oil on the house dust mite., *Mokuzai Gakkaishi*, 42, 624-626(1996)
- Voohorst, R., Spieksma-Boezeman, MIA., Spieksma, FTM.: Is a mite (*Dermatophagoides* sp.) the producer of the house-dust allergen?., *Allerg. Asthma.*, 10, 329-334 (1964)
- Hiramatsu, Y., Miyazaki, Y.: Effect of volatile matter from wood chips on the activity of house dust mites and on the sensory evaluation of humans., *J. Wood Sci.*, 47, 13-17 (2001)
- Hiramatsu, Y., Matsui, N., Ohira, T., Imai, Y., Miyazaki, Y.: Effect of hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) wood-wool in tatami mat on the activity of house dust mite *Dermatophagoides pteronyssinus.*, *J. Wood Sci.*, 52, 353-357 (2006)