

# けい酸カルシウム系人造木材に関する研究（その2）

——「エースライト」の調湿効果について——

青 山 幹 堀 長 生

## Study on Inorganic Wood-like Materials Mainly Composed of Calcium Silicate Compounds (part 2)

——Humidity-regulating Property——

Tsuyoshi Aoyama Nagao Hori

### Abstract

The inorganic artificial wood referred to in this paper is composed principally of xonotlite and a composite of glass fiber and polymer emulsion. This material, named "ACE-LITE", is noncombustible and has good working properties, and so it can be used instead of natural wood where a high degree of fireproofing performance is required.

The authors made experiments on the humidity-regulating property in an airtight chamber with temperature made to rise and fall in regular cycles.

The results show that ACE-LITE has an excellent humidity-regulating property in comparison with natural wood, and therefore, it is judged that this material can be put to practical use for this property along with its noncombustibility.

### 概 要

ここで言う人造木材とは、ゾノトライト系結晶からなるけい酸カルシウムを主要構成物質とし、ガラス繊維および有機高分子系重合体エマルジョンで複合化された不燃性で、かつ木材に近い特性を有する材料で、「エースライト」という商品名で実用化されている。

「エースライト」の調湿効果を把握するために、密閉式のチャンバー内に一定面積の供試体を設置し、一定のサイクルで温度を上下させた時の内部の湿度変化について実験を行なった。

その結果、「エースライト」は、天然木材と比較して、同等以上の湿度変動抑制効果を有していることが判明し、不燃性と調湿性を持ち合わせた材料として、十分に実用に供することができると判断された。

#### 1. はじめに

建築物の高層化、多様化、地下街の発達などの建築環境の変化から防災がより重要視されるようになり、内装材料においても優れた防災性能が要求され、可燃性である木質系材料の使用は、ますます減少する傾向となっている。

これらのことから、内装材料として金属系、無機質系材料が使用される頻度が高まりつつあるが、木質系材料に比べ強度、重量、加工性などの点で意匠性、居住性に劣ることは否めないものである。ここで述べる人造木材とは、けい酸カルシウム系結晶であるゾノトライトを主

要構成物質とし、ガラス繊維およびポリマーディスパージョンで複合化した不燃性で靱性を有し、木材に近い特性の複合材で、当社が中心となって開発した「エースライト」という商品名で実用化されている材料である。

木材の持つ長所の一つに水分の吸放湿性があり、木材を内装材として利用すると室内の湿度調節機能があることは、良く知られているところである。美術館・博物館の展示あるいは収蔵空間の内装仕上材料として、スプルース・杉などの木材が従来最も適当なものとして使用されてきた。これは、木材の吸放湿特性による空間の調湿効果が、古来より極めて優れたものとして評価されてきたことを第一の理由としていると思われる。

しかし、その木材は、吸放湿特性の経年変化が明らかとなっていないこと、耐火性、寸法安定性に欠けること、また、天然材料なるが故の品質のバラツキなどの特性面の欠点を有しており、近年では良質材の入手難や、プラスチックを含めた合成材料に比べて価格が高くなるなど経済的な問題も生じている。

無機質系の材料は、一般に湿度調節機能は、小さいと考えられているが、不燃材料である「エースライト」の調湿効果について調査し、木材と同等の機能が認められたので、ここに報告する。

## 2. 人造木材の特性

人造木材の主要構成物質は、ゾノトライト、ガラス繊維および有機質添加総量で6% wtに押さえた有機高分子系重合体エマルジョン（ポリマーディスパーション）から成る。主材料のけい酸カルシウムは、 $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 系のオートクレーブ（熱水合成）による含水カルシウムけい酸塩と定義される。これらは、多くの種類が知られているが、一般的な建築用材料としては、トバモライト（Tobermorite）とゾノトライト（Xonotlite）が利用されており、人造木材においては、加熱時の重量変化の小さい、すなわち、寸法安定性の高いゾノトライトを採用している。

この人造木材は、木材の三大欠点といわれている“燃える”“狂う”“腐る”という点について無機材料の耐熱性と寸法安定性および有機高分子の柔軟性と加工性を複合利用し、性能向上を図った材料で、「エースライト」という商品名で、内装用の造作材料のうち、特に意匠性と防火性を同時に要求される用途に使用されている。

「エースライト」の特徴を挙げると次のようである。

① 有機質添加総量が6% wt以下の場合、不燃材料で

ある。(不燃第1061号)

- ② 木材なみに軽い。
- ③ 加工性に優れている。
- ④ 寸法安定性が良い。
- ⑤ 釘、ねじの保持力に優れる。
- ⑥ 腐朽、虫害がない。
- ⑦ 断熱性が良い。
- ⑧ 無公害である。

これらの各種物性については、表-1に示す。写真-1には、「エースライト」のSEM写真を示す。この材料の微細組織は、20~30 $\mu\text{m}$ のゾノトライトの集合体からなり、これにポリマーを添加することによって、ゾノトライトの結晶間に固定、結合されて緻密な二次粒子を形成する。また写真からも明らかのようにゾノトライトは、繊維状結晶構造を持つことが特徴であり、極めて空隙率の大きい材料であるために、吸放湿が比較的大きいことも推定される。

## 3. 調湿特性の評価方法

密閉空間の中で温度が変動すると、一般に温度上昇時には、相対湿度が下降し、反対に温度下降時には相対湿度

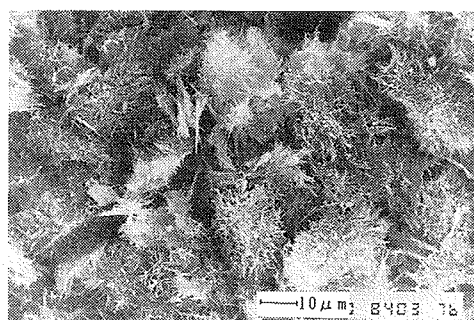
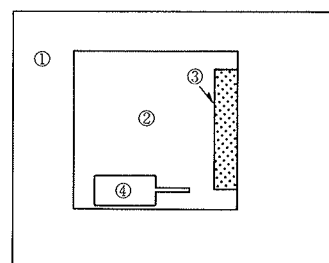


写真-1 「エースライト」のSEM写真 (×1,000)

項目	単位	物性値	試験方法
嵩比重		0.50~0.55	JIS Z 2102
曲げ強度	kgf/cm <sup>2</sup>	81.0	JIS Z 2113
曲げ弾性係数	kgf/cm <sup>2</sup>	2.0×10 <sup>4</sup>	JIS Z 2113
圧縮強度	kgf/cm <sup>2</sup>	83.5	JIS Z 2111
熱伝導率	Kcal/m·h·°C	0.085±0.0001 $\theta$	JIS A 1412
吸水率	%	150±5	JIS Z 2104
吸水・熱・伸縮性	%	±0	JIS A 1129 160°C加熱
釘引抜き抵抗値	kgf/本	30	JIS Z 2121 φ45 φ2.5
木ねじ保持力	kgf/本	20	JIS A 5908 φ16 φ2.7

表-1 「エースライト」の各種物性



- ① 恒温槽(プログラム制御方式)
- ② 密閉式チャンパー  
SUS製、内寸法400×400×400mm  
V=0.064m<sup>3</sup>
- ③ 調湿材
- ④ 温・湿度測定システム  
温度 熱電対(CC)  
スイッチボックス ASW30A、温度  
デジタル測定器 TDS301 共用  
湿度 センサー  
ダクト型湿度検出器  
HUKIA-HS20A

図-1 測定装置

度が上昇する。この中に吸放湿能力を有する材料を設置すると、この相対湿度の変動が緩和される。材料の調湿特性の評価については、図-1に示すようなステンレス製の密閉された容器内に試験体を所定面積露出させ、この容器をプログラム制御できる恒温槽に入れて温度変化を与え、容器内部の温湿度変化を記録する。

密閉空間内に空気の入りはないから、この空間内で測定された絶対湿度の初期値との差は、密閉空間内の材料により吸放湿された湿分量に相当する。

従って、材料の調湿力は次のように計算される。

$$\text{材料の調湿力} = \text{調湿率} / \text{気積比 (A/V)}$$

$$\text{調湿率} = \text{絶対湿度変動} / \text{温度変動}$$

これら調湿材を実際の建築物に適用する場合には、建物の空間容積に対する調湿材の必要面積比を明らかにしておくことは重要である。

これを気積比 (A/V: m<sup>-1</sup>) と呼ぶことにする。

ここで A: 調湿材の露出面積 (m<sup>2</sup>)

V: 密閉空間の内容容積 (m<sup>3</sup>)

また、材料の吸放湿特性について確認するため、吸湿性については、温度20°C、湿度50%の雰囲気中に72時間放置したのち、温度20°C、湿度90%の雰囲気へ移し、重量を経時的に測定した。一方、放湿性については、温度20°C、湿度50%の雰囲気中に移し重量の測定を行なった。

#### 4. 「エースライト」の調湿効果

図-1の測定装置で12時間を1サイクルとし、恒温槽内の温度を常温から50°Cまたは10°Cとした場合の密閉容器内の温湿度記録を図-2~4に示す。供試体の種類は、「エースライト」と比較用の天然木材としてスプルースおよびウェスタンヘムロックと、無機質建材として、ガラス繊維強化気泡石こうパネルや石こうボードを選択した。吸放湿試験の結果を図-5に示す。また、密閉容器内で、温冷繰り返しを受けた場合の各種材料の調湿特性について図-6に示す。気積比を変えたときの調湿特性については、温度変動を一定としたときの相対湿度差を図-7に示す。

これらの図から明らかなように、相対湿度70%の密閉空間の壁面がすべて金属で全く吸放湿がない場合には、気温が20°Cから50°Cに上昇した場合、相対湿度は、20%にまで低下し、逆に気温が10°Cになった場合には、相対湿度は、100%すなわち、壁面に結露している状態となる。これと同じ密閉空間中に気積比(A/V)が1.0 m<sup>-1</sup>の供試体、たとえば、スプルースを設置すると、その相対湿度の変化は、47~97%にまで緩和される。また、「エースライト」を同様

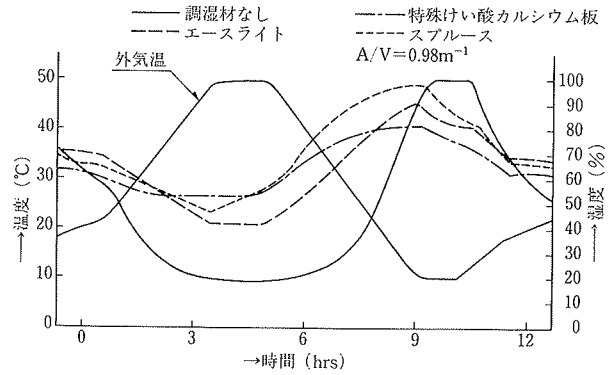


図-2 調湿機能試験結果

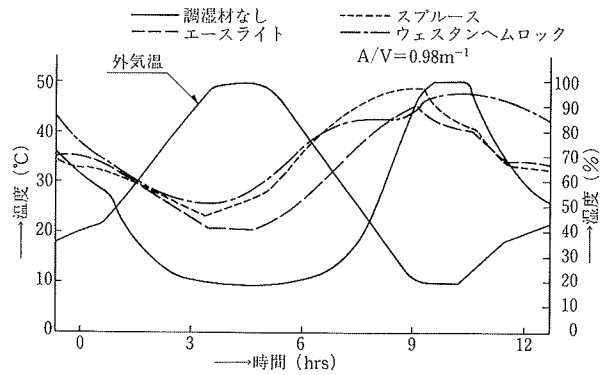


図-3 調湿機能試験結果

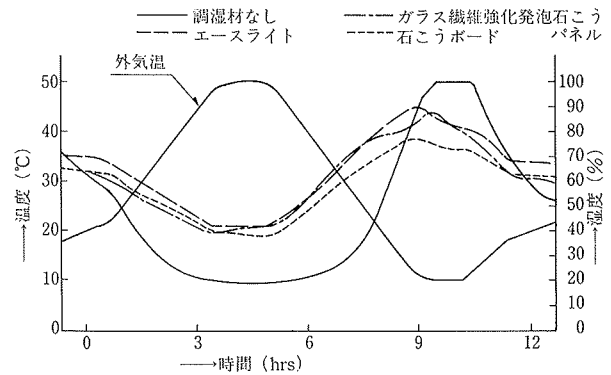


図-4 調湿機能試験結果

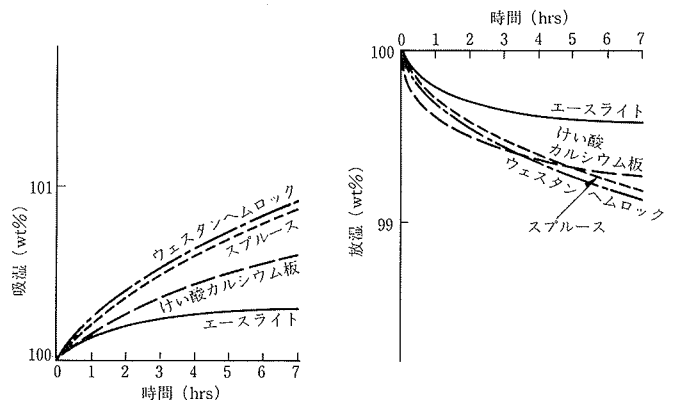


図-5 吸放湿試験結果

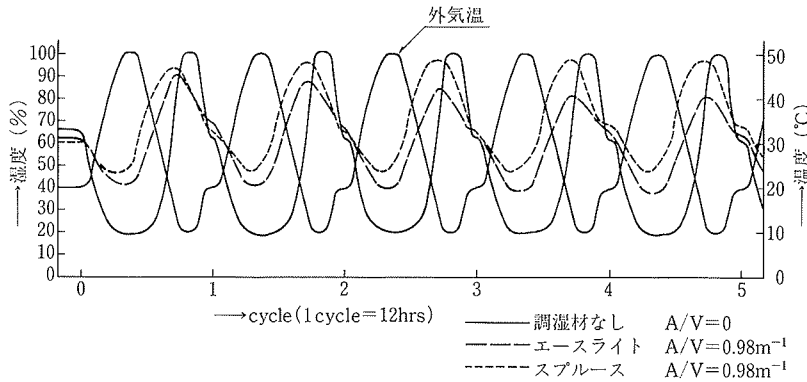


図-6 繰り返し調湿機能試験結果

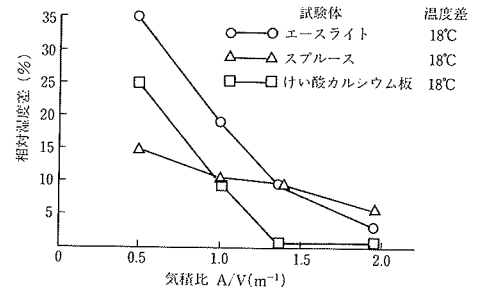


図-7 相対湿度差と気積比の関係

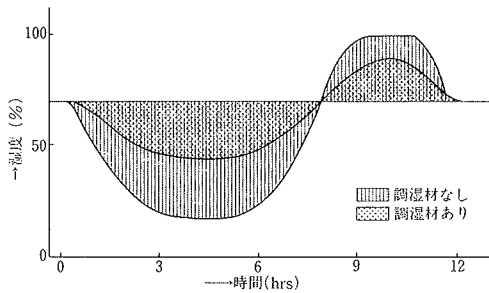


図-8 調湿材の有無による湿度変化のモデル

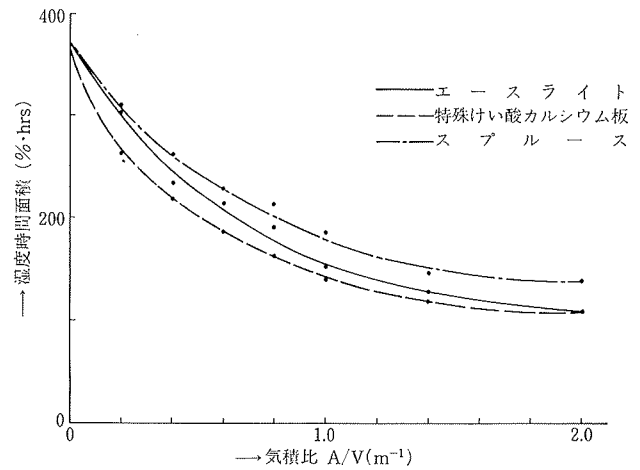


図-9 湿度時間面積と気積比の関係

の条件で設置すると、相対湿度変化は、42~90%と緩和されることがわかり、スプルー スと同等以上の湿度変動抑制効果が認められた。

図-5の結果は、吸放湿の速度および絶対量は、一般に言われているように、無機材料に比べて天然木材の方が優れていることを示している。しかるに、「エースライト」が天然木材と同等の調湿効果を示したことは、吸放湿の実験が、一定の相対湿度差のもとで行なわれているのに対して、調湿試験では、相対湿度が徐々に変化していることに起因していると思われる。

これは、図-7に示すように、スプルー スに比較して「エースライト」などは、気積比の影響を受けやすいのは、吸放湿速度が小さいことに起因していると考えられる。

今回行なった実験では、各供試体の気積比を0~2.0 m<sup>-1</sup>とした。図-8は、調湿材を設置した場合と、しない場合の湿度変化をモデル的に示したものである。一定のサイクルで温度を変化させた場合に、その相対湿度差が小さいほど湿度変動抑制効果があるといえるので気積比を変えて試験をした結果について、湿度時間面積を計算すれば、その値が小さいほど、調湿効果が優れていると

いえる。

図-9は、この関係を人造木材、特殊けい酸カルシウム板、スプルー スについて示したものである。これによると、いずれの材料の場合にも気積比が0.8 m<sup>-1</sup>程度くらいまでは、調湿効果が大きく変動するが、それ以上では、ほぼ横ばいであることが分かる。

図-2の結果から、気積比が1.0 m<sup>-1</sup>で「エースライト」は、十分な調湿能力を有しており、0.8 m<sup>-1</sup>以上で調湿効果が横ばいとなることを勘案すると、実際の建物において、「エースライト」を適用する際には、気積比を0.8 m<sup>-1</sup>以上で設計することによって、十分な調湿効果が期待できるものと思われる。

### 5. 調湿機能材としての人造木材の適用

博物館などの建築物に適用される内装用材料としては、文化財や美術品などの貴重な財産を保管するために、その保管場所の室内環境を美術品などの最適な保管条件に設計する必要がある。

これらの材料に要求される性能は、おおむね以下のとおりである。

- (1) 室内環境の湿度変化を調節緩和する機能を有する

こと。

この特性については、前述のとおりである。

(2) 防火性能が優れていること。

「エースライト」の主材料であるゾノトライトは、防火性に優れ、1,000°Cの高温に耐え、他の成分が燃焼しても、形状、寸法が変わらない。また、有機質の添加総量を6% wt以下とした場合には、建設省告示第1828号に規定される試験に合格し、不燃材料として適用できる。

(3) 室内環境を中性に保つこと。

「エースライト」には、揮発性アルカリ、酸成分は含まれず、微量に含まれるアルカリ成分は、無機のアルカリ金属または土類金属で揮発することはない。

「エースライト」のPH試験(浸漬法による)は、試験体の形状を、60×60×25 mmとし、この試験体に錘りを付けて、蒸留水400 cc中に沈め、一定時間まで放置した後、試験体を取り出し、この溶液を均一になるように攪拌してPHを測定する。PH測定は、電極により測定する。試験の結果は、表一2に示すが、PHは8~9に維持されている。

(4) 美術品などの保管展示に対して、壁体および支持体として十分堅牢であること。

時間(分)	PH
20	7.96
30	8.44
50	8.76

表一2 「エースライト」のPH試験結果

(5) 断熱性能が優れていること。

(6) 壁材、天井材として十分な強度があり、加工性が良いこと。

## 6. まとめ

けい酸カルシウム系人造木材「エースライト」の調湿特性について実験を行なった結果をまとめると次のようなことがいえる。

(1) 気積比(A/V)を大きくする。すなわち、空間に対して調湿材の表面積を大きくすることによって、室内の相対湿度変動をより小さく抑えることができる。(図7, 9)しかし、今回取り上げた材料においては、調湿効果に限界があり、気積比は、0.8 m<sup>-1</sup>より大きくしても、調湿率は横ばいとなる。

(2) 気積比(A/V)を大きくすることにより調湿率は大きくなる。すなわち、より多くの水分が空間内で増減したことを示している。

(3) 調湿効果の材料間の比較では、「エースライト」は、スプルーと比較して同等以上であることが分かった。

(4) 「エースライト」によって、室内雰囲気アルカリ性にすることは考えられない。

調湿力において比較すると、ゾノトライト結晶を主材料とするけい酸カルシウム板では、人造木材と比較して有機系高分子が結晶の空隙部分を充てんしていないので、空隙率にまさるために、湿度変動抑制効果が高いものと思われる。しかし、建築用内装材としての要求性能を考慮すると物理的な強度や加工性の点で、けい酸カルシウム板には問題が残っている。これらの点を改善して、木材の「燃える」「腐る」「狂う」といった三大欠点を解消したものが人造木材「エースライト」である。

調湿機能材の用途分野においては、近年、内装制限などの関係から博物館の建築物においても、防火、調湿の両機能を有する材料が求められていることと、文化財の保護を空調設備だけに頼るといふ考えも改められつつあるのも事実である。そうした背景から、不燃性で調湿機能を有する材料へのニーズは高まりを見せている。

最後に、人造木材の開発プロジェクトとして、ご助言、ご助力をいただいた小野田セメント株式会社、株式会社小野田、内外木材工業株式会社の皆様に深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 青山, 堀: けい酸カルシウム系人造木材に関する研究, 大林組技術研究所報, No. 30, (1985), pp. 150~154
- 2) 青山, 堀: 人造木材の開発と建築への利用, 材料技術, Vol. 2, No. 9, (1984), pp. 16~21
- 3) 堀, ほか: けい酸カルシウム系人造木材に関する研究, その4 調湿特性, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (1985), pp. 577~578
- 4) 青山, 堀: 無機系人造木材の調湿特性, 太陽エネルギー, Vol. 13, No. 4, (1987), pp. 17~21