

《解 説》

# 天然ゼオライトの建材化利用

## —呼吸性建材の開発—

新東北化学工業(株) 研究開発室 松本 浩 , 浦山良一

### 1. はじめに

我国における天然ゼオライトとしては、モルデナイト、クリノプロチロライトが産業資源として各地で多量に産出しているが<sup>1)</sup>、その利用範囲は農業利用(土壌改良剤、農業キャリア等)を中心にキャットサンドや一部工業用として吸着剤、水処理剤、触媒、乾燥剤等で利用されている<sup>2)</sup>に過ぎず、有用な産業資源としては利用が限定されているのが現状である。

そこでゼオライトの持つ機能性に着目し、調湿作用を持った建材の開発によってゼオライトの適性高度利用を検討するものであり、その利用拡大に期待するものである。

湿度の高い我国では従来より吸湿性に富む木造土壁建築が一般に採用されて来たが、近年新建材の発達と不燃性建築の採用から吸湿性の乏しい建材やコンクリート壁等が直接家屋建造物の壁面を構成する様になった。これ等の建材は水分吸脱着性に乏しく熱伝導率が高い為に、これらを取り巻く空気温度よりも冷却速度が速く空気よりも低温となる。従って空気中の湿度状態によっては壁面に接する空気温度は下がり、湿気は飽和点に達して壁面に凝縮、結露して湿潤状態或いは水滴化される<sup>3)</sup>。

水分はカビ、ダニの発生を招くと共に、人体や住環境に大きな被害をもたらす結果となる。従来の木質系建造物では、調湿作用、断熱作用によりある程度避けることができたが、その場合でも梅雨期や冬期の暖房時期には壁面上に結露の発生が見受けられた。また、木質系、コンクリート系共に表面結露した場合に水滴となって滞留し環境の悪化を招いている。

ゼオライトの吸放湿は湿度の高低によっても作用するが、温度依存性によるものも大きく温度の上昇に伴って放湿を行い、温度の下降によって吸湿作用を示すものであり、一定空間における相対湿度を緩衝するものと思われる。

そこで、ゼオライトをセメントバインダーにより加圧成形したセラミックプレート及び樹脂とゼオ

ライトの加熱巻き取りによる木目模様建材により、湿度変化の緩衝作用、結露防止機能により、住空間や収蔵空間の環境向上を目指すものであり、現在の外壁、屋根、内装での断熱、或いは空調による結露対策には限界があり、内装材等の材料自体の調湿作用や防露機能によって防止すべきものである。

ここでは、ゼオライトを利用した呼吸性建材の特性について実験結果から述べ、その特性や有用性について紹介する。

### 2. 呼吸性建材の特徴

従来の内装材は大別して木質系とコンクリート系であるが両者の特徴として

表1 材料別特徴

木質系	コンクリート系
<ul style="list-style-type: none"> <li>・調湿作用がある</li> <li>・意匠性、風合いが良い</li> <li>・耐火性に欠ける</li> <li>・寸法安定性に欠ける</li> <li>・良質木材の安定供給難、高価格化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調湿作用が少ない</li> <li>・意匠性が乏しい</li> <li>・耐火性がある</li> <li>・寸法安定性がある</li> <li>・断熱性が悪い</li> </ul>

本開発品の特徴は、木質系、コンクリート系の長所を兼ね備えたもので、双方の欠点を大きく改善できるものである。その特徴として

表2 呼吸性建材の特徴

<ul style="list-style-type: none"> <li>・調湿作用がある</li> <li>・結露を抑えることが出来る(防露性)</li> <li>・耐火性がある</li> <li>・寸法安定性がある</li> <li>・断熱性がある</li> <li>・品質、供給共に安定化できる</li> <li>・巻き取り成形により木目模様の意匠性に富んだものとなる(ウッドパネル)</li> <li>・デザイン化された金型を使うことにより、多種の意匠性に優れたものを容易に成形出来る(セラミックプレート)</li> <li>・ゼオライトのイオン交換を利用して、金属イオン担持による積極的な抗菌作用を付与できる</li> </ul>
--

### 3. 実験

#### 3.1 セラミックプレート

ゼオライトは天然モルデナイトを原料とし、バインダーに白色ポルトランドセメント、アクリルエマルジョンを用いた<sup>4)</sup>。

成形は図1の方法に従い行った。

物性試験では恒温恒湿機により温湿度を制御し吸放湿性を重量の増減により測定した。同じく吸水重量増加により吸水率測定を行った。

曲げ試験においては JIS-A 5209 (陶磁器質タイル) に規定された方法により、1 cm 当りの曲げ荷重値を算出した。

熱特性試験ではフラッシュビーム法によりその熱伝導度を測定した。

抗菌試験は Ag, Cu, Zn をイオン交換したゼオライトを原料として成形後、E. coli 及び Aspergillus. fravus の被験菌により、ハロー阻止帯、死滅率の測定を行いその抗菌性を評価した。

環境モニターによる調湿作用評価では、1 m<sup>3</sup> 程度の測定 Box にセラミックプレートを施工し、もう一方の Box を対照区として温湿度ユニットにより温湿度をモニターしその調湿作用を評価した。

#### 3.2 ウッドパネル

ゼオライトは天然モルデナイトを用いてバインダーとしてスチレン樹脂を使用し、基材上にゼオライト、スチレン混合物をのせ加熱溶融による連続巻き取り成形を行って、年輪状を呈した丸太材を加工した<sup>5)</sup>。その製造プロセスは図2に示した。

物性試験は抗菌試験を除いて 3.1 の実験法に従い測定した。

### 4. 結果と考察

#### 4.1 吸放湿試験

恒温恒湿器により 30℃-RH 90% と RH 40% の湿度変化による吸放湿量を 24 hr サイクルで示したものの(表3, 図3)で4日目ではほぼ同じ吸放湿のサイクルを示している。

セラミックプレートのゼオライトに対するセメント比が増加することにより、吸放湿量は下がりアクリルエマルジョンの添加による吸放湿量は更に低い数値となった。これは吸水能の低いセメント及びアクリルエマルジョンの割合増加によるものと思われる。

また、ウッドパネルの吸放湿量はセラミックプレートの約 1/3 となっており、これはゼオライト含有量でセラミックプレートの約 1/2 となり、更にゼオライト粒子を取り巻くポリスチレンの被膜化による吸放湿量の低下と見られる。

図3より見ても明らかな様に、相対湿度の上昇により吸湿を行い、低下によって放湿を一定のサイクルでくり返しており、その吸放湿量は 1 m<sup>2</sup> 当り約 350 g にも及ぶものであった。

#### 4.2 最大吸湿率

図4に最大吸湿率を示した。

吸放湿率同様にバインダーの割合増加による吸湿率低減化傾向となった。ウッドパネルにおいても同様である。

また、飽和吸湿となるのに約 48 hr ~ 90 hr を要し、飽和吸湿量を 100 とした場合の 24 hr 目の吸湿量は S30 で 81%, S50 で 74%, S30 p で 71%, S50 p で 66% となり、セメントの量が多くポリマーが入るに従って吸湿速度は遅くなった。

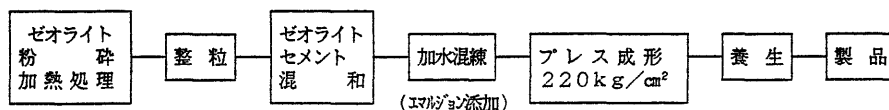


図1 セラミックプレート製造プロセス

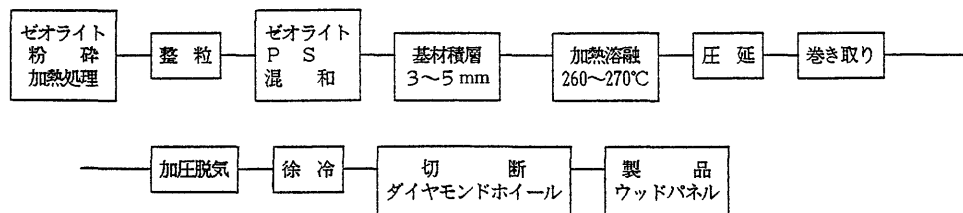


図2 ウッドパネル製造プロセス

表3 30℃ RH90% ⇄ RH40% 24hr サイクルによる  
吸放湿試験

No.	RH90%	RH40%	RH90%	RH40%	RH90%	RH40%	RH90%	RH40%	RH90%	RH40%
S30	8.2	-2.3	2.7	-1.9	2.1	-1.9	2.2	-2.0	2.0	-1.9
S50	6.6	-1.5	2.8	-2.1	2.1	-1.9	1.8	-1.7	1.7	-1.6
S30p	5.7	-1.2	2.0	-1.4	1.6	-1.5	1.6	-1.5	1.5	-1.5
S50p	5.4	-1.1	2.0	-1.4	1.6	-1.4	1.6	-1.5	1.6	-1.4
W.P.	1.2	-0.5	0.6	-0.6	0.7	-0.7	0.7	~	~	~

(単位: wt%)

セラミックプレート S30 : Zeolite 100 に対してセメント 30 (wt%)  
 S50 : " " 50  
 S30p : " " 30, エマルジョン10 (wt%)  
 S50p : " " 50 " "  
 ウッドパネル W.P. : Zeolite 6 に対して PS 4 (wt%)

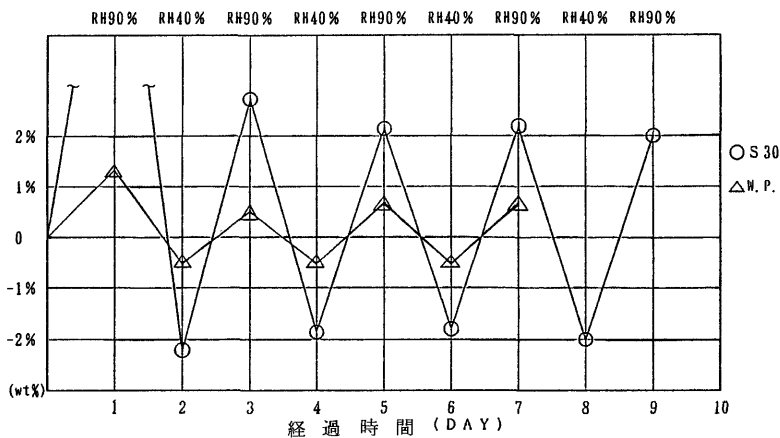


図3 24 hr サイクルによる吸放湿率

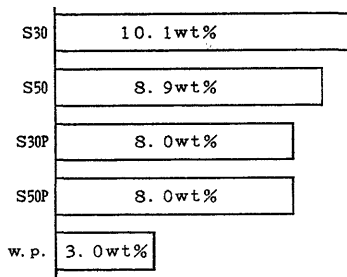


図4 最大吸湿率 (wt%)

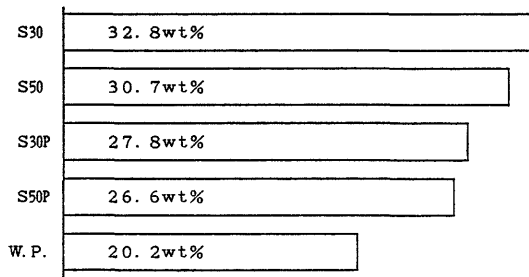


図5 最大吸水率 (wt%)

4.3 最大吸水率

相対湿度が上昇して吸湿量を上回り飽和状態となつて表面結露した場合には吸水により水滴化を防止、結露防止する必要がある。図5に最大吸水率を示した。

吸水率も吸湿率と同様の傾向にあり、バインダー

割合の少ない方が吸水率も高い傾向を示した。この吸水性により温度差による結露等が発生した場合でも、速やかに吸水するので結露防止効果を発揮する。また、大気中の結露水分量を考えても吸水率は充分なものと思われる。

#### 4.4 曲げ強度試験

内装材としての形状より考えて陶磁器質タイルの強度試験法(JIS-A5209)に準じて表4の結果を得た。セメント、ポリマーの増加に従い強度発現は大きくなった。JISに規定される1cm当りの曲げ破壊荷重は1.2kgf/cm以上となっており、いずれも数値をクリアしている。またエッジ部のカケや剥離現象も見られず、二次部材としての強度は充分なものである。

表4 幅1cm当りの曲げ破壊荷重(kgf/cm)

	Zeolite	$P_c$	$P$	$P_s$	曲げ強度 kgf/cm
S30	100	30	—	—	5.60
S50	100	50	—	—	6.75
S30p	100	30	10	—	7.67
S50p	100	50	10	—	9.07
W.P.	6	—	—	4	22.40

\* JIS-A5209に規定される曲げ破壊荷重値1.2以上

#### 4.5 熱特性試験

結露防止に有効な手段として、内外の温度差を小さくすることにあるが、断熱材の使用と共に内装材自体にも断熱性の高いものを使用することによって一段と効果的なものにする<sup>6)</sup>ことができる。

図6にその熱伝導率を示したが、コンクリートの1/2~1/3と低い熱伝導率となっており断熱効果による結露防止の点においても有効である。

#### 4.6 抗菌作用評価試験

ゼオライトの特徴の一つであるイオン交換能を利用して金属イオンを担持させることにより、積極的な抗菌、防カビ機能を付与させるものである。

金属担持としては、 $Ag^+$ 、 $Cu^{++}$ 、 $Zn^{++}$ イオンの交換を行い、金属担持ゼオライトとした。

イオン交換溶液としては0.1M硝酸銀、0.2M硫酸第二銅、0.8M塩化亜鉛を用いた。

表5にハローテスト及び死滅率を示した。

金属担持ゼオライトはハローテストでも全て阻止帯形成を認めており、死滅率においても99.8%以上の結果となった。これは金属担持による抗菌作用によるものであり、調湿作用、防露機能との併用により環境改善に役立つものである。

#### 4.7 環境モニターによる評価試験

環境測定Boxを用いて約1m<sup>3</sup>の空間にセラミックスプレート及びウッドパネルを施工し、温湿度ユニットを用いて温湿度変化を対照Box(Blank)と比較した。試験Boxは内面をビニルクロス張りとした。

試験方法はBoxの壁面に約35%面積分のセラミックスプレート及びウッドパネルを施工しモニターを行った。図7にセラミックスプレートのモニター試験を示したが、Blankにおいては日中の温度上昇に従って相対湿度の低下が起り、温度の下降によって相対湿度の上昇が見られる。

しかし、施工区においては若干の変動はあるものの、相対湿度の変化の幅は極端に少なく施工された

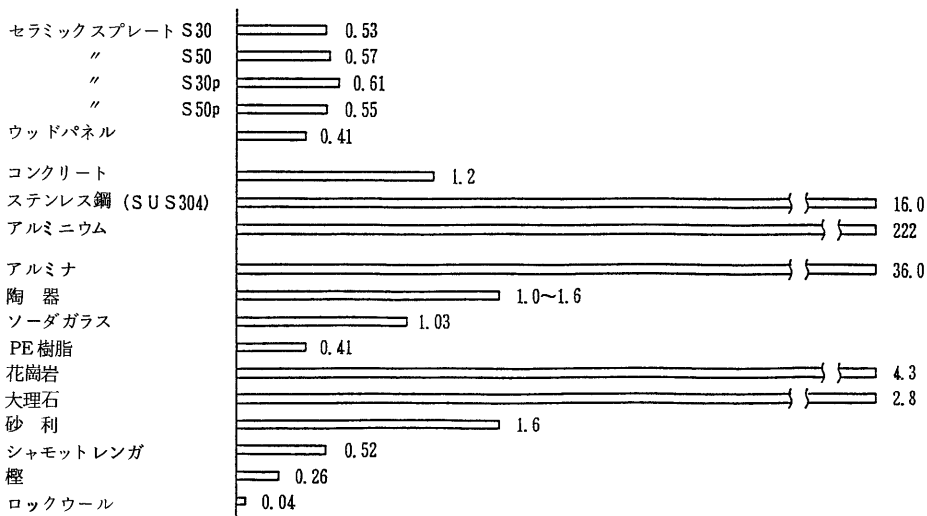


図6 熱伝導率比較(W/mk)

表5 ハロー及び死滅率

	ハロー(阻止帯)		死滅率(%)	
	E. coil	fravus	E. coil	fravus
NaAgZ	+	+	99.8 以上	99.9 以上
	+	+	99.8 "	99.8 "
	+	+	99.9 "	99.8 "
	+	+	99.8 "	99.8 "
	+	+	99.9 "	99.8 "
NaCuZ	+	+	99.9 以上	99.8 以上
	+	+	99.8 "	99.9 "
	+	+	99.8 "	99.8 "
	+	+	99.8 "	99.8 "
	+	+	99.8 "	99.8 "
NaZnZ	+	+	99.8 以上	99.8 以上
	+	+	99.8 "	99.9 "
	+	+	99.8 "	99.8 "
	+	+	99.9 "	99.8 "
	+	+	99.8 "	99.8 "
Blank	-	-	認められず	認められず
	-	-	"	"
	-	-	"	"
	-	-	"	"
	-	-	"	"

\* ハロー (+) 阻止帯形成  
 (-) 阻止帯形成認められず

セラミックスプレートによる吸放湿作用が相対湿度の変化を抑えている。

また、図8では相対湿度と温度の関係について一日の温湿度をプロットしたものであるが、施工区、対照区共に温度の変化幅は同じであるが、相対湿度においては上下幅が狭く、相対湿度の変化を抑えているのが施工区であるのが理解できる。

ウッドパネルについても同様の環境測定を行った結果、相対湿度の上下幅はセラミックスプレートに比較してその振幅は大きい、セラミックスプレート同様に調湿作用を行っている。

5. まとめ

本開発は上述の様にゼオライトの持つ調湿作用、吸水性、イオン交換の特徴を十分に活かしたものであり、この優れた性能を利用して構築物或いは一定空間における壁面材として用いることにより、調湿による湿度緩衝、結露防止、抗菌、防カビ機能を発揮する。

その使用場所としては、最大の特徴である調湿作用を考慮して一定閉空間での物の保管、例えば湿度変化を嫌う美術館や収蔵庫、製品倉庫等、広い用途があげられる。また、住空間における結露発生、それに伴うカビの発生防止等にも応用展開される。

写真1にウッドパネル製品、写真2にセラミックスプレート施工例、写真3に既築マンション西側室内のカビ及び結露対策施工例を示す。

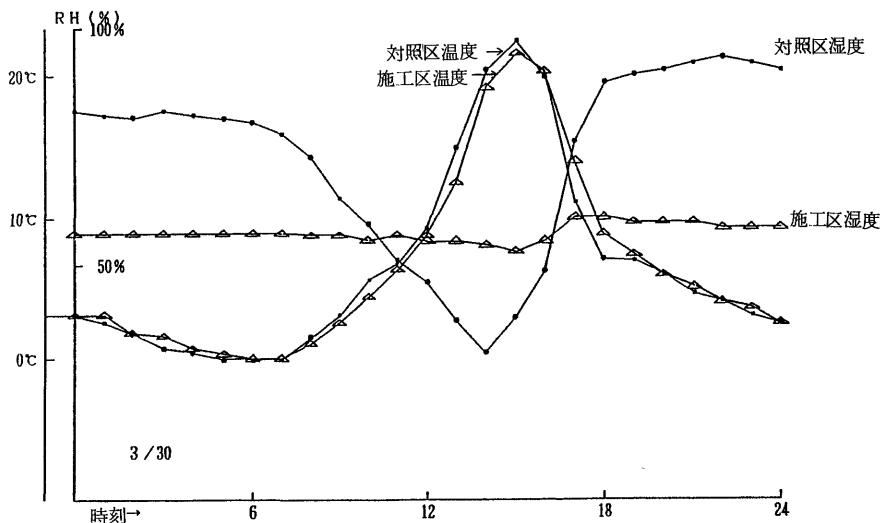


図7 セラミックスプレート  
 [施工区と対照区との24hr 温湿度変化]

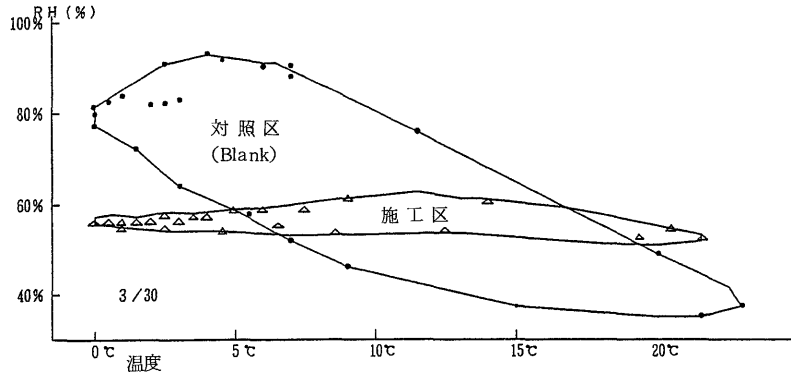


図8 セラミックスプレート  
〔相対湿度と温度関係〕

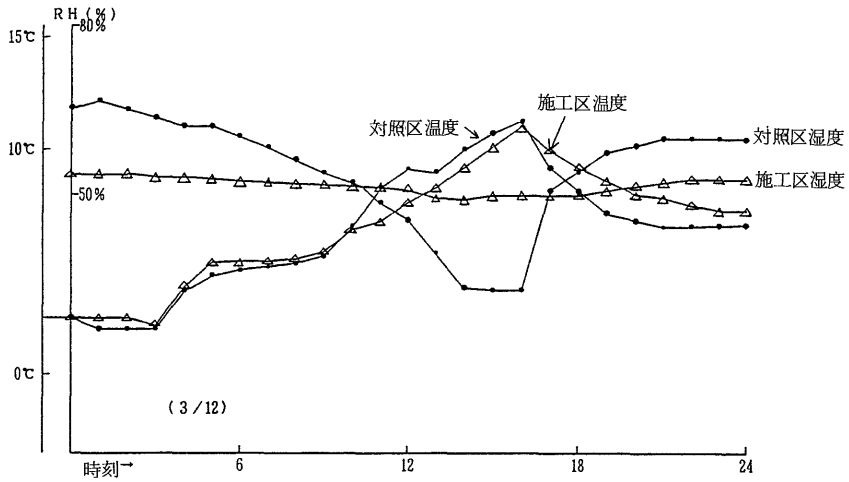


図9 ウッドパネル  
〔施工区と対照区との24 hr 温湿度変化〕

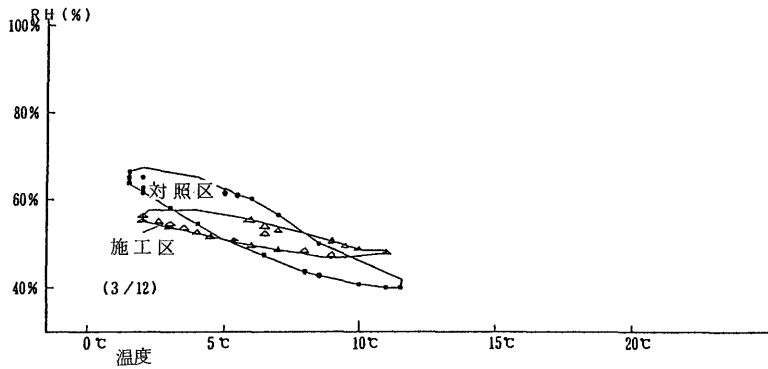


図10 ウッドパネル  
〔相対湿度と温度関係〕

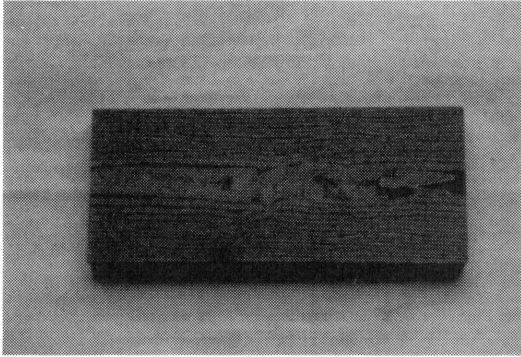


写真 1

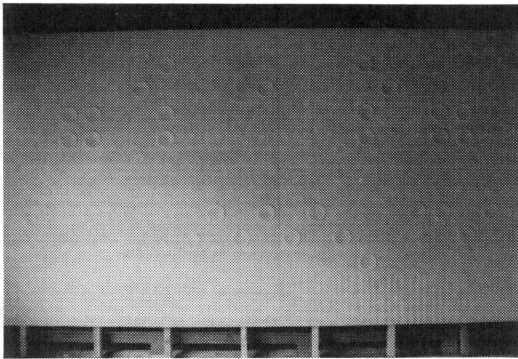


写真 2

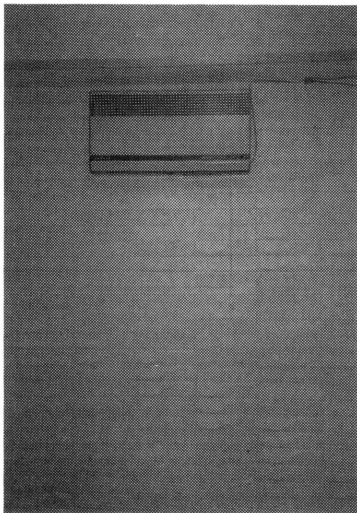


写真 3

住空間での快適性を求める<sup>7)</sup>には、近年の新材による工法では調湿性に欠け、過度の空調による障害と相まって環境の悪化を招くものであり、水分による住環境への影響は大きいものである。水分は建造物の劣化を進めるばかりか近年大きな問題となっているカビの発生を招き、人体への影響も懸念されている。この様なことから水分のコントロールは重要な課題であり、これからより高气密化していく家屋の中でカビ、ダニを招く湿気、結露への対処の方法は、ますます難しさを増して行くものと思われる。

家屋の構造の変化や電気的な湿気の排除などでは限界があり、いずれもコスト的に高いものとなっている。また、既築の家屋の中で湿気、結露への確実な解決策は見つかっていないのが現状である。

以上の様に調湿作用を大きな特徴とするセラミックスプレート及びウッドパネルであるが、その意匠性並びに性能を把握して実際の施工にあたらなければならない。また、機能性は勿論のこと、構築物や環境との融合性も加味しながら時代のニーズにあった形態や意匠性の検討も重要な課題であると考えている。本建材が実用化された際は、建築工法や構造に変化をもたらし、より低価格で湿気、結露の問題を解決することになると思われる。

尚、本開発は東北通産局技術改善費等補助金及び宮城県産学協同研究助成事業の補助によって行われたものである。

#### 参考文献

- 1) ゼオライトとその利用
- 2) たとえばゼオライトの最新応用技術
- 3) 山田雅士, 建築の結露, p. 39
- 4) 特開平 1- 247424
- 5) 特開平 2-106345
- 6) 近藤連一, 多孔材料, p.186
- 7) 鈴木謙一郎, 大矢信男, 除湿の実用設計, p. 239