

調湿性タイルの開発

深谷 英世 山口 知宏 山崎 達夫 星 幸二 伊藤 政巳

Development of Moisture Regulation Tiles
by

Hideyo FUKAYA, Tomohiro YAMAGUCHI, Tatsuo YAMAZAKI, Koji HOSHI and Masami ITO

吸湿性、放湿性に優れた多孔体の製造に適した多孔性原料（セピオライト、ゼオライト）によりタイル素地を調合し、成形、焼成試験を行い、タイルの強度、吸湿性、抗かじ 等について検討した。ゼオライトは800～850℃、セピオライト系は850～900℃焼成で良好な吸湿特性を示した。この温度範囲以上で焼成すると吸湿特性が損なわれる。上記の温度範囲で焼成し、試作タイルの厚さを8mm以上にすれば、JIS内装タイルの基準である12N/cm以上の曲げ強さとなった。ゼオライトは800℃焼成してもイオン交換が可能である。イオン交換処理により銀を固定した銀ゼオライト及び銀ゼオライトを添加したセピオライトは抗かび性を示した。

1. まえがき

建築材料の吸放湿性は居住環境に影響する重要な性質である。吸湿性、放湿性に優れた多孔体の製造に適した多孔性原料によりタイル素地を調合し、成形、焼成試験を行い、タイルの強度、吸湿性、抗かび性等の機能について検討した。

2. 実験方法

2.1 使用原料とタイル素地調製

多孔性原料としてセピオライト、ゼオライト（板谷産、板戸産）を使用した。その化学分析値を表1に示す。

セピオライトは800～900℃で焼成してもタイルとして必要な実用強度が得難いと考えられた。そこで、セピ

オライトとゼオライトとの複合系、800～900℃で焼結するベントナイトとの複合系タイル素地について検討した。多孔性原料はオムニミキサで乾式混合後、5～10%の水分を噴霧し、水分量を調整した。

2.2 成形と焼成

セピオライトは吸水性が大きいため、湿式成形では乾燥時間が長くなり、収縮も大きく、乾燥切れ、変形等が問題となる。このため成形法としてはプレス成形が適当と考えられる。

成形はインパクト成形機（フローティングダイセット機構付き）を使用し、成形圧20～40MPaで、厚さ6～14mm、75mm角、120mm角のタイルを試作した。焼成は昇温速度50℃/hで、所定温度で1時間保持した。

2.3 比表面積、細孔特性

定容法による窒素吸着により多孔性原料の吸脱着等温線を測定し、BET法により比表面積を、tプロット法、BJH法により積算細孔容積、細孔分布等の細孔構造を調べた。

2.4 曲げ強さ、熱伝導率

JIS A 5209陶磁器質タイルにより曲げ強さを測定した。熱伝導率は非定常熱線法で測定した。

2.5 抗かび性

滅菌シャーレ内の寒天培地にかびを塗布し、中央に抗かび性評価試験体を置き、28℃でかびの状態を観察した。

表1 多孔性原料の化学分析値 (%)

	板谷ゼオライト	板戸ゼオライト	セピオライト
SiO ₂	73.1	71.2	60.5
Al ₂ O ₃	11.6	12.2	1.72
Fe ₂ O ₃	1.21	1.86	0.13
TiO ₂	0.10	0.23	0.06
CaO	1.02	2.61	0.57
MgO	0.12	0.34	24.8
Na ₂ O	2.71	2.60	0.11
K ₂ O	3.03	1.41	0.36
Ig. loss	7.00	7.28	11.8

3. 実験結果及び考察

3.1 成形性

セピオライトは繊維系粘土鉱物で、繊維が絡み合った構造のため、成形体には弾性があり、加圧後金型から取り出す際に膨れるスプリングバック率が高い。また、減圧過程でラミネーションを起こし易い。このため、ち密な成形体とするためには水分量を多くして成形する必要があった。成形後の減圧終了荷重を低くし、50kg程度とすることにより、スプリングバック率が大きくても、ラミネーションのない成形体を得られた。

3.2 加熱、ベントナイト添加による比表面積、細孔特性への影響

前報¹⁾でこれ等多孔性原料の細孔構造への加熱による影響を調べた結果、セピオライトの比表面積は室温で $218\text{m}^2/\text{g}$ と大きな値を示したが、加熱により 800°C で $83\text{m}^2/\text{g}$ 、 900°C で $73\text{m}^2/\text{g}$ 、 1000°C で $49\text{m}^2/\text{g}$ と減少したため、 $800\sim 900^\circ\text{C}$ 焼成が適当と考えられた。

板谷ゼオライトは、 150°C 加熱によりミクロポア比表面積が $0.5\text{m}^2/\text{g}$ から $100\text{m}^2/\text{g}$ へと大幅に増加し、比表面積が $36\text{m}^2/\text{g}$ から $123\text{m}^2/\text{g}$ へと増加した。しかし、 800°C では $25\text{m}^2/\text{g}$ へと減少した。

板戸ゼオライトは 150°C で $177\text{m}^2/\text{g}$ 、 500°C で $131\text{m}^2/\text{g}$ 、 700°C で $102\text{m}^2/\text{g}$ と板谷ゼオライトの約2倍の比表面積があったが、 800°C では $31\text{m}^2/\text{g}$ 、 900°C では $6\text{m}^2/\text{g}$ へと減少した。このため、ゼオライトは $800\sim 850^\circ\text{C}$ 焼成が適当と考えられた。

$800\sim 900^\circ\text{C}$ で焼結するベントナイトをセピオライトに添加した場合、積算細孔容積は無添加の $0.596\text{ml}/\text{g}$ から10%添加で $0.461\text{ml}/\text{g}$ へと減少した。ベントナイトを5、10%添加し、 900°C で焼成したセピオライトの細孔分布を図1に示す。図から平均細孔半径はいずれも 20nm であり、ベントナイトを10%添加しても変わらず、細孔分布への影響はほとんどなかった。

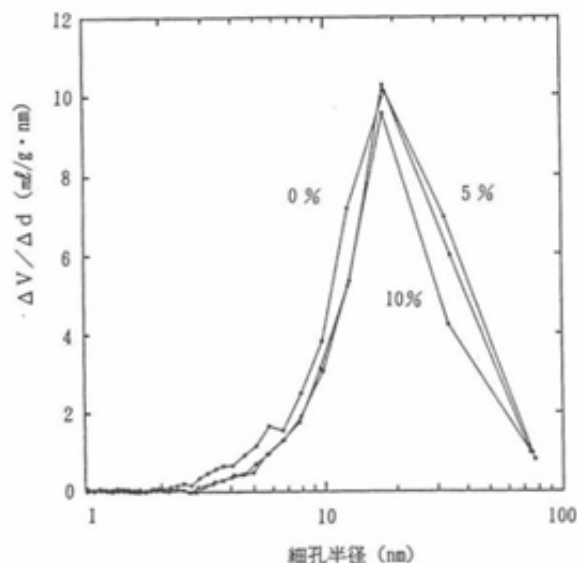


図1 セピオライトの細孔分布
(ベントナイト5、10%添加、 900°C 焼成)

3.3 曲げ強さ、熱伝導率

表2に試作タイル(75mm角、厚さ6mm)の比表面積、曲げ強さ、熱伝導率を示す。表から試作タイルの曲げ強さは焼成温度と共に増加するが、焼成温度を高くすると比表面積が減少し、多孔性原料の吸放湿特性が損なわれる。そこで、タイル厚さを変えて曲げ強さを測定した。

図2にセピオライト(900 、 950°C 焼成)、図3にセピオライト+10%ベントナイト(900 、 950°C 焼成)の曲げ強さとタイル厚さとの関係を示した。曲げ強さはタイル厚さと共に大きくなり、幅1cm当りの曲げ破壊荷重をJIS内装タイルの $12\text{N}/\text{cm}$ 以上とするためには、セピオライト系の場合 900°C 焼成で厚さ8mm以上、ゼオライト系の場合 800°C 焼成で厚さ8mm以上としなければならない。

熱伝導率はセピオライト系で $0.16\sim 0.2\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 、ゼオライトで $0.2\sim 0.3\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ であり、石膏ボードと同程度の熱伝導率であった。

表2 試作タイルの比表面積、曲げ強さ、熱伝導率

焼成温度 ($^\circ\text{C}$)	比表面積 (m^2/g)				曲げ強さ (N/cm)				熱伝導率 ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)			
	800	850	900	950	800	850	900	950	800	850	900	950
板谷ゼオライト	26.7	15.3	12.2		9	9	30		0.218	0.272	0.334	
板戸ゼオライト	32.8	23.5	9.3		3	8	13		0.260	0.280	0.312	
セピオライト		80.6	84.0	22.1		6	7	10		0.161	0.165	0.219
同+ベントナイト5%		91.0	79.8	21.9		4	4	11		0.179	0.174	0.218
同+ベントナイト10%		98.0	69.9	21.7		5	6	11		0.161	0.165	0.234
同/板谷ゼオライト:80/20		97.6	58.1	20.0		6	8	13		0.172	0.188	0.275

注: タイル厚さ: 6mm

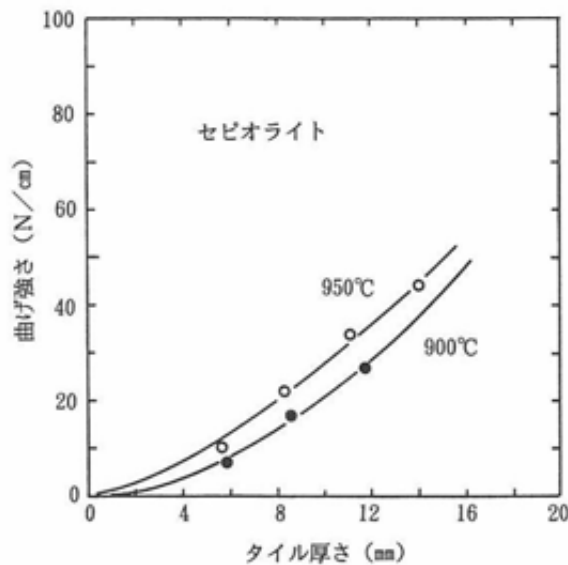


図2 曲げ強さとタイル厚さとの関係

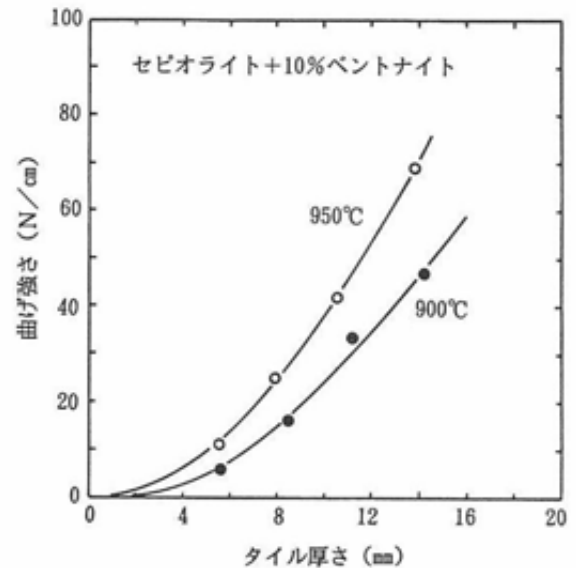


図3 曲げ強さとタイル厚さとの関係

3.4 吸湿性

試作タイルを相対湿度97%のデシケータに入れ、吸湿性を調べた結果を表3に示す。表から板谷ゼオライト、板戸ゼオライトは800～850℃焼成で良好な吸湿性を示した。板戸ゼオライトは900℃焼成で焼結が進み、吸湿性が著しく低下した。セピオライト系は850～900℃焼成で良好な吸湿性を示したが、950℃焼成では吸湿性が低下した。

3.5 抗かび性

吸湿性タイルはかびが生え易いため抗かび性が必要である。イオン交換処理により多孔性原料に銀を固定し、抗かび性について検討した。予備試験として、500℃、800℃で加熱処理したセピオライト、板谷ゼオライト、板戸ゼオライトについて、粉体1g当り銀50mgの硝酸銀溶液を加え、スターラーで20分攪拌後、16時間静置した。表4に多孔性原料による銀吸着量を示す。表から800℃で加熱処理しても銀は吸着され、ゼオライトはセピオライトよりも銀吸着能に優れていた。セピオライトは乾燥過程で太陽光により表面が黒く変色し、銀の吸着状態が

不安定と考えられた。このため、セピオライトはゼオライトとの複合系で抗かび性を評価した。銀を1%吸着させた銀ゼオライトと市販の抗菌剤2種（NV：1～10%添加、ST：1～10%添加）を添加したセピオライト、ゼオライトについて抗かび性を比較した。抗かび性試験結果を写真に示す。銀ゼオライトと銀ゼオライトを添加したセピオライト試験体中央部にはかびが生えず、抗かび性を示した。市販抗菌剤NV、STを添加したゼオライトも抗かび性を示したが、添加量1%では銀ゼオライトと同程度の抗かび性であった。黄色ブドウ球菌の場合、ゼオライトに銀0.5%添加で明確な発育阻止帯が観察さ

表4 多孔性原料による銀吸着試験

	銀濃度：多孔性原料1g当り銀50mg		
	銀吸着量 (mmol/100g)		
	加熱なし	500℃	800℃
セピオライト	19.7	23.4	24.3
板谷ゼオライト	43.8	43.8	44.4
板戸ゼオライト	43.2	42.8	41.7

表3 試作タイルの吸湿特性

焼成温度 (℃)	24時間 吸湿量 (%) 25℃、RH97%				90時間 吸湿量 (%) 25℃、RH97%				24時間 吸水量 (%)			
	800	850	900	950	800	850	900	950	800	850	900	950
板谷ゼオライト	5.6	3.0	1.6		7.9	4.7	2.6		47.2	44.4	29.7	
板戸ゼオライト	9.2	7.8	0.3		10.3	8.8	0.6		42.1	38.2	29.4	
セピオライト		7.4	4.8	0.9		11.4	10.6	1.7		67.7	68.4	58.6
同+ベントナイト5%		5.7	4.5	0.8		11.8	10.3	1.8		63.2	65.1	59.6
同+ベントナイト10%		6.0	5.2	0.6		12.0	9.7	1.4		64.9	62.2	53.4
同/板谷ゼオライト:80/20		5.9	3.1	0.7		12.0	7.1	1.2		68.7	60.8	56.6

れ、抗菌性を示したが²⁾、抗かび性には添加量を1%以上とする必要がある。

更に、焼成した試作タイルについてイオン交換による銀吸着試験を行なった。試作タイル1g当り銀10mgの硝酸銀溶液を加え、24時間静置した。表5に試作タイルによる銀吸着量を示す。表から850℃で焼成した試作タイルは粉体と同程度の銀吸着量を示した。ゼオライトは900℃で銀吸着量が低下した。セピオライト系も900℃以上で銀吸着量の低下が顕著であった。

4. ま と め

- (1) ゼオライトは800～850℃、セピオライト系は850～900℃焼成で良好な吸湿特性を示した。この温度範囲以上で焼成すると吸湿特性が損なわれた。
- (2) 上記の焼成温度で、試作タイルの厚さを8mm以上とすれば、曲げ強さは12N/cm以上となった。
- (3) イオン交換処理により銀を固定した銀ゼオライト及び銀ゼオライトを添加したセピオライトは抗かび性を示した。

文 献

- 1) 深谷英世, 山口知宏, 山崎達夫, 伊藤政巳, 愛知県常滑窯業技術センター報告, 21, 1～5(1994).
- 2) 深谷英世, 星幸二, 光松正人, 伊藤政巳, 森川泰年, 愛知県常滑窯業技術センター報告, 18, 45～50(1991).

表5 試作タイルによる銀吸着試験

銀濃度：試作タイル1g当り銀10mg

	銀吸着量(mmol/100g)			
	800℃	850℃	900℃	950℃
板谷ゼオライト	8.6	8.0	5.5	
板戸ゼオライト	8.5	8.4	1.8	
セピオライト		6.8	2.2	0.6
同+ベントナイト10%		4.7	2.6	0.9
同/板谷ゼオライト:80/20		4.7	2.9	1.2

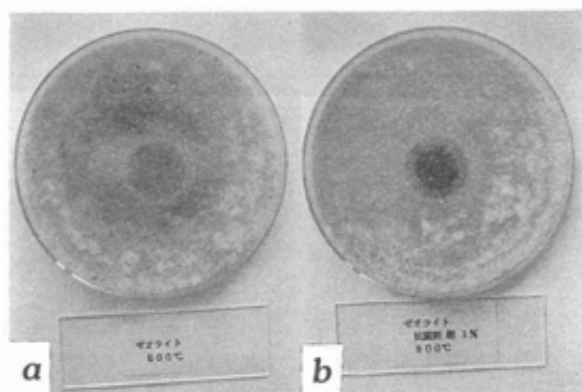


写真 抗かび性試験結果

a：ゼオライト、b：銀ゼオライト(800℃焼成)