

繊維製品に活用する機能性セラミックスの開発

深谷 英世 星 幸二*¹ 光松 正人*² 伊藤 政巳 森川 泰年

Development of Functional Ceramics for Wool Fabrics

by

Hideyo FUKAYA, Koji HOSHI, Masato MITSUMATSU,
Masami ITO and Hirotooshi MORIKAWA

毛織物に夏用織物素材として必要な機能（接触冷感，粗硬感，吸湿性等）を持たせるため，サブミクロン以下のセラミックス微粉体を調製した。5時間の媒体攪拌型アトリションミル粉碎によりサブミクロンのセラミックス微粉体が得られ，ボールミル粉碎よりも優れた粉碎効率を示し，平均粒径は合成ゼオライト $0.62\mu\text{m}$ ，天然ゼオライト $0.57\mu\text{m}$ ，頁岩 $0.6\mu\text{m}$ ，ゼオライト $0.67\mu\text{m}$ となった。

また，セラミックス粒子に抗菌作用のある銀，銅及び亜鉛を陽イオン交換処理により担持させた。合成ゼオライトは陽イオン交換容量が最も大きく，銀の場合 4.58meq ，亜鉛の場合 4.41meq であった。銀，銅及び亜鉛を担持させた合成ゼオライトについてハロー法による抗菌性評価試験を行なった結果，いずれも良好な抗菌性を示した。特に銀は 0.1% 担持させた場合でもクリアゾーン（発育阻止帯）が認められ， 0.5% 担持させた場合には十分な抗菌性を示した。

1. まえがき

毛織物に夏用織物素材として必要な機能（接触冷感，粗硬感，吸湿性等）を持たせるため，浸漬処理又は樹脂接着による繊維表面へのセラミックスの付与について検討した。羊毛繊維表面に付与するセラミックス粒子としてはサブミクロン前後のものが求められている。セラミックス材料は一般的に硬く，粉碎が困難であり，サブミクロンの粒子とするためには粉碎時間が長くなり，作業性，不純物の混入等が問題となる。このため，媒体攪拌型アトリションミルにより粉碎時間の短縮化を図り，従来のボールミル粉碎との比較を行なった。

また，セラミックス粒子に陽イオン交換処理により銀，銅等を担持させ，抗菌性の評価を行なった。

2. 実験方法

2.1 使用原料

使用した原料は粒子形状，粒度分布の異なる4種類のアルミナ（昭和軽金属製標準粒アルミナA

—12，粒子形状が扁平なAL—13PC，易焼結性アルミナAL—160SG，大明化学製タイミクロンTM—DAR），合成ゼオライト（水澤化学工業製Na—A型ゼオライト），板谷産天然ゼオライト，セピオライト，クリストバル岩，大井産頁岩である。表1に使用した原料の化学分析値とBET法による比表面積を示す。

合成ゼオライトはモンモリロナイトを原料として合成したNa—A型ゼオライトで，陽イオン交換能が大きく，平均粒子径 $1.76\mu\text{m}$ の微細なゼオライトである。Na—A型ゼオライトは細孔径が 0.4nm と小さく，窒素を吸着しにくいいためBET法による比表面積の測定値は小さくなるが，水分吸着法による比表面積は $550\text{m}^2/\text{g}$ と非常に大きな値を示す。

天然ゼオライトはクリノプチロル沸石とモルデン沸石を含み，比表面積は $79\text{m}^2/\text{g}$ である。

セピオライトは繊維状のけい酸マグネシウム系粘土鉱物で，一次元トンネル型の 20nm の細孔を持ち，比表面積は $246\text{m}^2/\text{g}$ と大きく，特に液状物質の吸着特性に優れている。

クリストバル岩は非晶質けい酸（opal）と結

* 1：現陶磁資料館，* 2：現商工部工業振興課

表1 使用原料の化学分析値 (wt%) 及び比表面積

	合成ゼオライト	天然ゼオライト	セピオライト	クリストバル岩	頁岩	フィリップ沸石	方沸石
SiO ₂	37.8	73.1	60.5	84.9	68.2	61.5	55.4
Al ₂ O ₃	29.3	11.6	1.72	5.70	12.8	13.4	17.5
Fe ₂ O ₃	0.05	1.21	0.13	2.86	0.62	0.56	0.84
TiO ₂	0.04	0.10	0.06	0.24	0.54	0.49	0.62
CaO	0.09	1.02	0.57	1.17	2.32	1.92	2.73
MgO	0.03	0.12	24.8	1.02	1.04	0.89	1.14
Mg ₂ O	19.0	2.71	0.11	0.21	0.61	6.79	11.9
K ₂ O	0.04	3.03	0.36	0.94	2.63	2.68	0.89
lg・loss	13.5	7.00	11.8	2.54	11.0	11.5	8.7
比表面積 (m ² /g)	550*	79	246	62	81	32	45

* : 水の吸着による測定値

晶質けい酸（クリストバライト）の中間生成物で、比表面積が62 m²/gと大きく、気体の吸着特性に優れている。

頁岩はクリノプチロル沸石を含み、知多半島南部に分布し、比表面積は81 m²/gである。

2.2 粉 碎

ボールミル粉碎は内容積2リットルのアルミナポットに、アルミナボール15mmφ500gと10mmφ500g、試料500g、水300g（セピオライトは試料300g、水1000g）及び分散剤を添加して行なった。

アトリションミルによる乾式・湿式粉碎は媒体攪拌型アトリションミル（三井三池化工機製MA-1D型）を使用した。なお、タンク容量は5.5リットル、アルミナボールは5mmφを10kg使用し、乾式は試料容積1リットル、湿式は30%濃度の試料溶液1リットルで行なった。

2.3 比表面積及び粒度分布測定

比表面積は窒素吸着によるBET3点法で測定した。

粒度分布は超音波ホモジナイザUS-300Tで分散後、レーザ回折式粒度分布測定装置（堀場製作所製LA-500）で測定した。

2.4 吸着試験

銀、銅、亜鉛の所定濃度溶液50gにセラミックス粉体1gを加え、スターラーで30分攪拌後、1時間放置し、セラミックス粉体に銀、銅、亜鉛を吸着させた。吸着後、孔径0.22μmのマイクロフィルターでろ過し、原子吸光光度法によりろ液中の銀、銅、亜鉛濃度を測定した。

2.5 抗菌性の評価

繊維製品衛生加工協議会による抗菌防臭加工製品認定基準に定められたハローテスト法（AATCC試験方法90-1982準用）による抗菌性評価試験を行った。試験用セラミックス粉体は予め150℃の乾燥機中で殺菌処理を行ない、試験に供した。抗菌性の評価は以下の方法で行なった。

- (1) 試験細菌 黄色ブドウ球菌(*Staphylococcus aureus*) FDA 209 P (ATCC 6538 P) : IAM 12082 (東大応微研)
- (2) 試験用菌体の培養・保存
標準寒天培地（生菌数測定用）11.7g、肉エキス0.5gに水500mlを加え、煮沸して溶解し、pH7.0〜7.2とする。試験管に10ml分取し、オートクレーブにより滅菌処理（115℃、20分）を行なった後、傾斜培地とし、保存培養菌を移植し、37℃で培養を行なった。
- (3) 培養基
肉エキス1g、ポリペプトン（細菌培養基用）2.5g、酵母エキス1g、グルコース1gを水1リットルに溶解し、pH7.0〜7.2とする。試験管に7ml分取した後、オートクレーブにより滅菌処理（115℃、20分）を行なった。
- (4) 試験方法
ベトリ皿の寒天培地表面に24時間培養の試験用菌体を200μl接種し、培地中央部に抗菌性評価試験体を置き、37℃で24時間培養した。
- (5) 抗菌生の評価
粉末の周囲に生じた透明なゾーン即ち発育阻止

帯を観察し、評価した。

3. 実験結果及び考察

3.1 セラミックス粉体の粉碎

湿式ボールミル粉碎、媒体攪拌型アトリションミルによる乾式・湿式粉碎試験を行い、粒子形状の変化、粒度分布への影響等を調べた。また、粉碎媒体からの不純物の混入についても検討した。

3.1.1 湿式ボールミルによる粉碎

湿式ボールミルによる粉碎結果を表2に示す。粒度の粗いアルミナA-12、AL-13PCの場合、4時間の粉碎で粉碎割合20~40%、平均粒子径5~9 μm となり、更に144時間の粉碎で平均粒子径1 μm 前後となったが、サブミクロンへの粉碎は困難であった。また、平均粒子径がサブミクロンのアルミナ(タイミクロン, 160SG)の場合、120時間粉碎しても平均粒子径はほとんど変わらず、湿式ボールミルによる粉碎の限界と考えられた。

粘土鉱物の場合、アルミナに比べて柔らかく、

表2 湿式ボールミルによる粉碎

	平均粒子径 (μm)			粉碎の割合	
	0時間 A	4時間 B	120時間 C	B/A $\times$ 100(%)	C/A $\times$ 100(%)
アルミナ: TM-DAR	0.36	0.35	0.35	97	97
アルミナ: 160SG	0.51	0.53	0.48	104	94
アルミナ: A-12	23.42	5.64	1.36	24	6
アルミナ: AL-13PC	20.89	8.63	1.54	41	7
合成ゼオライト	1.76	1.67	0.91	95	52
天然ゼオライト	6.79	5.30	1.55	78	23
頁岩	7.83	6.33	1.32	81	17
セピオライト	10.49	7.40	2.54	71	24
クリストバル岩	7.41	4.79	1.74	65	24

注: A-12, AL-13PCは144時間粉碎

表3 アトリションミルによる乾式粉碎

	平均粒子径 (μm)			粉碎の割合	
	0分 A	15分 B	300分 C	B/A $\times$ 100(%)	C/A $\times$ 100(%)
アルミナ: 160SG	0.51	0.50	0.45	98	88
合成ゼオライト	1.76	1.55	2.40	88	136
天然ゼオライト	6.79	2.79	3.10	41	46
頁岩	7.83	5.14	2.67	66	34
セピオライト	10.49	4.07	4.13	39	39

粉碎効率が悪いので4時間の粉碎で60~70%程度の粉碎割合であったが、120時間粉碎により粉碎割合20%程度まで粉碎が進み、平均粒子径は1~2 μm となった。

3.1.2 アトリションミルによる乾式粉碎

アトリションミルによる乾式粉碎結果を表3に示す。アトリションミルは媒体攪拌型粉碎機ともいわれ、固定容器中にメディア(5mm ϕ のアルミナボール)と被粉碎物を充填し、アームで攪拌し、粉碎を行なうもので、粉碎機構が主としてせん断力によるとされ、通常のボールミル粉碎に比べて、エネルギー効率がよく、粉碎速度が10倍以上とされ、サブミクロンの粉碎に適している。^{1) 2) 3)}

乾式粉碎は、摩擦係数が大きく、粉碎効果も湿式に比べて大きな能力を持っているが、微粉体になると湿式以上に凝集し易くなり、ボール、壁面への付着も大きくなる。表3から、アルミナ160SGでは粉碎時間と共に平均粒子径は小さくなってはいるが、粉碎速度は遅い。他の合成ゼオライト、粘土鉱物はある程度の粉碎は進むが、それ以上では、逆に平均粒子径が大きくなる逆粉碎現象が起こり⁴⁾、粉碎は進まなくなった。

表4 アトリションミルによる湿式粉碎

	平均粒子径 (μm)			粉碎の割合	
	0分 A	15分 B	300分 C	B/A $\times$ 100(%)	C/A $\times$ 100(%)
アルミナ: TM-DAR	0.36	0.35	0.40	97	111
アルミナ: 160SG	0.51	0.50	0.46	98	90
合成ゼオライト	1.76	1.59	0.62	90	35
天然ゼオライト	6.79	2.58	0.57	38	8
頁岩	7.83	2.90	0.60	37	8
セピオライト	10.49	4.89	0.67	47	6

表5 ボールミル粉碎によるアルミナの混入 (wt %)

粉碎時間 (時間)	0	4	8	24	48	120
頁岩	12.8	12.5	12.3	12.4	12.5	12.5
セピオライト	1.72	3.09	3.26	3.16	3.56	4.28

表6 アトリションミル湿式粉碎によるアルミナの混入 (wt %)

粉碎時間 (分)	0	15	30	45	60	90	120	300
頁岩	12.8	12.8	13.3	13.6	14.0	14.3	14.9	21.7
セピオライト	1.72	3.25	3.63	4.37	4.95	6.16	7.49	15.1

3.1.3 アトリションミルによる湿式粉碎

アトリションミルによる湿式粉碎結果を表4に示す。アトリションミルによる湿式粉碎では被粉碎物に水等の溶媒を加え、スラリー状にして粉碎を行なうため、微粉体がボールや壁面に付着し難く、溶媒へ分散するため乾式粉碎に比べて粒度分布が狭くなると考えられる。このため、ファインセラミックス原料のサブミクロンへの超微粉碎に適した粉碎方法とされている。

表4から、平均粒子径がサブミクロンのアルミナであるタイミクロンTM-DARと160SGは、アトリションミルによる湿式粉碎によってもほとんど粉碎は進まず、平均粒子径0.4~0.5 μ mが限界と考えられた。更に粉碎を進めるにはボール径を小さくし、比重の大きなジルコニアボールを使用する必要があると考えられる。しかし、他の合成ゼオライト、セピオライト、頁岩は粉碎時間300分で0.6 μ m前後のサブミクロン粒子が得られた。

3.1.4 粉碎媒体からのアルミナの混入

ボールミル粉碎、アトリションミル湿式粉碎による粉碎媒体からのアルミナの混入量を調べた結果を表5、6に示す。粉碎媒体からのアルミナの混入はアトリションミル湿式粉碎で顕著であった。300分のアトリションミル湿式粉碎で、頁岩の場合12.8%から21.7%へ、セピオライトの場合1.72%から15.1%へとアルミナが増加した。

3.2 頁岩のアルカリ処理

大井産頁岩の陽イオン交換容量を大きくするためにアルカリ処理を行なった。アルカリ処理はテフロン容器に、振動ミルで48メッシュパスに粉碎した試料3gと所定濃度(1~5規定)のNaOH溶液10gを入れ、90~180℃で、1~24時間保持して行なった。アルカリ処理後、水洗によりpH6以下とした。アルカリ処理前の頁岩にはクリノプチロル沸石(以下Cとする)が認められ、これをアルカリ処理するとフィリップ沸石(以下Pとする)が生成し、更に高温で処理すると方沸石(以下Aとする)が生成した。

1, 2規定のNaOH/120℃で24時間アルカリ処理した場合、僅かにPとAが生成するだけあり、

1, 2規定のNaOHによるアルカリ処理ではこれ以上の温度と時間が必要と考えられる。

5規定のNaOH/120℃でアルカリ処理した場

合、4時間以内でCの回折ピークが無くなり、4時間ではPの回折ピークだけとなった。24時間処理ではPの他にAが生成した。

5規定のNaOH/140℃でアルカリ処理した場合、4時間のアルカリ処理でAが生成し、処理時間と共にAが増加し、16時間ではAだけとなった。以上の結果から、頁岩をアルカリ処理してPとする最適条件は5規定のNaOH/120℃で4~8時間のアルカリ処理が適当であると考えられた。P及びAの化学分析値を表1に示す。

3.3 銀、銅及び亜鉛の吸着試験

合成ゼオライト、天然ゼオライト、頁岩、フィリップ沸石(頁岩のアルカリ処理物)、セピオライト、クリストバル岩について抗菌作用のある銀、銅、亜鉛の吸着試験を行った。

3.3.1 銀の吸着試験

銀: 0~2000ppm溶液(合成ゼオライトは0~10000ppm)の吸着試験結果を表7に示す。合成ゼオライトの場合、銀初期濃度4000ppmまでは吸着試験後のろ液中の銀濃度は約3ppmで一定であり、銀吸着量の増加はNa溶出量の増加と対応しており、陽イオン交換による銀の吸着と考えられた。銀の吸着による陽イオン交換容量は4.58meqとなった。天然ゼオライト、頁岩、頁

表7 セラミックス微粉体による銀の吸着

	Ag 初期濃度 (ppm)	吸着試験後の濃度 (ppm)					Ag 吸着量 (meq)
		Ag	Ca	Mg	Na	K	
合成ゼオ ライ ト	0	0.0	0.2	0.2	125	0.3	0.09
	200	3.3	0.0	0.1	155	0.4	
	1000	4.0	0.0	0.2	313	1.5	
	2000	3.0	0.0	0.2	606	0.7	
	4000	3.6	0.0	0.1	1152	1.4	
	10000	114	0.0	0.1	2629	3.3	
天然ラ ゼイ オト	0	0.0	0.2	0.2	10.3	0.5	0.09
	200	1.8	0.0	0.5	155	2.4	
	1000	53.6	0.0	1.0	216	19.9	
	2000	283	2.0	1.4	360	53.2	
大井 頁 岩	0	0.0	0.3	0.2	3.0	0.4	0.09
	200	7.6	1.5	1.6	15.8	9.0	
	1000	243	12.0	6.7	71.2	46.1	
	2000	735	25.9	10.4	107	82.5	
フイ リ 沸 石	0	0.0	0.7	0.2	142	3.1	0.09
	200	3.0	0.1	2.5	167	4.7	
	1000	9.4	0.0	0.5	296	7.2	
	2000	40.8	0.0	1.8	516	13.7	
セ ピ オ イ ト	0	0.0	8.9	5.8	11.2	2.1	0.05
	200	86.4	13.8	10.4	3.6	5.5	
	1000	581	18.1	14.6	0.0	7.2	
	2000	1157	29.5	22.8	27.6	8.6	
ク リ バ ス ル 岩	0	0.0	8.0	4.0	6.0	5.7	0.05
	200	97.0	6.5	7.4	0.0	9.1	
	1000	627	11.6	10.4	34.8	11.7	
	2000	1006	19.1	10.2	9.7	13.9	

岩のアルカリ処理物についても銀吸着量の増加はNa溶出量の増加と対応しており、陽イオン交換による銀の吸着と考えられた。また、頁岩のアルカリ処理により、銀の吸着による陽イオン交換容量は0.59meqから0.91meqへと増加した。

セピオライト、クリストバル岩も銀を吸着するが、銀の吸着量とNa溶出量とが当量関係でないため、その吸着機構は陽イオン交換ではなく、大きな比表面積による物質吸着と考えられた。

3.3.2 銅、亜鉛の吸着試験

合成ゼオライトによる銅の吸着試験結果を表8に示す。銅吸着量はNa溶出量と対応しており、陽イオン交換による銅の吸着と考えられた。銅の吸着による陽イオン交換容量は4.73meqで銀の吸着による4.58meqとほぼ同じであった。

合成ゼオライトによる亜鉛の吸着試験結果を表9に示す。亜鉛吸着量もNa溶出量と対応しており、陽イオン交換による亜鉛の吸着と考えられた。亜鉛の吸着による陽イオン交換容量は4.41meqで銀の吸着による4.58meqとほぼ同じであった。

3.3.3 銀の吸着速度及びpHによる影響

合成ゼオライト懸濁液のpHは10.5とアルカリ性であり、羊毛繊維への付与加工に適した酸性域ではNa-A型ゼオライトの結晶構造が変化すると考えられる。即ち、pH5ではゼオライトの回折ピークがほとんど消失し、pH4以下では非晶質となった。しかし、合成ゼオライトに銀を吸着させた場合、pH5でもゼオライトの回折ピークは明瞭であり、酸性域でも結晶構造は比較的安定であった。

合成ゼオライトの銀吸着速度へのpHによる影響を調べるため、硝酸でpH調整後、硝酸銀溶液を添加して銀初期濃度1000ppmとし、吸着試験後のろ液中の銀濃度を測定した。その結果を表10に示す。表から銀の吸着速度は非常に速く、1分で1ppm以下となった。中～弱酸性域で吸着速度は徐々に低下し、pH4以下では極端に低下した。これはゼオライトの結晶構造の変化によると考えられる。

3.3.4 脱着試験

銀濃度2000ppm溶液を吸着させた後、洗浄、ろ過し、スターラーで1時間攪拌して脱着した銀濃度を測定した。脱着試験の結果を表11に示す。

表8 合成ゼオライトによる銅の吸着

Cu 初期濃度 (ppm)	吸着試験後の濃度 (ppm)					Cu 吸着量 (meq)
	Cu	Ca	Mg	Na	K	
0	0.0	0.2	0.2	125	0.3	
100	0.2	0.4	0.1	269	0.5	0.15
200	0.1	0.3	0.1	546	0.7	0.31
1000	0.2	0.0	0.1	1630	2.3	1.53
2000	0.6	0.0	0.1	3488	4.5	3.06
4000	883	0.2	0.2	5702	10.5	4.73

表9 合成ゼオライトによる亜鉛の吸着

Zn 初期濃度 (ppm)	吸着試験後の濃度 (ppm)					Zn 吸着量 (meq)
	Zn	Ca	Mg	Na	K	
0	0.0	0.2	0.2	125	0.3	
100	0.1	0.4	0.1	259	0.7	0.16
200	0.1	0.3	0.1	525	0.6	0.31
1000	0.1	0.5	0.1	1759	1.1	1.56
2000	0.6	0.6	0.2	3321	2.0	3.14
4000	1219	8.0	0.4	5234	4.5	4.41

表10 合成ゼオライトの銀吸着速度へのpHによる影響

吸着時間 (分)	銀濃度 (銀初期濃度 1000 ppm)						
	pH10.5	pH 9	pH 7.5	pH 7	pH 6	pH 5	pH 4
1	0.12						
5	0.12				23.7	31.9	231
10	0.09						
30	0.11				18.7		
24 時間	0.54	0.84	0.69	0.76	1.19	2.53	116

表11 セラミックス微粉体の銀脱着試験

	銀吸着濃度 (ppm)	銀脱着濃度 (ppm)	脱着率 (%)
合成ゼオライト	1997	0.2	0.01
天然ゼオライト	1717	10.6	0.62
頁岩	1265	3.5	0.28
フィリップ沸石	1959	10.1	0.51
セピオライト	843	78.7	9.32
クリトバル岩	994	28.5	2.87

表12 合成ゼオライトの銀、銅、亜鉛の脱着へのpHによる影響

	吸着濃度 (ppm)	脱着濃度 (ppm)		
		pH 6	pH 5	pH 4
銀	1000	0.78	2.22	27.7
銅	300	0.45	2.47	300
亜鉛	300	0.68	1.87	234

銀の吸着が陽イオン交換機構によると考えられるセラミックス粉体からの銀の脱着はわずかであった。しかし、吸着機構として大きな比表面積による物理吸着が考えられるセピオライト、クリストバル岩については銀の脱着率は各々9.32%、2.87%と比較的大きかった。

合成ゼオライトに銀1000ppm、銅300ppm、亜鉛300ppm溶液を添加して1時間吸着させた後、pH4, 5, 6に調整し、スターラーで1時間攪拌して脱着させ、pHによる脱着への影響を調べた。その結果を表12に示す。pH 6までは銀、銅、亜鉛共にほとんど脱着しなかったが、pH 4以下では脱着が顕著となった。また、銀は銅、亜鉛に比べて脱着量が少なかった。

3.4 抗菌性の評価

抗菌成分として銀(0.1, 0.5, 1.0, 5.0, 10.0, 50.0%), 銅(23.7%)及び亜鉛(22.6%)を吸着させた合成ゼオライトを調製し、抗菌性の評価を行なった。セラミックス粒子に抗菌性がある場合、粒子周辺の黄色ブドウ球菌が死滅し、透明なクリアゾーン(発育阻止帯)が生成する。抗菌性が強いほどクリアゾーンは大きくなる。抗菌性の評価試験結果を表13及び写真1に示す。0.1%の銀の添加でもこのクリアゾーンが観察された。更に0.5%の銀添加では、クリアゾーンの幅が3~4mmとなり、十分な抗菌性を示した。

銅、亜鉛についても抗菌性が認められた。銅の

クリアゾーンの幅は亜鉛よりも大きく、約6mmであった。

4. まとめ

- (1) 媒体攪拌型アトリションミル、ボールミルにより、ゼオライト、セピオライト、頁岩、アルミナ等の粉碎を行った。合成ゼオライトは120時間のボールミル粉碎により、平均粒子径 $0.91\mu\text{m}$ となった。5時間の媒体攪拌型アトリションミル粉碎によりサブミクロンのセラミックス微粉体が得られ、ボールミル粉碎よりも優れた粉碎効率を示した。平均粒子径は合成ゼオライト $0.62\mu\text{m}$ 、天然ゼオライト $0.57\mu\text{m}$ 、頁岩 $0.6\mu\text{m}$ 、セピオライト $0.67\mu\text{m}$ であった。
- (2) セラミックス粒子に抗菌作用のある銀、銅及び亜鉛を陽イオン交換処理により担持させた。合成ゼオライトの陽イオン交換容量が最も大きく、銀の場合4.58meq、銅の場合4.73meq、亜鉛の場合4.41meqであった。
- (3) 銀、銅及び亜鉛を担持させた合成ゼオライトについてハロー法による抗菌性評価試験を行なった結果、いずれも良好な抗菌性を示した。特に銀は0.1%担持させた場合でもクリアゾーン(発育阻止帯)が認められ、0.5%担持させた場合には十分な抗菌性を示した。

謝 辞

抗菌性の評価を行なうに当たり、試験細菌を提供して頂いた東大応微研並びに抗菌性評価試験にご協力頂いた食品工業技術センター発酵技術部の深谷伊和男主任研究員に感謝致します。

参考文献

- (1) D. A. Stanley, Am. Ceram. Soc. Bull., 53, 813~815 (1974)
- (2) R. Makala, Euro-Ceramics, 2, 319 ~ 324 (1989)
- (3) J. E. Becker, Ceram. Eng. Sci. Proc., 11, 1827~1837 (1990)
- (4) 神保元二, 粉碎, 31, 56~65 (1987)

表13 抗菌性評価試験結果

	全 体 (mm)	粉 末 (mm)	阻止帯の幅 (mm)
Ag 0.5%	15	10	3~4
Ag 1.0%	18	10	4~5
Ag 5.0%	20	10	5
Ag 10.0%	23	12	5以上
Ag 50.0%	27	16	5~7
Cu 23.7%	20	9	6
Zn 22.6%	17	12	2~3

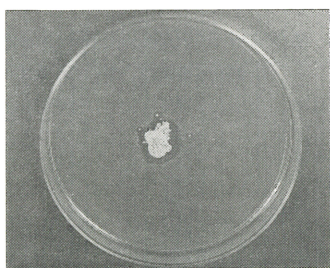


写真1 抗菌性評価試験(合成ゼオライト+銀0.5%)