

光触媒付き吸音板の開発

深谷 英世 小谷 啓子 久野 徹

Development of Sound Absorbing Ceramics with TiO_2 Photocatalyst
by

Hideyo FUKAYA, Keiko KOTANI and Toru KUNO

酸化チタン光触媒による大気中のppmレベルの低濃度 NO_x 除去技術が注目されている。常滑窯業技術センターが開発した光触媒付き吸音板の企業への技術移転を図った。タイルシャモットに水ガラスを12.5%添加し、成形圧力10MPa、焼成温度1150℃で曲げ強さ約5 MPaの吸音板が得られた。試作した30cm角の吸音板の吸音率は0.9以上であった。光触媒機能を付与した吸音板はブラックライト照射により表面フロー方式で60%、フィルター方式で90%の NO_x 除去率を示した。白色蛍光灯照射でも表面フロー方式で30%、フィルター方式で50%の NO_x 除去率を示した。しかし、固定化のための熱処理温度が700℃では NO_x 除去率は小さくなった。

1. まえがき

常滑窯業技術センターでは環境浄化セラミックスの開発に取り組み、酸化チタンの光触媒機能に着目し、タイル、多孔質セラミックスへの応用を図ってきた^{1)~3)}。平成9年度には光触媒付き吸音板による NO_x 浄化システムを開発した⁴⁾。 NO_x の主な発生源は工場、自動車であり、これらが集中する大都市域では環境基準を越える NO_x 濃度が出現しやすい。発生源における高濃度の NO_x 処理技術を、大気中のppmレベルの NO_x 処理に適用することは難しい。そこで、酸化チタン光触媒による低濃度 NO_x の除去が注目されている。本研究は光触媒付き吸音板の企業への技術移転を図ったものである。

2. 実験方法

2.1 使用原料及び吸音板の作製

吸音板を作製する原料としてタイルシャモットと瓦シャモットを分級した細粒(1~2mm)と粗粒(2~4mm)を用いた。バインダーとして、水ガラス、コーンスターチ、微粒長石を添加した。水ガラス添加量はタイルシャモットの場合10~15%、瓦シャモットの場合15、17.5%とした。コーンスターチはいずれも1%、微粒長石は3~7%とした。

プレス成形圧は10、15、20MPaで、吸音板試験体を作製した。焼成は昇温速度100℃/hで、タイルシャモットの場合1100~1200℃、瓦シャモットの場合1000~

1150℃で1時間焼成した。

光触媒原料には石原産業製アナターゼ型酸化チタン微粉末ST-01を用いた。

2.2 吸音板の物性

2.2.1 曲げ強さ、シャルピー衝撃強さ

試験体(幅6.6cm、厚さ1.4cm、長さ22.7cm)の曲げ強さをスパン9cm、クロスヘッド速度2mm/minの3点曲げ試験により測定した。シャルピー衝撃試験機により、幅7.5mm、厚さ14mm、長さ68mmの試験体のシャルピー衝撃強さを測定した。

2.2.2 吸音率

吸音率はJIS A 1405管内法による建築材料の垂直入射吸音率測定法により測定した。試験体はA管法の場合直径90mm、B管法の場合直径40mmとし、厚さ10mm、背後空気層20mmとした。測定周波数はA管法が100~2000Hz、B管法が800~5000Hzである。

2.2.3 耐久性

吸音板のバインダーとして水ガラスを使用している。吸音板から直径40mm、厚さ15mmの試験体を切り出し、蒸留水100mlに浸せきし、溶液の導電率を測定して吸音板の耐久性を調べた。

2.3 吸音板への光触媒の付与

酸化チタン：水=1：6とし、分散剤を1%添加してポットミルで分散させた。調製したスリップに10cm角の吸音板を浸せき後、乾燥し、昇温速度100℃/hで、500~700℃で2時間保持し、吸音板表面に固定した。

2.4 NOx除去性能の評価

模擬汚染空気（NO濃度1 ppm）を試験体表面に流す表面フロー方式と試験体表面から裏面に流すフィルター方式の2方式で試験を行った。内容積1.2ℓの反応容器に試験体を置き、模擬汚染空気を毎分1ℓ流した。湿度は調湿装置により50%一定とした。

ブラックライト（15W×2本）又は白色蛍光灯（15W×2本）を試験体表面の7 cm上部からガラス板を通して照射した。試験体表面の紫外線強度を表1に示す。

化学発光式のNOx計によりNO、NO₂及びNOx濃度を測定した。

表1 試験体表面の紫外線強度
($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)

	ガラス板 厚さ5 mm	測定波長 (nm)			
		450	405	365	300
ブラックライト (15W×2本)	無	90	140	1110	0
	有	80	120	900	0
白色蛍光灯 (15W×2本)	無	230	70	20	0
	有	200	60	20	0
太陽光 6月29日正午 11月24日正午		3940	1850	1600	50
		2980	1050	860	20

表2 タイルシャモット系吸音板の曲げ強さへの水ガラス添加量、焼成温度による影響（形成圧力：10MPa）
(MPa)

1~2 mm / 2~4 mm	水ガラス添加量					
	10%	12.5%			15%	
	1200	1100	1150	1200	1150	1200
100/0	4.4	0.7	4.2	6.3	5.5	6.4
75/25	4.3	0.8	4.2	5.8	5.7	6.6
50/50	4.0	0.8	3.9	5.1	5.3	6.3
25/75	3.4	0.7	3.7	4.3	3.8	6.0
0/100	3.2	1.2	3.8	3.7	4.9	5.5

表3 タイルシャモット系吸音板の曲げ強さへの形成圧力による影響（水ガラス添加量12.5%、焼成温度1150℃）
(MPa)

1~2 mm / 2~4 mm	10	15	20
100/0	4.2	5.7	5.8
75/25	4.2	5.7	5.5
50/50	3.9	4.6	6.3
25/75	3.7	4.6	4.8
0/100	3.8	4.7	4.6

3. 実験結果及び考察

3.1 吸音板の作製

タイルシャモットは水ガラス添加量12.5%、成形圧10MPaで十分なハンドリング強度が得られた。瓦シャモットは十分なハンドリング強度を得るためにはタイルシャモットに比べてより多くの水ガラスを必要とした。

3.2 吸音板の物性

3.2.1 曲げ強さ

タイルシャモットを使用した吸音板の曲げ強さへの水ガラス添加量と焼成温度による影響を表2に、成形圧力による影響を表3に示す。表から、水ガラス添加量12.5%で、1150℃以上で焼成すると曲げ強さは約5 MPaとなった。成形圧力を10~20MPaとした場合、曲げ強さは成形圧力と共に増加するが、成形圧力10MPaで4 MPaの曲げ強さが得られた。

瓦シャモットを使用した場合、瓦シャモット粒子間の結合よりも粒子の強度が弱く、粒子自体が破壊するため成形圧を高くしても吸音板の曲げ強さはタイルシャモットを用いた吸音板よりも弱くなった。

3.2.2 シャルピー衝撃強さ

吸音板のシャルピー衝撃強さへの粒度による影響を調べた。タイルシャモットの細粒と粗粒を粒度配合した5種類の吸音板（水ガラス添加量12.5%、成形圧10MPa、焼成温度1200℃）のシャルピー衝撃強さを測定した。その結果、シャルピー衝撃強さは1.01~1.16となり、粗粒の割合が増えるとシャルピー衝撃強さは小さくなった。

3.2.3 耐久性

吸音板のバインダーとして使用した水ガラスが溶解すると結合強度が低下し、吸音板の耐久性に影響すると考えられる。このため、吸音板を水に浸せきして導電率を測定し、水ガラスの溶出を調べた。その結果、水ガラス添加量が多いほど導電率は大きくなり、焼成温度が高いほど導電率は小さくなった。しかし、5ヶ月後の導電率はいずれも30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下であり、水ガラスの溶解はわずかで、吸音板の耐久性に影響しないと考えられた。

3.2.4 吸音率

タイルシャモット、瓦シャモットの細粒と粗粒を粒度配合して吸音板を作製し、吸音率を測定した。成形圧を10MPaから20MPaへ高くすると空隙がつぶれてち密となるため吸音率は小さくなった。微粒長石は吸音板の曲げ強さを強くするが、3%以上の添加で吸音率を大きく低下させた。粒度配合した吸音板の吸音率測定結果を図1に示す。図からA~Dではシャモットの粒度配合を

変えても吸音率への影響はなかったが、粗粒だけのEでは吸音率が最大となる周波数は低くなった。吸音板の吸音率はいずれも0.9以上を示した。

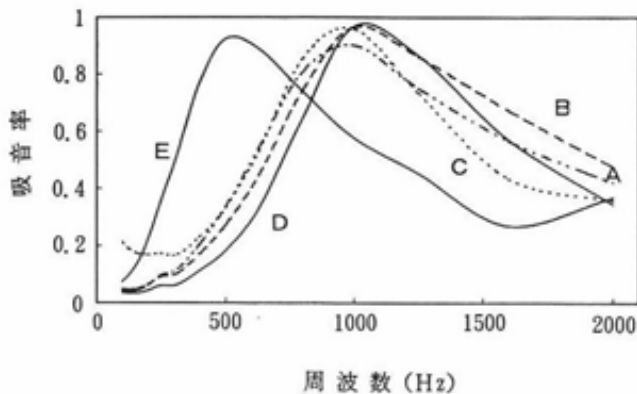


図1 粒度配合した吸音板の吸音率

	タイルシャモット	
	1～2mm	2～4mm
A	100	0
B	75	25
C	50	50
D	25	75
E	0	100

3.3 吸音板への光触媒の付与

細粒と粗粒を粒度配合した5種類の10cm角吸音板への酸化チタンの添着量を調べた。吸音板の粒度が細かいほど酸化チタン添着量は多くなったが、1回の浸せきで約2gであった。また、吸音板表面の酸化チタンの固定状態を評価するために脱着試験を行った。酸化チタンを600℃で固定し、水中に吸音板どうしが接触しないようにこば立てし、振とう機で2時間振とうして脱着量を測定した。その結果、脱着量は吸音板の粒度には影響されず、添着量の約5%であった。

3.4 NO_x除去性能の評価

アナターゼ型酸化チタンのバンドギャップは3.2eVであり、光触媒効果を起こさせるのに必要なエネルギーに相当する吸収端波長は388nmである。ブラックライトは最大波長が369nmにあり、白色蛍光灯は400nm以上の可視部に最大波長がある。表1に示すようにブラックライト、白色蛍光灯はこの波長域の光を含むため、太陽光と同様に酸化チタンを励起することができる。

細粒/粗粒=25/75に粒度配合した吸音板に酸化チタンを600℃で固定し、NO_x除去性能を表面フロー方式で評価した結果を図2に、フィルター方式で評価した結果を図3に示す。図2と図3から、ブラックライト照射により表面フロー方式で60%、フィルター方式で90%のNO_x

除去率を示した。白色蛍光灯照射でも表面フロー方式で30%、フィルター方式で50%のNO_x除去率を示した。

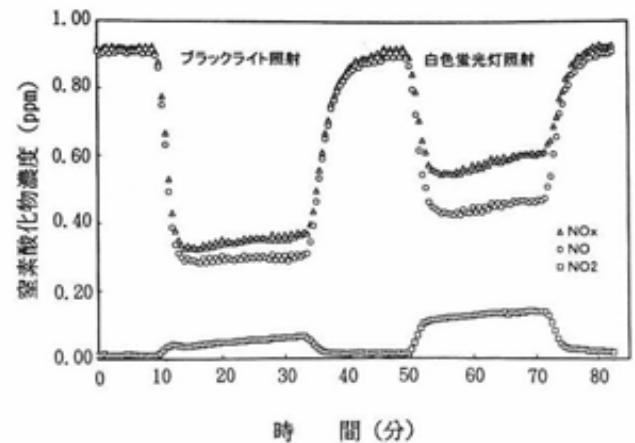


図2 NO_x除去性能試験

表面フロー方式、600℃焼成、細粒/粗粒=25/75

酸化チタンを吸音板に固定する熱処理温度を変え、NO_x除去率への影響を調べた。その結果、ブラックライト照射では熱処理温度による影響は少なかったが、白色蛍光灯照射では熱処理温度700℃で顕著なNO_x除去率の低下が起った。

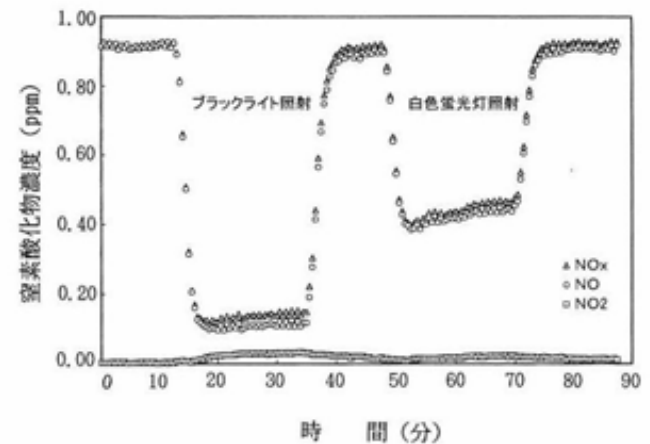


図3 NO_x除去性能試験

フィルター方式、600℃焼成、細粒/粗粒=25/75

3.5 吸音板の試作

タイルシャモット、瓦シャモットを使用し、光触媒機能を付与した30cm角の吸音板を試作した。水ガラス添加量はタイルシャモットの場合12.5%、瓦シャモットの場合15%、コーンスターチはいずれも1%添加した。

成形圧10MPaで30cm角の吸音板を成形し、タイルシャモットの場合は1200℃、瓦シャモットの場合は1150℃で焼成した。酸化チタンをコーティング後、600℃で熱処理し、吸音板に固定した。吸音板の吸音率は0.9以上であった。

4. ま と め

- (1) タイルシャモットに水ガラスを12.5%添加し、成形圧力10MPa、焼成温度1150℃で曲げ強さ約5 MPaの吸音板が得られた。
- (2) 瓦シャモットはタイルシャモットよりも多くの水ガラスを必要とした。また、瓦シャモットの強度が弱いため、成形圧を高くしても吸音板の曲げ強さはタイルシャモットを用いたものより弱かった。
- (3) 吸音板の吸音率は0.9以上であった。
- (4) 光触媒機能を付与した吸音板は表面フロー方式で60%、フィルター方式で90%のNO_x除去率を示した。

付 記

本研究は平成10年度新分野進出共同研究推進事業における陶栄株式会社との共同研究である。

文 献

- 1) 山口知宏, 星 幸二, 深澤正芳, 久野 徹, 愛知県常滑窯業技術センター報告, 23, 7~11(1996).
- 2) 星 幸二, 山口知宏, 深澤正芳, 久野 徹, 愛知県常滑窯業技術センター報告, 23, 12~15(1996).
- 3) 行木啓記, 星 幸二, 深澤正芳, 久野 徹, 愛知県常滑窯業技術センター報告, 24, 1~4(1997).
- 4) 行木啓記, 星 幸二, 深澤正芳, 久野 徹, 愛知県常滑窯業技術センター報告, 24, 5~8(1997).
- 5) 星 幸二, 行木啓記, 深澤正芳, 久野 徹, 愛知県常滑窯業技術センター報告, 24, 9~12(1997).
- 6) 星 幸二, 行木啓記, 山崎達夫, 愛知県常滑窯業技術センター報告, 25, 1~6(1998).