

# 窯 業 部

## シラス吸音板製造に関する基礎試験（第1報）

中 重 朗，国 生 徹 郎，神 野 好 孝，蘭 田 徳 幸

### 1 まえがき

吸音材には、多孔質で表面の細孔から吸入した音を内部で吸収する材料、例えば、岩綿、ガラス綿、発泡プラスチック、多孔質セラミック等があり、一方合板、鉄板、アルミ板、硬質繊維板、石膏ボード、石綿セメント板などに多数の円孔や溝型の穴を開け、これらの穴から吸入された音はその背後に設けられた空気層や多孔質吸音材で吸収されるもの等がある。

本報はシラス利用開発研究の一環として既報の<sup>(1)</sup>シラス、軽石を利用した内装タイルに関する技術的成果を基礎にして騒音防止対策に必要な性の高い吸音板を製造する目的で、原料の配合比、粒度組成、適正焼成温度、成形賦体の形状等と吸音特性

との関係を把握するため、以下の実験を行った。

供試体の吸音率測定は、プリヂストンタイヤ㈱横浜研究所に依頼した。

### 2 供試原料

- 軽 石 粒：古江産軽石を5 mm以下に分級したもの
- シ ラ ス：吉田産二次堆積シラス
- 可塑性粘土：入来町入来鉾山カオリン質耐火粘土
- 消 石 灰：工業用市販品

尚、軽石粒およびシラスの粒度分布はそれぞれ、表1、表2に示す。

表1 古江産軽石粒度分布

| 節 目 mm | > 4.7 6 | 4.7 6<br>~ 2.3 8 | 2.3 8<br>~ 1.1 9 | 1.1 9<br>~ 0.5 9 | 0.5 9<br>~ 0.2 9 7 | 0.2 9 7<br>~ 0.1 4 9 | 0.1 4 9 > |
|--------|---------|------------------|------------------|------------------|--------------------|----------------------|-----------|
| 節残留 W% | 0       | 1 0.1 7          | 2 4.1 7          | 3 4.5 0          | 1 6.0 0            | 6.3 3                | 8.8 3     |

表2 吉田産シラス微粒分粒度分布

| 節 目 mm | > 0.1 4 9 | 0.1 4 9<br>~ 0.1 2 5 | 0.1 2 5<br>~ 0.0 8 8 | 0.0 8 8<br>~ 0.0 7 4 | 0.0 7 4<br>~ 0.0 6 2 | 0.0 6 2 > |
|--------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------|
| 節残留 W% | 0         | 0.6                  | 0.8                  | 1.0                  | 8.0                  | 8 8.6     |

### 3 実 験

#### 3-1 焼成温度と吸音率

軽石粒5 mm以下50%，シラス（微粒分）15%，粘土15%，消石灰20%をモルタルミキサにて10分間混合し、成形水10%を加え更に

10分間混合後98 mmφの金型に入れ、50 kg/cm<sup>2</sup>で加圧成形、乾燥後電気窯にて1150℃、1180℃、1200℃の各温度に7~8時間で昇温し、冷却後各温度焼成物についての物理的性質、および垂直入射法による吸音率の測定を行った。その

結果は表3，表4に示す。

表3 焼成温度別物性

| 物性<br>焼成温度 | 焼成収縮 | 気孔率   | 吸水率   | 見掛比重 | 嵩比重   |
|------------|------|-------|-------|------|-------|
| 1150℃      | 0.39 | 37.11 | 32.03 | 1.85 | 1.159 |
| 1180℃      | 1.34 | 31.75 | 26.71 | 1.74 | 1.189 |
| 1200℃      | 2.53 | 26.06 | 20.12 | 1.76 | 1.301 |

表4 焼成温度別吸音率

| 周波数 f (Hz)<br>焼成温度℃ | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| 1150℃               | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3  | 1.4  | 1.8  | 1.5  | 1.7  | 2.0  |
| 1180℃               | 1.8 | 2.2 | 2.5 | 2.3 | 1.9 | 1.9 | 1.8  | 1.9  | 2.4  | 2.3  | 2.3  | 2.6  |
| 1200℃               | 1.7 | 2.7 | 3.0 | 3.1 | 2.8 | 2.7 | 2.6  | 3.0  | 3.7  | 3.3  | 3.6  | 3.8  |

表3，表4の結果によると，焼成温度が1150℃，1180℃，1200℃と高くなるに従い気孔率が小さくなるが逆に吸音率は僅かずつ高くなっている。この事は焼結が進む事で細孔の孔径がより小さくなり通気抵抗が増大する事によるものと考えられる。

### 3-2 配合比と吸音率

細孔をより多くするため軽石粒の量と吸音率との関係を検討するため表5のような配合を行った。1180℃焼成物に対する物理的性質を表6，垂直入射法による吸音率を表7に示す。

尚この配合で消石灰を一定にしたのは，既報

「シラス-石灰-カオリン系の加熱による固相反応について<sup>(2)</sup>」で消石灰が5%～15%の域ではCaOが融剤として作用し共融反応が促進され，焼成物が1180℃，1200℃で熔融する，反面消石灰が30%以上になると未反応のCaOが空気中のCO<sub>2</sub>と反応しCaCO<sub>3</sub>となり，焼成物がダスティングを起すので安定域の20%を選んだ。このCaOは，シラス，軽石中のSiO<sub>2</sub>と反応し1150～1200℃でCaSiO<sub>3</sub> (Wollastonite) および (Pseudo Wollastonite) を合成する。焼成過程におけるCaSiO<sub>3</sub>の晶出は，焼成収縮の低減および焼成強度の増加を目的とする。

表5 配合割合W%

| 試料№<br>原材料 | № 1 | № 2 | № 3 | № 4 |
|------------|-----|-----|-----|-----|
| 軽石粒        | 10  | 30  | 50  | 70  |
| シラス        | 55  | 35  | 15  | 0   |
| 粘土         | 15  | 15  | 15  | 10  |
| 消石灰        | 20  | 20  | 20  | 20  |

表6 1180℃焼成物の物性

| 物性<br>試料 | 焼成収縮    | 気孔率  | 吸水率  | 見掛比重 | 嵩比重  |
|----------|---------|------|------|------|------|
| № 1      | 熔融し測定不能 |      |      |      |      |
| № 2      | 14.5    | 4.3  | 2.3  | 2.0  | 1.91 |
| № 3      | 0.7     | 24.7 | 20.3 | 1.6  | 1.22 |
| № 4      | +0.7    | 38.8 | 32.6 | 2.0  | 1.19 |

表7 配合割合別吸音率

| 周波数 HZ<br>試 料 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| $M_0$ 2       | 9   | 12  | 12  | 9   | 10  | 8   | 7    | 7    | 9    | 9    | 9    | 10   |
| $M_0$ 3       | 13  | 21  | 24  | 29  | 30  | 28  | 24   | 24   | 30   | 28   | 28   | 32   |
| $M_0$ 4       | 16  | 27  | 35  | 45  | 46  | 43  | 41   | 45   | 51   | 45   | 50   | 53   |

上記の結果から軽石粒が多く、微粒分の少い配合のものほど吸音率が良好となっている。試みに軽石の粒度を調整し焼成した物の中に吸音率が良いものがあつたが、希望する粒径のものを得るた

めには、シラス100に対し25%程度しか原料として供せられず製品コストにも大きく影響するため、この物については参考程度に止めた。参考として表8に吸音率を示す。

表8

| 周波数 HZ               | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| 2.38~1.19mm<br>軽石粒配合 | 7   | 12  | 13  | 20  | 41  | 70  | 94   | 81   | 62   | 48   | 50   | 70   |

### 3-3 構造と吸音率の関係

3-2の結果において、軽石粒70%、粘土10%、消石灰20%、成形圧 $50 \text{ kg/cm}^2$ にて成形した試料の吸音率が比較的良好であつたので以下の実験は、配合比、成形圧を上る条件で行った。

#### 3-3-1 表面凸凹構造

表面に凸凹をつける事による吸音特性を知るため、図1のような試料を作成し吸音率を測定した。結果を表9に示す。

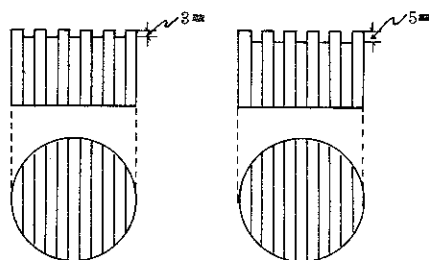


図-1

表9 吸音率

| 周波数 HZ<br>凸凹の深さ | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| 3 mm            | 13  | 19  | 27  | 49  | 61  | 78  | 70   | 54   | 47   | 48   | 51   | 55   |
| 5 mm            | 15  | 22  | 33  | 50  | 65  | 66  | 53   | 45   | 43   | 44   | 49   | 55   |

表面に凸凹をつけたため、低周波側での吸音率は多少改良されたが、250~3150Hz全域での吸音率を上げるまでには至らなかった。

#### 3-3-2 中空構造

焼成物の中間に50mmφ、厚み5~30mmの空隙部を設け表面の細孔より入った音のエネルギーが空隙部で拡散し、より多くの音のエネルギーを

吸収させる目的で、図2のような構造の供試体を作り吸音率を測定した。その結果を表10に示す。

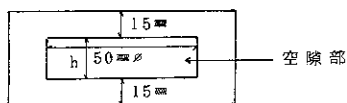


図-2

表 1 0

| 周波数 HZ           | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| 空隙部の厚み<br>h 5 mm | 20  | 29  | 36  | 40  | 38  | 33  | 29   | 33   | 33   | 38   | 37   | 42   |
| 10 mm            | 27  | 38  | 38  | 39  | 33  | 30  | 28   | 33   | 34   | 37   | 40   | 46   |
| 15 mm            | 28  | 42  | 42  | 42  | 36  | 35  | 32   | 28   | 37   | 42   | 43   | 50   |
| 20 mm            | 36  | 47  | 46  | 43  | 35  | 32  | 33   | 39   | 45   | 52   | 59   | 70   |
| 30 mm            | 37  | 46  | 41  | 38  | 33  | 30  | 30   | 36   | 36   | 39   | 42   | 52   |

音のエネルギーを中間の空隙部で拡散吸収を試みたが期待する吸音効果は得られなかった。

### 3-3-3 孔あき構造

焼成物に貫通孔又は大小、深浅の孔を開けその構造と吸音率との関係を知るために下記の実験を試みた。

#### ① 孔の径による吸音効果

図 3 に示すような構造にし、孔径と吸音率の関係を表 1 1, 図 4 に示す。

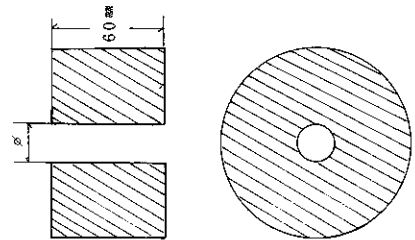


図-3

表 1 1 孔径の大小による吸音率

| 周波数 HZ<br>孔径 mm | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| 10              | 10  | 16  | 25  | 38  | 56  | 72  | 68   | 57   | 47   | 55   | 48   | 55   |
| 20              | 10  | 13  | 23  | 35  | 52  | 72  | 75   | 65   | 53   | 48   | 56   | 57   |
| 30              | 8   | 12  | 19  | 29  | 44  | 65  | 78   | 77   | 72   | 74   | 67   | 60   |
| 40              | 7   | 10  | 13  | 23  | 35  | 58  | 78   | 87   | 80   | 82   | 77   | 62   |

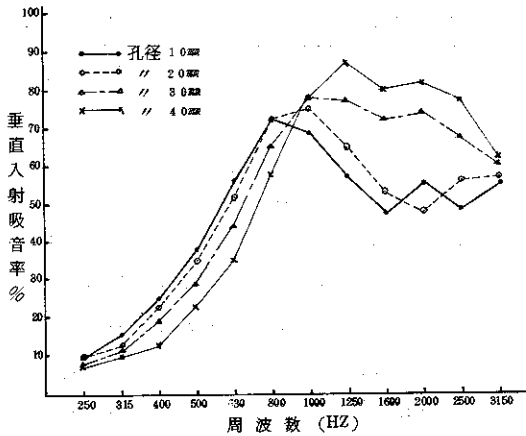


図 - 4

㊦ 孔の深浅による吸音効果

図 5 に示すような構造の供試体を作成し垂直入射法による吸音率を測定しその結果を表 1 2, 図 6 に示す。

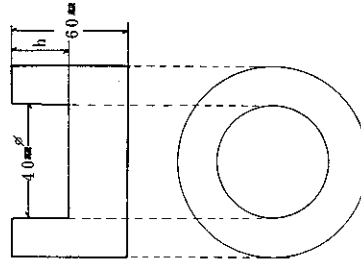


図 - 5

表 1 2 孔の深浅による吸音率

| 周波数 HZ \ 孔の深さ | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| 40 φ × 10 mm  | 25  | 42  | 54  | 62  | 65  | 58  | 53   | 58   | 68   | 70   | 71   | 88   |
| 40 φ × 30 mm  | 22  | 36  | 52  | 67  | 75  | 74  | 70   | 75   | 87   | 93   | 92   | 81   |
| 40 φ × 50 mm  | 13  | 24  | 33  | 50  | 77  | 98  | 97   | 85   | 83   | 86   | 82   | 81   |

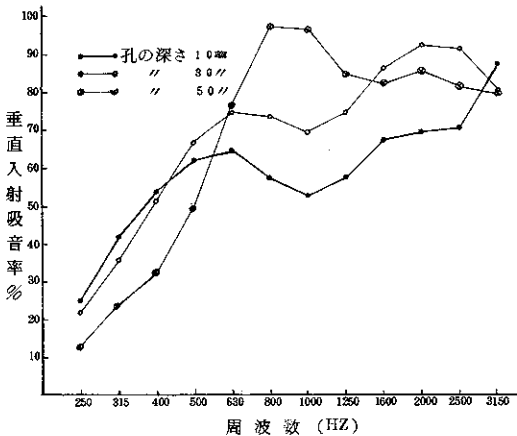


図 - 6

以上の結果によると、孔の径が大きくなるに従い、1000 Hz 以上の周波数での吸音率は良好となり、又孔が深くなると、630 Hz 以上の周波数で吸音率が著しく向上する。この事は音の入射面に対する開孔率および表面積に大きく影響されるものと思われる。試みに孔径を 50 mm φ にしたものを成形し同様に吸音率を測定した結果、更に広い周波数域で吸音率の向上を見た。その結果を表 1 3, 図 7 に示す。

表 1 3 孔径 5 0 mm の場合の吸音率

| 周波数 HZ                     | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| 5 0 $\phi$ $\times$ 5 0 mm | 3 5 | 4 8 | 6 3 | 7 4 | 7 7 | 8 4 | 9 2  | 9 7  | 9 6  | 9 2  | 7 8  | 8 1  |

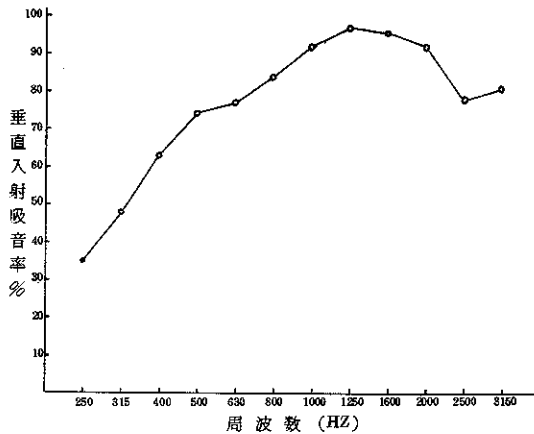


図-7

#### 4 む す び

シラス軽石のもつ、低温焼結性および発泡性を利用して、以上のような吸音材としての基礎試験を行った結果、軽石粒 5 mm 以下（5 mm 以上は天然軽量骨材に利用）を利用し、粘土、消石灰等を配

合、焼成する事により多孔質の焼結体を 1 1 5 0℃～1 2 0 0℃の焼成温度域で得る事ができる。又構造によっては広域に亘って優れた吸音特性があり、外觀も淡黄色で明るく内壁における吸音体としての実用性について目途を得たが今後は吸音時における外壁としての吸音特性の向上、大板化、ブロック的形狀の賦体についての検討を進める予定である。

尚今回の実験に際し吸音率測定、および吸音材についてのご助言を賜ったブリヂストンタイヤKK 横浜研究所の方々に衷心より謝意を表します。

#### 参考文献

1. シラス軽石を用いた粗面内装タイルについて  
鹿工試業務報告書 1 9 7 1
2. シラス-石灰, シラス-石灰-カオリン系の加熱による固相反応について  
鹿工試業務報告書 1 9 7 0
3. 鉱物工学  
吉本文平著
4. 多孔材料  
近藤連一著