

土間タイルの開発

吉田 博和* 小林 優子**

1. はじめに

造形集団D・Oは、以前から地元産原料にこだわり外見の特徴を活かした建築陶器を開発し、「土間のある家・居住空間」の提案を展開したいと考えている。この実現のために、土間に用いる陶器質タイルの開発に着手した。事前の予備的な実験から①地元産原料独特の外見・質感（笠間粘土の色合い等）を持ちながら、曲げ強さ（JIS A 5209：陶磁器質タイル）を満たすこと②焼成温度幅が狭く、焼成時の炉内温度むらにより製品品質に違いが出る等の課題が明らかとなった。

本研究では、原料配合と焼成条件を検討し、量産試作とJIS A 5209に基づき試作品の性能評価を行った。曲げ強さ、吸水率、耐凍害性、耐薬品性は規格を満足したが、耐磨耗性に課題が残った。

2. 開発目標：JIS A 5209

本共同研究では、①地元産原料（笠間粘土、花崗岩碎石）をできるだけ多く使うことで独特の質感を保ちながら、②JIS A 5209（陶磁器質タイル）の内装タイル（床用・壁用）に関する規定を満足する陶器質タイルを開発することを目標とした。

表1 開発目標（JIS A 5209）

吸水率	陶器質タイル：22%以下
耐磨耗性	床タイル（屋外・床用）： 磨耗減量0.1g以下
曲げ強さ	内装タイル壁用 12N/cm, 内装タイル床用 60N/cm以上
耐凍害性	凍結融解10回で異常がないこと
耐薬品性	約3%塩酸溶液、 約3%水酸化ナトリウム溶液 に浸し表面に異常がないこと

3. 基礎試験

3.1 使用原料

笠間市内産出の原料である笠間粘土と花崗岩碎石（常陸稲田碎石：2mm, 3mm）を主原料とした。副原料は助材としてベントナイト、低温焼結材としてフリット（日本珪瑯釉薬）、酸化マンガンを用いて配合調整、焼成試験を行った。

主原料の元素分析、鉱物組成分析の結果を表2、図1に示す。花崗岩碎石は、その粒径から2mm, 3mmと2種類を用いたが、いずれも大差が無かったため、以降は重量比1：1のものを用いた。

3.2 試験条件

配合：笠間粘土：40～60%，花崗岩碎石：40～60%
ベントナイト：0～10%，フリット：0～12%

酸化マンガン：0～5%

成形：フリクションプレス（金型：30×30cm）

焼成：電気炉による酸化焼成

100℃/hで昇温し、最高温度（1000, 1100, 1150℃）で1時間保持後、自然冷却

3.3 結果

JIS A 5209による曲げ強さ、吸水率、及び外見の質感や焼成温度幅の検討結果から、

配合：花崗岩碎石 40%，笠間原土 60%，フリット 12%
焼成：酸化焼成（最高温度：1150℃ / 1時間保持）
を量産試作の条件決定のベースとした。

以下、基礎実験から分かった事を列挙する。

- ・ベントナイト：笠間粘土を40%以上配合すれば、助材としてのベントナイトは不要である。
- ・フリット：添加量増加に伴い、曲げ強度が増加し吸水率が下がり、焼結促進効果が見られた。
- ・酸化マンガン：今回の試験範囲では焼結促進を確認できなかった。

表2 主原料の元素組成（%）

元素名	化学式	笠間原土	碎石2mm	碎石3mm
強熱減量	LOI	7.5	0.3	0.3
珪素	SiO ₂	62.6	75.7	74.7
アルミニウム	Al ₂ O ₃	19.2	13.4	13.3
鉄	Fe ₂ O ₃	5.6	1.7	1.6
チタン	TiO ₂	1.0	0.2	0.2
カルシウム	CaO	0.2	2.0	2.2
マグネシウム	MgO	0.9	0.2	0.2
カリウム	K ₂ O	2.5	4.0	4.8
ナトリウム	Na ₂ O	0.5	2.5	2.9

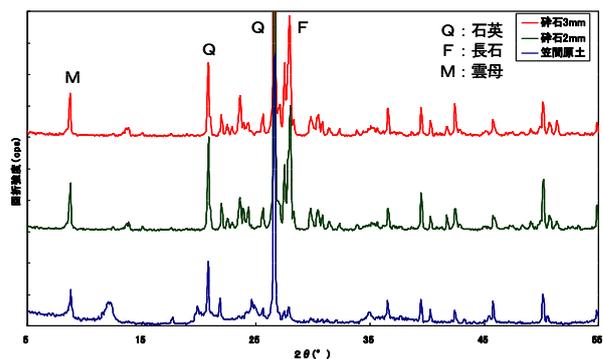


図1 主原料のX線回折

4. 試作品の性能評価

前述の基礎実験では、比較的小さな電気炉を用いて焼成を行った。量産試作（配合：花崗岩碎石 40%，笠間原土 60%，フリット 12%；30×30×2cm；約300個）を行うにあたり、比較的大きなガス炉で試験焼成を行った。その結果、1130℃・24時間焼成で外見上の問題が無かったため、この焼成条件で量産試作を行った。

この試験体の中から、表 1 に示す JIS A 5209 に基づいて性能評価を行った。

4.1 吸水率

試験体を 105℃で 24 時間乾燥し、常温に冷却した。この質量 (m_1) を測定した後、室温清水中に 24 時間浸漬して水中から取り出し、固くしぼった湿布で手早くふき取ってから質量 (m_2) を測定した。吸水率 (%) は次に示す式から算出した。

$$\text{吸水率 (\%)} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

結果を表 3 に示す。表 1 のとおり、陶器質タイルでは、吸水率 22%以下と規定されている。若干ばらつきは大きいものの、十分に規定を満たす数値といえる。

表 3 吸水率

試験体	吸水率 (%)
1	5.4
2	6.9
3	7.3
平均	6.5
JIS A 5209	22 以下

4.2 耐摩耗性

試験体を 5×5cm 程度に切断し、落砂式磨耗試験器により、炭化珪素 10kg を 1100mm の高さから落砂させたことによる磨耗減量 (重量減) を求めた。表 4 にその結果を示す。耐摩耗性は、床タイル (外装・床用) に関する基準であるが、「磨耗減量が 0.1g 以下」の基準を満足しなかった。本実験では、県内産原料の質感をできるだけ活かすため、無釉物で試験を進めたが、施釉によりこの基準を満たすことも可能と思われる。今後、施釉による加飾も検討すべきと考えている。

表 4 耐摩耗性

試験体	磨耗減量 (g)
1	0.13
2	0.26
3	0.22
平均	0.20
JIS A 5209	0.1 以下

4.3 曲げ強さ

$$P = \frac{F}{b} \times \frac{1}{90}$$

曲げ試験器 (前川試験機製作所 MAG-2-TPB) による破壊加重 F (N) から次式により P (N/cm) : 幅 1cm 当たりの曲げ破壊加重を算出した。

ここで、 b : タイルの幅 (cm), l : 加圧棒のスパン (mm) である。試験体寸法が 30×30×2cm であることから、 $l = 180$ mm である。試験の結果を表 5 に示す。

内装タイルの曲げ強さの基準は、壁用で $P = 12$ 以上、床用で $P = 60$ 以上である。ばらつきが大きいものの、全ての試験片で内装床タイルの基準を満たした。

磨耗減量と同様に施釉すること、またはタイルの厚みを増すことで曲げ強さの向上が期待できると考えている。

表 5 曲げ強さ

試験体	F (N)	P (N/cm)
1	1150	75.7
2	1048	70.1
3	1272	85.9
4	1070	71.8
5	1185	79.5
平均	-	76.6
JIS A 5209	-	60 以上

4.4 耐凍害性

3つの試験体を常温の清水中に 24 時間浸漬した後、-20℃の恒温機に入れ 1 晩放置後に取り出し、常温の清水中に 6 時間以上浸漬した。これを固くしぼった湿布でふいて、ひび割れ等の異常の有無を確認した。この凍結・融解・観察を 1 サイクルとして 10 回繰り返した結果、3つの試験体ともに異常は無かった。

4.5 耐薬品性

試験体を 6×2×2cm 程度の大きさに切断した。これを 105℃の乾燥機内で十分に乾燥し、約 3% 塩酸水溶液と約 3% 水酸化ナトリウム水溶液にそれぞれ 3 個づつ、8 時間以上浸漬した。水洗した後、表面の異常が無いか観察し異常が無いことを確認した。

5. まとめ

- ① 今回の開発目標の中で最も重要視した曲げ強さは、内装タイル (壁用・床用) の基準以上のものが得られた。吸水率、耐凍害性、耐薬品性についても目標を達成することができた。
- ② 耐摩耗性は基準を満足しなかった。施釉により耐摩耗性向上、表情のバリエーション等も期待できるため、今後は加飾の検討も必要と考えている。