

プレス成形による薩摩焼陶板に関する研究

デザイン・工芸部 桑原田聡, 寺尾 剛, 澤崎ひとみ

The Study of Satsuma Pottery Plate by Uniaxial Pressing

Satoru KUWAHARADA, Tsuyoshi TERAO and Hitomi SAWASAKI

金型プレス成形法による陶板および微粒シラスパルーンを添加した軽量陶板の作製条件について、添加する水分量や粒度およびプレス圧と焼成体強度の影響について検討を行った。原料粉体に添加する水分量は0～15wt%の範囲において水分量が増加するほど2次粒子の粒度分布は最密充填に最も近い分布をとる。また成型プレス圧の上昇に伴い焼成体の曲げ強度は高くなるが、2000kNでは成形体内部の密度の不均一のために強度の低下がみられた。しかし、水分量やプレス圧等の最適条件を見出すことで変形や亀裂等の欠陥のない安定した陶板の製造が可能であることがわかった。

1. 緒言

近年陶磁器産業の低迷の中で、一部の装飾用陶板は需要増加の傾向にあるが、陶磁器は成形後の乾燥および焼成等の過程で変形を起こしやすいことや陶板製造専用の設備が必要である等の理由から、県内での生産は少なく主に県外企業の受注生産が現状である。また施工性や施工後の安全性から陶板の軽量化が求められている。

一般的に陶板の成形として、乾式および半乾式プレス法が最も汎用化された方法である。これは陶磁器原料の水分量や粒度の調整を行い、粉体を型に充填し加圧することにより成形体を得る方法であり、寸法精度が良く乾燥時間が短い等の利点がある。しかし原料の粒度や水分量といった原料調整やプレス圧等の成型条件が最適でないと粉体粒子間の摩擦のため成形体内部に密度の不均一化を生じやすい欠点を持っている¹⁾。

そこで本研究では、既存の装置である圧縮試験機を用いて、金型プレス成形法による陶板および微粒シラスパルーンを添加した軽量陶板の作製条件、即ち添加する水分量や粒度およびプレス圧と焼成体強度の影響について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 原料

陶板作製の陶磁器原料として、市販品の上仁清粘土を

用いた。この原料は乾燥後、フレットミルで解砕して0.149mmのふるいを通した粉体を用いた。また軽量陶板作製の原料として、当センターにて製造された微粒シラスパルーンを用いた。それぞれの原料の化学組成を表1、粒度分布を図1に示す。

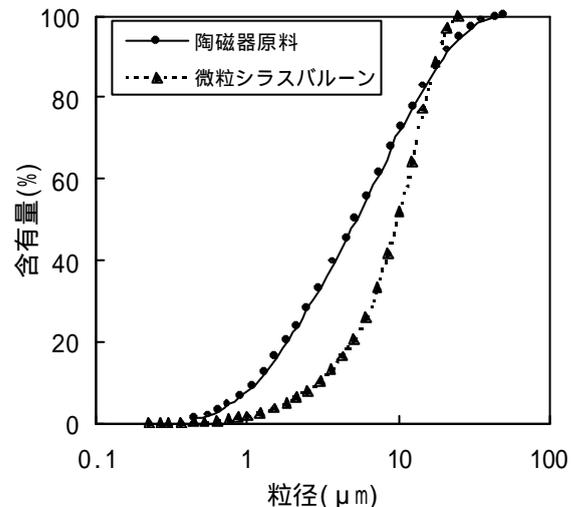


図1 原料の粒度分布

2.2 原料の調整、成形および焼成

原料配合は、市販粘土のみと微粒シラスパルーンを10～30wt%添加したものとした。原料調整は、水またはエチレングリコールを原料粉体に対して0～15wt%添加し、

表1 原料の化学組成 (wt%)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Ig.loss
陶磁器原料	56.9	28.4	1.5	0.8	0.3	0.5	0.5	1.5	8.8
微粒シラスパルーン	73.6	13.3	1.7	0.3	1.8	0.5	3.2	3.0	2.0

2mm の篩い通しを行った。次にこれらの原料を 220 x 220 x 10mm の金型に充填し、圧縮強さ試験機（株東京試験機製作所製）によりプレス圧 500 ~ 2000 kN で成形を行った。成形体は乾燥後、大気中 1.5 /min で昇温し所定の温度で 1 時間保持し自然冷却した。各試料の調整条件および焼成温度を表 2 に示す。

また No 2 ~ 4 および No 8 ~ 10 の試料について、原料調整後の粒度分布を篩い分けにより測定した。

表 2 原料の調整条件および焼成温度

No	原料粉体 (wt %)		水分量 (wt %)	プレス圧 (kN)	焼成温度 ()
	陶磁器原料	微粒シラス パルーン			
1	100	0	0	1000	1240
2	100	0	10	1000	1240
3	100	0	15	1000	1240
4	100	0	10*	1000	1240
5	100	0	15	500	1240
6	100	0	15	2000	1240
7	100	0	15	1000	1180
8	90	10	15	1000	1180
9	80	20	15	1000	1180
10	70	30	15	1000	1180

*エチレングリコール添加

2.3 曲げ試験

No 2, 5 ~ 10 の焼成体を 3 x 4 x 50mm の直方体に研削し、荷重面を 600 の SiC 研磨紙で研磨した。この試料の強度を島津製作所オートグラフ AG10TA を用い、スパン間 30mm, クロスヘッド速度 0.5mm/min の 3 点曲げ法で測定を行った。またこのときの最大荷重から次式により応力を求めた。

$$\sigma = 3LF / 2WT^2$$

ここで、L : スパン間長さ (mm), F : 荷重 (N), W : 試料片幅 (mm), T : 試料片厚さ (mm) である。

2.4 かさ密度

表 2 の No 7 ~ 10 の焼成体についてかさ密度の測定を

行った。測定は JISR2205 に準じて行った。

2.5 陶板の試作

表 2 の No 4, No 8 ~ 10 の条件で調整を行い、陶板の試作を行った。成形体は乾燥後、大気中 1.5 /min で昇温し 850 で 1 時間保持し仮焼を行った後、仮焼体に施釉した。最終的に 1180, 1250 に昇温し、その温度で 1 時間保持した後、自然冷却し試作品を得た。

3. 実験結果と考察

3.1 原料の調整および成形

プレス成形においては、微粉体を造粒した 2 次粒子が使用されるが、この 2 次粒子の粒度分布は均一で変形が少なく緻密な成形体を得るために重要な要素の 1 つである。ここで、いろいろな大きさの粒子が混在する粒子系において、最大粒子径を D, ある粒子 X の含有量を P (%) とすると最密充填をとる粒子分布は、(1) のアンドレセン分布式の $m=1/2 \sim 1/3$ の範囲である²⁾³⁾。

$$P = (X/D)^m \quad (1)$$

今回の実験では、添加した水分量の違いによる粒度分布の影響と微粒シラスパルーンの添加量の差による粒度分布の影響を検討し、最密充填をとる粒度分布との比較を行った。また、これらの条件でプレス成形を行ったときの各原料の成形性および離型性についても検討した。No 2 ~ 4 および No 8 ~ 10 の原料調整後の粒度分布と(1)式の $m=1/2, 1/3$ のときの粒度分布を表 3 に示す。添加した水分量の差と粒度分布の関係では、添加する水分量が増えると粗粒の 2 次粒子が増え最密充填となる粒度分布に近づく。また同様の水分量で水と有機溶剤であるエチレングリコールの差による粒度分布の違いはみられなかった。しかしエチレングリコールは、水よりも蒸気圧が低いために、原料調整後の水分の揮発が少なく原料の長期保存が可能である。添加する水分量が 10 ~ 15 % の範囲での成形性および離型性は、水分量が増すほどプレス成形後の生強度が向上し、離型時の破損も少なくなる。また水を全く添加しない場合ではプレス成形後の成形体が脆く離型時における破損が多く、逆に水を 20 % 以上添加すると調整後の原料が

表 3 原料調整後の粒度分布

	(wt%)						
最密充填分布	No2	No3	No4	No8	No9	No10	
1500μm <	0	0	0	0	0	0	
1500-850μm	17-24	6.42	15.1	5.08	8.59	7.09	1.87
850-300μm	24-36	12.8	22.7	9.45	19.3	18.5	12.4
300- 90μm	14-20	40.6	36.1	34.6	35.5	29.6	31.1
90-20μm	12-14	17.6	13.3	32.6	27.1	36.4	32.4
< 20μm	12-25	23.9	12.8	18.5	9.60	8.30	22.4

固形坯土に近くなりプレス成形が困難となる。よって最密充填の粒度分布に近い 15 %の水分量が成形性および離型性についても最適であった。次に微粒シラスバルーンを添加した場合での粒度分布では、添加していない原料と比較すると粗粒の 2 次粒子が少なく中粒から微粒の粒子が多い。この傾向は微粒シラスバルーンの添加量が増えるにしたがって大きくなっている。この理由については現在のところ不明であるが、微粒シラスバルーンの添加量が増えると原料調整の水分量を増加させる必要がある。

3.2 曲げ試験

金型プレス成形等の一軸加圧による成形では、成形体内部の圧力分布は均一でなく成形後の密度の不均一による変形、亀裂等の原因となる⁴⁾。ここで No 3, 5, 6 のプレス圧の差と焼成体強度との関係を図 2 に示す。また No 5, 6 の試料については、曲げ試験後の破断部の写真を図 3 に示す。図 2 よりプレス圧の増加により焼成体が緻密化され強度も増加するが、プレス圧が大きすぎると逆に強度の低下が認められた。これは図 3 の写真からもわかるように、No 6 の試料の破壊源が内部亀裂によるもので、成形体内部の密度の不均一化が原因であると思われる。

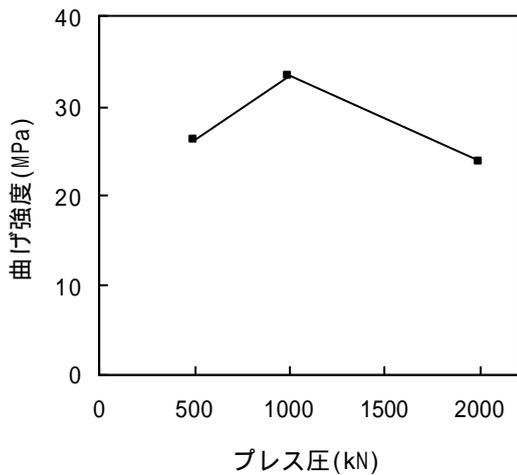


図 2 プレス圧と強度の関係

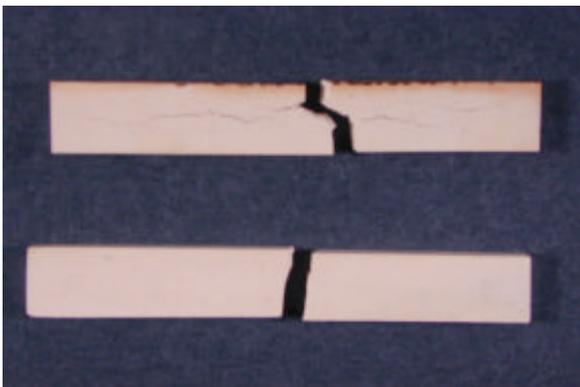


図 3 焼成体破断部の写真
(上: No 5, 下: No 6)

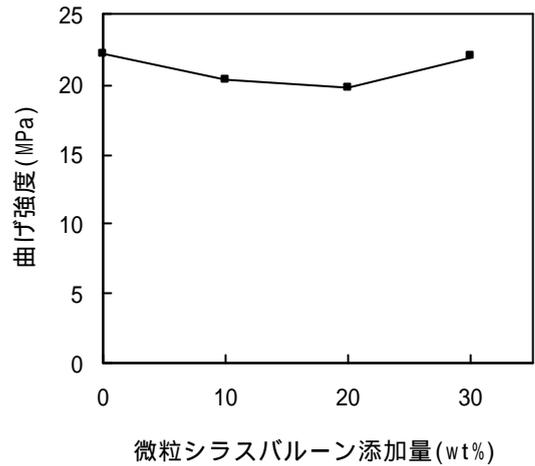


図 4 微粒シラスバルーンの添加量と強度の関係

次に図 4 に No 7 ~ 10 の微粒シラスバルーンの添加量と焼成体強度との関係を示す。同じ焼成温度において微粒シラスバルーンの添加量の増加と曲げ強度との関係には大きな影響がみられなかった。この理由としては、一般的にシラスバルーンの添加によるセラミックス内部の気孔は、その気孔サイズが大きく、また気孔率が高いほど強度低下をもたらす。しかし、セラミックスの強度低下の原因となる気孔等の欠陥サイズは 50 ~ 100 μ m 以上であり、微粒シラスバルーンは平均粒径が約 10 μ m、最大粒子径は約 30 μ m であるため著しい強度低下には影響を及ぼさないと考えられる。

3.3 かさ密度

図 5 に微粒シラスバルーンの添加量の差による焼成体のかさ密度測定結果を示す。微粒シラスバルーンの添加量が増えるにしたがって、かさ密度が低下し微粒シラスバルーンに起因する気孔から軽量化されることが分かった。

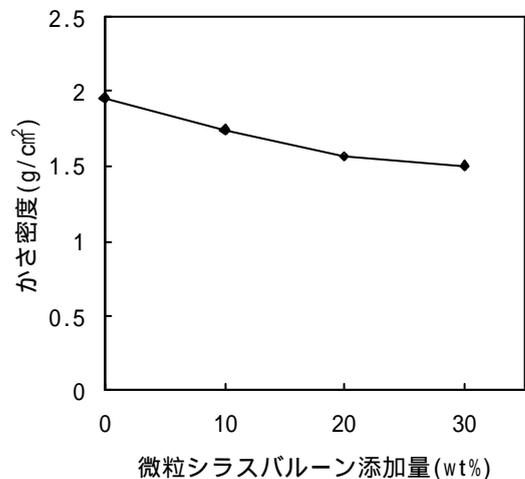


図 5 微粒シラスバルーンの添加量とかさ密度

3.4 陶板製品の試作

これまでの陶板作製の最適条件をもとに陶板および微粒シラスバルーンを添加した軽量陶板の試作を行った。図6に試作品の写真を示す。これらの陶板は変形や亀裂もなく安定した試作品を得ることができた。

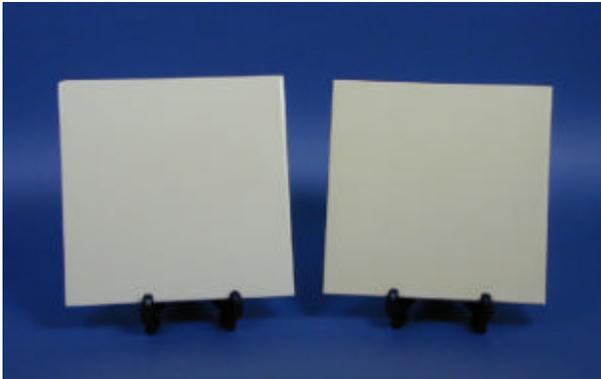


図6 プレス成形による陶板試作品
(左：薩摩焼陶板，右：軽量陶板)

4. 結 言

圧縮強さ試験機を用いて金型プレス成形法による陶板の製作条件について検討を行った結果、以下の知見が得られた。

- (1) 陶板作製の原料粉体の粒度調整として原料粉体に添加する水分量は0～15wt%の範囲において水分量が増加するほど2次粒子の粒度は最密充填に最も近い分布をとる。
- (2) 成型プレス圧の上昇に伴い焼成体の強度は高くなるが、2000kNでは成形体内部の密度の不均一のために強度が低下した。
- (3) 軽量陶板作製の原料として微粒シラスバルーンを添加した場合、強度に影響なく添加量に応じた軽量化が図られた。
- (4) 薩摩焼陶板および軽量陶板の試作を行い変形や亀裂等の欠陥のない安定した陶板の製造が可能であることが見出せた。

参 考 文 献

- 1) 素木洋一：“入門ファインセラミックス製造技術”，技報堂出版(1984)p.175
- 2) 矢吹ら：岡山県工業技術センター報告，16，23(1990)
- 3) 高橋ら：新潟県工業技術報告書，19，90(1990)
- 4) 梅屋薫：“粘土工業における成形の理論と実際”，技報堂出版(1960)p.17