

微粒シラスバルーン-石英-アルミナセメント系磁器素地の開発(2) ー押出成形と鑄込み成形による成型法の検討ー

神尾 典¹・木村 邦夫²

¹ケイテック研究所(元九州工業技術研究所), 841-0201 佐賀県基山町小倉 1011-23

²産業技術総合研究所 基礎素材研究部門, 841-0052 佐賀県鳥栖市宿町 807-1

1. はじめに

前報では, 九州工業技術研究所(現産業技術総合研究所九州センター)で開発された可塑性粘土原料を全く用いない長石系原料-石英-アルミナセメント系磁器素地の長石系原料を微粒シラスバルーンに置き換え, 軽量で高強度を有する磁器素地の開発を目的とし, プレス成形による最適配合割合・焼成条件などの検討を行った結果について報告した。ここでは種々の形状の製品開発を目的に, 第4成分の添加も検討しながら, 押出成形を主に, 鑄込み成形などの成形法について検討を行った結果を報告する。

2. 実験方法

2. 1 試料

微粒シラスバルーンは, (株)アクシーズケミカルの MSB-3011 と SC-50, (株)シラックスウのシラックス SFB-101 と SFB-201, 三機化工建設(株)のサンキライト Y04 を用いた。前報では, 水中に沈降した沈降物を用いたが, ここでは, コスト

アップを避けるためにそのまま用いた。配合に用いた石英およびアルミナセメントは前報と同じものを用いた。また, 第4成分として蛙目粘土, 押出成形用可塑付与剤としてメトロース(信越化学工業(株)SHV-PF)を用いた。上記5種類の試料の粒度分布を図1に, 密度と平均粒径を表1に示す。また, これらの試料と, 第4成分として用いた蛙目粘土の化学組成を表2に示す。

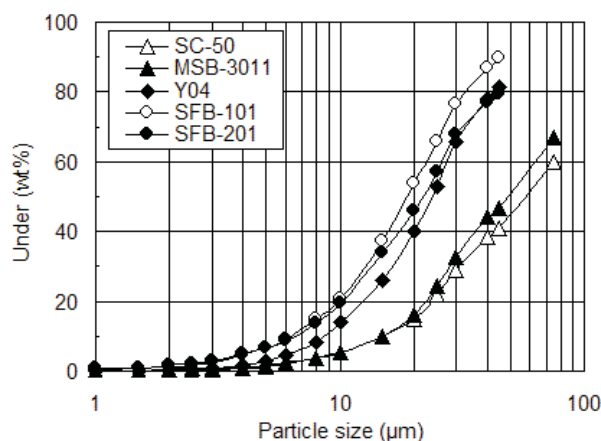


図1 試料の粒度分布

表1 試料の密度と平均粒径

試料名	密 度			平均粒径 (mm)
	ゆるみ嵩密度 (g/cm ³)	タッポ嵩密度 (g/cm ³)	粒子密度 (g/cm ³)	
MSB-3011	0.20	0.27	0.83	24.5
SC-50	0.26	0.34	1.17	24.0
SFB-101	0.17	0.28	1.47	17.2
SFB-201	0.15	0.25	1.49	17.3
Y04	0.28	0.40	1.15	20.2

表2 試料の化学組成 (wt%)

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	lg.loss	Total
蛙目粘土	50.08	—	34.85	0.43	0.33	0.48	0.42	0.81	12.52	99.92
MSB-3011	73.40	0.36	14.81	1.98	1.08	0.80	3.62	2.88	0.79	99.72
SC-50	72.25	0.37	14.89	2.06	1.18	0.79	3.63	2.80	1.73	99.69
SFB-101	72.89	0.35	14.87	2.19	1.24	0.78	3.68	2.74	0.75	99.51
SFB-201	72.73	0.37	14.85	2.23	1.30	0.77	3.60	2.77	0.87	99.50
Y04	74.78	0.36	14.45	2.34	1.33	0.85	3.43	1.53	0.65	99.72

2. 2 押出成形の試料配合と作成条件

微粒シラスバルーン：石英：アルミナセメント比(重量比)は 40:40:20, 30:50:20, 20:60:20 とした。また第4成分の蛙目粘土の添加効果を調べるため一部の試料配合について微粒シラスバルーン：石英：蛙目粘土：アルミナセメント比を 30:25:25:20 で行った。それらの実験は図2の行程に従って行った。



図2 実験工程

なお、混練は宮崎鉄工社製押出成形機の下段押出スクリーだけを使用し、内径 20mm ダイスを取り付けて2～4回通して行った。使用した押出成形機の仕様は、上段サイドスクリー(パグミル)径 30mm × 2, 上段スクリー径 30mm, 脱気室下段食込ローラー径 50mm 溝付き形, 下段押出スクリー径 30mm から成り、断面 21 × 14mm 中実ダイスを取り付けて成形した。

2. 3 物性測定

養生試料および焼成試料のかさ密度は、試料寸法から算出される容積と重量から算出した。曲げ強度は、オートグラフを用いスパン長さ 60mm の3点曲げ試験法により測定した。焼成収縮率は試料長の線収縮率とし、吸水率は24時間水中に保持し、その重量変化から吸水率を算出した。

3. 結果と考察

3. 1 押出成形性について

押出成形における各種試料の配合比と実験の結果を表3に示す。押出成形法は、異形断面形状の製品を任意に選択ができ、デザイン性に優れ、かつ連続生産が可能などの特徴を持っている。しかし、その一方では成形技術について未解決な点が多く、とくに成形に重要な因子となる原料の可塑性の付与が不可欠である。また、パーライトやシラスバルーンなどの軽量発泡体を素材として用い

表3 押出成形における各種試料の配合比と実験の結果

実験番号	試料	SB (%)	QU (%)	CL (%)	AC (%)	MC (%)	WA (%)	W/C (%)	成形圧力 (kg/cm ²)	成形速度 (cm/min)
1	MSB-3011	40	40	0	20	1	43	215	15-20	30-27
2	MSB-3011	30	50	0	20	1	40	200	18-20	28-26
2A	MSB-3011	30	25	25	20	0	42	210	28-30	18-17
3	MSB-3011	20	60	0	20	1	37	185	15-17	30-22
10	SC-50	40	40	0	20	1	43	215	7-12	27-25
11	SC-50	30	50	0	20	1	38	190	10-13	26-25
12	SC-50	20	60	0	20	1	34	170	8-10	23-21
4	SFB-101	40	40	0	20	1	44	220	10-15	22-20
5	SFB-101	30	50	0	20	1	40	200	15-17	26-25
5A	SFB-101	30	25	25	20	0	60	300	12	22-24
6	SFB-101	20	60	0	20	1	37	185	10-17	28-27
7	SFB-201	40	40	0	20	1	45	225	10-15	31-28
8	SFB-201	30	50	0	20	1	41	205	15-18	21-20
9	SFB-201	20	60	0	20	1	38	190	8-15	28-21
13	Y04	40	40	0	20	1	40	200	20-25	15-12
14	Y04	30	50	0	20	1	39	195	20-24	22-15
14A	Y04	30	25	25	20	0	43	215	40-43	17-15
15	Y04	20	60	0	20	1	37	185	13-20	20-18

た場合、成形機内部におけるスクリーとの剪断力などによって、軽量素材が破損しやすく、刻々と変化する機内の圧力に耐えきれないと、原料の組成が変化して、製品に亀裂が生じたり、閉塞を起こすなど、押出成形性は最悪な状態となる。従って、破損を低減するためには微粒のシラスバルーンを用い、さらに、物性の異なる各種のバルーンやその配合比に最適な可塑付与剤と混水量を選択する必要がある。表3はこのようにして調整し、実験を行ったものの押出成形圧力と成形速度の関係である。微粒シラスバルーンの種類によって押出圧力に多少の差が生ずるが、押出速度は変化が小さく、成形性は良好であった。

また、着目すべき点は、石英(QU)の使用量を第4成分の蛙目粘土(CL)に1/2置き変えることによって、若干、成形圧力が上昇するが、可塑性付与剤のメトロース(MC)を用いずに押出成形が可能であることが認められたことである。このことは、経済的効果として大きく評価できると考えられる。

3. 2 成形体のかさ密度について

各種試料の配合比と成形体の焼成前のかさ密度と1300℃で1時間、4時間焼成後のかさ密度の関係を図4, 5に示す。なお、2時間焼成結果は、次項以降の物性も併せ、ほぼ1時間、4時間焼成の中間の値を示した。

それぞれ微粒シラスバルーンの性質や配合比が異なるため、かさ密度の差も開きがある。まず、焼成前のかさ密度に注目すると、微粒シラスバル

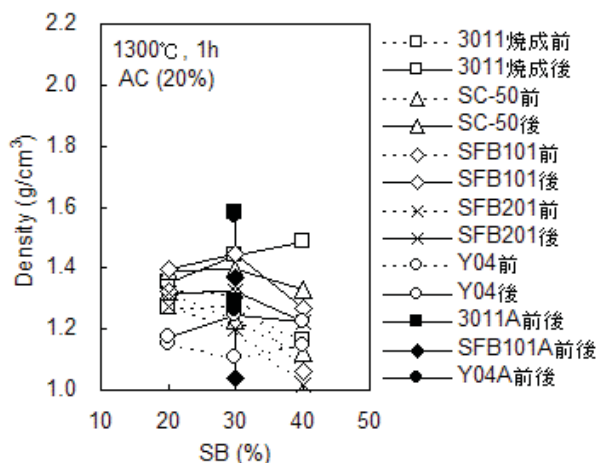


図4 配合比と焼成前後の嵩密度(1300℃, 1h)

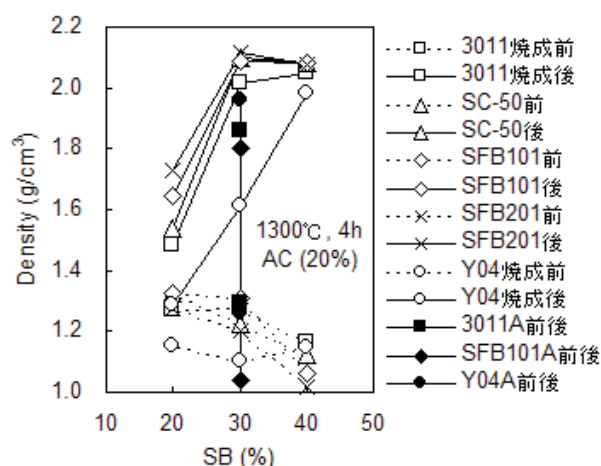


図5 配合比と焼成前後の嵩密度(1300℃, 4h)

ーンの配合比が20%から30%においては若干低下するが、40%に増加すると急激に減少する傾向が認められる。この密度の低下は、微粒シラスバルーンが破壊されていないことを示しているものと考えられる。一方、焼成後のかさ密度は焼成時間が長くなると大きく上昇している。また、4時間焼成では30%、40%配合比での密度の差は変わらず一定となっている。このことは、焼結反応が進んでいることを示しているもので、微粒シラスバルーンの配合に最適量があるものと考えられる。また、蛙目粘土を配合した成形体のかさ密度は、前記と同様の傾向であるが3時間焼成をピークに4時間焼成での密度の増加は認められなかった。

3. 3 成形体の曲げ強度について

各種試料の配合比と成形体の焼成前の曲げ強度と1300℃で1時間、4時間焼成後の曲げ強度の関係を図6, 7に示す。

一般に、曲げ強度とかさ密度は相関性が明確であり、かさ密度が大きいと曲げ強度も高い。かさ密度と同様な結果が得られている。若干違いが見られたのは、焼成前の成形体の曲げ強度は微粒シラスバルーンの配合比20%、30%、40%でほとんど差がない。即ち、40%配合ではかさ密度は低下するが曲げ強度の低下はあまり認められない点、また、蛙目粘土を配合した成形体の曲げ強度は、かさ密度が大きく曲げ強度が小さく、比曲げ強度としての評価は低いことが解った。それぞれの曲げ強度差はスタート原料である微粒シラスバルーンの物性が影響しているものと考えられる。

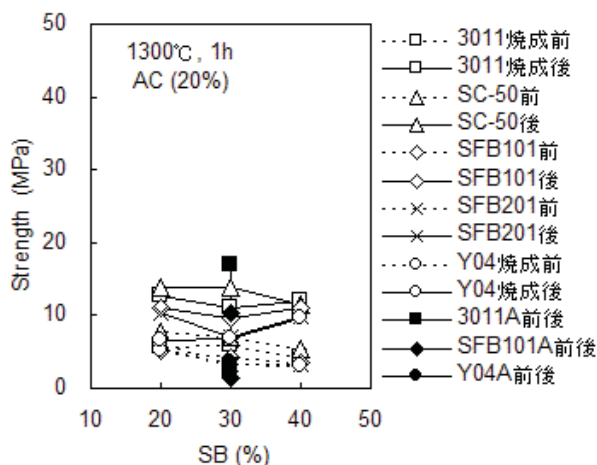


図6 配合比と焼成前後の曲げ強度(1300 °C,1h)

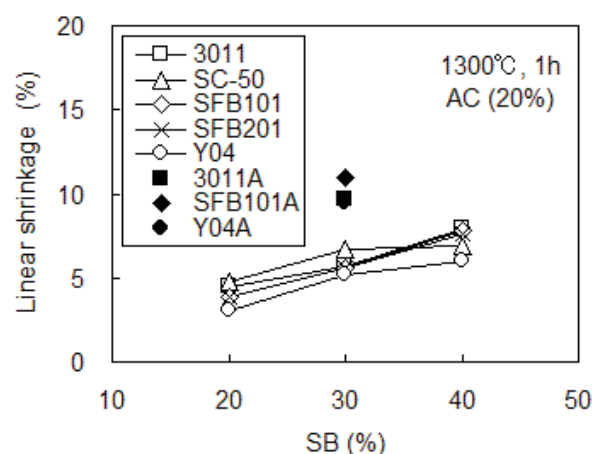


図8 配合比と収縮率との関係(1300 °C, 1h)

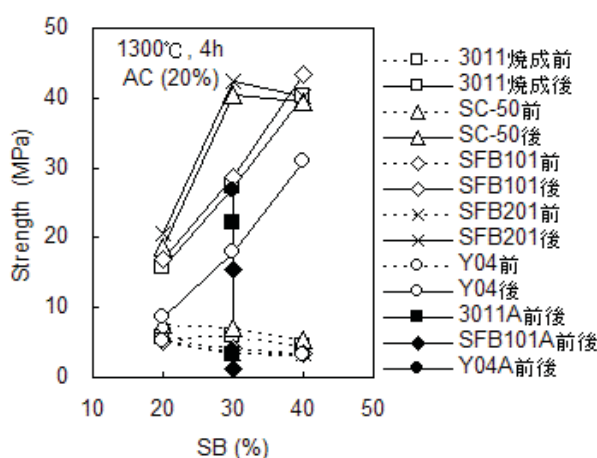


図7 配合比と焼成前後の曲げ強度(1300 °C,4h)

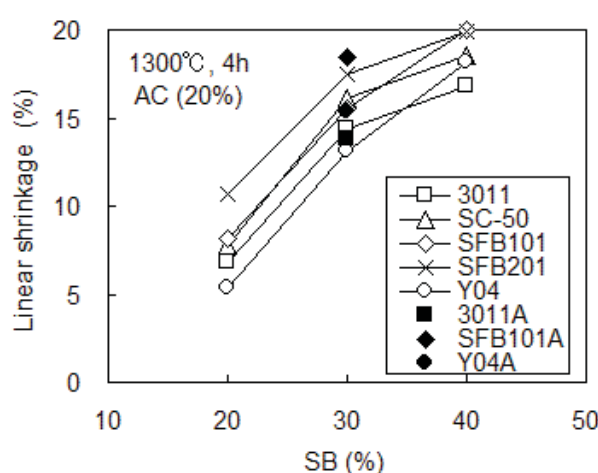


図9 配合比と収縮率との関係(1300 °C, 4h)

3. 4 成形体の収縮率について

各種試料の配合比と成形体の 1300 °C で 1, 4 時間の焼成による収縮率を図 8, 9 に示す。

微粒シラスバルーンの配合比の増加と共に線収縮率は増加の傾向を示している。1300 °C 1 時間焼成の場合は各種の微粒シラスバルーンの物性にあまり影響することなく収縮が進むが、4 時間焼成では、収縮率は急激に増大し、微粒シラスバルーンの物性差に起因していることが解る。これは、押出成型時の圧密化が弱く、軽量発泡体を用いたため焼結による収縮が大きくなるためと思われる。

また、蛙目粘土を用いた成形体の収縮率は 1 時間焼成によって、収縮率は 2 倍に達している。即ち、他よりも急速に焼結が進むことを示している。

3. 5 成形体の吸水率について

各種試料の配合比を焼成した成形体の吸水率を図 10, 11 に示す。

1300 °C, 1 時間焼成した成形体 (図 10) は微粒シラスバルーンの配合比による差はあまり認められず、いずれも焼結が進んでいないことが解る。4 時間と焼成時間が長くなると焼結が進み、吸水率が 0 近くまで低下することが認められた。

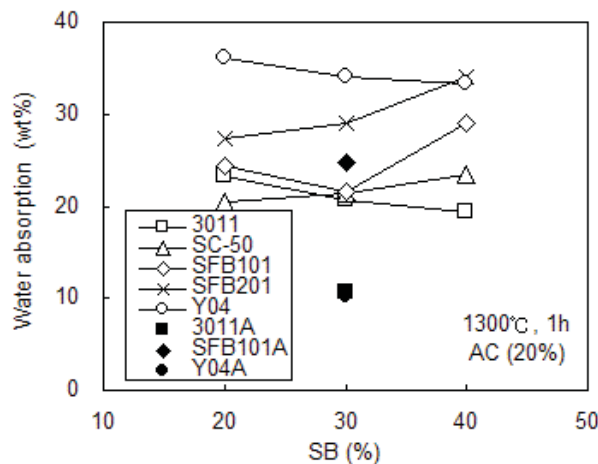


図10 配合比と吸水率との関係(1300 °C, 1h)

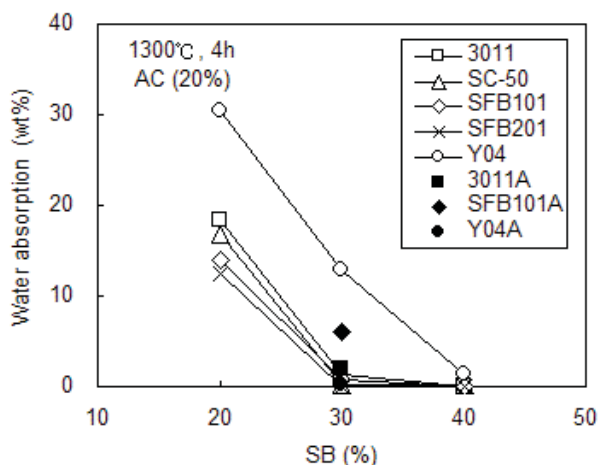


図15 配合比と吸水率との関係(1300 °C, 4h)

以上のように、これまでのかさ密度と曲げ強度の関係、また収縮率と吸水率やそれぞれの関係は焼成時間と密接な相関性があり、それらの条件を見出すことができた。

3. 6 鑄込み成形について

石膏型を用いた鑄込み成形を試みた。試料は押出成形に用いたものと同様で、蛙目粘土の配合を変えて行った。その結果を写真1, 2に示す。種々水溶液の調整を試みたが、写真1は蛙目粘土のみで、当然脱型が容易であるが、本実験組成では写真2のようにいずれの配合でも、石膏型によく着肉するが脱水時に亀裂が生じる。また積層に鑄込むと亀裂は生じないが脱型困難となり、さらに蒸気養生で固化した後も強固に密着し、脱型性は同様であった。その原因としては、素地の粒度分布や素地の可塑性、乾燥収縮などの要因が大きく影響を及ぼしているものと考えられる。

写真3はローラーマシンと同様の鑄込みを応用した方法であるが、石膏型を用いて、同じ配合で試料の含水率を50～70%に調整し、混練して型に押し込んだ。脱型は容易であった。

4. まとめ

- 1) 押出成形・養生後、1300 °C 4 時間の焼成でかさ密度約 2.0g/cm³、曲げ強度約 40MPa、収縮率約 20%、吸水率 0%の成型体が得られた。
- 2) 第4成分の蛙目粘土の配合は、得られる成型体の物性の改善よりも押出成形の可塑付与剤として25%以上配合し、石英と置き替えること

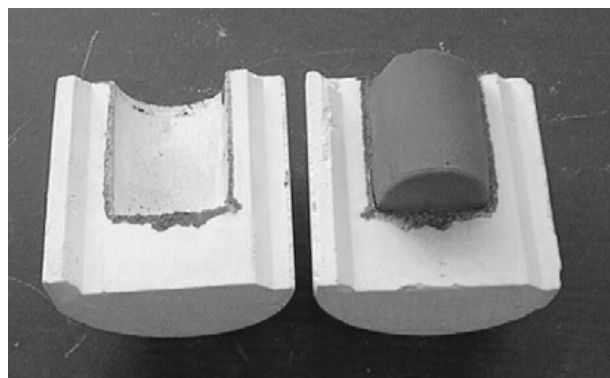


写真1 蛙目粘土の鑄込み成形

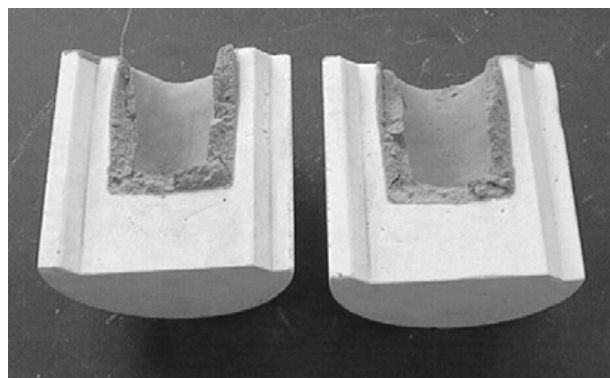


写真2 本実験組成の鑄込み成形



写真3 型押し成形

により経済効果が期待できることが解った。

- 3) 鑄込み成形では、型押し成形を応用することで解決したが、今後の研究課題が残された。

謝 辞

本研究の試料を提供して頂いた(株)アクシーズケミカル、(株)シラックスウおよび三機化工建設(株)、信越化学工業(株)に対し、深く感謝の意を表します。また、本研究を遂行するに当たり、鹿児島県資源開発協議会から研究助成を受けた。記して謝意を表します。