

廃ガラスを利用した植木鉢の開発

永柳 辰一 光松 正人 田中 正洋

Utilization of Waste Glass for Flowerpots
by

Tatsuichi NAGAYANAGI, Masato MITSUMATSU and Masahiro TANAKA

陶磁器製品の廃棄物及びガラス屑のリサイクル率の向上を図るため、これらを利用して鋳込成形用素地と釉薬を開発し、植木鉢製品への応用を図った。この結果、廃棄物の利用率が50%以上で、1000～1100℃焼成できる素地を開発した。実用化が容易な調合割合は、廃ガラス27.5%、陶器屑27.5%、木節粘土45.0%であり、これにタルク3.0%、各種の顔料1～5%を加えて各種の色合いの素地を得た。

また、観葉鉢、寄せ植え鉢用、園芸鉢用に適した吸水率、見掛気孔率等の値を得た。焼成温度は、従来の素地より約100℃低下でき、省エネルギーが図れた。また、これらの素地に適合した各種釉薬を得た。

1. まえがき

環境保全に向けて産業廃棄物減量への強い要請があり、地域産業はそれぞれの立場からの取組みが求められている。そこで、常滑焼陶磁器製品の陶器屑及び県内で発生している廃ガラスを利用し、鋳込成形法に適した観葉鉢、寄せ植え鉢、園芸鉢製品の応用を検討した。また、産業廃棄物の利用を高めるため、配合率を50%以上とし、冷め割れ等欠点防止や焼成温度の低下による省エネルギー化と併せ、酸化金属、顔料を添加した色合いの優れた素地と釉薬の開発を検討した。

2. 実験方法

2.1 素地原料

廃ガラス、陶器屑及び粘土（本山木節粘土、土岐口蛙目粘土）を用いた。廃ガラスは廃棄回収されたガラス瓶を粉砕したもので、粒度1mm以下のガラス粉（透明系、緑色系、茶色系）の3種類を使用した。陶器屑は3mm以下の粉砕物で赤色系、白色系を用いた。これらの原料の化学分析値を表1に示す。また、冷め割れ等の欠点防止用の素地添加剤にはタルクを使用した。各種の着色素地は酸化チタン、ジルコン、水酸化第二鉄及び顔料を使用した。

表1 原料の化学分析値

(%)

成分\原料	本山木節粘土	土岐口蛙目粘土	陶器屑 (赤色系)	陶器屑 (白色系)	廃ガラス (透明系)	廃ガラス (緑色系)	廃ガラス (黒色系)
K ₂ O	0.21	0.39	2.33	2.88	1.20	1.30	1.50
Na ₂ O	0.10	0.14	1.08	1.47	12.3	14.2	13.6
CaO	0.30	0.18	0.72	0.91	10.7	10.8	10.9
MgO	0.31	0.12	1.13	0.32	0.10	0.50	0.30
Fe ₂ O ₃	0.46	0.84	4.82	0.85	0.04	0.09	0.12
Cr ₂ O ₃	—	—	—	—	—	0.17	—
Al ₂ O ₃	36.0	34.6	18.8	18.8	2.20	2.10	2.40
SiO ₂	46.9	49.9	71.2	73.5	73.1	70.5	70.1
Ig. loss	14.6	12.3	—	1.14	—	—	—

表2 原料のpHと導電率

項目 \ 原料	酸化第二鉄 (試薬)	弁柄 (横綱印)	弁柄(OS-130)	水酸化第二鉄	酸化チタン	タルク
pH	7.2	6.6	3.4	2.3	5.0	6.5
導電率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	102	106	235	2010	-	-

(試料100g : 水100gで24時間放置)

また、素地の添加剤と着色剤のpH及び導電率を表2に示す。このことは鑄込泥漿の作業性と併せ製品の機能性向上に左右されるために原料の特性値の一部として表記した。

2.2 素地調合

素地の基礎試験は廃ガラス (透明系等)、陶器屑 (白色系等) 及び木節粘土を使用して図1に示した三角座標による16種類の調合と、更に良好な調合範囲の9種類の調合を直交配列により求めた。その割付を図2に示す。実用化の可能な調合は、廃ガラスの色別と陶器屑の赤色系も試験し、着色素地は着色剤を1~5%添加した。

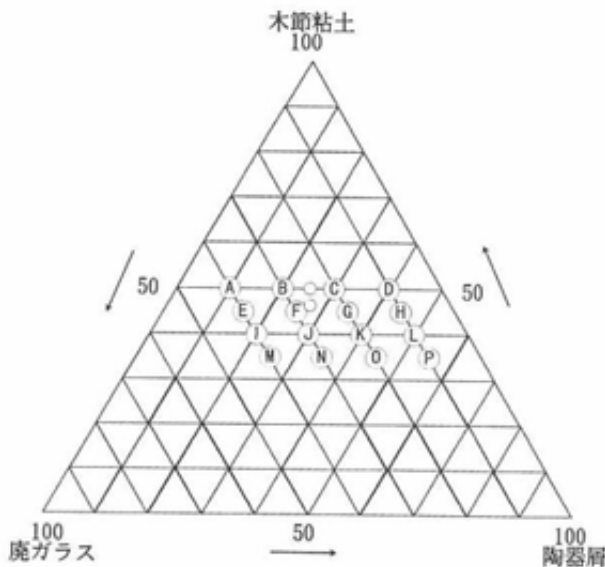


図1 三角座標による調合割付

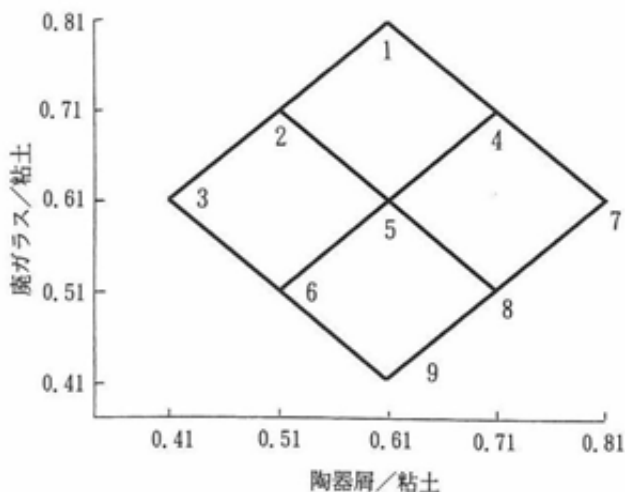


図2 直交配列による調合割付

2.3 素地調合粉砕

上記の平均粒子径 $10\mu\text{m}$ まで遊星ミルで粉砕した後、更に、木節粘土を添加して粘土を解す程度に混合し泥漿とした。また、良好な素地調合は50kg調合でボールミル粉砕し、泥漿とした。

2.4 泥漿の調製

泥漿は40目/寸ふるいで通し、その特性値を比重1.90、pH9.5を標準になるように調製した。

2.5 鑄込成形試験

鑄込成形性、焼成性状を把握するため、石膏型 ($\phi 12 \times L130\text{mm}$) による棒状の試験体を成形した。また、良好な素地組成で実物大の植木鉢を固形・排泥方法で鑄込成形した。

2.6 釉薬の調製・施釉

釉薬調合はゼーゲル式 $0.70 \sim 0.84\text{KNaO} \cdot 0.16 \sim 0.17\text{CaO} \cdot 0.05\text{MgO} \cdot 0.03\text{ZnO} \cdot 0.05\text{BaO} \cdot 0.65 \sim 0.90\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4.50 \sim 6.25\text{SiO}_2 \cdot 0.69\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0 \sim 0.15$ (SnO_2 または ZrO_2) で示された基礎釉組成になるように、KOフリット、三石蠟石、天草陶石、村上粘土、福島長石、鼠石灰、タルク、亜鉛華等を配合し、さらに各種顔料を添加した調合物と、やや組成の異なる $0.30\text{KNaO} \cdot 0.31\text{CaO} \cdot 0.28\text{ZnO} \cdot 0.08\text{BaO} \cdot 0.03\text{Li}_2\text{O} \cdot 0.24 \sim 0.28\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2.40 \sim 2.60\text{SiO}_2 \cdot 0.25\text{B}_2\text{O}_3$ の組成を基に、各種の顔料を添加して植木鉢用の釉薬とした。また、粉砕条件は試験用釉薬は100g調合で水分60%とCMC0.2%に加え遊星ミルで30分粉砕した。平均粒子径は $9\mu\text{m}$ を標準とした。この釉を素焼素地にディッピング及び吹き付け法で施釉して所定の温度で焼成し、釉薬の表面性状を評価した。

2.7 焼成試験

焼成炉: 10kW電気炉、昇温: $80^\circ\text{C}/\text{h}$ 、焼成最高温度: 950、1000、1050及び1100 $^\circ\text{C}$ で行った。

2.8 物性試験

吸水率、見掛気孔率及びかさ比重は、JIS R 2205にて行った。

熱膨張率測定は焼成品を $\phi 10 \times L50\text{mm}$ の丸棒試験片を試料として $4^\circ\text{C}/\text{min}$ の速度で昇温して測定した。測定温度範囲は室温~900 $^\circ\text{C}$ で行い、30 $^\circ\text{C}$ から550 $^\circ\text{C}$ までの熱膨張係数を求めた。

耐凍害性試験はJIS A 5209 7.12にて行った。

2.9 試作

排泥鉢込みと固形鉢込みにより行い、観葉鉢、寄せ植え鉢及び園芸鉢の製品を試作した。

焼成温度は950~1100℃で行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 素地の基礎試験

図1の16種類の調合について廃ガラスと陶器屑を最大限に使用して成形性の良い範囲を見出すため、焼成温度の中心は1050℃を想定して、この温度で焼成した時の焼成性状を比較検討した。植木鉢製品の機能は、製品の耐久性と併せ植物の発育状況に大きく作用され、一般的にはかさ比重は2.0~2.3である。植物の発育から見れば吸水率も10%以下が良いといわれている。

図3、4にかさ比重、吸水率を示す。

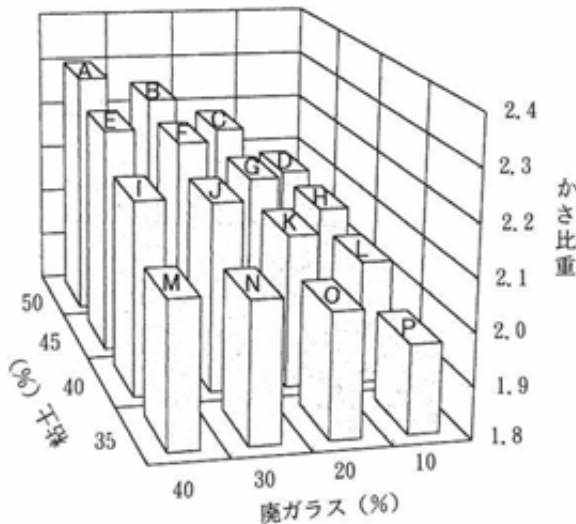


図3 かさ比重

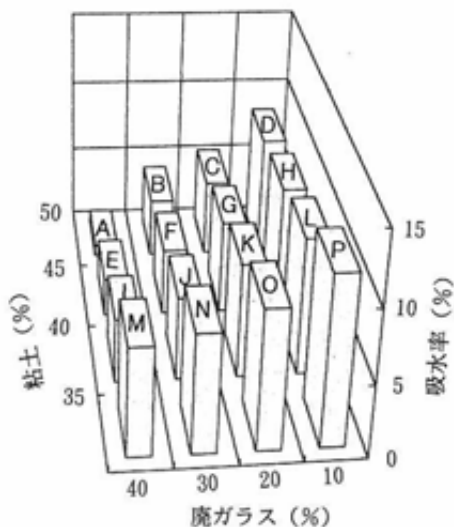


図4 吸水率

これらの結果から、かさ比重が2.0以上あり、吸水率が10%以下の植木鉢用素地として機能を満たしたものは、粘土45~50%、廃ガラス20~30%、陶器屑15~30%の範囲A, B, C, E, F, I, Jの7種類であった。

3.2 鉢底成形性試験

具体的に適正調合と鉢底性を見出すため、上記の良好な範囲から粘土45.0%、廃ガラス27.5%、陶器屑27.5%を中心に直交配列により表3に示した9種類を調合試験した。鉢底成形に適した泥漿の比重は廃ガラス添加素地において1.90位、pH8.3~9.0、粘度はできるだけ小さい方が作業性が良かった。また、泥漿の平均粒子径は約10μmが良い。1050℃焼成におけるかさ比重と吸水率の結果を図5、6に示す。かさ比重から検討した場合、粘土が多く廃ガラスが多い方向にその値は大きくなり、また、粘土が少なく廃ガラスの多い方向においても大きくなる。吸水率も同様な傾向となった。しかし、成形性から見た場合は粘土が多い調合の方が好結果を得る。これらのことからNo. 1, 2, 3, 5, 6の調合で実用化は充分であったが、鉢底性、焼結性などを総合的判断し、No. 5を試作素地とした。

表3 調合割合 (%)

No.	原料	木節粘土	廃ガラス	陶器屑
1		41.3	33.5	25.2
2		45.0	32.0	23.0
3		49.5	30.2	20.3
4		41.4	29.3	29.3
5		45.0	27.5	27.5
6		49.6	25.2	25.2
7		41.3	25.2	33.5
8		45.0	23.0	32.0
9		49.5	23.0	30.2

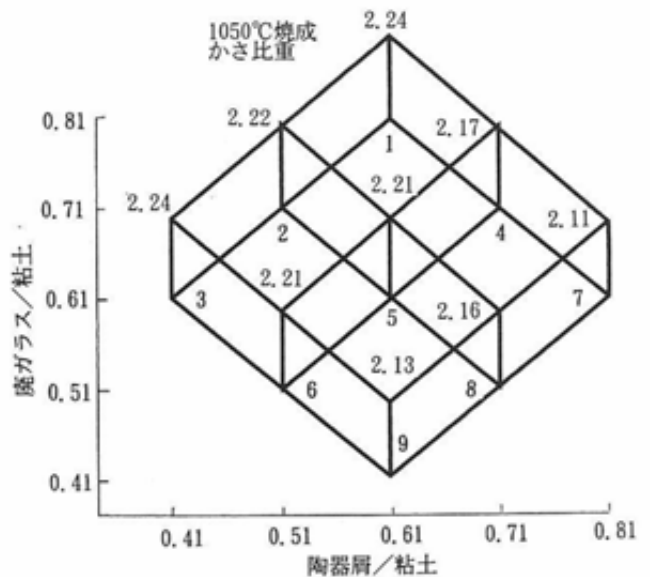


図5 かさ比重

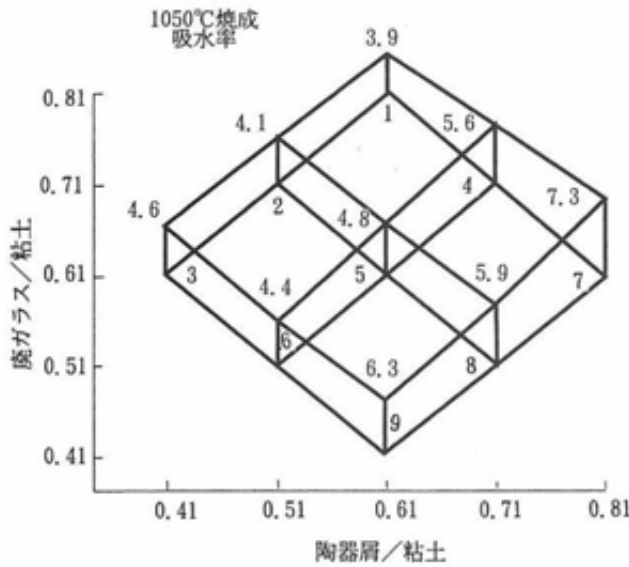


図6 吸水率

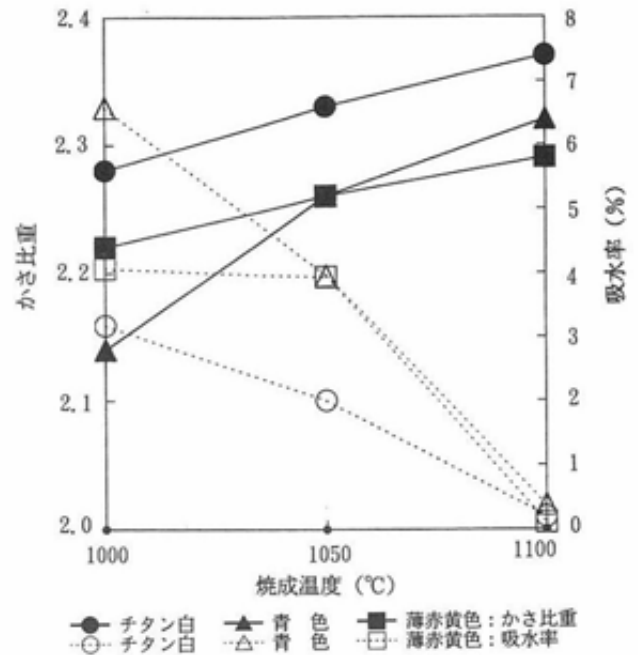


図7 各焼成温度における焼成性状

3.3 試作用素地

試作用の素地は木節粘土または蛙目粘土45.0%、廃ガラス27.5%、陶器屑27.5%に外割でタルク3%加えたものを基に着色剤を添加して各種の色合いの素地を得た。表4に色別素地の調合割合と焼成品の熱膨張係数を示す。

色別素地のかさ比重と吸水率についてその代表的調合の3種類の焼成温度別の性状を図7に示したが、1000℃、1050℃、1100℃焼成で、かさ比重はチタン白で2.28、

2.33, 2.37、薄赤黄色で2.22, 2.26, 2.29、青色で2.14, 2.26, 2.32となり、吸水率はそれぞれ6.6%以下、4.0%以下、0.11~0.38%の値を示した。試作用素地は、最高焼成温度を1100℃以下が望ましく、最適焼成温度は1050℃が良い。また、焼成温度900℃でも焼成をしたが、1000℃焼成の特性値に近い値を示し植木鉢の機能を満足した。従来の焼成温度よりも約100℃低下でき、省エネルギーが図れる。

表4 色別素地の調合割合と熱膨張係数

(%)

原料\色別素地	チタン白	ジルコン白	薄赤黄色	薄黄色	黄色	赤褐色	青色	濃青色
木節粘土	45.0	45.0	45.0	45.0	-	45.0	-	50.0
蛙目粘土	-	-	-	-	45.0	-	45.0	-
廃ガラス透明系	-	-	-	-	-	-	27.5	-
廃ガラス緑色系	27.5	27.5	-	-	27.5	27.5	-	25.0
廃ガラス黒色系	-	-	27.5	27.5	-	-	-	-
陶器屑白色系	-	-	-	-	27.5	-	27.5	-
陶器屑赤色系	27.5	27.5	27.5	27.5	-	27.5	-	25.0
タルク	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
酸化チタン	3.0	-	2.0	1.0	2.0	-	-	-
ジルコン	-	3.0	-	-	-	-	2.0	2.0
水酸化第二鉄	-	-	2.0	1.0	3.0	3.0	-	-
海碧	-	-	-	-	-	-	3.0	5.0
熱膨張係数(×10 ⁻⁶ /°C) (30~550°C)	-	-	-	-	-	6.64	6.53	6.54



写真1 原料と試作品



写真2 原料と試作品



写真3 原料と試作品



写真4 試作品



写真5 試作品



写真6 試作品

3.4 釉薬

2.6に示した釉薬組成を評価した結果、目視観察において良好な表面性状であった。従って1000~1100℃で実用化できる基礎釉のゼーゲル式(1)~(4)を以下に、調合割合を表5に示す。

基礎釉

(青色釉)			
0.70KNaO	} 0.70Al ₂ O ₃	{	4.50SiO ₂
0.17CaO			0.69B ₂ O ₃
0.05MgO			} 0.15ZrO ₂
0.03ZnO			
0.05BaO			
(赤褐色釉)			
0.70KNaO	} 0.70Al ₂ O ₃	{	4.50SiO ₂
0.17CaO			} 0.50B ₂ O ₃
0.05MgO			
0.03ZnO			
0.05BaO			
(黄色光沢釉)			
0.30KNaO	} 0.26Al ₂ O ₃	{	2.60SiO ₂
0.31CaO			} 0.25B ₂ O ₃
0.28ZnO			
0.08BaO			
0.03Li ₂ O			
(緑色光沢釉)			
0.30KNaO	} 0.26Al ₂ O ₃	{	2.40SiO ₂
0.31CaO			} 0.25B ₂ O ₃
0.28ZnO			
0.08BaO			
0.03Li ₂ O			

表5 実用化できる釉の調合割合 (%)

原料	青色釉	赤褐色釉	黄色光沢釉	緑色光沢釉
KOフリット	27.2	17.3	-	-
PN5401フリット	-	-	17.2	17.9
三石蠟石	6.6	10.9	-	-
天草陶石	18.1	10.6	-	-
村上粘土	11.9	10.5	-	-
福島長石	23.5	31.1	37.3	38.9
鼠石灰	0.2	0.9	9.0	9.4
タルク	1.3	1.1	-	-
亜鉛華	0.5	0.4	6.5	6.8
ベタライト	-	-	2.7	2.8
炭酸バリウム	2.0	1.7	5.3	5.6
水酸化第二鉄	-	5.7	-	-
水晶石	1.2	1.2	-	-
カオリン	0.5	5.4	5.0	5.2
アルミナ	1.2	-	-	-
珪石	0.2	3.1	16.9	13.4
ジルコン	5.5	-	5.0	5.0
V600濃黄	-	-	2.5	2.5
P40プラセオ黄	-	-	2.5	2.5
M5000トルコ	5.0	-	-	5.0

3.5 試作

試作した各種の植木鉢を写真1~6に示す
試作した各焼成温度別植木鉢製品の耐凍害試験をJIS A 5209 7.12に準じて10回繰り返したが、異常は認められなかった。

4. まとめ

- (1) 鑄込用素地における廃棄物の利用率(廃ガラスと陶器屑の割合)が50%以上で、植木鉢用に1000~1100℃焼成できる素地を開発した。実用化が容易な調合割合は、木節粘土45.0%、ガラス屑27.5%、陶器屑27.5%これにタルク3%及び着色剤として顔料1~5%を加えて各種の色合いの素地を得た。
- (2) 焼成温度によって観葉鉢、寄せ植え鉢、園芸鉢用に適した性状が得られた。一例として水酸化第二鉄1%、酸化チタン1%添加した薄黄色素地は、寄せ植え鉢用は焼成温度1050℃で、かさ比重2.22、吸水率4.57%、見掛気孔率10.1%、園芸鉢用は焼成温度1000℃焼成で、かさ比重2.20、吸水率4.99%、見掛気孔率11.0%となり、鉢としての機能を満たした。
- (3) 市販品の植木鉢の焼成温度は観葉鉢で約1180℃、園芸鉢で約1100℃であるから、100℃程度の温度の低下により省エネルギーが図れる。
- (4) これら素地に適合する1000~1100℃焼成用の釉薬を開発した。

謝 辞

粉末廃ガラスを提供して頂いた石塚硝子株式会社及び陶器屑粉末を提供して頂いた市田建設株式会社に感謝申し上げます。

文 献

- 1) 永柳辰一, 福原 徹, 小谷 勇, 愛知県常滑窯業技術センター報告, 25, 7~13 (1998).