

陶製エクステリア新製品の開発

松下 福三 竹内 繁樹 生浦 京子 小谷 勇

Development of Ceramic Exterior Goods

by

Fukuzo MATSUSHITA, Shigeki TAKEUCHI, Kyoko IKUURA and Isamu KOTANI

陶管製造技術を活用して、焼き締めた素地の素材感や陶管の形状を活かした、自然に溶け込むナチュラルな風合いを持つ水飲器、スツール、プランター等の陶製エクステリア新製品を陶管メーカーとの共同研究により開発した。加飾には、釉薬及び化粧土を用いたが、釉薬は、エクステリア用品としての耐久性、特に耐貫入性を持たせるため、耐貫入性を有する釉薬を使用した。釉薬の耐貫入性には、基本的に素地と釉薬の熱膨張を適合させることが必要である。塩基組成 $\text{CaO} - \text{ZnO} - \text{BaO}$ 系の選択、 KNaO のモル数を減らし、 Al_2O_3 、 SiO_2 及び ZrO_2 のモル数を増やすこと等が、比較的、低膨張である陶管土素地に使用する釉薬への耐貫入性付与に効果があった。

1. まえがき

常滑焼産地は、陶管に代表される大型陶磁器製造技術を有する産地である。この製造技術を活用して、陶製エクステリア新製品を陶管メーカー*との共同研究によって開発した。常滑窯業技術センターは素地と釉薬の基礎試験及び製品評価試験を担当し、陶管メーカーは、成形と焼成の製品化試験を担当した。開発製品のコンセプト及びデザインについては、常滑窯業技術センターと陶管メーカーの共通課題として検討した。

2. コンセプト及びデザイン

2.1 開発製品のコンセプト

現在、公園をはじめとする都市空間に置かれるエクステリア用品には、自然に溶け込むナチュラルな風合いが強く求められているため、このことをデザインコンセプトとした。具体的には、焼き締めた素地の持つ素朴な素材感と陶管の形状（直管、曲管）を活かした製品とする。また、製品は屋外で使用されるため、耐久性もデザインコンセプトとし、使用場所は一般家庭ではなく、コンクリート等によって施工設置される公共空間を想定した。

2.2 開発製品のデザイン

コンセプトに従い、9品目のアイデアスケッチ及び縮尺モデルを作成し、デザイン面及び製造面からの検討を行い、水飲器、スツール、ベンチ、プランター、小物入れ、照明器具、車止及び花びん、合計8品目、形状別20案の

※ 有限会社滝田陶管

製品化試験の実施を決定した。

2.3 開発製品に使用する素地土

製品の素地土には、主に既存の陶管土を使用することとした。陶管土は、焼成呈色が素材感ある朱色で色調的に問題はなく、その性質については陶管メーカーが熟知しているところであり、素地土として最適と判断した。ただし、水飲器、スツール及びベンチのパーツには、装飾効果と機能面を考慮して、とこなめ焼協同組合製の半胴土を使用することとした。半胴土の焼成素地は陶管土素地よりきめが細かい。そのため、施釉したときの釉面性状は比較的粗い陶管土素地より良好であり、水を通さず、汚れにくいという釉薬の機能もより発揮される。

半胴土は、常滑において大物陶磁器用として利用され、本研究による開発製品の素地土として陶管土と同様な使用が可能と考えられるため、プランターの1案にはパーツへの使用ではなく、全体に使用し、製品化試験をすることとした。なお、半胴土は、焼成呈色が茶系色であり、陶管土素地と同様な自然な素材感も有しているため、無釉面を活かした製品案への使用も可能である。

2.4 開発製品に使用する釉薬及び化粧土

装飾と機能面から釉薬及び化粧土を使用することとしたが、素地の素材感を活かすため、部分使用を原則とした。釉薬は、その面が平滑で、水を通さず、汚れにくいという機能の他、一般的な塗料では得られない自然な色調や質感を持つ。化粧土は、素地と釉薬の中間的な機能を持ち、素地色や表面不良のカバー、あるいは装飾の目的で使用されているが、開発製品への使用は、素地と釉薬の中間的な機能利用と装飾を主目的とした。

表1 素地土の化学組成

(%)

素地土名	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	lg. loss
陶管土	65.9	19.1	4.07	0.73	0.36	0.60	0.44	2.77	5.81
半胴土	70.6	15.9	2.22	0.78	0.59	0.50	0.78	3.13	5.31

また、釉薬は耐久性という観点から、特に耐貫入性を有するものとした。

3. 素地と釉薬の基礎試験

3.1 焼成温度

製品化試験を分担する陶管メーカーのトンネル窯の焼成温度をメジャーリング（リードハンマー社製）により測定した。その結果は1200℃であった。さらに、試験電気炉によって、R熱電対の焼成温度とメジャーリングの焼成温度を比較対照した。その結果、メジャーリング焼成温度1200℃は、R熱電対による最高温度1180℃1時間保持条件に対応した。素地と釉薬の基礎試験における焼成条件は、最高温度1180℃1時間保持を基準とした。

3.2 素地土の化学組成

陶管土及び半胴土の化学組成を表1に示す。また、X線回折及び化学組成からノルム計算を行い、鉱物組成を推定した。その結果を表2に示す。

表2 素地土の鉱物組成 (%)

素地土名	長石	粘土	珪石	その他
陶管土	24.2	40.6	30.8	4.4
半胴土	30.0	30.2	37.3	2.5

3.3 素地土の硬度及び荷重変形

陶管土と半胴土の成形に関する試験として、NGK硬度と含水率（乾量基準）の関係及び荷重変形試験を行った。荷重変形試験は、断面が20×20mmの正方形で、高さ40mm

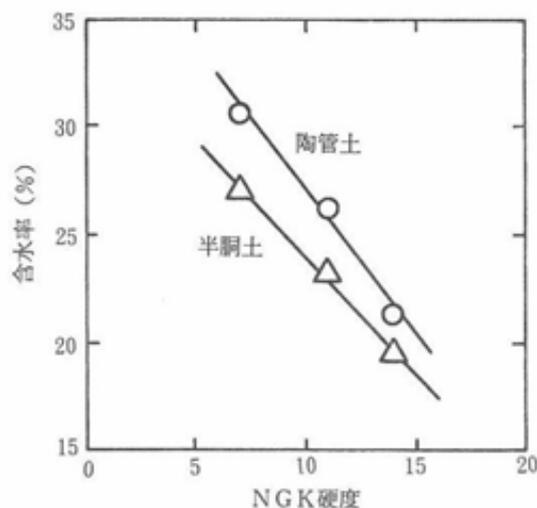


図1 坯土の硬度と含水率の関係

の角柱試験体に、20×20mm面を受圧面として静止垂直荷重をかけ、15分後に高さの変化量を測定し、その変化量を荷重変形量とした。荷重は、段階的に変化させ、荷重方向は試験体の真空押出成形における押出方向と一致させた。試験結果を図1、図2に示す。一定硬度で比較すると陶管土は半胴土より常に含水率が高い。荷重変形は、陶管土は半胴土より変形量が小さい。

3.4 素地土の乾燥及び焼成性状

陶管土及び半胴土の乾燥及び焼成性状を表3に示す。試験体は、NGK硬度11に調製した坯土を真空押出成形法により成形した。表3から、メジャーリング1200℃における吸水率をみると、陶管土素地が3.3%で、半胴土素地が0.3%である。JIS A 5209 4.1 (2)によれば、陶管土素地はせっき質、半胴土素地は磁器質の条件を満たしており、エクステリア用陶製素地として問題はない。

3.5 釉薬及び化粧土のスリップ調製条件

陶管土乾燥素地に対する施釉及び化粧掛け試験を実施し、釉薬及び化粧土へのCMC（第一工業製薬株式会社製

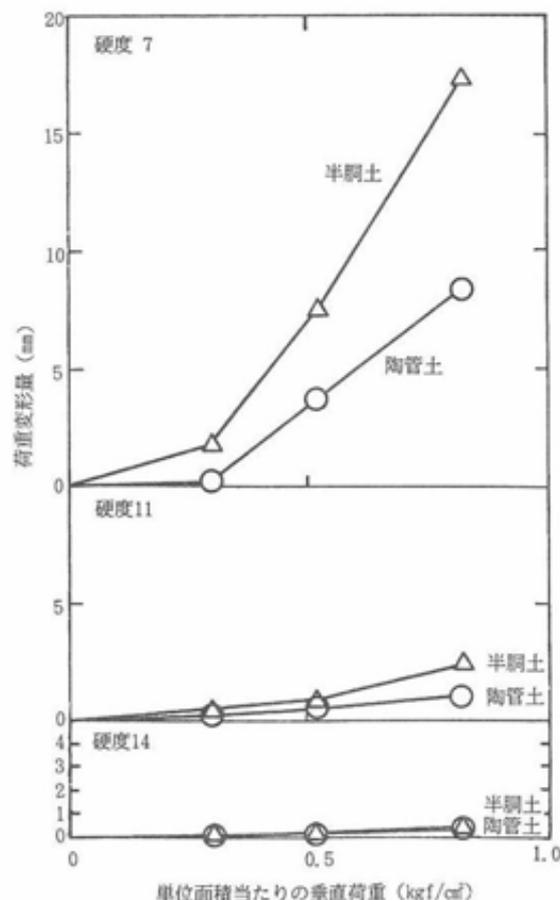


図2 坯土の荷重変形

表3 素地土の乾燥及び焼成性状

物 性		陶管土	半胴土
乾燥収縮率 (%)		7.8	6.6
焼成収縮率 (%)	1160℃	4.6	5.5
	1200℃	5.2	6.9
	1240℃	5.6	6.9
全収縮率 (%)	1160℃	12.2	11.8
	1200℃	12.6	13.1
	1240℃	12.9	13.1
吸水率 (%)	1160℃	5.2	3.7
	1200℃	3.3	0.3
	1240℃	1.4	0.0
曲げ強さ (MPa)	1160℃	21.5	40.6
	1200℃	23.7	46.1
	1240℃	26.2	61.8
自重変形量 (mm)	1160℃	0.2	0.5
	1200℃	0.4	1.1
	1240℃	0.8	1.4

曲げ強さ：3点曲げ 吸水率：JIS A 5209 7.6
自重変形量：スパン 100mm

セロゲンWS-CN)と珪酸ソーダの添加量を検討した。釉薬は1180℃用強化白色光沢釉¹⁾を使用し、化粧土の調合は平津長石40%・村上粘土30%・天草陶石20%・101フリット10%である。水の添加量は釉薬60%、化粧土 110%とした。その結果、釉薬はCMC 0.4~0.8%の範囲で添加効果が認められ、施釉後の釉面剥離、焼成中の釉面剥離ともになかった。珪酸ソーダの効果は認められなかった。化粧土は、水のみで問題なく化粧掛けができた。

3.6 素地の熱膨張

釉薬との適合性に関する基礎データとして、焼成素地の熱膨張試験を行った。その結果、30~500℃までの熱膨張係数 α ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)は、陶管土素地が $\alpha=6.12$ で、半胴土素地が $\alpha=7.21$ であった。陶管土素地は半胴土素地より低膨張であるため、陶管土素地に対して耐貫入性を有する釉薬は、半胴土素地に対して耐貫入性を有する釉薬よりも低膨張である必要がある。

3.7 耐貫入性釉薬の選択

陶管土素地に、塩基組成の構成成分、KNaO量、 Al_2O_3 量、 SiO_2 量、 ZrO_2 量及び B_2O_3 量等の釉薬組成を変化させた釉薬を施釉し、焼成後、耐貫入性試験(JIS A 5209 7.7)を実施した。その結果、耐貫入性を示した釉薬のゼーゲル式を表4に示す。

また、6種類の試験釉薬について、熱膨張係数を測定した。その結果を表5に示す。表5から、釉薬の熱膨張係数を低下させ、結果として、陶管土素地用釉薬の耐貫入性に効果のあった塩基組成の構成成分及び各成分の増減は次のとおり。

表4 陶管土への施釉で耐貫入性を示した釉薬

A 釉薬	0.25KNaO	} 0.45 Al_2O_3 {	} 4.50 SiO_2 0.05 B_2O_3
	0.25CaO		
	0.25ZnO		
	0.25BaO		
B 釉薬	0.25KNaO	} 0.45 Al_2O_3 {	} 4.50 SiO_2 0.10 B_2O_3
	0.25CaO		
	0.25ZnO		
	0.25BaO		
C 釉薬	0.25KNaO	} 0.35 Al_2O_3 {	} 3.50 SiO_2 0.20 ZrO_2 0.05 B_2O_3
	0.25CaO		
	0.25ZnO		
	0.25BaO		
D 釉薬	0.25KNaO	} 0.35 Al_2O_3 {	} 3.50 SiO_2 0.20 ZrO_2 0.10 B_2O_3
	0.25CaO		
	0.25ZnO		
	0.25BaO		
E 釉薬	0.19KNaO	} 0.45 Al_2O_3 {	} 4.50 SiO_2 0.30 ZrO_2 0.05 B_2O_3
	0.27CaO		
	0.27MgO		
	0.27SrO		

- (1) 塩基組成CaO-ZnO-BaO系の選択。
- (2) KNaOのモル数を減らす。
- (3) Al_2O_3 ・ SiO_2 のモル数を増やす。
- (4) ZrO_2 のモル数を増やす。

耐貫入性を示したA釉薬(透明釉)とC釉薬(失透釉)に酸化コバルト、酸化銅、酸化第二クロム、ベンガラ、二酸化マンガン及び酸化チタンを各3%外割添加し、基準焼成温度で焼成し、着色剤が釉薬の耐貫入性に与える影響について試験を行った。その結果を表6に示す。透明釉は、酸化第二クロムを添加した釉薬に貫入が発生

表5 釉薬の熱膨張係数(30~500℃)

釉薬のゼーゲル式	熱膨張係数 α ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)		
0.25KNaO 0.25CaO 0.25ZnO 0.25BaO	} 0.35 Al_2O_3 ・3.50 SiO_2 { 6.77		
0.25KNaO 0.25CaO 0.25MgO 0.25SrO		} 0.35 Al_2O_3 ・3.50 SiO_2 { 7.61	
0.19KNaO 0.27CaO 0.27ZnO 0.27BaO			} 0.35 Al_2O_3 ・3.50 SiO_2 { 6.31
0.25KNaO 0.25CaO 0.25ZnO 0.25BaO			
0.25KNaO 0.25CaO 0.25ZnO 0.25BaO	} 0.35 Al_2O_3 { 3.50 SiO_2 0.05 B_2O_3 } 6.77		
0.25KNaO 0.25CaO 0.25ZnO 0.25BaO		} 0.35 Al_2O_3 { 3.50 SiO_2 0.20 ZrO_2 } 6.43	

表6 着色剤(金属酸化物)が耐貫入性に与える影響

金属酸化物の種類	透明釉：A釉薬	失透釉：C釉薬
酸化コバルト	○	○
酸化銅	○	○
酸化第二クロム	×	×
酸化第二鉄：べんがら	○	○
二酸化マンガン	○	×
酸化チタン	○	×

○ 貫入無し × 貫入有り

した。失透釉については、酸化第二クロム、二酸化マンガン及び酸化チタンを添加した釉薬に貫入が発生した。

また、デザインコンセプトのナチュラルな風合いに鉄赤釉がマッチするため、耐貫入性を有する鉄赤釉について試験を行った。その結果、陶管土素地に対して耐貫入性を有する鉄赤釉は得られなかった。そのため、半胴土素地への施釉で焼成後の貫入がなく、色調の良好な鉄赤釉を半胴土素地用とした。そのゼーゲル式を表7に示す。

表7 鉄赤釉のゼーゲル式

0.17KNaO	} 0.35Al ₂ O ₃ {	3.00SiO ₂
0.39CaO		0.05B ₂ O ₃
0.44MgO		骨灰12%, べんがら12%外割添加

表8 開発製品に使用した釉薬の割合

(%)

茶色釉薬		白色・乳濁釉薬		黄土色釉薬		水色釉薬	
基礎釉 [A釉薬]		基礎釉 [B釉薬]		基礎釉 [C釉薬]		基礎釉 [C釉薬]	
福島長石	34.6	福島長石	25.9	福島長石	39.0	福島長石	39.0
鼠石灰	4.6	鼠石灰	3.4	鼠石灰	5.1	鼠石灰	5.1
亜鉛華	4.6	亜鉛華	4.6	亜鉛華	5.2	亜鉛華	5.2
炭酸バリウム	11.2	炭酸バリウム	11.1	炭酸バリウム	12.6	炭酸バリウム	12.6
インドネシアカオリン	12.8	インドネシアカオリン	16.1	インドネシアカオリン	7.8	インドネシアカオリン	7.8
福島珪石	26.6	福島珪石	27.9	福島珪石	14.6	福島珪石	14.6
6305フリット	5.6	6305フリット	11.0	ジルコン	9.4	ジルコン	9.4
外割添加		外割添加		6305フリット	6.3	6305フリット	6.3
二酸化マンガン	5.0	酸化チタン	5.0	外割添加		外割添加	
				べんがら	5.0	酸化銅	1.0
緑色釉薬		白色釉薬		青色釉薬		鉄赤釉	
基礎釉 [C釉薬]		基礎釉 [D釉薬]		基礎釉 [E釉薬]		基礎釉	
福島長石	39.0	福島長石	29.1	福島長石	23.4	福島長石	30.9
鼠石灰	5.1	鼠石灰	3.8	鼠石灰	4.8	鼠石灰	11.5
亜鉛華	5.2	亜鉛華	5.2	焼タルク	7.1	焼タルク	18.1
炭酸バリウム	12.6	炭酸バリウム	12.5	炭酸ストロンチウム	8.7	インドネシアカオリン	18.5
インドネシアカオリン	7.8	インドネシアカオリン	11.6	インドネシアカオリン	16.2	福島珪石	12.7
福島珪石	14.6	福島珪石	16.1	福島珪石	22.5	6305フリット	8.3
ジルコン	9.4	ジルコン	9.3	ジルコン	12.0	外割添加	
6305フリット	6.3	6305フリット	12.4	6305フリット	5.3	骨灰	12.0
外割添加				外割添加		べんがら	12.0
酸化銅	3.0			酸化コバルト	1.5		

4. 製品化試験

ツール、水飲器、フラワーポット等、8品目、形状別20案の製品化試験を行い、成形、乾燥、焼成各工程で問題もなく、所定の製品が開発できた。製品化試験における各工程の主要条件は、次のとおり。

- (1) 成形 真空押出成形法
- (2) 乾燥 自然乾燥及びトンネル窯の余熱利用による強制乾燥
- (3) 加飾方法 ディッピング及びスプレー掛け
- (4) 焼成 トンネル窯

成形環土の硬度は、成形直後・加工前の管状成形物が最大寸法(内径 250mm・厚さ30mm・高さ 750mm)のとき、底面にかかる単位面積当たりの荷重 0.2kg/cm²において、陶管土、半胴土ともに荷重変形量が1mm以下で、成形後の加工も容易なNGK 硬度11とした。使用した釉薬及び化粧土の割合を表8、表9に示す。釉薬スリップは60%の水の他、CMC 0.4%を添加し、調製した。化粧土スリップは110%の水、CMC 0.4%を添加し、調製した。化粧土スリップへのCMC 添加は沈殿防止効果を考慮した。

水飲器、ツール、ベンチ、プランター、照明器具及び花びん6品目(形状別12品目)を写真1~12に示す。



写真1 水飲器

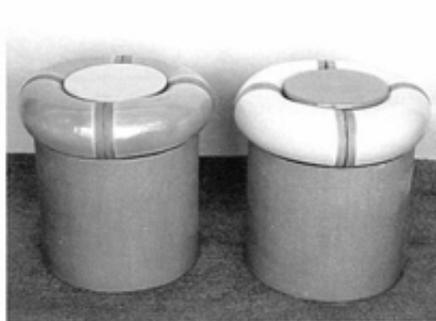


写真2 スツール

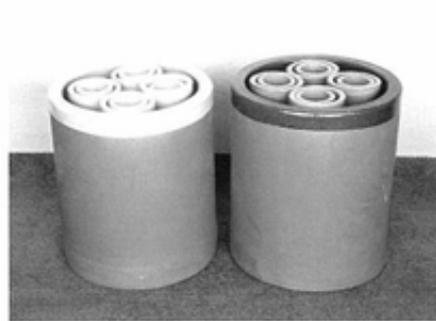


写真3 スツール



写真4 スツール

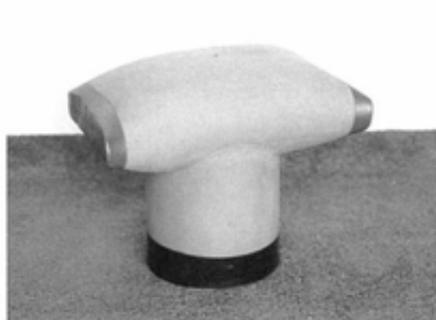


写真5 スツール



写真6 ベンチ



写真7 プランター



写真8 プランター【吊下】

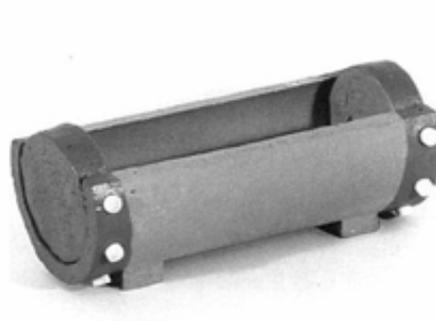


写真9 プランター

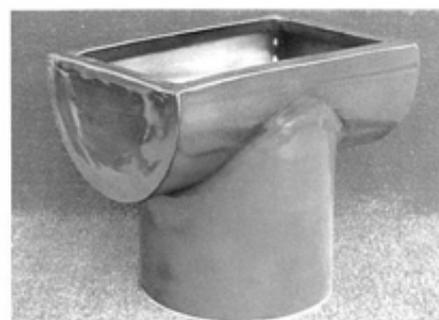


写真10 プランター

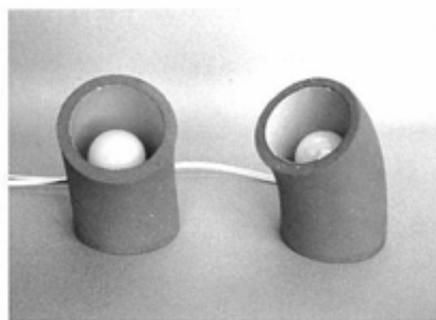


写真11 照明器具



写真12 花びん

表9 開発製品に使用した化粧土の割合 (%)

赤茶色化粧土		黒茶色化粧土		黒色化粧土	
平津長石	40	平津長石	40	平津長石	40
村上粘土	30	村上粘土	30	村上粘土	30
天草陶石	20	天草陶石	20	天草陶石	20
101フリット	10	101フリット	10	101フリット	10

べんがら	6	べんがら	6	べんがら	6
		二酸化マンガ	2	二酸化マンガ	10

開発製品はJIS A 5209による耐摩耗性及び耐凍害性の評価を行い、ともに良好な結果が得られた。

写真1 水飲器

寸法 本体 W 390 × D 390 × H 860mm
踏台 W 300 × D 300 × H 200, 150, 100mm
素地土 陶管土 (本体円柱部、踏台)
半胴土 (本体半球部)
加飾 白色釉薬 (受口部、半球部)
利用陶管 φ 250mm I類

写真2 スツール

寸法 W 345 × D 345 × H 370mm
素地土 陶管土 (円筒部、ループ部)
半胴土 (ループ部中央)
加飾 ループ部 緑色釉薬 (左)、水色釉薬 (右)
同 中央 水色釉薬 (左)、緑色釉薬 (右)
利用陶管 φ 250mm I類、φ 75mm II類

写真3 スツール

寸法 W 300 × D 300 × H 360mm
素地土 陶管土
加飾 白色 [乳濁] 釉薬 (先端部: 左内外)、茶色釉薬 (先端部: 右外)、黄土色釉薬 (先端部: 右内)
利用陶管 φ 250mm I類、φ 75mm II類、φ 50mm II類

写真4 スツール

寸法 W 360 × D 260 × H 320mm
素地土 陶管土
加飾 黒色化粧土 (下端部)、赤茶色化粧土 (偏平端部)
利用陶管 φ 150mm I類

写真5 スツール

寸法 W 245 × D 245 × H 250mm
素地土 陶管土
利用陶管 φ 150mm I類
その他 座面部に圧縮木利用

写真6 ベンチ

寸法 W 500 × D 180 × H 150mm
素地土 陶管土 (円筒部)、半胴土 (横円筒端部)
加飾 青色釉薬、白色釉薬 (横円筒端部)
利用陶管 φ 75mm II類

写真7 ブランター

寸法 W 435 × D 200 × H 220mm
素地土 陶管土
利用陶管 φ 75mm II類

写真8 ブランター【吊下】

寸法 W 350 × D 100 × H 360mm
素地土 陶管土
利用陶管 φ 75mm II類

写真9 ブランター

寸法 W 220 × D 100 × H 90mm
素地土 陶管土
加飾 赤茶色化粧土 (両端部)
利用陶管 φ 75mm II類
その他 円板状土止めと本体部の接合に木材を利用

写真10 ブランター

寸法 W 450 × D 310 × H 370mm
素地土 半胴土
加飾 鉄赤釉
利用陶管 φ 250mm I類

写真11 照明器具

寸法 W 100 × D 110 × H 160mm
素地土 陶管土
加飾 白色釉薬 (内面)
利用陶管 φ 75mm II類

写真12 花びん

寸法 左: W 155 × D 120 × H 220mm
右: W 120 × D 95 × H 170mm
素地土 陶管土
加飾 茶色釉薬 (上端部/内面)
利用陶管 φ 75mm II類 (左)、φ 50mm II類 (右)

6. まとめ

陶管メーカーとの共同研究によって、陶管製造技術を活用し、焼き締めた素地の持つ自然な素材感や陶管の形状を活かし、既存の陶管土及び半胴土を素地とし、加飾に耐貫入性を有する釉薬及び化粧土を使用した水飲器、スツール、ブランター等の陶製エクステリア新製品を開発した。開発製品は、現在、公園をはじめとする都市空間に置かれるエクステリア用品に求められている、自然に溶け込むナチュラルな風合いを持つ製品となった。

文 献

- 1) 永柳辰一, 水野 修, 松下福三, 島村 修, 愛知県常滑窯業技術センター報告, 19, 6(1992).