

VII-120 建設汚泥の焼成による有効利用（その6）

縄文土器との比較による焼成物の安定性の考察

(株)大林組 正会員 川地 武
 (株)熊谷組 正会員 宇野 定雄
 建設省土木研究所 小川 伸吉
 (財)先端建設技術センター 杉山 雅彦

1. はじめに

建設汚泥の高度処理・利用をめざして建設省土木研究所と(財)先端建設技術センターおよび民間22社では共同研究を行なっているが、焼成による有効利用技術の確立を目指すグループでは既報¹⁾のように焼成物を試作し、その利用分野としてグラベルドレン工法への適用性を検討し良好な結果を得ている。残された技術的課題のひとつが建設汚泥を焼成したドレン材の長期的な安定性の確認であるが、これを評価するための規格化された方法はない。そこで、原料、焼成温度が近似する縄文土器との比較から焼成ドレン材の長期安定性を考察した。

2. 縄文土器の特長

考古学の知見によれば縄文土器文化は本州では紀元前約10000年にまでさかのぼり、弥生式土器文化が発生する紀元前500年頃まで継続した。縄文土器は表面に焼き込まれた紋様により特長があり、紋様の形式により時代区分がなされる。その製法は粘土をヒモ状に巻き上げ、約600～800℃で焼かれたものであり、その紋様が泥炭層のように水分の多い場所からの出土物にも残っているように、水中でもその形状を維持しており、安定性は高いといえる。

3. 試料と試験方法

3.1 試料 建設汚泥の焼成物は別報²⁾のように地中連続壁工法の現場の発生汚泥を脱水、乾燥、焼成したもので、焼成温度は1000℃である。縄文土器は縄文早期、中期、後期のものの破片を東京都埋蔵文化財センターから入手した。さらに、縄文土器と同様に焼成した土器づくり教室の作品を参考試料とした。

3.2 試験方法 成分試験として焼成物を粉砕してX線回折分析による結晶性鉱物の同定、蛍光X線分析による化学成分組成の分析を行なった。また、焼成物および土器の物性として破碎物のうち5～10mmの粒の圧壊強度と吸水率を試験した。試験方法はJIS Z 8841およびJIS A 1110によった。

4. 試験結果と考察

4.1 化学成分組成 焼成物と土器の化学組成を表-1に示す。汚泥焼成物は原料汚泥とほとんど組成の違いはないが、原料汚泥に含まれる硫黄分(SO₃)が著しく減少しており、焼成過程で大半がガス化したことを示している。土器では縄文土器も土器づくり教室の土器も組成に大きな違いは見られない。土器と汚泥焼成物との差もほとんど見られない。

表-1 焼成物および縄文土器の化学組成

試料	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	MgO	CaO	SO ₃
原料汚泥	54.00	29.23	4.98	1.97	0.45	2.10	0.49	4.53
焼成物	58.65	28.49	5.25	2.21	0.47	2.54	0.78	0.71
縄文中期 a	50.69	29.47	5.71	2.34	0.66	1.11	1.24	0.08
縄文中期 b	60.14	28.14	4.85	1.50	0.54	0.72	1.56	0.29
縄文教室 灰	65.68	28.84	2.10	1.34	0.63	0.57	0.41	0.06
縄文教室 赤	62.00	24.47	8.44	2.12	0.59	1.02	0.67	0.06

4.2 鉱物組成

焼成物および土器の鉱物組成を表-2に示す。原料汚泥にはクロライトや雲母など各種の鉱物が含まれるが焼成により石英を残し他の鉱物は無く

なり、新たにムライトやクリストパライトが生じる。これらは1000℃の高温でも安定な鉱物として知られる。一方、縄文土器では石英だけでなく長石、雲母も残存しており、雲母は通常700℃程度の温度履歴で分解するので、これらの土が700℃以下の温度で焼成されたことを示している。また、現代の縄文教室で焼かれた土器は雲母が残留するものの、高温で生じるムライトなども検出され、局部的には高温になったものと思われる。いずれにせよ、建設汚泥の焼成物は縄文土器より高い温度で焼成されたことが含有鉱物組成からも明らかである。

4.3 強度、吸水率

表-3に示すように、縄文土器の吸水率は20%前後で、汚泥焼成物に近い値を示す。この値は土器を構成する粘土が熔融状態にまでは至らず、粘土や鉱物が骨格は維持した状態で融着して多孔性を示していることを示唆する。一方、強度は年代によってかなり異なり、縄文中期（約4500年前）が最低で20kgf/cm²前後となる。また、現代の縄文土器は非常に高い強度を示している。土器の強度は原料粘土の性質や焼成方法によっても異なるが、長期の時間経過により低下する傾向にはあると言えよう。仮に、製造当初の強度が縄文教室と同程度と仮定すれば、3000年で80%程度に、4500年で20%程度に強度が低下する。同様の推定が汚泥焼成物でも可能とすれば30kgf/cm²程度の正常に製造された焼成物は3000年経過後も20kgf/cm²程度の強度は維持し、その形状を保つと言え、ドレン材としての機能を十分に果たすと思われる。

5. おわりに

建設汚泥の焼成物をグラベルドレン工法のドレン材として有効利用する場合、焼成ドレン材は長期的にその機能を発揮する必要があるが、その確認は実験的には難しい。そこで、縄文土器との類似性に着目して、ドレン材の長期安定性を考察した結果、土器と同程度に多孔質な焼成ドレン材は焼成時に十分な性能を示せば、期待される期間は十分に機能を発揮できることが推察された。なお、本報告の土器破片の供与などは東京都埋蔵文化財センターの上條主任調査研究員のご好意による。記して謝意を申し上げたい。また、本研究は上述の共同研究グループのうち、ドレン材グループ（建設省土木研究所、先端建設技術センター、大林組、熊谷組、五洋建設、大豊建設で構成）によるものであることを付記する。

参考文献

- 1) 川地・小川・磯：廃棄物学会第5回発表会講演集、200-203（1994）
- 2) 徳永・炭田・小川・鮑本：本シリーズのその5、土木学会51回年講Ⅶ（1996）投稿中

表-2 焼成物および縄文土器の含有鉱物

試料	検出鉱物
原料汚泥	石英(Q) 長石(F) 雲母(Mi) クロアイト(Ch) パライト(P)
焼成物	Q, ムライト(M) クリストパイト(Cr)
縄文中期 a	Q, F, Mi 角閃石(Am) カリナイト(K)
縄文中期 b	Q, F, Mi, Am
縄文教室 灰	Q, F, Mi
縄文教室 赤	Q, F, Mi, M, Cr

表-3 縄文土器の物性

名称	年代	吸水率 (%)	平均圧壊強度 (kgf/cm ²)	
			吸水前	吸水後
縄文早期前半	約7000B.C.	20.6	55.1	38.2
縄文早期（野島）	約5000B.C.	21.0	36.0	31.8
縄文中期（勝坂）	約2500B.C.	21.0	24.1	19.7
縄文後期前半	約1000B.C.	20.1	114.7	71.0
縄文教室	灰 現代	23.0	135.9	126.8
	赤 現代	18.5	136.4	98.0
建設汚泥焼成物	現代	22.8	37.7	26.6