

# 建設汚泥を原料とする焼成ドレーン材の 標準的な製造仕様と事業性評価

小林 正宏<sup>1</sup>・佐藤 祐司<sup>2</sup>・徳永 豊<sup>3</sup>・本間 毅<sup>4</sup>・塚田 幸広<sup>5</sup>・小川 伸吉<sup>6</sup>

<sup>1</sup>正会員 工修 株式会社熊谷組 土木本部 (〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1)

<sup>2</sup>正会員 株式会社大林組 技術研究所 (〒204-0011 東京都清瀬市下清戸4-640)

<sup>3</sup>正会員 五洋建設株式会社 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須郡西那須野町四区町1534-1)

<sup>4</sup>正会員 大豊建設株式会社 管理本部 (〒302-0006 茨城県取手市青柳一丁目8-1)

<sup>5</sup>建設省東北地方建設局 酒田工事事務所 (〒998-0011 山形県酒田市上安町一丁目2-1)

<sup>6</sup>建設省中部地方建設局 中部技術事務所 (〒461-0047 愛知県名古屋市中大幸南一丁目1-15)

筆者らは、建設汚泥を粗粒状で焼成処理することにより、建設材料として有効利用することを目的として、碎石ドレーン材料への適用性について研究を行ってきた。本論文ではまず、焼成処理により製造する碎石ドレーン材（以下、「焼成ドレーン材」という）の基本物性を紹介する。次に、実機焼成プラントによる大量製造実験について述べ、焼成ドレーン材の標準的な製造仕様を提案する。また、焼成ドレーン材の製造コストの試算結果を示し、事業化の可能性について考察する。

**Key Words :** *construction waste, recycle, calcination, gravel drain material*

## 1. はじめに

建設汚泥は、建設工事に伴い副次的に発生する廃ベントナイト泥水や微細粒子を含む高含水比の掘削土等である。建設汚泥の発生量は、年間約1,000万tと建設廃棄物全体の約2割を占めており、現在その80%が産業廃棄物として海洋投棄あるいは管理型処分場へ処分されている<sup>1)</sup>。しかし、建設汚泥はもとも自然の土であり、そのほとんどが有害物質を含まないことから、有効利用が強く求められている。

そこで筆者らは、建設汚泥を焼成処理して建設材料に有効利用する試みとして、まず電気炉を用いて粗粒状の焼成物を試作し、その品質や利用用途について検討した。その結果、①焼成条件が類似の縄文土器との比較から少なくとも数千年程度は安定した焼成物が得られること<sup>2)</sup>、②高強度化・軽量化が図れること<sup>3)</sup>を示した。また、焼成物の利用用途について実験的に検討した結果、焼成物はドレーン材、路盤材、埋戻し材、骨材、軽量盛土材、園芸培土等への利用が有効であることを示した<sup>4)</sup>。

次に、碎石ドレーン材料への利用を目的として、建設汚泥を粗粒状で焼成して粒径2.5~15mmの焼成物（以下、「焼成ドレーン材」という）を試作し、締固め碎石ドレーン工法<sup>5)</sup>による現場打設実験を実

施した。その結果、既存の打設機械により従来材料と同等のドレーン杭が施工できることを確認した<sup>6)</sup>。

本論文ではまず、焼成ドレーン材の基本的な物性を紹介する。次に、実機焼成プラントによる焼成ドレーン材の製造実験について述べ、大量製造時における品質を確認するとともに、標準的な製造仕様を提案する。最後に、碎石ドレーン材の需要が最も多い東京湾岸地域に年間製造能力約5万m<sup>3</sup>の焼成プラントを新設した場合の製造コストの試算結果を示し、焼成ドレーン材の事業化の可能性について考察する。

## 2. 焼成ドレーン材

焼成ドレーン材は、建設汚泥を粗粒状に造粒して約1000°Cで約1時間焼成して得られる焼成物の内、碎石ドレーン材料として汎用されている単粒度6号および7号碎石の大きさに相等する粒径2.5~15mmのものである。表-1に、焼成ドレーン材の基本的な物性を示す<sup>3)</sup>。焼成ドレーン材は、杭打設時においても破壊しない程度の強度を有しており、かつ単粒度6,7号碎石と同等の透水性、目詰まり特性を有していることを実験的に確認している<sup>1)</sup>。

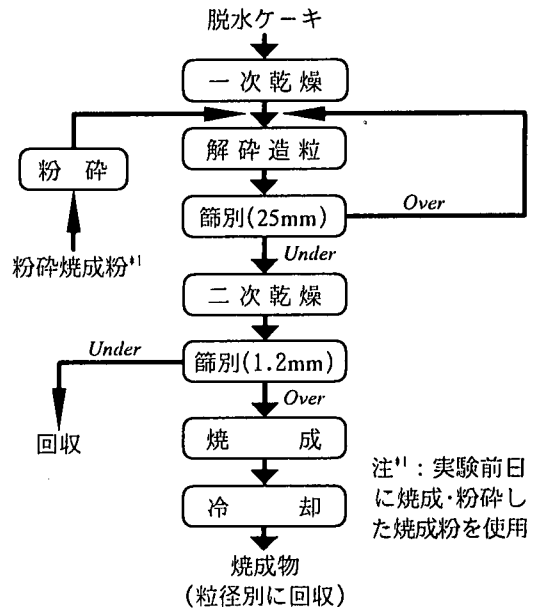
表-1 焼成ドレーン材の基本的な物性

圧壊強度 (JIS Z 8841) [N/p]	50~160
粒 径 (JIS A 1204) [mm]	2.5~15
表乾比重 (JIS A 1110) [-]	1.6~2.0
絶乾比重 (JIS A 1110) [-]	1.3~1.6
吸水率 (JIS A 1110) [%]	20
破碎率 (JIS Z 109) [%]	5.0
透水係数 <sup>1)</sup> (JIS A 1218) [m/s]	10 <sup>-3</sup> ~10 <sup>-2</sup>

注<sup>1)</sup>: 透水試験用供試体は自由落下により作製

表-2 実機焼成プラントの主要設備と仕様

工程	装置名	能力	備 考
造粒	解砕機	2m <sup>3</sup> /h	
篩別	振動篩	2m <sup>3</sup> /h	篩目 25mm
二次乾燥	ロータリードライヤー	920kg/h	φ 760×L6500 勾配 4%, 1~4rpm
篩別	振動篩	770kg/h	篩目 1.2mm
焼成	ロータリーキルン	550kg/h	φ 760×L12000 勾配 4%, 0.5~3rpm



注<sup>1)</sup>: 実験前日に焼成・粉砕した焼成粉を使用

図-1 実機焼成プラントの基本製造フロー

### 3. 実機プラントによる大量製造実験

焼成ドレーン材を大量製造した場合における品質の安定性を確認するため、実機焼成プラントによる大量製造実験を実施した。

#### (1) 実機焼成プラント

実験で使用したプラントは、人工軽量骨材製造プラント（製造能力：製品24m<sup>3</sup>/日）であり、脱水ケーキを解砕造粒し、乾燥したのちロータリーキルンで焼成する設備である。この実機プラントでは既に、少量（80kg程度）の試作実験を実施しており、表-1に示した物性の焼成ドレーン材が製造できることを確認している<sup>1)</sup>。表-2に実機プラントの主要装置の仕様を示す。

#### (2) 実験方法

原料の建設汚泥は、地中連続壁工事で発生した廃棄泥水をフィルタプレスで脱水処理した脱水ケーキ（搬入時の含水比117.4%）を用いた。

図-1に実機プラントによる焼成ドレーン材の製造フローを示す。

焼成ドレーン材の製造方法はまず、天日乾燥した脱水ケーキに、前日同じ脱水ケーキで焼成、粉砕しておいた焼成粉を添加して含水比を調整した後、解砕造粒した。次に、25mmの篩を通過した造粒物を二次乾燥した後、1.2mmの篩に残留した造粒物をロータリーキルンで温度1000°C（出口970°Cで管理）、

滞留時間約1時間（キルン回転数1.5rpm）の条件で焼成した。なお、焼成温度と滞留時間は電気炉による予備実験結果から設定した。実験は、プラントの処理能力近傍で約10時間連続運転し、排出された焼成物を粒徑別に回収した。また、運転1時間毎に焼成物を採取し、吸水率、絶乾比重を測定した。

#### (3) 実験結果

##### a) 物質収支

図-2に大量製造実験における物質収支を示す。天日乾燥後の脱水ケーキ3,853kg（固形分）に水分調整用の焼成粉712kgを添加して解砕造粒した。次に、二次乾燥後の造粒物4,569kg（固形分）を1.2mmメッシュの振動篩にかけ、通過分680kg（固形分）を回収した。残留分3,885kg（固形分）はロータリーキルンにより焼成し、焼成物2,946kgを得た。ここで、焼成前後の減量分939kg（固形分）は、そのほとんどが強熱減量によって失われたものと考えられる。得られた焼成物2,946kgの内、焼成ドレーン材として利用可能な粒徑2.5~15mmのものは1,623kgであった。残りの焼成物1,323kgは、粒徑2.5~15mm以外のもの、またはキルン内部ですり減りによって生じた微粉等である。これらは通常、粉砕して焼成粉として原料汚泥に還元されるため、ロスにはならない。従って、焼成時に失われる強熱減量分以外、ほとんど原料ロスを生じることなく焼成ドレーン材を製造することがわかった。

処理工程	含水比 [%]	質量 [kg]			備考
		全量	固形分	水分	
脱水ケーキ 搬入時	117.4				
↓ 一次乾燥	73.9	6,700	3,853	2,847	天日乾燥 前日焼成したもの
← 焼成粉	0	712	712	0	
↓ 解砕造粒					
↓ 篩別(25mm)					
↓ 乾燥前	51.3	6,907	4,565	2,342	
↓ 二次乾燥					
↓ 乾燥後	17.6	5,369	4,569	804	
↓ 篩別(1.2mm)					
↓ 篩別後	17.6	4,569	3,885	684	循環原料タンクへ
↓ 残留分	17.6	800	680	120	
↓ 通過分					
↓ 焼成	0	2,946	2,946	0	
↓ 焼成物					
粒径：15mm以上			47		焼成ドレーン材
2.5～15mm			1,623		
0.6～2.5mm			395		
0.6mm以下			90		
バッグフィルター粉			786		
融着物			5		
1時間毎の試料採取			(69)		

図-2 実機焼成プラントによる大量製造実験の物質収支一覧

表-3 大量製造した焼成物の性状

比重	表乾比重	1.606
	絶乾比重	1.314
	かさ比重 <sup>1)</sup>	0.736
吸水率	[%]	22.4
圧壊強度 <sup>2)</sup>	吸水前	59.8
	吸水後	50.1
[N/p]		
透水係数 <sup>1)</sup>	[m/s]	$1.88 \times 10^{-2}$
粒度分布 [%] (JIS A 1204)	10～15 mm	8.2
	5～10 mm	28.8
	2.5～5 mm	39.2
	0.6～2.5mm	19.4
	～0.6mm	4.4

注<sup>1)</sup>：かさ比重および透水試験に用いた供試体は、粒径2.5～15mmの焼成物を自由落下により充填したもの

注<sup>2)</sup>：圧壊強度試験は粒径5mm前後の焼成物を用い、加圧速度2mm/minの条件下でJIS Z 8841に準拠して実施

#### b) 焼成物の品質

表-3に実機焼成プラントにより大量製造された焼成物の性状を示す。表より、大量製造された焼成物の性状は、表-1に示した焼成ドレーン材の基本的な物性値と同等であることがわかる。このことより、大量製造した焼成物は、砕石ドレーン材料として十分適用可能な品質を有していることがわかった。

#### c) 連続運転による焼成物の品質変動

表-4に、連続運転1時間毎に採取した焼成物の内、運転開始後2時間から9時間までのものの絶乾比重、吸水率の変動状況を示す。表より、製造された焼成物の品質は、連続運転中ほぼ安定していることがわかる。このことより、実機焼成プラントによる大量製造においても品質の安定した焼成ドレーン材を得られることがわかった。

#### 4. 標準的な製造仕様の提案

一次乾燥、造粒、二次乾燥、焼成の4工程を主体とする実機焼成プラントによる大量製造実験の結果、

表-4 実機で大量製造した焼成物の品質変動（運転開始2～9時間）

項目	最大値	最小値	平均	標準偏差	変動係数[%]
絶乾比重[-]	1.490	1.310	1.418	0.062	4.4
吸水率[%]	26.8	20.0	22.4	2.1	9.3

表-5 セメント混入汚泥焼成物の圧壊強度<sup>1)</sup>

原料汚泥の種類		圧壊強度[N/p]
工種	セメント添加量[%]	
連続地中壁	無添加	369.5
連続地中壁	20	263.6
連続地中壁	40	204.8

注：原料汚泥を炉乾燥(110°C, 48時間)後, 2~5mmに粉碎し, 電気炉で焼成(1000°C, 1時間)

表-6 焼成ドレーン材の管理項目と管理基準値

管理項目	試験方法	管理基準値
表乾比重[-]	JIS A 1110	1.5前後
吸水率[%]	JIS A 1110	20前後
圧壊強度[N/p]	JIS Z 8841 対象粒径: 5~10mm	50以上

砕石ドレーン材料に適した焼成ドレーン材が大量製造できることを確認した。本章では, 大量製造実験結果および既往の研究成果<sup>3), 9), 9)</sup>をもとに焼成ドレーン材の標準的な製造仕様を以下に提案する。

### (1)原料汚泥の受入基準

#### ①状態および有害物等

原料汚泥は, 泥状またはケーキ状のもので, 有害物質および油分を含まないものとする。

#### ②粒度

原料汚泥は, 異物・ガラ等の混入物, および砂礫等の粗粒分を含まないこと。原料汚泥にこれらが含まれる場合には2mm程度の篩で除去する。

#### ③含水比

原料汚泥の含水比は, 脱水効率から3000% (比重1.02t/m<sup>3</sup>程度) 以下が望ましい。含水比3000%以上の場合には, 予め凝集剤等による濃縮処理を行う。

#### ④セメント混入量

セメント混入量の少ない汚泥が望ましい。表-5に電気炉で焼成したセメント混入汚泥焼成物の圧壊強度を示すように, セメント混入量が多くなるほど圧壊強度が低下する傾向にあるためである。

#### ⑤化学組成

焼成にとって重要な化学成分組成 (SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 融剤他) を有する汚泥を使用する。但し, 関東地区から排出される建設汚泥は, 焼成に適した成分範囲

にほぼ一致している<sup>9)</sup>ことから, 化学組成について特に留意する必要はないと考える。

### (2)製造方法

#### ①製造手順

図-1に示した基本製造フローに従う。得られた焼成物の内, 粒径2.5~15mmのものが焼成ドレーン材となる。

#### ②脱水方法

泥状の建設汚泥を用いる場合には脱水を行う。一般的には比較的狭い場所で短時間に脱水可能なフィルタープレス等の機械式脱水が有効である。

#### ③造粒方法

ケーキ状の原料を粗粒状 (平均粒径5~10mmが目安) に造粒する。造粒機としては解砕型, 押出し型, 回転パン型がよく使用されている<sup>10)</sup>。なお, これらの造粒機は運転に適した含水比の範囲がそれぞれ異なるため, 一次乾燥工程時に含水比を調整する。

#### ④焼成方法

粗粒状に造粒し, 十分に乾燥させた原料汚泥をロータリーキルン等の焼成装置を用いて焼成する。焼成条件は, 焼成温度1000°C, 焼成時間1時間が目安であるが, 必ず予備焼成実験を実施して確認する。

### (3)品質管理基準

表乾比重, 吸水率, 圧壊強度の3項目により管理する。圧壊強度は, 粒径10mm前後のものを20個以上採取し, 加圧速度2mm/minで測定する。プラント運転時は比重, 吸水率により管理する。表-6に品質管理項目と管理基準値の目安を示す。

## 5. 焼成ドレーン材の製造コスト

建設汚泥を粗粒状で焼成した焼成ドレーン材は, 砕石ドレーン材料に適していること, 実機焼成プラントにより大量製造できることを現場打設実験<sup>9)</sup>および大量製造実験により検証した。本章では, 砕石ドレーン材料の需要が年間約8万m<sup>3</sup>と最も多い首都圏の湾岸地域に年間生産量5万m<sup>3</sup>程度の焼成ドレーン材製造プラントを新設した場合における, 焼成ドレーン材の製造コストの試算結果について述べる。

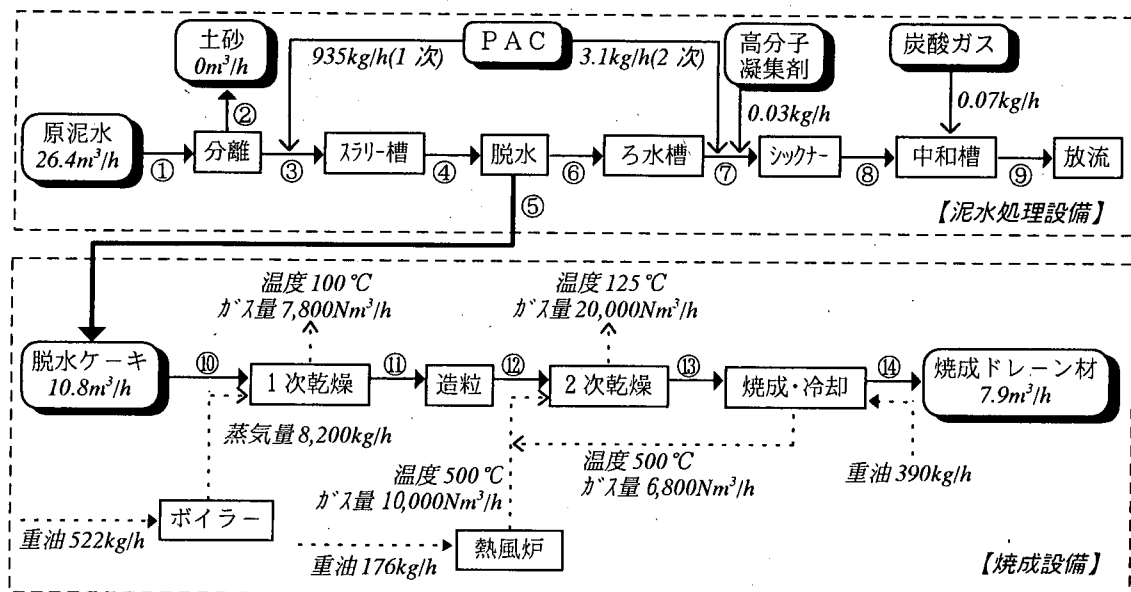


図-3 焼成ドレーン材の製造フローと物質収支

		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
原料	固形分 [t/h]	7.8	0	7.8	7.8	7.8	0	0	0	0	7.8	7.8	7.8	7.8	6.6
	水分 [t/h]	23.4	0	23.4	23.4	7.8	15.6	15.6	15.6	15.6	7.8	2.6	2.6	0.2	0
	Ig.loss [t/h]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2
合計	[t/h]	31.2	0	31.2	31.2	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	10.4	10.4	9.2	6.6
含水比	[%]	300	-	300	300	100	-	-	-	-	100	33	33	2.6	0
蒸発量	[t/h]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.2	-	2.4	-	-
温度	[°C]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	80	100	80

表-7 コスト試算ケース

ケース	年間生産量 [m³/年]	原料 (年間使用量 [m³/年])
A	56,500	泥水 (約190,000 <sup>注1</sup> )
B	56,500	脱水ケーキ (約 77,700 <sup>注1</sup> )

注<sup>1</sup>: 含水比を泥水300%, 脱水ケーキ100%として換算した値

### (1) 試算ケースと試算方法

表-7にコスト試算ケースを示す。試算ケースは、原料を泥水とする場合(ケースA)および脱水ケーキとする場合(ケースB)の2ケースとした。コストの試算方法はまず、基本的な製造工程、および設計条件を設定した後、新設プラントの試設計(設備費の試算含む)を行った。次に、試算項目・試算条件を設定した後、各試算項目の年間コストを算出し、それらを合計して年間製造コストを求めた。

### (2) プラントの概要

図-3に焼成ドレーン材製造プラントの製造フローと物質収支を示す。

このプラントは、土砂分離、凝集混合、脱水、余剰水処理工程から成る泥水処理設備と、1次乾燥、造粒、2次乾燥、焼成、冷却処理工程から成る焼成設備により構成されている。なお、試設計ではケースAが泥水処理設備と焼成設備を組合せたプラント、ケースBが焼成設備のみのプラントとした。

### (3) 設計方法

表-8にプラントの設計条件を、表-9に各処理工程で用いる主要機器を示す。主要機器は、図-3に示したプラントの物質収支を満足するような性能・能力のものを選定した。ここでは、設計を簡単にするため、原料汚泥中には土砂分が含まれていないものと仮定した。また、原料のロス率は、焼成時の強熱減量のための15%と設定した。さらに、造粒機は微粉の発生が少ない押し出し造粒機を用いた。なお、図-1、図-2の製造フローに示すような解砕造粒機を用いたプラント(微粉を回収して原料にフィードバックする工程を含むプラント)についても同様の試設計を行っているが、設備費は押し出し造粒機の場合とほとんど同じであった。

表-8 設計条件

項目		設計値
原料汚泥	含水比	泥水 100%
		脱水ケーキ 300%
	比重	泥水 1.18
		脱水ケーキ 1.45
強熱減量	15wt%	
	砂分・有害物質	含まない
焼成 ドレン材	粒径	2.5~10mm
	吸水率	20%前後
	圧壊強度	100N/p前後
泥水処理 設備	PAC使用量 1次	30kg/t(泥水)
	2次	200ppm
	高分子添加量	2ppm
	凝集反応時間	10min
	シクナー-沈降速度	3.5m/min
	シクナー-滞留時間	2hr
焼成設備	1次乾燥機 蒸気圧力	5kg/cm <sup>2</sup> G
	1次乾燥機 熱容量係数	440kcal/m <sup>3</sup> h°C
	焼成機比焼成能力	60kg/m <sup>3</sup> h
ユーティリティ	電源	AC400V,50Hz
	冷却水	一般工業用水
原料のロス率(固形分ベース)		15wt%
年間稼働日数		300日(24h/日)
ストックヤードの貯留日数		汚泥 4日
		脱水ケーキ 5日
		製品 10日

#### (4)年間製造コストの試算方法

表-10にコスト試算結果と内訳を示す。年間製造コストは、プラント稼働率を100%（稼働日数300日/年）と仮定し、それぞれの試算項目の年間コストを合計したものとした。なお、棟建設費、整地、舗装等の数量は、予め試設計段階で作成したプラント配置図をもとに算出している。設備費の償却は、プラント設備5年、建物その他は10年で全額償却とした。また、労務費は構成人員1人当り一律700万円/年とし、燃料費等の単価は建設物価95年10月号に準拠した。さらに金利は5%、年間借地代は東京湾岸地域の地価を坪100万円と仮定し、その6%とした。

#### (5)コスト試算結果

図-4に各試算ケースにおける年間製造コストと製造単価および試算項目別のコスト構成比率を示す。

年間製造コストはケースA（泥水）が約10億円、ケースB（脱水ケーキ）が約7億円となった。また、これを焼成ドレン材の年間生産量（56,500m<sup>3</sup>：プ

表-9 処理工程の主要機器

処理工程	主要機器
泥水処理設備	
土砂分離	振動分級機, サイロン分級機
凝集混合	スリ-槽
脱水 余剰水処理	加圧型圧搾式脱水装置 シクナー, 放流ポンプ
焼成設備	
1次乾燥	間接式蒸気乾燥機
造粒	真空式押し造粒機
2次乾燥	ロートル-バ-式乾燥機
焼成・冷却	サライト-ラ-付ロートル-バ-

表-10 コスト試算項目と主な内訳

試算項目		主な内訳
設備費	プラント設備費	機器購入費 機器設置費 ビット建設費
	棟建設費	土工事費 棟建設費 電気・空調・衛生設備費
	整地・舗装費	整地費 土間コンクリート舗装費 アスファルト舗装費
運転費	労務費	一律700万円/年 (プラント作業員10名, 責任者1名)
	燃料費	重油, ガス, 凝集剤等
	電力費	従量電力量
	保守費	消耗品費 検査費 整備費 保険費
諸経費	金利	年利5%
	借地代	3,600円/m <sup>2</sup>

ラント稼働率100%)で除して求めた製造単価は、ケースAが17,960円/m<sup>3</sup>、ケースBが12,370円/m<sup>3</sup>となった。また、コスト構成比率は、両ケースとも設備償却費の割合が35~38%と最も高く、次いで燃料費の割合が27%前後を占めていることがわかった。ここで、構成比率の高いこれら項目に対するコストダウンの可能性について考察してみると、設備償却費については生産規模を縮小しない限りコストの低減が困難であるのに対し、燃料費の方は熱源の有効利用、廃タイヤなどのリサイクル燃料の活用等によりさらなるコスト低減が期待できると考える。

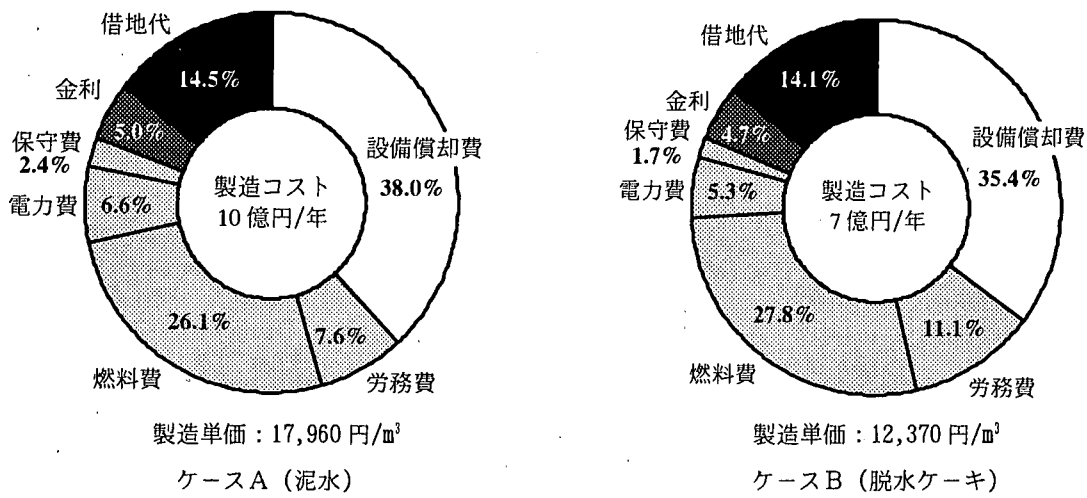


図-4 年間製造コストの構成比率

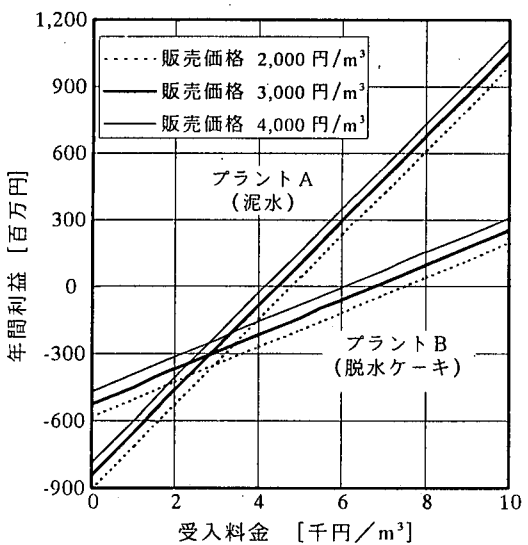


図-5 受入料金と年間利益の関係

## 6. 事業性評価

年間生産量約5万m<sup>3</sup>相当の焼成ドレン材製造プラントを東京湾岸地域に新設した場合における焼成ドレン材の事業性を検討した。なお、事業性の評価は本来、採算性、企業形態、立地条件、原料や製品の流通販売形態等、多方面から総合的に検討すべきところである。しかし、今回は設定したプラント規模で市場性が十分確保できると判断した東京湾岸地域を設置場所としていることから、ここでは主にプラント稼働率を100%と仮定した場合の採算性による事業性評価を行った。図-5に建設汚泥の処理費

として搬入時に受取る受入料金(運搬費含まず)と年間利益との関係を示す。ここで、年間利益とは焼成ドレン材販売費および受入料金として1年間に得る費用から年間製造コストを差し引いたものである。なお、年間製造コストには事業経費・営業経費等の一般管理費は含まれていない。また、凡例に示した販売価格は、焼成ドレン材の工場渡し価格である。ちなみに、都内の残土等の運搬費<sup>11)</sup>より、都内の砕石ドレン工事に使用される7号単粒度砕石の現場渡し単価<sup>11)</sup>4,900円/m<sup>3</sup>と同額となる現場までの最大運搬距離は、販売価格2,000円/m<sup>3</sup>で50km, 3,000円/m<sup>3</sup>で25km, 4,000円/m<sup>3</sup>で10kmとなる。

図-5より、泥水から処理するケースAでは受入料金が4,000円/m<sup>3</sup>以上で利益を生じることがわかる。東京地域の中間処理場における建設汚泥の受入料金(運搬費含まず)<sup>11)</sup>は、汚泥で5,250円/m<sup>3</sup>、脱水ケーキで5,150円/m<sup>3</sup>である。ここで、受入料金を中間処理場の受入料金と同等とした場合、ケースAでは一般管理費を考慮しても砕石と同等の価格で焼成ドレン材を提供できることがわかった。

一方、脱水ケーキから処理するケースBでは、図-5より利益を得るために7,000円/m<sup>3</sup>以上の受入料金を必要とすることがわかる。従って、事業化のためには、プラントの大規模化や燃料費の縮減等により製造コストを少なくとも10,000円/m<sup>3</sup>以下に低減させる必要があると考える。

## 7. おわりに

焼成ドレン材の大量製造を目的として、実機焼

成プラントによる大量製造実験を実施するとともに、事業化が最も期待できる東京湾岸地域に焼成プラントを新設した場合の焼成ドレーン材の年間製造コストを試算し、採算性の面から事業性を検討した。これらの結果から、以下の知見を得た。

(1) 実機焼成プラントによる大量製造においても、品質の安定した焼成ドレーン材お得られることがわかった。

(2) 実機焼成プラントによる焼成ドレーン材の標準的な製造仕様(原料汚泥の受入基準、製造方法、品質管理基準)を提案した。

(3) 東京湾岸地域に泥水を原料とする年間生産量約5万 $\text{m}^3$ の製造プラントを新設した場合、焼成ドレーン材の事業化が期待できることがわかった。

以上のように、実機プラントによる大量製造のための焼成ドレーン材の製造仕様を提案し、かつ採算性のある事業形態の一例を示すことができた。しかしながら、焼成ドレーン材の事業化を実現するためには、プラント稼働率と採算性、企業形態、原料の確保、建設用地の確保、流通・販売形態の確保等、多くの検討課題がある。

最後に、本研究は建設省総合プロジェクト「建設副産物の高度処理技術」(建設汚泥の高度処理・有効利用技術)のうち、ドレーン材グループ(建設省土木研究所、(財)先端建設技術センター、(株)大林組、(株)熊谷組、五洋建設(株)、大豊建設(株)で構成)の研究成果の一部であることを付記する。

#### 参考文献

- 1) 建設副産物リサイクル広報推進会議編：建設業界の新技术・新施策の活用とリサイクルの取り組み、(財)先端建設技術センター、1996。
- 2) 川地 武、宇野定雄、小川伸吉、杉山雅彦：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－、土木学会第51回年次学術講演会講演概要集、VII部門、pp.240-241、1996。

- 3) 川地 武、小川伸吉、磯 陽夫：建設泥土を原料とする焼成物の試作、第5回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp.71-73、1994。
- 4) 徳永 豊、佐藤祐司、落合良隆、杉山雅彦：建設汚泥の焼成による有効利用(その9)－焼成物のドレーン材以外の用途の検討－、土木学会第52回学術年次講演会講演論文集、第VII部門、pp.476-477、1997。
- 5) 伊藤克彦、大石 博：液状化対策としての締固め砕石ドレーン工法、土木学会誌、Vol.79、No.4、pp.14-17、1994。
- 6) 本間毅一、宇野定雄、塚田幸広、戸谷有一：建設汚泥の焼成による有効利用(その8)－焼成物を用いたドレーン杭の打設実験－、土木学会第52回学術年次講演会講演論文集、第VII部門、pp.474-475、1997。
- 7) 小林正宏、川地 武、落合良隆、戸谷有一：建設汚泥の焼成による有効利用(その7)－焼成材の目詰まり特性－、土木学会第52回学術年次講演会講演論文集、第VII部門、pp.472-473、1997。
- 8) 徳永 豊、小川伸吉、鮑本一巳、炭田光輝：建設汚泥の焼成による有効利用(その5)－セメント混入汚泥の適性－、土木学会第51回学術年次講演会講演論文集、第VII部門、pp.242-243、1996。
- 9) 川地 武、宇野定雄、小川伸吉、鮑本一巳：建設汚泥の焼成による有効利用(その1)－原料汚泥の性状と焼成物の用途－、土木学会第50回学術年次講演会講演論文集、第VII部門、pp.644-645、1995。
- 10) 化学工学会編：化学工学便覧、pp.845-848、1988。
- 11) (財)経済調査会編：積算資料、Vol.12、No.904、pp.808-810、1997。

(1998. 5. 11 受付)

## FEASIBILITY STUDY AND PROPOSAL OF STANDARD MAKING SPECIFICATION FOR CALCINATED DRAIN MATERIAL FROM CONSTRUCTION WASTE

Masahiro KOBAYASHI, Yuji SATOH, Yutaka TOKUNAGA, Kiichi HONMA, Yukihiro TSUKADA and Nobuyoshi OGAWA

In attempt to increase the usage of recycled construction waste materials, an applicability of the Calcinated Gravel Drain Material(CGDM), which is made by a coarse-grained treatment, is reviewed in this paper. At first, it introduces the basic characteristics and production process of the CGDM. Next, the standard specification for the CGDM production process is proposed on the bases of a large-scale production experiment in an actual plant. Finally, the cost-estimation results are presented to support to review the feasibility of the CGDM production process.