



Title	押出成形型造粒機を用いた下水汚泥焼却灰の造粒実験
Author(s)	高橋, 秀士
Description	第10回衛生工学シンポジウム (平成14年10月31日 (木) -11月1日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 6 廃棄物 . 6-7
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 10, 173-176
Issue Date	2002-10-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7129
Type	departmental bulletin paper
File Information	10-6-7_p173-176.pdf



6-7 押出成形型造粒機を用いた下水 汚泥焼却灰の造粒実験

高橋 秀士 (札幌市下水道局)

1. 札幌市における下水汚泥処理の現状

札幌市では、下水処理の過程で発生する汚泥について、その約1割をコンポスト化しているが、残りの約9割については焼却処理をしており、年間約30,000tの焼却灰が発生している。

下水汚泥焼却灰の有効利用状況は、その約55%が下水道局埋立地の覆土材として、残り45%が管路工事の埋戻し材や清掃事業埋立地の覆土材として利用されている。(平成13年度実績)

汚泥焼却施設については、現在、本市では、西部スラッジセンターと豊平川処理場焼却施設が稼働しているが、豊平川処理場焼却施設の老朽化に伴い、平成19年度までに、新たに「東部スラッジセンター」を建設し、東部・西部の両系統による汚泥処理集中化を図る計画としている。

2. 実験の目的

下水汚泥の焼却方式については、既存の西部スラッジセンターが階段式ストーカー炉を採用しており、発生する焼却灰はクリンカー状で前記の有効利用に適しているのに対し、東部スラッジセンターでは循環式流動炉を計画しており、発生する焼却灰はパウダー状でハンドリング性が悪いため、そのままの状態の前記の有効利用することは困難であると考えられる。

焼却灰を含め下水汚泥の有効利用の用途としては、全国的にはセメント原料が主流であるが、本市の場合、近傍にセメントプラントがなく(約260km)焼却灰の運搬にコストがかかることから、循環式流動炉を運用するにあたっては、発生する焼却灰について、セメント原料以外の有効利用方法を考える必要がある。そこで、循環式流動炉から発生する焼却灰について、管路工事等の埋戻し材として有効利用することを目的に、ハンドリング性向上の手法として造粒実験を行い、実用化の可能性やその問題点等について調査を行うこととした。

3. 造粒方式の選定

一般に造粒とは、「粉状・塊状あるいは溶液となっている原料を用い、ほぼ均一な形と大きさをもつ粒子をつくりだす操作」のことである。特に微粉状の物質については、その用途によっては粒状に成形した方が取り扱い易い場合が多く、造粒技術は、医薬品、農薬、有機肥料等に幅広く実用化されている。

造粒方法については、大きく分けると自足造粒方式と強製造粒方式に区分される。前者は粉体の凝集力を利用するもので、転動造粒、流動層造粒、攪拌造粒などがあり、後者は機械的に粉体に応力を加えるもので

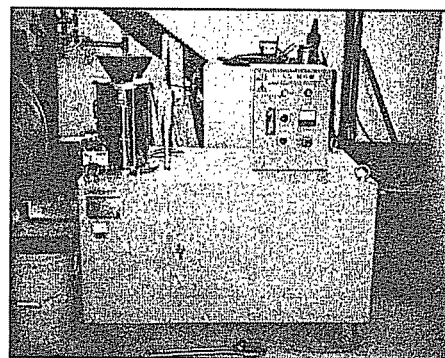
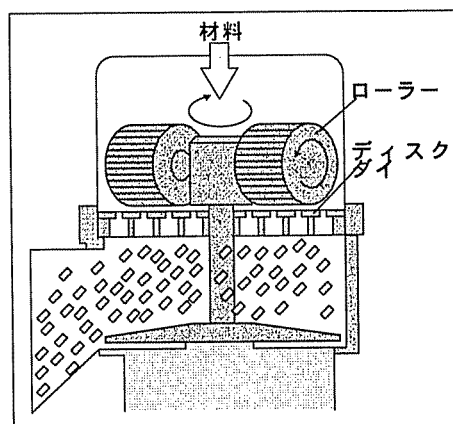


写真-1 造粒機 (道立工業試験場実験機)

(成形と考える方が近い)、押し造粒、解砕造粒、圧縮成形などがある。

今回の実験では、北海道立工業試験場が所有している押し式の造粒実験機により造粒を試みることとし、当該試験場の技術指導を受けながら実験を進めることとした。

道立工業試験場の実験機は、予め調質した材料を投入すると、多孔状の円盤「ディスクダイ」とその上部で自転しながら公転する溝状の「ローラー」との間に材料がくい込まれ、加圧・圧縮されてディスクダイの孔から粒径の規制された円柱状粒となって下部に押し出される仕組みである。



図一 造粒原理

4. 実験手順

実験は、以下の手順により行った。

(1) 焼却灰（造粒前）の基本物性試験

造粒前の焼却灰について、土粒子の密度試験(JIS A1202-1990)、土の含水比試験(JIS A1203-1990)、土の粒度試験(JIS A1204-2000)、設計 CBR 試験(JISA 1211-1998)及び突固めによる土の締固め試験(JIS A1210-1999)を行い基本物性を把握する。

(2) 最適配合条件の決定

実験機で造粒する前に、焼却灰と添加材及び水を混練し調質するが、添加材の配合率または含水比の異なる複数ケースについてテスト造粒を行い、各ケースにおける造粒のしやすさ及び造粒物の硬さ（硬度計による圧縮強度）等を判断基準として、当該実験機で造粒する場合の最適な配合割合を決定する。また、添加材については、セメント（普通ポルトランド）と生石灰の2通りについて実験する。

(3) 造粒・養生

テスト造粒により決定した最適配合条件により、焼却灰を必要量造粒し、表一1の条件で養生する。

表一1 養生条件

ケース	添加材	養生条件	養生期間	水中養生	備考
1	生石灰	温度15°C, 湿度70%	7日間	なし	
2	セメント	温度15°C, 湿度70%	7日間	なし	
3	生石灰	温度15°C, 湿度70%	28日間	14日に1回1日間	
4	セメント	温度15°C, 湿度70%	28日間	14日に1回1日間	
5	生石灰	温度15°C, 湿度70%	28日間	14日に1回1日間	
		温度-5°C,	7日間		試験時に融解
6	セメント	温度15°C, 湿度70%	28日間	14日に1回1日間	
		温度-5°C,	7日間		試験時に融解

(4) 造粒物の物性試験

表一1の各条件により養生した造粒物について、土の含水比試験、土の粒度試験、設計 CBR 試験及び再泥化率試験*を行い物性を調査する。

※再泥化率試験方法…目開き 1mm のメッシュでフルイ分けし、オーバー分を水に浸漬させて2時間放置後、全体を目開き 1mm のメッシュでろ過させ、オーバー分とろ過分を各々乾燥後秤量して、再泥化率を計算する。

5. 主な実験結果と考察

(1) 焼却灰の基本物性

造粒前の焼却灰の基本物性を表-2に示す。

表-2 焼却灰の基本物性

試料名		焼却灰
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)		2.683
自然含水比 W_n (%)		0.58
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)		0.591
粒度特性	礫分(%)	0.0
	砂分(%)	22.1
	シルト分(%)	66.3
	粘土分(%)	11.6
	均等係数 U_c	6.67
	曲率係数 U'_c	1.03
コンシ テンシー 特性	液性限界 W_L (%)	NP
	塑性限界 W_p (%)	
	塑性指数	
締固め	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	0.850
	最適含水比 W_{opt} (%)	59.5
平均CBR (%)		3.7
日本統一土質分類		(Fm)

(2) テスト造粒結果

添加材の配合率または含水比を変え、セメントについて14ケース、生石灰について6ケースをテスト造粒した結果を表-3に示す。また、造粒した焼却灰の形状は写真-2のとおりである。

表-3 テスト造粒結果

添加材	配合率(%)	含水比(%)	水分率(%)	造粒状態	圧縮強度(N)			評価
					σ_3	σ_7	σ_{28}	
セ メ ン ト	5	35	25.0	○良好	3	5	6	
	5	40	27.6	○良好	2	3	4	
	5	45	30.0	△ベタつく	1	2	2	
	10	25	18.5	△粉っぽい	25	25	45	
	10	31.7	22.4	△粉っぽい	21	23	40	
	10	35	24.1	○良好	13	18	32	
	10	40	26.7	○良好	8	10	16	最適配合率
	10	45	29.0	○良好	3	5	9	
	10	50	31.3	△ややベタつく	2	2	4	
	10	55	33.3	△ベタつく	2	2	3	
	15	35	23.3	○良好	15	18	27	
	15	40	25.8	○良好	9	11	12	
	15	45	28.1	○良好	5	6	10	
	20	40	25.0	○良好	11	13	24	
生 石 灰	5	40	27.6	○良好	4	4	5	
	10	40	26.7	○良好	12	12	14	最適配合率
	10	45	29.0	○良好(やや湿)	10	11	11	
	15	40	25.8	○良好	1	5	6	
	15	45	28.1	○良好	1	2	2	
	20	40	25.0	○良好	1	1	2	

※含水比=(水の重量/焼却灰の乾燥重量)×100

水分率={水の重量/(焼却灰+添加材+水)の重量}×100

造粒のしやすさについては、水分率が低いと粉っぽいためディスクの目詰まりが頻発し、水分率が高いと目詰まりは少ないが余剰水分で造粒物がベタついてしまう傾向がみられた。一方、造粒物の硬さについては、同じ添加材配合率に対し水分率が大きくなると圧縮強度が低下していく傾向がみられた。また、材令に伴って強度は伸びており、この傾向は添加材がセメントの方が顕著であった。

そこで、テスト造粒の結果から、造粒状態が良好で圧縮強度が 10N ($\sigma 7$) 以上出ているもので添加材の配合率が最小のケースを最適配合率として決定した。

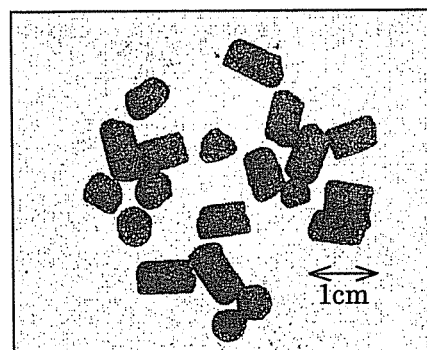


写真-2 造粒物

(3) 造粒物の物性試験結果

養生後の造粒物の試験結果を表-4に示す。設計CBR試験では、各ケースとも 56~76% (路盤の埋戻し材としては 10%以上が目安) と非常に高い値を得ており、埋戻し材としての強度は十分にあると判断される。また、養生中に造粒物が碎けて粉状に戻る割合を示す再泥化率については、雨天時を想定したケース 3, 4, さらに冬期の凍結・融解を想定したケース 5, 6においても、10%以下の低い値となっており、造粒後の屋外養生にも耐えられるものと考えられる。

表-4 造粒物の試験結果

ケース	1	2	3	4	5	6
添加材	生石灰	セメント	生石灰	セメント	生石灰	セメント
養生期間 (条件)	7日	7日	28日 (水中1日)	28日 (水中1日)	35日 (水中1日+凍結7日)	35日 (水中1日+凍結7日)
平均CBR(%)	75.3	71.8	56.9	67.1	73.0	68.8
再泥化率(%)	11.16	3.53	8.12	6.20	9.55	3.84

6. 実用化に向けた課題と今後の方向性

今回の実験では、下水汚泥焼却灰を適切な配合割合でセメント等の添加材及び水と混練することにより、押出成型造粒機を用いて良好な造粒物を生成することができた。さらに、この造粒物は、物性試験の結果からみて、管路工事等の埋戻し材等として十分に有効活用できる可能性が出てきた。

今後は、造粒による焼却灰有効利用の可能性について、現場での施工試験、他方式による造粒実験、再利用コスト面での比較検討など、さらに調査・検討を進めていくことが必要である。

問合わせ先：〒062-8570 札幌市豊平区豊平6条3丁目2-1

札幌市下水道局建設部計画課 高橋 秀士

Tel 011-818-3441 Fax 011-812-5224