

モデル廃棄物の沈降・堆積現象に及ぼす粒径と粒子密度の影響

福岡大学工学部 学生会員 杉山 詠一 橋爪 陽平
 正会員 佐藤 研一
 (財)日本環境衛生センター 正会員 永岡 修一 非会員 八村 智明

1. はじめに 廃棄物の海面最終埋立処分場では、海底地盤に堆積している沖積粘土層を、遮水層としてそのまま利用する場合が想定される。この場合、埋立処理される廃棄物が遮水層(底面粘土層)を傷つけないように、埋立当初は薄層埋立法が用いられることが考えられる。しかしながら、薄層埋立法によって埋立てられる廃棄物の沈降、堆積状況等の知見や技術的データは限られているのが現状である。そこで本研究は、薄層埋立法において埋立処理される投入廃棄物の沈降、拡散及び堆積特性を調べると共に、遮水層を傷めない具体的な投入方法を確立することを目的としている。これまでの研究から、試料の粒径及び密度の違いが、底面粘土層に及ぼすダメージに影響を及ぼすことが明らかになっている¹⁾。そこで本報告では、モデル廃棄物の試料条件の違いが、沈降、堆積特性に及ぼす影響について実験的検討より得られた知見について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験試料 表-1 に実験に用いた試料を示す。一般に廃棄物は、種々雑多なものを含む質量、密度との異なった材料である。そこで本研究では各種パラメータが及ぼす影響を検討するために、モデル化した試料を投入試料として用いている。特に今回はこれまでの研究よりも最小粒径の小さい焼成化粧砂085mmふるい残留分を用い、沈降挙動を確認するために着色を施している。また、粒子密度の違いが及ぼす影響を検討するため、ベントナイトペレット(以下、B.P と称す)、さらに砂利9.5mmふるい残留分及び鉛玉10mmを用いた。また、モデル遮水層として、2mm以下に粒度調整し、含水比を液性限界の約1.5倍である $w=115\%$ に調整した博多粘土 ($\rho_s=2.76\text{g/cm}^3$, $w_L=76.4\%$, $I_p=41.7$)を20cm敷設した。

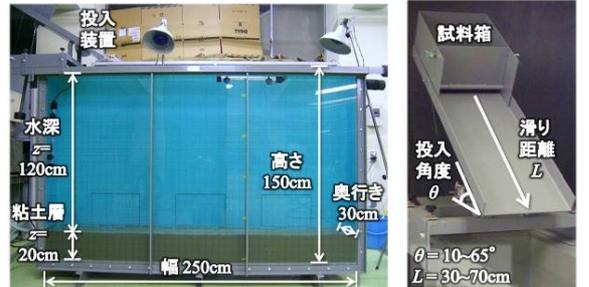


写真-1 大型水槽 写真-2 投入装置

表-1 実験に用いた試料

名称	焼成化粧砂	B. P.	砂利	鉛玉
粒径 d, mm	$0.85 < d < 2.0$	8 ± 1	$9.50 < d < 13.2$	10
密度 $\rho_s, \text{g/cm}^3$	2.63	1.21~1.32	2.70	11.3

2-2 実験装置 本実験では、写真-1 に示す大型水槽(高さ150×幅250×奥行き30cm)を用いた²⁾。この水槽内に水道水を満たし、投入角度 $\theta=10\sim65^\circ$ 、滑り距離 $L=30\sim70\text{cm}$ まで変化させることができる傾斜型投入装置(写真-2)を水槽上部に設置し、試料の投入を行った。

表-2 実験条件

試料	粒径 d, mm	密度 $\rho, \text{g/cm}^3$	投入量 m, g	投入角度 $\theta, ^\circ$	敷設粘土	
					層厚 h_c, cm	含水比 $w, \%$
砂	$0.85 < d < 2.00$	2.63	1000 3000 5000	30	20	115 ($w/w_L=1.5$)
B.P.	8 ± 1	1.27				
砂利	$9.50 < d < 13.2$	2.70	1000			
鉛玉	10	11.3				

*試料投入高さ $h_p=10\text{cm}$, 滑り距離 $L=70\text{cm}$

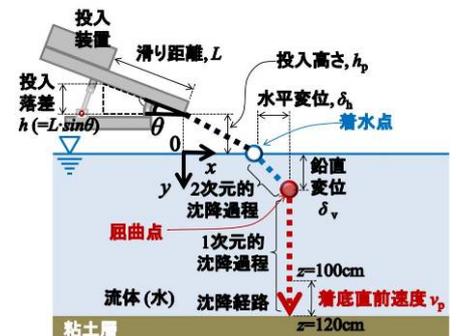


図-1 投入試料の沈降経路概略図

2-3 実験条件 表-2 に実験条件を示す。

砂の沈降、堆積特性を把握するために、投入高さ $h_p=10\text{cm}$, 投入角度 $\theta=30^\circ$, 滑り距離 $L=70\text{cm}$ の一定条件下で、投入量を $m=1000, 3000, 5000\text{g}$ 、と変化させて砂の投入を行い、実験として最小粒径の小さな材料による粒径の影響について検討を行った。また、投入試料の密度の違いが堆積特性に及ぼす影響を検討するために、投入角度 $\theta=30^\circ$ の一定条件下で B.P、砂利及び鉛玉の投入を行った。ここで投入試料は図-1 に示すように、投入後に着水点、2次元沈降過程から屈曲点を経て1次元沈降過程に移行するという沈降経路を示すことから、試料群の主たる先端部が各区間を沈降するのに要した時間を計測し、その平均沈降速度を算出した。また1次元沈降過程

においては 20cm 毎に区切り、特に粘土層へのダメージに大きく寄与すると考えられる、 $z=100\sim 120\text{cm}$ における平均沈降速度を着底直前速度 v_p として算出した。また、投入試料の着底幅 B_L を計測した。

3. 実験結果及び考察

3-1 粒径の違いによる影響 図-2

に各投入量における試料の最小粒径が着底直前速度に及ぼす影響を、**図-3** に着底幅に及ぼす影響を示す。

ここで両図には、本検討で用いた砂利と同程度の密度を有する、

$d=4.75, 9.5, 13.2, 19\text{mm}$ の砂利をモデル廃棄物として投入した場合の鍋島ら²⁾の検討により得られた、実験データも併せて示している。まず**図-2**より、粒径が大きくなるほど着底直前速度は速くなる傾向にあることから、試料着底時の衝突エネルギーは増加する可能性があると考えられる。また**図-3**より、着底幅が狭く、かつ着底厚が増加するために、局所的な荷重が増加することから、粘土層に与えるダメージの増大が懸念される。ここで今回投入する砂に着目すると、投入量 $m=5000\text{g}$ の実験において着底直前速度は大きく増加していることが分かる。これは、投入された砂試料が粒子群として塊状を形成しながら沈降したためだと考えられる。また砂試料は、塊状を形成しつつ着底する一方で、投入量の増加と共に着底幅は拡幅している。これは、投入量の増加に伴う粒子数の増加に起因するものであると考えられる。以上のことから、粒径の小さい砂のような廃棄物は、投入量が増大しても着底幅が大きく広がることから、着底時に遮水層に及ぼすダメージは小さいものと考えられる。

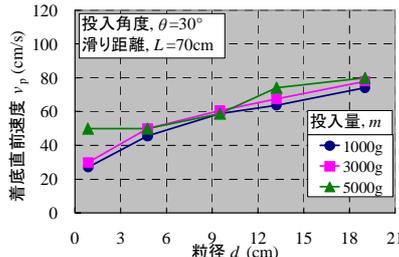


図-2 粒径及び投入量と着底直前速度の関係 (鍋島ら²⁾の研究成果にデータを追加)

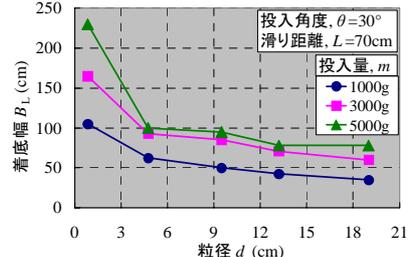


図-3 粒径及び投入量と着底幅の関係 (鍋島ら²⁾の研究成果にデータを追加)

3-2 密度の違いによる影響 図-4

に試料密度と着底直前速度の関係を示す。密度が大きくなるほど着底直前速度は速くなっており、粘土層へのダメージも増加すると考えられる。

また、密度と着底幅の関係を**図-5**に、各試料の着底状況を**写真-3(a), (b), (c)**に示す。図及び

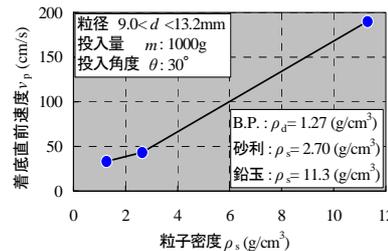


図-4 密度と着底直前速度の関係

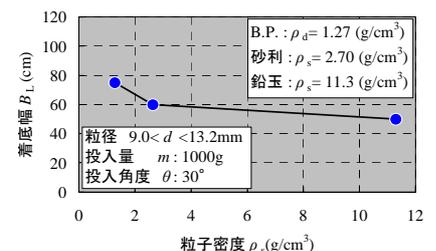


図-5 密度と着底幅の関係

写真より、着底幅は密度の増加に伴い減少していることがわかる。ここで**写真-4(a), (b), (c)**に、各試料の粒子群の主たる先端部が水深 $z=60\text{cm}$ を通過する際の沈降状況を示す。写真より、水深 $z=60\text{cm}$ における各試料の水平方向の幅はほぼ同程度であることがわかる。これより、密度の小さい試料ほど、

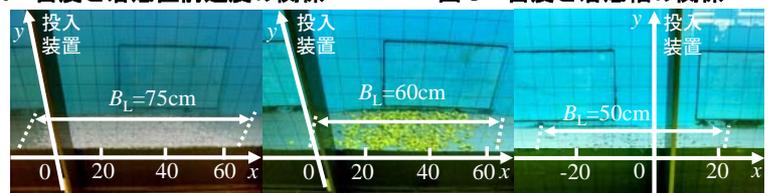


写真-3 試料の密度の違いによる着底状況

沈降過程における流体からの抵抗に伴い水平方向の幅が増加し、着底幅は拡がると考えられる。鉛玉は密度が大きく、沈降速度が速くなるかつ球状のため水の抵抗の影響をほとんど受けず、拡散せずに沈降するが、一方で鉛玉はほぼ球形であるが故に、投入装置を滑り落ちる際に回転を生じ、結果として着底幅 $B_L=50\text{cm}$ の拡がりを生じたものと考えられる。従って、密度の大きいほど着底幅は狭くなる一方で、粒子形状もまた着底幅に影響することが分かる。

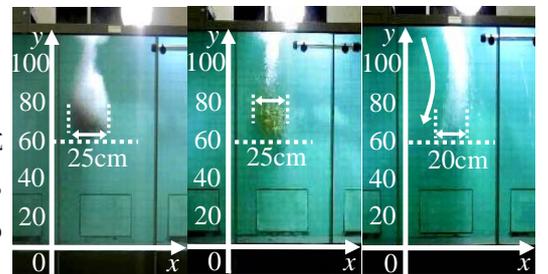


写真-4 各試料の沈降状況

4. まとめ (1) 粒径が大きくなるほど、着底直前速度は速くなり、かつ着底幅は狭くなることから粘土層に及ぼすダメージが大きくなる。(2) 粒子密度が大きくなるほど、着底直前速度は速くなり、かつ着底幅は狭くなることから粘土層に及ぼすダメージが大きくなる。

参考文献 1) 鍋島ら：廃棄物の海面投棄を想定した試料群の静水中における一次元的沈降挙動と底部粘土層への影響，第8回環境地盤工学シンポジウム発表論文集，pp359-362, 2009 2) 鍋島ら：海面埋立を想定したモデル廃棄物の沈降・堆積特性と底部粘土層への影響，第45回地盤工学研究発表会講演集，pp.1895-1896, 2010.