

モデル廃棄物の密度の違いが沈降・堆積特性に及ぼす影響

福岡大学大学院 学生会員 ○杉山 詠一 福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一
 福岡大学工学部 正会員 藤川 拓朗 日本環境衛生センター 正会員 永岡 修一
 日本環境衛生センター 非会員 八村 智明 愛知臨海環境整備センター 非会員 武馬 雅志
 愛知臨海環境整備センター 非会員 大嶋 真由子

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工法が用いられることが考えられる。しかしながら、薄層埋立工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、薄層埋立工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、遮水層にダメージを及ぼさない投入方法の確立を目的としている¹⁾。本報告では、モデル廃棄物の試料条件の内、密度の違いが沈降・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 実験装置

投入実験には、写真1に示す、高さ150cm、幅250cm、奥行き30cmの寸法を有する2次元大型水槽を用いている。この水槽内に水深 $z=120\text{cm}$ となるように水道水を満たし、投入角度 $\theta=10\sim 65^\circ$ 、滑り距離 $L=30\sim 70\text{cm}$ と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。

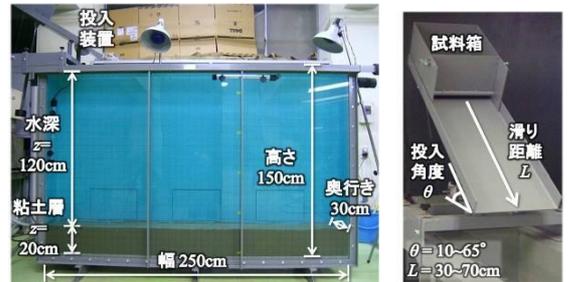


写真1 大型水槽 写真2 投入装置

2.2 実験試料及び実験条件

表1に実験条件を示す。一般に廃棄物は、質量や密度が異なる種々雑多なものを含んでいる。そこで本研究では、埋立処分される廃棄物の密度が、沈降、堆積特性に及ぼす影響を検討するために、粒径をほぼ10mm程度で一定とし、ベントナイトペレット（以下、B.P.と称す） $8\pm 1\text{mm}$ 、砂利9.5mmふるい残留分及び鉛玉10mmを、モデル廃棄物として用いた。砂利には、沈降、堆積現象の観察のために、着色を施している。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($\rho_s=2.76\text{g/cm}^3$, $w_L=76.4\%$, $I_p=41.7$)を水槽底部に層厚20cmとなるように敷設している。

表1 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 $w, \%$
B.P.	8 ± 1	1.21~1.32	1,000	30	20	115 ($w/w_L=1.5$)
砂利	$9.50 < d < 13.2$	2.64				
鉛玉	10	11.3				

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

実験では、投入試料の密度の違いが沈降・堆積特性に及ぼす影響を検討するために、投入角度 $\theta=30^\circ$ 、投入高さ $h_p=10\text{cm}$ 、滑り距離 $L=70\text{cm}$ 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毎に区切り特に底面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、写真3に示す

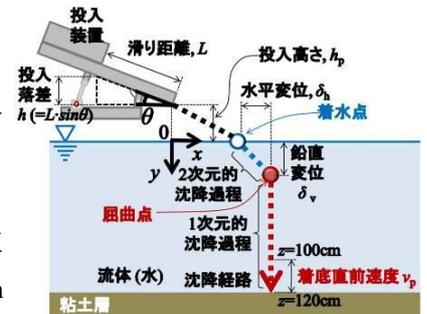


図1 沈降経路概略図

キーワード 廃棄物、海面最終処分場、薄層埋立工法、沈降速度、遮水層、密度
 連絡先 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学工学部社会デザイン工学科

TEL: 092-871-6631 (ext. 6464, 6481) FAX: 092-865-6031 (工学部事務室) E-mail: sato@fukuoka-u.ac.jp

ように、投入試料の主たる先端部が水深 20cm 毎に沈降する際に生じる粒子群の水平方向の最大拡がり幅を拡散幅 B_H 、着底後試料の水平方向の拡がりを着底幅 B_L とし、計測を行った。

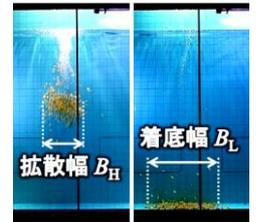


写真3 投入試料の拡散幅 B_H ・着底幅 B_L

3. 実験結果及び考察 3.1 密度の違いが沈降特性に及ぼす影響

図2(a), (b), (c)に、投入量 $m=1,000g$ 、投入角度 $\theta=30^\circ$ 一定条件下の各試料における沈降速度変化図を示す。ここで図中のプロットと座標は、着水地点と2次元沈降終了地点を示している。また $v_1\sim v_6$ は各プロット間の沈降方向における平均沈降速度を示しており、 v_1 は投入装置先端から水面までの、 v_2 は2次元沈降過程の、そして、 $v_3\sim v_6$ は1次元沈降過程における各区間の沈降速度である。まず B.P.と砂利を比較すると、どちらの試料も2次元沈降挙動を示した後に1次元沈降挙動へと移行していることが分かる。また沈降速度は、密度の大きい砂利の方がより速い値を示していることが分かる。

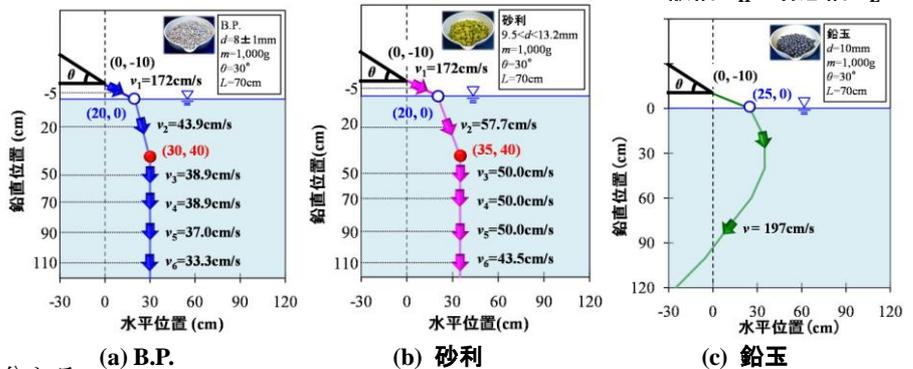


図2 各試料の沈降速度変化図

一方、鉛玉は図2(c)に示すように大きなカーブを描きながら沈降し、前者とは異なった沈降挙動を示した。これは鉛玉の形状が球形であるために、投入装置を滑り落ちる際に回転を生じたためだと考えられる。これにより、沈降速度も増したものと考えられる。また各試料の着底直前速度に着目すると、密度が大きくなるほど着底直前速度は速くなっていることから、粘土層へのダメージも増加すると考えられる。

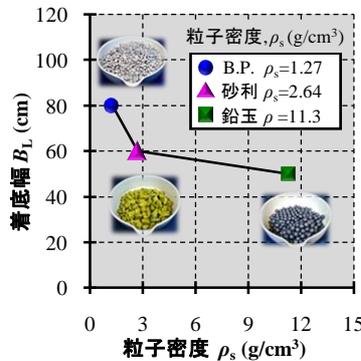


図3 密度と着底幅の関係

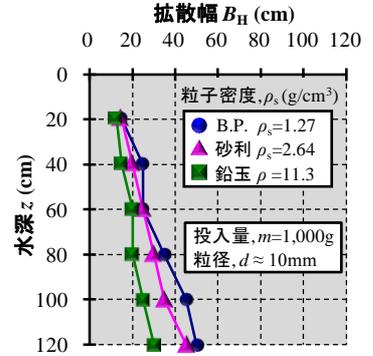


図4 拡散幅の深度分布

3.2 密度の違いが堆積特性に及ぼす影響

図3に密度と着底幅の関係を示す。密度が増加するほど着底幅は狭くなっていることから、局所的な荷重の増加に伴う、粘土層へのダメージの増大が懸念される。また、図4に各試料における拡散幅の深度分布を示す。これより、密度の小さい試料ほど、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、着底幅は広がると考えられる。鉛玉は密度が大きいため沈降速度が速くなり、かつほぼ球形であるために水の抵抗の影響をあまり受けずに沈降する。ここで、投入試料の主たる先端部が粘土層に着底した際の拡散幅、即ち着底直前の拡散幅 B_{Hp} と、図3における着底幅 B_L の比較一覧表を表2に示す。表中に示されている両者の差 ($B_L - B_{Hp}$) に着目すると、いずれの試料においても明確な差を生じていることが分かる。これは、密度の小さい試料は一粒の質量が小さいために、着底時に伴う乱流の影響を受け移動したためだと考えられる。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 $B_L=50cm$ の拡がりを生じたものと考えられる。従って、密度が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。

表2 着底時の拡散幅と着底幅の比較

試料	B.P.	砂利	鉛玉
拡散幅 B_{Hp} (cm)	50	45	30
着底幅 B_L (cm)	80	60	50
$B_L - B_{Hp}$ (cm)	30	15	20

4. まとめ

粒径が異なる試料の投入実験より、以下のことが明らかとなった。(1) 密度が大きいほど、沈降速度及び着底直前速度は速くなる。(2) 密度が大きいほど着底幅は狭くなることから、局所的な荷重の増加に伴う遮水層へのダメージの増大が懸念される。(3) 粒子形状の違いは、沈降・堆積特性に影響を及ぼす。

参考文献 1) 永岡ら：薄層埋立工法における廃棄物の投入方法に関する実験的検討，第8回環境地盤工学シンポジウム論文集，pp.363-366，2009。