

粒径の異なる混合モデル廃棄物が沈降・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

学生会員 行徳 大輝

(財) 日本環境衛生センター 正会員

永岡 修一

福岡大学工学部

正会員

佐藤 研一

藤川 拓朗

(財) 日本環境衛生センター 非会員

八村 智明

(財) 愛知臨海環境整備センター 非会員

飛田 靖之

富田 洋平

1. はじめに 筆者ら¹⁾は、海面埋立処分場における薄層埋立時に海底地盤を傷めない投入方法を確立するために、大型水槽を用いたモデル廃棄物の投入実験により検討を行っている。本報告では、モデル廃棄物の試料条件の内、粒径の違いが沈降・堆積特性に及ぼす影響及びその混合試料が及ぼす影響について、実験的検討により得られた結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験試料 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、モデル化した試料を投入試料として用いることとし、特に今回は粒径の違いが沈降・堆積特性に及ぼす影響の検討を行うために、**表-1**に示す焼成化粧砂 0.85mm ふり残留分、砂利 4.75、9.50、13.2 及び 19.0mm ふり残留分を使用した。各試料には沈降、堆積現象の観察のために、着色を施している。

2-2 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。

2-2 実験条件 **表-2**に実験条件を示す。モデル廃棄物の沈降、堆積特性を把握するために、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、投入量を $m=1,000, 3,000, 5,000\text{g}$ と変化させて試料の投入を行い、各試料における投入量の影響について検討を行った。また、砂 0.85mm ふり残留分、砂利 4.75 及び 9.50mm ふり残留分を 1,000g ずつ混合させたもの (混合試料 A)、砂利 9.50、13.2 及び 19.0mm ふり残留分を 1,000g ずつ混合させたもの

(混合試料 B) をそれぞれ用意し、単体試料の場合との比較を行った。沈降速度は投入試料の沈降挙動をビデオカメラで撮影し、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、その区間の平均沈降速度として算出した。特に底面粘土層へめり込み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 、着底後の試料における水平方向の最大拡がり幅を着底幅 B_L とし、検討した。

3. 実験結果及び考察

3-1 粒径の違いによる影響 **図-1**に各投入量における粒径と着底直前速度の関係を示す。ここで図中の粒径は、便宜上粒径幅の最小粒径で統一した上で比較している。まず、いずれの投入量においても、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が分かる。また砂に着目すると、投入量 $m=5,000\text{g}$ 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。これは砂の粒径が小さく且つ、投入量が多いために砂が塊状を形成しながら沈降したためであると考えられる。また、**図-2**に各投入量における粒径と着底幅の関係を示す。粒径が大きくなるほ

表-1 実験に用いた試料
(上段: 粒径 d , mm, 下段: 密度 ρ_s , g/cm³)

砂	砂利				
					
$0.85 < d < 2.0$	$4.75 < d < 9.50$	$9.50 < d < 13.2$	$13.2 < d < 19.0$	$19.0 < d < 44.4$	
$\rho_s = 2.63$	$\rho_s = 2.70$	$\rho_s = 2.64$	$\rho_s = 2.66$	$\rho_s = 2.79$	

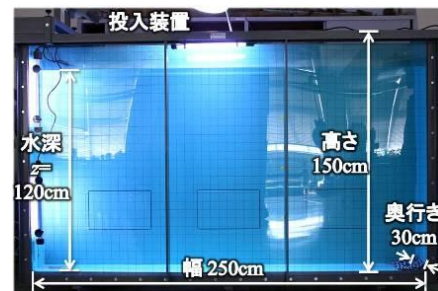


写真-1 大型水槽



写真-2 投入装置

表-2 実験条件

試料	粒径 d , mm	密度 ρ , g/cm ³	各投入量 m , g	総投入量 m_t , g
砂	$0.85 < d < 2.00$	2.63	---	1,000 3,000 5,000
砂利	$4.75 < d < 9.50$	2.70		
	$9.50 < d < 13.2$	2.64		
	$13.2 < d < 19.0$	2.66		
	$19.0 < d < 44.4$	2.79		
混合試料 A	$0.85 < d < 2.00$	2.63	1,000	3,000
混合試料 B	$4.75 < d < 9.50$	2.70	1,000	
	$9.50 < d < 13.2$	2.64	1,000	
	$13.2 < d < 19.0$	2.66	1,000	
	$19.0 < d < 44.4$	2.79	1,000	

*投入角度 $\theta=30^\circ$, 投入高さ $h_p=10\text{cm}$
滑り距離 $L=70\text{cm}$

ど、着底幅は狭くなっていることがわかる。ここで図-3に投入量 $m=1,000\text{g}$ における各粒径の拡散幅の深度分布を示す。いずれの粒径においても試料は沈降とともに拡散しており、粒径が小さな砂が特に大きく拡がっていることが分かる。これは、砂は一粒子の質量が軽いために、沈降過程における流体からの抵抗による影響を受けやすいためだと考えられる。

このことから、粒径が大きくなるほど、局所的な荷重の増加に伴う海底地盤へのダメージの増大が懸念される。また図-2より、投入量の増加とともに着底幅は増加しているが、その影響は砂利よりも砂の方が顕著であることが分かる。これは、図-1で示したように、投入量が増加すると着底直前速度が増加したことから、着底時に生じる乱流の影響が強く作用したためであると考えられる。以上のことから、粒径の小さな砂のような廃棄物は、投入量が増大しても大きく着底幅が広がることから、着底時の海底地盤へのダメージは小さいものと考えられる。

3-2 混合試料の沈降挙動・堆積特性 図-4に総投入量 $m_t=3,000\text{g}$ における単一試料及び混合試料の粒径と着底直前速度の関係を、図-5に粒径と着底幅の関係を示す。ここで両者の試料の粒径は、比較のために各試料の平均粒径(D50)としている。まず両図より、混合試料の着底直前速度と着底幅は、単一試料におけるそれとほとんど変わらないことが分かる。次に、図-4から混合試料の粒径が大きくなるほど着底直前速度は増加していることが分かる。これは写真-3に示すように、混合試料は沈降過程において分級され、粒径の大きな試料が先行して沈降しているためであると考えられる。また、図-5より着底幅は平均粒径の大きな混合試料Bの方が狭くなっており、混合試料においても試料の粒径の違いが堆積特性に大きく作用すると思われる。次に、表-3に混合試料A及びBにおける各試料の着底幅を示す。混合試料A、Bにおいて、砂利9.5mmふり残留分の

混合量はいずれも投入量 $m=1,000\text{g}$ であるにも関わらず、着底幅に20cmの差を生じていることが分かる。これは図-3で示したように、粒径の小さな試料は流体からの抵抗による影響を受けやすいことから、沈降過程において粒径の小さな試料が拡散する際に大きな試料も共に拡散していくためであると考えられる。以上のことから、粒径の大きな試料に粒径の小さな試料を混合することで、粒径の大きな試料の着底幅を拡げることが出来るため、局所的な堆積の防止に繋がる可能性が示唆された。

4. まとめ (1) 粒径が大きいほど着底直前速度は増加し、また着底幅は狭くなることから、局所的な荷重の増加に伴う海底地盤へのダメージの増大が懸念される。(2) 砂のように粒径の小さな廃棄物は、投入量が増大しても着底幅が大きく広がることから、着底時に海底地盤に及ぼすダメージは小さいものと考えられる。(3) 投入された混合試料は沈降過程において分級され、粒径の大きなものから沈降していく。(4) 粒径の大きな試料への粒径の小さな試料の混合は、粒径の大きな試料の着底幅を拡げ得るため、局所的な堆積の防止に寄与する可能性がある。

【参考文献】1) 行徳ら：モデル廃棄物の粒子形状の違いが沈降挙動及び底面粘土層に及ぼす影響，平成23年度土木学会西部支部研究発表会，2012(投稿中)

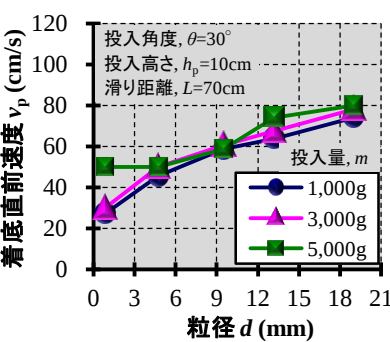


図-1 粒径と着底直前速度の関係

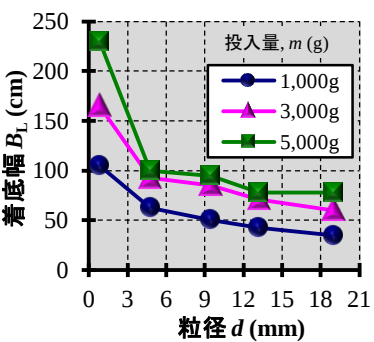


図-2 粒径と着底幅の関係

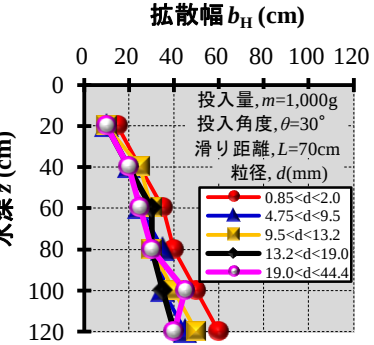


図-3 各粒径の拡散幅の深度分布

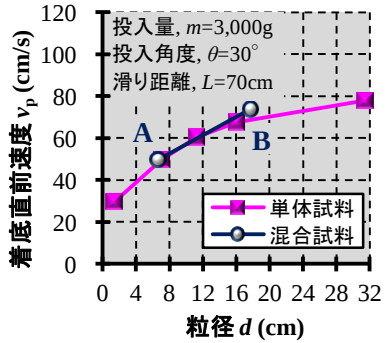


図-4 粒径と着底直前速度の関係

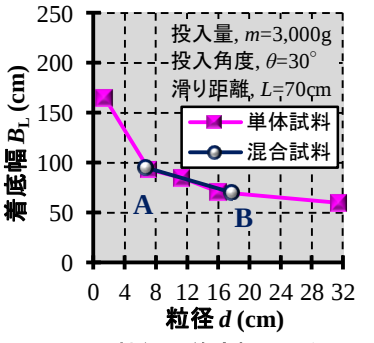


図-5 粒径と着底幅の関係



写真-3 試料沈降状況

表-3 各試料の着底幅

粒径 d, mm	混合試料	
	A	B
0.85	95	---
4.75	98	---
9.5	90	70
13.2	---	70
19	---	63