

干潟生態系再現分析装置を用いた底泥の巻き上げと沈降に関する研究

福岡大学工学部 学生員 ○宮本 英樹 福岡大学工学部 正会員 山崎 惟義
 福岡大学工学部 正会員 渡辺 亮一 九州大学大学院工学研究科 フェロー 楠田 哲也

1. はじめに

感潮域における懸濁物質や底泥は様々な問題の原因となっている。例えば、港や内湾ではシルテーションにより航路が埋没し、船舶の円滑な航行の妨げとなる。また、河川感潮域では潮汐に伴って河川縦断方向に移動する水塊に高濃度の懸濁物質が含まれており、河道断面上に沈積した底泥は河川の洪水流下能力を低下させる。そのため、莫大なコストとエネルギーを費やして定期的に浚渫工事を行う必要があり、効果的な工法でより経済的に工事を行うためには、掘削した航路が1年で何cm埋没するか、洪水でどのくらいの底泥が巻き上げられるかを定量的に知ることは非常に重要である。このため、懸濁物質の沈降や底泥の巻き上げ現象に関する研究は以前から行われてきた。しかし、シルトや粘土からなる微細な粒子の挙動は非線形で非常に複雑なため、現象を正確に把握することが困難とされている。そこで、本研究では今回当研究室で作製した世界最大規模の円形回転水路を用いて、流れ場における懸濁物質の沈降特性を明らかにし、装置の性能を確かめることを目的としている。

2. 実験概要

2.1 実験装置

本実験に用いた干潟生態系再現分析装置は直径5m、水路幅0.2m、水路高さ0.4mであり、上部の環状リングと下部の円形水路から構成されている。装置の特徴として、水路長を無限と見なすことができ、長時間流れの中に懸濁粒子を浮遊させることが可能であるため、沈降速度が非常に小さな微細粒子の沈降過程および巻き上げ過程を観測するのに優れている。また、リングと円形水路を同時に逆回転させることにより、2次流(らせん流)の影響を最小限にすることが出来る。

2.2 実験に用いた試料

本実験に用いた試料は、佐賀県の六角川で採取した。試料の物性値は、真密度2640 kg/m³、強熱減量18%、中央粒径1.4 μmであり、粒度組成は粘土分約78%、シルト分約22%で地盤工学での三角座標分類では粘土に属している。実験に用いた試料懸濁液は密度1025kg/m³の塩水で調整し、所定の濃度とした。

3. 実験方法

3.1 実験条件

試料懸濁液を円形水路内に注入し、水深を0.28mとした。表1に示す実験条件の下①一定せん断応力の下で懸濁物質の初期濃度を变化させた沈降実験(RUN1-10)、②一定初期濃度でせん断応力を段階的に变化させた実験(RUN11)を行った。実験は水路内の懸濁液を十分に攪拌した後に開始し、経時的にSS濃度を測定している。実験は時間的に濃度の変化が見られなくなった時点で終了とした。

3.2 サンプルングと濃度の測定方法

写真1は本実験に用いた採水装置である。装置は外径2mmのステンレス製パイプでできており、水路内に自由に挿入することができる。採水位置は水路内壁より4cm程度離れた所で行った。図1にSS濃度の測定点を示す。サンプルングは19箇所の測定点で同時刻に行っている。また、濃度の測定には吸光度計を用いた。予め、所定の濃度に調整した試料懸濁液をメンブランフィルターで濾過し、乾燥後秤量することでキャリブレーションを行った。

表1 実験条件

	RUN1	RUN2	RUN3	RUN4	RUN5
初期濃度 (g/l)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
せん断応力 (Pa)	0	0.1	0.2	0.5	2.0
	RUN6	RUN7	RUN8	RUN9	RUN10
初期濃度 (g/l)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
せん断応力 (Pa)	0	0.1	0.2	0.5	2.0
	RUN11				
初期濃度 (g/l)	5.0				
せん断応力 (Pa)	沈降過程 巻き上げ過程 2.0→0.2→0→0.2→0.5→2.0				

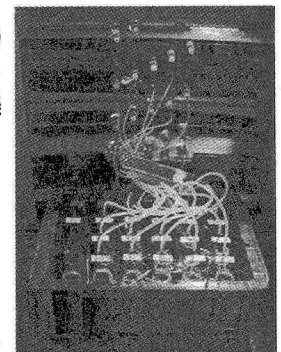


写真1 採水装置

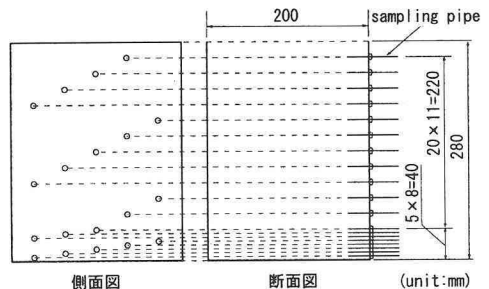


図1 SS濃度の測定点

4. 実験結果・考察

4.1 一定せん断応力下で懸濁物質の初期濃度を变化させた沈降実験

図2はSS濃度と沈降速度の関係を示している。この結果より、0.1Paの底面せん断応力を作用させると沈降速度は1オーダー以上小さくなる事が明らかである。また、0.5Pa以上の底面せん断応力を作用させた場合、沈降は見られなかった。今後、更に濃度の高い条件で実験を行えば、破線で示すように干渉沈降領域におけるSS濃度と沈降速度の関係が得られると推測される。

図3は底面せん断応力と C_{∞}/C_0 の関係を示している。微細な粒子やフロックは、非常に小さな底面せん断応力でも沈降が妨げられるため、全ての粒子が沈降する限界の底面せん断応力を求めるのは非常に難しい。そこで、 C_{∞}/C_0 が急激に減少するところを外挿し、全沈降限界底面せん断応力を τ_{cd} とした。また、初期濃度の50%が沈降した時の底面せん断応力を $\tau_{0.5}$ と定義した。

図4に無次元化した底面せん断応力と C_{∞}/C_0 の関係を示す。これより、同一種の底泥を用いた実験では、実験のシリーズが異なっても実験値はほぼ一本の直線で表されることがわかる。また、海田¹⁾の実験結果と比較すると、今回実験で用いた六角川の底泥は筑後泥や博多泥と同じ傾向を示しており、人工的に粒度を調整しているカオリンは自然の底泥とは明らかに異なった傾向を示している。このことから、今回実験に用いた干潟生態系再現分析装置では自然の底泥の特性を捉えることが出来ていると考えられる。

4.2 一定初期濃度でせん断応力を段階的に变化させた実験

図5は段階的に底面せん断応力を变化させた場合のSS濃度の経時変化を示している。この結果より、沈降過程と巻き上げ過程で同じ底面せん断応力0.2Paを作用させた場合、作用している底面せん断応力は等しいにもかかわらず、巻き上げ時のSS濃度は沈降時のSS濃度の1割程度にしか達しなかった。更に底面せん断応力を0.5Paまで増加させたが、破線で示すSS濃度まで回復することは無かった。これは、いったん水路床に沈降した底泥が圧密され、粒子間に作用する粘着力が大きくなり、再浮上され難くなったためと考えられる。最後に底面せん断応力を2.0Paまで増加させると水路床の底泥は全て巻き上がった。

参考文献:

- 1) 海田輝之: 底泥の巻き上げと懸濁物質の沈降に関する研究、九州大学学位論文、pp1-61、1989。
- 2) 村上和男、菅沼史典、佐々木均: 円形回転水路による底泥の巻き上がりと沈降に関する実験的研究、港湾技術研究所報告、第28巻、pp43-76、1989。
- 3) 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所;九州大学工学部水土木教室: 底泥移動調査研究報告書、pp87-154、1989。
- 4) 渡辺亮一: 感潮域における浮泥の輸送と底泥形成に関する研究、九州大学学位論文、pp1-13、1998。
- 5) 宮市哲: 感潮河川域における底泥の堆積に関する研究、福岡大学卒業論文、pp1-22、2000。

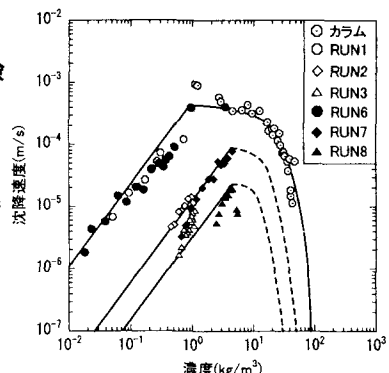


図2 SS濃度と沈降速度の関係

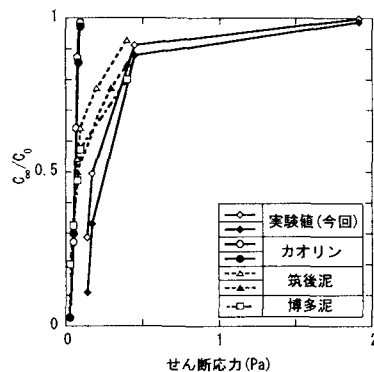


図3 底面せん断応力と C_{∞}/C_0 との関係

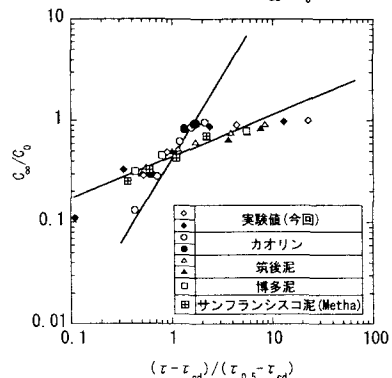


図4 無次元底面せん断応力と濃度の関係

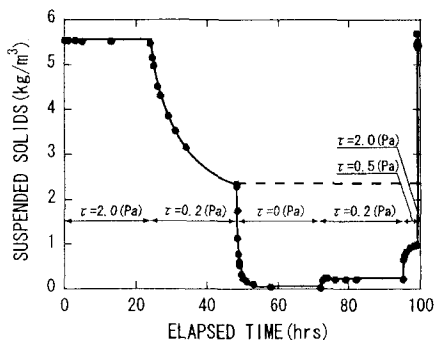


図5 底面せん断応力を変えた場合のSS濃度の経時変化