

出水時に河川を流下する土粒子の沈降現象

土木研究所 ICHARM 海野 仁・澤野久弥
土木研究所水工研究グループ 宮川 仁・本山 健士

1. 概要

従来、貯水池の濁水シミュレーションにおける土粒子の沈降速度の設定については、採水した濁水をレーザー回折・散乱光法（以下、「レーザー回折法」と略す。）を用いて粒度分布を分析し、ストークス式を用いて沈降速度分布に変換する手法が多く用いられてきた。しかしながら、レーザー回折法による粒度分布をもとに沈降速度分布を求めた場合、実際の沈降速度分布と差異が生じることが懸念される。

筆者らの前報¹⁾では、複数の粒度分析手法を比較した結果、レーザー回折法により求めた粒度分布が沈降筒を用いて測定した粒度分布よりも粗粒化すること、濁水現象の長期化が想定される貯水池では、沈降筒法により沈降速度分布を求めることが望まれることを報告した。しかしながら、沈降筒法は多量の試料と実験に長期間を要することが課題である。本報では、前報より小規模な沈降管を用いて土粒子の粒径と沈降速度を直接測定し、ストークス式を用いて求めた沈降速度と比較した結果を報告する。

2. 測定方法

粒径と沈降速度の測定には、図-1 に示す測定装置を用いた。測定装置は恒温装置、恒温水槽、ビデオカメラ、モニターならびにビデオデッキから構成され、恒温水槽内には沈降管を設置した。恒温水槽には水道水を満たし、沈降管には純水を満たして、水槽内は常時20℃を維持した。測定に先立ち、沈降管内に鋼尺を浸漬させ、モニター上で目盛りを読み取り、倍率を確認した。倍率はビデオカメラのズーム機能を用いて150～160倍程度と280～300倍程度の2段階に設定した。土粒子の滴下にはマイクロピペットを用い、沈降管の上部から少量滴下した。滴下後はモニターでブロックの沈降を監視するとともに、動画を記録した。動画の記録は各倍率とも30min～60min間とした。沈降現象を記録後にテープを再生し、モニター上で一定距離（沈降管内で0.5mmまたは1.0mm）の沈降に要する時間と鉛直方向に投影した粒径を記録した。また、粒径の測定にはノギスを用いた。測定には、前報と同様、利根川水系山口川（茨城県桜川市真壁町）において洪水時に採取した試料を用いた。濁水の諸元と測定した土粒子の数を、表-1 に示す。

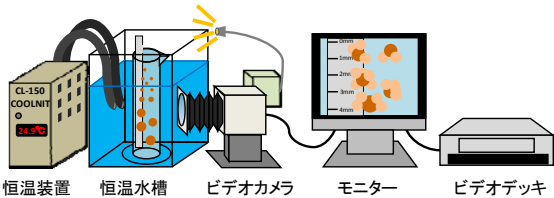


図-1 粒径・沈降速度測定装置

表-1 濁水の諸元と測定した土粒子数

試料No.	1	2	3	4
採水日	2010.9.16	2010.9.16	2010.9.16	2010.9.16
採水時刻	10:55	11:25	12:35	13:50
分析時濁度[NTU]	787	432	143	59
分析時SS[mg/L]	944	466	189	93
測定した土粒子[個]	264	55	53	40
測定倍率	160倍	150倍	150倍	150倍
	300倍	280倍	280倍	280倍

3. 測定結果

測定した各試料のうち、試料-1 と試料-4 について粒径と沈降速度を図-2～図-3 に示す。これらの図には、ストークス式より求めた沈降速度を併記する。土粒子の密度は、JIS A 1202 により求めた。測定した粒径の範囲は、概ね10～800μmである。両試料とも土粒子の粒径が増大するに従い沈降速度が上昇する傾向が見られたが、良好な相関は見られなかった。同一粒径の土粒子に対し、試料-1 では最大2オーダー、試料-4 では最大1オーダー程度の沈降速度の差が見られた。特に、試料-1 では数多くの土粒子を測定したことから、沈降速度のばらつきが大きくなったものと考えられる。また、測定された沈降速度の多くは、ストークス式より求めた沈降速度より遅い結果となった。

測定した土粒子の形状の1例として、試料-1 の画像を図-4～図-5 に示す。出水時に河川から採取した土粒子も、複数の粒子が凝集してブロックを形成している様子が見られる。しかしながら、図-5に見られるように、単一粒子と見られる土粒子も観察された。特にこのような土粒子は粒径に比べて沈降速度が速く、同一粒径に対し沈降速度がばらつく原因と考えられた。

レーザー回折法は、土粒子の粒度分布を測定する1手法であるが、出水時に河川を流下する土粒子はブロックを形成していることから、ストークス式を適用し

て沈降速度を求めた場合、沈降速度を過大に評価する
と考えられた。

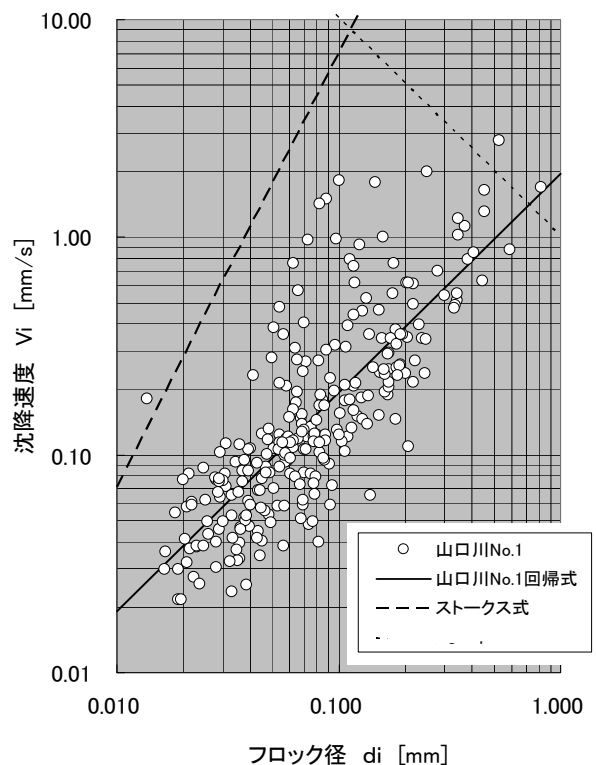


図-2 フロック径と沈降速度（試料-1）

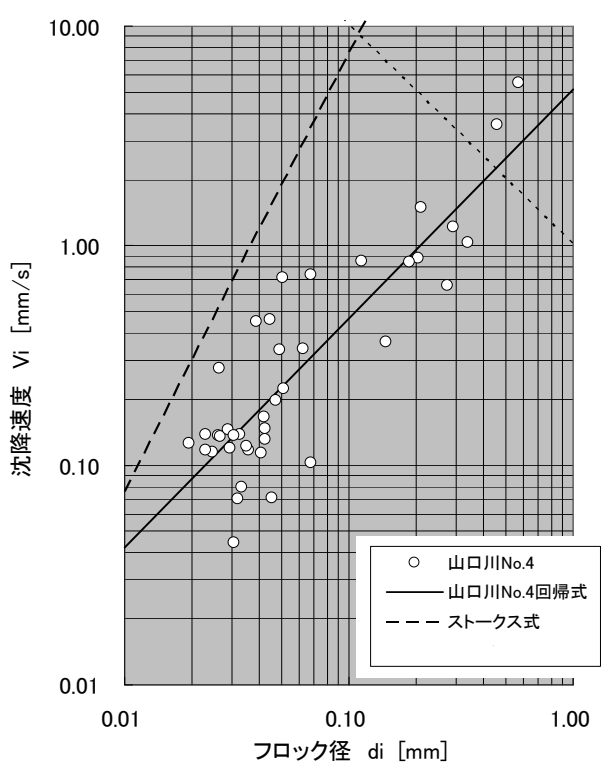


図-3 フロック径と沈降速度（試料-4）



図-4 土粒子の形状（試料-1）(1)

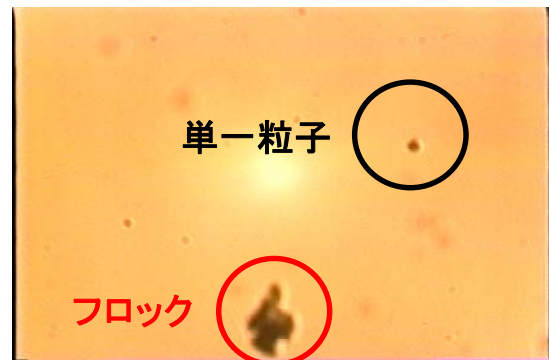


図-5 土粒子の形状（試料-1）(2)

4. まとめ

- 本報告の結果を、以下にまとめる。
- ・現地採取した土粒子の沈降現象を把握することを目的に、利根川水系山口川において採取した4検体の試料の粒径と沈降速度を測定した。各試料とも粒径が増大するに従い沈降速度が上昇する傾向が見られた。
 - ・現地採取した土粒子も、複数の粒子が凝集してフロックを形成している様子が見られた。しかしながら、単一粒子と見られる土粒子も観察され、同一粒径に対し沈降速度がばらつく原因と考えられた。
 - ・現地採取した土粒子の沈降速度は、ストークス式より求めた沈降速度より遅い結果となった。レーザー回折法を用いて試料の粒度分布を求め、ストークス式を適用して沈降速度に変換した場合、沈降速度を過大に評価すると考えられた。

謝辞：本研究を進めるにあたり、筑波大学生命環境系の足立泰久教授ならびに小林幹佳准教授にご指導賜りました。ここに、お礼申し上げます。

参考文献

- 1) 海野仁, 箱石憲昭：微細粒子土砂の粒度分布に関する比較実験, 環境水理部会研究集会 2011.