

沈砂池の製作 —河北潟における泥除去システムの構築—

電子機械工学専攻 2 年：寺田 好彦，西谷 昌記，森田 豊
環境建設工学専攻 2 年：寺田 昌史，西澤 誠，干場 拓弥
指導教員：和田 匡司

1. 背景と目的

河北潟は蓮根生産が盛んな地域である。蓮根の収穫作業において多量の泥水が発生し、川に直接排水されている。そのため、川に堆積した泥を除去することが生産者の大きな負担となっている。そこで、収穫時期に生じる泥水から泥を除去するシステムを構築することにより生産者の負担が軽減できると考えた。

以上の観点から本取組みでは、河北潟における泥除去システムの構築を目的とする。そして、泥除去システムとして沈砂池の製作を行う。その際に、並行して沈砂池に見立てた実験装置も製作し、沈砂池の性能評価および改善方法の検討を行う。

2. 沈砂池とは

沈砂池とは土粒子の重力沈降を利用した泥除去装置であり、浄水所などで用いられている。沈砂池の仕組みを図 1 に示す。沈砂池に泥水が流入すると、重力沈降により泥水に含まれる土砂が沈降し、沈砂池内に堆積する。この沈砂池を蓮根の収穫時に排出される泥水に応用することで、川に流れ出す土粒子の量を減少させる効果が期待できる。

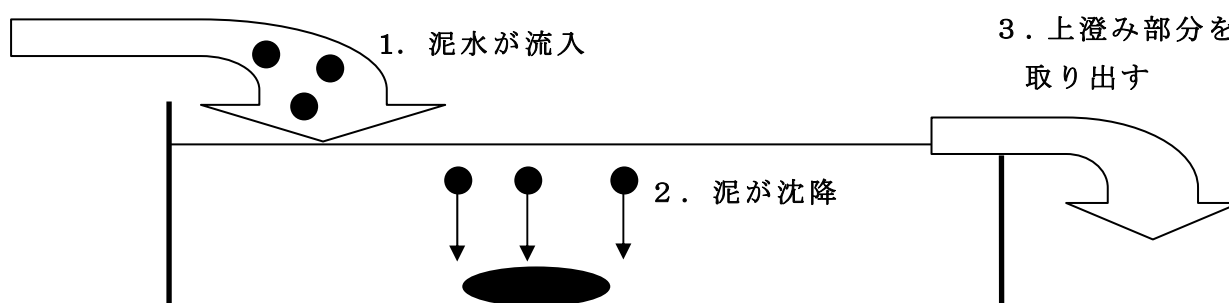


図 1 沈砂池の仕組み

3. 沈砂池の施工

河北潟の一面に図 2 の写真に示すような長さ 5m、幅 1.5m、深さ 0.5m の沈砂池を施工した。一般に粒子が水中を沈降する速度は式 (1) より、粒径によって決まる²⁾。従って、沈砂池の性能は泥水が沈砂池を通過する時間に依存する。そのため、沈砂池を長くすることや、流れ方向に垂直な断面積を大きくし流速を遅くすることで、泥の除去量が増加する。粒子の密度を一般的な砂の密度である 2500kg/m^3 、流量を 160 l/min と仮定すると、本沈砂池では理論上、粒径が $6\mu\text{m}$ 以上の粒子を除去することが可能である。泥水の供給に関しては、施工現場周辺での電源確保が困難であるため、泥水の流入にはエンジンポンプを使用することとした。

$$V_{TS} = \frac{\rho_p d^2 g}{18\eta} \quad (1)$$

V_{TS} : 沈降速度 ρ_p : 密度
 d : 粒径 g : 重力加速度
 η : 粘度

また、施工現場は地盤がゆるく重機による作業は困難であるため、本校専攻科 1 年生 16 名の協力を得て手作業による掘削を行った。今回河北潟に施工した沈砂池は本取組み及び実験をもとに、来年以降利用する計画である。



図 2 施工した沈砂池

4. 実験の概要

河北潟に施工した沈砂池と並行して、実験装置を設計・製作した。この実験装置で沈砂池の有効性の確認および効率向上の検討を行った。

4.1 水槽の製作

沈砂池の性能評価を行うため、沈砂池に見立てた水槽の製作を行った。図 3 に製作した水槽の写真を掲載する。この水槽は河北潟で施工した沈砂池の 1/4 スケールで製作した。河北潟の沈砂池では 160 ℓ /min の流量を想定しているため、式 (2) に示すフルードの相似条件から実験装置の流量を 5 ℓ /min とした。

$$Q_m = Q_p \lambda_l^2 \sqrt{\lambda_l} \quad (2)$$

Q_m : 模型の流量
 Q_p : 実物の流量
 λ_l : 長さの縮尺



図 3 実験水槽

4.2 傾斜板沈降装置の製作

沈砂池の効率向上を目的として傾斜板沈殿池³⁾を参考に水槽内に傾斜板を設置し、その効果を調査した。その仕組みは図 4 に示す通りである。何もなければ図 4 の高さ H だけ沈降しなければならないが、傾斜板を設置することにより、高さ h だけ沈降すればよいことになり、その除去効率は H/h 倍となる。

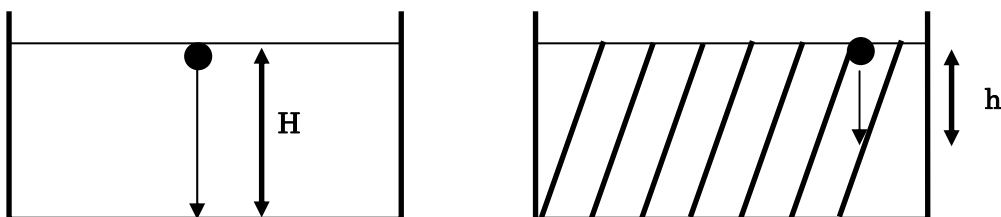


図 4 傾斜板沈降装置の概要

4.3 実験条件

本実験の条件は下記の通りである。

流量：5ℓ/min 採取した泥の含水比：60% 作業時間：7分30秒
 泥濃度：4% 混入する泥の量：160g(湿潤)

河北潟から採取した実験用の泥の含水比を測定したところ60%であることが分かった。そこで、泥濃度を4%にするため、30秒毎に乾燥質量100g(湿潤質量160g)の泥を混入した。水槽の容積がおよそ37.5ℓであるので、この作業を7分30秒間連続して行う。

4.4 実験方法

1. 水槽を水平に設置。
2. 流量を毎分5ℓに調節。
3. 泥水が水槽全体に行き渡る(7分30秒)まで、30秒毎に160g(乾燥質量100g)の土を混入。
4. 上流と下流で同時に3回、200mlの水を採取する。
5. 乾燥炉で乾かし、泥水中に含まれる土の量を測定。
6. 乾燥させた土の粒度分布を測定。

5. 結果と考察

本実験で採取した泥水を乾燥させて得られた土の質量を表1、表2に、粒度分布を図5、図6にまとめた。まず、表1、2で200ml当たりの除去された土粒子の量を比較すると、水槽のみで0.11g、傾斜板設置の場合で0.09gとなった。そのため、傾斜板は設置しない方が良い結果が得られた。また、上流と下流の泥水に含まれる土粒子の粒度分布を測定したところ、どちらの状態においても粒子径の分布にほとんど変化がみられなかった。

除去された土粒子の量が水槽のみの方が良い結果を得られた原因としては、作製した傾斜板の両端の構造から泥が巻き上がりやすくなっていたことや、傾斜板の上部で沈砂した泥が巻き上がり、そのまま流出してしまっていたことが考えられる。また、粒度分布が上流と下流でほとんど差が見られない原因として、実験時の流速が速過ぎたことで沈砂の効果が発揮されなかったということが考えられる。

表1 除去された土粒子量(水槽のみ)

	上流			下流			除去量	
	ma(採取した泥水の質量)	mb(水の質量)	m(泥の量)	mの平均値	1リットル当たりの平均値			
ma(採取した泥水の質量)	101.68[g]	97.59[g]	98.31[g]	96.87[g]	93.72[g]	92.6[g]	—	
mb(水の質量)	101.24[g]	97.15[g]	97.92[g]	96.54[g]	93.4[g]	92.32[g]		
m(泥の量)	0.44[g]	0.44[g]	0.39[g]	0.33[g]	0.32[g]	0.28[g]		
mの平均値	0.42[g]			0.31[g]				0.11[g]
1リットル当たりの平均値	2.11[g]			1.55[g]				0.56[g]

表 2 除去された土粒子量(傾斜板設置)

	上流			下流			除去量
ma(採取した泥水の質量)	97.66[g]	98.75[g]	97.3[g]	90.86[g]	100.66[g]	98.68[g]	—
mb(水の質量)	97.13[g]	98.17[g]	96.78[g]	90.39[g]	100.22[g]	97.75[g]	
m(泥の量)	0.53[g]	0.58[g]	0.52[g]	0.47[g]	0.44[g]	0.43[g]	
mの平均値	0.54[g]			0.45[g]			0.09[g]
1リットル当たりの平均値	2.70[g]			2.25[g]			0.45[g]

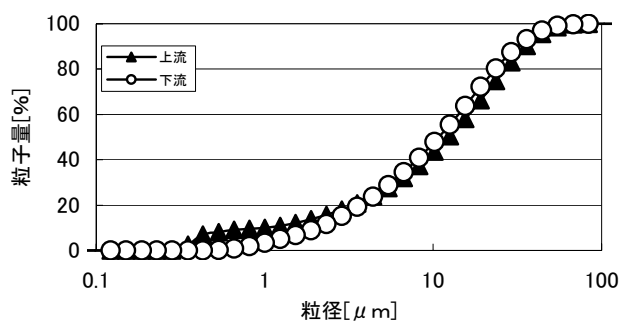


図 5 粒度分布 (水槽のみ)

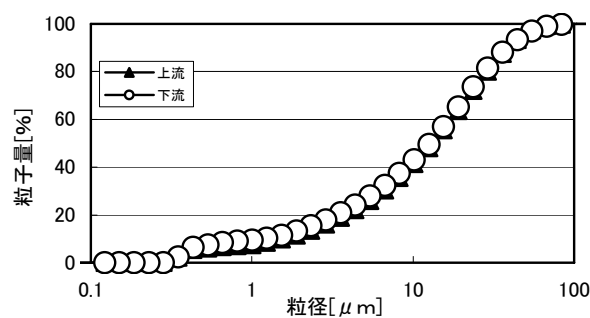


図 6 粒度分布 (傾斜板設置)

5. まとめ

河北潟の蓮根畑から流出する泥水が排出されている現状について確認し、その改善案として河北潟に沈砂池の施工を行った。それに伴い、実験用の装置を作成し沈砂池の有効性の確認および効率向上の検討も行った。その結果、想定している沈砂池では十分な泥の除去が行えないことが分かった。そのため今後、沈砂池の設計を全面的に見直し、改良を行っていく必要がある。

6. 今後の課題

今回の沈砂池の設計・製作の結果を元に、以下の課題を今後検討していく必要がある。

1. 泥混入時に発生する水の乱れが沈砂池内に与える影響
2. 泥水の流入箇所の違いによる沈砂効率への影響
3. 沈砂池を流れる泥水の流速
4. 沈砂池の規模 (断面積、長さ)
5. 傾斜板の材質
6. 傾斜板に上部における沈砂した砂の巻き上がり

参考文献

- 1) 細井正延, 杉山錦雄, "新編土木工学講座 12 水理学", pp.332, 1992
- 2) 高橋幹二, "基礎エアロゾル工学", pp19, 1978
- 3) 傾斜板沈殿池

https://www.jpo.go.jp/shiryous/s_sonota/hyoujun_gijutsu/mizushori/1-3-1.pdf#1-1