

N-3 特殊水中ポンプとガラス発泡浮上ろ材を用いた ため池底泥の資源循環・生態系保全システム

○羽鳥 潤¹・青井 透¹・渡辺 一樹²・安田 大介³・田中 祐介³

¹群馬工業高等専門学校・専攻科環境工学専攻(〒371-0845群馬県前橋市鳥羽町580)

²岐阜大学工学部社会基盤工学科(〒501-1193岐阜県岐阜市柳戸1番1)

³東北大学大学院工学研究科土木工学専攻(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)

* E-mail: aoi@cvt.gunma-ct.ac.jp

1. はじめに

群馬県内には600余の農業用ため池がある¹⁾が、多くのため池が、埋没の危険にさらされている。しかし、これらのため池には、多くの貴重な植物種や動物種(例えば二枚貝とタナゴ類の共存など)が残されており、貴重な生態系を保全することが望まれる。

しかし現状の浚渫方法では、池水を一旦抜き空にした後、重機等により砂泥を排除するため、生態系は壊滅的に破壊されてしまうのみならず、砂泥に各種のゴミが混在する場合には、産業廃棄物の適用を受けるため過大の費用が発生する。そこで、浚渫泥を資源循環でき、生態系を保全できる浚渫方法が望まれる。

本研究室では、校内にある農業用ため池の底泥堆積量を毎年測定すると共に、特殊水中ポンプによる部分浚渫法を、長年にわたり検討^{2,3)}してきた。本技術は、ため池底泥の一部を、移動式フロートに搭載された特殊水中ポンプにより流動化し、スラリーを地上に輸送してゴミ除去後固液分離し、砂・泥は回収利用し、水はため池に戻すという生態系保全型かつ資源循環型の技術である。

本研究室で開発してきた本技術が、平成17年度群馬県環境新技術導入促進事業に採択され、NPOが受注し本研究室の提案プロセスで、実証プラントを建設した。そして、ため池の底泥浚渫を大規模に行い、資源循環・生態系保全型フロートポンプシステムの、長期安定性及び回収底泥の利用可能性について、検討を行ったので以下にその経緯について報告する。

2. 高専内農業用ため池埋没の経緯と現状

本実証試験は、群馬高専敷地内に位置する水面積6900m²の農業用ため池(正観寺沼)で行なった。正観寺沼は底泥が堆積し、大量のゴミも混在し劣悪な状況である。ため池への土砂の流入状況確認のため2001年度から毎年底泥分布調査を実施している(図1)。

2001年には、全容量の概ね5割ほどが埋没していたが、2005年には、7割程度がほぼ埋没してしまっているため、年間300~400m³程度の土砂が流入沈積していると考えられる。

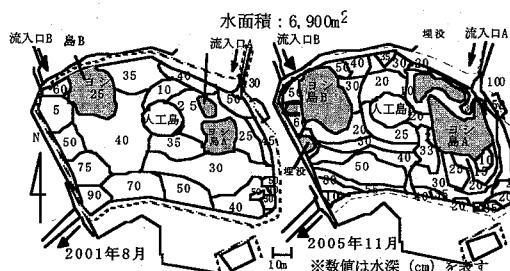


図1 正観寺沼の堆積分布状況の年次変化

3. 特殊水中ポンプの開発経緯と性能

底泥の部分浚渫には、特殊水中ポンプ(図2)を使用した。このポンプは、水中ノンクロックカッターポンプをベースとして、サンドポンプに使用される攪拌羽根を、独自に結合したものである。カッター部で植物の根などの繊維質のゴミを裁断し、攪拌羽根で底泥を巻き上げ攪拌し、空缶等のつまりによる吸入口の閉塞を防ぐことで、泥・砂・植物繊維が全て排除可能で、殆どどのような底泥でも浚渫可能である。ただし、ビニル類だけはインペラやシャフトに絡まってしまって、充分には対応できなかった。ビニル類による閉塞除去には、上流水路にスクリーンを設けて、別途流入を防止する工夫が必要である。

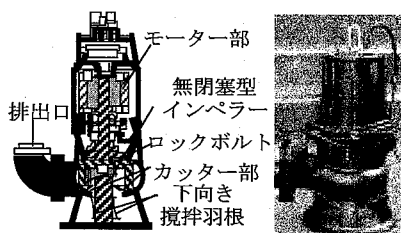


図2 独自開発攪拌羽根付水中ノンクロックポンプ

4. 送液スラリーの固液分離及び資源回収システム

本システムは、フロートに搭載した特殊浚渫ポンプからスクリーンまでの浚渫砂泥輸送システムと、固液分離槽での分離濃縮による資源回収システムで、構成されている(図3)。

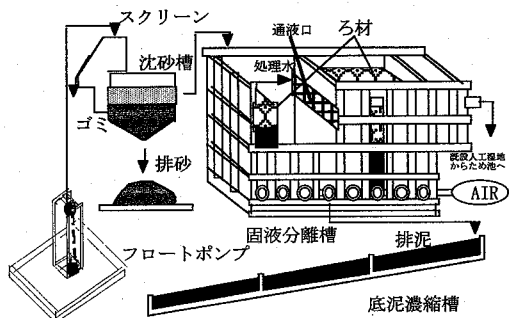


図3 フロートポンプシステム全体フローシート

(1) ウェッジワイヤスクリーンと沈砂槽

ポンプにより送液されたスラリー中には、裁断された植物の枝葉や沈積ゴミ（プラスチック等の目視で確認できる大きさ）、細かなビニル等が含まれている。それらが固液分離槽に混入すると、処理能力の低下や排泥口の閉塞がおこるため、ウェッジワイヤスクリーン（40cmW×60cmL、スリット巾5mm、スクリーン角度50°）を用いたゴミ除去装置を製作した。連続運転の結果、細かな沈積ゴミ及び有機物を25%程度含有する植物由来の夾雑物も、確実に除去できることが分かった。

ゴミが除去されたスラリーは、沈砂槽（直径0.65m×1.4mH、滞留時間2、3分）で砂分が除去され、下部の排砂口から引き抜くことで、洗い砂として回収できる。

(2) 底泥高速固液分離槽の概要

砂除去後の底泥を無薬注で高速に分離するために、図3に示した浮上ろ材を用いた上向流ろ過方式を採用した。

固液分離槽（1.4mW×3.5mL×2mH、有効容量7.8m³）は、滞留時間40分、底泥除去率95%以上という設計条件で製作されたものである。ろ材には、一般廃棄物の着色ガラスを原料とするガラス発泡浮上ろ材（図4）を用いた。固液分離槽のろ材に補足されたSSは、間欠的な排泥時の水面低下に伴う攪拌により定期的に脱落し、下部の排泥口から高濃度底泥として引き抜かれる仕組みである。

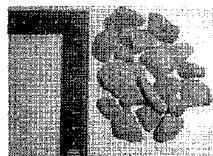


図4 浮上ろ材の外観と性状

直径(mm)	15~20
真密度(g/cm ³)	2.13
かさ密度(g/cm ³)	0.46
無機物・天然素材・資源循環品	

(3) 底泥高速分離槽の性能試験

1時間毎に、流入水、固液分離槽下部引抜泥、処理水を採取し、SS濃度を測定し、その結果を表1に示した。底泥除去率は95%以上であり、安定した処理能力を持つことがわかった。そして、下部引抜泥は、平均固形物濃度は13~15%であり、底泥固液分離槽の分離・濃縮は、ほとんど無動力の運転にも関わらず安定して機能していた。

表1 流入水・下部引抜底泥・処理水・SS濃度の変化

採水時間	単位	流入水		処理水		下部引抜泥
		流量	SS濃度	SS濃度	固形物	
		m ³ /時	g/ℓ	mg/ℓ	%	
1	9:00	7.07	69.9	90	17.6	
2	10:00	8.26	6.9	372	16	
3	11:00	8.26	127	363	16.5	
4	12:00	8.26	16.9	530	17.4	
5	13:00	8.87	36.7	337	12	
6	14:00	7.66	17.3	490	3.7	
7	15:00	8.87	8.8	567	11.7	
8	16:00	8.26	28.9	505	9.5	
9	17:00		13.8	570		
平均値		8.19	36.3	425	13	

(4) 沈砂槽・固液分離槽粒径分布試験

運転開始から1ヶ月後に、流入水、沈砂槽引抜泥、固液分離槽引抜泥を試料採取し、ふるい分け試験を行なった。本試料は、粒径がかなり細かいと予測されたので、試料が湿った状態で試験を行なった。また、運転開始6ヶ月後には、浚渫が更に進み、泥から砂の浚渫に移ったと考えられるため、もう一度ふるい分け試験を行なった。試料を乾燥させ、スクリーン上泥、沈砂槽引抜砂を試料とし、試験を行なった。図5に各試料の粒径分布を示した。

60%通過径（平均粒径）・有機物含有率の結果を表2にまとめた。1ヶ月後の結果から、沈砂槽引抜泥、固液分離槽引抜泥の平均粒径は、それぞれ0.25mm、0.09mmであったことから、沈砂槽と固液分離槽で、砂と泥が分離して回収されていることが分かった。6ヶ月後の結果は、スクリーン上泥・沈砂槽引抜砂の平均粒径はそれぞれ0.42mm、0.32mmであり、送液スラリーの主成分が、砂であることを示しており、浚渫の進行に伴い、泥から砂の浚渫に移ったことがわかる。沈砂槽引抜砂では、有機物含有率も0.8%と低く、回収した砂はそのまま再利用が可能である。

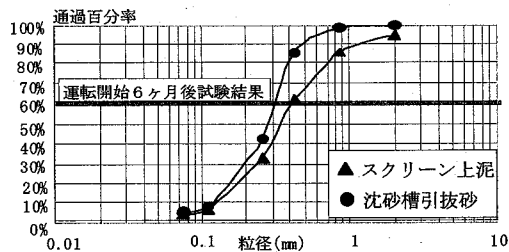
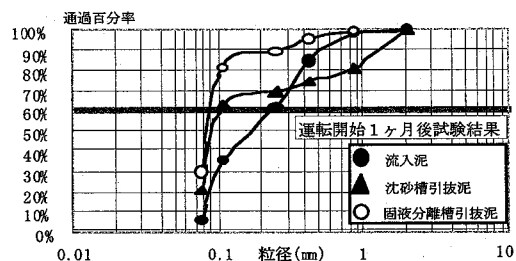


図5 各時期における各処理工程砂泥の粒径分布測定結果

表2 各処理工程砂泥の60%通過径・有機物含有率

運転開始	試料	60%通過径	有機物含有率
1ヶ月	流入水	0.1mm	34.5%
	沈砂槽引抜泥	0.25mm	4.9%
	固液分離引抜泥	0.09mm	35.6%
6ヶ月	沈砂槽引抜砂	0.32mm	0.8%
	スクリーン上泥	0.42mm	1.5%

5. 回収浚渫底泥の循環資源としての性能評価

(1) 回収浚渫底泥の性状

固液分離槽の引抜泥、底泥濃縮槽の泥（引抜泥を1晩傾斜水路で水抜き）の固形物濃度を測定した。固液分離槽引抜泥濃度は15%程度であったが、底泥濃縮槽の泥濃度は、30%程度であった。1晩水抜きさせただけで、より濃縮されたことが分かる。濃縮槽泥の有機物含有率は、15%と高い値を示し、良質な腐葉土になると考えられる。

(2) 有害物含有試験

回収した底泥の資源利用のために、安全性確認として有害物含有量の測定を実施した。測定結果を表3に示すが、回収泥は銅と亜鉛を多く含んでいることが分かるので、銅と亜鉛の影響について検討した。

表3 回収底泥の各成分含有量分析一覧表

項目	単位	回収底泥の含有量	農用地(田)に用いるための基準値	備考
鉛	mg/kg	65	<10	
ヒ素	mg/kg	13	7.4	
クロム	mg/kg	23	6.6	
マンガン	mg/kg	350	610	
銅	mg/kg	130	12	<12.5
亜鉛	mg/kg	640	360	農用地(田)に限る<120(暫定管理基準)
カドミウム	mg/kg	<1	<1	
水銀	mg/kg	<0.2		
T-N	%	0.6		
T-P	%	1.31		
VS	%	15		
ダイオキシン	pg TEQ/g	23	150	

注記：亜鉛の基準は土壌中の重金属等の蓄積に係る暫定管理基準である

(3) 回収底泥の発芽試験と評価

回収した底泥を空気酸化させたものを、市販の黒土を対照として、二十日大根、小松菜、枝豆の3種類について発芽試験を実施した。室内明所で発芽試験を1週間継続し、最終日に苗を引抜き、大きなものから15本選び、苗総重量を測定した。二十日大根については、2回発芽試験を行い、再現性を調べた。

発芽試験の結果を図6に示すが、各作物ともに底泥の方が、成育が良好であった。表4に再現性試験の結果を示すが、2回の試験ともに底泥の方が生育が良好であった。有機物含有量は、底泥で12%、黒土で18%で黒土の方が高かったが、底泥に含まれている銅や亜鉛が、発芽促進の効果を与えていることが推定された。

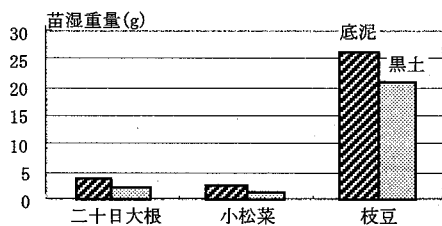


図6 黒土と底泥発芽試験での苗湿重量の比較

表4 二十日大根による発芽性能試験結果一覧

項目	1回目		2回目	
	底泥	黒土	底泥	黒土
苗重量(g)	3.51	2.11	3.88	2.20
茎長さ平均(cm)	9.1	8.25	11.8	9.7

(4) ミネラル添加黒土発芽試験と評価

そこで、市販の黒土に、銅と亜鉛をそれぞれ底泥含有量の25、50%相当量添加して発芽試験を行い、成育効果を確認した。発芽試験は、二十日大根種30粒を用い、前回と同様の測定方法で行なった。

ミネラル添加黒土発芽試験の関係を図7に示す。添加した全てのケースで、二十日大根の苗は重くなり、成育が良好であった。このことから、銅と亜鉛が発芽促進効果があることが認められた。この結果から好気化した底泥は、育苗土として有効利用できると考えられる。

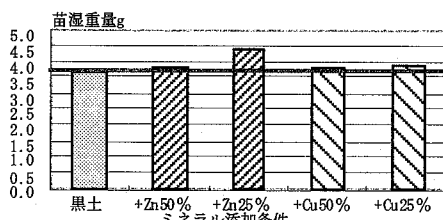


図7 黒土へのミネラル添加と二十日大根苗重量の関係

6. まとめ

提案システムの実証運転により、ため池に沈積した砂・泥を、部分浚渫法により陸上に排出することが可能になった。また、スクリーン、沈砂槽、固液分離槽で、ゴミ、砂、泥の三種類に分離して、回収できることを確認した。回収した泥は良質な育苗土、砂はそのまま洗い砂として利用できる。

この資源循環・生態系保全型の浚渫方法は、埋没の危険にさらされている農業用ため池や、公園等の池や堀の底泥排除に適用可能な、経済的で安全な方法である。

謝辞

群馬県内の農業用ため池の現状については、群馬県庁農業基盤整備課より資料提供を頂きました。また、200Vフロートポンプの長期運転には(株)アンザイより発電機への貸与を受けました。県事業の採択にあたりNPO社会技術研究所に大変お世話になりました。厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1)群馬県農業基盤整備課(2005)県内ため池一覧表
- 2)小野文彦、青井 透(1997)汚濁した農業用ため池水におけるフロートポンプによる底泥の直接浄化、土木学会第52回年次学術講演会講演概要集, pp198-199
- 3)安田大介、田中祐介、斉藤達之、住谷敬太、青井透(2005)フロートポンプシステムによるため池底泥の生態系保全・資源循環型部分浚渫法の開発、土木学会第42回環境工学研究フォーラム講演集, pp84-86