

B-17 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

群馬高専・専攻科環境工学専攻○安田大介、田中祐介、斉藤達之、青井透
長岡技術科学大学大学院修士課程 環境システム専攻 住谷敬太

1.はじめに

現在、農業用ため池は、農業用水路の普及により重要度が低下し、定期的な掻り掘りも実施されず、降雨時の土砂流入により、埋没の危機に瀕している。また、ため池は、多くの貴重な動植物種を有する環境を保存している場合が多く、生態系を保全できる底泥の浚渫方法が望まれる。

しかし、現状の浚渫方法では、水を一旦抜き空にした後、重機等により土砂を排除するため、生態系は壊滅的に消滅してしまうのが一般である。さらには、除去された底泥にはゴミが含まれている状態が多く、本来廃棄物扱いを受けない浚渫底泥であるが、ゴミの混入比が高い場合には、産業廃棄物の適用を受けるために、処分費を含めると、その実施費用は膨大である。

そこで本研究では、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、フロートポンプシステムによる部分浚渫法を、長年にわたり検討してきた。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浚渫攪拌ポンプにより流動化し、ホースにより地上に輸送して、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。以下に検討の経緯について報告する。

2.正観寺沼埋没の経緯と底泥の性状調査

2.1 底泥分布調査と現状 本研究は、群馬高専の敷地内に存在する水面積6,900m²の農業用ため池の西湖(正式名称:正観寺沼)で行なった。西湖には、農業由来のビニル類や植物残渣に加えて、空き缶やボトル類や生ゴミも流入している。また、強降雨時には、上流水路に堆積していたヘドロや粘土・シルト類および砂が巻き上げられて流入し、ゴミとともに沈積し、腐敗して悪臭をはなっている。

平成3～4年の冬期に全面浚渫(浚渫土砂量約2800m³、ダンプ400台分)と一部護岸改良工事を実施し、ため池の最大水深1.08mまで全量を除去し、土砂塵溜施設(2×2×2m)とスクリーンが設置された。ところが、スクリーンはゴミがつまると結局破棄され、土砂溜も管理が行なわれず、1996年には既に2000m³近くの底泥が堆積し、ゴミも浮かび劣悪な状況となった。そこで、ため池への土砂の流入状況を確認すべく2001年度から底泥分布調査を開始した(図1、図2)。

2001年には、2つの流入口付近にすでに3つの島が形成され、全容量の概ね5割ほどが埋没していたが、年々新しい島が形成・拡大し、2004年には島A、Bの大きさは2倍以上となり、7割程度がほぼ埋没している。改修工事で以降14年間で、7割程度が埋没(堆積島も考慮)していることから、西湖には年間300～400m³程度の土砂が流入沈積していると考えられる。よって、部分浚渫により、西湖の埋没を防止し、維持していくには、砂分なら300m³、泥分なら含水率を考慮すると、砂分の10倍程度の排泥及び処理処分が可能な能力を有する、フロートポンプシステムの開発が求められる。

2.2 場所による底泥粒径分布の違い 図2のように西湖東側のルートの底泥を順に採取し、泥の粒径分布を調べ、各調査地点の試料から求めた粒径分布の結果を図3に示した。調査の結果、流入口付近から、D地点までは流速が速く砂質土分が多く、E地点では50%近くが粘土・シルトであった。

3.部分浚渫用フロートポンプの開発経緯と結果

3.1 100V水中ノンクログポンプシステム E地点での底泥の部分浚渫を可能にするために、図4のようなフロートポンプ(1.2×1.4m)を製作した。搭載したポンプは攪拌と浚渫用の2台で、無閉塞型水中ポンプ(ツルミ4-PU,100V,400W,0.1m³/min×5mAq)を用いた。2台のポンプを1つの台船に搭載し、巻き上げ汚泥の移送能力を向上させるとともに、ロープで引っ張ることにより前後左右への移動性能を付与した。ポンプをE地点に設置し、定期的に移動させ連続実験を行った結果、堆積した底泥(厚さ40～50cm)はほぼ完全に掘削できることが分かった。しかし、底泥が過度に堆積した場所(厚さ80～90cm)では、フロートポンプの底部が引っ掛かり、移動できないという課題も残した。E地点で

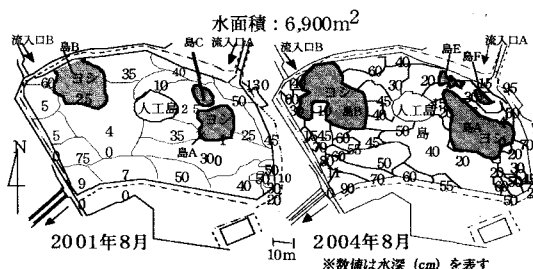


図1 西湖の堆積分布状況の年次変化

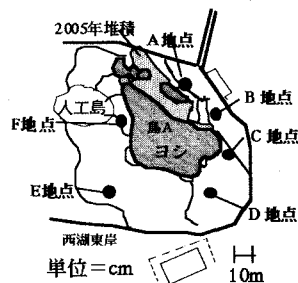


図2 粒径分布調査地点

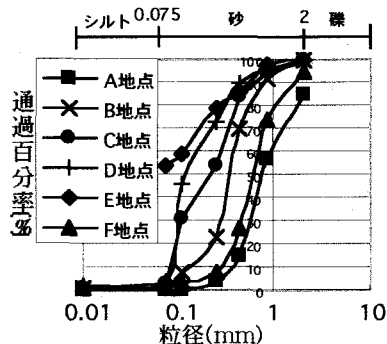


図3 各地点における粒径分布

の浚渫前後に採取した底泥と、移送された底泥の粒径分布の一例を図5に示した。約50%存在していた0.075mm以下のシルト分は半分近くまで除去できたが、0.25mm以上の砂成分はこのフロートポンプでは、ほとんど除去できなかった。以上のことから、製作したフロートポンプは、腐敗の原因である粘土・シルト分を概ね除去することができたので、この方法で装置を稼働させれば西湖の底泥は除去可能であり、生息する生物にとって、大幅な環境改善が可能となるが、砂質土はほとんど除去できないという問題が残った。

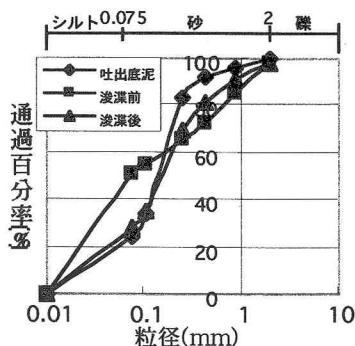


図5 E地点の底泥粒径分布

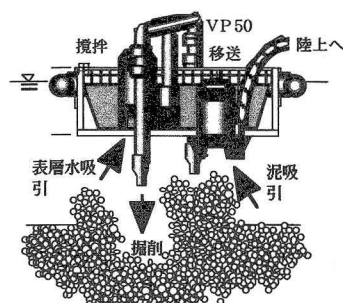


図4 100V水中ポンプフロート

3.2 200V水中ノンクログカッターポンプシステム 上記の方法では粒径の大きな砂泥は移送できないため、ポンプを200V3相の汎用タイプに変更し、砂泥の浚渫を試みた。吸い込み口にカッターがついたノンクログポンプを選定し、湖底にある枝や植物の根といった繊維質のゴミを裁断してから、無閉塞型インペラーにより排出させることで、つまり防止を試みた。砂泥の巻き上げには、ポンプの吐出量の1部を分岐し、吸引口の近くで噴射することで対応した。図6に概要を示した。浚渫前の粒径とはほぼ同等の砂泥を除去できたことが分かったが、ポンプの排出量の半分程度を噴射巻き上げに返送したため、砂泥の排出効率は予想以上に低かった。また、汎用ポンプなので吸引口直径は70mm程度あるため、空き缶が縦にすっぽり入って閉塞するトラブルが多発し、長時間運転は困難であった。

3.3 200V水中サンドポンプ カッターポンプの問題を改善するために、図7のような水中サンドポンプをリースして実験を行なった。このサンドポンプは、クローズドインペラータイプで、ポンプ軸の延長下側に下向き攪拌羽根が設置されており、攪拌羽根の回転によって下向水流を発生させ、巻き上がった砂泥が、側面や下部のストレーナー（ゴミなどの流入を防ぐ網）を通して吸い込まれる仕組みとなっている。

ため池流入部の砂質土の多い場所で試運転を行なった結果、乱流効果により砂質土の巻き上げがおこり、砂質土は順調に陸上に送液された。また、移送された砂泥と浚渫前の砂泥の粒径分布を比較した結果、ほぼ同様の粒径分布を示した。VS含有率も1~3%と低く、砂質土はサンドポンプで浚渫できることが分かった。しかし、ストレーナーにより、空き缶等の大きなゴミの吸引を防ぐことはできたが、西湖に多数生息している水生植物（ヨシなど）の根に代表される繊維質のゴミやビニル等が、ストレーナーの穴を通り抜けてしまい、クローズドインペラーに絡まって作動不能になってしまうという問題があり、砂と泥の混合物には使用できないことが分かった。

3.4 200V攪拌羽根付水中ノンクログポンプシステム カッターポンプもサンドポンプも、他方ない良い点がありながら双方とも連続運転をすることは不可能だった。そこで、双方の特徴を合わせ持ったポンプの開発を試みた。ベースとしたポンプはサンドポンプの問題点であった繊維質のゴミを裁断揚水できるカッターポンプである。カッターポンプの問題点は、空き缶等の固形物が吸込口を閉塞させることにあったが、サンドポンプと同様な形状の下向き攪拌羽根を設けたシャフトを自作して、インペラーのφ10ロックボルト部に取り付けた。図9にその概要を示した。これにより、ポンプの砂質土攪拌性能が上昇し、またシャフトが吸入口を貫通することで、通過口径が小さくなり、缶の吸い込みというカッターポンプの決定的な弱点も克服できた。

改良型カッターポンプは、重量が約60kgあり、ポンプの垂直方向移動には、チェーンブロックを用い、ポンプを昇降可能にすることで、高さ調節機能を持たせた。図9に改良型フロートの概要を示す。フロートにはφ200VU管のフロートをフレームで固定し、補助として高さがほぼ同じポリタンクを取り付け、1.5m四方の前後左右に移動可能な本体とした。また本体のバランスを保ち、ポンプの揺れを防止する縦70cm、横40cm、奥行60cmのポンプガイドを取り付けた。

ポンプの掘削能力は、D地点付近で、同じ場所を掘削し続けた結果、5分間の稼働で約40cm程度、底泥を掘削できることが分かった。しかし、フロートを移動させ、ポンプの昇降により底泥が高く堆積している地点での連続運転も試みた結果、ポンプが湖底と接触するほど近付けても運転に支障はないことが分かったが、ある一点のみを掘削し続けていくと、SS濃度が60%程度まで上昇したため、ホース閉塞

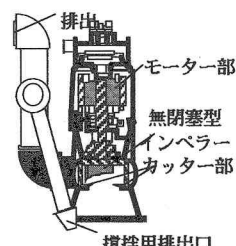


図6 200V水中ノンクログ カッターポンプ

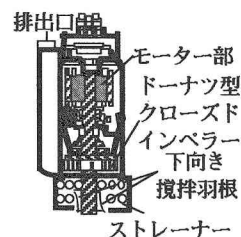


図7 200V水中サンドポンプ

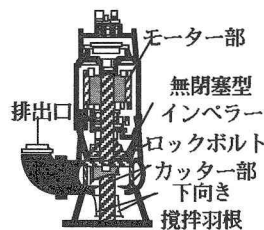


図8 200V攪拌羽根付水中ノンクログポンプ

を起こしてしまった。長期運転を考えると、砂質土ではポンプの昇降速度を調節し、10～30%程度のSS濃度を維持することが必要である。植物質の繊維や小さなプラスチック等のゴミはカッターにより破碎し、空き缶等の大きなゴミは攪拌羽根により、吸入口につまることはなくなったが、ビニル類だけはどちらでも対応できず、インペラーに絡まってしまう結果となった。よって、ビニル類だけはポンプの改善だけでは対応できないと考えられるため、ため池の流入口でスクリーン等により予め除去する必要は残っている。

製作したフロートにポンプを搭載し、能力を確認するために、ため池流入口の砂質土の多いB～D地点（A地点は島になっているため除く）で、浚渫実験を行なった。B地点とD地点の浚渫結果をサンドポンプの吐出データと比較して図10に示した（C地点はB地点とD地点の中間の値を示したため除く）。改良したカッターポンプは攪拌羽根が巻き上げた砂質土を吸入するため、砂分（2mm以下、0.075mm以上）の浚渫はサンドポンプと同等の能力を発揮した。例えば砂分が多いB地点では、浚渫前と移送された底泥の粒径分布がほぼ同じ曲線を示していることから、B地点のような砂質土なら完全に底泥を除去できることが分かった。また、D地点での曲線の変化から、改良型カッターポンプはサンドポンプでは植物繊維巻込により運転できなかった0.1～0.5mm程度の粒径の泥を除去する能力も合わせもっていると考えられる。また、砂質土は浚渫時に池水で洗浄されるために洗い砂として回収できる。このポンプを使用することにより概ねどのような底泥でも浚渫は可能であることが分かった（ビニルは要注意）。

3.5 陸上に回収された砂及びヘドロの循環利用の可能性

砂分、粘土・シルト分が浚渫できることが分かったため、移送した底泥を、西湖に設置した50ℓ容量のプラ舟を用いて、砂分を沈澱させた後、5m×10mと5m×8mの水耕栽培ベッド（滞留時間50分、40分）へと流し、沈殿と植物根によるろ過をおこない、水をため池へと戻す循環システムを構築した。水耕栽培ベッドには、クレソン、セリ、ミント等の水生植物を栽培しSS除去を行った。その結果、9割以上のSSが除去できることを確認した。植物の根に絡み付いた底泥は、植物を間引くことで、同時に除去でき、底泥自体は空気酸化を受けると良質の腐葉土になることが分かった。以上の結果から、実際のため池でも、このような簡単な仮設底泥回収設備を設置することで、底泥の浚渫と浚渫砂泥の再利用が可能となり（水生植物の生育に時間がかかる場合には剪定枝の破砕物が利用できる）、貴重なため池を保全することができる。

4. まとめ

ため池底泥を空にしてから排出する方法は農閑期等で季節に限られ、腐敗した砂泥の系外排出には、ゴミを混入する場合には産業廃棄物の処理処分として多大な費用がかかる。それに対して、本技術は池沼を空にすることなしに部分的な浚渫が可能であり、堆積底泥は洗い砂や腐葉土として資源利用できるように、費用は低減し、年間を通しての実施が可能な、資源循環型かつ生態系保全型の技術である。

現在多く実施されている、水抜き後重機により底泥を掘削排出する方法は、産業廃棄物の問題とともに、生態系を壊滅的に破壊する問題がある。しかし、本技術は、産業廃棄物を極少量排出する（回収したびん・カンやゴミ類を廃棄物として処理）だけで、浚渫底泥のほとんどは再利用が可能であり、連続的に部分浚渫を実施するために、生態系を破壊することもない。

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、提案フロートポンプシステムは、底泥及び砂の仮設分離回収設備を組み合わせることにより、多くの池沼で経済的に適用することができると思われる。

謝辞

本研究で200V汎用ポンプの電源には(株)アンザイより発電機を長期借用させていただいた。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)青井 透(2002)ため池改修工事での生き物の回収・退避と校内屋上ビオトープでの生態系の定着、環境施設、No. 90, pp73-79
- 3)住谷敬太、船越剛、青井透(2002)水耕ベッドとの組み合わせによるため池腐泥の自動改質浚渫装置の性能評価、土木学会第39回環境工学研究フォーラム講演集、pp25-27
- 4)青井 透、山田真義、藤井政光、高橋克夫(2001)下水処理への膜の導入による利根川上流域での水の循環利用の可能性、造水技術、Vol.27, No.1, pp14-21
- 5)信澤守、大森美香子、青井透(1998)フロートポンプと水耕生物ろ過を組み合わせたため池底泥の浄化システム、環境技術研究協会第5回シンポジウム「環境用水の汚濁とその浄化」論文集、pp176-179
- 6)山田真義、小野文彦、小池仁、大森美香子、青井 透(1997)汚濁した農業用ため池水質・底泥の直接浄化、「環境用水の汚濁とその浄化」第4回シンポジウム講演論文集、pp171-174
- 7)小暮匠倫(2005)西湖埋没汚泥の現状と新しい除去方法の開発、平成16年度群馬高専環境都市工学科卒業論文
- 8)金子浩太(2003)西湖埋没の現状と対策、平成14年度群馬高専環境都市工学科卒業論文

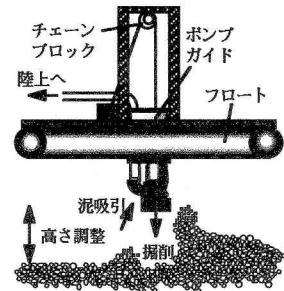


図9 改良型ポンプフロート

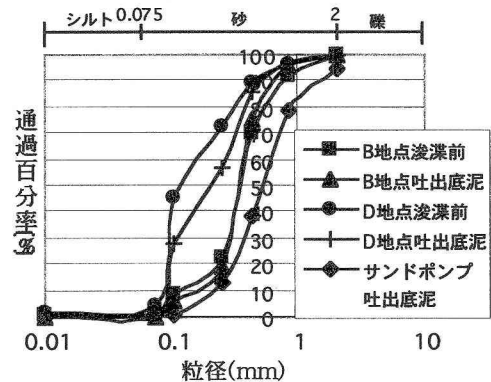


図10 改良型ポンプの底泥の粒径分布