

浅い湖の底泥巻き上げに寄与する乱れ強度の再現実験

宮崎大学 工学部 学生会員 小手川洋俊
 宮崎大学 正会員 入江光輝

1. はじめに

イシュケウル湖はチュニジア国北部に位置し、潮の干満と湖水位に応じてビゼルト湾から水路(図-1 中赤線)を通じ、海水が流入する汽水湖である。豊かな自然条件と生態系のもと 1980 年にはユネスコ世界自然遺産に登録された。しかし、その後に水資源開発のため 3 つの流入河川(図-1 中オレンジ線)上流に貯水池が建設されたことにより、淡水流入量が減少して塩分濃度が増加し、生体系に悪影響が及んだ。一般にはこの淡水流入の減少が湖水位低下の要因とされるが、畠, 入江¹⁾らは貯水池建設によって生じた土砂流入の減少もその要因の一つである可能性を指摘している。すなわち、土砂流入減少の一方で、冬季強風時には底泥が再浮上し、イシュケウル湖からビゼルト湾への土砂流出は継続したため、貯水池建設以前はバランスしていた湖内土砂収支がマイナスとなって湖底高が低下し、夏季の塩水流入が促されている。これに対し、微生物作用による炭酸カルシウム膜を底泥表面に析出させ、底泥の再懸濁を抑制することを提案している²⁾。本研究では、将来的にその炭酸カルシウム膜による巻き上げ抑制効果の評価を行うことを視野に入れ、風による擾乱を模した装置を準備し、室内実験により現地底泥の再懸濁特性の把握を試みた。



図-1 イシュケウル湖詳細地

2. 実験方法

(1) 実験装置の概要

巻き上げ特性を評価するため、現地では別途流速と濁度の観測が行われ、水の乱れ強度と濁度の関係を定式化している(未報告)。その測器設置と定式化手法にならって本研究を行った。図-2 のように縦横 25cm、高さ 100cm の水槽に現地採取した底泥を敷き、その底泥から上部 50cm の位置に電磁流速計、濁度計を設置した。そして、攪拌フィンを取り付けた電動ドリル 4 本を使用し、湖水中の擾乱の再現を試みた。流速計、濁度計のサンプリング間隔は 0.1s で行い、水の乱れ強度は電動ドリルの回転速度を変えることにより調節している。また、濁度計出力値と現地底泥の SS 値の関係は事前にキャリブレーションした。以下では懸濁に関する値は現地底泥の SS 値に変換したものを示している。電動ドリルの回転数を段階的に上昇させ、各段階における乱れ強度と SS 値の関係を整理した。

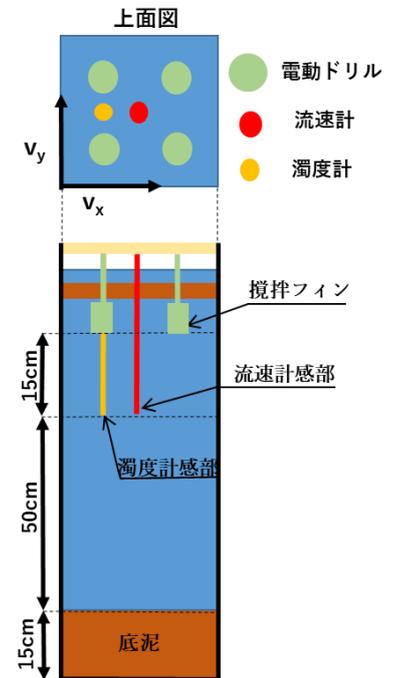


図-2 実験の設定条件

(2) 解析方法

図-3 に SS 及び流速の計測例を示す。この例ではドリルの回転数を 4 段階で上昇させ、各段階で濁度の計測値が安定し、巻き上げと沈降が平衡した区間を以下の解析の対象とした。乱れ強度は水平 2 方向の流速から絶対流速の変動をフーリエ解析して卓越周期を求めるとともに、流速の二乗平均平方根を求めて次式で示すレイノルズ数として表す。水の動粘性係数 ν は水温により決定される。図-4 はレイノルズ数の算出値を示している。

$$Re_w = \frac{U_{bw}^2 T}{\nu} \quad (1)$$

そして、ドリルの回転数の段階ごとにレイノルズ数と平均濁度の関係性を調べた。

3. 実験結果と考察

図-5 に 3 ケースの乱れ強度と濁度の関係をまとめたグラフを示す。乱れ強度の上昇に応じて、SS が直線的に上昇する関係になっていることが分かる。しかし、実験 1 ケースあたり 4 段階でドリルの回転数を上げたが、実験ケースごとに乱れ強度と SS の関係が若干異なっている。また、回転数の最も少ない第一段階で明確な濁度上昇の見られないケースもあった。これらの要因として底泥表面に形成される数 mm 程度の薄い膜が巻き上げ抑制に寄与している可能性が考えられた。そこで各ケースの実験開始前にその膜の厚さを計測し、図-5 の乱れ強度と濁度の傾きとの関係性を調べた。図-6 に示すように膜の厚さが厚くなるほど傾きが小さくなり、巻き上げが抑制されていることが分かった。現段階では自然発生したこの膜状の層がいかなる成分でどのように形成されたかは分かっていないが、本研究で想定する微生物作用による炭酸カルシウム膜に類するものであれば、その巻き上げ抑制効果が大きく期待できると考えられる。

4. おわりに

本研究では電動ドリルを用いた装置を準備し、擾乱による巻き上げを模した実験を行った。底泥の巻き上げと沈降が平衡した状態における乱れ強度と濁度の間には明確な相関関係が見られるが、その関係は実験初期に底泥表面に自然にできた膜の層厚に依存している可能性が示唆された。今後はこの膜の成分についても精査するとともに、当初想定したように人為的に発生させた炭酸カルシウムの膜による巻き上げ抑制効果の評価を行いたいと考えている。

参考文献

- 1) 畠 俊郎・入江 光輝：チュニジア国 Joumine 貯水池底泥を活用したイシュケウル湖の湖底環境復元技術の適用性評価，土木学会論文集 G(環境)，Vol. 71, No. 4, 125-133, 2015.
- 2) 畠 俊郎・水谷 崇亮・渡部 洋一：世界自然遺産イシュケウル湖の環境修復における微生物固化技術の適用性について，土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol. 73, No. 2, I_863-I_868, 2017.

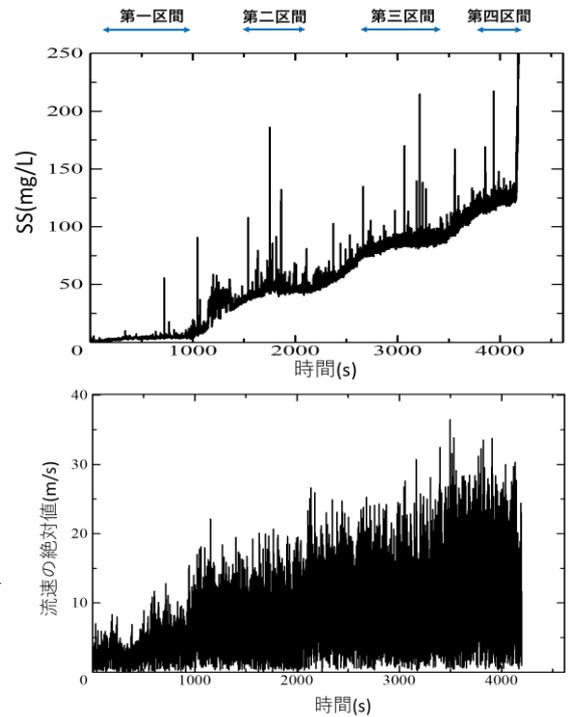


図-3 濁度と流速の時間経過

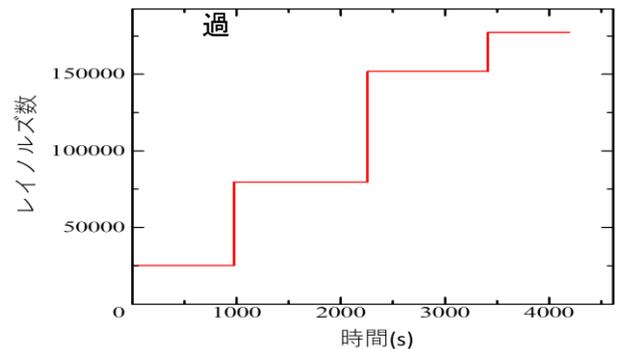


図-4 乱れ強度の時間経過

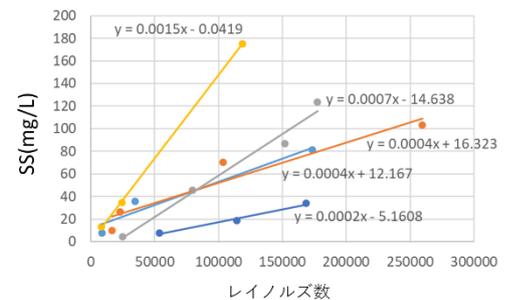


図-5 乱れ強度と濁度の相関関係

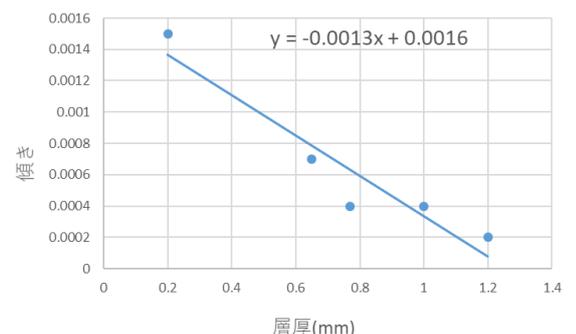


図-6 層厚と傾きの関係