

湖沼底泥の固化技術による巻きあがり抑制の検討

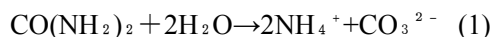
富山県立大学 学生会員 ○川崎稀文
同上 正会員 畠 俊郎

1. 研究背景・目的

現在、チュニジア国のイシュケウル湖では Tinja 運河からの海水が絶えず流入することに起因する湖水の塩分濃度上昇が問題となっている。その原因として、イシュケウル湖への流入河川上流に建設された貯水池の影響が考えられている。流入河川からの土砂供給が停止された状態で、イシュケウル湖からの流出土砂が維持されたため湖底高や水位が低下したことが渡り鳥の営巣地としての機能に影響を与えていると考えられている。本研究では、ウレアーゼ活性(尿素を加水分解して二酸化炭素とアンモニアを生成する能力)を有する微生物を用いた炭酸カルシウム析出機能を利用し、湖沼底泥表面の固化を行い湖沼底泥の巻き上がりに伴う濁度上昇を抑制することで、湖沼の浸食および底泥の流出を防ぎ環境を保全する技術の有効性について検討した結果を報告する。

2. 微生物の代謝機能を用いた固化

本研究では、微生物由来の酵素(ウレアーゼ)を用い、尿素の加水分解に伴い発生する炭酸イオンを利用してカルサイトを湖沼底泥表面に析出させることで固化させ、底泥の巻きあがりを抑制する。下記の(1),(2)に本研究で着目したメカニズムを記す。



3. 室内試験の方法

チュニジアのイシュケウル湖岸辺 3 か所で採取した底泥の物性を表-1 に示す。この底泥を対象に固化溶液を添加し底泥表面にカルサイト膜を生成させることで、波浪などによる濁質の再懸濁を抑制し、濁度低下に与える効果を明らかにすることを目的とした室内試験を行った。供試体の概要を図-1 に、試験の流れを図-2 にそれぞれ示す。なお、添加した固化溶液の組成は表-2 のとおりである。目標(国土交通省 水質環境基準: 50ppm)とするまでの濁度低下効果が確認された後に、底泥の強度がゴカイなどの生息に適した範囲を維持しているかどうかの評価を目的としたペーンセン断試験を行った。その後、底泥サンプルに含まれる炭酸カルシウム量を酸分解法により測定し、炭酸カルシウム析出量と濁度低下効果との関係を検討した。濁度は図-1 に示す攪拌機、濁度計を設置したカラム内で測定を行った。あわせて、本研究着目した尿素分解酵素であるウレアーゼ活性の値を求め、炭酸カルシウムの析出量と活性値の関係についても検討することとした。

表-1 イシュケウル湖試料物性

		地点名		
		A	B	C
土粒子密度	ρ_s (g/cm ³)	2.741	2.701	2.679
自然含水比	w (%)	64.7	34.4	104.5
液性限界	w _L (%)	100	41.4	97.5
塑性限界	w _P (%)	29.4	15.3	28.8
塑性指数	I _p	70.6	26.1	68.7
粒度	砂分 (%)	1.3	40.7	0.3
	シルト分 (%)	12.7	28.1	5.1
	粘土分 (%)	86	31.1	94.6

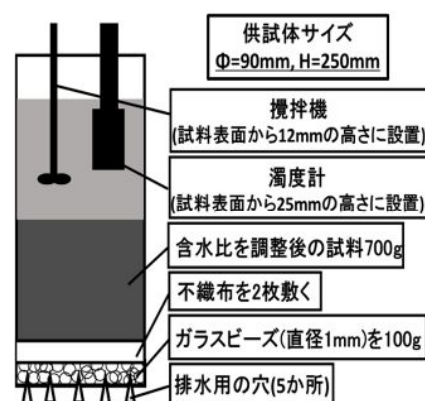


図-1 濁度測定・供試体作成

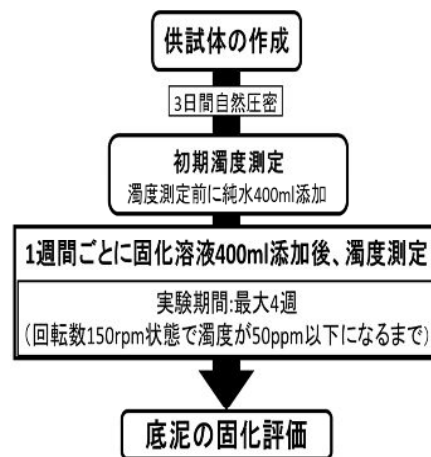


図-2 実験フロー

表-2 固化溶液の組成

試薬	分量
Nutrient Broth	3.00g
塩化アンモニウム	10.0g
炭酸水素ナトリウム	2.12g
尿素	9.00g
塩化カルシウム	16.63g
純水	1000ml

4. 実験結果

(1) 固化溶液の添加量と濁度低下の関係

固化溶液の添加回数と濁度、炭酸カルシウム析出量の関係を図-3に示す。図より、固化溶液の添加回数はA,Cにおいては2回、Bに関しては3回で目標値とした濁度 50ppm 以下までの抑制効果が認められた。各地点によって固化処理に必要な固化溶液の添加回数に違いがある理由としては、地点ごとに異なる粒度分布が考えられる。A,Cは粘土分が80%以上を占める均等な粒度を示すのに対し、Bは粘土分、シルト分、砂分がほぼ等しい割合の粒度分布が良い土であった。そのため、Bは土粒子が密に詰まり、間隙に炭酸カルシウムが析出しにくい状態であるため、固化溶液の添加回数が他と比較して多い結果になったと考えられる。

(2) 炭酸カルシウム析出量と濁度低下の関係

図-3に示すとおり、固化溶液の添加回数増加に伴いA,B,Cすべてについて炭酸カルシウム析出量が増加する傾向が認められた。しかしながら、添加した固化溶液中に含まれるカルシウム分の結晶化効率も添加回数の増加とともに減少する結果となった。この原因については今後検討を進めていきたい。

(3) ベーンセン断試験による底泥内強度測定

固化処理前および濁度=50ppm 以下までの抑制効果が確認された固化処理後の全試料 6 つのケースについてベーンセン断試験を行った。結果を図-4に示す。固化処理後すべての供試体についてベーンセン断強度の増加が認められた。加えて、固化処理後の地点B以外でベーンセン断強度がゴカイなどの住活動可能範囲内である 1.2kN/m^2 以下に維持されたことから底生生物への影響は小さいと考えられる。

(4) 炭酸カルシウムの析出量と活性値の関係性

上記における各地点の炭酸カルシウム析出量、ウレアーゼ活性値を図-5に示す。本試験の結果では、炭酸カルシウム析出量とウレアーゼ活性値に顕著な相関関係は認められなかった。以上より、イシュケウル湖由来の底泥を対象とした場合には、粒度分布等の物理的要因が影響を与えていると考えられる。

5. 今後の展望

イシュケウル湖で採取した底泥表面に固化溶液を添加することにより底泥表面にカルサイトの膜を生成させ底泥の巻き上がりを抑制する効果が期待できることが明らかになった。しかし、湖沼の水位が高い状態で固化溶液を添加することは困難である。そのため、水中において底泥の固化を行う施工方法を検討する必要がある。そこで、粒状化処理土に着目し同様の効果を得る手法の有効性について検討を進めている。研究の第一段階として、底泥にセメントの濃度を変えて添加して作成した粒状化処理土を用いた再溶解試験を行った。図-6よりセメントを入れずに作成した粒状化処理土は供試体を作成してから3時間以内に再泥化するが、セメントを5%,10%練り混ぜて作成を行ったものは4週間経過しても再泥化しない傾向が認められた。これらの結果を踏まえ、セメントと固化成分を添加した粒状化処理土を対象とした試験を計画している。

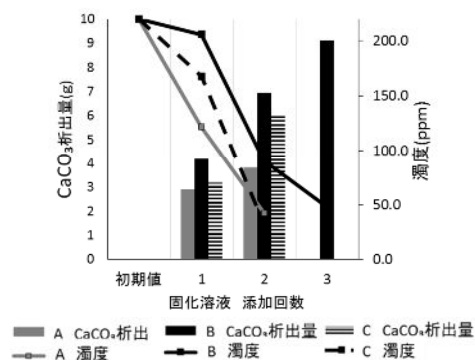


図-3 濁度試験 酸分解試験 結果

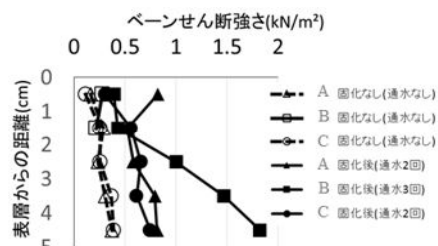


図-4 ベーンセン断試験結果

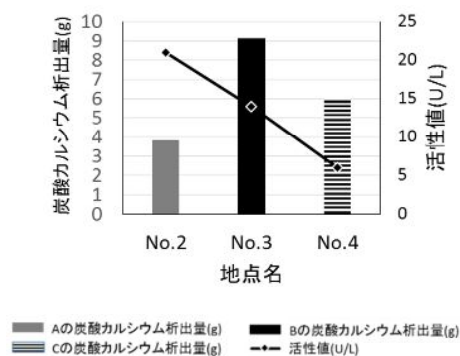


図-5 酵素活性値と炭酸カルシウム析出量の関係

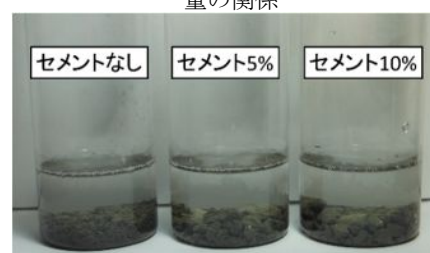


図-6 粒状化処理土の再溶解試験

結果