

大阪湾底泥を対象とした表層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 ○村田湧水
 同上 正会員 畠 俊郎

1. 研究背景・目的

チュニジア国のイシュケウル国立公園は1980年にユネスコの世界自然遺産に登録され、同地域で農業用水への水利用を目的とした貯水地の建設がイシュケウル湖の流入河川上流で行われた。このダム建設により、上流域からの土砂供給が停止され、湖底浸食や塩分濃度が上昇するという問題が発生した。現在、この湖底における浸食を抑制する技術として微生物固化を利用した新しい環境復元技術が提案されている。これは、固化試薬を底泥表面に添加することにより、底泥表層にカルサイトを析出させ、巻きあがりを抑制させるというものである。イシュケウル湖を対象とした、この環境復元技術が有用であることが、明らかとなっている。¹⁾本研究では、この表層固化による濁度上昇抑制技術の国内への適用を想定し、大阪湾底泥を対象とした表層固化技術の有効性について検討した結果を報告する。

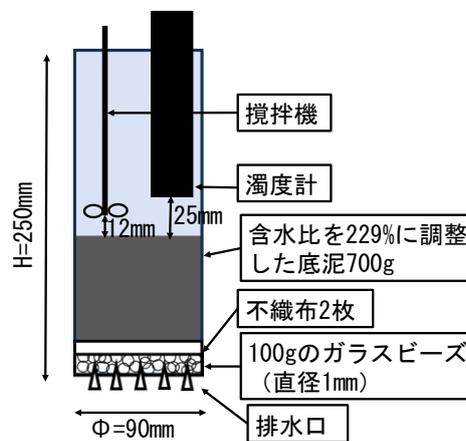
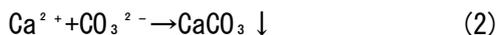


図-1 供試体作成の略図

2. 微生物の代謝、酵素活性機能を用いた固化

本研究では、微生物由来の酵素、酵素製剤（以下、ウレアーゼ）を用いて、尿素の加水分解より発生する炭酸イオンから生成するカルサイトの膜を底泥表面に析出させることにより、底泥を固化し、巻きあがりを抑制することで濁度を低下させる。この、カルサイトの析出メカニズムを下記の式(1)、(2)に示す。



3. 室内試験方法

本研究では大阪湾で採取した底泥を対象とした。この底泥に溶液を添加し、底泥表層にカルサイトを析出させることで、濁度に応じたような影響を及ぼすかを明らかにすることを目的とした室内試験を行った。試験装置の略図を図-1、試験フローを図-2にそれぞれ示す。また、使用した固化溶液の組成を表-1に示す。試験期間中は定期的に濁度を測定し、目標濁度（国土交通省 水質環境基準：50ppm）まで低下した後、ベーンせん断試験による底泥内の強度測定、酸分解による土壌内の炭酸カルシウム量の測定、フォースゲージによる表層のカルサイト膜の強度を測定し、強度および炭酸カルシウムの析出量と濁度との関連性について検討した。なお、濁度の測定は図-1のカラムにアルミホイルで遮光処理を施した状態で攪拌機と濁度計を用いて測定を行った。

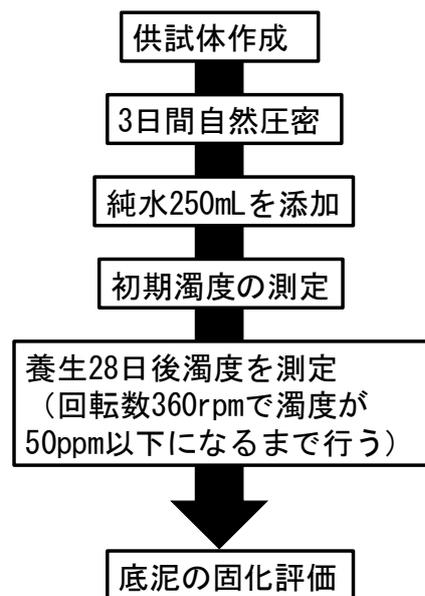


図-2 試験フロー

表-1 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 (0.15mo/L)	9.00g
塩化カルシウム (0.15mol/L)	16.6g
純水	1000mL

4. 実験結果

(1) 底泥内のカルサイト析出率と濁度低下の関係

本実験における試験ケースを表-2に、各ケースにおける、溶液の添加回数と土壌中のカルサイトの析出率、濁度、濁度の関係を図-3に示す。なお、各試験では酵素製剤（ウレアーゼ ナタマメ由来）を併用している。ケースA、Cでは1回、ケースBでは2回の溶液添加によって目標濁度の50ppm以下までの効果が確認された。また、ケースA、Cに着目した場合、添加1回添加のケースAは濁度=15.5ppm、ケースCは濁度=48.7ppmとなった。カルサイトの析出率はケースAが0.5%、Cが0.2%と土壌中のカルサイト析出率が高いほど濁度低下が増進する傾向が認められた。ケースBでは表層付近のカルサイト膜が剥がれたため、添加回数1回では目標濁度まで低下しなかったと考えられる。

表-2 試験ケース一覧

試験ケース	添加溶液名
A	尿素・塩化カルシウム溶液
B	固化溶液
C	酵母エキス入り尿素溶液

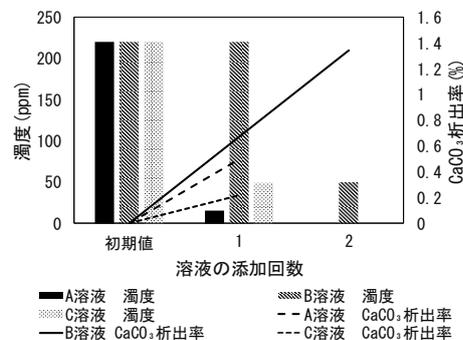


図-3 濁度及びCaCO₃析出率の推移

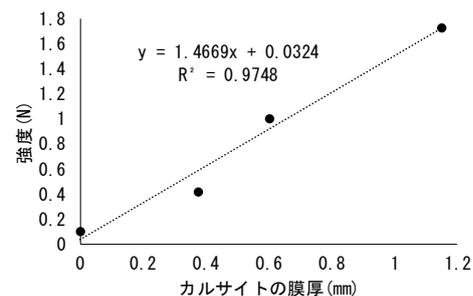


図-4 表層強度と膜厚の関係

(2) カルサイトの膜厚と表層強度の関係

フォースゲージにより求めた表層析出物の強度と底泥表層に生成されたカルサイト厚の関係を図-4に示す。図より、カルサイトの膜厚が厚いほど表層の強度は増加することが明らかとなった。また、図-3に示した炭酸カルシウムの析出率と図-4の膜厚について着目すると、析出率が高いほどカルサイトの膜厚が増していることがわかる。よって、カルサイトの析出率が高い（カルサイトの膜厚が厚い）ほど強度増進および濁度抑制効果が期待できると考えられる。また、図-3、4のケースCにおいて、膜厚が0.38mm、強度が0.4Nのとき、濁度が48.7ppmとなり目標濁度まで低下していることから、膜厚が0.38mm、強度が0.4N以上あると濁度が抑制可能であると考えられる。

(3) ベーンセン断試験による底泥内強度の測定

濁度低下が50ppm以下まで低下することが確認されたケースA～Cと未処理の計4ケースについてベーンセン断試験を行った。結果を図-5に示す。固化処理後の供試体のうち、ケースAの表層1cm付近以外ではベーンセン断による強度の増加が確認された。また、すべての固化処理後の供試体において、ベーンセン断強度がゴカイ等の活動可能範囲である1.2kN/m²以下であることが明らかとなった。¹⁾このことより、強度が底泥に生息する生物の生活範囲内であり、影響は少ないと考えられる。

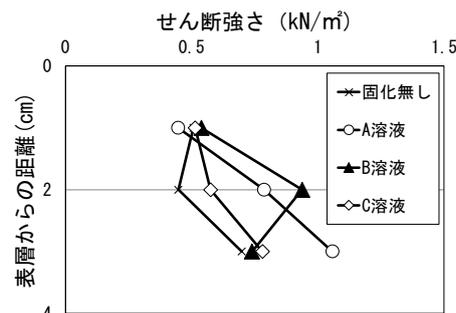


図-5 ベーンセン断試験結果

5. まとめ

大阪湾底泥を対象とした微生物固化処理による濁度上昇抑制について検討した結果、ケースA、Cは1回、ケースBは2回の処理により濁度を目標値以下まで低下させることが確認された。次に、表層に析出した膜厚が強度に及ぼす影響について検討したところ、膜厚が厚いほど強度が増加するとともに濁度抑制効果が期待できることが明らかとなった。今回の試験結果から、膜厚が0.38mm、強度が0.4N以上の条件を満たせば濁質の巻きあがりを抑制し、濁度を低下させることが可能であると考えられる。

参考文献 1) 畠俊郎ら、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修復技術の適用性評価、土木学会論文集 G, 71 巻(2015)4号, p.125-133