

B-61 発泡廃ガラスの底質改善効果に関する基礎的研究

○渡邊 千秋^{1*}・三島 悠一郎¹
荒木 宏之²・山西 博幸²・松尾 保成³

¹佐賀大学大学院工学系研究科 (〒840-8502 佐賀市本庄町1番地)

²佐賀大学低平地研究センター (〒840-8502 佐賀市本庄町1番地)

³日本建設技術株式会社 (〒847-1201 佐賀県唐津市北波多徳須1417番地1)

* E-mail: watanabe@ilt.saga-u.ac.jp

1. はじめに

有明海は、かつて豊穡の海と呼ばれていたほど生産性に富んだ海域であった。しかし近年、有明海では平均潮位の上昇、潮流速や干満差の減少といった海象変化とともに、底生生物の減少、底泥の細粒化、貧酸素水塊の発生を始めとする様々な問題が生じている。特に底質悪化の対策として、他の海域ではこれまで耕耘・曝気による有機物と酸素の接触、覆砂による汚泥の遮断や浚渫、薬剤散布等が実施され¹⁾、有明海においても耕耘や覆砂による底質改善が行われてきた。

一方、廃棄物問題も大きな社会環境問題である。着色ガラス瓶等の廃ガラスは、着色過程で微量の金属元素を混入している等の理由から再利用やリサイクルが困難であり、その多くが埋め立て処分されていた。そこで、粉末状にしたガラスに発泡剤を混ぜ高温で焼成したガラスリサイクル製品の発泡廃ガラスが開発された。発泡廃ガラスは微小な隙間からなる多孔質構造を有し、軽量かつ強固である。また、その製造条件により比重及び吸水性の大小についても調整可能であるなどの多機能を有していることから、軽量地盤材料や軽量骨材、土壌改良材、緑化のための保水材、水質浄化の接触材など様々な用途に使われている²⁾。

本研究では、発泡廃ガラスを底質改善材として適用することを試みた。底質の悪化が進んでいると言われる有明海湾奥部の干潟底泥に海砂と2種の発泡廃ガラスを混合し、底質の変化を測定した。また、有機物質の汚濁負荷を受けた底泥の酸素消費に関する研究³⁾は古くから行われているが、ここではSOD(底泥酸素要求量)の変化を測定するとともに、底質改善の際の指標となりうるかを検討した。これら測定結果をもとに、pHやAVSの水産用水基準とも比較しながら各種底質改善材の効果について検討を行った。

2. 実験方法

底質改善材としてミクロンオーダーの微細な気孔を有し、水より比重の重い高比重発泡廃ガラス(以下FWG)、水中のリン除去を期待して作られたマグネシウム系高比重発泡廃ガラス(以下Mg-FWG)、そして海砂の3種類を用いた。これら底質改善材の混合により粘土含有量が低下することで、透水性が向上し、底泥中の酸化反応が促進されることを期待して用いた。さらにFWG、Mg-FWGは水に浸すとpHを上昇させる。この性質により有機物の分解で酸性化した底泥のpHを上昇させ、底生生物の生息に適した7.8~8.4に保つことと、有機物を分解する好気性細菌を活性化させて分解を図る一方、嫌気性細菌の増殖を抑制して硫化水素等の発生を抑制する効果が期待できる。

2007年12月初めに底泥の悪化が進んでいる佐賀県鹿島市の七浦干潟から底泥を採取し、泥に底質改善材を体積比1、3、5割で混合し、底質分析用とSOD実験用の試料とに分けてカラムに充填した。対照として攪乱、不攪乱底質試料を同様に準備した。全ての試料は分析を行うまでろ過海水の中に浸し、常時曝気をさせておいた(図-1参照)。

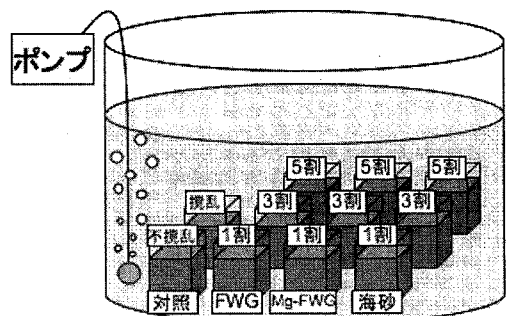


図-1 底質改善実験装置図

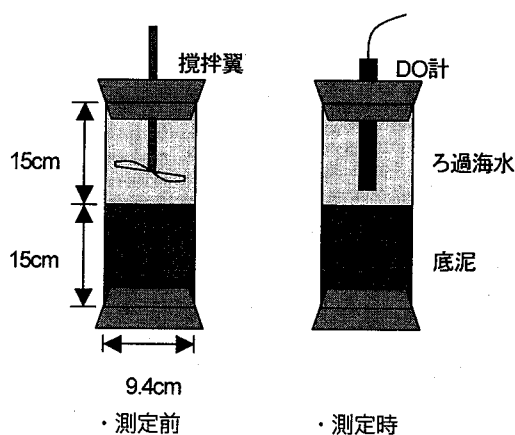


図-2 SOD実験装置図

(1) 底質分析

混合直後と2、3、4週間後に底泥を0～1、1～3、3～5、5～7、7～10、10～15cmの深度毎にスライスカットし、pH、ORP（酸化還元電位）、AVS（酸揮発性硫化物量）、含水比、LL（強熱減量）の深度分布と経日変化を測定した。AVSについては検知管法により、株式会社ガステック社製ヘドロテック-Sを用いて測定した。LLについては試料を110℃で24時間乾燥した後、600℃で恒量を得るまで強熱し、重量の減少した割合から求めた。

(2) SOD実験

SOD実験は2、3、4週間後に行った。計11本のカラムに充填した底泥を巻き上げさせないようにろ過海水を交換しDOを飽和させた後、24時間のDO経時変化から求めた。DOの測定にはHACH社製蛍光式溶存酸素計LDO HQ10を用いた。予備実験でカラム内のDO濃度は底泥表面からの距離により異なっていることがわかった。そのためDOを測定する直前に攪拌翼を用い、巻き上げを発生させないように30秒程度静かに回転させながら上下方向に攪拌し、カラム内のDO濃度が均一になるようにした（図-2参照）。

3. 実験結果及び考察

(1) 底質分析

pH、ORP、AVSの測定結果を図-3に、時間経過に伴うLLの減少率を図-4に示す。なお底質分析の結果は、各項目の鉛直分布が深さ5cm以深ではほぼ一定の値を示したため、5cm以深の平均値を用いた。

pHは対照と海砂では7.5～7.8でほとんど変化が生じなかったが、FWG、Mg-FWGの3、5割混合では10以上に上昇した。FWG、Mg-FWGの1割混合でのpHは8～9程度であり、発泡廃ガラスの種類によらず、少量の混合により

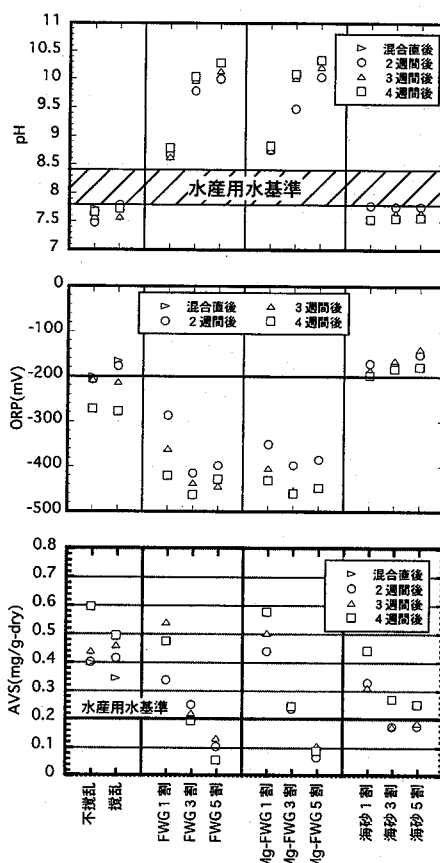


図-3 pH、ORP、AVSの経日変化

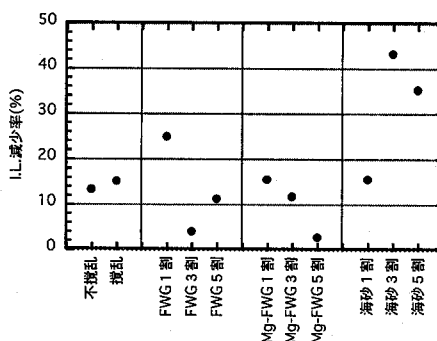


図-4 時間経過に伴うLLの減少率

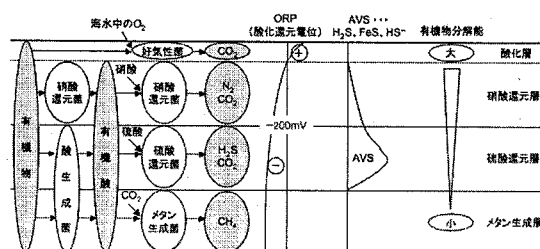


図-5 底層内物質循環図

pHを上昇させる事が可能だとわかった。さらに、硫酸還元菌の増殖抑制を考慮したpHの改善や水産用水基準のpH7.8~8.4に適合させる事も可能であることが分かった。

ORPは干潟域から採取した不攪乱の底泥の場合でも4週間後に-300mVまで低下していることから、常時海水面下にある底泥では深い部分まで酸素が供給されにくいことが示唆された。海砂を混合した場合のみ、対照よりも僅かではあるが良好な結果となった。これは透水性が向上し、海水面下にあっても深い部分まで酸素が供給されやすくなったためであると考えられる。FWG、Mg-FWGを混合した場合、pHの大きな上昇により、ORPは-400mV以下まで低下しており、硫酸還元が生じる目安とされる-200mVを下回る結果となった。

AVSとILの結果は底泥のみの質変化に及ぼす改善材の影響を表すために、混合割合に応じて底泥単位重量当たりに換算している。AVSは底質改善材の違いによらず3、5割混合した場合に対照と比べて大きな抑制効果が見られた。このAVSの抑制機構は改善材の種類により異なっているものと考えられる。そもそもAVSはORPが-200mV以下の嫌気的な環境において、硫酸還元菌が酢酸や蟻酸といった有機酸を基質として、硫酸の結合酸素を還元することで生成される。まずFWG、Mg-FWGのAVS抑制機構は、pHが大きく上昇することにより至適pHが5~6である酸生成菌の活動が抑制され、硫酸還元菌の基質である有機酸生成量が減少したものであり、透水性が改善された海砂ではORPが低下せず硫酸還元が生じにくかったものと考えられる(図-5参照)。このことは、AVSの改善効果が見られなかったケースでは、いずれも硫酸還元が生じ経過時間と共にAVSが増加していることから明らかであろう。

有機物分解の指標としてのIL減少率は、海砂の3、5割の場合が大きく、透水性の改善による好気性細菌の活性化や硝酸還元による有機物分解能の向上が窺える。次にILが減少したFWG、Mg-FWGの1割の場合ではこれらの他、硫酸還元による有機物分解も生じているものと考えられる。一方、FWG、Mg-FWGの3、5割でのIL減少率は小さく、AVSと同様にpH上昇による細菌の活性が

低下したためと思われる。これらIL減少率の大小は、酸化・還元的環境での有機物分解能の大小と、pHとが大きく関わっていることが明らかになった(図-5参照)。

(2)SOD実験

図-6にSODの変化を示す。ここでのSODも改善材の混合割合に応じて補正を行った値である。改善材の違いによらず割合が高くなるにつれSODが増加しており、前述のような底泥の物性改善効果が認められる。3割混合した場合では時間の経過とともにSODが高くなった。巻き上げやマクロベントスの呼吸はなく、底泥表面における有機物分解にも顕著な差が確認されなかったため、原因を特定する事はできなかった。また、SODと底質悪化との関係が報告されているが、本実験においては物性改善効果によって改善材を混合した底泥の方が対照のものより酸素を消費した。これらのことより、表層のみの影響を受けるSODでの経時的な底質変化や深部まで含めた底質の評価を行う事は難しいと考える。

4. まとめ

各種底質改善材の効果と機能を確認することができた。発泡剤ガラスは海砂同様の物性改善効果の他にpH上昇効果を有しているが、今回はその影響が顕著に現れすぎた。FWG、Mg-FWG製造の際アルカリ成分の発泡剤を使用しているため、今後pHを大きく上昇させないために発泡剤の種類等の検討が必要である。改善材の複合的混合も視野に入れて混合割合を検討する他、改善材の機能の面から適正な材料開発を行う必要もある。

さらに本実験において、底泥を採取した時期が水温や泥温が低くなる12月であったことから、AVSの増加や有機物の分解が促進される夏期において改善材が有効かどうかの検討が必要であろう。

参考文献

- 1)西野伸幸、沖永淳一(2002):水酸化マグネシウム粒状剤散布による閉鎖性水域の底質改善・環境修復技術、資源環境対策、Vol.38、No.11(通号519)、pp.1129-1136.
- 2)原裕(2005):建設工事で活かすガラス廃材、土木施工、Vol.46、No.4、pp.20-26.
- 3)茂庭竹生(1986):底泥の酸素消費量に関する室内実験、水質汚濁研究、Vol.9、No.4、pp.231-238.
- 4)徳永貴久、磯野正典、松永信博(2006):熊本県沿岸における干潟の底泥環境と酸素消費、海岸工学論文集、第53巻、pp.1066-1070.

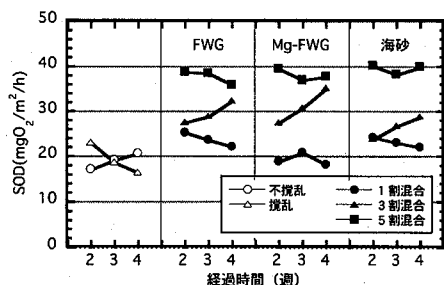


図-6 SODの経時変化