

河川感潮域での底泥 - 直上水間における水輸送に関する研究

九州大学工学部 学生会員○柏原 宏輔
九州大学大学院 正会員 崎田 省吾

九州大学大学院 学生会員 橋本 文子
九州大学大学院 フェロー 楠田 哲也

1. はじめに

河川感潮域の堆積物中には多くの底生動物が生活しており、そこは浄化能力の高い場となっている。この堆積物に関わる輸送現象として分子拡散、バイオターベーションや巻上げによる輸送などが知られている。これら以外にも潮汐作用による新しい輸送過程が存在する。感潮域では潮汐による水位の変動により、堆積物内の間隙水圧も変動する。これによって堆積物中に含まれる気泡が膨張・収縮することにより、堆積物-直上水間に水や物質の輸送現象が生じる(図-1)。つまり堆積物-直上水間の水輸送量を増加させることで堆積物による浄化作用を有効に利用することができると考えられる。本研究では、堆積物の間隙水中に NO_3^- イオンを供給し、脱窒により N_2 ガス泡を発生させて気泡量を増加させ水輸送量を増加させる実験を行った。

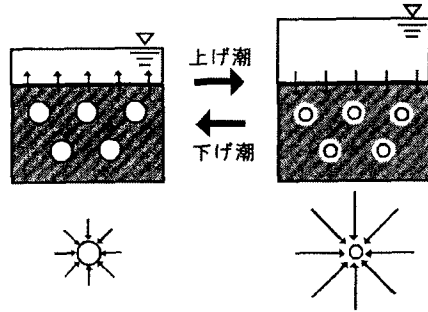


図-1 潮汐作用による水輸送現象の概要

2. 実験方法

2.1 堆積物の採取

試料は2003年9月に福岡市内の多々良川から未攪乱状態で採取したものである。水輸送量測定用として内径7cm、長さ50cmのアクリルパイプを、また間隙水採取用として内径3cm、長さ70cmのアクリルパイプを堆積物内に垂直に押し込み静かに引き抜いた。採取した堆積物の性状については、砂質、砂泥質、泥質に分けられ表層は酸化性的な砂質になっており、15~20cm以降はほとんどが還元性的な泥質、砂泥質になっていた。また河川水も同時に採取した。

2.2 水輸送量の測定

水輸送量の測定には採取した深さ約40cmの堆積物を使用し、堆積物の上部を河川水で満たしアクリルパイプの上部にマンメーターを連結した。コンピューター制御された加圧装置内に試料を設置し、潮汐作用に擬した圧力変動を12時間与えた。マンメーターの水位差と圧力を実験開始から1時間毎に読み取り、堆積物-直上水間の水輸送量を次式により測定した。

$$\text{水輸送量} = (\text{マンメーターの水位変動}) \times (\text{マンメーターの断面積})$$

この実験を室温20°Cの暗所にて行った。実験装置の概略を図-2に示す。

次に脱窒を促進させ気泡量を計算上3%増加させるために NaNO_3 溶液を浸透させて間隙水を入れ替えた。また計算に用いた含水率、間隙比、土粒子密度は実験値からそれぞれ20%、0.6、 2.7g/cm^3 とし、このときに必要な NO_3^- -N濃度は 130mg-N/L である。また脱窒に必要な有機物として 139mg-C/L の CH_3COONa 溶液も導入した。間隙水を入れ替えた後5日間20°Cの暗所に静置したあと、同様に水輸送量を測定した。

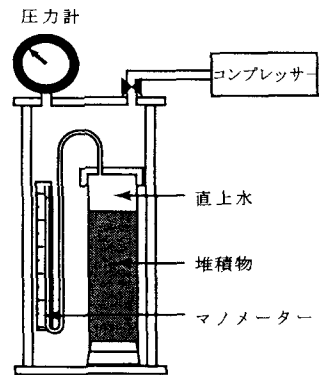


図-2 実験装置の概略

2.3 NO_3^- -N、 NO_2^- -N、pHの測定

NaNO_3 、 CH_3COONa 混合溶液を浸透させ、間隙水入れ替え直後(以下脱窒前)と間隙水入れ替え5日後(以下脱窒後)の堆積物を5cm毎に切り取り、遠心分離機にかけ間隙水を採取した。そして採取した間隙水をGF/Cと0.45 μm のメンブレンフィルターを用いてろ過し、脱窒前後での NO_3^- -N、 NO_2^- -N、pHを測定した。

NO_3^- -N、 NO_2^- -NはBRAN+LUEBBE社のオートアナライザーを用いて測定し、pHはpHメーターを用いてガラス電

極法により測定した。

2.4 堆積物の溶存酸素消費量の測定

堆積物を5cm毎に切り取りクーロメーターにより深さごとの堆積物の溶存酸素消費量の経時変化を測定した。

3. 実験結果及び考察

図-3に脱窒前後での水輸送量の変化を示した。脱窒前の水輸送量は0.5cm³程度であったが、脱窒後では約6倍の3cm³程度に増加している。

図-4に脱窒前後における深さごとのNO₃-N濃度変化を示した。この図から堆積物中にはほぼ均等に溶液が浸透していったこと、またそのNO₃-Nが各深さにおいて脱窒に十分消費されたことが分かる。ただし0-5、5-10cmにおいて少しNO₃-Nが残っていたのは、堆積物表層が酸化的な砂層になっており微生物による脱窒の進行が遅かったことや、間隙水を採取する際に直上水が混入してしまったためと考えられる。脱窒後での間隙水中のNO₃-Nはほとんど検出されなかったことから脱窒はほとんど終了していると考えられ、これ以上水輸送量は増加しないと想定される。

溶液を浸透させた後に堆積物の上部からNO₃-Nが直上水中に輸送され水質の悪化が問題になるので、今後「浸透」方法を検討していく必要がある。

またNO₃イオンの消費は脱窒前後でのpHの変化からも確認できた(図-5)。脱窒はpHが6~9の間で速やかに進むと言われており、本実験でもNO₃-Nが十分に消費されているので適当なpHであると考えられる。

次に図-6に堆積物中の溶存酸素消費量の経時変化を示す。この図からも分かるように時間の経過とともに堆積物中から有機物が徐々に溶け出していることが分かる。このときの溶存酸素消費量の値から脱窒に必要な有機物は堆積物から間隙水中への溶出により十分存在していると考えられる。よって脱窒を促進させるためのエネルギー源となるCH₃COONa溶液の添加は必要ないと考えられる。さらに有機物の添加は自然界への負荷を増加させることになるので、今後は有機物を添加せずに脱窒を促進させ水輸送量を増加させていく必要がある。

4. おわりに

以上の実験結果から以下の結論が得られた。

堆積物の間隙水中にNO₃イオンを供給することで脱窒が促進され、気泡量を増加させることにより水輸送量も増加する。そしてその水輸送量の増加が脱窒による気泡の増加と関係していることがNO₃-N、NO₂-N濃度変化、pHの変化からも分かる。今後は溶存酸素消費量の測定から脱窒に必要なエネルギー源としての有機物を添加せずに実験を行い、気泡量の増加率を変化させそのときの水輸送量の変化を測定していく予定である。

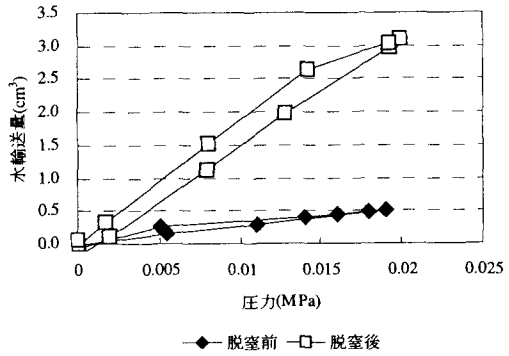


図-3 脱窒前後での水輸送量

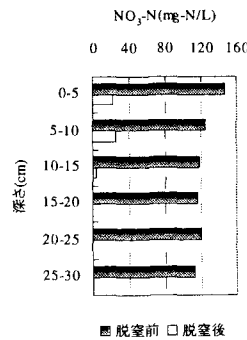


図-4 脱窒前後のNO₃-N分布

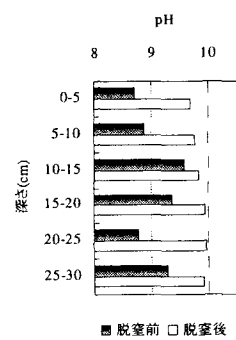


図-5 脱窒前後のpH分布

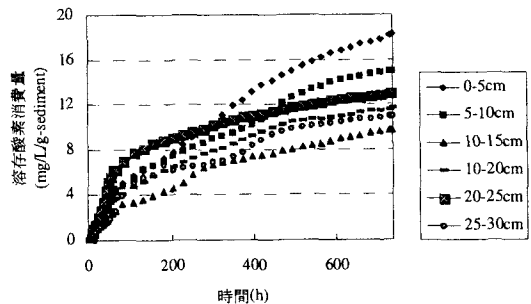


図-6 堆積物中の溶存酸素消費量の経時変化