

感潮域底泥の物質輸送に及ぼす生物膜層の影響に関する研究

福岡大学大学院 学生会員○中村充裕 福岡大学工学部 正会員 渡辺亮一
福岡大学工学部 正会員 山崎惟義 九州大学大学院 フェロー 楠田哲也

1. はじめに

感潮域では、干潮時に出現する底泥表面に生物膜が形成されると言われている。この生物膜は、水域における様々な物質輸送に大きな影響を与えていることが、渡辺ら (2006, 2007) によって指摘されている。

本研究室では、これまで大型円形回転水路 (直径 5m) を用いて、生物膜が底泥の巻き上げに与える影響に関して研究を行ってきた。これまでの研究結果より、底泥の表層に生物膜層が形成されている場合は、底泥の表層に生物膜層がない場合と比較して、底泥の巻き上げ量が低下する¹⁾²⁾と報告されている。しかしこれまでの研究では、含水比 400%以上の底泥しか扱っておらず、また実際の水域に堆積される底泥表面にどの程度の生物膜層が形成されるかは明らかになっていない。そこで本研究では、室内実験で形成された生物膜層と実際の水域に堆積する底泥表面に形成されている生物膜層との比較、そして底泥表面に形成される生物膜層が、既往研究より含水比の低い底泥の巻き上げに与える影響を明らかにすることを目的とする。

2.1 実験装置

写真 1 は、今回の実験に用いた内径 4.6m、外径 5m、深さ 0.4m、水路幅 0.2m の円形回転水路を示している。円形水路は回転円板上に固定し、円形リングはアームの先端に固定した。円形水路、アームはともにモーター、回転速度制御装置を有し、中央の 2 重回転軸を通じて独立に回転できるようになっている。また、リングは、昇降機能を有しており、水深を自在に変化できる機構を有している。また、実験時、トレーを装置底部に挿入できるようになっている。

2.2 実験に用いた試料

本実験に用いた試料は、六角川河口より 11km 地点で採取した泥で、真密度 2640 kg/m^3 、強熱減量 18%、中央粒径 $1.4 \mu\text{m}$ 、粒度組成は粘土約 78%、シルト分約 22% であり、地盤工学の三角座標分類では粘土に属する。また実験に用いた試料懸濁液は密度 1025 kg/m^3 の塩水で、所定の濃度に調整したものを用いた。

2.3 実験方法

生物膜形成実験では、底泥採取用シリンジを用いて底泥を乱すことなく採取し、採取した底泥を凍らせた。そして凍らせた泥を、マイクロトームを用いて表層から深さ方向に 1mm ごとの層を切り出し、それぞれの層のクロロフィル-a 濃度の測定を行った。

底泥の巻き上げ実験では、六角川河口より 11km 地点で堆積している底泥を乱さないようトレーに採取し、そのトレーを円形回転水路内に設置し、底泥の巻き上げ実験を開始した。水路底面中央部におけるせん断力を 0.1Pa から 6.5Pa まで変化させて、連続的に巻き上げ実験を行った。実験中、装置内に設置した採水装置によってサンプル(約 100cc)を採取し、レーザー濁度計を用いた分析によって懸濁物質濃度を測定した。この懸濁物質濃度の変化を測定することによって、各せん断応力での巻き上げ量を算出している。また、同時に装置内よりビデオ撮影を行い、巻き上げの様子を観察した。



写真 1 円形回転水路

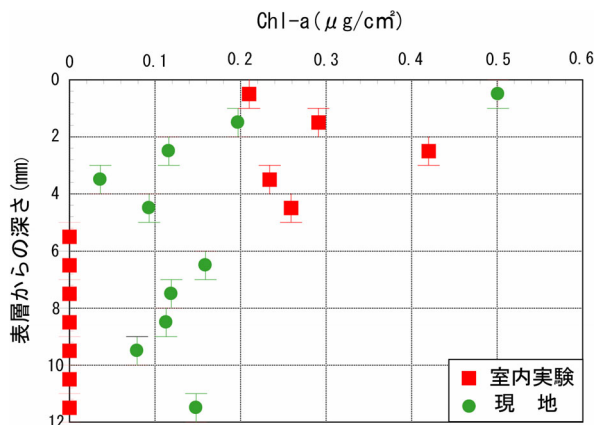


図1 深さ方向 Chl-a 分布

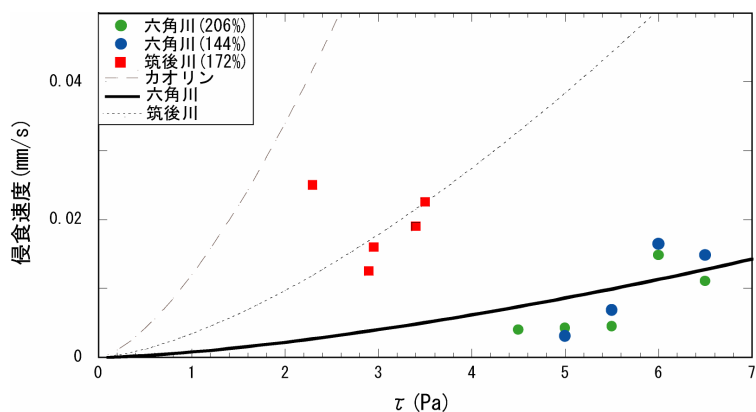


図2 侵食速度とせん断応力の関係

3. 結果・考察

図1は室内実験で形成された底泥と六角川で採取した底泥の、表層からの深さと単位面積あたりのクロロフィル-a の関係を示している。この図から、室内実験で形成された底泥は表層から 5mm 以下では生物膜が形成されていないのに対し、六角川の底泥は表層から 12mm 以上厚く生物膜層が形成されることが分かった。また六角川の底泥は、表層から 1mm の深さで単位面積あたりのクロロフィル-a が $0.5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ と大きいことが分かる。これは、室内実験では静置期間中、常時水中で静置していたのに対して、六角川の底泥は 1 潮汐間に約 10mm 程度の底泥が常時堆積するような状況下に曝されているためであると推察される。

図2は侵食速度とせん断応力の関係を示している。関根らはカオリンを用いた水路実験から粘着性土の侵食速度 $E(\text{cm}/\text{s})$ を $E_s = \alpha \cdot R_{wc}^{2.5} u_*^3$ ③と提案している。また筑後川の底泥の侵食速度は横山らの研究 ④により求められており、 α は $\alpha = 0.28 \times 10^{-5}$ と算出している。今回六角川の最適な α を算出したところ、 $\alpha = 0.04 \times 10^{-5}$ となり図中の実線が得られた。六角川の底泥は筑後川の底泥と比べて、 α は 1 オーダー以上小さく、侵食されにくいことが分かった。これは、六角川の底泥の D50 が 0.0014、筑後川の底泥の D50 が 0.014 と、六角川の底泥のほうが粒径の小さな底泥を多く含んでおり、凝集性・粘着性が高いためであると考えられる。また 5Pa のせん断応力を 5 分間作用させたとき、底泥の表面 3mm 程度が剥がれ、表層に形成されている生物膜層の影響はほとんどないことが分かった。

4. 終わりに

以上の実験結果より、実際の水域に堆積する底泥表面には、表層から 12mm 程度まで生物膜が形成されている可能性があることが分かった。また含水比 400%以上の底泥では、底泥表面の生物膜層が底泥の巻き上げに与える影響は大きい、含水比 200%程度の底泥では、底泥表面の生物膜層が底泥の巻き上げに与える影響は非常に小さいことが明らかとなった。よって硬い（低含水比）底泥の巻き上げには、生物膜層よりも底泥の粒度組成、セメンテーションの効果による影響が大きいと考えられる。

なお、この研究の一部は、科学研究費補助金(基盤研究 B: 課題番号 18360254, 研究代表者: 渡辺亮一、および基盤研究 C: 課題番号 19560554, 研究代表者: 山崎惟義)の助成を受けて行われたものである。ここに記して、謝意を表する。

参考文献 1) 渡辺亮一, 山崎惟義, 楠田哲也: 円形回転水路における底泥の巻き上げに及ぼす生物膜の影響に関する実験的検討, 水工学論文集, 第 50 号, 2006, pp. 1315-1320.

2) 渡辺亮一, 山崎惟義, 楠田哲也: 感潮域底泥表面に形成される生物膜が物質輸送に与える影響に関する研究, 海岸工学論文集 第 54 巻 2007. 10 pp. 986-990

3) 関根正人, 西森研一郎, 藤尾健太, 片桐康博: 粘着性土の侵食進行過程と侵食速度式に関する考察, 水工学論文集 第 50 巻 2003. 02 pp. 541-546

4) 横山勝英: 強混合型の河川汽水域における底泥の洪水時フラッシュとせん断強度変化に関する調査実験、河川整備基金助成事業 2006 pp. 25