

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18360254
 研究課題名（和文） 干潟・感潮域における底泥表層に形成される生物膜の物質輸送に与える影響予測
 研究課題名（英文） Prediction on the effect of biofilm for fine cohesive sediment erosion in estuaries
 研究代表者
 渡辺 亮一 (WATANABE RYOICHI)
 福岡大学・工学部・助教
 研究者番号：50299541

研究成果の概要：

これまでの研究成果は、水工学論文集（第50号）・海岸工学論文集（第54号）・環境工学論文集（第44号）・河川技術論文集（第14集）・ICSE-4にて報告し、論文にまとめている。この研究では、底泥表層に形成された生物膜が物質の輸送にどの程度影響を与えているかを予測するために検討を行った。研究成果より、形成された生物膜による影響は物質の輸送を約5分の1程度に抑制することが明らかになってきた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	8,900,000	2,670,000	11,570,000
2007年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2008年度	2,900,000	870,000	3,770,000
年度			
年度			
総計	15,300,000	4,590,000	19,890,000

研究分野：工学・土木工学

科研費の分科・細目：土木環境システム・水質

キーワード：生物膜・巻き上げ・底泥・限界せん断応力

1. 研究開始当初の背景

干潟・感潮域における浮泥や底泥の輸送現象は様々な工学的な問題を引き起こしている。有明海では、底泥の輸送に伴う酸素消費によって貧酸素水塊が出現し魚介類に壊滅的な打撃を与えており、深刻な社会問題となっている。この問題を解決するには、底泥の巻き上げに関する物理的な側面だけではなく、底泥表層部に形成される生物膜による影響を定量的に把握する必要性が増してきている（図1参照）。

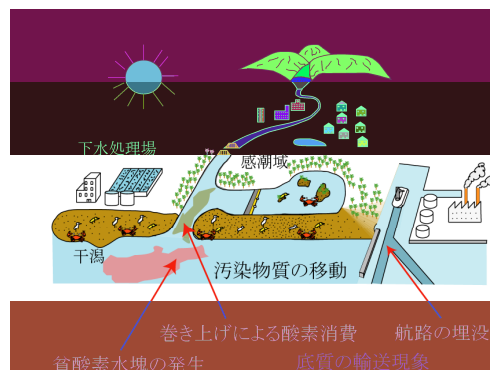


図1 干潟・感潮域の問題点

また、有明海に注ぐ河川感潮域では潮汐に伴って縦断方向に移動する水塊に高濃度の懸濁物質が含まれており、河道断面上に沈積した底泥は河川の洪水流下能力を低下させる。そのため、莫大なコストとエネルギーを費やして定期的に浚渫工事を行う必要があり、掘削した河道断面が1年で何cm埋没するか、洪水でどのくらいの底泥が巻き上げられるか等を定量的に把握することは工学的に重要である。このため、懸濁物質の沈降や底泥の巻き上げ現象に関する研究は以前から行われてきた。しかし、微細粒子のもつ特異な性質のため、これまでの研究では底泥の巻き上げ量とせん断強度の関係等の物理的側面の解明に主眼がおかれる傾向にあった。たとえば、海田ら¹⁾は含水比の違いによって底泥の巻き上げ形態、巻き上げ速度、限界せん断応力を整理している。これらの研究では実験当日または、前日に水路に泥を敷き詰め、上層水を注入して1日静置または、直ちに実験を行うものが大半を占めていた。よって底泥の表面に生物膜層が形成される間もなく実験が行われていたと推察される。しかしながら、実際の底泥の表層には生物膜層（細胞外ポリマー）が形成されているのが一般的である。干潟の表面に形成される生物膜にはポリサッカライドを主とした非常に粘着性の強い高分子物質が含まれていることが指摘されている²⁾。このように強い粘着性を示す生物膜層によって底泥の巻き上げ現象にどのような影響が及ぼされているかを検証した研

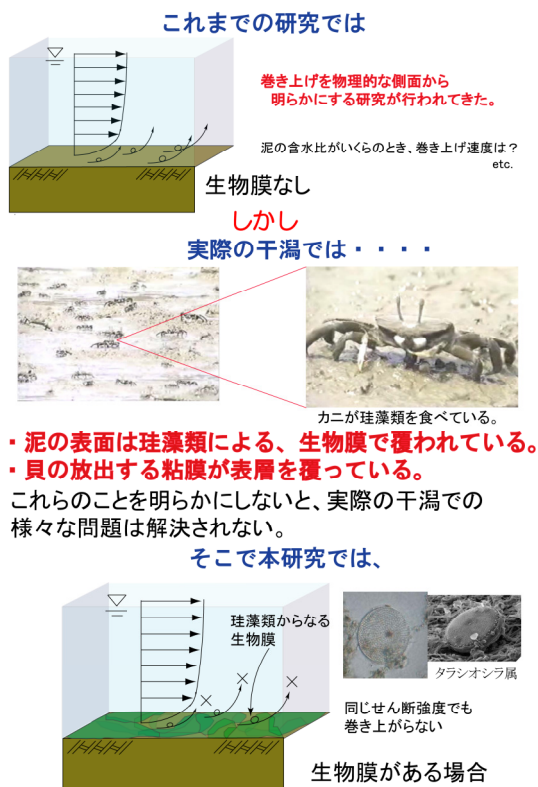


図2 研究の全体構想イメージ

究はこれまでのところ行われていない（図2参照）。

2. 研究の目的

底泥の表層に形成された生物膜によって、底泥の巻き上げ量がどの程度変化し、周辺の環境にどのような影響を与えるかを明らかにすることを最終目的としている。

本研究では、当研究室において作製した世界最大規模の干潟生態系再現分析装置（写真1参照：直径5m世界最大、文科省特別研究設備・平成14年度）を用いて、底泥表層部分に形成される生物膜（珪藻類が作り出す細胞外ポリマーやイガイ科の貝が放出する粘膜炎）が底泥の巻き上げ量にどの程度影響を与えているかを把握し、巻き上がった後にどの程度の酸素を消費するかを明らかにすることを目的として研究を行なう。

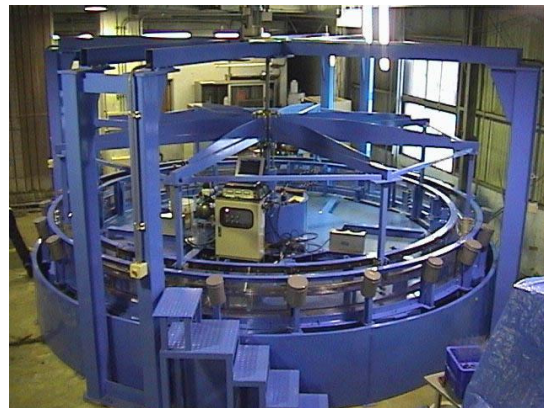


写真1 回転円形水路(干潟生態系再現装置)

3. 研究の方法

a) 底泥巻き上げ実験

生物膜を形成させ、所定の期間静置した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。表-1は各実験条件を示している。各実験において、水路底面中央部におけるせん断応力を0.1Paから1.5Paま

表-1 底泥巻き上げ実験条件

	初期濃度 (g/l)	静置条件	静置期間 (days)	水温 (°C)
RUN1	20.0	明	19	32.8
RUN2	21.6	暗	7	28.9
RUN3	19.1	明	7	22.2
RUN4	20.3	暗	7	19.4
RUN5	20.6	明	7	10.6
RUN6	20.6	暗	7	11.4

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20cc)を採取し、吸光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。た

だし、巻き上げ実験時には光の条件がコントロールできないため全ての実験を明条件行っている。

b) 生物膜形成実験

表-2 は生物膜形成実験の条件を示している。生物膜形成水槽内で所定の期間静置した後、底泥採取用シリンジ(内径 30 mm)を用

表-2 生物膜層形成実験条件

	静置条件	静置期間 (days)	水温 (°C)
RUN1	明	6	11
RUN2	暗	6	11
RUN3	明	6	23
RUN4	暗	5	23
RUN5	明	6	32
RUN6	暗	6	32

いて生物膜層と底泥層を乱すことなく採取し、採取後直ぐにシリンジごとドライアイスを用いて凍らせた。次に、凍らせたシリンジから底泥を取り出し、マイクロメートルのオーダーでの均質な切り出しを行うことが可能なマイクロトーム(大和光機工業社製滑走式マイクロトーム NS-31)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。この時、測定したクロロフィル-a 濃度および実験終了時に水槽側面から撮影した写真から生物膜の厚さを決定した。ただし、クロロフィル-a 濃度から得られた生物膜層の厚さと写真から判断した厚さはほぼ一致していた。

4. 研究成果

この研究では、底泥表層に生物膜が形成された場合に、底泥の巻き上げ量が低下する現象を実験的に解明することを目標として研究が行われた。底泥巻き上げ実験と生物膜層形成実験の結果より、水温と光の条件に応じて底泥の巻き上げ量および生物膜層の形成厚さが変化することが明らかとなった。水温が 20 °C 以上の場合においては、生物膜層が最大で 7 mm 形成され、底泥の巻き上げ量が生物膜層が形成していない場合と較べて約 5 分の 1 程度に低下することが明らかとなった。また、せん断応力を増加させて行く過程で、形成された生物膜層が剥がれた場合には、巻き上げ量が徐々に増加することが確認された。次に、水温が 10 °C 程度まで低下すると生物の活性が落ちるために、光が照射されている条件下であっても底泥表層にはほとんど生物膜層が形成されていないことが明らかとなった。このことは、感潮域において、夏場に懸濁物質濃度が低くなり、冬場に懸濁物質濃度が高くなることを示唆していると考えられる。また、光が届かない場所においては、水温によらずほとんど生物膜層が形成

されず、底泥の巻き上げ量にも変化が見られないことも示された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

1. R. Watanabe・K. Yamasaki・T. Tebakari・T. Kusuda : Experimental Study on The Effect of Biofilm for Bed Mud Erosion in Annular Flume, Proceedings of Fourth International Conference on Scour and Erosion, 417-423, 2008. 査読有
2. 渡辺亮一・山崎惟義・楠田哲也・手計太一・野村哲裕・林 義晃 : 硬い底泥の巻き上げおよび浸食速度に関する実験的研究, 河川技術論文集, 第 14 巻, 25-30, 2008. 査読有
3. 山崎惟義・渡辺亮一・熊谷博史・北野義則 : 博多湾におけるホトトギスガイコホートの加入過程に及ぼす影響因子の解析, 環境工学研究論文集, 第 44 号, 547-553, 2007. 査読有
4. 山崎惟義・渡辺亮一・北野義則・馬場崎正博・熊谷博史 : 博多湾室見川河口沖窪地の貧酸素水塊の挙動に関する研究, 海岸工学論文集, 第 54 巻, 1001-1005, 2007. 査読有
5. 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層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, 986-990, 2007. 査読有
6. 渡辺亮一・山崎惟義・楠田哲也 : 回転円形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 巻, 1315-1320, 2006. 査読有

[学会発表] (計 23 件)

1. 佐々木太郎・山崎惟義・渡辺亮一 : 混合放流水(淡水化プラント排水と下水処理水)が博多湾湾奥狭窄部底面環境に及ぼす影響, 平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会, VII-62, 長崎大学, 2009 年 3 月 4 日.
2. 濃野浄見・山崎惟義・渡辺亮一・北野義則 : 博多湾東部海域狭窄部における密度成層破壊構造物の現場適応へ向けた数値シミュレーション, 平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会, VII-56, 長崎大学, 2009 年 3 月 4 日.
3. 貞方健志・山崎惟義・渡辺亮一 : 室見川河口沖窪地の貧酸素水塊の広がりに関する研究, 平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会, VII-50, 長崎大学, 2009 年 3 月 4 日.
4. 釘宮大輔・渡辺亮一・山崎惟義・楠田哲也 : ホトトギスガイが形成するマットが砂泥の移動に及ぼす影響, 平成 20 年度土木学会

西部支部研究発表会, VII-45, 長崎大学, 2009年3月4日.

5. 城戸聡一・山崎惟義・渡辺亮一・秦 邦寿: 博多湾のホトトギスガイとシズクガイの占有率に関する研究, 平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会, VII-38, 九州大学, 2009年3月4日.

6. 清水将貴, 山崎惟義, 渡辺亮一, 馬場崎正博: 室見川河口沖窪地の貧酸素化に関する研究, 土木学会第 63 回年次学術講演会, 7-083, pp165-166, 東北大学, 2008.

7. 野村哲裕, 渡辺亮一, 山崎惟義, 楠田哲也: 硬い底泥の限界巻き上げせん断応力と浸食速度に関する実験的研究, 土木学会第 63 回年次学術講演会, 2-110, pp219-220, 東北大学, 2008年9月10日.

8. 中村充裕, 渡辺亮一, 山崎惟義, 楠田哲也: 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, 平成 19 年度土木学会西部支部研究発表会, 長崎大学, 2008年3月8日.

9. 猪野基章, 山崎惟義, 渡辺亮一, 岸川勝典: 博多湾における底泥表面の AVS の変動を与える因子についての研究, 平成 19 年度土木学会西部支部研究発表会, 長崎大学, 2008年3月8日.

10. 中西亮太, 山崎惟義, 渡辺亮一, 馬場崎正博: 混合放流水(海淡水濃縮排水と下水処理水)が周辺底面環境に与える影響に関する研究, 平成 19 年度土木学会西部支部研究発表会, 長崎大学, 2008年3月8日.

11. 清水将貴, 山崎惟義, 渡辺亮一, 馬場崎正博: 室見川河口沖窪地の貧酸素化に関する研究, 平成 19 年度土木学会西部支部研究発表会, 長崎大学, 2008年3月8日.

12. 林田和朗, 山崎惟義, 渡辺亮一, 秦邦寿: 博多湾におけるホトトギスガイの死滅と加入に影響を及ぼす因子に関する研究, 平成 19 年度土木学会西部支部研究発表会, 長崎大学, 2008年3月8日.

13. 野村哲裕, 渡辺亮一, 山崎惟義, 楠田哲也: 硬い底泥の限界巻き上げせん断応力と浸食速度に関する実験的研究, 平成 19 年度土木学会西部支部研究発表会, 長崎大学, 2008年3月8日.

14. 山崎惟義・渡辺亮一: ホトトギスガイの遺骸の酸素消費特性について, 第 62 回土木学会年次学術講演会, 広島大学, 2007年9月12日.

15. 中村充祐・渡辺亮一・山崎惟義・楠田哲也: 底質表面に形成される生物膜の深さ方向分布に関する研究, 第 62 回土木学会年次学術講演会, 広島大学, 2007年9月13日.

16. 山元真弥, 山崎惟義, 渡辺亮一, 馬場崎正博: 百道浜・姪浜沖の2つの窪地に関する研究~博多湾再生に向けて~, 土木学会西部支部(九州共立大学), 研究発表会講演概要集,

VII-94, 1043-1044, 2007年3月10日.

17. 猪野基章, 山崎惟義, 渡辺亮一, 藤田健一: 博多湾湾奥部の貧酸素水塊と放流水に関する研究, 土木学会西部支部(九州共立大学), 研究発表会講演概要集, VII-93, 1041-1042, 2007年3月10日.

18. 下山慎一, 山崎惟義, 渡辺亮一, 藤井暁彦: 博多湾におけるホトトギスガイの加入(recruitment)に関する研究, 土木学会西部支部(九州共立大学), 研究発表会講演概要集, VII-92, 1039-1040, 2007年3月10日.

19. 木下進也, 山崎惟義, 渡辺亮一, 熊谷博史: ホトトギスガイの遺骸が貧酸素水塊に与える影響に関する研究, 土木学会西部支部(九州共立大学), 研究発表会講演概要集, VII-91, 1037-1038, 2007年3月10日.

20. 下村剛規, 山崎惟義, 渡辺亮一, 岸川勝典: 博多湾底部における AVS と ORP の相関に関する研究, 土木学会西部支部(九州共立大学), 研究発表会講演概要集, VII-90, 1035-1036, 2007年3月10日.

21. 中村充裕, 渡辺亮一, 山崎惟義, 楠田哲也: 干潟域底質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, 土木学会西部支部(九州共立大学), 研究発表会講演概要集, VII-72, 999-1000, 2007年3月10日.

22. 下山慎一, 下村剛規, 渡辺亮一, 山崎惟義, 熊谷博史, 藤田健一: 博多湾における貧酸素水塊の発生と二枚貝の消長に関する研究, 応用生態工学会福岡 2006-九州の応用生態工学の事例と研究, 77-78, 2006. 11月14日.

23. 山崎惟義、渡辺亮一、武尾宏大: ホトトギスガイの遺骸による貧酸素化の促進について, 土木学会全国大会(立命館大学)、第61回年次講演会概要集、VII-071, 2006年9月20日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡辺 亮一 (WATANABE RYOICHI)

福岡大学・工学部・助教

研究者番号: 50299541

(2) 研究分担者

山崎 惟義 (KOREYOSHI YAMASAKI)

福岡大学・工学部・教授

研究者番号: 00038100

(3) 連携研究者

楠田哲也 (TETSUYA KUSUDA)

北九州市立大学・国際環境工学部・教授

研究者番号: 50037967