

下水処理の季別運転が水域内底質環境に及ぼす影響

佐賀大学理工学部 学 ○松尾広希 正 山西博幸

佐賀大学理工学部 学 秋山夕輝 古賀匠 佐賀大学大学院 学 Anika Sarah

1. 研究目的

有明海は、ノリ漁業が盛んである。一方で毎年、栄養塩不足に伴うノリの色落ちが問題となっている。佐賀市下水浄化センターでは、栄養塩不足の対策としてノリ漁期に硝化抑制運転を行い、通常よりもアンモニア態窒素($\text{NH}_4^+\text{-N}$)濃度の高い処理水を放流している¹⁾。本研究では、この季別運転が受水域の底質環境に与える影響について検討した。

2. 調査および実験方法

2.1 河川受水域における底質調査

図1は、佐賀市下水浄化センターの放流水を受水する本庄江川感潮域に設定した調査6地点である。この6地点でエクマンバージを用い、河岸潮間帯の表層泥(10cm)を採取した。その後、底泥試料の含水比、強熱減量、密度、粒度、間隙水 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 及びC/Nを測定した。

2.2 底泥溶出実験

溶出実験で用いた泥は、2018年10月17日にノリ漁場で、2018年11月14日に今重橋(St.2)で採取された。試料採取には内径11cm、高さ50cmのアクリル製カラムを用い、約10cm厚の不攪乱柱状試料とした。これらの試料を用いて、①底泥の巻き上げや沈降による水環境への影響と②水温の違い

による影響を評価するための実験を行った。実験条件は、表1のよう

に、水温を3通り(10℃、20℃、30℃)、攪拌の有無で6条件とした。不攪乱柱状試料の直上水には現地海水を0.45μMFでろ過した水を用い、水深30cmとなるよう静かに注ぎ入れた。また、1日2回の干満による巻き上げを想定し、カラム内をM型攪拌羽根(φ80mm)で3時間毎に攪拌させた。カラム内の採水は、所定時間毎(0, 0.5, 1.5, 3, 6, 9, 12, 24hr, その後1日毎)に水面から深さ10cmの水を100mL採取した。採水後、すぐに同量の現地ろ過水を静かに注ぎ入れた。測定項目は、水温、塩分、SS、DOおよびアンモニア態窒素($\text{NH}_4^+\text{-N}$)の5項目とした。水温はデジタル温度計(チノー社製: MC3000)、塩分は導電率計(HORIBA社製: ES-51)、SSは0.45μMFでろ過、DOは蛍光式溶存酸素計(ハック社製: LDO HQ-10)、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ は電量式アンモニア計(セントラル科学社製: AT-200型)で測定した。また実験終了後、表層から2cmずつ切り分けた泥の含水比、強熱減量、間隙水中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ およびC/Nを測定した。

3. 実験結果及び考察

図2はSt.1からSt.6までの堆積泥中の粒度成分(粘土(粒径が5μm以下)、シルト(5~74μm)、その他(75μm以上))毎の割合を示したものである。放流口付近を除くと、上流から下流にかけて粘土分やシルト分の割合に有意な差は見られない。このことから、強混合状態にある河川感潮区間いたるところに微細な懸濁粒子が輸送され、河道内の堆積物環境を形成していることがわかる。

図3はノリ漁場で採取した底泥の直上水中内 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の溶出量とその累積量を示したものである。基本的には、温度上昇が底泥中の有機態



図1 採泥地点

表1 実験条件

	採泥地点	水温(℃)	攪拌
S1	ノリ漁場	10	無
S2		20	
S3		30	
S4		10	有
S5		20	
S6		30	

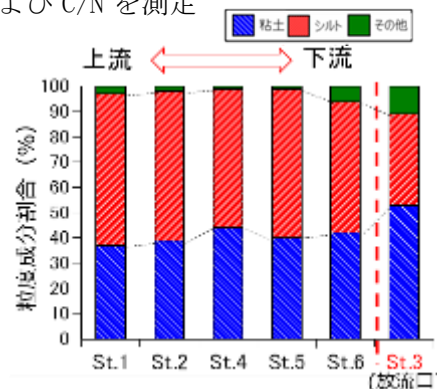


図2 河道内縦断方向における粒度成分の割合

窒素成分の分解を促進させるため、温度のみを変化させた実験 S1～S3 の累積溶出量は、水温増加に応じてその値は高くなり、実験開始数時間でピークを有し、その後は減少する。ただし、S1 はその後も累積溶出量が増大し、730mg/m² 程度まで上昇した。実験終了後に S1 カラム内の底泥を確認したところ、多数の貝類が発見され、これが継続的な溶出量の増加につながったものと考えられる。また、温度とともに攪拌を行った実験 S4～S6 の累積溶出量は、底泥の巻き上げのため、水中への供給が過剰となり、いずれも同温度での実験 (S2, S3) と比較して増加した。一方、累積溶出量の変化は時間の経過とともに、2 つの傾向を示した。S4(10℃), S5(20℃) は実験開始後 4, 5 日まではほぼ一定で、その後やや増加に転じ、S6(30℃) は 2 日目以降減少した。このことから、30℃では、巻き上げで過剰に供給された NH₄⁺-N も水中での硝化反応の影響を受けるものの、10, 20℃では巻き上げによる NH₄⁺-N の過剰供給に対応できていない結果と思われる。

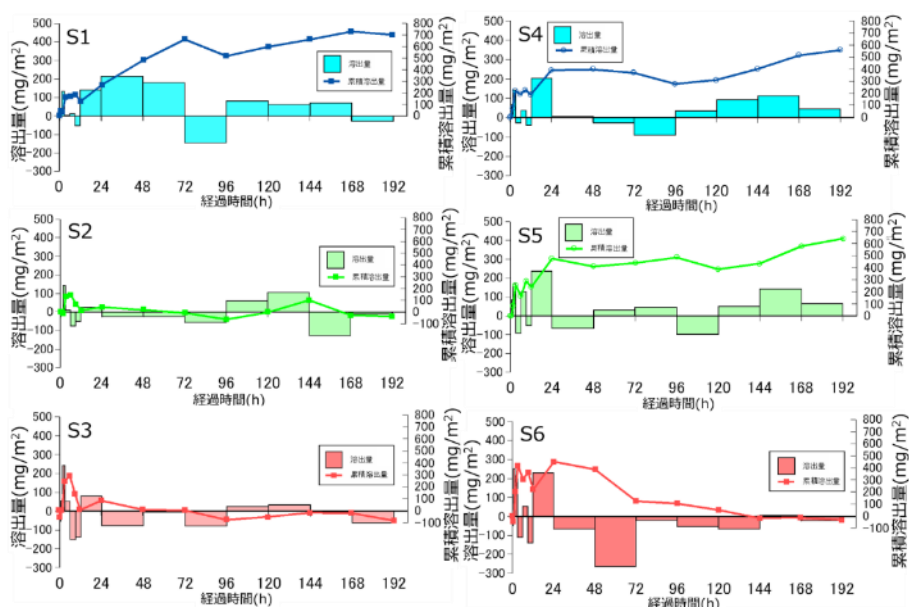


図3 NH₄⁺-N 溶出量と累積溶出量の経時変化

図4は、一連のノリ漁場の底泥を用いた溶出実験開始6時間の溶出量を初期溶出速度と定め、これをまとめて示したものである。試料底泥に多数の貝類が存在していたS1のケースを除けば、温度及び攪拌に依存した傾向が見られる。温度上昇は、有機態窒素成分の分解を促進させるとともに、底泥表層部の粘性を低下²⁾させて水中への巻き上げ量増加をもたらすと考えられる。図5は、攪拌後のカラム内SS変化量をもとにSS沈降速度 w (mm/s) を算出し、SSとの関係を示したものである。カラム内は常にばっ気装置による循環流が生じているため、ここでの沈降速度は見かけ沈降速度となるが、SS増加とともに w の増加する関係が得られた。今後対象水域における栄養塩輸送のモデル化を進める上で、底面でのSSを介した沈降フラックスに係わる一知見といえる。

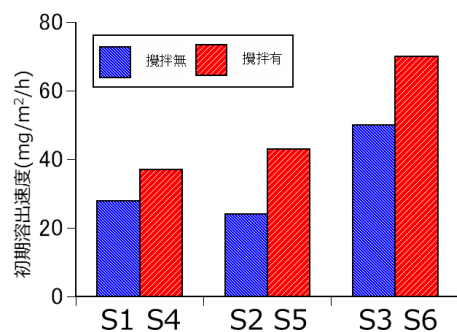


図4 実験毎の初期溶出速度

図5は、12時間後までのSSと水温に対する沈降速度の関係を示したものである。図5は、攪拌後のカラム内SS変化量をもとにSS沈降速度 w (mm/s) を算出し、SSとの関係を示したものである。カラム内は常にばっ気装置による循環流が生じているため、ここでの沈降速度は見かけ沈降速度となるが、SS増加とともに w の増加する関係が得られた。今後対象水域における栄養塩輸送のモデル化を進める上で、底面でのSSを介した沈降フラックスに係わる一知見といえる。

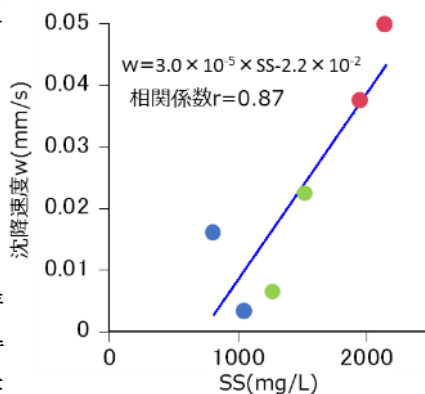


図5 12時間後までのSSと水温に対する沈降速度の関係

4. おわりに

本研究は、季節別運転に伴う放流水の影響として、底質環境を切り口に現地調査および室内実験を実施したものである。対象河川水域は常に粘土・シルトを主体とするSS輸送が支配的な堆積空間であること、放流水受水域の一部であるノリ漁場堆積物の栄養塩溶出に及ぼす温度と巻き上げの効果を示した。本研究は、平成30年度科研費基盤研究C(JP16K00621)および平成30年度河川財団助成事業の補助のもとで実施された。また、試料分析では、大石京子氏(佐賀大学客員研究員)にご協力頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

1) 山口徳雄 (2012), 海苔養殖に適した下水処理, 第15回日本水環境学会シンポジウム講演集, p. 254. 2) 中野晋 (1994), 底泥の堆積した海域における波高減衰と底泥の移動現象に関する研究, 京都大学位論文, pp. 32-33.