

放流水受水域における栄養塩輸送に関する研究

佐賀大学工学部 学○古賀 匠 正 山西博幸

佐賀大学工学部 学 秋山夕輝 松尾広希 佐賀大学大学院 学 Anika Sarah

1. はじめに

有明海湾奥部水域には生産量全国第一位のノリ養殖拠点がある。しかし、近年ノリ養殖による栄養塩不足が問題視されている。その対策として、佐賀市下水浄化センターでは、ノリ養殖期に硝化抑制運転が行われ、通常運転時よりも高濃度のアンモニア態窒素を含む処理水が放流されている。この処理水受水域である本庄江川では、有明海特有の干満差により放流水も上流域へ輸送されるため、河川水質ならびに周辺環境への影響が懸念される。本研究は、下水処理放流水の流動とその水塊移動に伴う水質調査を通じ、河道内および沿岸域における栄養塩輸送の一端を明らかにした。

2. 調査方法

(1) 放流水長期モニタリング 季別運転を行っている佐賀市下水浄化センター(河口から 0.8km 上流)からの処理水水質の長期的モニタリングを 2016 年 5 月から行っている¹⁾²⁾。本年度もこれを継続し、放流口からの処理水を毎月採水し、分析を行った。分析項目は、塩分、SS、COD、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、TN、DN、TP および DP である。塩分は導電率計(HORIBA 社製, ES-51)、SS は孔径 $0.45\ \mu\text{m}$ のメンブランフィルターでろ過、COD は電量滴定式 COD 測定器(セントラル科学製, Quick COD HC-607)、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ は電量滴定式アンモニア測定器(セントラル科学社製, AT-2000)、TN、DN、TP および DP は吸光光度式多目的水質分析計(HACH 社製, DR-2400)にて測定した。

(2) 放流水遡上に伴う水質調査(調査 A) 調査対象水域は、図 1 に示す本庄江川感潮域とし、調査を 2018 年 10 月 12 日(中潮, 7:00-10:30)に行った。図 2 は調査時における河口から上流 1.4km 地点の水位である。放流水塊の遡上に伴う河道内輸送を把握するため、上げ潮時に放流水が本川と合流する地点にラジコンボート(Goolsky 社製, Flytec)を無動力で水面上に浮遊させ、同時に無動力の備船で追従し、所定の地点で表層水を採水した。ラジコンボートと備船には、GPS ロガー(Canmore Electronics 社製, GT-740FL)を設置し、両者の遡上軌跡と採水地点を記録した(図 3 参照)。採水した試料の分析項目は塩分、SS、COD、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、TN、DN、TP および DP である。なお、分析方法は(1)と同様である。

(3) 遡上に伴う海域からの影響調査(調査 B) 調査対象水域は、本庄江川河口からノリ漁場域とし(図 1 参照)、調査日を 2018 年 10 月 17 日(小潮, 13:30-15:00)とした(図 2 参照)。調査は上げ潮時にノリ漁場から本庄江川河口に向かって行われ、所定の地点で表層水を採取した。また GPS ロガーを用いて軌跡と採水地点を記録した(図 3 参照)。分析項目は、塩分、SS、COD、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、TN、DN、TP および DP である。分析方法は(1)と同様である。

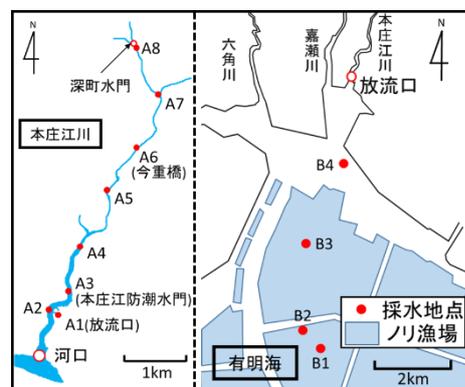


図 1 調査地点(左:本庄江川感潮域, 右:本庄江川下流域)

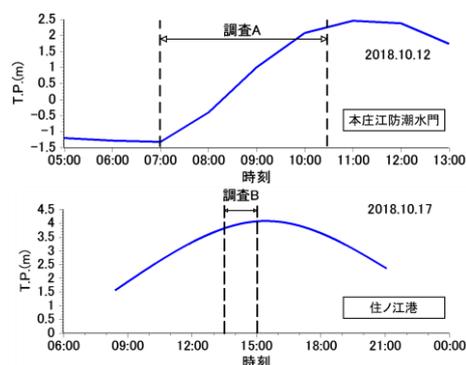


図 2 調査時における水位
(上:調査 A, 下:調査 B)

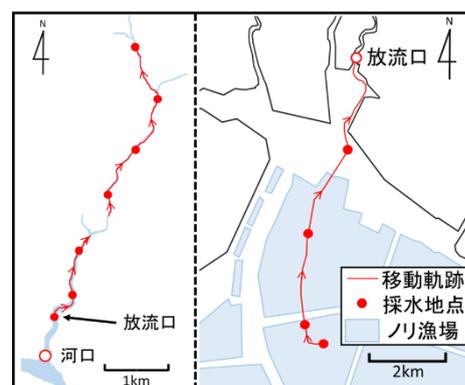


図 3 調査 A, B での軌跡

3. 調査結果及び考察

(1) 季別運転による放流水質の変化 図4は放流水中のCOD, NH₄⁺-N, TN及びTP濃度の経月変化を示している。図より、硝化抑制運転期には、放流水中のTN, NH₄⁺-N濃度が上昇し、TN中のNH₄⁺-N濃度の割合も増加していることから、硝化抑制運転の効果が確認された。

(2) 放流水遡上に伴う河道内への影響(調査A) 調査Aの結果、無動力のラジコンボート及び備船は約3時間で放流水本川合流地点から河川上流域約5.4km(河口から約6.2km)遡上した。図5は遡上に伴う移動速度と各地点におけるSS濃度である。移動速度は、遡上を開始すると徐々に速くなり、放流水本川合流地点から約4km地点で最大となり、4km地点を過ぎると次第に低下した。SS濃度は、上げ潮に伴う巻き上げの影響を強く受け、4.5km付近まで約1,000mg/Lの濃度を示し、そのあと急速に減少した。図6は船の移動速度とSSの関係を示したもので、両者には線形的な関係が見られた。この直線回帰をもとにSS=0となる移動速度(≒流速)、すなわちSS沈降限界流速を求めると0.05m/sとなった。河道内での沈降・堆積域を求める際の1つの指標として有用な知見といえる。図7は遡上に伴うSS, NH₄⁺-N, TNおよびDN変化を示したものである。図より放流水が本川との合流直後に希釈され、その後拡散しながら上流域へ輸送されることがわかる。なお、放流口から4~5km地点で、TNが上昇し、DNには変化がなかったこととSS増加から、SS由来が関与したものであると考えられる。

(3) 上げ潮に伴う海域からの影響(調査B) 図8は上げ潮時にノリ漁場から河口に向かう際の塩分, SS, TNおよびNH₄⁺-N濃度分布である。図より、上げ潮に伴い、海域側から河口に向かって栄養塩濃度が上昇し、流入している。またSS濃度の上昇も見られるため、底泥の巻き上げに伴う栄養塩濃度の上昇も示唆される。

4. おわりに

本研究では、硝化抑制運転による処理水の受水域への影響を評価するための調査を行った。その結果、河川上流域約6.2kmまでの放流水の影響を確認し、河道内のSS輸送から沈降限界流速を求めた。また、海域からの遡上により流入する栄養塩濃度やSSの分布を示した。なお、本研究は、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一部助成のもとで実施された。また、大石京子氏(佐賀大・客員研究員)には試料分析でご協力いただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1)前田ら(2017), 平成28年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.751-752.
- 2)山西ら(2018), 水環境学会誌, Vol.41(2), pp.35-42.

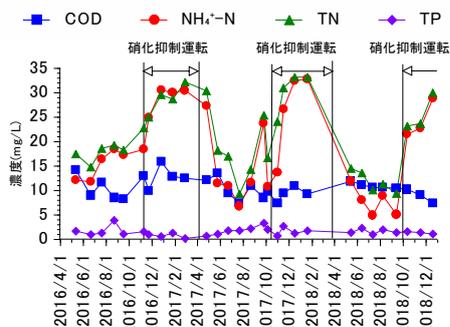


図4 放流水中のCOD, NH₄⁺-N, TN, TP濃度の経月変化

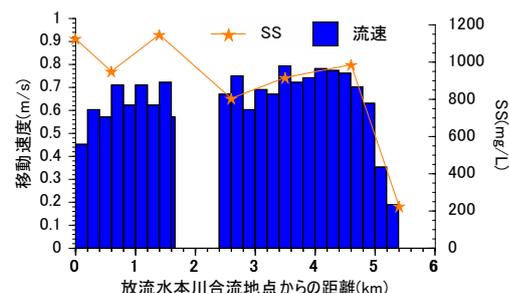


図5 遡上に伴う移動速度とSS濃度

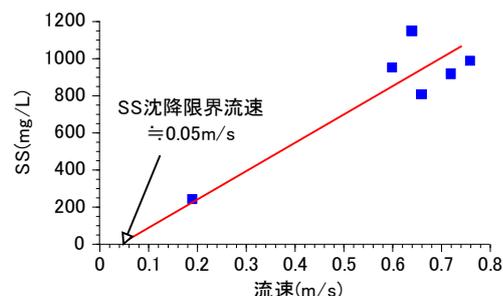


図6 移動速度とSSの関係

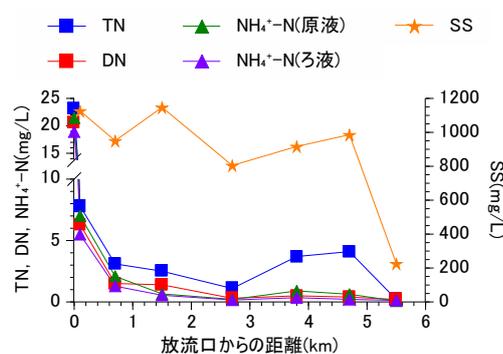


図7 遡上に伴うSS, NH₄⁺-N, TN, DN

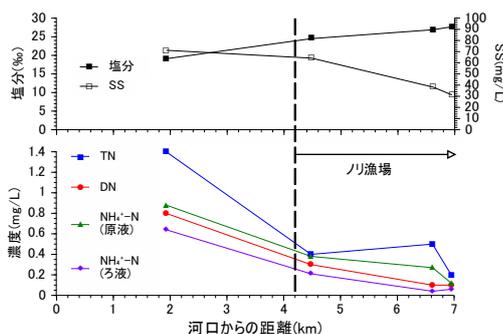


図8 上げ潮時のノリ漁場から河口に向かう塩分, SS, TN, NH₄⁺-N濃度分布