

下水放流水受水域内の栄養塩輸送に関する研究

佐賀大学理工学部 学 ○高椋大平 正 山西博幸

佐賀大学院理工学研究科 学 右田朱里 佐賀大学理工学部 学 伊瀬知昂希

1. はじめに 有明海湾奥部では日本有数の干満差を活かしたノリの支柱養殖が盛んに行われている。ノリ養殖は冬季に一齐に開始されるため、水域内での栄養塩不足が生じ、ノリの生長悪化や色落ちなどの問題が発生している。そのため、下水処理場ではノリ養殖場へ栄養塩を供給するため、冬季に通常時より栄養塩濃度の高い処理水を放流する季別運転が実施されている。これまでの研究成果から、佐賀市下水処理場を起点とした栄養塩輸送に関するいくつかの知見が得られている^{1), 2)}。とくに、硝化抑制運転時の放流水には通常運転時よりもアンモニア態窒素の濃度が高く、海域に放流された際に懸濁粒子への吸着阻害からより沖合に輸送されること³⁾、下げ潮時に海水表面上を薄層で広がる可能性が示唆されている⁴⁾。

本研究では、現地調査に基づく対象水域内での栄養塩の拡がりとその供給量を概算することで、季別運転による水域への影響評価を試みるものである。

2. 研究方法

2. 1 河川上流端からの流入負荷調査 本研究では、平成 28 年から季別運転を試行している鹿島市浄化センターの放流水受水域を調査対象水域とし、本水域に河川から流入する負荷量調査を行った。調査地点は図 1 の通りで、地点①～④を設定した。いずれの地点も堰が設置され、海水遡上の影響を受けていない。調査日は令和 3 年 10 月 8 日(地点①、②)、10 月 20 日(地点③、④)で、各地点の河川から堰を介して下流側に流入する水量と各種水質を測定した。水質項目は、SS、COD、TN、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ および TP とした。

2. 2 河口域の流入出負荷調査 鹿島川河口部での流入出負荷量を算出するため、図 1 に示す測線⑤での流量と各種水質測定を行った。調査を令和 3 年 11 月 2 日の 10:00～17:30 に実施し、この時間内の下げ潮最強時間帯(10:20～11:10)と上げ潮最強時間帯(16:00～17:00)の 2 回、測線上を船で移動し、断面内 3 カ所の流速測定と採水を行った。また、採水は潮位に応じて深さ方向に 1～3 点とした。採水した試料は SS、COD、TN、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ および TP を測定した。

3. 調査結果および考察

3. 1 河川上流端からの流入負荷 図 2 は 4 つの河川の流入水量と各種水質濃度を示したもので、図 3 は図 2 をもとに流入負荷量を算出し、受水域内への寄与割合として円グラフ化したものである。図 2 より、流入水量は中川と石木津川で全流入量の 94% を占め、黒川、鹿島川の水量寄与は小さい。水質に関しては、黒川で TN 濃度、鹿島川で COD 濃度がそれぞれ高い値を示したものの、水量が少ないため、流入負荷量としては受水域全体に占める割合は低下した(図 3 参照)。図 3 より、河川上流端から対象水域に流入する COD 負荷は 32.68(kg/day)、TN 負荷は 10.18(kg/day)、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 負荷は 3.06(kg/day)、



図 1 研究対象水域と調査地点

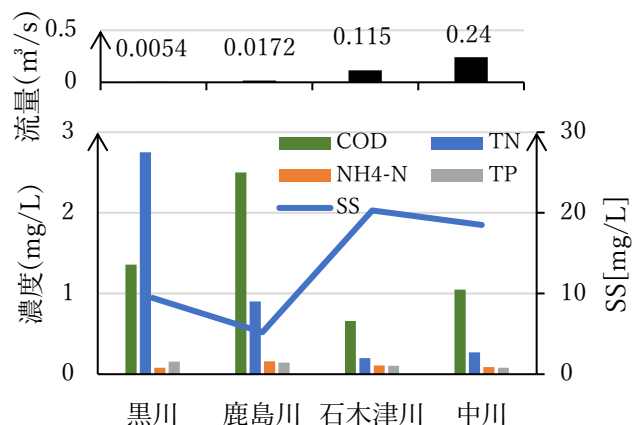


図 2 感潮域上端からの流量・水質

および TP 負荷は 2.93(kg/day)となった。なお、窒素負荷のみを考えた場合、流量の少ない黒川、鹿島川でも窒素濃度が高いため、水域内への影響は必ずしも小さいとは言えない。

3. 2 河口域断面を介した栄養塩輸送について

図 4 は河口域における水質調査結果である。右岸側に放流口があるため、下げ潮時、上げ潮時ともに窒素成分の濃度が高くなっている。また、上げ潮時は下げ潮時と比べ下層付近での栄養塩濃度がやや高くなっている。これは上げ潮時の流れによる底泥の巻き上げに起因するものと思われる。図 5 は調査をもとに上げ潮、下げ潮の流量を算出したものである。

実測値（図中赤丸）以外の流量算出に際し、調査時の水位及び既往研究²⁾での

断面流速をもとに概算した。なお、図中の流量正值を流出量、負値を流入量としている。これより、下げ潮時の流量を $1.55 \times 10^6 (\text{m}^3/\text{day})$ 、上げ潮時の流量を $2.34 \times 10^6 (\text{m}^3/\text{day})$ と見積もった。

図 6 は本庄江川と鹿島川河口域の NH_4^+-N 流出負荷量を比較したものである。なお、本庄江川では平成 19 年から季別運転による放流水を受け入れている。図より、鹿島川河口域

から有明海への流出負荷量は本庄江川の約 3 分の 1 程度であった。佐賀市下水処理場の放流量が鹿島市浄化センターより多いことなどの要因も

あるが、鹿島市浄化センターの季別運転によるノリ生産への寄与度は佐賀市下水処理場より小さいと言える。

4. おわりに 本研究は、季別運転による栄養塩供給が水域にもたらす影響評価の一環として、対象水域内の現地調査を行った。その結果、河川および河口域部での負荷量を概算した。引き続き、鹿島市浄化センターを起点とした水域内の栄養塩輸送量とともに、下水処理場の能動的運用が受水域内に与える影響について明らかにしていく予定である。なお、本研究を遂行するに際し、JSPS 科研費基盤(C)(19K12371)の補助を受けるとともに、現地調査で学部 4 年・高井佑豪君、古川藍之君に補助していただいた。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】1) 古賀匠:季別運転による下水処理放流水受水域での栄養塩に関する研究、佐賀大学卒業論文、80p.、2019、2) 山本啓太:下水処理放流水受水空間における栄養塩の輸送特性、佐賀大学卒業論文、53p.、2021、3) 山西博幸・青木優佳:河川感潮域内におけるアンモニア態窒素輸送に関する一考察、水環境学会誌、Vol.42、No.3、pp117-122、2019、4) 山西博幸ら:季別運転による栄養塩輸送と底質環境に関する検討、第 24 回日本水環境学会シンポジウム講演集、pp.273-274、2021

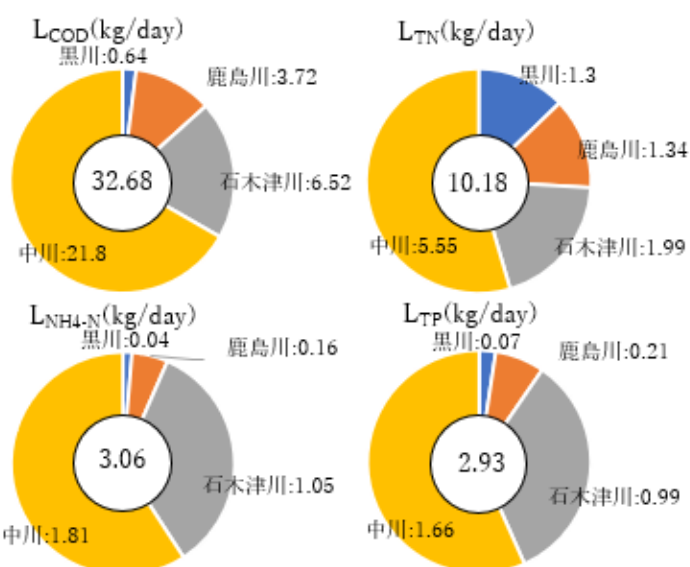


図 3 感潮域上端からの流入負荷と河川毎の寄与量

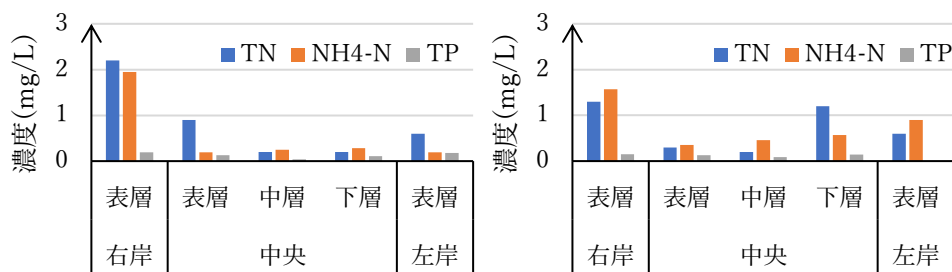


図 4 河口域水質調査結果(左:下げ潮、右:上げ潮)

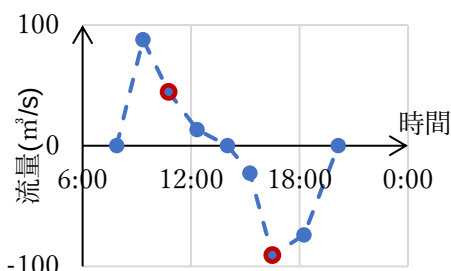


図 5 河口域流量の経時変化

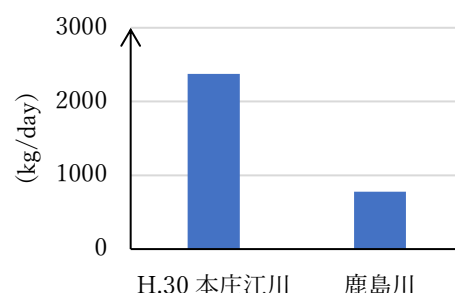


図 6 本庄江川・鹿島川河口域の NH_4^+-N 流出負荷