

本津川河口域（備讃瀬戸東部）における河川出水時の海域栄養塩の濃度変化に関する研究

香川大学大学院工学研究科 学生会員 ○後藤健太
 香川大学工学部 正会員 石塚正秀
 香川県水産試験場 非会員 宮川昌志

1. はじめに

瀬戸内海では、1970年代から総量規制などの負荷削減対策が実施され、陸域からの栄養塩負荷が減少したことなどにより、赤潮による漁業被害は減少した。しかし、栄養塩を利用するノリの色落ちなどの新たな漁業被害が発生している。ノリの色落ちの要因の一つとして、陸域からの栄養塩負荷の減少が考えられている。そこで、陸域からの栄養塩負荷を増やす試みとして、ダム放流やノリ養殖場における施肥、下水処理場の放流水中の栄養塩を排水基準内でより多く残す調整運転などが行われているが、定量的な効果は明らかとなっていない。

本研究では、ノリ養殖が行われる冬季に、河口および下水処理場付近の海域において、台風などに伴う河川出水や下水処理水放流による海域の窒素濃度の変化を調査し、河川水や下水処理水が海水の窒素濃度の変化に与える影響を明らかにすることを目的とする。

2. 調査の概要

海域調査は、高松地先海域の西部（備讃瀬戸東部）に位置する本津川河口において実施した（図1）。本津川の河口左岸側には香東川浄化センターがあり（図中▲印）、下水処理水はその沖合約1 km 地点（図中緑色◎）において放流されている。採水は、河口および下水処理水の放流口付近にブイを浮かべ、潮流の影響を受けて流されたブイを追跡しながら実施した。

分析項目は窒素を形態別に、溶存態全窒素 DTN、懸濁態有機窒素 PON、溶存態無機窒素 DIN ($\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$) に分けて分析した。なお、溶存態有機窒素 DON は DTN と DIN の差から算出した。

3. 海域における窒素の形態別濃度の空間変化

2014年2月13日に実施した香東川浄化センター沖の調査においては、下水処理水の放流口を起点として採水を行った。その結果、排水口付近の観測点1（赤丸）において、アンモニア態窒素 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が高い結

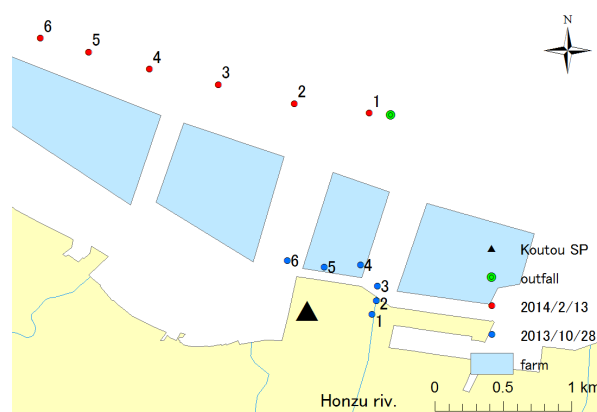


図1 海域の調査地点（本津川河口海域）

（灰色のエリアはノリ養殖場の位置を示す。）

果が得られた（図2）。同様に、亜硝酸態窒素 $\text{NO}_2\text{-N}$ もわずかに含まれていた。下水処理水の $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ は調整運転により増加していると考えられることから、観測点1の海水は下水処理水の影響を受けていると考えられる。一方、観測点2～6では、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は大きく低下し、潮流による拡散と希釈が直ちに生じていると考えられる。ここで、PON濃度は各地点の差が少ないことから、海水に元々含まれていることがわかる。

本津川河口の調査（2013年10月28日）の結果を図3に示す。10月23～25日にかけて141 mmの降水量が観測され（高松アメダス）、その3日後に調査を実施した。河川に最も近い観測点1（青丸）において、硝酸態窒素 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が最も高く、河川出水の影響を強く受けていることがわかる。一方、観測点2では、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は大きく低下しており、河口近くにおいて急激に $\text{NO}_3\text{-N}$ が減少する結果が得られた。しかし、観測点6においても 0.1 mg L^{-1} 程度あり、河川水が岸に沿って河口沖まで広がっていることがわかる。

4. 河川水・下水処理水・海水の関係

(1) 形態別窒素濃度

河川水、下水処理水と海水の形態別窒素濃度の比較結果を図4に示す。海域の観測点1（青丸）と河川の

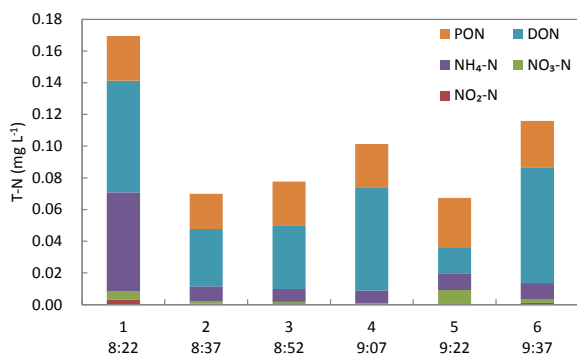


図 2 海域における窒素形態
(香東川浄化センター沖, 2014 年 2 月 13 日)

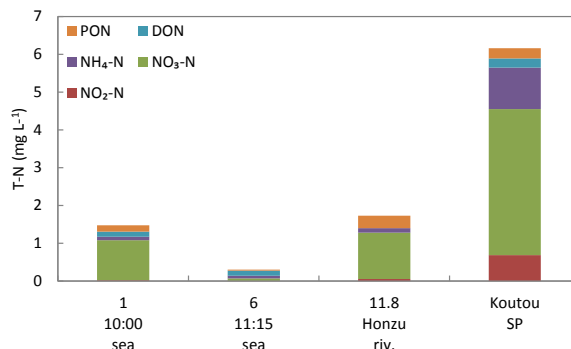


図 4 海水・河川水・下水処理水の窒素形態 (2013 年 10 月)

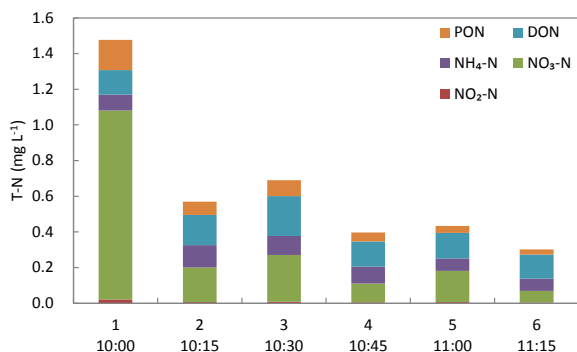


図 3 海域における窒素形態 (本津川河口, 2013 年 10 月 28 日)

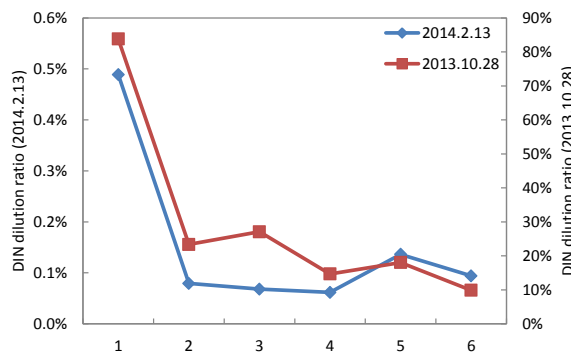


図 5 海域における栄養塩 (DIN) の希釈の特徴

窒素濃度はほぼ同じであり、河川に最も近い河口域においては河川水の出水の影響が直接的に表れていることがわかる。一方、観測点 6 (青丸) では、窒素濃度が大きく減少しており、その要因は図 3 に示したように $\text{NO}_3\text{-N}$ の減少である。下水処理水と河川水を比較すると、濃度に大きな差がみられた。河川水は下水処理水よりも窒素濃度が低く、形態別では、DIN 濃度が非常に低いことが主要因である。なお、この時の下水処理水は、調整運転を開始した時期に採水されたものであり、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高い結果であった。

(2) 海域における河川水と下水処理水の希釈

各調査における下水処理水および河川水に対する海水の DIN の希釈の特徴を図 5 に示す。下水処理水の濃度は図 4 に示したように非常に高いが、2014 年 2 月の香東川浄化センター沖では下水処理水の濃度に対する海水の希釈割合はすべての観測地点において高く、1%以下となっている。一方、2013 年 10 月の本津川河口沖では流入地点に近い観測点 1 では、希釈割合が約 80%と、ほとんど希釈されておらず、観測点 2 以遠でも希釈されるものの希釈割合は 10~30%程度にとどまっている。つまり、出水時の河川水は流量が多いた

め、高濃度の窒素を含む河川水が遠くまで輸送されているのに対して、下水処理水は放流量が少ないため、下水放流口近くにおいて海水により大きく希釈されていることがわかった。

5. まとめ

出水時には、 $\text{NO}_3\text{-N}$ を高濃度に含む河川水は水量が多いことから希釈されながらも沖の岸近くを移動しながら広がり、ノリ養殖場を通過した。一方、下水処理水は、放流口が沖にあり水量が少ないことから、備讃瀬戸の早い潮流により DIN 濃度はすぐに大きく希釈されて低下し、また、ノリ養殖場へ直接的に広がらない結果であった。ただし、河川の出水は一時的な現象であり、その時間的効果は限定的と考えられるが、下水処理水は定常的に海域に流入する。

以上より、下水処理水と河川水は海域の栄養塩濃度変化に与える影響の特徴は異なっているが、降水量や潮流による拡散などの気象・海象条件による変化を考慮して、より詳細な調査・解析を行う必要がある。

謝辞：分析に協力していただいた香川大学農学部山口一岩准教授ならびに朝日俊雅博士に謝意を表する。