

## ノート

# 下水処理施設の栄養塩管理運転に伴う周辺水域の溶存態無機窒素（DIN）濃度の動態

原田和弘\*・宮原一隆・近藤敬三

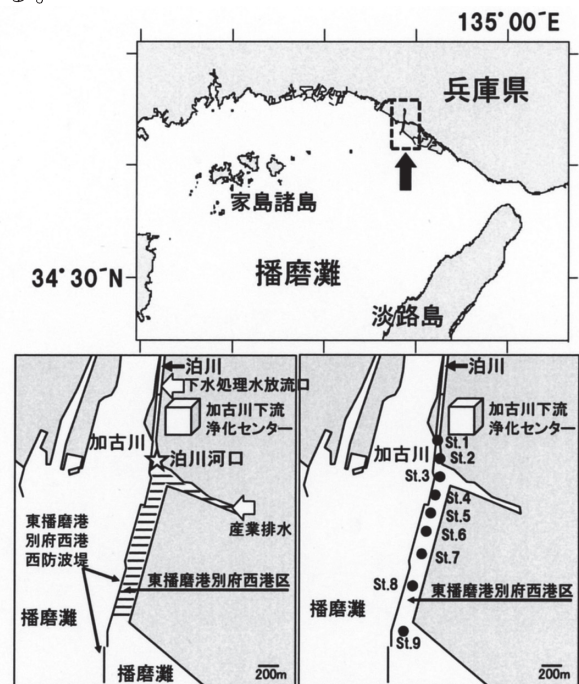
Dynamics of transport of dissolved inorganic nitrogen (DIN) in the outfall water area during moderate operation of the sewage treatment plant

Kazuhiro HARADA\*, Kazutaka MIYAHARA and Keizo KONDO

キーワード：栄養塩管理運転（窒素排出量増加運転），下水処理，DIN

兵庫県のノリ養殖は全国有数の生産高を誇っているが、1990年代後半頃からノリの色落ちを主たる要因とする不作が頻発している（反田・原田 2012；反田ら 2014）。ノリの不作に伴う生産者からの強い要望もあり、兵庫県内では下水処理施設における栄養塩管理運転（ここでは硝化抑制や脱窒抑制による窒素排出量増加運転を指す）、加古川水系のダムからの一時放流、「かいぼり」によるため池からの放流等、ノリ生産期を中心に陸域から沿岸海域への栄養塩供給対策を試行している（反田・原田 2011；反田・原田 2012；原田ら 2013）。本研究ではこれらの栄養塩供給対策のうち、（公財）兵庫県まちづくり技術センター加古川流域下水道管理事務所加古川下流浄化センター（以後、加古川下流浄化センターとする）で試行された栄養塩管理運転に伴う周辺水域での溶存態無機窒素（DIN）濃度の動態について調査した結果、運転期間中において周辺水域では、

通常運転時に比べてDIN濃度の上昇が認められ、増量された窒素は東播磨港別府西港区（以後、別府西港区とする）を通じて海域へ供給されていると判断したので報告する。



第1図 泊川および東播磨港別府西港区の調査定点図

\*Tel: 078-941-8601. Fax: 078-941-8604. Email: kazuhiro\_harada@pref.hyogo.lg.jp

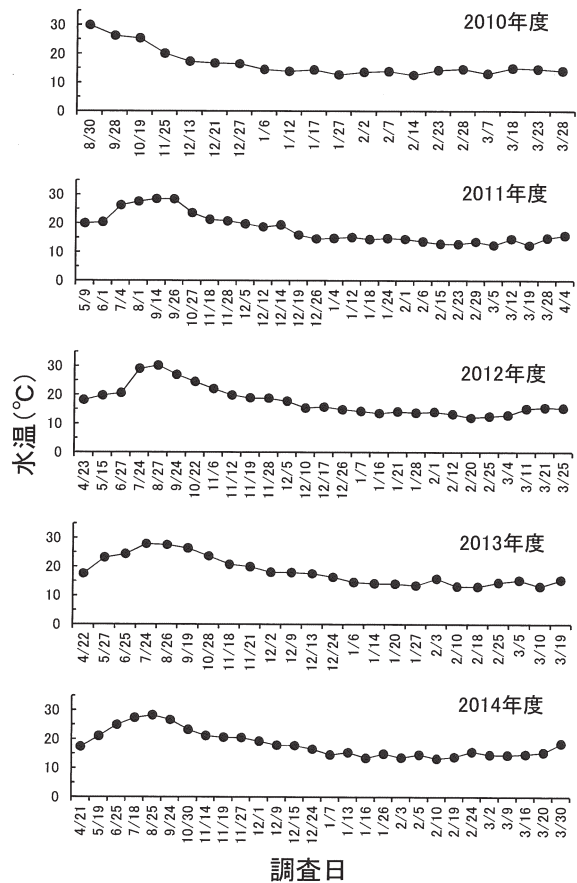
兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター（674-0093 兵庫県明石市二見町南二見 22-2）

材料および方法

加古川下流浄化センターの処理水は、一級河川である加古川下流の左岸を並行して流れる二級河川の泊川に放流された後、別府西港区を通じて播磨灘に流入する経路をたどる。また、別府西港区には産業排水も流入している（第1図）。栄養塩管理運転に伴う周辺水域のDIN濃度の動態は、処理水放流口から約700m下流の、泊川が別府西港区に流入する定点（以後、泊川河口とする。第1図）で、2010～2014年度に調査した。栄養塩管理運転期間中は、概ね10日に1回、その他の期間は月に1回、午前中に泊川河口で表層水を採取して棒状温度計で水温を測定した後、実験室に持ち帰り、塩分（YSI社製 Model30）とDIN濃度（ビーエルテック社製 QuAAtro2-HR）を計測した。調査期間中、加古川下流浄化センターでは、各年度とも概ね12月～翌年3月まで栄養塩管理運転が試行された（ただし、12月初旬～中旬、3月初旬～下旬は栄養塩管理運転開始・終了への段階的な運転期間）。また、2011年9月～2012年2月には泊川および別府西港区周辺の9定点（第1図、St.1～9）で、CTD（JFEアドバンテック社製 RINKO-Profilor）を用いて海底までの水温、塩分の鉛直分布を計測するとともに、St.3～9では表層および底層水（海底上1m）を採取してDIN濃度を計測した。なお、本報では泊川河口、産業排水流入地点、東播磨港別府西港西防波堤および別府西港が播磨灘と接続する地点で囲んだ水域（第1図の横線で示した範囲）を、便宜上別府西港区とする。

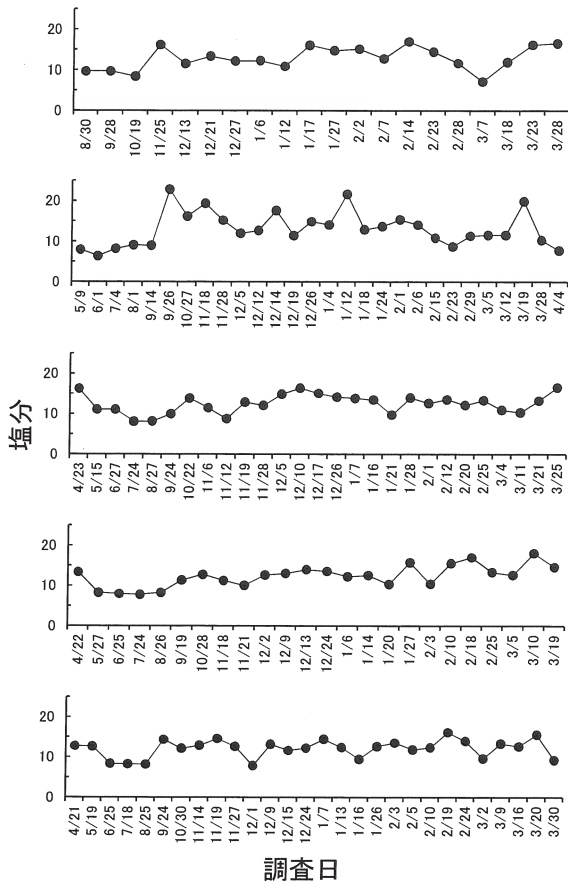
結果

各年度の泊川河口における水温は、夏季を除いて周辺海域および加古川河川域の水温よりも高く、冬季の最も低い値でも12.1℃までしか下がらなかった。また、塩分は周辺海域よりも低い傾向にあり、6～23の範囲で推移した（第2,3図）。泊川河口のDIN濃度は、いずれの調査時にも100μmol/L以上あり、周辺海域よりもかなり高い状態にあった。また、各年度とも12月から翌年3月の栄養塩管理運転期間中は、通常運転時よりもさらにDIN濃度の上昇することが確認された（第4図）。



第2図 泊川河口の水温

栄養塩管理運転に伴う周辺水域の DIN 濃度

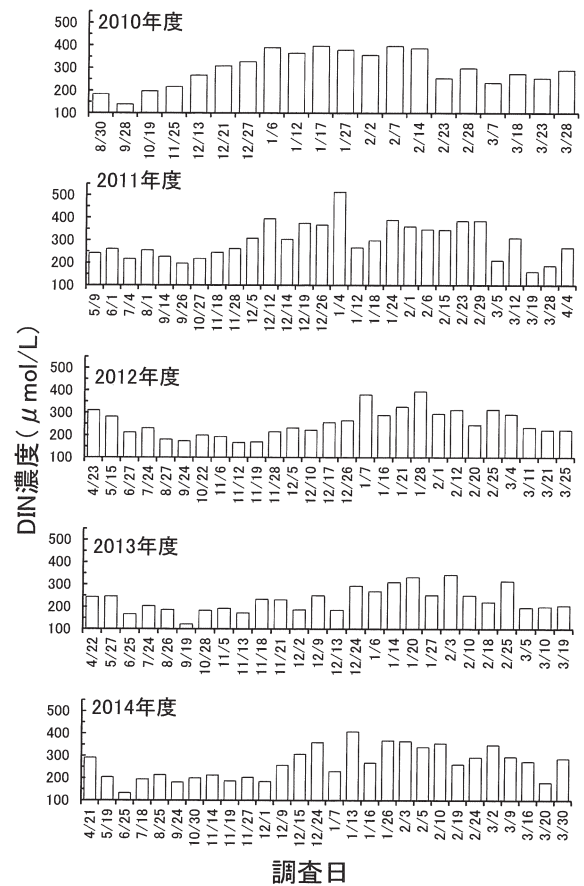


第3図 泊川河口の塩分

泊川および別府西港区における水温，塩分の鉛直分布は，鉛直混合期においても表層（水面下約 2 m までの範囲）を高水温，低塩分水が流れていることを明確に示していた（第 5，6 図）。また，別府西港区の水路から播磨灘に流出した定点（St. 9）では，潮流による海水との混合で鉛直分布は明確でなくなっていた。さらに，別府西港区では何れの定点においても，表層は底層に比べて DIN 濃度は顕著に高く，何れの層・も沖の定点ほど，概ね濃度は低下する傾向にあった（第 7 図）。

考 察

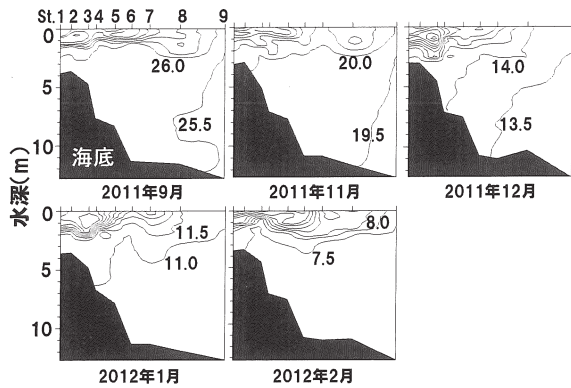
泊川河口の水質が高水温，低塩分であっ



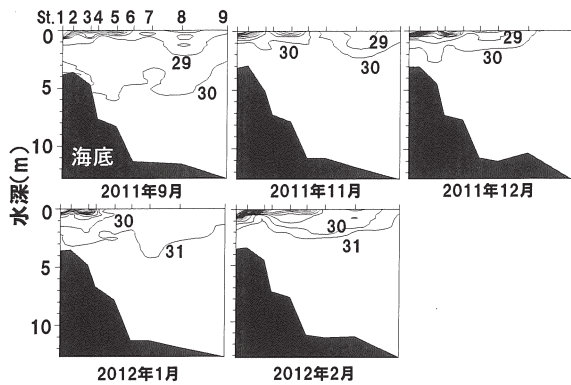
第4図 泊川河口の DIN 濃度

たのは，放流された下水処理水および泊川河川水に起因すると考えられ，中室ら（2006）は下水処理水の水温が高い要因として，都市活動に起因するエネルギーが排熱として含まれる下水の処理施設への流入にあると推測している。また，泊川河口では上げ潮，下げ潮時とも目視観察では，ごく表層の水は沖に向かって流れていることが確認されている。したがって，泊川河口の表層水は下水処理水または泊川河川水が主体で，産業排水または海水による水質変化への影響は低いと判断した。

本研究から，下水処理施設の栄養塩管理運転に伴って，処理水放流口の下流の泊川河口では，DIN 濃度の上昇が明確に認めら

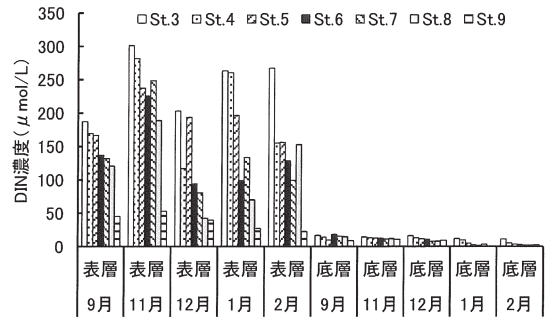


第 5 図 泊川から東播磨港別府西港区の水温鉛直分布 (°C, 等値線は 0.5°C 毎)



第 6 図 泊川から東播磨港別府西港区の塩分鉛直分布 (等値線は 1 毎)

れた。さらに、泊川から別府西港区内では、表層を高水温、低塩分、高 DIN 濃度の水が流れていることが明らかとなり、同様の水質である下水処理水は放流された後、別府西港区の表層を通じて沿岸域に流出していると考えられた。また、前述のように別府西港区には産業排水も流入している。下水処理水の放流量は約 11 万トン/日であるのに対して、産業排水は数十万トン/日レベルで流入しており、水温および DIN 濃度も高い（原田 未発表）。これらの状況から、別府西港区の表層水は主に産業排水、下水処理水および泊川河川水で構成されていると考えられる。阿保ら（2012）が加古川河



第 7 図 東播磨港別府西港区の表、底層水の DIN 濃度 (2011 年度)

口域の DIN 動態について、モデルシミュレーションを用いて計算した結果によると、当海域では加古川河川水および別府西港区からの流出水が、陸域からの主な窒素供給源であることがわかっている。また、加古川下流浄化センターの栄養塩管理運転に伴い、別府西港区を通じて、周辺海域には運転で増量した窒素が供給されている結果も示されている。今回の現場観測の結果も合わせ、加古川下流浄化センターの栄養塩管理運転に伴って放流された窒素増量分は、泊川から別府西港区を通じて周辺海域に供給されていると判断した。

## 謝 辞

本研究は平成 22-26 年度水産庁委託事業「沿岸海域の栄養塩管理技術の開発」の一部として実施した。研究を進めるにあたり、ご理解、ご協力を賜った「豊かな海づくりに係る検討会」関係機関の皆様には厚く御礼申し上げます。また、現場調査にご協力頂いた兵庫県漁業・環境調査船乗組員の皆様、ならびに報告にあたり貴重なご助言を頂いた兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター技

術参与反田 實博士に深謝します。

## 文 献

- 阿保勝之・樽谷賢治・原田和弘・宮原一隆・中山哲  
巖・八木 宏 (2012) 加古川河口域ノリ養殖場に  
及ぼす陸域からの栄養塩供給の影響. 土木学会  
論文集 B2 (海岸工学), **68**, 1116-1120.
- 原田和弘・近藤敬三・川崎周作・中谷明泰・水田 章・  
高木英男・西川哲也 (2013) 加古川水系の平荘ダ  
ム一時放流による加古川河口周辺海域への栄養  
塩添加効果の検討. 兵庫農水技総セ研報 (水産  
編), **43**, 11-16.
- 中室克彦・奥野智史・高田聡子・田口 寛・井上知  
明・上田彬博・福永 勲・加賀城直哉・服部幸和・  
厚井弘志 (2006) 都市河川水の水温に及ぼす下水  
処理場放流水の影響. 水環境学会誌, **29**, 177-181.
- 反田 實・原田和弘 (2011) 貧栄養化への対策事例  
と将来への課題. 水環境学会誌, **34 (A) No. 2**,  
54-58.
- 反田 實・原田和弘 (2012) 瀬戸内海東部 (播磨灘)  
の栄養塩環境と漁業. 海洋と生物, **199**, 132-141.
- 反田 實・原田和弘 (2013) 瀬戸内海東部海域の栄  
養塩環境の現状および改善に向けた取り組みと  
課題. 海洋と生物, **205**, 116-124.
- 反田 實・赤繁 悟・有山啓之・山野井英夫・木村  
博・團 昭紀・坂本 久・佐伯康明・石田祐幸・  
壽 久文・山田卓郎 (2014) 瀬戸内海の栄養塩環  
境と漁業. 水産技術, **7**, 37-46.