

霞ヶ浦外浪逆浦の浚渫窪地での水温成層形成とそれによる水質への影響

中川 圭太¹, 松本 俊一¹, 福島 武彦¹¹茨城県霞ヶ浦環境科学センター

キーワード: 浚渫窪地, 水温成層, 水質変動

抄録

浚渫窪地は、外部水域との水の交換が起こりにくいことから、成層の形成で生じる貧酸素化を原因としたりんの溶出を生じる一因となっている。霞ヶ浦にもかつての土壌採取等による浚渫窪地が存在し、特に南東部に位置する外浪逆浦に大規模な浚渫窪地があるが、これまで調査報告例はないため、霞ヶ浦外浪逆浦の浚渫窪地を対象にして水温成層の形成状況及び水質の状況を調査した。窪地の内部では、水温成層の形成と破壊が繰り返し生じ、水温成層の破壊は主に気温の低下と強風により生じることが明らかになった。また、水温成層の状況と水質との関係を検討したところ、水温成層形成時には下層で DO 濃度が低下し、PO₄-P が高濃度となっていることが確認できた。

1. はじめに

海洋や湖沼の底には、局所的に深くなった窪地が存在しているところがある[1,2]。この窪地は東京湾・三河湾・大阪湾の三大湾、瀬戸内海及び九州沿岸に多く存在し、多くは砂利採取や海底掘削等により生じたものである。

窪地内部では、外界との水の交換が起きにくいため成層を形成して貧酸素水塊を生じるため青潮発生の原因や生物への悪影響になるとともに、底泥からのりんの溶出が生じて水質を悪化させる。例えば三河湾では、平成 13 年度及び平成 14 年度に窪地内部での貧酸素化により青潮が発生し、周囲のアサリ漁に壊滅的な打撃を与え、このことを受けて三河湾では平成 15 年度から窪地の埋め戻しが行われた[3]。この他にも東京湾、大阪湾、瀬戸内海でも窪地の埋め戻しが行われており、加えて平成 17 年 3 月の交通政策審議会答申及び平成 17 年 5 月の中央環境審議会答申において、窪地の積極的な埋め戻しが提案された[4,5]。これらのように窪地が水質や生物に与える悪影響が指摘され、埋め戻しの必要性が提唱されている。

茨城県南部に位置する霞ヶ浦においても、かつての砂利採取による窪地が存在し、特に外浪逆浦では、水深 20 m にもなる窪地が確認されている。この窪地が、りん等の溶出により水質に影響を及ぼす可能性が考えられるが、この窪地が水質に与える影響について評価した例はない。

そこで本研究では、外浪逆浦の北部に位置する水深約 11m の窪地を対象として、水質への影響を評価したので報告する。

2. 方法

2.1 調査地点諸元

外浪逆浦は、日本の茨城県南部に位置する霞ヶ浦の一水域で、湖面積 6.0 km² の淡水湖である。主要部の水深は 2~3 m であるが、図 1 に示すように一部にかつての土壌採取や砂利採取により水深 10 m 以上の窪地が生成されている。流入河川は、西浦と接続する北利根川と、北浦と接続する鱒川の 2 河川で、流出河川は常陸川の 1 河川のみであり、常陸川には海水の流入を防ぐための水門があり、その水門の開閉により外浪逆浦の湖流が変化することが報告されている[6]。

2.2 調査概要

調査対象は、外浪逆浦の北部に位置する、長辺 1 km、短辺 500 m、水深 11.5 m の窪地（周辺部は水深約 2 から 3 m）とした。

調査期間は、2016 年の 6 月 3 日から 8 月 31 日にかけて行った。

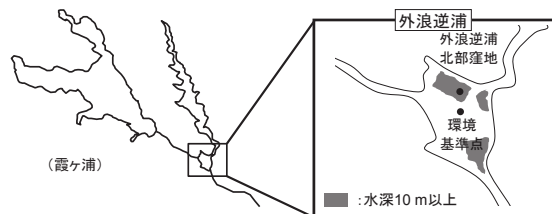


図 1 調査地点図

調査地点に水温ロガー（HOBO 製 Pro v2）を水面下 1 m から 10 m まで 1 m 間隔で設置し、1 時間ごとに連続測定を行った。また概ね 2 週間に 1 回程度の頻度で 0.5 m, 2 m, 4 m, 6 m, 8 m, 10 m の深度で現地で DO の測定及び採水を行った。DO の測定には HACH 製 HQ 30d を用い、採水にはバンドーン採水器（離合社製、50260）を用いた。

2.3 分析方法

PO₄-P は、JIS K 0170-4 6.3.4 モリブデンブルー-CFA 法で測定した。

2.4 気象等データ

気温及び降水量は、気象庁の鹿嶋の測定結果を用いた。風速は、国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦河川事務所の潮来（調査地点より西北西に 4.7 km）の測定値を用いた。水門の開閉時間は、国土交通省霞ヶ浦河川事務所の測定値を用いた。

3. 結果

水温の連続測定結果を図 2 に、DO 及び PO₄-P の測定結果を図 3 及び図 4 に示す。また、DO 及び PO₄-P については、茨城県公共用水域及び地下水の水質測定結果及び霞ヶ浦環境科学センター定期調査結果の中で、窪地水質調査日に最も近い測定結果を参考として示す。

図 2 は上層との水温差を示し、濃色部分が水温差が大きいところになる。水温の上下層差は、6 月から 8 月の間に断続的に変化し、調査期間中では計 7 回水温成層の破壊が生じた。

DO は、6 月 7 日、6 月 29 日は下層で顕著な貧酸素化が見られなかったが、7 月 14 日、8 月 10 日、8 月 26 日の調査時には下層で顕著に DO が低下していた。

PO₄-P は、6 月 7 日、6 月 29 日、及び 8 月 26 日は下層で PO₄-P の上昇は見られなかったが、7 月 14 日、8 月 10 日では下層で PO₄-P が上昇した。

4. 考察

4.1 水温成層の破壊要因の検討

水温成層の形成状況及び破壊条件を把握することは、下層の DO 状況を推定する上で重要であ

る。そこで、水温成層の破壊条件について検討することにした。なお、霞ヶ浦においては 1°C 以下の水温差で湖水の上下流が抑制されるという報告があるため^[7]、水温の上下層差が 1°C 以上の時を、水温成層が形成されていると定義した。水温成層の破壊要因としては、主に気温の低下による表層水の冷却、強風による攪拌、降雨の影響、常陸川水門の開閉の 4 項目が主に考えられたため、これらの関係について検討を行った（図 2）。

初めに、水温成層と気温との関係を検討した。これを見ると、水温成層が破壊された時期には、8 月 17 日を除き直前に急激な気温の低下が見られた。このことから気温の低下は水温成層の破壊に寄与すると考えられたが、ほかの要因も寄与していると考えられた。

次に、水温成層と風速の関係を検討した。調査期間中では、日平均値で 5 m/s 以上の風が吹くと水温成層が破壊される傾向が見られた。気温との関係が見られなかった 8 月 17 日の水温成層破壊時にも 6.2 m/s の風が吹いていたことから、8 月 17 日の成層破壊は風の影響と考えられた。なお、8 月 8 日には 6.8 m/s の風が吹いていたが水温成層の破壊が見られなかった。前日の 8 月 7 日における水温差は、調査期間中最大の 4.4°C と大きく、水温成層の完全破壊までは至らなかったと考えられた。

次に、水温成層と降水量の関係を検討した。6 月 29 日、7 月 17 日、8 月 17 日の成層破壊時には直前に降雨があり、この期間については降雨との関計が考えられるが前述の気温低下も同時期に見られていることから、詳細な関係は不明である。

最後に、水温成層と水門の開閉について検討した。調査期間中における水温成層形成時の水門開閉は 8 月 6 日に 1 回行われたが、その時には成層破壊は見られなかったことから、水門の開閉は成層破壊に寄与しないと考えられた。

以上のように、外浪逆浦の窪地における水温成層の破壊要因としては、気温の低下、強風の影響が主に考えられた。なお、降雨の影響は不明なため、今後さらなる検討が必要である。

4.2 水温成層形成が水質へ及ぼす影響

水質調査を行った 5 日のうち、6 月 7 日、6 月 29 日には水温成層が形成されておらず、7 月 14

日、8月10日、8月26日には水温成層が形成されていた。これらの時の水温成層の状況と水質との関係の検討を行った。

まず水温成層と DO の関係の検討を行った。水温成層が形成されていなかった期間は下層での DO の顕著な低下が見られず、逆に水温成層が形成されていた期間は DO が顕著に低下していた。このことから、外浪逆浦においても他地域と同様に成層の形成による貧酸素水塊の形成が確認できた。

次に、水温成層と PO₄-P の関係を検討した。こちらも同様に、水温成層が形成されていなかった期間は下層の PO₄-P の上昇が見られなかった。また水温成層が形成されていた時期では、7月14日と8月10日は下層で PO₄-P の上昇が見られた。

一方で水温成層が形成されていた8月26日に PO₄-P の上昇が見られなかった原因については、8月26日は水温成層が形成されてからの期間が短かったために、PO₄-P の溶出量がほとんどなかったことが原因と考えられた。

5. 結論

外浪逆浦にある、水深11.5mの窪地を対象にして、温度躍層の破壊条件及び水質への影響調査を行った。今回の結果からは、水温成層は主に気温の低下及び強風により破壊されると考えられた。また、成層形成時には DO の低下及び PO₄-P の溶出が確認できた。

引用文献

- [1] 渡辺ら:東京湾における青潮の発生規模に関する考察, 海岸工学論文集, 第43巻, pp.1111, 1996.
- [2] 相崎ら: 中海浚渫窪地における N・P・S の溶出速度の見積もりと石炭灰造粒物を用いた覆砂の効果, 水環境学会誌, 37巻3号, 71-77, 2014.
- [3] 中村: 全国の浚渫窪地の現況と三河湾における埋め戻し修復, 水産工学, Vol. 46, NO.3, pp.229-233, 2010.
- [4] 交通政策審議室, 今後の港湾環境政策の基本的な方向について (答申), 2005.
- [5] 中央環境審議会, 第6次水質総量規制の在り方について (答申), 2005.
- [6] 小松ら, 冬季の北浦における湖流観測, 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報第1号, 114-121, 2005.
- [7] 石川ら: 浅い湖の日成層が水質に及ぼす影響, 土木学会論文集, 第411号, 247-254, 1989.

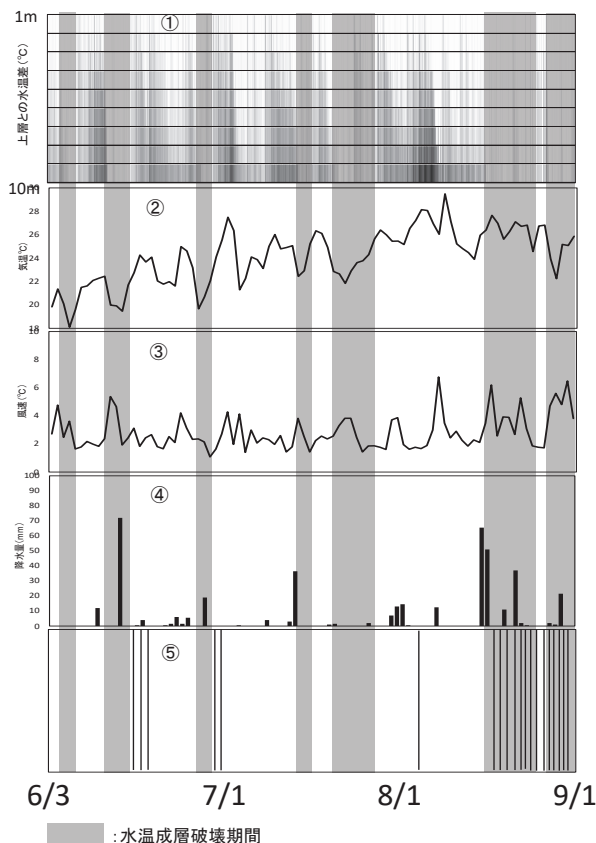


図2 水温成層と各水質項目の関係

(①: 水温成層, ②: 気温, ③: 風速
④: 降水量, ⑤: 水門の開閉)

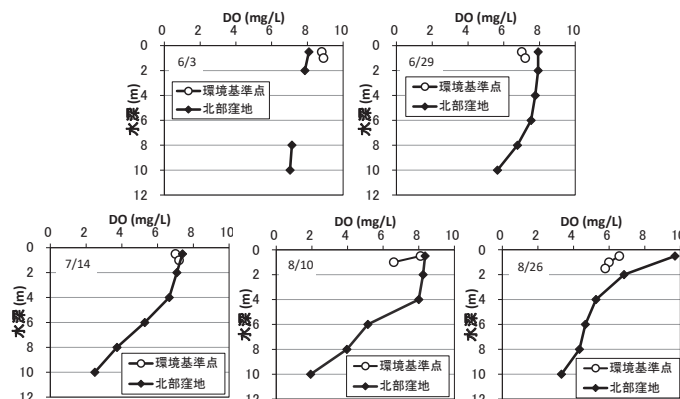


図3 DOの測定結果

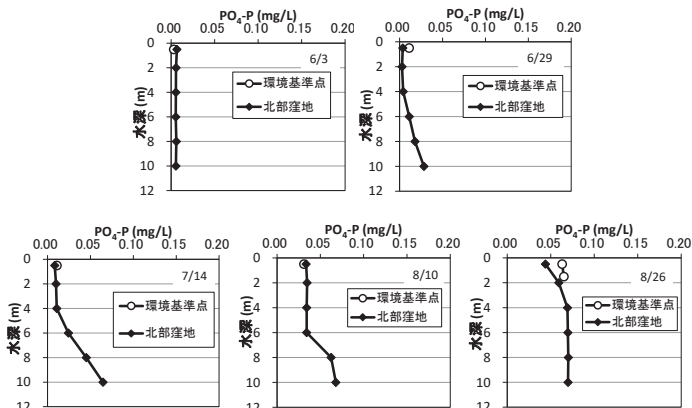


図4 PO₄-Pの測定結果