

## B-66 霞ヶ浦を対象とした底質や流域からの 栄養塩類負荷と湖沼環境に関する研究

○柴山 慶行<sup>1\*</sup>・平山 孝浩<sup>1</sup>・岡本 誠一郎<sup>1</sup>

<sup>1</sup>独立行政法人土木研究所 水環境研究グループ（水質）（〒305-8516茨城県つくば市南原1-6）

\* E-mail: shibayama@pwri.go.jp

### 1. はじめに

霞ヶ浦では、H13 から H19 までアオコ発生が比較的に少ない期間が続いたが、近年になって再び発生するようになり H23 年には大発生する等（図-1），アオコ発生に寄与する湖沼環境の変化が考えられた。アオコの発生には、湖盆形態的、気象学的、水理学的、水質学的要因の考慮が必要である<sup>2</sup>。本報告では、近年霞ヶ浦で生じた変化を把握することを目的として、流域や底質からの栄養塩類の負荷に関するデータを収集し検討した。

### 2. 方法

#### (1) 調査対象

霞ヶ浦は、西浦、北浦、外浪逆浦等の総称であり、流域面積は2,157km<sup>2</sup>、大小含め56河川が流入している湖である<sup>3</sup>。常陸川水門により、塩水の侵入が抑制されるため淡水湖となっているが、国土交通省霞ヶ浦河川事務所のホームページで公開している水質データ<sup>4</sup>で導電率や塩化物イオン濃度を比較すると、外浪逆浦より西浦方面に麻生沖、湖心、掛馬沖と上流に向かうにしたがい値が低下している。これは、水域の水質形成に流入河川が一定の影響を与えていることを示している。そこで、対象水域を絞り、霞ヶ浦西浦の湖心より土浦市方面の水域である土浦入を対象とした（図-2）。

#### (2) 流域からの負荷の変化について

水質データと流量データは、茨城県のホームページで

公開されているH13からH23までの公共用水域の水質等測定結果<sup>5</sup>を用いた。測定結果には、土浦入に流入する河川として、川尻川、境川、新川、桜川、備前川、花室川、清明川の7河川が対象とされ記載されている。表-1に河川の概要を示す。この7河川の内、川尻川は測定が2ヶ月に1回であること、新川と備前川は流量が測定の下限値を下回る月があること、さらにH23の流量と比較すると川尻川と新川、備前川は流入7河川の流入量に占める割合がそれぞれ1%以下になると考えられたため、境川、桜川、花室川、清明川の4河川を対象として流域からの栄養塩類負荷の変化を検討した。1ヶ月に1回の測定値をその月の値として、1ヶ月の時間を掛け合わせて月あたりの負荷量とした。

#### (3) 底質からの溶出について

底質の状態を把握するために、土浦入の代表地点として掛馬沖を、比較地点として湖心を選び、コアサンプル

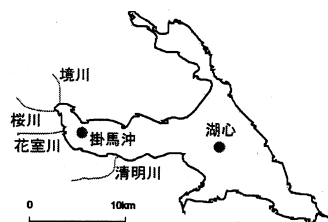


図-2 調査地点と対象河川

表-1 土浦入に流入する7河川

| 河川名 | 河川延長 <sup>3)</sup><br>(km) | 流域面積 <sup>3)</sup><br>(km <sup>2</sup> ) | H13-H23の年間流出量<br>の平均 <sup>5)</sup> (億m <sup>3</sup> ) |
|-----|----------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 川尻川 |                            | 15.0                                     |                                                       |
| 境川  | 1.52                       | 199                                      | 0.07                                                  |
| 新川  | 24                         | 15.6                                     |                                                       |
| 桜川  | 63.41                      | 350.3                                    | 1.70                                                  |
| 備前川 | 3.8                        | 4.1                                      |                                                       |
| 花室川 | 10.6                       | 38.8                                     | 0.23                                                  |
| 清明川 | 10.1                       | 25.5                                     | 0.12                                                  |

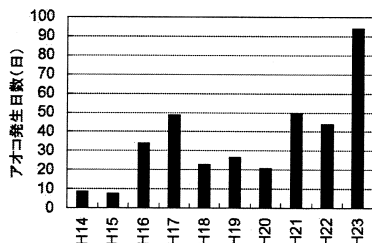


図-1 霞ヶ浦西浦におけるアオコ発生日数<sup>1)</sup>

を用いた静置型の溶出試験を行った。内径200パイの亚克力コアを用いて、深さ30cm程度の底質を各地点で4本、合計8本採取した。直上水は採取した底層水をGFBフィルターでろ過した後、静かに流入させて、各地点ごとに嫌気状態と好気状態を設定して、摂氏20度の暗条件にて実験を行った。嫌気状態は、窒素ガスで直上水を曝気することによりDOが1mg/L以下となるように調節し、好気状態は、空気曝気により溶存酸素濃度を調節した。底質のばらつきによる影響を抑えるために、1条件につき2本の底質を使用して実験を行った。水質分析に際しては、2本のコアから水を等量採取し混合して供した。溶存態の窒素やリンの分析は、実験開始から、0、1、3、5、7、10、15、20日目の水試料を用いてイオンクロマトグラフ法にて、金属成分の分析は、0、1、5、10、20日目の水試料を用いてICPMSにより行った。底質の採取ならびに溶出試験は、平成25年1月に実施した。

### 3. 結果

#### (1) 流域からの負荷の変化の把握

図3と図4に対象とした4河川のTN、TP負荷量を月ごとに合計して算出した土浦入への負荷量を示す。また、負荷量が大きく算出された月数を把握するため、TNについては50 (t/月) 以上の月数を、TPについては、2 (t/月) 以上の月数をカウントして、同時に表示した。このとき、採水時に雨天の影響を強く受けていると考えられたデータがあったため、土浦アメダスにおける観測結果<sup>9)</sup>にて、測定前10日間で合計100 mm以上の雨が観測されていたものについてはカウントせず、年平均の算出でも除外した。

年単位で平均したものを比較するとTNとTPとともにH18が高くなっているが、H18は比較期間中でもっとも年降水量が多かった年であり<sup>9)</sup>、その影響を受けていると考えられる。比較期間中でさらに平均するとTN、TP負荷量はそれぞれ、H13～H19で362 (t/月)、144 (t/月)、H20～H23で38.7 (t/月)、1.63 (t/月)となり、アオコの発生が再び確認されたH20以降の負荷量は大きくなっていた。

TN、TP負荷量はH22とH23で大きかった月が多く、H23のアオコの発生との関連が示唆される。一方で、アオコ発生が少なかったとされているH13からH19のTN負荷量では、H15とH17、H19が50 (t/月)以上の月がゼロとなっている等、比較的負荷量が少なかったことがわかる。また、TP負荷量ではH14からH17で2 (t/月) 以上の月が少ない一方で、H18以降ではH21のような例外はあるものの、2 (t/月) 以上の月が多く、負荷量が多いことがわかる。負荷量が多い年とアオコが多い年は完全には一致しないものの、H18以降の栄養塩類負荷が底質に蓄積した結果、H20以降の発生につながった可能性が考えられる。

#### (2) 底質からの溶出の変化の把握

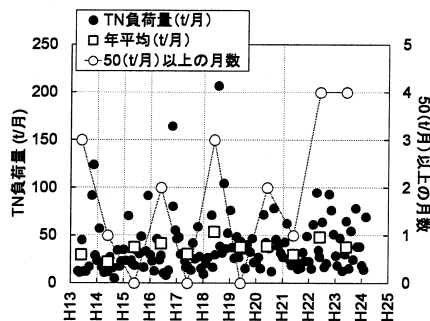


図3 TNの土浦入への負荷量

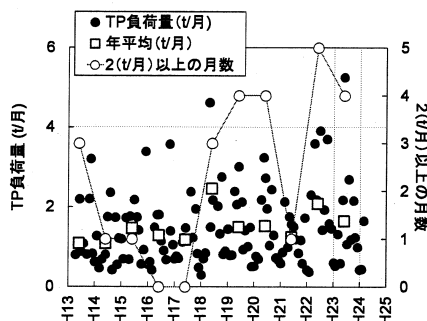


図4 TPの土浦入への負荷量

図5～図8に、溶出試験での水質測定結果を用いて溶出速度を算出した結果を示す。溶存態リンの溶出速度については、H20に実施した西湖湖心と掛馬沖での結果<sup>9)</sup>についても比較のためにグラフに表示した。

PO<sub>4</sub>-Pの溶出は、直上水が貧酸素状態のときに大きくなることが知られているが、H25の結果でも嫌気状態の際に溶出速度が大きく、好気状態のときは嫌気状態と比較して溶出速度が小さくなっている。湖心と掛馬沖を比較すると掛馬沖の方が溶出速度が小さかった。掛馬沖では、霞ヶ浦の水質改善を目的とした浚渫が実施されており、一定の効果が示唆される結果となった。H20とH25の結果を比較すると、湖心と掛馬沖の両方の地点にてH25の方が溶出速度が高い結果となった。これは、流域からの負荷が底質からの溶出に影響を与えた可能性や、H23にアオコが大発生した際に堆積した有機物等が影響を与えた可能性が示唆される。霞ヶ浦西浦の湖心ではH21以降の夏季において、底層と表層の溶存酸素の差が大きくなり、さらにH22以降では底層が貧酸素傾向にあったことが報告されている<sup>8)</sup>。溶出速度の増加に流域からの栄養塩類の負荷が寄与する割合が大きい場合は、底質の悪化と貧酸素状態が重なり、溶出が促進されるとともに、アオコ発生に影響を与えたことが考えられる。

NH<sub>4</sub>-N、D-Feの溶出速度も、掛馬沖よりも湖心の方が大きい結果となった。

掛馬沖底質の嫌気条件では、D-Mnの溶出がほとんど

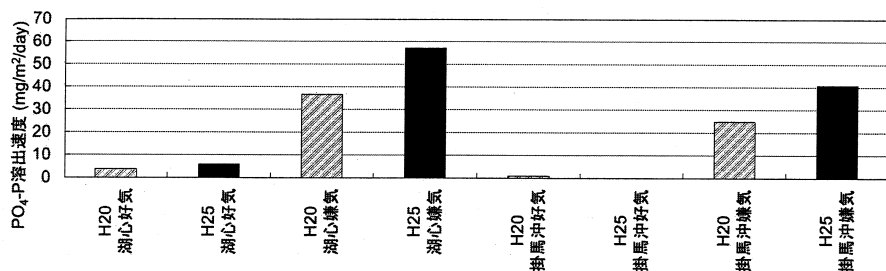


図-5 PO<sub>4</sub>-Pの溶出速度

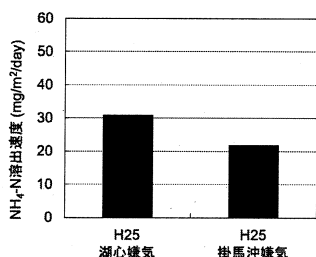


図-6 NH<sub>4</sub>-Nの溶出速度

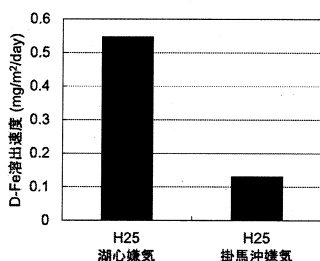


図-7 D-Feの溶出速度

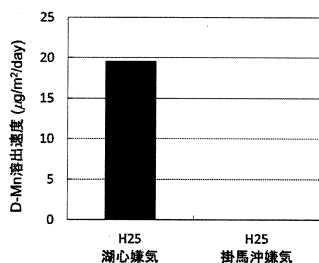


図-8 D-Mnの溶出速度

生じなかった。この原因は不明であるが、底質表層の還元状態に影響を与えると考えられる有機物量や微生物相の違い等が可能性として考えられる。

#### 4. おわりに

霞ヶ浦西浦の土浦入を対象として、河川からの流入負荷の算出を行うとともに底質溶出試験を行い、底質からの栄養塩類溶出の変化を把握した。その結果、アオコ発生が多かったH22やH23には河川からの栄養塩類の流入

負荷量が多くなっていることや、底質からの栄養塩類の溶出が過去と比べて増えてきている可能性が示される等、流域からの負荷と底質からの溶出が藻類種等の湖沼環境に影響を及ぼしたことが示唆された。

河川からの栄養塩類負荷の把握については、平水時を中心とする月に1回の測定結果のみでは全体を把握できないため、今後は雨天時の流出負荷の把握も必要と考える。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省霞ヶ浦河川事務所：アオコ日誌，  
<http://www.ktr.mlit.go.jp/kasumi/kasumi00313.html> アクセス日時：2013.09.23
- 2) 八木正一：湖沼工学 藻類の異常発生と制御，岩佐義朗（編著），pp.366-393，山海堂，1990。
- 3) 藤田光一，伊藤弘之，小路剛志，安間智之：国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告 自然共生型流域圏・都市の再生 資料集（Ⅱ）水物質循環モデルを活用した水環境政策評価 ～霞ヶ浦とその流域を対象として～，国土交通省国土技術政策総合研究所，2006。
- 4) 国土交通省霞ヶ浦河川事務所：霞ヶ浦の水質調査データ，  
[http://www.ktr.mlit.go.jp/kasumi/kasumi0014\\_5.html](http://www.ktr.mlit.go.jp/kasumi/kasumi0014_5.html) アクセス日時：2013.09.23
- 5) 茨城県環境対策課：公共用水域の水質等測定結果，  
<http://www.prefibaraki.jp/bukyoku/seikan/kantai/water/kokyoyosui.html> アクセス日時：2013.09.23
- 6) 気象庁：気象統計情報 茨城県土浦アメダス，  
<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html> アクセス日時：2013.09.23
- 7) 南山瑞彦，久岡夏樹，中藪孝裕：閉鎖性水域の貧酸素化に及ぼす陸域負荷の影響と対策手法に関する研究，pp. 218-226，独立行政法人土木研究所 平成 21 年度下水道関係調査研究年次報告集，2010。
- 8) 柴山慶行，鈴木稯，池田茂：霞ヶ浦における水質・環境の変化とアオコ発生の関係，p. 566，第 47 回日本水環境学会年会講演集，2013。
- 9) 湖沼技術研究会：湖沼における水理・水質管理の技術，2007。