

参加者に求められる水環境学習を目指して

長手 勇樹¹, 永峯 弘規¹, 小松崎 佑介¹, 藤原 隆司¹, 中山 知之¹, 満行 和博¹,
内藤 正弘¹, 水田 和広¹,

¹土浦市市民生活部環境保全課

キーワード: 市民参加, 水辺ふれあい, 人材育成

抄録

土浦市では、霞ヶ浦をはじめとする地域の豊かな自然の保全・継承のため、地域の歴史や自然に触れるなどの体験をとおして地域への愛着を育む環境学習が最も重要であると捉え、小学生向けに様々な環境学習の機会を提供しています。また、市内にある茨城県霞ヶ浦環境科学センターなどにおいても、様々な水環境学習イベントが実施されています。これらのイベントは主催団体により、広報の方法が異なることから、これまで小学生やその保護者が全ての環境学習の機会を認知することは困難でした。そのため、土浦市では、2015年からこれらの情報を一元的にその対象となる小学生(保護者)にメール配信し、さらに、申込みの代行を行う『つちまるエコキッズクラブ』事業を開始し、環境学習に参加しやすい環境づくりを行っています。3年間の当事業の概要や申込者が多い水環境学習イベントを紹介します。

1. はじめに

土浦市は、日本で2番目に広い面積を有する霞ヶ浦(西浦)の上流部にあたる西に位置し、霞ヶ浦に流入する河川の中で最も大きな桜川の河口の低地に中心市街地を有しています。

霞ヶ浦には1960年代までは湖水浴場が点在し、市内にも神林(現:湖北)、大岩田などにありました。これらの湖水浴場では、小学校の授業や町内会の行事などで湖水浴を実施したり、遠浅の砂浜ではカラス貝などの淡貝を採取するなど、霞ヶ浦は子どもたちの生活空間の一部となっていました。

しかしながら、霞ヶ浦は、1970年代に水質が急激に悪化してアオコが大量発生するとともに治水、利水を目的として護岸のコンクリート化、築堤などが行われ親水性が失われてしまい、霞ヶ浦は「汚い」、「くさい」、「危険」な場所となり、子どもたちの生活空間から霞ヶ浦が切り離されてしまいました。

土浦市では、2000年3月に制定した土浦市環境基本条例の制定を契機に、霞ヶ浦をはじめとする地域の豊かな自然の保全・継承のため、地域の歴史や自然に触れるなどの体験をとおして地域への愛着を育むことが最も重要であると捉え、環境学習事業を開始しました。

また、第6回世界湖沼会議を契機として設置された茨城県霞ヶ浦環境科学センター(2005年開館、土浦市沖宿町)においても体験型学習の機会や場を提供することが役割の1つとして位置づけられており、多くの環境学習事業を展開しています。

この他にも桜川探検隊連絡協議会(事務局:一般社

団法人霞ヶ浦市民協会)や霞ヶ浦水辺ふれあい事業実行委員会(事務局:茨城県霞ヶ浦環境科学センター)により地域の子どもたちに環境学習の機会が提供されています。

これらのイベントは主催団体により、広報の方法が異なることから、小学生やその保護者が全ての水環境学習を認知することは困難でした。そのため、土浦市では、2015年からこれらのイベントの情報を一元的にその対象となる小学生(保護者)にメール配信し、さらに、申込みの代行を行う『つちまるエコキッズクラブ』事業を開始し、環境学習に参加しやすい環境づくりを行っています。なお、「つちまる」(図1)は、土浦市のイメージキャラクターで、市内の子どもたちにとっても人気があります。



図1 土浦市イメージキャラクター「つちまる」

2. つちまるエコキッズクラブ

(1) 事業スキーム

①募集 年度当初に市内小学校に募集チラシと応募用紙を配布し、新規会員募集を行うとともに、市ホームページの会員登録フォームからいつでも会員登録が可能となっています。登録の際には、環境学習イベントの申込みに必要な住所、氏名、学年、電話番号と情報提供媒体となるメールアドレス(PC, 携帯, タブレット)を登録することとしています。

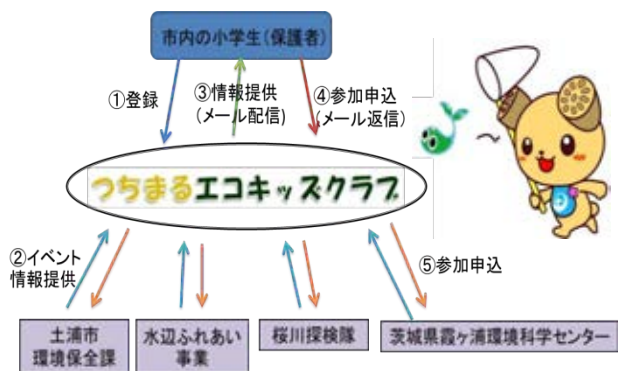


図 2 つちまるエコキッズクラブの事業スキーム

②情報提供 土浦市周辺で実施される環境学習事業等(行政が主催団体として関係しているもの)の情報を収集し、速やかに会員に情報提供(メール配信)を行っています。初年度(2015年度)は、週1回配信している市政全般のメールマガジン「つちまるファンクラブメールマガジン」の一部に組み込んで配信し、2016年度からは専用メールマガジンとして、随時、配信しています。なお、環境学習イベントの告知は、当メール配信のほか、ホームページ、市広報紙などの媒体により周知しています。

③申込 情報提供メールに参加の意思を返信してもらい、その意思に基づいて会員情報を主催者に伝え、申し込みの代行を行います。

(2)実績など

2015年度からの実績を表に示します。会員数は年々増加し、申込代行の数も増えています。中でも、自然を体験できるイベント(川遊び、タモ網での魚とり、魚釣り、ゴムボート・カヌー体験など)には参加申込代行者数が多い傾向があります。また、2016年度から環境学習に特化したメールマガジンになると申込者が増えています。つちまるエコキッズクラブ事業をとおして市内の小学生が、環境学習に参加しやすい環境になりつつあると感じています。今後もつちまるエコキッズクラブの認知度・活用性を向上させ、環境学習の参加者の増加を図っていきます。

表 1 つちまるエコキッズクラブの実績

	2015年度	2016年度	2017年度
会員数	217名	390名	518名
メール配信数 (申し込み代行件数)	18件 (23件)	24件 (16件)	22件 (16件)
申込代行者数	22名	66名	92名

※2017年度は2018年2月現在

表 2 2017年度に参加募集を行った環境学習

月日	行事名	主催
6月3日	霞ヶ浦水辺ふれあい事業～タモ網で霞ヶ浦の生き物を捕まえよう～	水ふ
6月3日	身近な水環境の全国一斉調査～土浦の河川～	市
7月22日	夏休み！霞ヶ浦わくわくキッズボートで霞ヶ浦と触れ合おう	霞C
7月9日	霞ヶ浦水辺ふれあい事業～ゴムボートに乗って霞ヶ浦湖岸で遊ぼう～	水ふ
7月29日	夏休み！霞ヶ浦わくわくキッズセンターに住む昆虫を観察しよう	霞C
8月1日 8月7日 8月11日	桜川エコアドベンチャーツアー(川遊び, カヌー体験)	市
8月8日	第1回桜川探検隊～霞ヶ浦の漁業と森～	桜探
8月18日	夏休み！こども環境教室	市
10月14日	帆引き船模型工作教室	霞C
10月14日	秋の水路で魚釣り&センター企画展ツアー	霞C
10月28日	第3回桜川探検隊	桜探
10月29日	霞ヶ浦水辺ふれあい事業～霞ヶ浦クルージング&自分だけのボトルアクアリウムを作ろう！～	水ふ
11月4日	霞ヶ浦流入河川水質一斉調査～土浦の河川～	市
12月9日	親子で行く「エコプロ2017」	市
1月27日	サイエンスラボ まりものがたり	霞C
2月17日	サイエンスラボ 塩の不思議	霞C

※水ふ: 霞ヶ浦水辺ふれあい事業実行委員会, 市: 土浦市環境保全課, 霞 C: 茨城県霞ヶ浦環境科学センター, 桜探: 桜川探検隊連絡協議会

3. 申込者数の多い環境学習の一例

【桜川エコアドベンチャーツアー】

この環境学習事業は、市内中心部を流れる桜川の上流、中流そして霞ヶ浦を訪れ、それぞれの水の様子(透視度、パックテスト)、周囲の自然や生き物を観察しながら人と水とのかかわり方、水と自然の関係を体験し、子どもたちに水質浄化、自然環境保全の意識啓発を目的とした事業です。2017年は、夏休み期間中に計3回計画し、定員は合計80名でした。申込者数は定員を超える応募があり、つちまるエコキッズクラブをとおして申込みを行った参加者は40名(内、29人が子ども)で、最も申込者数の多い事業です。

①上流での活動

山裾から山道を片道30分程度歩き、桜川の源流の1つである湧水の散策を行います。散策過程では、ため

池や田んぼなどで水が使われている様子を学びます。

湧水の場所では水質調査や沢の生き物(沢カニ、ヤゴなど)観察などを行い、緑のダムである山林がきれいな水を生み出し、生き物が繋がっているという生態系について学びます。



図 3 上流での活動の様子 (山裾から湧水を目指す)

②中流での活動

河口から 7.5 kmほどの桜川中流で水質調査のほか、桜川漁業協同組合の方々の協力をいただき、昔の桜川の様子や川遊びの話聞き、投網によって捕獲した魚の観察を行います。また、ターザンロープやカヌーなどを用いて川遊びを行います。初めは、川の中に入ることをためらっていた子どもたちもすぐに全身を水につけて遊び、歓声が上がります。直接川で遊ぶことをとおして、地域の川や湖への愛着を育むことができる貴重な機会となっています。

また、高学年のみが参加する開催日では、カヌーに乗り約 4 キロの川下りを行います。川下りを行いながら、農業用の取水施設や雨水の排水施設など、市街地までの河岸の様子を観察します。川下りの途中では魚がカヌーに飛び込んでくるというハプニングもあり、生物が豊富な河川であることを体感することができます。

③霞ヶ浦での活動

霞ヶ浦では、水質調査を実施し、透視度やパックテストだけでなく、水の色や温度、臭いの違いについても観察します。最後に、上流、中流、霞ヶ浦での活動を振り返り、人と水とのかかわり方、水と自然の関係を復習し、子どもたちに水質浄化と自然環境保全の意識啓発を行います。

④市民ボランティアとの協働など

この事業には、中流での桜川漁業協同組合のご協力だけでなく、昼食時に土浦市環境基本計画推進協議会の委員の皆様ボランティアとして参加していただいております。夏休み期間中は高温多湿のため、お弁当を持参し半日持ち歩くことは食中毒の恐れがあることから、

ボランティアの皆さんに冷たい「そうめん」と「スイカ」を提供していただいています。

このように、当該事業は、地域の多くの方々の協力をいただき、子どもたちに楽しい夏の思い出とともに、かけがえのない水と、水を生み出す自然を大切にする気持ちを育んでもらい、参加者から好評を得ています。



図 4 中流での活動の様子
(上：川遊び、下：カヌーでの川下り)

4. まとめ

・つちまるエコキッズクラブは、環境学習にターゲットを絞り、メールマガジンを配信することで、環境学習に関心の高い子ども(保護者)のファンを獲得することができ、募集媒体としてとても有効な方法となっています。

・茨城県霞ヶ浦環境科学センターの環境学習事業も含めて、地域の子どもたちがそれぞれの興味に従って、霞ヶ浦をはじめとする地域の自然に触れる機会が増えています。

・子ども(保護者)は、日ごろ体験できない水辺で自然や生物に触れる機会を求めていることから、さらに子供たちに求められる事業にしていきたい。

引用文献

- [1] 浅野,宮本 第9回世界湖沼会議 発表文集 第2分科会, pp.137-140

観光資源としての霞ヶ浦

土浦市商工観光課

キーワード:観光, 地域活性化,

抄録

土浦市は、日本第2位の湖面積を誇る霞ヶ浦の西端に位置し、茨城県南の政治・経済・文化の中心都市として発展してきました。水郷筑波国定公園の豊富な観光資源を有しており、霞ヶ浦は土浦ならではの観光資源であるといえます。他都市にはない付加価値の高い霞ヶ浦観光の拠点づくり、水辺の交流空間づくりを進めています。土浦ならではの観光資源を紹介します。

1. はじめに

土浦市は、東京から約60km、県都の水戸から45kmに位置し、北には筑波山麓、南東には霞ヶ浦と接し、県南地域の交通の要衝にあります。首都圏からも1時間程度でアクセスできる立地状況でありながら、豊かな自然環境を持つ地域です。なかでも霞ヶ浦は、土浦市の観光資源として代表的なものであるといえます。

霞ヶ浦を活かした観光の取り組みにはどのようなものがあるか、具体的に示します。

2. 霞ヶ浦を中心とした観光資源

①霞ヶ浦総合公園

霞ヶ浦湖畔の広大なレジャー施設「霞ヶ浦総合公園」は、体育館をはじめ、テニスコート、プール、ネイチャーセンターなど、霞ヶ浦湖畔を楽しむための施設が充実しています。

公園内は、親子連れで遊ぶ方やランニング、ウォーキングを楽しむ方が多数訪れています。

また、ネイチャーセンターには、4月～5月は、約3万本のチューリップを楽しむことができます。11月～2月はウインターイルミネーションを行っています。



図 1 霞ヶ浦総合公園

②つくば霞ヶ浦りんりんロード

霞ヶ浦沿岸に展開するサイクリングロード「つくば霞ヶ浦りんりんロード」は、平坦な地形が続くことを活かした、全長約180kmにも及ぶ、国内有数のサイクリングロードです。湖岸を自転車で走り、霞ヶ浦を満喫してもらうため、サイクリストが訪れやすい仕組みづくりを行っています。JR常磐線土浦駅ビル内にサイクリング施設「りんりんスクエア土浦」がオープンするなど、サイクリストを迎える施設整備をしています。

③霞ヶ浦観光帆曳船及び遊覧船

霞ヶ浦では、毎年7月から10月にかけて観光帆曳船の操業を行っており、霞ヶ浦観光の目玉となっています。観光遊覧船によるクルージングでは、帆曳船の見学を楽しむことができ、多くの観光客で賑わいます。観光遊覧船は、JR土浦駅からの徒歩圏内で2社が運航しています。



図 2 帆曳船



図 3 観光遊覧船

④茨城県霞ヶ浦環境科学センター

茨城県霞ヶ浦環境科学センターでは、霞ヶ浦の歴史や、水環境から地球環境まで楽しく学べる展示のほか、自然観察会や講演会なども開催され、霞ヶ浦について学ぶことができます。

⑤霞ヶ浦広域観光ルート促進協議会

霞ヶ浦周辺の土浦市、鹿嶋市、潮来市、神栖市、行方市、美浦村、阿見町、稲敷市、かすみがうら市で構成する霞ヶ浦広域観光ルート促進協議会をはじめとする、広域的団体として、霞ヶ浦を含む地域を広域的にPRするため、イベントなどでのパンフレット配布等の取り組みも積極的に行っています。

⑥筑波山地域ジオパーク

霞ヶ浦を含む筑波山地域ジオパークでは、平成28年9月に日本ジオパークとしての認定を受けました。土浦市、つくば市、石岡市、笠間市、桜川市、かすみがうら市の6市からなる筑波山地域ジオパークは、住む人が地域の価値を再発見して愛着を持ち、訪れる方々にその価値を理解してもらい、地域活性化につなげることを目指しています。

3. 入込客数

平坦な地形を活かしたつくば霞ヶ浦りんりんロードでは、サイクリングを楽しむ人が増えており、観光入込客数も近年増加しています。また、観光帆曳船を目的とした観光客も訪れています。そのほか、霞ヶ浦では釣りやヨットなどのレジャーも盛んで、活気に溢れています。

4. 考察

つくば霞ヶ浦りんりんロードは、サイクリストをはじめとした観光客等呼び寄せる好材料となっていると考えられます。また、霞ヶ浦を訪れる観光客も多数いることから、霞ヶ浦は観光素材として魅力あるものであるということが出来ます。



図 4 筑波山地域ジオパークのゾーニング

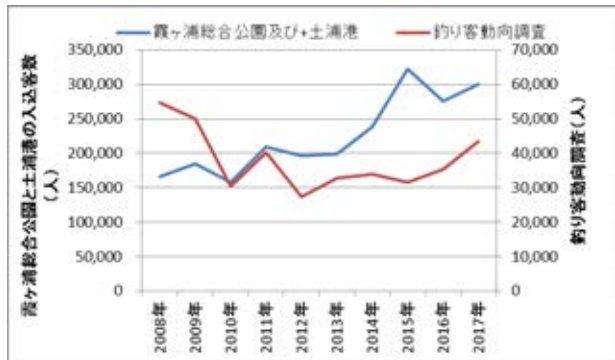


図 5 霞ヶ浦総合公園と土浦港における入込客数の推移と釣り客数

5. 結論

霞ヶ浦の豊かな自然を活かした各種の観光施設は魅力的であり、多くの観光客を呼び寄せることができます。今後も水辺体験メニューやイベントの充実をはかり、霞ヶ浦湖岸で楽しむ体験型観光の積極的なPRの推進に努めます。

霞ヶ浦を活かしたシティプロモーション

武藤 知子¹, 瀬古澤 麻由実¹, 岩瀬 祐一¹

¹土浦市広報広聴課シティプロモーション室

キーワード: まちづくり, 地域活性化, シティプロモーション

抄録

土浦市は、日本第2位の湖面積を誇る霞ヶ浦の西端に位置し、茨城県南の中核都市として発展してきました。気候は年間を通して比較的温暖であり、霞ヶ浦から筑波山麓に至る豊かな自然環境に恵まれています。本市ではこのような地域資源の持つ魅力を掘り起こし、磨き上げることで、まちの魅力を強化して発信するシティプロモーション事業を推進し、市の認知度向上を図っています。本稿では、特に本市と歴史的、環境的に関係の深い地域資源である「霞ヶ浦」を活用したシティプロモーションの取組について紹介します。

1. はじめに

土浦市は、日本第2位の湖面積を誇る霞ヶ浦の西端、首都東京から約 60km、茨城空港から約 20km、成田国際空港から約 40km に位置し、茨城県南の中核都市として発展してきました。気候は年間を通して比較的温暖であり、霞ヶ浦から筑波山麓に至る水辺と山並みを有した豊かな自然環境に恵まれています。

この知における人と霞ヶ浦の関わりは古く、市内にある上高津貝塚は約四千年から三千年前の縄文時代の遺跡で、当時入り江だった霞ヶ浦から得られた豊富な魚介類や塩、周辺の動植物などを採取し生活していたムラのあとが残っています。

江戸時代には、土浦から霞ヶ浦、北浦を経て利根川に入り、江戸湾に至る水路が形成され、年貢米や醤油、油、木材などが運ばれ、水戸街道の拠点であったことと相まって、人・ものが行き交う水陸交通の拠点として、にぎわいました。日々の漁場や物流の拠点でなくなった現在でも、観光やレジャーなど様々な目的で多くの方が霞ヶ浦を訪れています。

このように土浦の魅力ある地域資源である霞ヶ浦を活かしたプロモーションにより、市内外のより多くの人にその魅力を知っていただき、本市の認知度向上に取り組んでいます。

ここで、具体的な取組内容について紹介します。

2. 方法

土浦市では、学習、体験、イベントなど霞ヶ浦を活かした様々な事業を行っています。

市内の小学生に対し、霞ヶ浦をはじめとする地域の豊かな自然の保全・継承のため、地域の歴史や自然に触

れるなどの体験を通して地域への愛着を育む環境学習を行っています。

また、土浦市は、つくば市・石岡市・笠間市・桜川市・かすみがうら市の 6 市からなる「筑波山地域ジオパーク」としての認定を受けています。多くの方が豊かな自然にふれあえる体験型のジオツアーに参加することで、地域の価値を理解し、愛着を持つことにつながっています。



図1. ジオ資源としての霞ヶ浦

次に、霞ヶ浦沿岸に展開するサイクリングロード「つくば霞ヶ浦サイクリングロード」は、平坦な地形が続くことを活かした全長 180km にも及ぶ国内有数のサイクリングロードです。誰でも気軽にサイクリングが楽しめるよう広域型のレンタサイクルを実施するとともに、平成 30 年 3 月には土浦駅直結の本格的サイクリング施設がオープンし、多くのサイクリストが訪れています。



図2. つくば霞ヶ浦りんりんロード

3 番目に霞ヶ浦を活かしたイベントとしては、全国有数の希望を誇る市民マラソン大会であるかすみがうらマラソン兼国際盲人マラソンを開催しています。かすみがうらマラソンは「蘇れ、霞ヶ浦 水はスポーツの源」をメインテーマにしています。また、霞ヶ浦マラソン兼国際盲人マラソンと同時開催しているかすみがうらウォーキングは、湖畔の風景を楽しめる霞ヶ浦の湖岸堤防を歩くコースとなっております。なお、参加費の一部を水質浄化運動基金として徴収し活用しています。

また、今大会においては、ランナーの皆さんやモール505で同時開催しているランナーズヴィレッジの様子などSNSで市内外に発信しました。



図3. かすみがうらマラソン



図4. ランナーズヴィレッジ

土浦市のシティプロモーションを進めるにあたり、行ったアンケートでは豊かな自然が市内外で魅力度の高い地域資源となっています。主な地域資源としてレンコン、霞ヶ浦特産品、観光遊覧船や帆船船など霞ヶ浦に関するものが上位を占めます。また、日本一の生産量を誇るレンコン、米、工芸作物、畜産など農林畜水産物の資源を活用した都市と農村の交流と加工品の開発を進め、地域の農林水産物を活性化することで、交流人口の増、まちの賑わい創出を図る「土浦ブランドアッププロジェクト推進事業」に取り組んでいます。



図5. 土浦ブランドが生まれる大地

3. 結果

霞ヶ浦をはじめとする地域の豊かな自然の保全・継承のため、地域の歴史や自然に触れるなどの体験を通して地域への愛着を育む環境学習においては、2015年から「つちまるエコキッズクラブ」事業を開始し、土浦市周辺で実施される環境学習事業等の情報を収集し、速やかに会員に情報提供することにより、環境学習に参加しやすい環境づくりを行っています。2015年に215名の会員数が2018年には518名の増となるなど、市民のCIVIC PRIDEの醸成を図っています。

平成3年に約4700人の参加からはじまったかすみがうらマラソン兼国際盲人マラソンは回を重ねるごとに参加者が増え、今ではエントリー数2万5千人を超える大規模な大会へと成長しました。参加費の一部は霞ヶ浦水質浄化運動基金と盲導犬育成助成金として使われています。具体的な使い道として、水質浄化啓発広告塔の設置など、霞ヶ浦の水質浄化に取り組んでいます。

サイクリングロードは昨年整備が進み、旧筑波鉄道の廃線跡を利用したつくばりんりんロードと霞ヶ浦湖岸を走る霞ヶ浦自転車道が土浦市内においてつながり、「つくば霞ヶ浦りんりんロード」として多くの方に利用していただき、サイクリングの楽しさと風景を含めた環境の素晴らしさを感じていただいています。

「土浦ブランドアッププロジェクト推進事業」では、本市の農林畜水産物や加工品21点の応募の中から、「レンコン」、「霞ヶ浦産 白魚煮干」、「小えび佃煮」など18点を土浦ブランドとして認定し、更なる土浦の魅力を市内外に発信し、認知度向上を図っています。

二年に一度実施している市民満足度調査^[1]では、住みごちについて、住みよい、どちらかといえば住みよいをあわせると41.1%になり、定住意向についても、住み続けたい、どちらかといえば住み続けたいをあわせると66.2%と高い割合になっています。いずれも前回調査をうまわっております。また、空気のきれいな良好な環境の保全という項目が前回調査より満足度があがっています。

また、毎年調査が行われている住みよさランキング^[2]においても、2016年150位から2017年100位へと大幅にあがっています。

4. 考察

霞ヶ浦マラソン兼国際盲人マラソンは土浦市民にとっても、土浦市の誇りとして幅広い世代に認識されています。今後は、開催時以外にも多くの人々が訪れていたような取り組みが必要ではないかと考えられます。

サイクリングロードや遊歩道の整備が進んでいますが、まだ認知度という点において市内外においても十分であるとはいえません。今後更なるサイクリング環境の整備を進めるとともに、認知度の向上を図る必要があります。

「筑波山地域ジオパーク」や「土浦ブランド」についても、今後更なる認知度の向上を図る必要があります。

土浦市の魅力の発信において、霞ヶ浦を活用することはイメージアップに大いに貢献できることがわかりました。

身近に自然を感じられることは市の魅力として感じてもらうことができることは、とても重要な地域資源であると考えます。

5. 結論

土浦市のシティプロモーション事業を展開していく上で、地域資源として霞ヶ浦はとても重要であることがわかりました。

大きく育ったイベントや、霞ヶ浦地域の賑わいを創出し、水辺に親しむ環境を整備し、あらゆるメディアや機会を活用した情報発信を徹底して行い、霞ヶ浦の魅力の発信を強化することで、土浦市の更なるイメージアップを図ることができると考えています。

引用文献

- [1] 土浦市政策企画課：平成 27 年度土浦市民満足度調査，2016
- [2] 東洋経済新報社：都市データパック 2016 年版,pp.328－329,2016.
東洋経済新報社：都市データパック 2017 年版,pp.328－329,2017.

土浦市の高度処理型浄化槽設置及び転換促進へ向けた取組み

宇佐美 浩平¹, 藤原 隆司¹, 水田 和広¹, 五来 顕², 秋山 太²

¹土浦市市民生活部環境保全課, ²土浦市市民生活部環境衛生課

キーワード: 生活排水対策, 高度処理型(合併処理)浄化槽, 浄化槽設置整備事業

抄録

土浦市は霞ヶ浦の西方に位置し, 霞ヶ浦の水を生活用水として古くから利用してきた。1965 年代になると霞ヶ浦の流域人口の増加や社会経済活動の進展に伴い水質汚濁が進み, 湖から発する異臭や漁獲量の減少など, その利用に障害を生じるようになった。霞ヶ浦の水質汚濁は家庭から出る生活排水が原因の一つとなっており, 生活排水を処理する方法の一つとして浄化槽がある。1987 年以降, 国と茨城県は水環境保全のために, し尿及び生活雑排水を同時に処理できる浄化槽(合併処理浄化槽)の設置費用を補助する市町村に対し, その費用の一部を負担する事業を開始し, 本市も当該事業に取り組んできた。そして現在までに, 土浦市は補助金額に対して独自の上乗せを行い, また, 国と茨城県が補助の対象とする浄化槽よりも高性能な浄化槽のみを補助の対象とするようになった。

1. はじめに

土浦市は, 茨城県の南部に位置し, 関東の名峰「筑波山」を背に, 日本第二の湖, 霞ヶ浦の西岸に位置している。霞ヶ浦は大小 56 の河川・水路が流入しており, 最大水深は約 7m, 平均水深約 4m と非常に浅いため水質汚濁が進行しやすく, 1965 年代半ば以降, 流域人口の増加や社会経済活動の進展に伴い富栄養化による水質汚濁が進行し, 利水や環境保全の面で様々な障害を生じた。水質汚濁の原因の 1 つである生活排水の処理には下水道事業, 農業集落排水事業, 浄化槽, くみ取り便所などがある。

2. 浄化槽の種類

浄化槽は一般的に, トイレからのし尿だけを処理する単独処理浄化槽と, トイレからのし尿と併せて台所排水などを処理する合併処理浄化槽に分けられる。さらに現在では, 窒素やリンの除去ができる高度処理型(合併処理)浄化槽がある。高度処理型(合併処理)浄化槽には窒素を除去する機能を持つ浄化槽(N 型)と窒素及びリンの両方を除去する機能を持つ浄化槽(NP 型)の二種類ある。霞ヶ浦の富栄養化を防止するためには, 高度処理型(合併処理)浄化槽の普及が重要と考えられている。

3. 生活排水の処理方法と関連法の変遷

生活排水とは日常生活を通じて発生する排水のことで, トイレからのし尿とそれ以外の生活雑排水(台所, 洗濯, 風呂など)から成っている。し尿は戦前, 重要な肥料資源として活用されていたが, 戦後は, 主に伝染病予防

の観点から, 「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」により, 衛生上問題のないよう処理することが義務づけられた。そのため, 「くみ取り」によりし尿処理場で処理することとなり, さらに, 生活の近代化により, 下水道未普及地域では主に単独処理浄化槽によるトイレの水洗化が進んだ。そして 1983 年, 浄化槽法が公布され, その設置や利用についての規制が進められた。しかし, 当時の浄化槽法は生活雑排水を未処理のまま放流する単独浄化槽の設置を認めていたので, 水質保全面から問題となった。そこで 1987 年, 合併処理浄化槽の普及を目的に後述する補助事業が国と県と市により開始された。さらに土浦市では, 霞ヶ浦と本市が「湖沼水質保全特別措置法」に基づく指定湖沼と指定地域に指定されたことを受けて, 1990 年から新築に伴い浄化槽を設置する場合は独自に合併処理浄化槽の設置を促していた。そして 2001 年, 浄化槽法における浄化槽の定義から単独処理浄化槽が削除され, 下水道処理予定区域を除き, 合併処理浄化槽の設置が義務づけられた。そして, 既に設置されている単独処理浄化槽(みなし浄化槽)については合併処理浄化槽への転換の努力義務が明文化された。

一方茨城県は, 2007 年 10 月から施行されている「茨城県霞ヶ浦水質保全条例」の中で, 霞ヶ浦流域内において生活排水を排出する者が浄化槽を設置する際には高度処理型(合併処理)浄化槽の設置義務を規定するなど, 生活排水対策の強化を図っている。

故に, 現在の土浦市では, 生活排水を処理するため

に新たに浄化槽を設置しようとした場合、高度処理型（合併処理）浄化槽の設置が義務となっている。しかし、義務化以前に設置された単独処理浄化槽がまだ残されており、新設が原則禁止となった 2001 年度には、約 7,000 人以上の利用者が土浦市内に存在していた。

単独処理浄化槽は管理状態がよい場合でも、生物化学的酸素要求量(BOD)の除去率が約 65%と低く、生活排水は未処理で放流されることから、BOD の全負荷量は約 32g/人・日と、同じく未処理で放流するくみ取りの場合(27 g/人・日)よりも多くなっている[1]。そこで、国と茨城県では、1987 年に開始した補助事業を拡充させて、既存の単独処理浄化槽の転換の促進を図っており、本市も当該事業に独自の変更を加えて取組んでいる。以下、補助事業について詳述する。

4. 国と茨城県の補助事業

1987 年、厚生省（現：環境省）により、合併処理浄化槽設置整備事業（現：浄化槽設置整備事業）が創設された。これは、浄化槽の設置者に対し補助事業を行っている市町村に対して一定の条件を満たしている場合に国がその費用の一部を助成する事業である。助成金は標準的な設置費の 4 割程度を基準額に設定し、原則として補助基準額の 1/3 ずつを国、都道府県、市町村が負担する。さらに、2006 年度には浄化槽の設置にともなう単独処理浄化槽の撤去費が助成の対象とされ、その後、2010 年度からは使用年数の制限が撤廃された。

なお、これらの事業は、2005 年度より創設された「循環型社会形成推進交付金」や「汚水処理施設整備交付金」の対象として実施している。

茨城県でも、1987 年度から家庭用の合併処理浄化槽の設置に対する助成制度を設けており、1999 年度には国費補助に合わせて高度処理型浄化槽（N 型）を補助対象とし、霞ヶ浦流域については、2003 年度から、富栄養化防止のため窒素及びリンが除去できる高度処理型浄化槽（NP 型）も補助対象としている。さらに、2008 年度から 5 年間限定で導入した「森林湖沼環境税」を活用し、高度処理型浄化槽設置補助の強化を実施している。現在、2 度の延長により 2018 年度から 3 期目に突入している。

5. 土浦市の補助事業

本市においても、国と茨城県の取組みを受けて、生

活排水による公共用水域の水質汚濁を防止するため、1987 年に「土浦市合併処理浄化槽設置事業費補助金交付要綱」を定め、合併処理浄化槽を設置する事業を行う者に対する補助を開始した。当初は名称のとおり合併処理浄化槽を補助の対象としていたが、2000 年に「土浦市高度処理型合併処理浄化槽設置事業費補助金交付要綱」と改称し、補助対象を高度処理型（合併処理）浄化槽に限定した。2006 年には国と茨城県が補助の対象とする浄化槽の放流水の基準値（表 1 上段）より高性能な浄化槽（表 1 下段）を補助の対象とするようになった。そして 2007 年からは単独処理浄化槽から高度処理型（合併処理）浄化槽へ転換する場合に撤去に要する費用として、9 万円を限度として加算している。

表1 茨城県及び土浦市の補助事業対象高度処理型（合併処理）浄化槽の放流水の水質基準

実施主体	補助事業対象 高度処理型 (合併処理)浄化槽 ^{※1}	水質項目 ^{※2}	
		BOD (mg/L)	総窒素濃度 (mg/L)
国 茨城県	N型	20mg/L以下	20mg/L以下
	NP型	10mg/L以下	10mg/L以下
土浦市	N型	10mg/L以下	10mg/L以下
	NP型		

※1 国・茨城県については土浦市において補助を利用できるものを抜粋している

※2 BOD の除去率と総リン濃度については県と市とで違いは無いので省略している

補助金額については 1987 年から増加しており、2014 年からは県の上乗せ補助の見直しにより、単独処理浄化槽やくみ取り便所から高度処理型浄化槽への転換促進のため、転換（建築確認を伴わない新規浄化槽への入れ替え）の場合は新築の場合より補助額が手厚くなった。

補助率については、当初は国・茨城県・土浦市の三者で同率の負担であったが、現在までに茨城県と土浦市でそれぞれ上乗せ補助を行っている。補助金の内訳イメージを図 1 に、2018 年 4 月 1 日現在の補助限度額及び市上乗せ分の内訳を表 2 に示す。

補助基本額 国・茨城県・市で1/3ずつ負担		県森林湖沼 環境税 からの補助	上 乗 せ
国	茨城県	市	設置者負担

図 1 補助金の内訳イメージ（5 人槽 N 型転換ありの場合）

表2 土浦市の高度処理型（合併処理）浄化槽設置補助事業の補助限度額及び市上乗せ分内訳

補助対象 人槽	補助限度額 (単位:千円)		左欄の市上乗せ 金額内訳 (単位:千円)
	転換あり	転換なし	
5人槽	N型	705	60
		593	
	NP型	1,159	
		1,047	
6～7人槽	N型	897	125
		769	
	NP型	1,600	
		1,472	
8～10人槽	N型	1,122	165
		950	
	NP型	2,226	
		2,054	
単独処理浄化槽から転換する 場合の撤去費用		90	0

補助を開始してからこれまでの補助件数は約 600 基（2017 年度末現在）となっている。また、近年の補助基数の推移を表 3 に示す。

表3 土浦市における補助基数の推移（単位：基）

区分	2013年度 (平成25年度)	2014年度 (平成26年度)	2015年度 (平成27年度)	2016年度 (平成28年度)	2017年度 (平成29年度)
5人槽	11	8	17	11	13
6～7人槽	10	12	5	4	7(1)
8～10人槽	0	1	1	3	1

※ () は、窒素及びリン除去能力を有する高度処理型浄化槽（NP 型）

6. 今後の課題

単独処理浄化槽の利用者人口は 2016 年で約 3,500 人となっており、引続き高度処理型浄化槽などへの転換を促す対策が必要である。また、くみ取り便所については約 6,400 人おり、同様に対策が求められる。

市が補助対象としている N 型及び NP 型高度処理型（合併処理）浄化槽のうち、霞ヶ浦の水質汚濁防止の観点からすれば、富栄養化の原因となる窒素及びリンの両方を除去する NP 型の方が窒素だけの N 型よりも望ましい。しかし、表 3 に示すとおり、過去 5 年の間に NP 型高度処理型（合併処理）浄化槽に対する補助を実施したのは 1 基のみであった。故に今後は、NP 型高度処理型（合併処理）浄化槽の普及に向けた取組みも必要である。

茨城県では、2018 年度から、くみ取り便所や浄化槽から下水道に切り替える工事への補助金について、一

定の要件を満たす霞ヶ浦流域の高齢者・子育て世帯を対象に、自己負担が実質ゼロになるよう制度を大幅に拡充している。環境負荷の少ない排水処理施設への転換が今後も期待されている。

表 4 土浦市の浄化槽設置事業費補助事業に係る主な出来事

西暦 (元号)	出来事
1987 (昭和 62)	国・茨城県・市において助成制度創設 「土浦市合併処理浄化槽設置事業費補助金交付要綱」制定
2000 (平成 12)	名称を「土浦市高度処理型合併処理浄化槽設置事業費補助金交付要綱」に改称 市における補助対象を高度処理型合併処理浄化槽に限定
2002 (平成 14)	要綱を要項に変更
2005 (平成 17)	環境省関係浄化槽法施行規則の一部を改正する省令公布 浄化槽からの放流水の水質基準が BOD20mg/L 以下及び BOD 除去率 90%以上 と規定される
2006 (平成 18)	補助事業対象高度処理型（合併処理）浄化 槽の放流水の水質基準変更（表 1 参照）
2007 (平成 19)	茨城県条例「茨城県霞ヶ浦水質保全条例」施行(10 月) 国・茨城県の制度を活用して単独処理浄化槽の撤去費補助開始
2008 (平成 20)	茨城県において森林湖沼環境税の導入 高度処理型合併処理浄化槽の呼称を高度処理型浄化槽に変更
2014 (平成 26)	県の上乗せ補助の見直しにより、転換を伴うか どうかで補助額に差を設けるように改正
2018 (平成 30)	茨城県の森林湖沼環境税(個人の場合)の課税 期間を平成 33 年度まで延長

引用文献

- [1] 浄化槽管理者への設置と維持管理に関する指導・助言マニュアル, 2007 年 10 月, 環境省

土浦市における生活排水対策の効果

藤原隆司¹, 永峯 弘規¹, 小松崎 佑介¹, 長手 勇樹¹, 中山 知之¹, 満行 和博¹,
内藤 正弘¹, 水田和広¹

¹ 土浦市市民生活部環境保全課

キーワード: 生活排水対策, 点源及び面源汚染

抄録

土浦市(旧新治村域を除く)は、1991年(平成3年)に茨城県で初めて水質汚濁防止法に基づく生活排水対策重点地域の指定を受け、1992年(平成4年)3月に「土浦市生活排水対策推進計画」、2009年(平成21年)5月には「第二期土浦市生活排水対策推進計画」を策定し、下水道や農業集落排水施設のインフラ整備や一定水準の処理性能を満たした浄化槽の設置者に対して補助制度を設け、生活排水対策を積極的に推進してきた。計画策定前の1990年(平成2年)度末と2016年(平成28年)度末の生活排水処理形態の人口割合は、汲み取りが32.2%から6.2%に、単独処理浄化槽が14.3%から2.5%にそれぞれ減少し、その一方で、下水道が35.2%から81.3%に増加した。さらに農業集落排水施設が新たに4施設に増え、2.8%をカバーしている。その結果、人口が6,414人増加しているもののBOD負荷量は1,888.1 kg/日から326.4 kg/日となり、82.7%削減したと推計され、市内を流れる河川の水質の改善に寄与した。

1. はじめに

土浦市は、日本で2番目に広い面積を有する霞ヶ浦(西浦)の上流部にあたる西に位置し、市内全域が霞ヶ浦の流域となっている。土浦市は、古くから漁業や農業など霞ヶ浦の恩恵を受けて、人々が生活していたが、水戸街道の開通(1604年)から江戸中期(1700年代)までに本格的なまちづくりが進み、城下町としての形態が整い、さらに江戸中期から明治期は、江戸に大量の物資を運ぶ水運交通の要衝、物資の集散地として栄えた。大正期以降は鉄道の開通などにより、茨城県南部の中心都市として発達し¹⁾、人口は1974年(昭和49年)には10万人を超え、2009年(平成21年)10月に144,534人で最多となった。

このように土浦市は、古くから漁業や農業、水運などで霞ヶ浦から経済的な恩恵を受けるとともに、夏季には湖水浴場が開設されるなどレジャーの場としても恩恵を受けてきた。しかしながら、生活様式や産業活動の近代化、流域人口増加の影響を受け、1960年代(昭和40年代)頃から霞ヶ浦の水質は急激に悪化し、アオコの大量発生に伴う悪臭や水道水のかび臭などに悩まされるようになった。

土浦市では、水質汚濁原因の1つである生活排水対策として、1979年(昭和54年)1月に土浦市湖北に霞ヶ浦湖北流域下水道霞ヶ浦浄化センター(以下、湖北流域浄化センター)が供用開始となり、公共下水道管(一

部合流式)の整備が行われてきた。また、1987年(昭和62年)からは家庭用の合併処理浄化槽の設置費用に対して補助制度を設け、生活排水対策を積極的に推進してきた。しかしながら、市内を流れる河川の水質改善はなかなか進まなかったことから、土浦市(旧新治村域を除く。以下、土浦市という。)は、1991年(平成3年)に茨

表1 土浦市が講じた生活排水対策(1991~2016)

Year	講じた施策・状況
1991年	下水道の接続人口が5万人を超える。
1992年	西部地区農業集落排水施設(780人槽)供用開始。
1993年	虫掛地区に生活排水路浄化施設を設置。
1995年	北部地区農業集落排水施設(950人槽)供用開始。
1997年	沖宿地区生活排水路浄化施設を設置。
1999年	東部地区農業集落排水施設(1,770人槽)供用開始。
2000年	下水道の計画区域に市街化調整区域を加える。 高度処理型浄化槽のみを補助対象とする。
2003年	下水道の接続人口が10万人を超える。
2008年	西根地区農業集落排水施設(690人槽)供用開始。
2009年	第二期土浦市生活排水対策推進計画策定。
2016年	下水道の合流改善事業が完成。

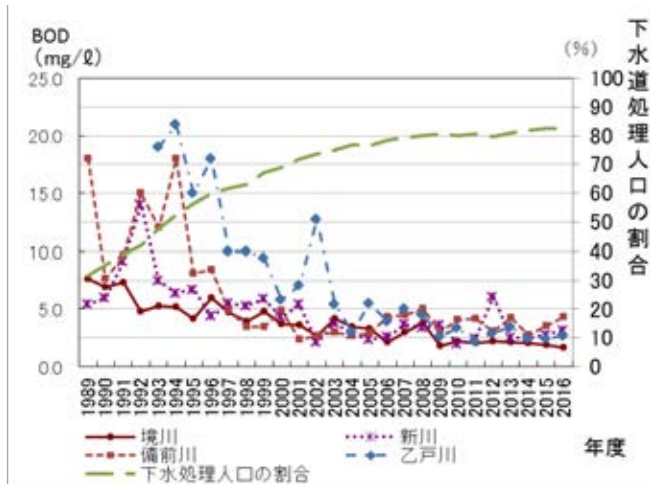


図 1 土浦市内の河川水質と下水処理人口の割合

城県で初めて水質汚濁防止法に基づく生活排水対策重点地域の指定を受け、1992年(平成4年)3月に「土浦市生活排水対策推進計画」(以下、第一期計画という。)を策定し、表1に示すとおり下水道、農業集落排水施設及び合併処理浄化槽などの対策を講じてきた。その結果、図1に示すとおり、下水処理人口の割合が高くなるとともに土浦市内が流域となっている主な河川の水質は大幅に改善している。

第二期土浦市生活排水対策推進計画(2009年策定)は、2018年(平成30年)に最終年度となることから、第一期計画の策定前の1990年(平成2年)度と現在の土浦市から発生する生活排水由来の汚濁負荷量について推計した。

なお、推計にあたっては、生活排水路浄化施設及び合流改善事業による汚濁負荷量の削減については考慮しなかった。

2. 方法

(1) 汚濁負荷量の算定と処理形態別人口

生活排水による汚濁負荷量の算定は、生活排水の処理形態別に次の式に従って算出し、その合計を求めた。1990年(平成2年)度末及び2016年(平成28年)度末の処理形態別人口を表2に示す。

(処理形態別の汚濁負荷量の算定)

$$\text{原単位 (g/日・人)} \times \text{人口 (人)} = \text{汚濁負荷量 (g/日)}$$

(2) 処理形態別の原単位

処理形態別の原単位は、次の方法で設定した。設定した原単位を表3に示す。

① 下水道

湖北流域浄化センターの対象年度の処理実績²⁾(処

表 2 生活排水の処理形態別人口

処理形態	年度	
	1990年	2016年
下水道	45,080 (35.2%)	113,137 (81.3%)
集団住宅排水施設	22,349 (17.5%)	0
農業集落排水施設	0	2,433 (2.8%)
高度処理型浄化槽 [※]	0	3,257 (2.0%)
合併処理浄化槽	966 (0.8%)	7,043 (5.2%)
単独処理浄化槽	18,361 (14.3%)	3,199 (2.5%)
汲み取り	41,280 (32.2%)	5,381 (6.2%)
合計	128,036	134,450

※ 窒素やりんを除去する機能を有する合併処理浄化槽

表 3 生活排水処理形態別の原単位

処理形態	項目	(g/日・人)	
		COD	BOD
下水道	1990年	2.16	0.33
	2016年	1.83	0.29
農業集落排水施設(2016年)		1.32	0.49
高度処理型浄化槽		3.22	2.30
合併処理浄化槽		4.14	3.68
単独処理浄化槽		3.20	3.15
汲み取り		0.09	0.01
生活雑排水		13.0	29.0

理水量、処理水質、工場系率)から排出負荷量を求め、水洗化人口で除して、排出原単位とした。

② 農業集落排水施設処理場ごとの実績(処理水量、処理水質)から排出負荷量を求め、水洗化人口で除して、排出原単位とした。

③ 浄化槽及び生活雑排水

浄化槽及び生活雑排水の原単位は、既報³⁾の原単位を用いた。単独処理浄化槽については、単独処理浄化槽の排出原単位と生活雑排水原単位の合計を単独処理浄化槽利用者の原単位とした。

なお、集団住宅排水施設については、合併処理浄化槽の原単位を用いた。

④汲み取り

土浦市内の汲み取りし尿は、し尿処理場で処理され、1986年(昭和61年)度からは希釈後下水道に放流され、湖北流域浄化センターで再処理されている。1990年の処理実績(処理水量、希釈倍率)の記録が残されていないことから、一人1日当たりのし尿受入量は1~2L(下水道排水量の100分の1未満)で最大5倍希釈されることを考慮し、大きく見積もって下水道利用者の負荷量の20分の1とした。汲み取り利用者の原単位は、汲み取りの負荷量に生活雑排水原単位を合わせた値とした。

3. 結果

(1)COD 負荷量

COD 負荷量の算定結果を図2左に示す。1990年のCOD 負荷量は、合計で1,027.8 kg/日となり、汲み取り利用者と単独処理浄化槽利用者の割合が、それぞれ52%、29%と多かった。一方で2016年のCOD 負荷量は、合計で371.8 kg/日となり、1990年に比べ63.8%減少した。下水道利用者が51%で最も高い割合となり、次いで汲み取り利用者と単独処理浄化槽利用者の割合が、それぞれ19%、14%だった。

(2)BOD 負荷量

BOD 負荷量の算定結果を図2右に示す。1990年のBOD 負荷量は、1,888.1kg/日となり、汲み取り利用者と単独処理浄化槽利用者の割合が、それぞれ63%、31%と多かった。2016年のBOD 負荷量は、326.4kg/日となり、82.7%削減された。2016年の内訳は、汲み取り利用者と単独処理浄化槽利用者の割合が、それぞれ48%、32%で、依然として生活雑排水未処理の割合が高かった。

4. 考察

・土浦市内の生活排水の処理形態は、2016年現在で、下水道が81%を占めている。しかし、未だに生活雑排水未処理(汲み取り、単独浄化槽)人口が8.7%を占めており、適正な生活排水処理への移行が課題となっている。

・原単位を比較すると、集合処理である下水道や農業集落排水施設と浄化槽を比べると高度処理型浄化槽であってもCOD、BODの両方の原単位とも集合処理の方が低いことから、新たに集合処理(下水道、農業集落排水施設)の区域になった際には、高度処理型浄化槽が設

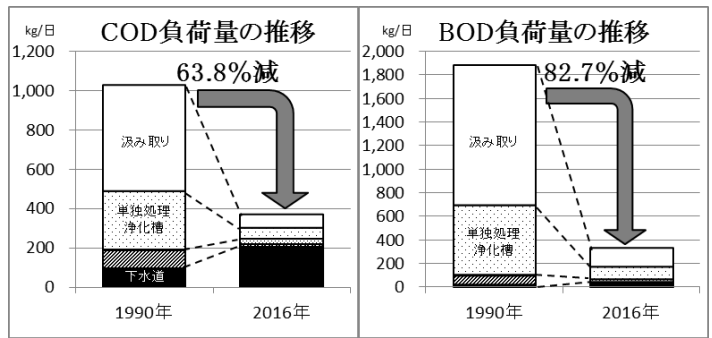


図2 生活排水由来の汚濁負荷量の削減状況

置されていても速やかに集合処理に変更することが水質浄化に寄与する。

・BOD 負荷量は、生活雑排水未処理に由来する割合が多く、生活雑排水の垂れ流しがなくなった場合、さらに75%以上の削減を見込むことができると考えられる。一方で、COD の場合、生活雑排水の垂れ流しがなくなった場合でも30%程度の削減にとどまる。

・下水道処理水は、霞ヶ浦に直接放流されることから、河川への負荷量のみを比較するとCODで82%、BODで84%削減された。

・湖北流域浄化センターでは、近隣の自治体からの流入もあり、全処理人口が2016年度は236,554人となっている。さらに事業場からの流入もあるため、湖北流域浄化センターからのCOD 負荷量の総量は、504 kg/日となる。この値は、土浦市内から発生するその他の生活排水処理形態の負荷量の約3.3倍となる。湖北流域浄化センターにおける処理性能が霞ヶ浦の水質浄化に与える影響は大きいと考えることができる。

5. 結論

・生活排水対策の推進により、霞ヶ浦へのCOD、BODの負荷量が1990年と比べ2016年にはそれぞれ63.8%、82.7%減少した。

・河川へのCOD、BODの負荷量(下水道負荷量を除く)は1990年と比べ2016年にはそれぞれ82%、84%減少し、市内河川、水路の水質浄化に大きく寄与している。

・今後、生活雑排水の垂れ流しがなくなることにより、更なる水質改善が図られる。

引用文献

- 1) 土浦市第6次総合計画
- 2) 平成2年版下水道統計 行政編, 第47号の1
- 3) 藤村, 用水と排水, Vol.48, No.5, P.64~70(2006)

備前川における生活排水路水質調査

小松崎 佑介¹, 永峯 弘規¹, 藤原 隆司¹, 長手 勇樹¹, 中山 知之¹, 満行 和博¹,
内藤 正弘¹, 水田 和広¹, 中山 洋一²

¹土浦市市民生活部環境保全課, ²土浦市建設部下水道課

キーワード:生活排水対策, 水質改善

抄録

備前川は、1級河川利根川水系霞ヶ浦に流入する河川であり、その流域は、土浦市の市街地として急速に宅地化が進んだ地域である。宅地化に伴う生活排水等の流入により、水質汚濁が進行し、1992年度には、BODは24 mg/L(75%値, 旧環境庁発表)と国内ワースト3位を記録した。現状の備前川のBODは、2016年度において、3.7 mg/L(75%値, 茨城県調査)であり、水質は大幅に改善している。備前川の水質改善については、1994年に計画された、備前川における「水環境改善緊急行動計画(清流ルネッサンス21)」にて、様々な立場の人々が水質改善の取り組みを行ったことが功を奏していると考えられる。本報では、計画策定時に実施された流入水路の水質調査について、現況調査した結果を報告する。

1. はじめに

(1)備前川の概要と水質

備前川は、霞ヶ浦に流入する河川の1つであり、河床勾配が緩やかで、下流部の河床が深く、霞ヶ浦の背水の影響を強く受けることから、河川水の停滞による水質汚濁が進行しやすい河川である(表1)。上流部から下流部にかけて宅地が広がり、下流部には一部畑が残っているものの、その流域の大部分は宅地である。

表1 備前川の概要

河川名	備前川
河川延長	3.8km
流域面積	4.1km ²
環境基準地点	小松橋
指定区間	全川
類型指定	A類型 (BOD 2mg/L以下)
指定年度	昭和48年度

備前川の水質は、流域の急速な宅地化による生活排水等の流入により汚濁が進行し、1992年には、小松橋地点のBODが国内ワースト3位の24.0 mg/L(75%値, 旧環境庁発表)を観測し、悪臭やアオコが発生するなど河川環境が著しく損なわれていた(図1)。このような状況のなか、1993年に、旧建設省による「水環境改善緊急行動計画(清流ルネッサンス21)」にお

ける第1次計画河川等に選定され、種々の水質浄化対策が実施された結果、2016年度現在のBODは、3.7 mg/L(75%値, 茨城県調査)であり、河川水質は大幅に改善している。

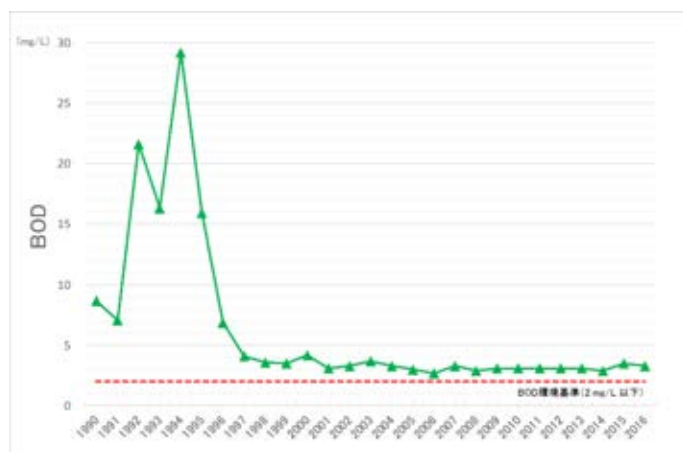


図1 備前川におけるBOD経年変化(年平均, 茨城県調査)

※測定地点:1998年以前は小松橋, 1999年以降は備前川橋

(2)水環境改善緊急行動計画(清流ルネッサンス21)

当計画は、水質汚濁の著しい河川、湖沼等のうち、地元公共団体や地域住民が中心となって良好な水環境を創出する様々な取り組みがなされている河川などを対象にして、2000年までに良好な水環境の復活を目指し、地元と河川管理者、下水道管理者及び関係機関が一体となって水環境の改善事業を総合的、緊急的かつ重

点的に実施することを目的として計画された。備前川は、1993年に、旧建設省により第1次計画河川等の1つに選定され、これを受け、茨城県は、地元住民や土浦市を含む行政機関からなる「備前川清流ルネッサンス推進協議会」を設置し、翌年度、「備前川水環境改善緊急行動計画」を策定した。当計画は、目標水質を2000年までにBOD(75%値)を4 mg/L, SSを20 mg/Lと定めており、目標を達成するための主な施策の1つとして、下水道の普及や合併処理浄化槽の設置等の生活排水対策が位置づけられていた。

(3) 流入水路の実態調査

計画策定時(1993年)の備前川流域の下水道普及率は58%、水洗化率は69%であり、公共下水道への排水は実質40%にとどまり、残りの多くは生活雑排水が未処理のまま水路を通して備前川に流入していたと考えられる。そのため、当時(1992年)の備前川におけるBOD汚濁負荷量の状況は、し尿(5%)と雑排水(74%)を合わせた生活系の負荷量が全体の79%であり、生活系からの汚濁負荷量が大半を占めていた。計画策定にあたって、1994年2月4日に、備前川の上流0.5km地点から急激に川幅が広がる常磐線陸橋手前の約2kmの区間に流入する10水路を対象に水質調査が行われている。調査項目は、流量、透視度、水温、pH、EC、濁度、BOD、SSであった。今回は、現況を把握するために、当時と同様の調査を実施した。

2. 方法

調査地点は、計画策定時の調査地点と同一の地点を基本とし、10地点選定した。一部の水路は、流量が極めて少なくなっていたことから、調査地点から除外し、比較的流量の多い地点を調査地点に追加した(N1, N2)。

また、採水日は、前回調査と同様に、3日間降雨がない日(2018年3月14日)に実施し、採水時間についても前回と同様の午前10時から午後3時に行った。



図2 調査地点の例 (地点番号③, ⑩)

現地では、流量、水温、透視度を測定し、その他の項目については、サンプルを環境計量事業所に持ち込み、分析を依頼した。分析項目は、pH、COD、BOD、SS、T-N、T-Pとした。

3. 結果及び考察

今回の調査結果と計画策定時との比較を表2に、今回の調査結果(その他の項目)を表3に示す。さらに、BODの比較図を図3に示す。

計画策定時の調査結果と今回の調査結果を比較すると、全地点において、BOD、SS、透視度が改善していることが確認された。さらに、BOD及びSSについて、各水路の結果の加重平均を算出すると、BODについては97.4%、SSについては81.2%削減されたことが確認された。

表2 計画策定時との比較

調査地点	流量(L/sec)		水温(°C)		透視度(cm)		pH(-)		BOD(mg/L)		SS(mg/L)	
	1994年	2018年	1994年	2018年	1994年	2018年	1994年	2018年	1994年	2018年	1994年	2018年
①	1.74	-	11.0	-	5.2	-	7.19	-	377.14	-	860.00	-
②	0.13	-	8.2	-	24.8	-	7.16	-	311.60	-	32.00	-
③	0.36	0.46	7.8	14.5	11.3	50以上	7.66	9.2	58.98	2.2	41.00	1.0
④	1.42	0.21	9.5	11.5	23.2	50以上	7.53	9.4	5.55	4.4	24.00	4.6
N1	-	0.26	-	10.5	-	50以上	-	7.7	-	1.1	-	1.0
⑤	0.52	0.6	6.5	11.0	30以上	50以上	7.4	7.7	69.19	1.7	10.00	2.4
⑥	0.41	0.3	6.0	11.0	19.0	50	7.38	7.3	86.11	13.0	13.33	6.4
N2	-	0.48	-	11.0	-	50以上	-	7.6	-	3.0	-	8.2
⑦	15.63	11.68	7.2	12.8	16.0	22	7.42	7.9	99.60	4.6	36.00	23.0
⑧	2.38	0.65	12.8	21.0	13.2	50以上	9.99	7.8	174.09	13.0	20.00	6.8
⑨	1.09	2.45	6.9	10.6	9.1	50以上	7.53	7.5	222.90	0.5	16.00	2.0
⑩	2.59	0.81	8.9	10.0	14.0	50以上	7.94	7.5	419.08	1.8	25.00	2.0
加重平均	-	-	-	-	-	-	-	-	155.9	4.1	85.7	16.1

表3 その他の調査結果

地点番号	COD(mg/L)	SS(mg/L)	T-N(mg/L)	T-P(mg/L)
①	-	-	-	-
②	-	-	-	-
③	4.1	1.0	3.5	0.12
④	4.4	4.6	3.4	0.03
N1	2.9	1.0	5.1	0.09
⑤	3.5	2.4	2.4	0.06
⑥	13	6.4	0.97	0.14
N2	6.0	8.2	3.1	0.18
⑦	7.0	23	1.6	0.12
⑧	11	6.8	1.5	0.24
⑨	4.4	2.0	2.5	0.09
⑩	2.4	2.0	1.0	0.06

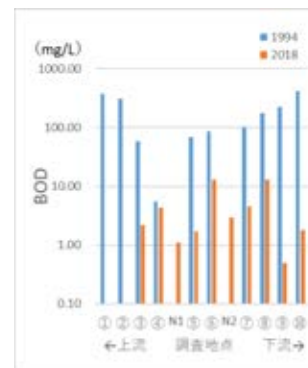


図3 BOD 結果比較

今回の調査では、透視度は、調査地点⑦を除き、すべて50cm以上であった。これは、調査地点⑦の水路は、ため池からの流入水があることから、プランクトンの増殖により、透視度が低下したと考えられる。

BODは、調査地点⑥、⑧が比較的の高い値であった。調査地点⑥の水路では、生活排水臭が強かったことから、未処理の生活雑排水及び浄化槽排水が原因であると考えられる。一方で、調査地点⑧の水路は、水温が21℃であり、生活排水臭が感じられなかったことから、

事業場排水が原因であると考えられる。

4. 結論

備前川水環境改善緊急行動計画が策定され、24年余りが経過し、様々な立場の人々が、水質浄化対策を着実に進めた結果、河川環境基準(BOD 2.0mg/L以下)は未達成なもの、備前川の水質は大幅に改善している。

生活排水対策に着目すると、備前川流域のほぼ全域に下水道が整備され、インフラ整備はほぼ完了している(図4, 図5)。

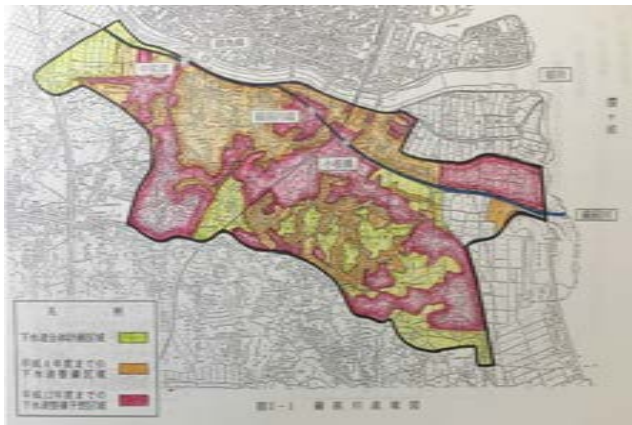


図4 備前川流域の下水道普及状況(計画策定時, 1994)

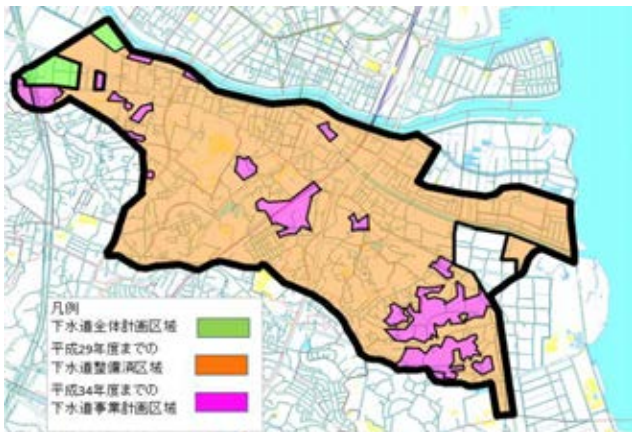


図5 備前川流域の下水道普及状況(2018年3月31日現在)

今回の流入水路調査の結果と計画策定時の結果を比較すると、BODは大幅に改善している。しかしながら、一部の流入水路において、下水道未接続等により、計画目標値(BOD 4.0mg/L)に達していない箇所が見受けられる。

土浦市内全域に目を広げると、生活排水の処理形態は、2016年3月31日現在で、下水道が82.5%を占めているが、未だに生活雑排水未処理(汲み取り, 単独浄化

槽)人口が6.9%を占めており、適正な生活排水処理への移行が課題となっている。

下水道への接続については、茨城県においても、霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画(第7期)のなかで、下水道への接続促進を掲げている。本市としても、垂れ流し0%に向けて、適正な生活排水処理への移行についての啓発、指導を強化して参りたい。



図6 調査地点①の水路に直接流入する生活雑排水(2018年3月14日撮影)

5. 参考文献

- [1] 備前川清流ルネッサンス21推進協議会:利根川水系備前川水環境改善緊急行動計画(清流ルネッサンス21), 1994.11
- [2] 備前川清流ルネッサンス21推進協議会:利根川水系備前川水環境改善緊急行動計画(清流ルネッサンス21)参考資料, 1994.11
- [3] 茨城県・栃木県・千葉県:霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画(第7期), 2017.3
- [4] 土浦市:第2期土浦市生活排水対策推進計画, 2014.3

土浦市における工場・事業場排水対策の取組み

永峯 弘規¹, 小松崎 佑介¹, 藤原 隆司¹, 長手 勇樹¹, 中山 知之¹, 満行 和博¹,
内藤 正弘¹, 水田 和広¹

¹ 土浦市市民生活部環境保全課

キーワード: 排水規制

抄録

土浦市は、日本で2番目に広い面積を有する霞ヶ浦(西浦)の西岸に位置し、霞ヶ浦の恩恵を受けながら発展してきた。霞ヶ浦の水質は、経済活動の活発化に伴い、1960年代頃から急激に悪化し、その対策のために、市内の工場・事業場には水質汚濁防止法や茨城県条例などの水質関係法令等に基づく排水基準が定められている。事業者は、これらの水質関係法令等に定められる排水基準の遵守する義務があり、その遵守状況について茨城県が立入調査・指導を行っている。市では、県を補助する立場として、1972年から継続して市内の工場・事業場の排水調査を行っており、本報では、市における工場・事業場排水対策の取組みの一つである、工場・事業場排水調査について報告する。

1. はじめに

土浦市は、日本で2番目に広い面積を有する霞ヶ浦(西浦)の西岸に位置し、霞ヶ浦の恩恵を受けながら発展してきた。霞ヶ浦は、湖水浴を楽しめる自然豊かな湖であったが、生活様式や産業活動の近代化、流域人口増加等の影響を受け、1960年代頃から水質が急激に悪化した。茨城県環境局(当時)による、1975年における霞ヶ浦への流入汚濁負荷量の推計^[1]では、工場排水の割合は21.3%とされ、その割合は決して低くはなかった。(図1)土浦市内の工場・事業場には、国の法律や県条例等による排水基準が定められており、これら法令等の遵守状況を確認するために、県による立入調査、指導が行われている。市においても、県を補助する立場として、1972年から継続して工場・事業場の排水調査を実施している。

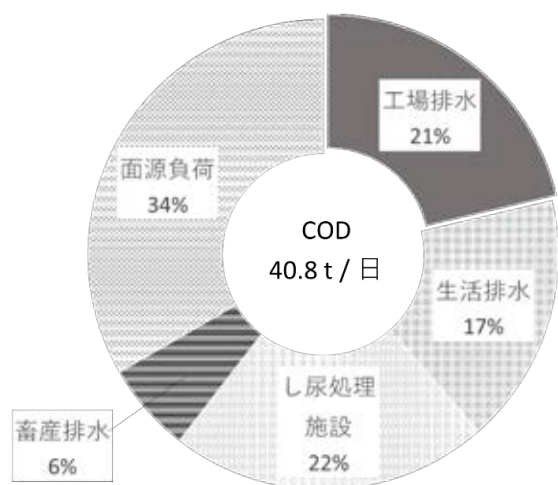


図1 霞ヶ浦に流入する汚濁負荷の割合(1975)
※西浦・北浦・常陸利根川の合計

2. 土浦市の産業構造

土浦市の産業構造は、第三次産業の比率が高く、商業・業務都市としての特性と工業都市としての性格を併せ持っている。^[2]本市は、1963年に、首都圏整備法による都市開発区域の指定を受け、首都圏の衛星都市として首都圏整備計画に基づき開発が行われ、工業団地、住宅団地の造成及び関連都市施設の整備が進み、従来の商業都市に加えて、工業都市としても発展するようになった。^[3](図2)

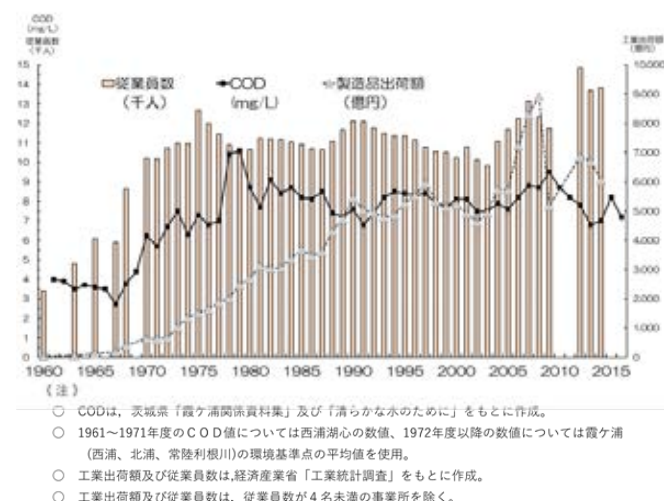


図2 霞ヶ浦のCOD経年変化と土浦市の製造品出荷額及び従業員数の推移

市内の工業団地は、1968年に日本住宅公団による土浦・千代田工業団地(土浦市内127.2ha, 旧千代田村内40.8ha, 計168ha)の整備が完了し、続いて1997年に都市基盤整備公団による土浦北工業団地(41.7ha)の整備が完了した。2000年には、おおつ野ヒルズ(41ha)の

整備完了し、2006 年の新治村との合併に伴い、東筑波新治工業団地(35.5ha)が加わり、おおつ野ヒルズを除く3つの工業団地において分譲が完了している。

3. 土浦市内の工場・事業場排水基準の変遷

市内の工場・事業場に対しては、国の法律や県・市条例、あるいは公害防止協定による排水基準の遵守が義務付けられており、その変遷等について表1に示す。霞ヶ浦の水質汚濁の対策のために、市内の工場・事業場に対しては、幾度となく排水基準が改正されており、国の一律排水基準より厳しい排水基準の遵守が義務付けられている。

表1 市内の工場・事業場排水基準の変遷等

法令・条例等	年月日	概要
県公害防止条例	1966.12.10 公布	霞ヶ浦水域をA水域とし、公害防止基準を定める。BOD・COD:30 mg/L
公害対策基本法	1967. 8. 3 公布	公害問題の根本的な解決のための施策の理念と方向を明らかにし、総合的、計画的な公害対策実施への道筋を示す。
水質汚濁防止法	1970.12.25 公布	法に定める特定施設を有する事業場からの排水について、排水基準以下の濃度で排水することを義務付け。
公害防止協定	1971. 4. 1 締結	土浦市、旧千代田村と土浦・千代田工業団地進出企業において公害防止協定を締結する。
水質汚濁に係る環境基準 (環境庁告示第59号)	1971.12.28 告示	以降、土浦・千代田工業団地進出企業に限らず、締結を進める。公害対策基本法第9条に基づき、水質汚濁に係る環境基準が告示される。
排水基準を定める総理府令	1971. 6.21 公布	水濁法に基づき、国の一律排水基準を定める。BOD・COD:120 mg/L 排水量:50m ³ /日以上の事業場を対象 ※業種により暫定基準あり。
県公害防止条例 全面改正	1971.10.18 公布	BOD・COD:200 mg/L~16,000 mg/L 水濁法の上乗せ排水基準を定める。霞ヶ浦水域:BOD・COD:30 mg/L 排水量:50m ³ /日以上の事業場を対象
市公害防止条例	1972. 4. 1 公布	県独自に、畜舎・石材加工などの汚水に係る特定施設を定める。他の地方公共団体との相互協力や国・県への措置要請、公害防止協定の締結等について定める。県公害防止条例の規模要件未達の畜舎を汚水に係る特定施設として定める。
霞ヶ浦の水質環境基準類型指定(湖)	1972.11. 6 公布	公害対策基本法に基づき、国が湖内A類型(COD:3 mg/L)に指定する。
霞ヶ浦の水質環境基準類型指定 (流入河川)	1973. 9. 3 公布	公害対策基本法に基づき、県が流入河川A類型(BOD:2 mg/L)に指定する。
県公害防止条例 一部改正	1973.11. 1 公布	水濁法上乗せ排水基準を改定する。新設の特定移設等(公布日から適用) BOD・COD:10 mg/L, 排水量 20m ³ /日以上の事業場 既設の特定移設等(施行日から適用) BOD・COD:20 mg/L, 排水量 50m ³ /日以上の事業場
県公害防止条例	1974. 8. 1	北浦、常陸利根川水域における水濁

一部改正	公布	法上乗せ排水基準を定める。(霞ヶ浦水域と同水準)
県公害防止条例 一部改正	1975.10. 7 公布	霞ヶ浦流域の特定事業場に自己監視及び報告が義務化される。
公害防止協定 見直し	1977. 4. 1 ~ 締結・改定	社会情勢を踏まえ、公害防止協定の全面改定。公害防止細目協定において、排水量の区分に応じた排水基準や自己監視及び報告等を定める。
県霞ヶ浦の富栄養化の防止に関する条例	1981.12.21 公布	国の一律排水基準に先駆け、窒素・りんの水質規制が導入される。
湖沼水質保全特別措置法	1984. 7.27 公布	指定湖沼、指定地域を定める。みなし指定地域特定施設の排水規制指定施設等の構造・使用方法の規制
水質汚濁防止法 施行令改正	1985. 5.17 公布	国の一律排水基準に、窒素・りんが導入される。窒素:60 mg/L 以下, りん:8 mg/L 以下
県霞ヶ浦の富栄養化の防止に関する条例 改正	1985. 7.13 公布	窒素・りんの上乗せ条例として位置づけ。
湖沼法に基づく指定湖沼及び指定地域に係る告示	1985.12.16 公布	霞ヶ浦(北浦及び常陸利根川を含む)が指定湖沼となる。
公害対策基本法に基づき霞ヶ浦の水質環境基準類型指定(湖)	1986. 4. 5 公布	公害対策基本法に基づき、国が湖沼Ⅲ類型(窒素 0.4 mg/L, りん 0.03 mg/L)に指定する。
湖沼水質保全特別措置法 改正	1987. 7. 2 公布	汚濁負荷量規制(COD)の制定 湖沼特定事業場(排水量 50m ³ /日以上)
湖沼水質保全特別措置法 改正	1992. 9. 1 公布	汚濁負荷量規制(窒素・りん)の制定 湖沼特定事業場(排水量 50m ³ /日以上)
環境基本法	1993.11.19 公布	環境基本法制定に伴い、公害対策基本法が廃止される。
県水質汚濁防止法に基づき排水基準を定める条例	2005. 3.24 公布	県公害防止条例を全改定 水濁法特定施設の上乗せ排水基準(BOD・COD・SS 他)を定める。
県生活環境の保全等に関する条例	2005. 3.24 公布	県公害防止条例を全改定 独自の排水特定施設及びその排水基準(BOD・COD・SS 他)を定める。
湖沼水質保全特別措置法 改正	2005. 6.22 公布	湖沼特定施設範囲の見直し(汚水処理施設等を負荷量規制の対象とする) 既設の事業場に対する汚濁負荷量規制基準の追加
県霞ヶ浦水質保全条例	2007. 3.27 公布	県富栄養化防止条例を全改定, 改称 ①水濁法特定施設の排水基準(窒素・りん)を定める。 ②排水指定施設及びその排水基準(窒素・りん)を定める。 ・一部排水指定施設において、従前より小規模な施設を対象とする。 ・新たに、51人槽以上の浄化槽を排水指定施設に追加。 ③規制対象の排水量の裾下げ ・20 m ³ /日以上→10 m ³ /日以上 ④既設, 新設区分の廃止 (旧条例の既設扱いの事業場は、施行後3年間猶予) ⑤排水規制が適用されない事業所を小規模事業所として排水基準(BOD・COD・SS・窒素・りん)を定める。
県生活環境の保全等に関する条例 一部改正	2007. 3.27 公布	県霞ヶ浦条例に併せて、排水特定施設の規模要件、排水基準等について改定。
公害防止協定 見直し	2008. 4. 1 ~ 締結・改定	環境関係法令等の整備を踏まえ、順次、公害防止協定及び細目協定の締結・改定を進める。

4. 土浦市における工場・事業場排水調査

市では、1972年から工場・事業場の排水調査を開始し、調査の初年度は茨城大学農学部へ分析を委託、その結果を受けて排水処理施設の整備改善指導を実施した。現在は以下の①から④のステップで実施しており、分析は環境計量事業所に委託している。

- ①市職員による採水
- ②分析結果及び基準遵守状況の通知
- ③基準超過に対する注意喚起又は改善計画書提出の指示
- ④必要に応じて、改善のためのヒアリング

2017年度の調査では、調査対象を市内54工場・事業場とした。対象の選定は、公共下水道へ接続されていない工場・事業場のなかで、水質汚濁防止法、湖沼水質保全特別措置法、茨城県生活環境の保全等に関する条例及び茨城県霞ヶ浦水質保全条例に規定する特定施設等を設置する工場・事業場のうち、排水量が10m³/日以上、工場・事業場及び環境影響のリスクが高い電気メッキ施設を有する工場・事業場とした。

5. 土浦市内の工場・事業場における遵守状況

近年の排水基準遵守状況を図3に示す。不適合率（水質関係法令・条例又は公害防止協定に定められる排水基準を超過した工場・事業場の割合）は、概ね20%から40%の間を推移しており、基準超過が常態化している工場・事業場も見受けられる。基準超過の主な原因は、次の3点が挙げられる。

- ①工場・事業場が立地されてから40～50年が経過し、排水処理施設が老朽化していること
- ②度重なる法令等の改正に対して、排水処理施設の対応が追い付いていないこと
- ③団塊の世代の退職に伴い、排水処理施設の維持管理のノウハウが不足していること

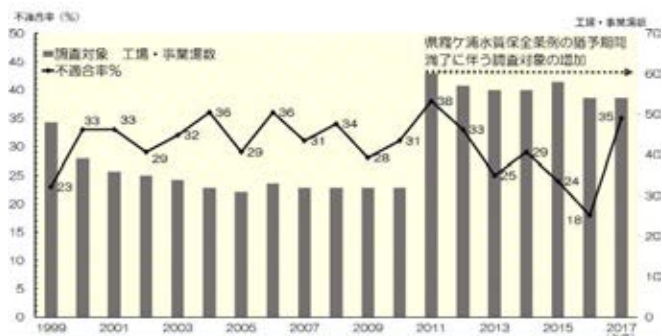


図3 土浦市内の工場・事業場における排水基準の遵守状況

6. 総括

土浦市では、工場・事業場排水対策の取組みとして、工場・事業場排水調査を約50年継続して実施している。調査結果の一例として、食品製造業の排水調査の結果(COD)に着目すると、調査開始当時(1972)と2017年の調査では大幅な改善が見られる(表2)。

表2 食品製造業におけるCOD(mg/L)の調査結果

工場・事業場	1972			2017		
	最小	最大	平均	最小	最大	平均
A	42.72	101.48	77.5 (n=6)	2.0	7.6	4.2 (n=3)
B	12.5	52.6	28.3 (n=6)	5.0	5.6	5.3 (n=2)
C	37.6	250.13	102.1 (n=6)	5.7	9.4	7.3 (n=3)
D	33.13	71.42	42.5 (n=4)	6.6	12	9.2 (n=3)

※調査開始当時から継続して操業している工場・事業場を抽出
※調査回数は工場・事業場によって異なる。

また、霞ヶ浦に流入する汚濁負荷量(COD)^[4]に着目すると、2015年における工場排水の負荷量(COD)は、西浦では0.7t/日、北浦で0.1t/日であり、1975年の推計値の8.7t/日(西浦・北浦・常陸利根川の合計)と単純に比較すれば、およそ92%削減している。

他方で、土浦市内の工場・事業場における排水基準の遵守状況は、概ね60%から80%に留まっており、排水基準遵守の徹底には至っていない。現行の排水基準を定常的に遵守するためには、事業者自身が各々の工場・事業場の特性を熟知し、相応の投資を行いながら、排水処理施設を適切に維持管理することが肝要である。

土浦市では、第8次土浦市総合計画において、基準超過事業場割合を0%にすることを目標に掲げている。今後も、茨城県等の関係機関の協力を得ながら、粘り強く事業者と向き合い、現場に一番近い地方公共団体として、目標達成に努めて参りたい。

引用文献

- [1] 富山暢著:よみがえる霞ヶ浦 生成 過去 現在 将来・pp.101, 1994.
- [2] 土浦市:土浦市環境白書平成28年度年次報告書, pp.5, 2017.
- [3] 土浦市議会事務局:土浦市市政概要(平成29年度版), pp.224, 2017.
- [4] 茨城県・栃木県・千葉県:霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画(第7期), pp.5, 2017.

市民による霞ヶ浦流入河川水質調査について

伊藤 良子¹, 宮本 清¹, 中川 清¹

¹ 霞ヶ浦問題協議会

キーワード: 市民参加, 簡易検査, 意識啓発

抄録

本事業は霞ヶ浦に流入する 56 河川の水質調査をとおして「流域住民の水質浄化意識の高揚」を目的とするもので、本年度で第 17 回を迎える。調査方法は市民や子供たちと一緒に地元の川に行き、川の様子を観察し所定の記録用紙に記入する。その後、川の水を採水し、学校・市役所等に持ち帰り簡易検査により水質測定を行うものである。

調査結果は専門機関で解析し報告書として取りまとめ、関係者に配布するほか、平成 28 年度は概要版を作成し関係者・参加者等に配布した。

本調査は簡易測定であるが経年変化をみると各項目とも低濃度帯の占める割合が年々増加しており、改善傾向が認められる。また汚濁原因は依然として生活排水及び農業・畜産排水が考えられる。

霞ヶ浦の浄化は行政のみで成し得るものではなく、流域住民の協力なくして達成できるものではない。今後とも本事業をとおして住民の霞ヶ浦や流入河川の水質浄化意識の高揚を図ってまいりたい。

1) はじめに

霞ヶ浦問題協議会は昭和 48 年夏におけるアオコの大発生や養殖コイの大量へい死を契機として、流域市町村長の呼び掛けにより同年 9 月に発足した団体である。その後、加入市町村の増加や市町村合併を経て、現在 21 市町村長を構成メンバーとしている。

また、構成市町村では家庭排水浄化推進協議会を組織し、その会員が地域のリーダーとなって、粉石けん運動、霞ヶ浦・北浦地域清掃大作戦、廃油回収、浄化キャンペーン、流入河川水質調査など住民主体の霞ヶ浦浄化運動を展開している。

今回発表テーマとした「霞ヶ浦流入河川水質調査」は平成 13 年度から行っている霞ヶ浦問題協議会の主要事業の 1 つである。

霞ヶ浦には 56 本の河川が流入しているが、その水質改善は霞ヶ浦の水質と同様に流域住民にとって大きな課題となっている。本事業は汚濁が進んでいると思われる河川(河口部は全 56 か所)を対象として、「霞ヶ浦に流入する河川において、流域住民の参加による水質調査を実施し、‘河川は私たちのもの’との認識をより一層高

めることにより、流域住民の水質浄化意識の高揚を図る」ことを目的として実施しているものである。

かつて、川は子供たちにとって、魚釣りや夏休みの川遊びを通して身近な存在であったが、水質の汚濁や学校の指導により、現在では子供たちが川と接する機会はほとんどない状況である。これは近隣住民にとっても同様である。川と疎遠になったことが川の水質改善や環境保全の重要性について認識されない大きな要因と考えます。

そこで、流域住民や子供たちが川に足を運び、川と触れ合い、水質調査をとおして水質の状況や周辺環境など、川の現状を認識することで浄化意識の高揚が図れるものと考え、この事業が始まった。

なお、同様の事業として平成 16 年度から全国レベルの取組みとして「身近な水環境の全国一斉調査」が行われている。

2) 方法

サンプリング日時の影響を少なくするため、毎年 10 月最終土曜日を基準日としている。実施に際しては構成 21 市町村が住民や学校に呼びかけ参加者を募集し、環

境担当職員が指導者となって実施している。

調査方法は川の様子(水の色, 臭い, 川底・護岸・周囲の動植物)を観察し, 所定の記録用紙に記入する。採水は生活排水の影響が表れやすい, 午前中に行うことを原則としている。

その後, サンプルを学校・市役所等公共施設に持ち帰り, 簡易検査(パケットテスト)により水質調査を行う。

調査項目は以下の理由によりCOD, pH, アンモニア態窒素, リン酸態リン, 透視度としている。

COD: 有機物汚濁の代表的指標であり, 簡易測定でも比較的高精度の測定が可能であること。

アンモニア態窒素: 生活排水に多く含まれ, 生活排水による汚濁について評価可能であること。

リン酸態リン: 生活排水や農業排水に含まれ, 簡易測定が可能なこと。

3) 結果

これらの調査結果については本協議会が21市町村分の記録を集計し, 専門機関に委託し, 報告書として取りまとめている。平成28年度実績としては全56河川, 285地点について測定し, 参加者数は270人と多くの方にご参加いただいている。項目別の濃度分布は図1~3のとおりであり, 低濃度帯の占める割合が年々増加し, 水質の改善傾向が認められる。

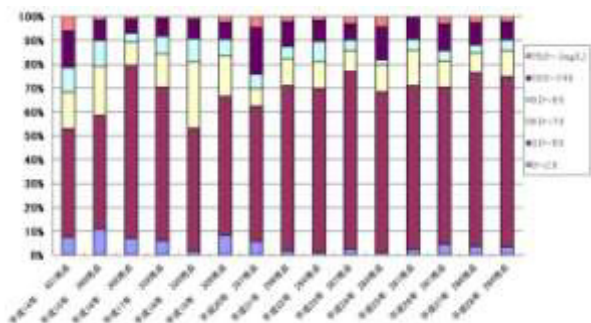


図1 全調査地点のCOD値の割合

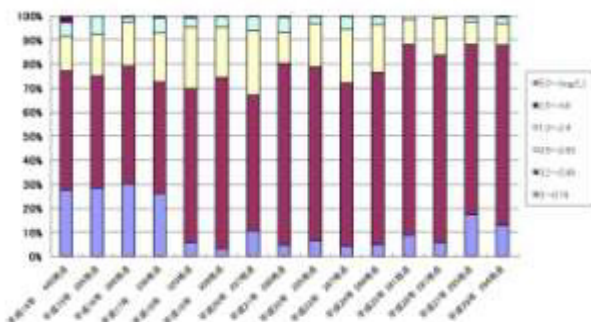


図2 全調査地点のNH₄-N 値の割合

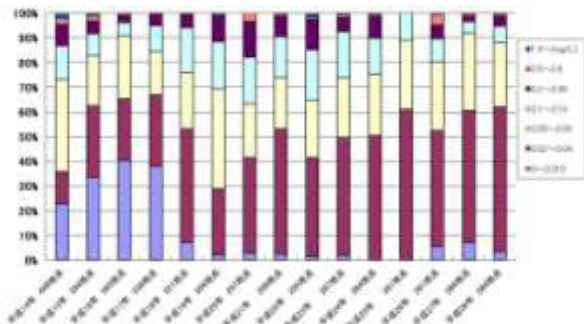


図3 全調査地点のPO₄-P値の割合

なお, アンモニア態窒素とリン酸態リンについて平成17年度と平成18年度でパターンが異なるが, これはメーカーの都合で濃度読取用カラーチャートの区分が変更となったことによるものです。

本事業は簡易測定による年1回の測定であり, その河川の水質を代表するものではないが, 流域全体でほぼ同時期に, かつ同様の方法で測定し, 上下流の変化, 他河川との比較, 経年変化を見ることは有効であると考えている。

調査結果については報告書として取りまとめ, 関係者に配布するほか, 平成28年度は測定地点や測定項目ごとの検査結果を濃度分布ごとに色別の円で表し, 地図にプロットしたマップ様の概要版を作成し, 関係者・参加者等に配布した。(図4~6)

また, 平成28年度は茨城県霞ヶ浦環境科学センターの協力により, 公定法による全窒素, 全リンの測定を行い, 簡易検査との相関を検討した。

4) 考察

本調査は簡易測定であり, 数値での評価は困難であるが, 経年変化をみると各項目とも低濃度帯の占める割合が年々増加しており, 水質の改善傾向が認められる。相対的に北浦エリア, 新利根川流域の汚濁が顕著であり, 早急な対策が必要である。

しかし, 霞ヶ浦の環境基準と比較すると依然として高濃度であり, 一層の改善対策が求められる状況にある。

今回の調査結果を概要版の色別のマップから推察すると, 流入河川の汚濁の要因は依然として生活排水及び農業・畜産排水によるものと考えられる。

前述のとおり, 下水道, 農業集落排水施設の整備により, 総体的には若干の改善傾向は見られるものの, 下水道等未整備地区やその接続率が低いと思われる地域では水質汚濁が顕著であった。



図4 CODの濃度分布



図5 アンモニア態窒素の濃度分布



図6 リン酸態リンの濃度分布

また、簡易測定と公定法による窒素、リンの測定結果を比較したが、特に窒素は測定結果のオーダーが異なっているなど、両項目とも明確な相関は認められなかった。

また、公定法による全窒素、全リンの調査結果においても簡易測定と同様に生活排水処理率の低い地域での汚濁が認められた。

5) 結論

本調査は地元市町村職員の指導のもと、流域住民と子供たちが主体となって行っている事業である。図7のとおり一時期より減少したものの参加者は300名前後、調査ポイントは280地点を維持している。



図7 参加者及びポイント数

一部市町村では小学校の授業とタイアップして、小学生や教師が実際に川に行き、本調査をとおして、普段意識することの少ない地元の自然や川をあらためて認識する機会となっている。また、家に帰って学校での様子を保護者と会話することで、昔の川の様子を学んだり、保護者も川について再認識する機会ともなっている。さらに本調査には各市町村の家庭排水浄化推進協議会メンバーも参加しているが、メンバーであっても普段の生活では川を見る機会は少ないと思われ、この調査が今後の活動の意識づけとなっている。

事業の目的とする「流域住民の水質浄化意識の高揚」を図るには一人でも多くの方に参加していただくことが重要である。私たちが毎日飲んでいる「命の水」を守るため、概要版の活用等あらゆる機会をとおして、これまでの調査結果等を広く周知し、参加者の増に努め、今後とも継続して実施することが肝要と考えている。

また、調査結果から総体的には水質の改善傾向が認められますが、考察に記したとおり、下水道や農業集落排水施設の未整備地区における生活排水による汚濁が大きな要因と考えられることから、接続促進や高度処理浄化槽の普及及び適正な維持管理についてもPRしてまいりたい。

霞ヶ浦・北浦地域清掃大作戦について

宮本 清¹, 伊藤 良子¹, 中川 清¹¹霞ヶ浦問題協議会

キーワード: 市民参加, 意識啓発

抄録

「霞ヶ浦・北浦地域清掃大作戦」は霞ヶ浦問題協議会発足当初から行っている主要事業の1つで、春・夏の年2回実施しており、本年3月に第89回を迎えた。本事業への参加人数は毎年10万人を上回り、流域人口96万人の1割を超え、一時期程ではないものの近年増加傾向にある。一方、ゴミ回収量については10年前の約半分となっている。

参加者が常に流域人口の1割を超えており、本事業が住民に深く認識され、住民の霞ヶ浦の環境保全に対する意識向上が伺えるが、未だ十分とは言い難い状況である。今後も、この取組みを継続して実施し、霞ヶ浦や河川の環境保全に努めてまいりたい。

また、本事業をとおして子供たちや住民が湖岸・河川敷に足を運び、周辺環境や水質の現状を自らの目で感じることで、私たちの「命の水」の源である霞ヶ浦や河川の水質浄化の必要性やそれらが私たちにとって大切なものであることを再認識してもらえるよう努めてまいりたい。

1) はじめに

霞ヶ浦問題協議会は昭和48年夏におけるアオコの大発生や養殖コイの大量へい死を契機として、流域市町村長の呼び掛けにより同年9月に発足した団体である。その後、加入市町村の増加や市町村合併を経て、現在21市町村長を構成メンバーとしている。

構成市町村ではそれぞれ家庭排水浄化推進協議会が組織されており、その会員が地域のリーダーとなって生活排水対策を主とする様々な霞ヶ浦水質浄化運動を展開している。

今回発表テーマとした「霞ヶ浦・北浦地域清掃大作戦」は霞ヶ浦問題協議会の発足当初から行っている主要事業の1つで、春・夏の年2回実施しており、本年3月に第89回を迎えた。

特に春期分については毎年3月第1日曜日を「霞ヶ浦清掃の日」と定め、流域21市町村が一斉に実施しているもので、毎年多くの住民や企業・団体の方に参加いただき、大きな成果を上げている。今回は世界湖沼会議開催の年に当たることから記念大会とした。

2) 方法

本事業は昭和48年度から継続して実施しているため、

地元住民にとっても年中行事として捉えていただいている状況となっている。また、企業・団体にとっても同様に多くの企業・団体に毎年参加いただいている。

夏期分については市町村ごとに独自の方法で実施しているが、春期分については霞ヶ浦流域の21市町村が一斉に実施していることが特徴である。これほど広範囲かつ、一斉に清掃している事例は稀であると思われる。

実施方法は以下のとおりである。

①開催案内, 参加要請

本事業の案内については、流域住民には市町村が窓口となり、各戸1人の参加を原則として市町村HPや広報紙によって周知・要請している。

毎年参加いただいている企業・団体に対しては本協議会から要請文を送付している。

②開会式

協議会の構成21市町村を4ブロックに分け、持回りで拠点となる市町村を設定し、拠点会場において開会式を行っている。

開会式は本協議会や地元市町村、大好きいばらき県民会議、茨城県企業公社が主催し、国・県等関係機関の出席をいただき、地元住民や企業等約500~600人の

参加により実施している。また、開会式ではIBS(ラジオ：茨城放送)に依頼し、インタビュー放送をとおして、広く霞ヶ浦浄化を訴えている。



開会式の様子

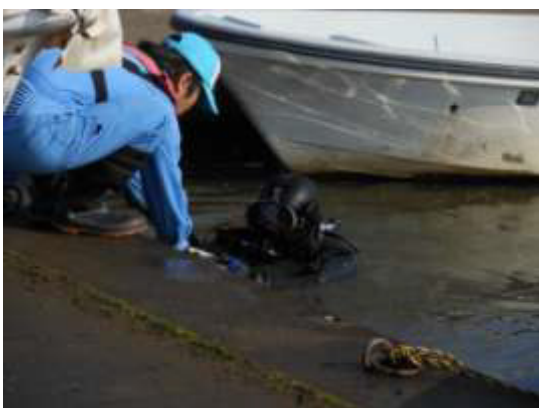
上:H30.3.4 拠点会場の鹿嶋市津賀城址公園

下:会長あいさつ

③清掃活動

拠点地区では開会式の後、市町村職員の先導により、参加者全員が湖岸等に移動し、清掃作業を行う。作業時間は約1時間としている。

また、全国で水中クリーンアップ活動を行っている団体の協力により、地元漁業協同組合の承諾を得たうえで、プロのダイバーによる湖内の清掃も実施している。



作業終了後、開会式会場において参加企業に提供頂いた飲物等を受取り、解散となる。



上, 下:清掃活動の様子

拠点地区以外では地元市町村や地区長の呼び掛けにより、住民や市町村職員が中心となって清掃活動を行っている。一部市町村では地元企業の参加を得ている。

ゴミの処分は地元市町村にお願いしており、回収量は市町村ごとに計測し、本協議会で集計・報告している。

なお、春期分については(一社)関東地域づくり協会の支援を頂いている。

3) 結果

最近の参加者数、ゴミ回収量は表1のとおりである。

表1 参加者数及びゴミ回収量



表に示すとおり毎年大勢の参加により、大きな成果となっている。参加人数では夏期は増加傾向にあるものの、春期については約8~10万人となっている。合計の参加者は10万人を上回り、流域人口96万人の1割を超えており、一時期ほどではないものの近年は増加傾向にある。ゴミ回収量については10年前の約半分となっているが、湖岸、河川がきれいになったとは言い難い状況である。

4) 考察

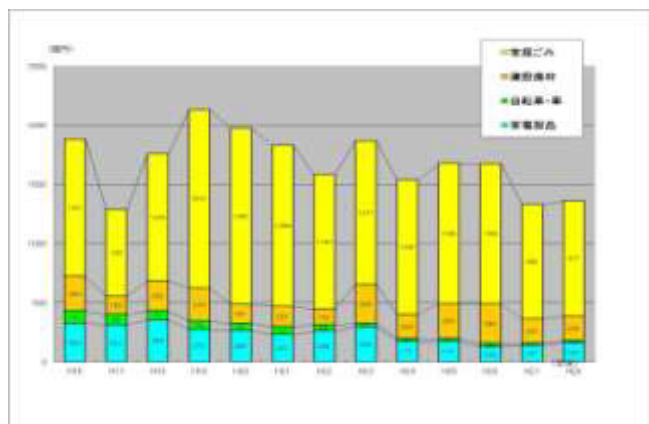
霞ヶ浦のゴミ問題は流域市町村において様々な対策がなされており、本事業のほかにも市町村独自の清掃や各種団体による清掃活動も活発に行われており、回収量減少に繋がっているものと思われる。

本事業は表1に示したとおり、毎年多くの方に参加いただいております。本事業が住民に深く認識され、そして住民の霞ヶ浦の環境保全に対する意識が向上していることや本事業自体が年中行事として根付いていることが伺える。また、ゴミ回収量は一時期に比べ減少しているものの、相当量に上り、まだまだ十分といえる状況にはない。継続した実施が必要と考える。

また、国土交通省霞ヶ浦河川事務所では湖岸巡視の際に確認したゴミの不法投棄の状況を表2のとおり^[1]「霞ヶ浦ゴミマップ」として公表しているが、不法投棄件数は減少傾向にあるものの、ゴミの量は依然として高止まりで、湖岸のいたるところに不法投棄がなされている。一人ひとりの意識改革が必要と考える。

また、近年はCSR運動の一環として企業から参加要望が多い状況にある。このような状況を有効に活用し、流域に住む全ての人たちの触れあいの場としても本事業を活用してまいりたい。

表2 湖岸不法投棄ゴミの推移



5) 結論

考察に述べたとおり、本事業におけるゴミ回収量は減少しているが、湖岸・河川敷がきれいになったと言えるものではなく、場所によっては拾った次の日にはゴミが捨てられている。本協議会会長が言っているように、「何事も地道に粘り強く」実施していくことが肝要と考えます。

近年、霞ヶ浦湖岸等において、様々な主体、手法により清掃活動が活発に行われているが、本事業は霞ヶ浦流域の10万人が一斉に清掃活動を行うという霞ヶ浦環境保全事業を代表するものであることから、今後とも皆様方の協力の下、継続して実施してまいりたい。さらに一人でも多くの方に参加頂けるよう努めてまいりたい。

霞ヶ浦や河川の水質浄化は研究者や行政のみで出来るものではありません。そこに住んでいる住民の協力が不可欠である。

かつて、霞ヶ浦や河川は子供たちにとっては魚釣りや夏休みの遊び場であり、近隣住民にとっても生活の一部であった。しかし、近年、霞ヶ浦や河川を見たり、触れたりするのは漁業者や釣り愛好家、マリンスポーツ愛好家のみであり、子供たちや近隣の住民でさえ、霞ヶ浦等に接する機会は少なく、霞ヶ浦等の環境や水質の状態を自分の目で実感することは少なくなっている。

霞ヶ浦や河川は子供たちや近隣住民の意識から遠い存在となっている。疎遠であることが環境保全や水質浄化について考える機会を喪失させ、無関心な人が多くなっている原因の一つと考えます。

よって、本協議会としては本事業を始めとして、あらゆる機会を捉えて捉え、子供たちや近隣住民が湖岸や河川敷に足を運び、周辺環境や水質の状態を実感として感じることで、私たちの「命の水」の源である霞ヶ浦や河川の環境保全や水質浄化の必要性やそれらが私たちにとって非常に大切なものであること再認識してもらえよう努めてまいりたい。

引用文献

[1] 国土交通省霞ヶ浦河川事務所平成28年度「霞ヶ浦ゴミマップ」

恋瀬川探検隊事業について

亀井比志子¹, 吉野 寛美¹, 飯塚 敏夫¹, 田上 和喜¹, 古谷 勝子¹, 小松崎義雄¹
矢部 利夫¹, 長谷川忠徳¹, 真家 功¹, 秋永 吉隆¹, 荻沼 宏樹¹, 廣原 正則¹

¹恋瀬川探検隊連絡会議

キーワード：市民参加，意識啓発，環境教育

抄録

恋瀬川探検隊は恋瀬川の上流から下流まですべての住民が相互に連携して，恋瀬川や霞ヶ浦の水質浄化に取り組む気運の醸成を図ることを目的とし，石岡市，かすみがうら市，小美玉市及び3市内の環境団体，関係行政機関を構成メンバーとして平成15年に設立された。

設立以降これまでの15年間に54回の事業を開催し，地元の子供たちを中心に多くの方に参加いただき活発な活動を展開している。

事業内容は地域特性に合わせて，様々な観点から郷土の自然や歴史が学べるよう山関連・水関連・歴史関連と多様な内容としており，霞ヶ浦浄化や環境保全の重要性，地元の歴史を認識する契機となっている。今後とも事業内容を十分に精査し，より多くの参加が得られるよう努めてまいりたい。

また，霞ヶ浦流域では恋瀬川探検隊同様の5つの探検隊があり，独特の事業も行われていることから，探検隊相互の交流等新たな事業展開についても検討し事業の活性化に努めてまいりたい。

1.はじめに

霞ヶ浦は広くて浅いという特性に加え，流入河川が56本と多数あるにもかかわらず，出口は1本であることから，元来，汚濁しやすい湖であり，かつて，アオコが大発生するなど水質汚濁が問題となっており，行政ばかりでなく，市民団体や環境団体等により様々な水質浄化活動が行われてきた。

その活動の一環として，流入河川や霞ヶ浦の水質浄化，環境保全を目的として，霞ヶ浦に流入する代表的な河川ごとに5つの探検隊組織が組織されており，本題の恋瀬川探検隊もその1つとして平成15年に発足した。

恋瀬川探検隊連絡会議の構成メンバーは恋瀬川流域の石岡市，かすみがうら市，小美玉市及び3市内の環境団体，関係行政機関とし，その目的は恋瀬川流域や霞ヶ浦の水辺，動植物，風土，文化と直接触れ合うことを通じて，流域の子供たちや住民の水環境への関心を高め，上流から下流に至るまで相互に連携して，恋瀬川流域や霞ヶ浦の水質浄化に取り組む気運の醸成を図ることとしてい

る。

設立以降これまで15年間に計54回の事業を開催し，地元の子供たちを中心に多くの方に参加いただいている。さらに，事業実施に際しては関連団体のご協力を頂いている。

なお，開会式では環境保全の観点から以下の合言葉を全員で唱和している。

「持ち帰っていいものは思い出だけ，残していいものは足跡だけ，とっていいものは写真だけ」

また，子供たちが主役の事業であることから，合言葉に続いて「3つのし まむし，うるし，けむしに気を付けよう」を復唱し，安全第一をモットーとして事業を行っている。

2. 方法

恋瀬川は石岡市北部の吾国山を源流とし，霞ヶ浦に流入する延長27.85kmの1級河川で，常陸国風土記にも登場する歴史ある河川で，森林環境，水環境ばかりでなく歴史・文化にも触れることのできる絶好の自然学習フィールドである。恋瀬川

探検隊は恋瀬川の上流から下流までの流域全体を活動エリアとしている。

恋瀬川探検隊の活動状況としては、現在、3市合同での全体事業を年1回、市ごとの地域事業を各年1回の年4回の事業を実施している。

全体事業については3市持ち回りで担当市を決め、上流部では山関連事業として森林環境や水源の状況、下流部では水関連事業として河口部の自然観察、魚とり、投網体験など地域に即した事業内容としている。併せて歴史関連事業も取り入れている。

更に、3市の協力により恋瀬川の上・中・下流部の河川水を用意し、パックテストを用いた水質検査を行っている。その際、講師の先生から上流から下流に至る汚れの変化やその原因、汚さない工夫について学んでいる。



間伐体験の様子



川に入って魚とり



水質調査で透視度測定

地域事業については3市の特性に合わせた事業内容としているが、自分の地域に関するばかりでなく、上流（水源）の様子や下流部に及ぼす影響、霞ヶ浦の様子等流域全体にわたる知識が得られるよう工夫している。

実施までの流れとしては、年度当初に恋瀬川探検隊連絡会議において事業計画を定め、各市の広報紙や学校への参加要請を行い、参加者を募集している。

3. 結果

これまでの15年間に54回の事業を開催し、地元の子供たちを中心に多くの方に参加いただいている。

具体的な事業内容は表1のとおりであり、地域特性に合わせて多様な内容となっており、様々な観点から幅広い体験を通して、郷土の自然環境・歴史について学んでいる。

表1 恋瀬川探検隊事業一覧

山関連事業	植物観察，間伐体験
	枝打ち見学，木工体験
水関連事業	湖岸・ハス田見学，水質調査
	野鳥観察，植物観察，魚とり 霞ヶ浦湖上体験，投網体験
歴史関連事業	古墳・遺跡見学
	郷土資料館見学

また、事業実施に際しては森林組合やレンコン農家等の関連団体のご協力をお願いしているほか、地元婦人団体からカレー、トン汁、スイカなどのおもてなし協力を頂き、楽しみを加味した事業としている。

年度ごとの参加人数は図1のとおりであり、事業内容により募集人数が異なり、全体的な傾向はつかめないが、合計で54回の開催で述べ3550人、1回平均65人の参加となっており、全体事業に限っては概ね100人以上の参加となっている。

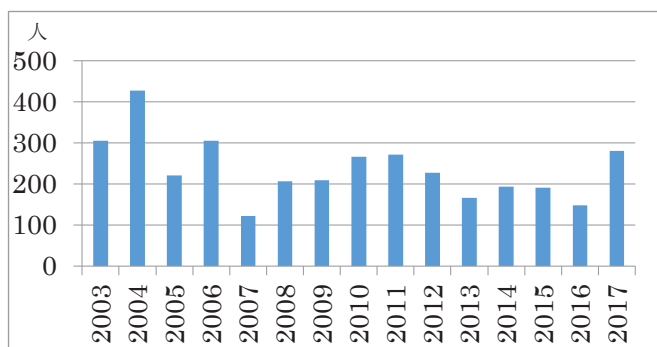


図1 参加人数経年グラフ

4. 考察

毎年多くの子供たちが参加し、活発な事業展開が図られている。山から川そして霞ヶ浦へ流れる水の動きを中心として、上流・中流・下流の子供たちが互いに他エリアの自然環境や水質状況について学び、環境保全や水質浄化の重要性を認識する契機となっているものと思われる。

歴史・文化に関する事業においては郷土の歴史・文化に興味を持つ契機となっているものと思われる。

参加状況を見ると研修や見学のみの事業より、子供たちが実際に体を動かす「体験型」の事業が人気となっていることが伺える。今の子供たちも自分の体を動かしての自然体験が大好きなのである。そして、その体験を通して、多くのことを身に付けて欲しいと思っている。

間伐、木工、水遊び、魚とり等を行っている子供たちは生き生きとしており、常に予定時間をオーバーしている状況である。今後とも体験型の事

業を積極的に取り入れ、より多くの参加が得られるよう事業の活性化に努めてまいりたい。

5. 結論

茨城県の調査によれば霞ヶ浦の汚濁負荷原因として、依然として生活排水の占める割合が大きい。COD、T-Nについては約20%パーセント、T-Pについては約50パーセントが生活排水によるものとなっており、生活排水対策が霞ヶ浦浄化の重要課題となっている。

霞ヶ浦は流域市町村の水道水源となっているばかりでなく、農業・工業用水など様々な水源として利用されており、茨城県では水質保全計画を策定するなど長年にわたり浄化対策を進めている。

しかし、霞ヶ浦の水質浄化、特に生活排水対策は行政のみで達成できるものではなく、そこに住んでいる住民の協力が不可欠である。

そして、それは一部地域の活動だけで達成できるものではなく、流域全体が一体となって取り組まなければならないものである。

その意味からも一つの河川に注目し、上流から下流までの全ての住民・子供を対象とし、水質問題を流域全体の問題として捉え、自分の取るべき対策を考えることができる本事業は極めて有意義なものであると考える。

さらに、霞ヶ浦流域では恋瀬川探検隊と同様に桜川探検隊、巴川探検隊等5つの探検隊があり、独特の事業も行われていることから、探検隊相互の交流等新たな事業展開についても検討し、設立の目的である上・下流が連携した水質浄化気運の醸成に努めてまいりたい。

また、霞ヶ浦は各種水源としての利活用ばかりでなく、漁業やマリンスポーツの場等幅広い分野において多くの恵みをもたらしてくれる我々茨城県の貴重な財産である。

今回の世界湖沼会議のテーマである「持続可能な生態系サービスを目指して」を達成させるため、恋瀬川探検隊連絡会議としても一層の事業の活性化を図ってまいりたい。

題名：園部川における生物多様性保全活動

加藤 章一, 羽生 勇, 斎藤 祐依
横浜ゴム(株)茨城工場

キーワード：生物多様性, 霞ヶ浦, 水生生物, 特定外来種

抄録

横浜ゴム(株)茨城工場では、工場で使用した水を浄化した上で工場近隣を流れる園部川に排出している。園部川は霞ヶ浦へと流入する河川の一つであるとともに地域の農家にとっての重要な水源となっている。

そこで私たちは工場排水が園部川にどのように影響しているのかを定量的に分析するために 2013 年から生物多様性保全活動を開始した。活動では園部川の水質調査、水生生物調査、鳥類調査、植生調査を行いデータを取得している。水質調査のデータからは工場排水の水質が常に園部川の水質より優れていること、水生生物調査からはモロコが一番多く生育していること、鳥類調査からはヒヨドリが多く生息していること、植生調査からはカナムグラが多く生育する環境であることが判明している。今後も継続的に調査を実施しデータを蓄積していく。

1. はじめに

横浜ゴム(株)茨城工場では、工場で使用した水を浄化した上で工場近隣を流れる園部川に排出している。園部川は霞ヶ浦へと流入する河川の一つであるとともに地域の農家にとっての重要な水源となっている。

そこで私たちは工場排水が園部川にどのように影響しているのかを定量的に分析するために 2013 年から生物多様性保全活動を開始した。

2. 方法

生物多様性保全活動は年に3回、5月、7月、10月に実施している。活動内容は水質調査、水生生物調査、園部川流域の鳥類調査、植生調査、工場敷地内の鳥類調査を工場内有志の参加メンバーで行っている。

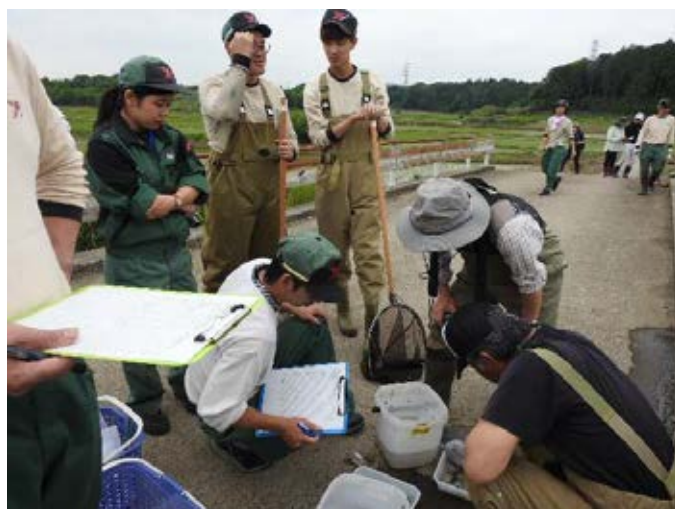


図1 活動の様子

3. 園部川の水質

水質調査は、①透明度 ②伝導率を測定して行っている。それぞれのデータを園部川本流と支流で測定・記録している。今までのデータを図1に示す。

測定データはまだ少なく水量や天候の影響を受け明確な傾向を読み取るまでには至っていないが、弊社から放流している水は概ね $150 \mu/cm$ 前後、園部川本流では $200 \sim 250 \mu/cm$ 、園部川支流では $200 \sim 300 \mu/cm$ であり弊社より放流している水は常に園部川より電気伝導度が低く高い水質の水であることと、園部川の電気伝導度が上昇傾向であることがデータからは読み取れる。今後

もデータ取得を継続して水質をウォッチングしていく。

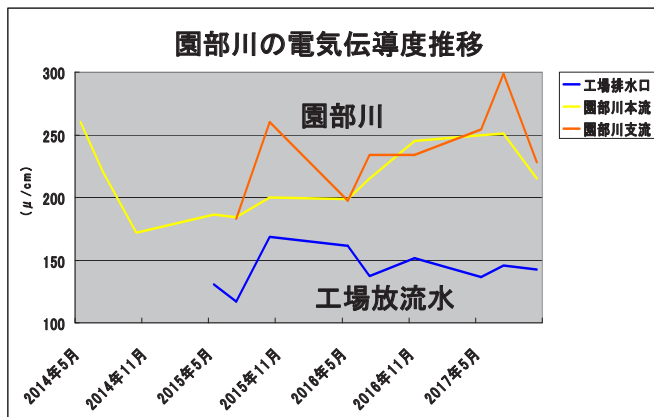


図2 園部川の電気伝導度推移

4. 園部川の水生物

水生生物の調査は小美玉生物の会の皆様にご指導をいただきながらメンバーが網を持ち水中で捕らえた水生生物の種類と量を調査してデータを記録して行っている。

2014年から2017年の4年間のデータから園部川本流で一番見られる水生生物はモロコであった。続いてハグロトンボのヤゴ、カワムツ、モツゴ、メダカの順が多い。合計33種類の多様な水生生物が見られた。表1に園部川本流で見られる水生生物トップ10を示す。

表1 園部川本流で見られる生物 トップ10

No	種名	2014～2017年合計
1	モロコ	45
2	ハグロトンボ(ヤゴ)	32
3	カワムツ	25
4	モツゴ	22
5	メダカ	15
6	スジエビ	14
7	アメリカザリガニ	12
8	ドジョウ	11
9	ヌマチチブ	8
10	クロダハゼ類(トウヨシノボリ)	8

なお、アメリカザリガニやタイワンシジミ等の外来生物は在来種保護のため捕獲後に再び川に戻さずに処分している。

5. 園部川流域の鳥類

鳥類の観測は日本野鳥の会茨城県の皆様にご指導をいただきながらメンバーが双眼鏡を持ち行い、見つけた鳥の種類と数を記録している。2014年から2017年の4年間のデータから園部川流域で一番見られる鳥

はヒヨドリであった。特に2017年の10月にはヒヨドリの200羽もの大群が観測されたことが大きく影響している。これは渡り鳥の移動時期であることと小雨が降っており、オオタカやハヤブサ等大型の鳥が飛んでいない安全な日であったことが要因として考えられる。続いてムクドリ、スズメ、ハシボソガラス、ツバメの順で多く合計42種類の多様な鳥が観測されている。表2に園部川流域で見られる鳥のトップ10を示す。

表2 園部川流域で見られる鳥 トップ10

No	種名	2014～2017年合計
1	ヒヨドリ	256
2	ムクドリ	78
3	スズメ	77
4	ハシボソガラス	72
5	ツバメ	50
6	カルガモ	42
7	ハシブトガラス	35
8	ハト(レース用)	30
9	ヒバリ	27
10	カケス	26

6. 園部川流域の植生

園部川流域周辺の植物の生育の調査は小美玉生物の会の皆様にご指導をいただきながら行い、植物の種類とそれぞれの占有率を測定しデータ記録を行っている。

2014年から2017年までのデータから年間を通じて占有率が高い植物はカナムグラでトータルで22.1%の占有率であった。ただしデータには季節による変動があり5月の測定結果ではスギナ(ツクシ)がトップの占有率となる。冬季は自治体で流域の雑草類の刈り取りを行っており、スギナ等春に生育する植物と以降の夏にかけて活発に生育していく植物との差がデータに現れている。

また活動の一環でセイタカアワダチソウの抜根を行っている。2015年5月より2017年5月までの3年間でトータル2792本の抜根を行った。その結果抜根を実施した場所ではセイタカアワダチソウの生育が見られなくなった。今後も抜根の範囲を広げたいと考えている。



図3 セイタカアワダチソウ抜根の様子



図4 セイタカアワダチソウ抜根後の様子

表3 園部川流域で見られる植物 トップ10

順位	種名	2014年～ 2017年 占有率(%)
1	カナムグラ	22.1%
2	クサヨシ	9.3%
3	スギナ(ツクシ)	6.9%
4	イヌビユ	5.7%
5	オランダミミナグサ	4.3%
6	メヒシバ	4.3%
7	イヌムギ	4.2%
8	ツユクサ	4.0%
9	ネズミムギ	3.9%
10	ヨモギ	3.9%

7. 地域住民へのPR活動

この生物多様性活動の調査結果は年に1回、毎年4月に地域住民の皆様、区長様、水利組合様、小美玉市の環境課、ご指導いただいている日本野鳥の会や小美玉生物の会の先生方等を招いて報告会で報告している。また参加いただいた方には工場見学もし

ていただいている。今年は4月14日(土)に実施し、20名の方に参加いただいた。地域の皆様からは、工場排水が川の水より高い水質であることを始め、工場の環境活動に対し高い評価を頂いている。



図5 活動報告会で住民の皆さんと記念撮影

8. 今後の課題

以上が弊社茨城工場での生物多様性活動の状況であるが、今後は調査を継続して長期的にそれぞれがどのような傾向を示すかを把握していくことが重要であると考えている。活動を継続していき工場内の活動参加者のレベルアップをはかり社内に「生き物博士」的人材が育成されることを期待している。

横浜ゴム茨城工場は地域あつてこそ事業活動が持続できる存在であり、今後もこの活動を通じ地域に少しでも貢献できればと考え活動を継続していきたい。

引用文献:なし

水を基軸とした認定 NPO 法人宍塚の自然と歴史の会による里山保全活動

及川 ひろみ, 阿部 きよ子, 菊地 敏夫, 佐々木 哲美, 福井 正人, 森本 信生

認定 NPO 法人宍塚の自然と歴史の会

キーワード: 里山, 湿地保全, 溜め池, 水田耕作, 雑木林, 市民参加

抄録

霞ヶ浦の保全は、流域の里山の保全が重要な役割を果たす。土浦市宍塚とそれに隣接する里山は、生物多様性や埋蔵文化財に恵まれた、関東平野で有数の里山である。その魅力に魅せられた近隣住民は宍塚の自然と歴史の会を 1989 年に発足させ、里山の保全活動を 30 年間継続してきた。水を基軸にした活動に絞っても、溜め池、小川、谷津の田や湿原の保全のための様々なとりくみ、水源である雑木林での植生管理などが行われてきた。現時点では地元自治体のこの地域の将来設計は市街地開発と保全の両論併記の形に留まっているが、この地域で展開されている諸活動を活かした策が、行政や地権者、農業従事者、市民による知恵の集結により施されることが望まれる。

1. はじめに 霞ヶ浦流域における里山の役割

里山は、多様な生物の生息・生育環境として、また、食料や木材など自然資源の供給、良好な景観、水源かん養や国土保全、文化の伝承等の役割を果たしている。里山に降った雨は土壌に貯えられ濾過され、きれいな水となって川、湖沼に流れ込む。水資源の循環機能としての森林と土壌の果たす役割は重要である。

特に深山幽谷が少ない霞ヶ浦流域では、面積(2,157 km²)の大部分が市街地と里山であり、41%の面積を占める里山の山林部分が果たす役割は重要で、その保全活動が環境保全、水質保全に欠かせないことを認識しなければならない。

2. 宍塚の里山の状況

茨城県土浦市にある「宍塚の里山」は土浦市宍塚側が 100ha、隣接するつくば側を含めると、約 200ha の里山環境が残され、環境省「生物多様性保全上重要な里地里山(重要里地里山)」に選定され、ほぼ中央に存在する宍塚大池は、約 3.3ha の農業用溜め池で、「ため池百選」(農林水産省)に指定されている。また、国指定の遺跡を含む、旧石器時代から近代までの遺跡が多く存在する。

この地域に魅力を感じた市民が、1989 年に「宍塚の自然と歴史の会」を発足させ、30 年間様々な活動をおこなってきた。本稿では、霞ヶ浦の保全のうえで重要であると考えられる「水」に関連する保全活動の報告をする。

3. 湿地における保全活動

① 溜め池

宍塚大池は三本の谷津を堰きとめて作られた面積 3.3 ha の溜池で、上空から見ると「大」字形をしている。水源は池の周囲の林からの湧水で、流入河川はない。池の周囲は堤防以外、護岸工事が行われていないために、アシ、マコモ、フトイ、ウキヤガラといった抽水植物が生育し、その先の林へと緑が連なり、2016 年の調査で、国、県が絶滅危惧種として扱っている水生植物が 9 種類確認されている。トンボなどの水生昆虫、水鳥なども豊かで、筑波山から霞ヶ浦との位置関係からも、生物の多様性にとって重要な池である。

しかし 1990 年頃から、次々と生物相に影響を与える事態が発生した。野生のハスが大量に繁茂したための開放水面の著しい減少、ブラックバス、ブルーギルといった外来魚の急増、水位低下を契機におこったアメリカザリガニの大量発生とそれによる水生植物の激減、トンボの減少、昨年からのヒシの繁茂などである。会では池の開放水面確保、絶滅危惧種オニバスを保全することを目的に、ハスの葉を人力で刈取る作業を 1990 年から開始し、2013 年までに池の中央 1ha 以上開水面を確保した。また、オニバス、ジュンサイなどを池以外で保全する活動を継続している。また、2006 年には環境省による「いきづく湖沼ふれあいモデル事業」を受託して、池の総合調査を行い、その後外来魚等外来生物の駆除を年間 80 日以上行ったり水質を調査するなど、さまざまな試みを行い、生態系の回復に努めている。

② 小川

昔ながらの土水路である小川があり、備前川、霞ヶ浦へと続いている。数種類の淡水貝、ヨシノボリ、ドジョウな

どの魚、その他のさまざまな生き物が見られる。しかし、川底に落ち葉が溜まると腐敗し、酸欠で貝類などが死亡する。地元の人たちが、大池の水を田に水を引く直前、小川掃除である「ミイザライ」を行っていたことにならない、毎年春先、落ち葉を掻き出している。小川は、子ども達の大切な生き物との触れ合いの場ともなっている。

③ 谷津

宍塚の里山は宍塚大池、森林、谷津、草地、竹林、小川、植林地など多様な環境で成り立っている。中でも谷津は森林としての台地、斜面林、低湿地から成り、重要な環境要素になっている。谷津の先端から絶えず水が湧き出すシミズがあり、サワガニ、トンボ類が生息している。またカヤネズミなど絶滅危惧種が生息している谷津では、草刈りは冬季に行うなどの保全をおこなっている。ヨシやスゲを刈った後はフクロウ、サシバなどの採餌場となっている。

4. 水田における保全活動

① 宍塚米オーナー制 谷津田耕作農家の支援活動

里山の谷津田は生き物の生息域としても重要で、サシバの生息環境を守ろうと始めた宍塚米オーナー制度も20年目を迎えた。宍塚米オーナー制度は経済的に不利な谷津田の耕作を続けるには、里山のもつ公益的な機能の恩恵を受けている都市市民がお金や労力を提供する必要があると考え、農家に谷津田の耕作を続けてもらうために、谷津田の保全に賛同する一般市民がオーナーとなって、経済的な支援をしようという制度である。仕組みはオーナーが1口幾らかの定額を出資して稲作の経費を負担し、その見返りとして収穫された米を受け取るという形態である。1999年の開始当初は取り組みの内容が珍しくもあり、新聞やテレビにも取り上げられ、県内はもちろん全国から応募があり、あっという間に予定した募集数の150口(精米5kg/口)に達した。その後、申込者が増えて取扱量が2トン位までに達したが、2011年福島原発事故の影響で6割程度まで減少した。県内の申込者は増加しているものの県外の減少に追いつかない状況である。ただ、県外からは米は要らないが寄付はするサポート会員が3倍に増えるなど支援は広がっている。オーナーには年3回ほどの「オーナーだより」を送って行事案内や田んぼの近況を報告している。この制度の実行にあたり、精米、米の発送、通信事務その他の作業で大勢の会員がボランティアで参加している。米オー

ナー会員、耕作農家、支援ボランティアの3者の協力で里山の水田は維持されている。

② 地元農家との協働による保全活動

会では地元農家との協働活動として、農地・水・環境保全会(愛称:田んぼさわやか隊)を地元農家と共に立ち上げ、里山内の谷津田および里山周辺の水田地帯での水路の整備、水田畦畔および休耕田の草刈などの活動を行っている。

会の活動の中で、貴重な宍塚の里山を守るために、里山に隣接する水田地帯を保全することは重要であり、また高齢化が進み、後継者が不足している農家にとっても、非農家が作業に加わることで省力化を図ることができる。いわゆる Win-Win の関係を構築することで、地元が会の活動に理解を示す上でも重要な役割を果たしている。

里山内の谷津田はもちろん、里山周辺の水田地帯も水路は土水路が保たれており、生物の生息地として重要である。都市部の水田地帯でこれほどの長さの土水路が残されているところは珍しく、今後も土水路として残すことが環境保全にとって重要である。農家の代表者も「土水路をコンクリートU字溝にすれば、管理は楽になるがU字溝には蓋が付くことになるだろうし、道も広がるため、一般車両が通行するようになる。手間は掛かるが、いまのままの土水路のままが良い。また除草剤は生物だけでなく、人の身体にも良くないから使いたくない」と考えており、土水路の形状を今後も維持するために、この活動を継続することがますます重要になってくる。

最近では草刈や水路の整備に加えて、休耕田を「田んぼさわやか隊」の田んぼとして復田する活動に取り組み、保全にプラスして会員自ら作る楽しみを得られる活動に拡大してきており、活動参加者も増え、これからの発展が期待される。

③ 自然農田んぼ塾 有機農業を通じた保全活動

「宍塚オーナー米」の発足と同時に「田んぼ塾」を開始し、谷津の耕作放棄田を再生し、カエルやトンボ、水生昆虫などの生物を育む場所にする活動を続けてきた。

当初は地元農家の助けを借り、代掻き、畦つくりを行っていた。農薬や化学肥料は使用せず、除草は田車を使用した。谷津田での作業はぬかるみに足を取られ重労働だった。その後、岩澤信夫氏の「冬季湛水不耕起栽培」を経て、川口由一氏の「無施肥 耕さず 虫や草

を敵としない」自然農法に出会い、谷津田に適した農法であるという認識のもと、「自然農田んぼ塾」と改称し、現在に至っている。田の周囲に溝を掘り、田の表面には枯草を敷き、溝によって排水が容易となり、ぬかるみだった所が固くしまり作業が楽になった。また必要に応じて溝に水を入れることで、全面に水を張る必要がなくなり節水型の農法となっている。田に敷いた枯草はやがて分解されて肥料となる。自然界の森林や林の自然のサイクルが田の中で行われている。最近では SRI(稲強化法: System of the Rice Intensification) 乳苗植え付け、間断灌漑)と自然農の組み合わせ、直播栽培に取り組んでいる。メンバーは 20 名弱(コアメンバー5~6 名)で 1,800 m²の田んぼに 9 品種の稲を育てている。

④ 環境教育、食農教育とあわせた谷津田の保全

1995 年から始めた田んぼ塾には子どもたちも参加していたが、自然農田んぼ塾で新たな農法の研究と実践を始めたのに伴い、2012 年から子ども中心の通年制の田んぼの学校を開設した。この「学校」では、機械化以前の標準に近い農法での稲作と、稲作に伴う伝統行事、環境学習(生き物調べなど)にとりくんでいる。小さな 3 枚の田約 220 m²を用い、冬水田んぼ、不耕起、無農薬で生き物の多様性保持に努めている。

毎年、20 前後の家族が参加し、苗代への種まきから脱穀作業、もちつきまで、保護者も子どもと一緒に作業する。毎回、短時間の学習もし、各自日誌をつける。さなぶり(田植え終了を祝う伝統行事の昼食会)、案山子作り、案山子送り(かかしを燃やす昼間のキャンプファイヤーのような行事)、ならせ餅(地元の伝統行事、餅つきをし、ナラの枝にもちを付けて持ち帰る)などの行事は、準備から片づけまで、参加者が分担しながら行っている。親子ともに稲作りの作業に泥んこになって奮闘し、溜池、用水路、田、地下水(ポンプ井戸を使用)という水環境、谷津田をとりまく環境の季節ごとの変化、多様な生き物たちと触れ合う中で、子どもたちは大きな成長を見せており、親子ともに里山の環境への理解が深まっている。

⑤ 高校生の谷津田での活動

2017 年冬より竹園高校の JRC 部(Japan Red Cross: 日本赤十字)が、谷津の耕作放棄地で開墾と米づくり(古代米プロジェクト)を実施している。これは世界湖沼会議に関わる高校生の活動の一環でもある。これは、竹園高校卒業生で里山の活動を世界湖沼会議プレ会議で発表した学生と担当教諭が前任の筑波高校で関わった

「つくばね学」で畑が実習先になった縁がきっかけとなった。竹園高校の学生と教諭は、慣れない作業に戸惑いながら鎌と鍬、レーキで開墾作業を行い里山の保全には人の関わりが欠かせないことを肌で感じ取っている。今後、種まきから田植え、草取り、生育調査を通して稲と自らの成長を重ね合わせていくことが期待されている。

5. 林地における保全活動

かつての里山は薪炭林や肥料など資源の供給に欠かれない場所であったが、近年はエネルギー需要の変化で必要とされず、樹木の伐採や下草刈りなどが成されず荒れるにまかされてきた。多様な恵みや機能に着目した里山を重視して保全活動を行ってきた。

里山保全を実践する里山さわやか隊は雑木林の下草刈り、観察路の草刈り、ハス刈り、ゴミ拾いなど従来行ってきた実践活動を組織化して、1998 年に発足した。月に 2, 3 回のペースで活動し、毎回 10 人前後の参加者がいる。2013 年から林野庁の森林・山村多面的機能発揮対策交付金事業の助成を受け、森林の整備活動が強化された。それに伴い作業の危険度も増してきたことから刈払機、チェーンソーの資格講習を実施するなど参加者の技量のレベルアップも図ってきた。近年、地元の方や来訪者に気持ちよく散策が出来るようになったとの声も聞かれる。また、近年著しいマダケ、孟宗竹の広がりが、土壌の劣化、里山の保水力の低下をもたらすことがわかってきた。竹林の拡大阻止のため、伐採をすすめている。また、地元中学の科学部が当会と協力してこの地で竹の研究をすすめ、竹伐りを継続しておこなっている。

6. 結論

農業と暮らしに欠かせなかった里山の存在価値が、いったん失われたかのように考えられたが、今、また新たにその値打ちが見出され始めている。そのなかで、当会の活動は、楽しみながら保全に貢献するという形で約 30 年間継続し、成果を上げてきた。

しかし、土浦市第 7 次総合計画では、実塚地区の市街地開発と保全の両論併記がなされており、必ずしも保全の方向に向かっている状態ではない。今後、この地域で展開されている諸活動を活かした策が、行政や地権者、農業従事者、市民による知恵の集結により施されることが望まれる。

題名:霞ヶ浦における市民参加型モニタリングと淡水魚保全活動

諸澤崇裕^{1,2}, 萩原富司¹, 熊谷正裕¹

¹土浦の自然を守る会, ²(一財)自然環境研究センター

キーワード:市民参加型モニタリング、淡水魚保全、普及啓発活動、タナゴ類、イシガイ科二枚貝

抄録

土浦の自然を守る会では、タナゴ類を中心とする霞ヶ浦に生息する淡水魚保全を目的として、市民参加型イベント「一日漁師体験」による魚類相モニタリング、霞ヶ浦流域におけるタナゴ類およびイシガイ科二枚貝の生息状況調査、ゼニタナゴ等在来タナゴ類の生息域外保全、シンポジウム等による普及啓発活動を実施してきた。魚類相モニタリングでは、2006年以降おおよそ月に1回の頻度でモニタリングを実施し、合計48種が確認され、ダントウボウなどの新たに定着した外来種も確認されている。また、タナゴ類やイシガイ科二枚貝の生息状況調査では、在来タナゴ類は減少しているものの、広域にイシガイ科二枚貝が残っていることが確認された。生息域外保全では、ゼニタナゴの増殖に成功し、利根川流域の他の環境保全団体等へ分譲も実施している。これらの活動の成果についてはシンポジウムや書籍・文献にて普及啓発を実施している。

1. はじめに

霞ヶ浦は、約100種の魚類が生息しており、東日本の中で最も種多様性が高い地域のひとつである。内水面漁業においても、ニホンウナギ *Anguilla japonica* やワカサギ *Hypomesus nipponensis* などが漁獲され、衰退しつつあるものの内水面漁業が維持され続けている地域であり、生物多様性、生態系サービスの観点から日本国内における重要な淡水域のひとつである。このことから、多くの研究の場となっているほか、国立環境研究所によりプランクトンや魚類等のモニタリングも実施されている。しかしながら、魚類については、流域が広域であることもあり、湖内については情報があるものの、流入河川、農業水路等も含めると調査、モニタリングは少ない状況である[1]、[2]。

霞ヶ浦においては、かつてはレッドリスト記載種であるニホンウナギやタナゴ類などが数多く生息していたものの、近年は、特に在来タナゴ類は減少が著しく、ゼニタナゴ *Acheilognathus typus* は2001年以降記録が無いなど、魚類の生息状況の把握および一部の種については保全の必要性が非常に高くなっている。

一方で、オオクチバス *Micropterus salmoides* やチャネルキャットフィッシュ *Ictalurus punctatus* をはじめとする魚食性外来魚が侵入しているほか[3]、近年は特定外来生物に指定されたばかりのオオタナゴ *Acheilognathus macropterus*[4]やコウライギギ *Tachysurus fulvidraco*[5]など多くの国外外来魚が侵入、定着している。加えて、タモロコ *Gnathopogon elongatus* やゲンゴロウブナ *Carassius cuvieri* など国内外来魚も侵入、定着している

種が多い。さらに、富栄養化など生息環境の悪化も進行している。このため、在来種の保全を目的とした、保全活動やモニタリングが必要不可欠である。

このような状況のため、市民団体である土浦の自然を守る会では、魚類の生息状況を把握し、保全活動に生かすための基礎データの収集および普及啓発を目的として、市民参加型の活動を行ってきた。活動としては、定置網による魚類相のモニタリング、タナゴ類・イシガイ科二枚貝の生息状況調査、ゼニタナゴ等在来タナゴ類の生息域外保全、シンポジウムや書籍・文献(例えば[6])による保全のための普及啓発活動などである。本稿では以上の活動について概要を報告する。

2. 方法

魚類相把握を目的としたモニタリングは、江戸崎市の小野川河口において市民参加型のイベント「一日漁師体験」として実施した。一日漁師体験は、2006年4月から現在までおおよそ月に1回程度の頻度で実施した。漁師の定置網で採集されたすべての魚類を調査対象とし、使用した定置網は誘導網の長さが約80mで、沖合側の先端部に返しが付いたメッシュサイズ4mmの捕獲用網罟が3つ接続されているものである。定置網の設置時間は約24時間とした。

採集した魚類は、一般市民の参加者により種別に仕分けし、魚種ごとに採捕個体数および重量を測定した。なお、モツゴ *Pseudorasbora parva* やタモロコなど小型かつ、採集個体数が1,000個体を超えるような場合には、一部をサンプリングし、個体数と重量の比率を算出した

のち、全重量に比率をかけることで、全採集個体数を求めた。

タナゴ類やイシガイ科二枚貝の生息状況調査は不定期に実施し、本稿では特に重点的に実施したイシガイ科二枚貝調査について報告する。イシガイ科二枚貝の調査は、湖岸、河川、農業水路を主な対象とし、104 地点で調査を実施した。イシガイ科二枚貝は 1 地点あたり 2～4 名で、約 30 分間手による採集を行った。採集した個体は同定後、種別に殻長の測定し、記録した。

ゼニタナゴおよびアカヒレタビラ *Acheilognathus tabira erythropterus*、タナゴ *Acheilognathus melanogaster* の生息域外保全については、水田跡地を掘削したため池にて増殖、系統保存を実施している。ゼニタナゴは霞ヶ浦で地域個体群が絶滅したと考えられるため、霞ヶ浦産の個体を琵琶湖博物館より分譲を受けた。アカヒレタビラとタナゴについては、霞ヶ浦流域で採集した個体を用い、増殖を試みている。ゼニタナゴについては、2012 年に約 5m 四方のため池を掘削し、ゼニタナゴとドブガイ類 *Sinanodonta* spp.、イシガイ *Unio douglasiae* とともに放流した。また、アカヒレタビラ、タナゴについても 2014 年に新たに約 5m 四方のため池を掘削し、増殖を開始した。

3. 結果

一日漁師体験では、2006 年から 2017 年までに、48 種の魚類が確認された。レッドリスト記載種では、アカヒレタビラやタナゴなどの在来タナゴ類などが少数確認されている。また、国外外来種については、オオクチバスやブルーギル *Lepomis macrochirus* の減少傾向が捉えられているほか、コウライギギやダントウボウ *Megalobrama amblycephala* といった新規外来種も採集された。

11 年間のモニタリングを実施することで、種ごとの増減が確認されていることもモニタリング結果の大きな特徴であった。例えば、2011 年以降それまで少なかったワカサギの採捕数が大きく増えた一方で、2009 年までは多く採捕されていたアユ *Plecoglossus altivelis* が激減し、その後ほぼ採捕されなくなるといったことも確認された。また、国外外来種であるペヘレイ *Odontesthes bonariensis* も 2010 年以降確認されなくなるなど、外来種でもほとんど確認されなくなった種も見られた。

イシガイ科二枚貝の調査では、104 地点を調査の結果、ドブガイ類が 59 地点、イシガイが 54 地点、マツカサガイ *Pronodularia japonensis* が 18 地点、ヨコハマシジラガイ *Inversiunio jokohamensis* が 6 地点、フネドブガイ *Anemina arcaeformis* が 2 地点で確認された。ドブガイ類、

イシガイは、霞ヶ浦周辺の広い範囲で確認され、環境も湖内、河川、農業水路と幅広かった。また、マツカサガイは、確認地点数は少ないものの広域で確認された。一方で、ヨコハマシジラガイは確認される場所が限定的であった。マツカサガイ、ヨコハマシジラガイともに、採集された環境は小河川および農業水路のみであった。

生息域外保全については、2013 年以降ゼニタナゴは順調に増殖し、個体数も増加したため、現在では利根川流域の環境保全団体等へ危険分散のため分譲し、さらなる増殖を進めている。また、アカヒレタビラ、タナゴについては、大きく増加しているわけではないものの池において一定数を維持している。

上記の調査や保全活動の結果を広く普及するため、シンポジウムや文献等により一般に広く公開し、霞ヶ浦の魚類の生息状況を報告してきた。シンポジウムでは、全国タナゴサミットなどのシンポジウムを実施した。また、霞ヶ浦の魚類の図鑑として、[6]を出版したほか、個別の事例については、外来種の確認事例などを論文等として報告してきた(例えば[4])。

4. 考察

市民活動によるモニタリングと生息状況調査のいずれにおいても、専門家の助言により適切な手法を用いることにより、現状を評価可能なデータが収集できることが示された。加えて、市民活動により収集されたデータの一部が、オオタナゴやコウライギギの特定外来種への指定にもつながり、社会貢献へと至った事は大きな成果であると考えられる。

また、生息域外保全についても、活動にかけられる労力が限られており、小規模であるといった課題があるものの、継続的に実施できている状況である。その結果、生息域外におけるゼニタナゴの増殖が進み、周辺の保全団体等との連携が強化されるなど、活動の幅も広がっている。加えて、シンポジウムや書籍・文献等による情報発信により、市民活動の成果が行政施策等へ生かされつつある。

一方で、市民活動での成果を生かした具体的な保全活動は、タナゴ類の生息域外保全が中心であり、地域住民や行政と連携した保全活動や外来種対策につなげるという観点では、十分とはいえない。さらに、いずれの活動においても助成金の獲得のための労力や作業労力が限られていることから、継続的に活動を実施することに苦勞している。また、霞ヶ浦流域は広域であることから、他の市民団体や行政、研究者との連携が必要不可欠で

あるが、広域で活動を展開するには至っていないといった課題もある。

5. 結論

市民活動により、魚類相や年変動の把握およびタナゴ類やイシガイ科二枚貝の生息状況の一端が明らかになった。また、ゼニタナゴ等保全が必要な在来タナゴ類の生息域外保全や普及活動による市民団体、研究者、行政の連携も進みつつある。課題もまだまだ残されているものの、持続可能な市民活動につなげるためにさらなる連携の強化、とくに行政との連携や共同での保全活動等に展開していく必要があると考えられる。その上で、将来的には行政、市民団体、研究者の協働による持続可能な保全活動につなげていきたい。

なお、一日漁師体験は茨城県森林湖沼環境税を活用して行った。

引用文献

- [1] 諸澤崇裕・藤岡正博. 霞ヶ浦における在来4種と外来3種のタナゴ類 (Acheilognathinae) の生息状況. 魚類学雑誌, Vol. 54, pp 129-137, 2007
- [2] 根本隆夫・杉浦仁治・中村 誠. 霞ヶ浦・北浦流入河川における魚類の分布と生息環境. 茨城内水試研報, Vol. 44, pp. 35-44, 2011
- [3] 野内 孝則・荒山 和則・富永 敦. 霞ヶ浦北浦で確認された外来魚の導入経緯. 茨城内水試研報, Vol. 41, pp. 47-54, 2008
- [4] 萩原富司. 霞ヶ浦でオオタナゴが定着. 魚類自然史研究会会報「ボテジャコ」, Vol. 6, pp. 19-22, 2002
- [5] 荒山和則・松崎慎一郎・増子勝男・萩原富司・諸澤崇裕・加納光樹・渡辺勝敏. 霞ヶ浦における外来種コウライギギ (ナマズ目ギギ科) の採集記録と定着のおそれ. 魚類学雑誌, Vol. 59, pp. 141-146, 2012
- [6] 萩原富司・熊谷正裕編. 新・霞ヶ浦の魚たち. 霞ヶ浦市民協会, 土浦, 2007
- [6] 萩原富司. 霞ヶ浦でオオタナゴが定着. 魚類自然史研究会会報「ボテジャコ」, Vol. 6, pp. 19-22, 2002

KP-14

2000 年以降に霞ヶ浦流域で確認された外来魚オオタナゴ(コイ科)、コウライギギ(ギギ科)、ダントウボウ(コイ科)、カダヤシ(カダヤシ科)

萩原富司¹, 諸澤崇裕¹, 鈴木規慈², 池澤広美³, 奥井登美子¹

¹土浦の自然を守る会, ²千葉県生物多様性センター, ³ミュージアムパーク茨城県自然博物館

キーワード: 国外外来魚, 定着, 在来生態系, 早期防止対策

抄録

水産業振興等により, 様々な魚種が自然分布域外に移動された結果, 日本の淡水域には 44 種類の国外外来魚, 50 種類の国内外来魚の定着が確認されている. 霞ヶ浦では 30 種以上の国外外来魚が確認され, 少なくとも 12 種が定着しており, 一部は在来生態系を変化させ経済的に価値のある魚種にまで影響を与えている. 筆者らは 2001 年以降霞ヶ浦流域においてオオタナゴ *Acheilognathus macropterus*, コウライギギ *Pseudobagrus fulvidraco*, ダントウボウ *Megalobrama amblycephala* およびカダヤシ *Gambusia affinis* を確認した. これら 4 種の国外外来魚が確認, 同定された経緯を記述し, 移入経路と対策について考察した. 前 3 者は飼育魚の遺棄あるいは養殖魚の逸出の可能性が考えられた一方, カダヤシは薬剤を使わないかの防除法として, 我が国でも積極的に放流されていたことが侵入の要因であると考えられた. 4 種の国外外来魚については, 行政, 漁業関係者, 自然保護団体等関係者への周知等の啓発, 増殖と拡散の早期防止対策と共に, 継続したモニタリングが必要と考えられる.

1. はじめに

水産業振興, あるいは遊漁目的等により, 様々な魚種が自然分布域外に移動された結果, 日本の淡水域には 44 種類の国外外来魚, 50 種類の国内外来魚の定着が確認されている(中井 2002). 国外外来魚のうち, オオクチバス *Micropterus salmoides*, ブルーギル *Lepomis macrochirus*, チャネルキャットフィッシュ *Ictalurus punctatus*, カダヤシ *Gambusia affinis* などは, 捕食等により在来生物群集へ深刻な影響を及ぼしていることから「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」により特定外来生物に指定されている(環境省 2016a). 霞ヶ浦では 30 種以上の国外外来魚が確認され, 少なくとも 12 種が定着している(萩原・熊谷 2007, 野内ほか 2008). 2000 年前後に急増したチャネルキャットフィッシュは, 霞ヶ浦の在来生態系を変化させ経済的に価値のある魚種にまで影響を与えている(Matsuzaki et al. 2011).

筆者らは 2001 年 12 月に霞ヶ浦の江戸崎入りの漁師 諸岡清志氏の営む定置網に入網した大量のオオタナゴ *Acheilognathus macropterus* を確認した. 2010 年 9 月にはこの定置網にてコウライギギ *Pseudobagrus fulvidraco* を確認した. 2009 年 4 月にはこの定置網にてダントウボウ *Megalobrama amblycephala*, を初めて確認し, その後 2012 年, 2014 年に相次いで入網した. 茨城県における

カダヤシの生息は利根川に沿って確認されているが, 詳細は不明である(環境省 2016a). 筆者らは 2002~2016 年に古河市, 稲敷市, 美浦村, 守谷市でカダヤシを確認した. 本稿では, 2000~2010 年という短期間に, 4 種の国外外来魚が確認, 同定された経緯を既存の研究や文献をもとに記述し, 移入経路と対策について考察する.

2. 方法

オオタナゴ, コウライギギおよびダントウボウは, 小野川河口部で漁業を営む川魚漁師が新古渡橋上流に設置した定置網(set net, 霞ヶ浦では張網)により採集された. 定置網は陸から直角に約 80 m 沖側に延長した垣網に 3 つの袋状の網が接続された構造で, これにより小野川に遡上した魚類と共に, 降下する魚類も誘導される仕組みとなっている. 定置網はほぼ毎日 1 回回収されるため, 魚の誘導時間は 24 時間であった. 入網した魚類の一部を漁師から提供を受け, 試料とした. カダヤシは霞ヶ浦と利根川に接続した幅約 1 m 未満の流れの弱い水路でタモ網により採集した. 試料を自宅に持ち帰り, 生体のまま, あるいは 10 %ホルマリン固定後, 外部形態, 計数・計測形質を観察・測定した.

3. 結果と考察

3.1 オオタナゴ

漁師が見慣れないタナゴ類として 2001 年 9 月から 12 月までに定置網に入網し蓄養していた 64 個体の試料を入手した。観察の結果、得られた標本の背鰭と尻鰭軟条数と、非常に短い口ひげという特徴から、本種をオオタナゴと同定した(萩原 2002)。タナゴ類は生きた二枚貝に産卵する特徴があり、その後本種についての産卵生態の研究が進められた。2006～2008 年の 3 年間にわたり産卵管長、卵巣・精巣重量を計測した結果、産卵期は 4 月中旬～7 月中旬であり、霞ヶ浦に生息する在来タナゴ類であるアカヒレタビラ *Acheilognathus tabira erythropterus*、タナゴ *Acheilognathus melanogaster*、ヤリタナゴ *Tanakia lanceolata* と重複することが示された。また、産卵期には 80 mm 以上の長い産卵管を有することで、産卵利用貝において他種に比べて広い産卵スペースが利用可能ということが明らかとなった(萩原 2011)。タナゴ類においては卵形が種・系統群を反映することがある。そのため、2009～2010 年の産卵時期に 77 個体の親魚から 1506 個の卵を得て、長径(L)、短径(S)から長径・短径比率(L/S)、容積を計算した。本種の卵形は動物極側に偏長した電球状であり、L/S は親魚の体サイズに依存せず固有の値を示したが、卵容積は親魚サイズに依存した。これらから、卵形と L/S は系統を反映している一方、容積は個体レベルで親魚サイズなどその時々環境条件に対して、子孫を最大に残せるように可塑的に適応しているものと考えられた(萩原 2013)。

3.2 コウライギギ

筆者らは 2010 年 9 月定置網に入網した小形のギギ科と思われる個体を、また 2011 年 6 月この付近の余郷入り干拓地の導水路にて釣獲により同種と思われる個体を得た。体長が 32 mm と小形で、ギギ科の特徴である短い髭が上顎に 2 本あることや大きな脂鰭があることなどでナマズ科の魚と区別された。本種について、筆者らの試料も含めて霞ヶ浦で採捕、保管していた計 8 個体について形態学、遺伝学的に調査・研究された結果、コウライギギであることが明らかとなった(荒山ほか 2012)。体の地色がやや黄色く、暗色域が地色をいくつかに分けるような模様がある、尾鰭の上葉と下葉の中央を走る黒色帯がある、胸鰭棘鋸歯が棘前部のほぼ全面にやや外に向いて密生する、という形質および頭部形状や体高などの体型的特徴から、コウライギギと同定された(荒山ほか 2012)。その後、渡良瀬遊水地で得られた標本の DNA は霞ヶ浦で報告されたものと一致し、渡良瀬遊水地で採集されたコウライギギの起源は同一であることが示唆された(新田ほか 2017)。また、渡良瀬遊水地の魚図鑑(関根 2009)に記載されたギギ科の稚魚の写真は体の模様

と尾鰭の上葉と下葉の中央を走る黒色帯が認められ、コウライギギに酷似していた。さらに 2017 年には手賀沼、2018 年には渡良瀬遊水地巴波川(うずまがわ)支流においても本種の稚魚が採取されており(萩原ほか、未発表)、利根川中、下流域に定着していることが明らかとなった。

オオタナゴとコウライギギは、前述のような情報に基づき、2016 年 8 月 15 日に閣議決定された「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律施行令の一部を改正する政令」により、特定外来生物に追加指定され 10 月より、飼養、保管、運搬、放出、輸入等の規制が開始された(環境省 2016b)。

3.3 ダントウボウ

2009 年 4 月、前述の漁師の定置網に大型の強く側偏したコイ科魚類が入網した。体型はゲンゴロウブナ *Carassius cuvieri* に似るが、黒ずんで鱗が細かく小さな背鰭や腹部のキールは、ワタカ *Ischikauia steenackeri* と似た形態を示していた。その後、同種と思われる個体が 2012 年、2014 年と時間をおいて採集され、2016～2017 年に若魚や成魚が相次いで採集された。採集された 7 個体について計数、計測形質を測定した結果、腹鰭を起点とした側線下鱗数が 7～9、標準体長 60.3 mm の標本を除いて標準体長/体高が 2.5 以下、同属他種の脊椎骨数が 42 以下に対して 42～44 と多く、体側の鱗の基部が白く、両端が黒く、これらが重なることで体側の前部から後部にかけて数条の縦縞が形成されている、という特徴からダントウボウと同定された(萩原 2017)。インターネット情報によると 2015 年に古渡橋近傍で、標本の親魚世代と考えられる体長の個体の釣獲記録が掲載されている。また 2017 年には桜川下流および霞ヶ浦流域で、標本と兄弟世代と考えられる体長の個体の釣獲記録が掲載されており

(<https://choka-jiman.com/choka/ibaraki/choka-12751.html>, 参照 17-08-2017)、江戸崎入り奥部古渡橋周辺ではすでに定着している可能性が考えられた。

3.4 カダヤシ

2002 年 1 月 5 日に古河市北山田の大川用排水路、2011 年 6 月 4 日に稲敷市六角の六角導水路、2012 年 5 月 27 日に稲敷郡美浦村大谷の余郷入導水路、2016 年 9 月 10 日に守谷市高野の五反田川において、多数のカダヤシを確認した。外観と大きさが類似するミナミメダカ *Oryzias latipes* の尻鰭は体に沿って長いのに対し、カダヤシは体と接する部分が比較的少なく、オスの尻鰭は変形して交接脚と呼ばれる器官となっている。ミナミメダカ

の尾鰭は直線的であるのに対して、カダヤシでは後縁が丸くなっている。妊娠したカダヤシの雌は腹部に濃紺色の円斑が出現する。頭部背面は、ミナメダカほど扁平ではない。ミナメダカでは眼の上半分が青色を帯びるが、ない点からカダヤシと同定された。

4. まとめ

タナゴ類は美しいオスの婚姻色により、観賞魚として中国、韓国、台湾などから多数の個体が輸入されており、婚姻色の目立たないオオタナゴは、これらに混じって輸入され、投棄された可能性がある(萩原 2002)。また、産卵母貝であるイシガイ科二枚貝類の移動に伴って、貝中に寄生した状態で随伴移入される可能性もあり、オオタナゴの場合は真珠養殖母貝を中国から輸入した際に、持ち込まれたかもしれない(萩原 2002)。コウライギギは国内で稀に観賞魚として流通していることや中国では一般的な養殖魚であることなどから、飼育魚の遺棄あるいは養殖魚の逸出の可能性が考えられる(荒山ほか2012)。ダントウボウは中国では重要な養殖魚であり、我が国における養殖魚研究用として持ち込まれたものや、稀にゲームフィッシュとして持ち込まれたものが逸出した可能性がある(萩原 2017)。カダヤシ(蚊絶やし)は英名 Mosquitofish にあるように、カの幼虫であるボウフラを捕食することから、薬剤を使わないカの防除法として、我が国でも積極的に放流された(いはらき新聞 1989)。県内でも取手市が1989年に徳島市からの300個体を譲り受け、市内の用水路に放流した(いはらき新聞 1989)。オオタナゴ、コウライギギ、ダントウボウは経済のグローバル化に伴って養殖、観賞魚、ゲームフィッシュとして我が国に持ち込まれたものが、逸出した可能性が高いと考えられる一方、カダヤシはカの防除を目的に積極的に我が国に持ち込まれ、放流されたことで、前3者とは移入の経緯が異なっている。カダヤシは、ハブや *Protobothrops flavoviridis* ネズミ駆除のために持ち込まれたフイリマングース(*Herpestes auropunctatus*)の例に似ている。カダヤシもフイリマングースもカやハブに対する駆除効果は不明な一方、我が国の在来生態系に悪影響を与えている(環境省 2016)。地域固有の生態系は歴史上の産物であり、新たな種を人為的に持ち込めば、競争排除や捕食などを通して時に外来種の大増殖を引き起こし、生態系の変化の結果、在来種の生息を圧迫する恐れがある。外来種の積極的な導入には慎重になるべきであろう。

利根川流域には、ギギ科のギバチ *Pseudobagrus tokiensis* をはじめ多くの絶滅が危惧される淡水魚が生息

している。4種の国外外来魚は、近縁種間の競争排除や捕食などの影響も懸念されるため、関係者への侵入、定着状況の周知等の啓発、増殖と拡散の早期防止対策と共に、継続した個体数および分布状況のモニタリングが必要と考えられる。

本調査では、諸岡清志・初江(故人)夫妻、諸岡やすし氏には定置網漁でたいへんお世話になった。熊谷正裕氏、荒井聡氏、松間健一郎氏、中村栄氏、稲葉修氏には調査に協力いただいた。ここに記して感謝する。

引用文献

- 荒山和則・松崎慎一郎・増子勝男・萩原富司・諸澤崇裕・加納光樹・渡辺勝敏(2012) 霞ヶ浦における外来種コウライギギ(ナマズ目ギギ科)の採集記録と定着の恐れ。魚類学雑誌, 59: 141-146.
- 萩原富司(2002) 霞ヶ浦でオオタナゴが定着。魚類自然史研究会会報「ボテジャコ」, 6: 19-22.
- 萩原富司・熊谷正裕編(2007) 新・霞ヶ浦の魚たち。霞ヶ浦市民協会, 土浦。
- 萩原富司(2011) 霞ヶ浦における国外外来種オオタナゴ *Acheilognathus macropterus* の繁殖生態と生活史。魚類学雑誌, 58: 41-48.
- 萩原富司(2013) オオタナゴ *Acheilognathus macropterus* の搾出完熟卵の卵形、容積について。魚類学雑誌, 60: 171-176.
- 萩原富司(2017) 霞ヶ浦で確認された外来魚ダントウボウ(コイ目コイ科)の採集記録。伊豆沼・内沼研究報告, 11: 75-81.
- いはらき新聞(1989) 8月15日, 土浦・県南・県西版。
- 環境省 特定外来生物の解説 環境省ホームページ: <https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/list/L-sa-04.html> (参照 2018-4-6)
- 環境省(2016a) 特定外来生物等の新規指定の検討について。環境省ホームページ: <https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/list/kentou.html> (参照 2016-6-30)。
- 環境省(2016b) 特定外来生物24種類の10月1日からの規制開始について。環境省ホームページ: <https://www.env.go.jp/press/103048.html> (参照 2018-3-22)。
- Matsuzaki S., N. Takamura, K. Arayama, A. Tominaga, J. Iwasaki and I. Washitani (2011) :Potential impacts of non-native channel catfish on commercially important species in a Japanese lake, as inferred from long-term monitoring data. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 21: 348-358.
- 中井克樹(2002.) 日本の外来種リスト(魚類)。日本生態学会(編)。外来種ハンドブック, pp. 303-305。地人書館, 東京。
- 新田理人・石川孝典・長澤和也(2017) 栃木県渡良瀬遊水地におけるコウライギギ *Tachysurus fulvidraco* (ナマズ目ギギ科)の標本に基づく記録。日本生物地理学会報, 71: 259-263.
- 関根和伯(2009) 渡良瀬遊水地の魚図鑑。渡良瀬遊水地アクリメーション振興財団, 東京。
- 野内孝則・荒山和則・富永 敦。(2008) 霞ヶ浦北浦で確認された外来魚の導入経緯。茨城内水試研報, 41: 47-54.
- A. Name: Title of the reference, Name of Journal or Proceedings, Vol. 1, pp. 412-415, 2014.

市民参加による実践型の霞ヶ浦水質浄化啓発事業について

栗野 哲雄¹, 柏村 泰孝¹, 吉田 幸二¹, 市村 和男¹, 伊藤 良子¹, 井上 操¹, 片岡 稔温¹, 滝下 利男¹,
外塚 潔¹, 永井 一郎¹, 中川 弘一郎¹, 羽方 昇¹, 原田 一光¹, 廣原 正則¹, 福島 武彦¹, 堀越 昭¹,
真山 淑枝¹, 水田 和広¹, 三村 陽子¹, 宮本 清¹, 吉田 薫¹, 秋永 吉隆¹, 竹内 聖架¹

¹霞ヶ浦水辺ふれあい事業実行委員会

キーワード: 市民参加, 協働, 意識啓発, コミュニケーション, 水辺ふれあい

抄録

霞ヶ浦の水質汚濁については様々な原因があり, 大きな原因の一つは家庭からの生活排水である。この生活排水対策については, 住民一人ひとりが, 霞ヶ浦の水質浄化を自らの課題として認識することが重要であることから, 霞ヶ浦水辺ふれあい事業実行委員会においては, 1998年(平成10年)からヨシの植栽, 霞ヶ浦に住む動植物の観察, 湖岸清掃活動等の流域住民・市民参加による実践型の浄化啓発事業を実施し, 流域住民の水質浄化に対する意識の高揚を図っている。今後は, 事業の効果について, より具体的な検証方法を検討し, さらなる事業の充実を図るものとする。

1. はじめに

茨城県, 栃木県及び千葉県の一部を流域とする霞ヶ浦は, 湖面積約 220 km²(西浦: 168.22 km², 北浦: 35.04 km², 常陸利根川: 15.33 km²)に及ぶ我が国第2の湖沼であるが, 湖面積が広いうえに水深が浅く, また湖水の交換日数が約 200 日かかることなどから, 元来水質が汚濁しやすい湖である^[1]。

霞ヶ浦の水質汚濁の原因は, 大きく 2 つに分けることができる。ひとつは, 河川などを通じて直接, 有機物質や窒素, リンが霞ヶ浦に流れ込むもので, 汚れの発生源は, 流域内の約 96 万人の生活排水や工場・事業場, 牛・豚などの畜産, 農地, 市街地, 湖内のコイ養殖などのほか, 自然由来の森林からの負荷や湖面への降雨である。もうひとつは, 霞ヶ浦の湖底に堆積している底泥(ドロ)から窒素やリンが湖水に溶け出すものである^[2]。

水質汚濁の大きな原因の一つは家庭からの生活排水であり, 汚れの発生源ごとの汚濁負荷割合のうち生活排水を原因とするものはそれぞれ, COD: 22%, 全窒素: 20%, 全リン: 46%である^[3](図 1)。台所などから何気なく流してしまう排水が霞ヶ浦を汚すことに繋がるため, 洗剤や石鹸の使用量は適量にする, 食用油は使い切る, 食器を洗う前には油汚れを拭き取るなど^[4], 流域住民一人ひとりが汚れをそのまま流さない生活を心がける必要がある。

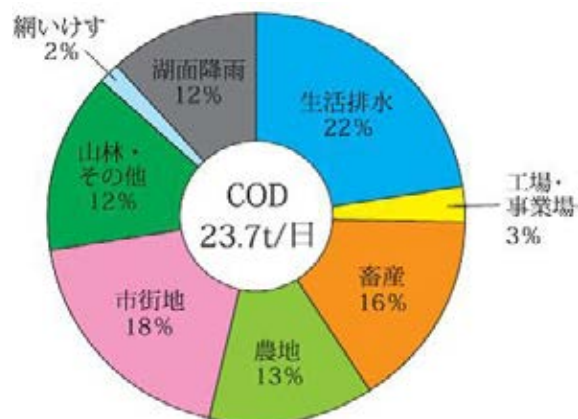


図 1 汚濁負荷(COD)の割合(2015年度(平成27年度))

2. 方法

生活排水対策については, 住民一人ひとりが水環境にやさしくしようという意識を持つとともに, 霞ヶ浦の水質浄化を自らの課題として認識し, 日常生活において水質浄化に向けた積極的な取組を行うことが重要である^[4]。

このため, 霞ヶ浦水辺ふれあい事業実行委員会(市民団体, 行政機関等で構成(表 1))においては, 1998年(平成10年)から, ヨシの植栽, 霞ヶ浦に住む動植物の観察, 湖岸清掃活動等の流域住民・市民参加による実践型の浄化啓発事業を実施し, 流域住民の水質浄化に対する意識の高揚を図っている。

事業の実績としては, 過去 20 年間で 83 回の事業を実施し, 近年では毎年 800 人前後の参加がある(図 2)。

表 1 霞ヶ浦水辺ふれあい事業実行委員会構成団体

項番	名称	備考
1	一般社団法人霞ヶ浦市民協会	地域住民
2	一般社団法人土浦青年会議所	地域住民
3	有限会社ワールドバスソサエティ	地域住民
4	土浦暮らしの会	地域住民
5	NPO 法人水辺基盤協会	NPO
6	霞ヶ浦問題協議会	行政
7	霞ヶ浦グラウンドワーク	地域住民
8	国土交通省霞ヶ浦河川事務所	行政
9	独立行政法人水資源機構利根川下流総合管理所	行政
10	土浦市	行政
11	かすみがうら市	行政
12	茨城県霞ヶ浦環境科学センター	行政



図 2 霞ヶ浦水辺ふれあい事業参加人数

3. これまでの事業実績

(1) 水生植物とのふれあい事業

水生植物とのふれあいを通じて自然の大切さを体感し、霞ヶ浦浄化意識の向上を図るため、1998 年度(平成 10 年度)以降、ヨシやマコモの植栽、霞ヶ浦に住む植物の観察、工作教室などを行っており、トータルで 2,856 人が参加した。2017 年度(平成 29 年度)は 58 人が参加し、ヨシ舟・ヨシ笛づくり、ゴムボート乗船体験、救命胴衣体験及びネイチャーゲームを行った(図 3)。

図 3 水生植物とのふれあい事業風景

(2) さかなとのふれあい事業

さかなとのふれあいを通じて水と動植物とのつながりについて学び、霞ヶ浦浄化意識の向上を図るため、1998 年度(平成 10 年度)以降、毎年「泳げる霞ヶ浦市民フェスティバル」に参加し、キャスティングゲーム(フィッシングゲーム)を行っている。トータルで 7,672 人が参加し、2017 年度(平成 29 年度)は 270 人が参加した。

(3) 人と人とのふれあい事業

霞ヶ浦の水辺での人と人とのふれあいを通じて霞ヶ浦への見識を深めるとともに、霞ヶ浦浄化意識の向上を図るため、1999 年度(平成 11 年度)以降釣りマナー向上研修会、ヨシの紙漉き体験、生活排水対策講座などを行っており、トータルで 5,120 人が参加した。2017 年度(平成 29 年度)は 273 人が参加し、霞ヶ浦の湖岸清掃を行った。

(4) 水生生物とのふれあい事業

水生生物とのふれあいを通じて自然の大切さを体感し、霞ヶ浦浄化意識の向上を図るため、2010年度(平成22年度)以降、田植え、メダカの放流式、二枚貝の浄化実験などを行っており、トータルで619人が参加した。2017年度(平成29年度)は55人が参加し、ヨシ、シジミなどの霞ヶ浦に住む植物や野鳥の観察等を行った(図4)。



図4 水生生物とのふれあい事業風景

(5) その他の事業

湖上体験をとおし、霞ヶ浦の豊かな恵みを体感するとともに、様々な視点から霞ヶ浦の将来像を考える契機とするため、2014年度(平成26年度)以降、ろ過装置づくり、スマホ顕微鏡づくりなどを行っており、トータルで209人が参加した。2017年度(平成29年度)は77人が参加し、遊覧船乗船体験、メダカの観察及びボトルアクアリウム体験を行った(図5)。



図5 その他の事業風景

4. 参加者の感想

霞ヶ浦の水が汚いので、きれいになったら泳ぎたい。
霞ヶ浦やメダカについて楽しく学ぶことができた。
環境のことがよく分かった。
湖の中のごみ拾いをできるだけ多くの人でやりたい。
霞ヶ浦の水質がとても心配になった。

5. 考察

1998年(平成10年)に発足して以来、20年にわたり年600人以上が参加する事業を実施している。参加者の感想から、各事業が霞ヶ浦の水質汚濁について認識し、水質保全を意識する契機となったことが伺えるため、引き続き各事業を実施していくことが重要である。今後は、各事業が流域住民の水質浄化に対する意識の高揚に及ぼす効果について、より具体的な検証方法を検討し、それらの結果を踏まえながら、より効果的な事業の充実に努める必要があるともの考察する。

引用文献

- [1] 茨城県・栃木県・千葉県：霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画(第7期), pp.1, 平成29年3月
- [2] 霞ヶ浦問題協議会：清らかな水のために, pp.15, 平成30年(2018)3月
- [3] 茨城県・栃木県・千葉県：霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画(第7期), pp.15, 平成29年3月
- [4] 茨城県・栃木県・千葉県：霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画(第7期), pp.11, 平成29年3月

霞ヶ浦湖心におけるバクテリア生産動態と炭素収支

土屋 健司¹, 佐野 友春¹, 富岡 典子¹, 高村 典子¹, 中川 恵¹,
高津 文人¹, 小松 一弘¹, 篠原 隆一郎¹, 今井 章雄¹

¹国立環境研究所

キーワード: バクテリア生産, 霞ヶ浦, 炭素収支

抄録

水圏生態系におけるバクテリアは溶存態有機物を懸濁態化させ、微生物ループを通して生食食物連鎖以外に高次の栄養段階に物質を輸送する重要な役割を果たしている。本研究では霞ヶ浦湖心におけるバクテリア生産動態と炭素収支を明らかにするため、2012年から2016年において安定同位体を使用した¹⁵N-デオキシアデノシン法を用いてバクテリア生産速度(BP)を測定し、一次生産量(PP)と比較を行った。BPは $0.01 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (12月)~ $0.80 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (8月)の範囲を変動し、水温と有意な正の相関を示した。PPに対するBPの比率は冬 (0.11 ± 0.08) に低く、秋 (0.22 ± 0.20) に高くなる傾向を示した。バクテリア炭素要求量(BCD; BP+バクテリア呼吸量)は $0.14 \sim 2.92 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ と見積もられ、BCD/PP比は秋に0.97を示し、PPに相当する有機炭素量をバクテリアが消費することが明らかとなった。一方、冬から夏にかけてBCD/PP比は $0.48 \sim 0.58$ を示し、水柱の植物プランクトンによる有機物生産量はBCDを満たしていることが示唆された。

1. はじめに

水圏生態系におけるバクテリアは、溶存態有機物を起点とした微生物ループを駆動させる主体者として、生食食物連鎖以外に高次の栄養段階に物質を輸送する重要な役割を果たしている[1]。通常、バクテリア生産量(BP)は放射性同位体で標識されたチミジンやロイシンの取り込み速度を測定し、それを細胞増殖量及び炭素量に変換することで求められる。しかしながら、放射性同位体の使用には、我が国では多くの制限があり、BPの実測例は限られている。

霞ヶ浦は首都圏における重要な水資源であり、栄養塩・有機物の流入負荷が大きいと、水質保全・管理を目的としたモニタリングが1976年より実施され、湖内外物質循環の定量が進められてきた。しかし、系外からの有機物負荷が湖内物質循環にどの程度組み込まれ、寄与するのかといった問いに対しては、溶存態有機物を粒状態化する役割を果たすBPの実測なくして定量的な回答は困難である。そこで本研究では、霞ヶ浦湖心におけるBPの季節変動を明らかにすることを目的とした。さらに、一次生産量(PP)との比較を行い、低次栄養段階生物群集の炭素収支を見積もった。

2. 方法

調査は2012年3月~2016年3月の期間、霞ヶ浦湖心において毎月実施した。BPは放射性同位体を使用しな

い¹⁵N-dA法[2]を用いて測定した。測定手順(i-iv)を以下に示した。

i. 湖水に [¹⁵N₅]-2'-deoxyadenosine (15N-dA, CIL Inc.) を添加し、現場水温に設定した恒温槽で培養した。培養終了後、孔径 0.2 μm PTFE メンブレンフィルター (JGWP, Millipore) に濾過し、冷凍保存した。

ii. DNA抽出キット (Extrap Soil DNA Kit Plus ver.2, 日鉄環境エンジニアリング) を用いてバクテリアDNAを抽出した。

iii. 抽出DNA試料に Nuclease P1 (Wako), Phosphodiesterase I (Worthington), Alkaline phosphatase (Promega) を加え、ヌクレオシドまで加水分解した[3]。

iv. 液体クロマトグラフィー・質量分析計 LC-MS (LCMS-8040, Shimadzu) によって、¹⁵N-dA量を定量し、取込速度を測定した。

¹⁵N-dA取り込み速度は、霞ヶ浦において実施した³H-ロイシン法[4]との比較実験によって得られたコンバージョンファクターによって [³H]-Leu取り込み速度に変換し、 $3.1 \text{ kg C mol}^{-1} \text{ leucine}$ [5]によって炭素生産量を求めた。

PPはデータペーパー[6]より引用した。BPは深度積算(5.5~6.9m)し、水柱当たりの生産量で示した。本研究では水温によって各季節を定義し、春を4月~5月(11.8~23.4°C)、夏を7月~9月(23.8~30.2°C)、秋を10月~11

月(14.0~22.4°C), 冬を12月~3月(4.0~10.4°C)とした。

3. 結果と考察

BPは $0.01 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (12月)~ $0.80 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (8月)の範囲を変動した(図1)。季節別には、春は 0.23 ± 0.20 , 夏は 0.35 ± 0.24 , 秋は 0.24 ± 0.21 , 冬は 0.12 ± 0.07 を示し、夏に高く、冬に低下する傾向を示した。BPと水温の間には有意な正の相関関係が見られたが($R^2=0.24$; 図2), 決定係数は比較的低く、水温以外による変動要因の存在が示唆された。

PPは春は 2.05 ± 0.80 , 夏は 3.19 ± 2.13 , 秋は 1.17 ± 0.53 , 冬は $1.18 \pm 0.65 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ を示し、春から夏にかけて高くなり、秋と冬は同程度の値を示した。PPに対するBPの比率(BP/PP比)は冬(0.11 ± 0.08)に低く、秋(0.22 ± 0.20)に高くなる傾向を示した。

ここで、バクテリア呼吸量(BR)を経験式($\log \text{BR} = 0.66 \times \log \text{BP} + 0.68$ [7])から求めると、バクテリア炭素要求量($\text{BCD} = \text{BP} + \text{BR}$)は $0.14 \sim 2.92 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ と見積もられた。PPに対するBCDの比(BCD/PP比)は、秋には0.97を示すことから、バクテリアは水柱の植物プランクトン生産に相当する量の有機炭素を消費していると考えられ、この季節は系外からの有機物負荷が湖内バクテリア生産を支えるために必要であることが示唆された。秋は水温が比較的高く、バクテリアの活性が高く維持されているものの、日射量の低下に起因すると考えられるPPの低下によりBCD/PP比が高くなったものと考えられる。一方、冬から夏にかけてのBCD/PP比は $0.48 \sim 0.58$ を示し、水柱の植物プランクトンによる有機物生産はバクテリアによる炭素要求量を満たしていることが示唆された。

4. 結論

霞ヶ浦湖心におけるバクテリア生産は水温と正の相関を示したものの、特に高水温時におけるBPのばらつきは大きく、水温以外の変動要因存在が示唆された。富栄養湖においては基質よりもむしろ捕食者やウイルスなどによる制限の相対的重要性が高まることが示唆されており[8, 9], 今後BPの変動要因の解析が霞ヶ浦のバクテリア生産動態の解明に重要である。

炭素収支においては、秋を除いて、水柱の一次生産量はBCDを満たすことが示唆され、霞ヶ浦では湖外や底泥からの高い栄養塩負荷により、PPが高く維持されていたためと考えられる。一方、秋においては系外からの有機物負荷が湖内バクテリア生産を支えるために必要なことが示唆されたことから、湖内外の炭素循環を明らかにする上で、これらの起源及び寄与度の推定が今後必要であると考えられる。

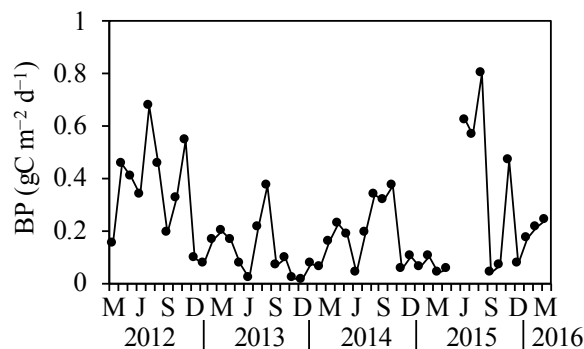


図1 バクテリア生産量(BP)の季節変動。

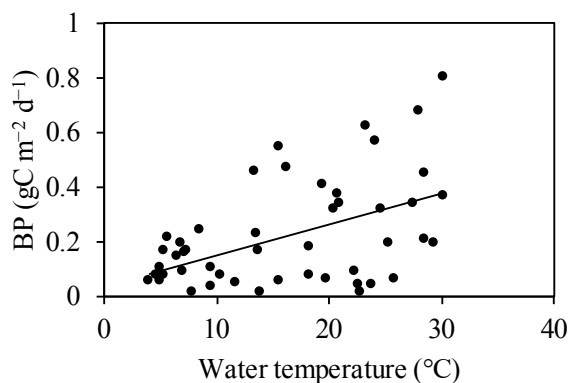


図2 水温とBPの関係。回帰直線は $[\text{BP}] = 0.011 \times [\text{水温}] + 0.039$ ($n = 48, R^2 = 0.24, p < 0.001$)を示す。

引用文献

- [1] Fenchel, T.: The microbial loop—25 years later, *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.*, Vol. 366, pp. 99-103, 2008.
- [2] Tsuchiya, K. et al.: New radioisotope-free method for measuring bacterial production using $[^{15}\text{N}5]-2'$ -deoxyadenosine and liquid chromatography mass spectrometry (LC-MS) in aquatic environments, *J. Oceanogr.*, Vol. 71, pp. 675-683, 2015.
- [3] Nohara, K. et al.: Global DNA methylation in the mouse liver is affected by methyl deficiency and arsenic in a sex-dependent manner, *Arch. Toxicol.*, Vol. 85, pp. 653-661, 2011.
- [4] Kirchman, D., Knees, E. & Hodson, R.: Leucine Incorporation and Its Potential as a Measure of Protein-Synthesis by Bacteria in Natural Aquatic Systems, *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 49, pp. 599-607, 1985.
- [5] Kirchman, D.: Leucine incorporation as a measure of biomass production by heterotrophic bacteria, *Handbook of methods in aquatic microbial ecology* 58, pp. 509-512, 1993.
- [6] Takamura, N. & Nakagawa, M.: Photosynthesis and primary production in Lake Kasumigaura (Japan) monitored monthly since 1981, *Ecol. Res.*, Vol. 31, pp. 287-287, 2016.
- [7] Amado, A.M. et al.: Tropical freshwater ecosystems have lower bacterial growth efficiency than temperate ones, *Front. Microbiol.*, Vol. 4, pp. 167, 2013.
- [8] Pace, M. & Cole, J.: Comparative and experimental approaches to top-down and bottom-up regulation of bacteria, *Microb. Ecol.*, Vol. 28, pp. 181-193, 1999.
- [9] Weinbauer, M.G. & Höfle, M.G.: Significance of viral lysis and flagellate grazing as factors controlling bacterioplankton production in a eutrophic lake, *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 64, pp. 431-438, 1998.

霞ヶ浦(西浦)におけるユスリカ群集の長期変遷

中里 亮治¹, 上野 隆平², 石井 裕一^{3,4}, 神谷 航一^{3,5}¹茨城大学 広域水圏センター, ²国立環境研究所, ³元・茨城県霞ヶ浦環境科学センター,⁴現・東京都環境科学研究所, ⁵現・茨城県県民生活環境部

キーワード:ユスリカ幼虫, 優占種の交代, 捕食者, 利用可能な餌資源

抄録

霞ヶ浦の西浦において 31 年間にわたりユスリカ群集の長期変遷を調べた。霞ヶ浦で優占するユスリカ幼虫はオオユスリカ *Chironomus plumosus*, アカムシユスリカ *Prosilocerus akamusi*, スギヤマヒラアシユスリカ *Clinotanypus sugiyamai* およびオオカスリモンユスリカ *Tanytus nakazatoi* の 4 種であったが, これらの個体数密度は 1980 年代から 2010 年代にかけて大きく変化していた。1980 年代はアカムシユスリカが最優占種であったが, 1990 年以降激減し, 2000 年代はほとんど採集されなかった。オオカスリモンユスリカは 1995 年以降に急増し, 2000 年代後半からは霞ヶ浦で最も優占するユスリカ種となっていた。これらの優占種の交代を引き起こしたと考えられる要因や優占種の交代機構, および幼虫密度の低下が捕食者であるテナガエビの現存量の変動におよぼす影響について考察した。

1. はじめに

ハエ目ユスリカ科の昆虫類であるユスリカ幼虫は湖沼の底生動物群集の主要構成員であり, 貧毛類と並んで個体数・現存量ともに優占する生物群となる。霞ヶ浦のユスリカ幼虫については, 1990 年代以降に個体数密度の低下や種組成の変化が報告されている^[1]。底生性のユスリカ幼虫は主に植物プランクトンを餌資源として成長する一方で, 魚などの捕食者の重要な食物源として利用される^[2, 3]。したがって, 湖沼におけるユスリカ幼虫の個体数や現存量は, 餌となる植物プランクトンの種組成の差異や現存量の多寡, あるいは魚類による捕食者圧の強弱に大きく影響されると考えられる^[4]。

最も富栄養化が進行し, アオコの大発生が問題となった 1980 年代の霞ヶ浦の深底帯では, オオユスリカ *Chironomus plumosus* とアカムシユスリカ *Prosilocerus akamusi* 幼虫の 2 種が高密度に生息し, その成虫が湖岸に大量に飛来したため, 迷惑虫として問題となった。しかし 1980 年代後半以降, これらのユスリカ種は減少傾向にある^[5]。

霞ヶ浦(北浦)の湖畔にある茨城大学広域水圏環境科学教育研究センターの霞ヶ浦定期観測グループが, 茨城県霞ヶ浦環境科学センターと共同で実施した霞ヶ浦 100 地点全域調査の結果, 2009 年 3 月時点でのユスリ

カ幼虫全体の現存量は 1982 年のそのわずか 1.6% であることが明らかとなった^[6]。特にアカムシユスリカ幼虫の場合は, 約 30 年前の 100 分の 1 にまで激減していたが, 当該ユスリカ種の激減理由については不明である。

さらに興味深いことに, 霞ヶ浦ではアカムシユスリカのように激減したユスリカ種がいる一方で, オオカスリモンユスリカ *Tanytus nakazatoi* のように近年増加している種の存在が知られている^[1]。しかしながら, 現在までの霞ヶ浦のユスリカ群集については, 長期にわたる定点観測データに基づいてユスリカ種組成や幼虫密度の変遷について議論した研究例は少ない。さらには, いつ頃ユスリカ優占種の交代が起きたのか, またその優占種の交代のメカニズムについては明らかにされていない。

これらのことを明らかにするには, 霞ヶ浦の底生動物群集に関するモニタリングを継続し, かつ既存のユスリカ幼虫に関する調査データを整理すること。さらに, そのようなユスリカ幼虫の動態に影響する要因については, 水温や溶存酸素量などの環境要因, 国立環境研究所などが報告している植物プランクトンに関する情報, 農林水産省統計情報部が発行している水産統計報告などの一次生産者や魚類などの高次栄養段階の生物の変化に

関する知見を集約して総合的に解析する必要がある。

加えて、霞ヶ浦におけるユスリカ幼虫の種組成や個体数密度の減少がユスリカ幼虫を主要な餌資源とする捕食者の動態におよぼす影響を評価することも重要である。例えば、ユスリカ幼虫は1980年以降に漁獲量が減少傾向にあるハゼ科魚類やテナガエビ *Macrobrachium nipponense*の重要な餌資源になることが知られている [7, 3], [4]。オオユスリカやアカムシユスリカ成虫の羽化量に及ぼす魚類の捕食圧については定量的な研究がなされている [8]。しかしながら、魚類によるユスリカ幼虫への直接的な摂食量の評価やテナガエビによるユスリカ幼虫の捕食量を定量的に評価した研究は極めて少ない。これらの研究結果に基づいて近年のアカムシユスリカの激減などに見られるユスリカ幼虫の密度や種組成の変化が餌生物群集の動態に及ぼす影響を考察することは、霞ヶ浦の生態系サービス向上の一環として、有用魚種の資源保護や健全な霞ヶ浦の生物環境を保全・回復させる上でも貴重な知見をあたえるであろう。

そこで本研究では、(1)これまで霞ヶ浦(西浦)で実施されてきた31年間におよぶ定点観測データを整理することで霞ヶ浦におけるユスリカ群集の長期変遷から見えてくる優占種の交代パターンを明らかにすること、(2)これらの優占種の交代を引き起こしたと考えられる要因を抽出し、近年の霞ヶ浦におけるユスリカ幼虫優占種の交代メカニズムの解明をすること、そして(3)ユスリカ幼虫とその捕食であるテナガエビを用いた室内実験から、幼虫密度の低下が当該捕食の現存量に及ぼす影響を評価すること、を目的とした。

2. 方法

霞ヶ浦(西浦)におけるユスリカ群集の現状把握とその長期変遷を明らかにするため、霞ヶ浦の複数の定点で野外調査を実施するとともに、過去から現在までの31年間に収集された試料の再同定とデータ整理を行った。また霞ヶ浦のユスリカ幼虫密度の減少がそれらを餌資源とする捕食者に及ぼす影響評価に資するデータを得るために、霞ヶ浦で優占するユスリカ幼虫3種に対する異なる水温環境下でのテナガエビの捕食圧を調べる複数の実験をした。

3. 結果と考察

霞ヶ浦で優占するユスリカ幼虫はオオユスリカ、アカムシユスリカ、スギヤマヒラアシユスリカ *Clinotanypus sugiyamai* およびオオカスリモンユスリカの4種であったが、これらの個体数密度は1980年代から2010年代にかけて大きく変化していた(図1)。

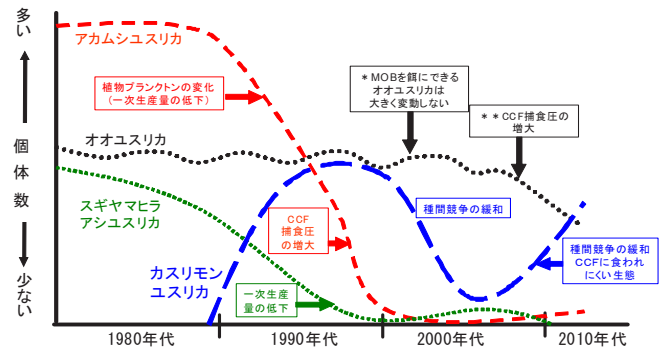


図1 霞ヶ浦のユスリカにみられる優占種の交代とその要因についての模式図。*MOB はメタン酸化細菌、** CCF はチャネルキャットフィッシュ。

1980年代はアカムシユスリカが最優占種であったが、1990年以降激減し、2000年代はほとんど採集されなかった。これには植物プランクトンの質的・量的変化とチャネルキャットフィッシュによる捕食圧の増加が影響していると考えられた。

オオユスリカの場合、極端な密度の低下や上昇のような変化は見られず、ほぼ一定の密度を保っていた。これは当該幼虫が植物プランクトンおよびメタン酸化細菌の2つを餌資源として利用できるため [8] と考えられた。

オオカスリモンユスリカは1995年以降に急増し、2000年代後半からは霞ヶ浦で最も優占するユスリカ種となっていた。これには他のユスリカ種が減少することに伴う種間競争の緩和とチャネルキャットフィッシュに捕食されにくい特異な生態が関係しているためと推測された。

異なる水温環境下で実施した各種ユスリカ幼虫に対するテナガエビの捕食実験から、このエビは水温の低い時期でも積極的にユスリカ幼虫を捕食することが分かった。従って冬場にのみ底泥表面に生息するアカムシユスリカの激減は、それを重要な餌アイテムとしている捕食者の現存量にも大きな負の影響をおよぼすと推測された。

5. 結論

物質循環におけるユスリカの役割は、2012年現在とアカムシユスリカが高密度に存在していた1980年代とでは大きく異なることが予想されるため、現在の霞ヶ浦におけるユスリカ類の役割を再評価し、モニタリングの継続による霞ヶ浦の生物群集の変化を追跡し続けることが今後も重要である。

引用文献

- [1] 中里 亮治・土谷 卓・村松 充・肥後麻貴子・櫻井秀明・佐治 あずみ・納谷友規, 北浦におけるユスリカ幼虫の水平分布と固体数密度の長期変遷, 陸水学雑誌, Vol. 66, 165-180, 2005.
- [2] P. D. Armitage, P. S. Cranston, and L. C. V. Pinder, Eds., The Chironomidae: The biology and ecology non-biting midges. Chapman & Hall, 1995.
- [3] 岩熊敏夫, 大発生する虫ユスリカ.ユスリカの世界, 近藤繁生・平林公男・岩熊敏夫・上野隆平(編) : 74-81, 培風館, 東京, 2001.
- [4] 中里亮治, 湖沼における底生動物の役割と生態, 淡水生態学のフロンティア, 共立出版, pp.164-174, 2012.
- [5] 岩熊敏夫, 霞ヶ浦沖帯におけるユスリカ幼虫の密度と現存量の変動(1982-1990), 霞ヶ浦全域調査資料付, ユスリカ幼虫調査資料, 53-79, 1990.
- [6] 長谷川恒之, 霞ヶ浦(西浦・北浦)におけるユスリカ幼虫の分布とその季節変動に影響をおよぼす環境勾配, 茨城大学大学院理工学研究科地球生命環境科学専攻 修士学位論文, 2010.
- [7] 位田俊臣, 霞ヶ浦産テナガエビ資源の動態に関する研究-I, 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 15, pp.1-15, 1978.
- [8] T. Iwakuma, and M. Yasuno, Fate of the univoltine chironomid, *Tokunagayusurika akamusi* (Diptera: Chironomidae), at emergence in Lake Kasumigaura, Japan, Arch. Hydrobiol, pp.37-59, 1983.
- [9] N Yasuno, S Shikano, T Shimada, K Shindo, E Kikuchi, Comparison of the exploitation of methane-derived carbon by tubicolous and non-tubicolous chironomid larvae in a temperate eutrophic lake, Limnology, Vol.14, pp 239-246, 2013.

Water Quality and Microbial Community in Bottom Sediment Corresponding to a Depth Level in Lake Kasumigaura

Ikuo Tsushima¹, Yosuke Kaneko² and Fumiaki Ogawa¹

¹Public Works Research Institute, ²Ministry of Land, Infrastructure, Transport, and Tourism

Keywords: closed water body, eutrophication, nutrients leached from sediment, microbial community analysis

ABSTRACT

Dissolution tests were conducted at 30°C under aerobic and anaerobic condition by using sediment from 3 different sampling points in Lake Kasumigaura and microbial community analysis in the bottom sediment was conducted corresponding to a position in a depth direction in order to understand the relevant behavior of materials and lake water quality. In the result of dissolution tests, the behavior of dissolution from bottom sediment was largely different between samples points in the lake. Also, in the results of microbial community analysis, the detection rate of each bacterium was largely changed among samples, especially in the surface of bottom sediment nearby inflowed river. The different of microbial community in the bottom sediment in lake would effect on lake water quality.

1. INTRODUCTION

Lake Kasumigaura has known as eutrophic lake since the 1970's. Generally, the causes of lake eutrophication are principally divided into external loads^[1] such as rainfall or inflow of nutrient and internal loads^[2] such as nitrogen, phosphorus, and trace metals dissolved from bottom sediments. Since eluted nutrients and metals play significant roles in the occurrence of lake algal blooms^[3], estimating the dissolution of nutrients and metals is important. In addition, bacteria in sediment also play important roles in the elution of nitrogen and phosphorus compounds^[4]. However, not much is available on the bacterial community in sediment at different sampling sites and different environmental conditions in the intralake^[5]. In this study, focusing on Lake Kasumigaura, we investigated the microbial communities in bottom sediments to understand the relevant behavior of materials and environmental conditions since bottom sediments have generally been treated as a 'black box'.

2. METHOD

2.1 Sampling

Bottom sediment samples were taken at three locations (Fig. 1): St. 1 off Tsuchiura Port (36° 04' 35" N and 140° 13' 42" E), which is roughly 900 m from Sakura River estuary, St. 2 at Kakeumaoki (36° 03' 03" N and 140° 15' 00" E), and St. 3 at the center of the lake (36° 02' 06" N and 140° 24' 27" E). Samples were taken in August of 2015. The sampling of bottom sediments was conducted in two ways: to serve for the dissolution test and microbial community analysis. To be specific, a diver took a core sample from a depth of about 30 cm from the surface of

the bottom sediments. Four samples were taken per sampling point for the dissolution test, using an acrylic column of 20 cm in internal diameter. The samples for microbial community analysis were taken with an acrylic column of 5 cm internal diameter, and immediately put into cold storage and taken to a laboratory for analysis. At laboratory, the sediment sample was cut and divided into 1-cm layers.

2.2 Dissolution test

The bottom sediments sampled with an acrylic column of 20 cm internal diameter were transported to the laboratory with minimal disturbance of the sediments. After the water was drained from the column, the locally sampled water filtered through the GF/B filter was gently fed into the column. Dissolution tests were conducted under aerobic conditions and anaerobic conditions, according to the



Fig. 1 – Sampling points and rivers flowing into Lake Kasumigaura

sediment testing and investigation manual^[6]. Each dissolution test was conducted for 20 days, in a dark location, at a steady temperature of 30°C. Aeration with air was performed until the DO level reached about 8.0 mg/L under aerobic conditions; and aeration with nitrogen was performed to reduce the DO level to or below 1.0 mg/L under anaerobic conditions (n = 2).

2.3 Microbial community analysis

DNA was extracted from sediment samples. Extrap Soil DNA Kit Plus ver. 2 (Nippon Steel & Sumikin Eco-Tech Co. LTD, Tokyo, Japan) was used to extract the DNA. The amplicon PCR was conducted by using primers targeting the 16S rRNA gene region of eubacteria of 341 and 785 as *E. Coli* position, targeting for the V3-V4 region. The following PCR protocol was used: initial denaturation was conducted at 95°C for 3 min, followed by 25 cycles of 95°C/30 sec, 55°C/30 sec, and 72°C/30 sec. The PCR amplification products were purified with an AMPure XP kit (Beckman Coulter Genomics Inc., Brea, CA, USA). Sequence analysis was conducted for of the 16S rRNA gene, using MiSeq (Illumina Inc., San Diego, CA, USA) with the MiSeq reagent Kit v3 (600 cycle). A chimera check of the determined sequences of each lead obtained from the analysis was performed with USEARCH v6.1^[7], and operational taxonomic unit (OTU)-picking and cluster analysis were performed with QIIME 1.9^[8]. Identification of the OTUs was performed using the Greengenes database (ver. 13_8)^[9] as a reference.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The results of dissolution tests show in Fig. 2. The dissolution rate of NO_3^- under aerobic condition and NH_4^+ under anaerobic condition from the sediment of St. 1 is the largest among other dissolution rates from the sediment of St. 2 and St. 3. While, the dissolution of NH_4^+ was not observed from the sediment from St. 3 under both of anaerobic condition and aerobic condition. This difference is presumably due to the amount of nitrifying bacteria and denitrifying bacteria exist in the surface of the bottom sediment. Supposing that nitrifying bacteria are enriched at St. 1 and St. 2, they convert ammonium to nitrite and nitrate, then the dissolution of ammonium would be observed under anaerobic condition and the dissolution of nitrate would be observed under aerobic condition. In the same way, supposing that anammox bacteria exist at St. 3, they convert ammonium and nitrite to nitrogen gas under anaerobic condition, then the dissolution of ammonium would not be observed under anaerobic condition. Consequently, Mn was not eluted from the bottom sediment of St. 3, whereas the significant dissolution was

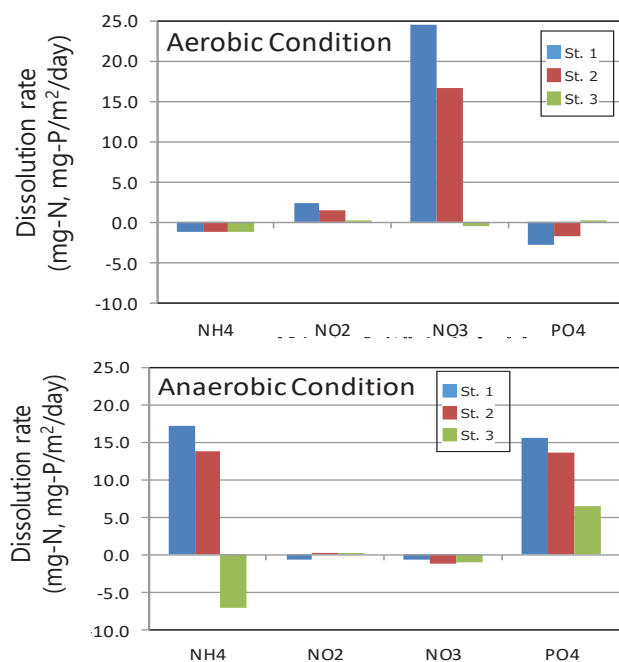


Fig. 2 – Dissolution rate of nutrients from bottom sediment

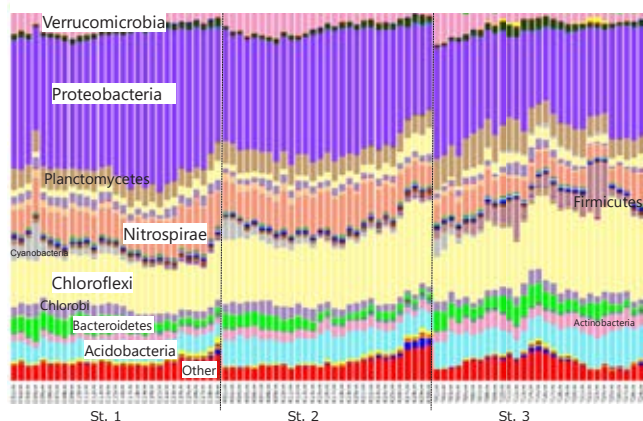


Fig. 3 – Microbial profile of phylum level in bottom sediment in each depth

observed from the bottom sediment from St. 1 and St. 2 (data not shown).

The result of microbial community analysis shows in Fig. 3. In the result of sequence analysis, approximately 10,000 leads were obtained and categorized into 921 OTU and identified to their closely related species. The basic composition of the microbial community was almost the same at every depth and sampling point. Proteobacteria (mainly Deltaproteobacteria, Gammaproteobacteria, and Betaproteobacteria), Nitrospirae, Chloroflexi Firmicutes, Verrucomicrobia and so on were detected in common. The detection rate of Cyanobacteria causing algal bloom was low, but they were relatively highly detected in the surface of bottom sediment from St.1 and St.2. Nitrospirae including nitrite oxidizing bacteria were detected at 8.2%

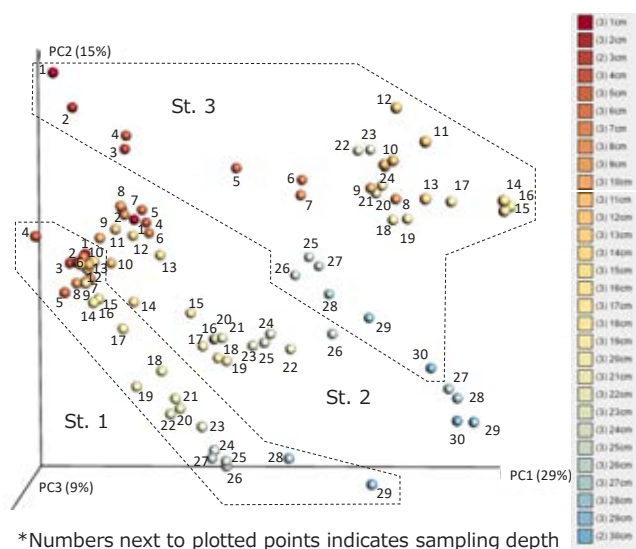


Fig. 4 – PCoA analysis of microbial communities

($\pm 2.1\%$ SD) at St.1 and at 7.9% ($\pm 1.5\%$ SD) at St.2, whereas at the sediment from St.3, the detection rate was relatively lower at 5.1% ($\pm 2.1\%$ SD). In dissolution test of the bottom sediment from St. 3, though nitrate was not detected under aerobic condition, this would be most probably because the detection rate of Nitospirae causing nitrifying was low.

The result of principal coordinates analysis based on the resemblance of the microbial community in each sample is shown in Fig. 4. The distance of each plotted point indicates the degree of similarity. The microbial community in each sampling point was similar each other as shown by area surrounded by plotted line. In terms of depth direction, microbial community was shifted with same trend in regardless of sampling points. In addition, the microbial community of St. 1 and St. 2 was relatively closed, compared to St. 3. In St. 3, the diversity of the microbial community was comparatively high, especially in sediments at a depth of 0-10 cm, but the microbial community became homogeneous in sediments at a depth below 10 cm. Judging from plotted points upper than 24 cm of St. 3, the bottom sediment was presumed to be resuspended by strong wind. In addition, in the vicinity of surface in the bottom sediment, the microbial community was largely changed by accumulation of suspended solid carried from inflowed river. Therefore, the microbial community of surface layer (1 to ca.13) at St. 1 and St. 2 is similar.

4. CONCLUSION

In this study, dissolution tests were conducted at 30°C under aerobic and anaerobic conditions by using bottom sediment from 3 different sampling points in Lake

Kasumigaura. Additionally, microbial community analysis in the sediment was conducted corresponding to a position in a depth direction. As a result, the behavior of dissolution from bottom sediment was different between samples taken from nearby inflowed river and center of lake. Microbial community also largely changed, especially in the surface layer of bottom sediment from the sampling point nearby inflowed river. The different of microbial community in the bottom sediment in lake would effect on lake water quality.

REFERENCES

- [1] Kagalou I., Papastergiadou E. and Leonardos I: Long term changes in the eutrophication process in a shallow Mediterranean lake ecosystem of W. Greece: Response after the reduction of external load, *Journal of Environmental Management*, Vol. 87, pp. 497-506, 2007.
- [2] Søndergaard M., Bjerring R. and Jeppesen, E: Persistent internal phosphorus loading during summer in shallow eutrophic lakes, *Hydrobiologia*, Vol. 710, pp. 95-107, 2013.
- [3] Wang S., Diao X. and He L: Effects of algal bloom formation, outbreak, and extinction on heavy metal fractionation in the surficial sediments of Chaohu Lake, *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 22, pp. 14269-14279, 2015.
- [4] Song H., Li Z., Du B., Wang G. and Ding Y: Bacterial communities in sediments of the shallow Lake Dongping in China, *Journal of Applied Microbiology*, Vol. 112, pp. 79-89, 2012.
- [5] Ikuo Tsushima, Yoshiyuki Shibayama, Koya Komori, Seiichiro Okamoto: Dissolution tests and microbial community analysis using the bottom sediment before and after a heavy storm, *Journal of Water and Environment Technology*, Vol. 14, pp. 67-75, 2016.
- [6] Ministry of the Environment: Teishitsu chousa houhou, (Bottom Sediment Survey Method, 2012 edn.), Ministry of the Environment, Tokyo, Japan. (In Japanese), 2012
- [7] Edgar R: Search and clustering orders of magnitude faster than BLAST, *Bioinformatics*, Vol. 26, pp. 2460-2461, 2010.
- [8] Caporaso J. G., Kuczynski J., Stombaugh J., Bittinger K., Bushman F. D., Costello E. K., Fierer N., Peña A. G., Goodrich J. K., Gordon J. I., Huttley G. A., Kelley S. T., Knights D., Koenig J. E., Ley R. E., Lozupone C. A., McDonald D., Muegge B. D., Pirrung M., Reeder J., Sevinsky J. R., Turnbaugh P. J., Walters W. A., Widmann J., Yatsunenko T., Zaneveld J. and Knight R: QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data, *Nature Methods*, Vol. 7, pp. 335-336, 2010.
- [9] McDonald, D., Price, M. N., Goodrich, J., Nawrocki, E. P., DeSantis, T. Z., Probst, A., Andersen, G. L., Knight, R., and Hugenholtz, P: An improved Greengenes taxonomy with explicit ranks for ecological and evolutionary analyses of bacteria and archaea, *The ISME Journal*, Vol. 6, pp. 610-618, 2012.

KP-19

硝酸イオンの窒素($\delta^{15}\text{N}$)・酸素($\delta^{18}\text{O}$, $\Delta^{17}\text{O}$)安定同位体を指標とした霞ヶ浦用水を灌漑水源とする森林－水田集水域における窒素動態評価

中島泰弘¹, 鶴野光¹, 箭田佐衣子¹, 伊藤優子², 小林政広², 板橋直¹³, 吉川省子¹, 朝田景¹, 堀尾剛¹, 稲生圭哉¹, 江口定夫¹

¹農研機構(農業環境変動研究センター), ²国立研究開発法人 森林研究・整備機構, ³現・農林水産省

キーワード: 脱窒, 地下水, 森林, 水田, 窒素降下物

抄録

筑波山の森林域および筑波山および霞ヶ浦用水を灌漑水源とする水田を主とする農耕地を含む集水域を対象とし、林内雨、土壌水、渓流水、農業用水、農業排水、河川水を採取し、硝酸イオンの濃度および窒素($\delta^{15}\text{N}$)・酸素($\delta^{18}\text{O}$, $\Delta^{17}\text{O}$)安定同位体自然存在比を測定することにより、対象地域に流入・流出する硝酸態窒素の起源を明らかにした。

筑波山森林集水域では林外雨および林内雨で $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ (64.78~70.80)と $\Delta^{17}\text{O}_{\text{NO}_3}$ (16.16~21.07)が観測され、降下物由来 NO_3^- と推察された。これらはリター層を通過し土壌水、渓流水へと至る間に急激な低下が生じていた。

逆川流域においては生活排水由来と思われる比較的高い $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ 値(10.50)を持つ硝酸イオンが排水で観測された。また $\Delta^{17}\text{O}_{\text{NO}_3}$ と $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ のプロットからある程度の脱窒が生じている $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ 値のシフトが観察された。

1. はじめに

霞ヶ浦は人口増加や農業、産業活動の進展などによる水質の汚濁の対策として霞ヶ浦に係る水質保全計画(第7期)(平成28~32年)を策定し、取り組みを続けているが、現在のところ劇的な改善は見られていない。その原因の一つとして、生活排水や農業・畜産排水、降下物等負荷源が複数存在し、その寄与の程度が不明であることが考えられる[1]。

そこで本研究では霞ヶ浦用水を灌漑水源とする森林－水田集水域を対象とし、硝酸イオンの安定同位体を指標として対象地域に流入・流出する硝酸態窒素の起源を明らかにするための調査を行った。対象地域では霞ヶ浦用水をはじめとして、生活排水、降水、肥料等に由来する複数の窒素負荷源が存在するが、これらはそれぞれ安定同位体比のプロファイルが異なるため、流出河川水等の安定同位体比を測定することにより硝酸態窒素の起源とその寄与を明らかにすることが可能である。さらには脱窒によって窒素濃度が減少する際には同位体比が変動するため、そのシグナルも捉えることが可能となる。

2. 方法

筑波山の森林を主とする集水域(0.038 km²)および南麓に位置する逆川流域(9.9 km²)を対象とし、森林においては林外雨、林内雨、リター層通過水、土壌水(10–200 cm)、地下水、渓流水を、また逆川流域においては山腹渓流水、山麓水、水田灌漑水、水田排水、逆川本流河川水、降水、霞ヶ浦用水、地下水を定期的に採取した(図1)。水試料中の NO_3^- 濃度はイオンクロマトグラ

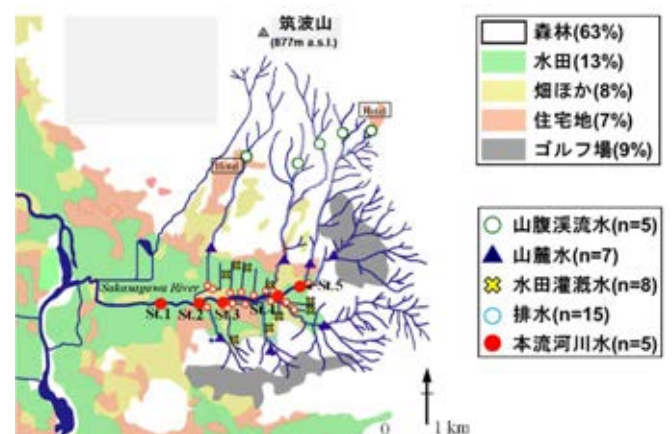


図1 逆川流域の土地利用と採水地点

法で測定し、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ 、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ および $\Delta^{17}\text{O}_{\text{NO}_3}$ 値は脱窒菌法により求めた[2]。

3. 結果および考察

・筑波山森林集水域における硝酸イオンの安定同位体比プロファイル

筑波山森林集水域の硝酸イオンの安定同位体比プロファイルを図2に示す。 $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ は林外雨および林内雨からリター層通過水を経て土壌水、渓流水に至るまで-6.61から2.30の範囲にあり、大きな変化は見られなかった。その一方で、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ および $\Delta^{17}\text{O}_{\text{NO}_3}$ は林外雨および林内雨ではそれぞれ64.78から70.80、16.16から21.07の範囲にあり、リター層通過水では $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ 、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ 、 $\Delta^{17}\text{O}_{\text{NO}_3}$ がそれぞれ-6.61から1.58、-2.43から53.39、-1.95から11.29と急激に低下し、土壌水および渓流水ではそれぞれ-2.12から13.20、-3.06から4.54となった。高い $\Delta^{17}\text{O}_{\text{NO}_3}$ と $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ は降水由来 NO_3^- に特徴的なプロファイルを示し、また0付近の値は土壌中で生成された NO_3^- に特徴的なプロファイルであることから[3]、降水物によって供給された窒素がリター層を通過する際に窒素の内部循環サイクルに取り込まれ、硝化によって大気中あるいは水中の酸素によって混合・置換されていることが観察された。筑波山森林集水域では1980年代から窒素飽和状態にあり、森林生態系内には多量の NO_3^- が蓄積していると考えられるため[4]、森林を主とする集水域からの窒素流出および逆川流域への森林由来の窒素負荷が1年を通じて生じていると考えられる。

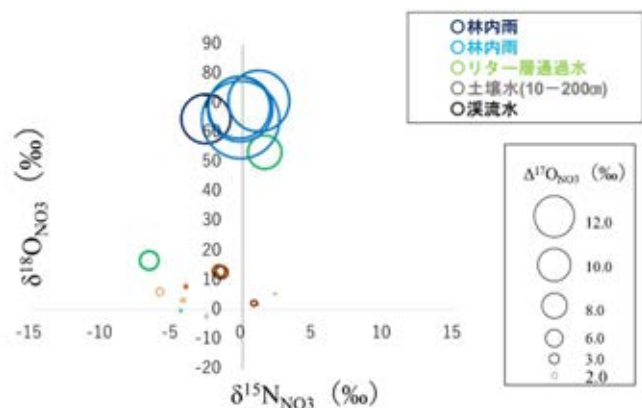


図2 筑波山試験地における硝酸イオン安定同位体比の $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ — $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ プロット

脱窒によって $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ は上昇する一方、 $\Delta^{17}\text{O}_{\text{NO}_3}$ には影響を及ぼさないため、原点と降水物由来 NO_3^- プロファイルを結ぶ直線上から上方にシフトする傾向がある。筑波山森林集水域における硝酸イオンの $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ と $\Delta^{17}\text{O}_{\text{NO}_3}$ は高い相関があった(図3)。そのため、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ の変動には脱窒は大きく関与していないと考え

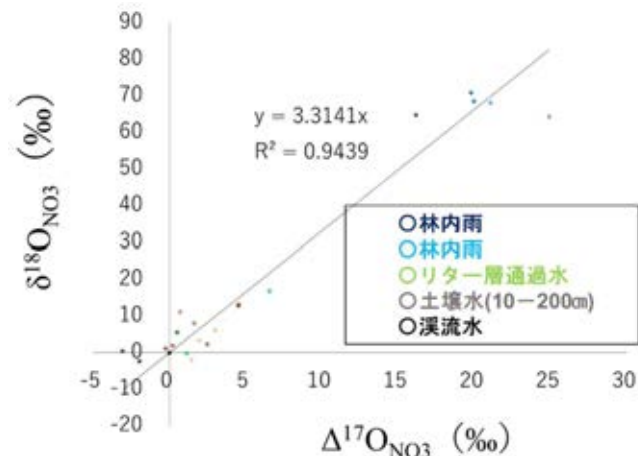


図3 筑波山試験地における硝酸イオン安定同位体比の $\Delta^{17}\text{O}_{\text{NO}_3}$ — $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ プロット

られる。

・逆川流域における硝酸イオンの安定同位体比プロファイル

逆川流域における硝酸イオンの安定同位体比プロファイルを図4に示す。 $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ は-8.11から10.50の範囲にあり、筑波山森林集水域よりも概ね高くなる傾向にあった。 $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ および $\Delta^{17}\text{O}_{\text{NO}_3}$ はそれぞれ-0.44から7.59、-0.46から3.59の範囲にあった。 $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ と $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ の相関は乏しく、これのみで脱窒の傾向は観察されなかった。高い $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ を持つ硝

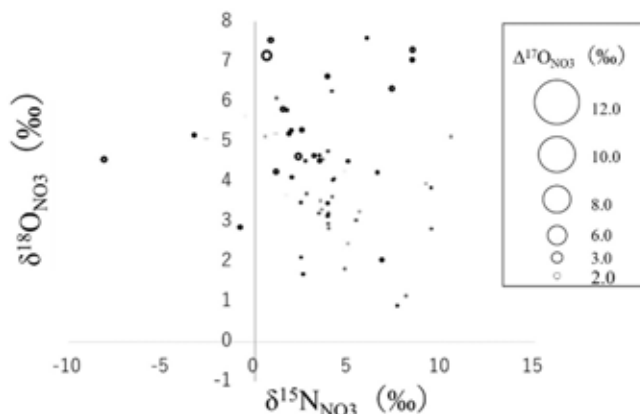


図4 逆川流域における硝酸イオン安定同位体比の $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ — $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ プロット

酸イオンは主に排水を中心に観測されており、主として生活排水由来であると考えられる。

逆川流域における硝酸イオンの $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ と $\Delta^{17}\text{O}_{\text{NO}_3}$ の関係を図5に示す。図中の直線は図3で示した原点と降水由来 NO_3 -プロファイルを結ぶ直線と同一である。逆川流域においては筑波山森林集水域と異なり直線上から上方にシフトするプロットが多く見られた。またこれらの多くは $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ 値も比較的高い傾向にあり、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ と $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ の相関がみられないものの、ある程度の脱窒が生じていることが推察された。

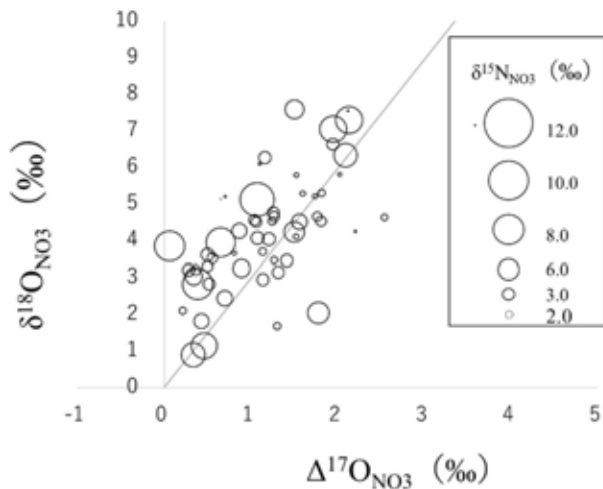


図5 逆川流域における硝酸イオン安定同位体比の $\Delta^{17}\text{O}_{\text{NO}_3}$ — $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ プロット

4. 結論

筑波山森林集水域および筑波山を水源とする水田を主とする農耕地を含む逆川流域の硝酸イオンの安定同位体を測定することにより硝酸態窒素の起源とその寄与を明らかにした。

筑波山森林集水域においては林外雨および林内雨で降水由来 NO_3 に特徴的な高い $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ と $\Delta^{17}\text{O}_{\text{NO}_3}$ 値をもつプロファイルが観測され、リター層を通過し土壌水、渓流水へと至る間に急激な低下が生じていた。

逆川流域においては生活排水由来と思われる比較的高い $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ 値を持つ硝酸イオンが排水で観測された。また $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ と $\Delta^{17}\text{O}_{\text{NO}_3}$ のプロットからある程度の脱窒が生じている $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ 値のシフトが観察された。

引用文献

- [1] 茨城県・栃木県・千葉県: 霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画(第7期)、pp.4-6、2017
- [2] Saeko Yada, Yasuhiro Nakajima, Sunao Itahashi, Kei Asada, Seiko Yoshikawa and Sadao Eguchi, Procedure for rapid determination of $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{18}\text{O}$ values of nitrate: development and application to an irrigated rice paddy watershed, Water Science and Technology, 73(9), 2108-2118, 2016
- [3] Kendall, C., Tracing nitrogen sources and cycling in catchments, In Isotope tracers in catchment hydrology, 519-576, Elsevier Science B.V., Amsterdam, 1998
- [4] 渡邊 未来、三浦 真吾、渡邊 圭司、山村 茂樹、高津 文人、錦織 達啓、越川 昌美、高松 武次郎、林 誠二、茨城県筑波山における窒素飽和と森林管理、<https://doi.org/10.11519/jfsc.124.0.215.0>、2013

浚渫土を有効利用した前浜造成について

片岡 稔温¹, 沼尻 健一², 向井 健朗³

(独)水資源機構 利根川下流総合管理所¹環境課長, ²環境課

³朝倉総合事業所 道路工事課

キーワード: 前浜、浚渫土、有効利用、土壌シードバンク、湖岸植生復元

抄録

かつての霞ヶ浦においては、ヨシ等をはじめとする抽水植物をはじめ、多様な植生が湖岸帯に存在したが、霞ヶ浦開発事業による湖岸堤築造により湖岸帯の植生が消失したほか、平成8年4月の管理開始以降も植生帯面積の微減が続いている。これら湖岸植生帯面積の減少について、独立行政法人水資源機構(以下「水機構」という。)では、維持管理の一環として実施する浚渫工事で発生する浚渫土を、平成14年度から養浜材として有効活用した前浜を造成することで湖岸植生帯の復元に取り組み、ヨシ等抽水植物の自然発生、生育を確認した。また、新たな試みとして浅瀬として整備した前浜については、沈水植物を含む湖岸植生、水生生物の生育場としての有効性を確認する事ができた。

1. はじめに

霞ヶ浦開発事業(以下「開発事業」という。)は、湖周辺の洪水被害の軽減と、茨城県をはじめ千葉県、東京都の水需要に対する新規利水の供給を目的として計画され、昭和46年3月末に当時の建設省より事業継承され、25年の歳月を経て平成8年3月に完成した。

開発事業では、無堤区間約78kmに天端高Y.P.+3.00mの堤防を新築、既設堤防区間約103kmの堤防補強のほか、霞ヶ浦に流入する52河川について、流入河川工事(護岸補強等)や、既設の諸施設(樋管・樋門、漁港・舟溜等)の補償工事を実施した。

管理開始以降、西浦では平成8年から平成15年にかけて、もともと生育していた湖岸植生の減少が確認された。また、北浦を含め浮葉・浮標植物や沈水植物についても少ない状況が続いている。図-1、2に西浦及び北浦の湖岸植生帯面積の変遷を示す。

一方、管理開始以降、維持管理の一環として、霞ヶ浦内の施設(漁港・舟溜、揚水樋管・樋門)の機能維持のため浚渫を実施しているが、浚渫土を仮置きした際に、ヨシをはじめとして様々な植物が自然発生していることを確認している。これは、風や波浪等の影響により湖底に沈殿した水生植物の種子(土壌シードバンク)が、浚渫を実施し仮置きする事で、発芽、育成に適した環境条件となり自然発生したものと考えられる。

このため、水機構では、平成14年度より湖岸の植生帯がない箇所に、浚渫土を有効活用した前浜を造成す

ることで、湖岸植生の自然発生を促し、復元を図ることとした。前浜造成により期待する効果を図-3、湖岸植生種類を図-4に示す。

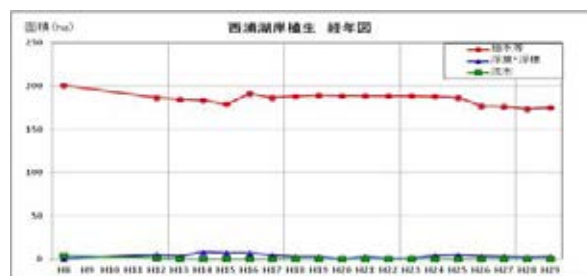


図-1 湖岸植生面積 経年図(西浦)

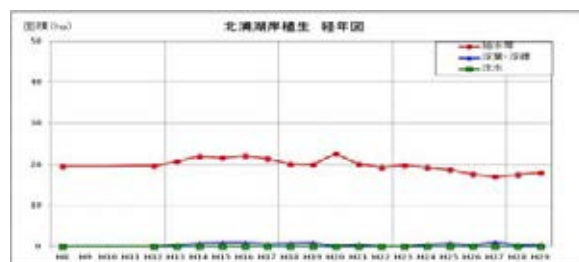


図-2 湖岸植生面積 経年図(北浦)

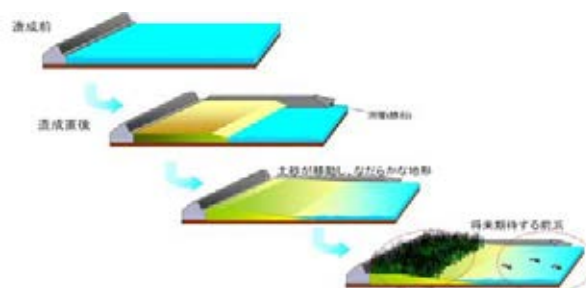


図-3 前浜造成により期待する効果

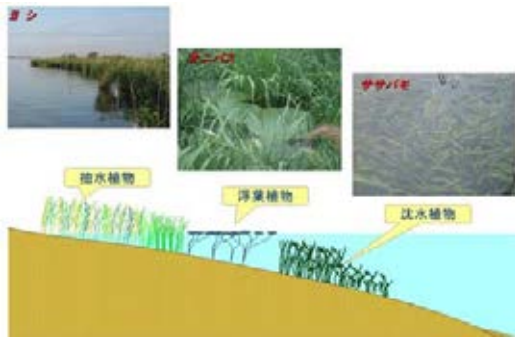


図-4 湖岸植生(水辺)の種類

2. 前浜造成の設計

2.1 湖岸植生帯の連続性を期待した前浜造成

図-3, 4に示すような湖岸植生が連続的に生育することを期待した前浜を設計するにあたって、以下に示す考え方により設計を行った。

土砂は、ある水深以下では移動しなくなる。その移動限界水深 h_i は式(1)^[1]で表すことができる。また、前浜の安定断面は式(2)^[2]で算定できる。

$$\left(\frac{H}{H_0}\right)^3 \sinh \frac{2\pi h_i}{L} = \alpha \left(\frac{H_0}{L_0}\right) \left(\frac{L_0}{d}\right)^n \quad \text{式(1)}$$

ここに、 H, L : 移動限界水深における波高、波長
 H_0, L_0 : 沖波における波高、波長
 d : 養浜材の粒径

$$h = Ax^{2/3} \quad \text{式(2)}$$

$$A = 2.25 \times (w_s^2/g)^{1/3}$$

ここに、 w_s : 沈降速度
 g : 重力加速度

$$w_s = \sqrt{\frac{2}{3} \left(\frac{\sigma}{\rho} - 1\right) gd + \frac{36v^2}{d^2}} - \frac{6v}{d} \quad (\text{Rubeyの式})$$

上記により求めた安定断面に対して、施工性を考慮することとし、図-5に示す施工断面を造成することにより土砂の移動で最終的に安定断面に落ち着くことを期待した。

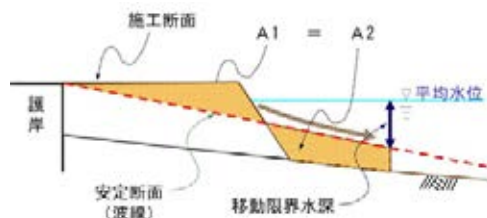


図-5 前浜造成の概念図

また、波浪等による浚渫土(植生基盤)の流出防止のため、護岸から湖方向に突堤を設置した。形状は直線を基本とするが、現地状況により横堤を配置しT型、L型とした。材料については、当初、景観、経済

性より木杭を使用した。木杭の腐食、魚類等の生育場(割ぐり石の空隙)、植生回復(空隙に堆積した漂砂による植生基盤生成)も考慮し、捨石工に変更した。

2.2 沈水・浮葉植物等を期待した前浜(浅瀬)造成

理由は後述によるが、平成 27 年度以降は、沈水・浮葉植物等を期待した前浜(浅瀬)を造成した。

2.1 との違いは、図-6に示すように、湖側に流水の連続性及び波浪抑制を確保するため、潜堤及び突堤等を設置し、その内側に浅瀬(水深 50 cm程度)となるよう浚渫土を置土した前浜を造成した。

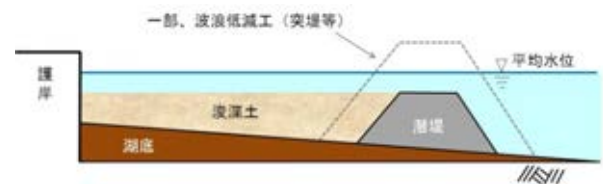


図-6 前浜(浅瀬)の概念図

3. 前浜の整備状況とモニタリング調査

水機構が平成 14 年度から平成 29 年度までに完成させた前浜造成箇所(計22地区約 18ha)を図-7に示す。これらの前浜造成地区の内、抽水植物等を想定した前浜は、21 地区(小袖ヶ浜地区の一部は浅瀬として造成)であり、浅瀬として造成した前浜は串挽地区が完成し、現在、帆津倉地区を造成中である(平成 32 年度完成予定)。



図-7 前浜造成位置図

2. 1により造成した前浜については、地形、波浪等の影響により、一部浚渫土の流出等が確認された地区もあるものの、前浜を造成後、概ね半年程度で抽水植物、陸生植物の定着が確認され、その後は、抽水植物に移っていくことを確認することができた(平成 20 年度時点の馬掛地区の確認植生:35 科 90 種)。図-8に自然植生の事例、図-9に植生モニタリング調査結果を示す。

一方で、沈水植物については継続した発生が確認されなかったため、水機構では沈水植物復元試験^[3]を平成 21~24 年度にかけ実施した結果、現在の霞ヶ浦の水



図-8 植生復元の事例(北浦:宇崎地区)

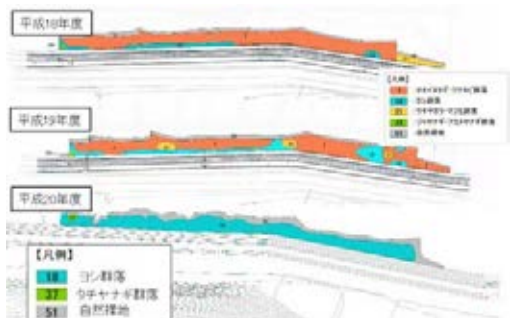


図-9 植生の変遷(西浦:馬掛地区)

質における沈水植物の生育には、水深(50 cm程度)、波浪抑制の他、浅瀬上に堆積する浮泥を除去する必要があることが判明したため、突堤内部に浅瀬(50 cm程度)を造成するとともに、沖側に湖水の出入口(潜堤)と波浪抑制工(突堤等)を造成することで、沈水植物等に加え、水生生物の生息場となることを期待した。

浅瀬として造成した前浜のうち、小袖ヶ浜地区(平成22年造成後、平成26年度に突堤改築)では、平成29年7月に実施した植物調査において、36科87種の植生と期待した沈水植物としてマツモ(図-10)を確認した。

なお、重要種はマツモを含む4種、特定外来植物は、ミズヒマワリ等2種が確認されている。



図-10 調査風景と沈水植物の確認
(西浦:小袖ヶ浜地区)

一方、浅瀬として平成28年度に造成した串挽地区では、25科66種の植生が確認されたものの、浚渫土がシルト分を多く含んでいたこともあり、沈水植物は確認されなかった。なお、重要種は、カワヂシャを含む3種、特定外来種は、アレチウリ1種を確認している。

また、両地区において平成29年7月に実施した魚介類調査(刺網:20,50mm、投網12,18mm、魚カゴ、セルビン等)では、魚類3目5科14種、貝類4目5科5種、エビ

類1目1科2種を確認したほか、串挽地区では、石積突堤に魚卵(ヌマチチブと推測)を確認した(図-11)。それぞれの地区における魚類の優占種を図-12に、貝類・エビ類の優占種を図-13に示す。



図-11 確認された魚卵(北浦:串挽地区)

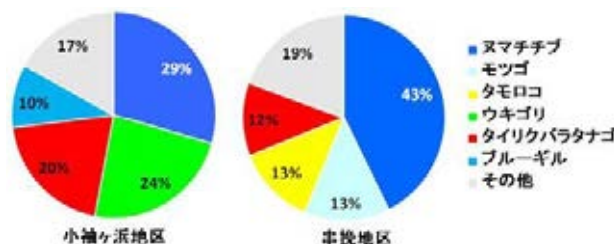


図-12 魚類の優占種

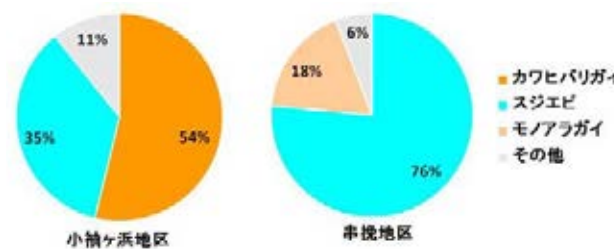


図-13 貝類、エビ類の優占種

4. まとめ

水機構が管理事業の一環として実施する浚渫工事により発生する浚渫土の置場について、霞ヶ浦の湖岸植生や魚類等の水生生物の生育場として配慮した前浜として造成することにより、霞ヶ浦の自然環境の復元に寄与できたものと考えている。

また、新たな試みとして浅瀬として造成した前浜においても、多種多様な湖岸植生、水生生物の生育の場として良好であることが確認できた。

一方で、特に植生については、浚渫土の土質状況により影響を受けたことが想定されたことから、今後、時間経過による環境変化を確認するとともに、更なる自然環境への配慮を行っていく予定である。

引用文献

[1] 社団法人土木学会、海岸施設設計便覧.2000.p132.
 [2] 社団法人土木学会、海岸施設設計便覧.2000.p463.
 [3] 清水竜太: 霞ヶ浦における沈水植物復元試験に関する成果、関東ブロック技術研究発表会、2012

モニタリングデータが語る霞ヶ浦の水質変化

小松 一弘¹, 高津 文人¹, 松崎 慎一郎¹, 中川 恵¹, 富岡 典子¹, 上野 隆平¹, 篠原 隆一郎¹, 土屋 健司¹

¹ 国立研究開発法人国立環境研究所

キーワード: 霞ヶ浦, モニタリング, 環境因子と生態系機能, FRRF 法(Fast Repetition Rate Fluorometry)

抄録

1976年に開始された国立公害研究所(現:国立環境研究所)による霞ヶ浦モニタリングは今年で42年目を迎えた。本報告では、そのうち筆者自身もその取得に関わった2000年代以降の一部のデータに焦点を絞り、近年の霞ヶ浦における水質変化について論じる。霞ヶ浦ではアオコ問題が2009年に生じ、2011年には13年ぶりの大発生で社会問題化するなど、事態が深刻化した。なぜ突然アオコが大発生したのか?その原因は明らかとなっていないが、我々は湖水柱・底泥の環境因子と生態系機能の連動関係にその要因があるのではないかと想定した。本報告では、これまで蓄積したモニタリングデータを俯瞰しながら、アオコ再発生に至る水質・底質変化について概説したい。

1. はじめに

1976年に開始された国立公害研究所(現:国立環境研究所)による霞ヶ浦モニタリングは1996年以降、UNEPの実施するGEMS/Water事業のトレンドステーションとして位置づけられ、現在でも継続されている。また2006年には日本長期生態学研究ネットワーク(JaLTER; Japan Long-Term Ecological Research Network)のコアサイトにも登録された。

本モニタリングの最も特徴的な点は、研究者が直接的に携わっていることにある。つまり単に事業を継続するだけではなく、それぞれの年代を反映する研究ニーズを盛り込んだ調査が推進されている。例えば2000年代以降は、代表的な流入河川の調査が追加的に行われており、底泥調査も2003年から開始されている(現在、河川調査は継続中。底泥調査は規模を縮小しながら継続中)。これまで数多くの研究者の努力によりモニタリング事業が継承され、今年で42年目を迎えた。国内外を見渡してもなかなか例を見ない長期間のモニタリングとなり、膨大なデータが蓄えられている。

本報告では、それらのうち筆者自身もその取得に関わった2000年代以降の一部のデータに焦点を絞り、近年の霞ヶ浦における水質変化について論じる。霞ヶ浦では、アオコ問題が2009年に生じ、2011年には13年ぶりの大発生で社会問題化するなど、事態が深刻化した。流域発生源対策が着実に進められていながら、なぜ突然アオコが大発生したのか?その原因は明らかとなっていないが、我々は湖水柱・底泥の環境因子と生態系機能の連動関係にその要因があるのではないかと仮説

を設定し、検証を行うこととした。

2. 方法

2.1. 調査方法

調査地点と緯度経度の情報を図1と表1に示した。調査地点はSt.1~12の西浦における10地点である(St.5とSt.10は欠番)。代表地点の湖心はSt.9であり、高浜入りでの代表地点はSt.3、土浦入りでの代表地点はSt.7である。採水頻度は毎月1回、悪天候時を除き概ね各月の10日に近い水曜日に実施して

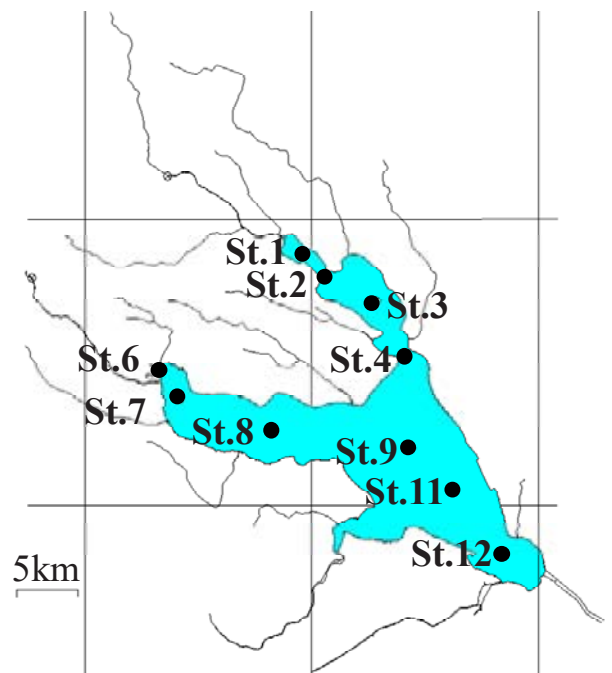


図1: 採水地点

表 1：採水地点の緯度と経度[1]

地点	St.1	St.2	St.3	St.4	St.6
北緯	36° 08.952'	36° 08.262'	36° 07.302'	36° 05.352'	36° 04.912'
東経	140° 19.492'	140° 20.422'	140° 22.652'	140° 23.892'	140° 13.223'
地点	St.7	St.8	St.9	St.11	St.12
北緯	36° 03.902'	36° 02.722'	36° 02.142'	36° 00.503'	35° 58.593'
東経	140° 13.993'	140° 17.972'	140° 24.222'	140° 26.152'	140° 28.332'

いる。各調査地点では水質センサーを用いた水温、溶存酸素、pH、光量子等の現場測定、2m カラム採水器やプランクトンネットを用いた試料採取を行っている。得られた試料は実験室に持ち帰り、各種測定を行っている。また 2004 年以降、限定的ながら St.3, St.7, St.9 において底泥コア採取も実施した。

2.2. 測定方法

現場測定項目等の水質・生物項目については、そのデータと共に測定方法を国立環境研究所のウェブサイト[1]で公開している。底泥試料については今井[2]の報告に準じて前処理等を行い、測定に供した。FRRF 法(Fast Repetition Rate Fluorometry)による一次生産速度の測定は小松ら[3] の手法に準じた。

3. 結果

2000 年代当初の霞ヶ浦では全域において白濁現象が見られた。図 2 と図 3 に示す通り、これは透明度の減少と懸濁物質濃度(SS: Suspended Solids)の増加としてモニタリングデータに反映されている。2006 年 4 月には本モニタリング開始以来、最大の SS 濃度(66.8mg/L)と最小の透明度(30cm)を同時に記録した。なお SS のうち、有機態炭素(POC: Particulate Organic Carbon)及び窒素(PON: Particulate Organic Nitrogen)は白濁が確認された時期であっても濃度上昇が見られなかった。

各藻類の細胞数密度について変化に着目すると、白濁のピーク時である 2006 年、珪藻類の急激な増加が見られた(図 4)。2006 年 3 月にはモニタリング開始以来の最大値を示している。その後、少しのタイムラグを経て 2007 年夏季から藍藻類の細胞数密度が増え始めており、2011 年のアオコ大発生もデータに反映されている。

4. 考察

白濁が観測された 2000 年代当初には SS の増加が見られた一方、POC や PON 濃度には大きな変化がなかった。これらの結果から白濁の原因となる成分は無機物であると考えられる。宇田川ら[4]は X 線回折等の結果より、白濁の原因成分をカルシウムと結論づけているが、その

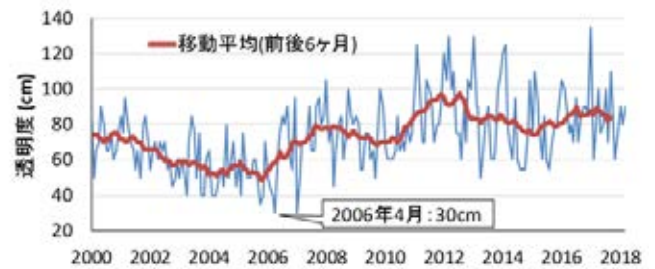


図 2：透明度の経年変化 (St. 9, 湖心)

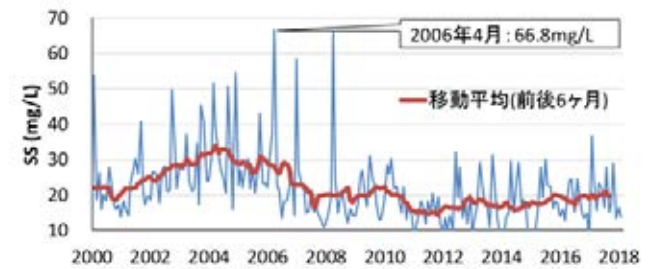


図 3：SS の経年変化 (St. 9, 湖心)

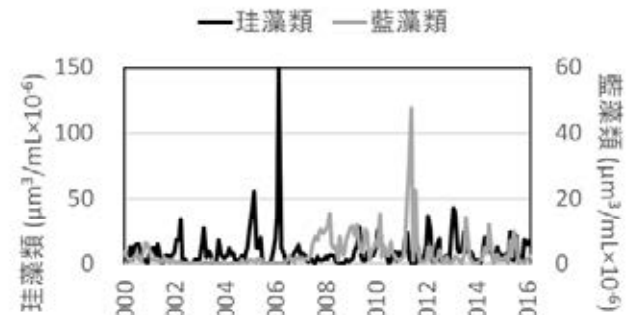
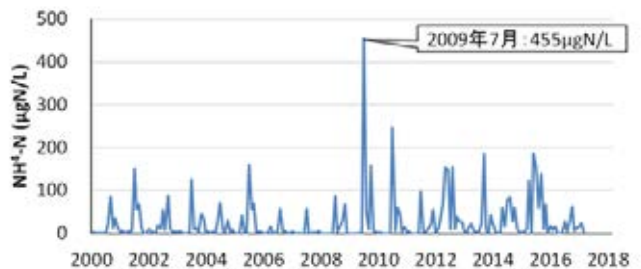


図 4：藍藻類と珪藻類の細胞数密度 (St. 9, 湖心)

図 5：NH₄-N の経年変化 (St. 9, 湖心)

起源等、明確なことは現在でも明らかになっていない。

2011 年には藍藻類の増加に伴う大規模なアオコが見られた。この要因として様々に考えられるが、その一つに透明度の上昇が考えられる。図 2 に示す通り 2007 年以降、霞ヶ浦では急激な透明度上昇が見られた。Tomioka et al. [5] も藻類増殖における光環境の重要性を指摘している。

もう一つの要因として重要と考えられるのが、2009 年以降、湖水柱で観測されたアンモニア性窒素(NH₄-N)濃度の急激な上昇である。2009 年 7 月には、本モニタリング開始以来、最大の NH₄-N 濃度(図 5: 455 µgN/L)を示

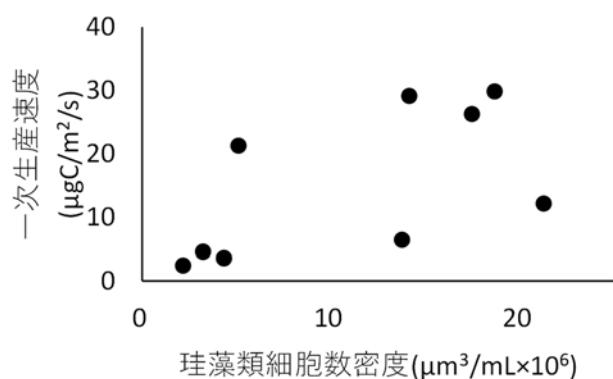


図6：一次生産速度と珪藻類濃度の関係
(2015年7月～2016年3月, St. 9, 湖心)

していた。また底泥直上における $\text{NH}_4\text{-N}$ も同時期に急激な濃度上昇を示しており、全溶存態窒素濃度の約50%が $\text{NH}_4\text{-N}$ だった(それ以前は約30%)。2009年以降、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の溶出フラックスが大きかったと考えられる。

底泥環境に着目すると、その間隙水中では溶存有機物(DOM: Dissolved organic matter)と栄養塩類($\text{NH}_4\text{-N}$ とリン酸態リン $\text{PO}_4\text{-P}$)の濃度が2006年頃から顕著に増加していた。また、間隙水DOMの高分子画分と溶存炭水化物の濃度がいずれも間隙水全層において著しく減少しており、底泥環境の急激な変化をうかがうことができる[6]。さらに2007年8月、間隙水 $\text{NH}_4\text{-N}$ の突然の濃度上昇と、底泥細菌群集での Firmicutes 門 Bacillus 属の突然の優占化が、明白に観察された[7]。同 Bacillus 属が持つ npr 遺伝子によるタンパク質分解が活性化して、間隙水中 $\text{NH}_4\text{-N}$ の濃度上昇を加速化したと示唆された。底泥におけるそうした生態系機能(溶出等)が、アンモニア性窒素濃度の上昇等に見られるような湖水柱の環境変化をもたらし、最終的にはアオコの発生に至ったのではないかと推察される。

また、その逆として湖水柱での生態系機能が底泥環境に及ぼす影響も様々に考えられる。例えば上記の底泥環境の変化は、2006年3月に見られた珪藻類の急激な増加が関連している可能性が高い。そこで我々は湖水柱での生態系機能の基礎的項目として一次生産に着目した。現場で瞬時に定量できるようにするため、蛍光法の一つである FRRF 法(Fast Repetition Rate Fluorometry)を適用し、2015年7月～2017年6月に計測を行った。その結果、 $2.4\sim 57.0(\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s})$ と変動幅が大きく、明確な季節変動は見られなかった。しかし珪藻類細胞数密度数と比較すると、図6に示す通り正の相関($R^2=0.60$)が見られたのに対し、藍藻類細胞数とは負の相関($R^2=-0.40$)を示していた。これは湖心だけでなく高浜入りの St.3 でも同様であった。つまり霞ヶ浦における湖

水柱での生産は、珪藻の存在量に強く影響を受けていることが分かる。2007年8月に見られた底泥環境の変化は、その前年に起きた珪藻類の急激な増加(湖水柱での生産とその沈降)によりもたらされた可能性がある。

5. 結論

日本第2位の面積を誇る霞ヶ浦であるが、平均水深は4mと他湖沼と比較して浅いため、実は蓄えている水量で比較すると国内第13位に陥落する。しかしポジティブに言えば霞ヶ浦は「日本を代表する『浅い湖』」として位置づけることができる。

「浅い湖」と「深い湖」の違いには様々考えられるが、水質での相違を考えると、底泥の影響を受けやすいかどうか重要なポイントになる。2006～2007年、霞ヶ浦では底泥と言う見えない場所で、大変重要な変化が起きていた。そしてそれは徐々に湖水柱の水質にも影響していくこととなり、5年後の2011年、その影響はアオコの大発生と言う形で発現した。こうした事実は底泥モニタリングを行っていなければ明らかにならなかったものである。2000年代当初より綿密に調査計画をたて、底泥調査を開始していた先人達の慧眼に敬意を表しつつ、今後も霞ヶ浦ならではの水質問題に取り組んでいきたい。

引用文献

- [1] 国立環境研究所：霞ヶ浦データベース，<http://db.cger.nies.go.jp/gem/inter/GEMS/database/kasumi/index.html>
- [2] 今井章雄：有機物リンケージに基づいた湖沼環境の評価および改善シナリオ作成に関する研究，国立環境研究所特別研究報告書，SR78，2007
- [3] 小松一弘，今井章雄，富岡典子，高村典子，中川恵，佐藤貴之，霜鳥孝一，高津文人，篠原隆一郎：FRRF (Fast Repetition Rate Fluorometry)法による一次生産速度測定手法の検討，土木学会論文集G (環境)，71(7)，pp309-314，2015
- [4] 宇田川弘勝，高村典子：霞ヶ浦における湖水白濁現象の原因物質の特定，陸水学雑誌，68(3)，pp. 425-432，2007
- [5] Tomioka N., Imai A., and Komatsu K.: Effect of light availability on *Microcystis aeruginosa* blooms in shallow hypereutrophic Lake Kasumigaura, Journal of Plankton Research, 33(8), pp. 1263-1273, 2011
- [6] 今井章雄：流域圏生態系研究プログラム，国立環境研究所研究プロジェクト報告，SR117，2016
- [7] Tsuboi S., Yamamura S., Imai A., Satou T., and Iwasaki K.: Linking Temporal Changes in Bacterial Community Structures with the Detection and Phylogenetic Analysis of Neutral Metalloprotease Genes in the Sediments of a Hypereutrophic Lake, Microbes and Environments, 29(3), pp.314-321, 2014