

いま、霞ヶ浦のアオコとワカサギを語る

沼澤篤（霞ヶ浦水質調査研究会代表、一般社団法人霞ヶ浦市民協会研究顧問）

2024 年夏、13 年ぶりに霞ヶ浦でアオコがかなり発生しました（茨城新聞 2024 年 8 月 30 日付）。夏の南東風に吹き寄せられたアオコは、風下の土浦港、市内新川下流に吹き溜まり、アオコ特有の青白い水面が広がりました（写真 1, 2）。近年、アオコ発生は少なかったため、霞ヶ浦の水質は改善されてきたのではないかと考えていた土浦市民を驚かせました。アオコは、様々な条件が重なった時に大発生します。その条件を検証していくことで、霞ヶ浦の水質、生態系、個々の生物の現状が見えてきます。本稿では特に、近年漁獲量、現存量が激減しているワカサギとの関係性やその他の複雑な要因に注目していきます。



写真 1 土浦港のアオコ 2024 年夏



写真 2 新川のアオコ 2024 年夏

<アオコとは何か>

ここでアオコについて科学的に説明します。いわゆる「アオコ現象」とは、「湖、沼、池の水の富栄養化が進み、水温上昇と十分な太陽光の下で、藍藻類とくにミクロキスチス属が優占的に増殖し、水が一面に緑色になる現象」のことです。昔は「水の華」「モクの華」と呼びました。英語では「アルガル・ブルーム」「ウォーター・ブルーム」といいます。

アオコ現象が進むと、ミクロキスチスが水面に浮上し、風によって風下に吹き寄せられ、ドックなどに堆積します。浮上する理由は、ミクロキスチスの細胞が増殖して群体となり、寒天質の物質に包まれ、細胞がつくる気泡によって浮力がついて水面に浮きあがるためです。堆積したアオコは腐敗しはじめ、青白い塊となり、悪臭を発生します。その臭いは周囲に拡散し、悪臭被害をもたらします。

アオコはミクロキスチンという物質を生産し、腐敗時に水中に拡散します（渡辺真利代他 1994）。ミクロキスチンは発がん性が報告され（彼谷 1995）、湖水を原水とする水道水の水質を悪化させるおそれがあり、浄水場では、活性炭、オゾン、ハニカム生物膜などで高度に浄水処理されますが、多額の費用がかかり、水道水料金が高くなります。霞ヶ浦・北浦の浄水場では、高度処理した水道水を供給しています。しかし、世界各地で、アオコが発生した湖水を家畜の飲み水や水道水に使用した事例では、被害が報告されています。

<アオコの生物学>

アオコの主体となる藍藻類は、原始的な植物プランクトンです。約 30 億年前、原始生命体の一つとして、葉緑体を持つ細胞として海水中に出現したと考えられています。その細胞は、核膜を持たない原核生物で、大腸菌などに近い仲間です。シアノバクテリアと呼ばれることがあります。藍藻類は葉緑体を持つことで、太陽光エネルギーを利用して光合成を行い、大気中に酸素を供給しました。それまで大気中に酸素がなかったのです。酸素があることで、酸素呼吸する動物が進化していきました。動物は、糖類を酸素によって分解し、ATP（アデノシン三リン酸）と呼ばれるエネルギー物質を作り、筋肉を動かして運動性を獲得しました。また、大気中の二酸化炭素から光合成によって作られた有機物（糖類、デンプンなど）は出現してきた各種動物の食物となりました。

藍藻類には、群体状のミクロキスチス属（種名：エルギノーサ、ビリディス、ノバセツキ、ウェーゼンベルギー、イクチオブラーベなど、写真 3, 4）のほか、アモルファス（無定形）なクロオコッカス類、アフアノカプサ類、糸状藍藻類（プランクトスリックス類）があり、それぞれ増殖条件が異なります（渡邊 2007）。糸状藍藻類は、約 20～30 年前の霞ヶ浦では、ミクロキスチス属の藍藻類が減少した一時期に、優占したことがありました。

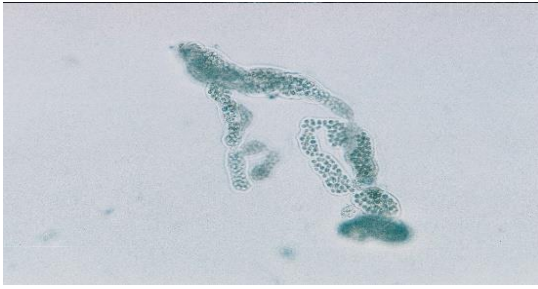


写真3 M. エルギノーサ



写真4 M. ノバセッキ

＜アオコが増殖する条件＞

霞ヶ浦では、一年中アオコが大発生しているわけではありません。アオコが主に発生する季節は7～9月頃です。つまり太陽光の照射エネルギーが強く、水温が高い時期です。これが重要な二条件です。しかし、それだけではなく、水中の窒素、リンの濃度が高く、アオコの養分になることが重要です。強い光、高い水温、水中の養分（肥料分）がアオコ増殖にとって基本的な三条件です。この中で光化学反応のエネルギー源である太陽光は重要です。夏になると強い太陽光が湖面を照射しますが、湖水の透明度が低いと太陽光が深くまで到達できず、湖底の泥で休眠していたアオコ細胞を活性化しません。アオコの増殖には、ある程度の透明度が必要です。従って、常時、白濁が生じているような湖水では、アオコは発生しにくいのです。

＜霞ヶ浦におけるアオコ発生の歴史＞

霞ヶ浦では、明治時代からアオコ発生の記録があります。しかし、湖面一面を覆うほど大発生したのは、高度経済成長時代に重なります。昭和30年代の後半には、毎夏、アオコが発生するようになり、昭和48年夏には霞ヶ浦の全面がアオコで覆われ、養殖鯉が大量死しました。アオコが腐敗する時に酸素を消費するため、湖水が酸欠になったことが原因と言われています。また霞ヶ浦の、マシジミ、カラスガイ、ドブガイ、イシガイなどの淡水二枚貝類がほぼ全滅しました（戦後、治水目的で、利根川、常陸利根川が拡幅浚渫された後、海水が遡上して一時大量に棲息していた汽水性のヤマトシジミは、逆水門設置後まもなく大量死しました）。アオコ大発生を機に霞ヶ浦北浦で十数か所あった遊泳場が全て閉鎖されました。遊泳の水質基準を満たせなくなったためです。

当時、アオコが大発生すると、霞ヶ浦湖水を原水とする水道水に着臭し、風呂の湯は薄

い緑色で不快な臭いが漂いました。おりしも筑波研究学園都市を会場に、つくば科学万博が開催されたことを機に、土浦市大岩田の霞ヶ浦浄水場では、高度濾過、ハニカム生物処理、活性炭処理など高度浄水処理技術を導入しました。

一方、霞ヶ浦は「アオコが発生する汚れた湖」というイメージが定着し、観光客から敬遠され、土浦―潮来―鹿島神宮間の定期航路が廃止されました。霞ヶ浦の漁業者は、アオコ発生に象徴される霞ヶ浦の水質悪化の原因が、1963年の常陸川水門（逆水門）の設置にあるとして、水上デモンストレーションを行い、水門開放を要求しましたが、すでに淡水化された湖水に依存する経済構造（農業用水、工業用水、水道水）の維持が優先され、開門は受け入れられませんでした。

<市民活動の活発化と衰退>

アオコ大発生を憂えた、意識が高い市民が「土浦の自然を守る会」を魁として（奥井1992）、各市民団体を結成、活動の活発化、行政への要望、自主的水質調査、第2回水郷水都全国会議と第6回世界湖沼会議の誘致、茨城県霞ヶ浦環境科学センター設置などに結びつきました。しかし、アオコ発生が少なくなった現在、市民の意識が後退し、かつて運動を担った市民が高齢化し、若い世代は関心が薄く、現在の市民活動は低調です。

<アオコ発生に対する国の対応、茨城県の対応>

アオコ発生に象徴される霞ヶ浦の水質悪化状況に対し、行政の対応を列举すると、霞ヶ浦富栄養化防止条例（現在は霞ヶ浦水質保全条例に改称）の制定、湖沼水質保全特別措置法における霞ヶ浦の指定、下水道・合併処理浄化槽・農業集落排水処理施設などの整備・増設、工場・事業場の廃水処理施設の整備、つくば市等の下水処理水の域外（利根川）放流、農地の適正施肥指導、霞ヶ浦問題協議会（流域市町村、国交省加盟）の結成、湖岸のゴミ回収、小規模事業場排水対策、畜産廃水対策、森林湖沼環境税、世界湖沼会議への参加、霞ヶ浦環境科学センター設置、大規模底泥浚渫、霞ヶ浦導水事業などです。

<アオコを食べる魚、二枚貝類>

ハクレンは、戦前に中国大陸の長江（揚子江）流域から利根川水系に導入された魚種

で、一時アオコを食べる魚として注目され、茨城県水産行政によって網生簀無給餌飼育が試みられたことがありました。しかし、ハクレンの調理時に魚体の臭気を除去することが難しく、流通と消費のルートに乗りませんでした。ハクレンは養殖場の網生簀から逸出し、霞ヶ浦水系で繁殖するようになりましたが、大量に酸欠死し、死体が水面へ浮上する事象がしばしば発生しています。ヘラブナもアオコを食べる魚といわれたことがあります。シジミ類、カラスガイ、ドブガイ、イシガイ、イケチョウガイ（琵琶湖からの移入種、淡水真珠養殖の母貝として）などの二枚貝類は、濾過性摂食によって植物プランクトン（アオコをふくむ）を餌とするとされますが、野外で効果を検証することが困難です。現在では、霞ヶ浦の二枚貝類は絶滅に近い状況です。

<アオコを食べる動物プランクトン>

アオコを食べる動物プランクトンは、ほとんどいません。カブトミジンコ、ゾウミジンコ、オナガミジンコ類は、アオコ以外の珪藻類、緑藻類などの植物プランクトンを食べるので、これらの動物プランクトンが大発生すると、植物プランクトンが食べられて減少し、一時的に透明度を上昇させます。初夏に透明度が上昇すると、太陽光エネルギーが湖底に達し、アオコ細胞を活性化させ、盛夏にアオコが増殖しやすくなります。太陽光の到達深度は、透明度の約2倍（補償深度）です。

<アオコの人工回収>

土浦港など高密度にアオコが集積する場所では、国土交通省のアオコ回収船「清明」「美浦」等が出動し、遠心分離法で濃縮・回収したアオコをドラム缶に詰め、沖合での焼却処分や、肥料化で処理していました。肥料は、小学校の花壇に施肥され、あるいは地元のホームセンター「ジョイフル本田」で販売されたことがあります。土浦市内の新川下流にアオコが発生するとオイルフェンスを張り、バキュームカーに繋いだハンドスキーマーで水面のアオコを吸い取ることも行われました。

<大規模底泥浚渫の影響>

アオコの大部分は、秋になると湖底に沈み底泥を構成します。その底泥が厚く堆積し、湖底環境を悪化させます。湖底でアオコが分解すると溶存酸素を消費し、酸欠となり、底

生生物への影響が深刻です。また夏期には嫌気条件下で、底泥からリンや窒素が水中に回帰します。それが再びアオコの養分となり、大発生に結びつくと考えられていました。その悪循環を断つために、国土交通省は、国立環境研究所の研究成果などを根拠にして、1996年から2005年ごろまで約10年間、大規模底泥浚渫事業を実施しました。

これによって霞ヶ浦（西浦）の湖底面積の約8割が浚渫されました。北浦は対象外です。底泥は、カスミザウルスと命名された専用浚渫船によって、表層30cm分を、泥が拡散しないバキューム方式で吸い上げられ、湖水とともに送泥管によって中継船を経て、沿岸の低湿地に運ばれ、嵩上げに使われました。この事業による水質改善効果は判然とはしませんが、少なくとも、その後の湖水の水質は概ね横ばい状況です。浚渫が実施されなかった北浦では、全リン濃度の上昇傾向が継続しています。北浦流入河川では全リン濃度は横ばい傾向ですが、全窒素濃度は上昇しています。銚田市、小美玉市周辺など畜産が盛んな地域における畜産廃棄物の農地還元が影響しています。施肥された農地では余剰の窒素、リンなどの成分が、浅層地下水に流出、台地端で湧出し、河川への流入を経て、巴川や銚田川の水質に影響することで、北浦への負荷を増大させています。

霞ヶ浦と北浦では、負荷の事情が異なっています（茨城県環境対策課HP, または茨城県環境白書2023）。ここで重要な視点は、湖沼生態系において底泥堆積という自然の遷移が断ち切れ、水質改善という名目のもとで人工的に浚渫されたことです。当然、底生生物群集への影響が大きかったことが推定されます。

<アオコとベントス類、沿岸生態系を構成する生物との関係>

自然湖沼としての霞ヶ浦では、秋期に大部分のアオコは湖底に沈み、翌年まで休眠します。また有機物として、湖底生物類（ベントス）であるユスリカ幼虫（アカムシ）、貧毛類（イトミミズ類）、濾過性摂食の二枚貝類などの餌となります。アカムシやイトミミズは、エビ類、ハゼ類、トンボ幼虫（例：ウチワヤンマのヤゴ）などの餌になります。腐食による食物連鎖を構成していたユスリカ類は初夏に羽化し、蚊柱を作り、オオヨシキリやツバメの餌となります。30年前、桜川河口、土浦市手野、稲敷市浮島妙岐鼻のヨシ原では、オオヨシキリがコロニーを形成して繁殖していました（沼澤1993）。オオヨシキリの巣にはカッコウが托卵しましたが、近年は湖岸ヨシ原のオオヨシキリのコロニーが激減し、カッコウの声も聞かれなくなりました（沼澤2025）。ツバメも少なくなりました。かつては、土浦市内の駅前商店街の軒先には、ツバメが営巣し、市民に見守られながら育雛

していましたが、現在は見られません（沼澤・奥井 1990）。アオコ発生量が少ないことがユスリカを減らし、生態系の上位に位置する鳥類の生息環境に影響していると考えられます。

<2011 年夏に、なぜアオコが大発生したのか>

東日本大震災（2011 年 3 月 11 日発生）の 5 月に、季節外れのゾウミジンコ（ボスミナ）が大発生し、土浦入りの水域でも透明度が 1.5m に達しました（朝日新聞茨城版 6 月 27 日付）。通常は 0.6m 程度です。その年の夏は、久しぶりにアオコが大発生し、土浦港の水面にアオコが集積し、住民から悪臭に対する苦情が土浦市役所や茨城県の出先機関などに寄せられ、当時の橋本昌県知事が視察に訪れました。この年、アオコが大発生した理由は、5 月のゾウミジンコの大発生と関連があることが考えられました。ゾウミジンコの休眠卵は、湖底の泥中に存在しています。通常の間では、8 月頃に休眠が打破されて孵化し、植物プランクトンを摂食しながら成長し、さらに捕食者のワカサギやシラウオの成魚の目を逃れたものが、成熟して抱卵すると考えられます。9 月から 10 月にかけてプランクトンネットに入るゾウミジンコは、背中に 2 個の大きな卵を背負っており、通常は受精することなく単為生殖で孵化しますが、秋にはオスが出現して受精します。受精卵は底泥の中で越冬し、翌年の夏期から秋期にかけて孵化、成長するライフサイクルを持っています。

しかし、通常年と異なり、2011 年の 3 月に東日本大震災が発生し、土浦市でも震度 6 弱の揺れが観測されました。その物理的振動によって、敏感な休眠卵が季節外れに賦活した可能性があります。実際、土浦港の岸壁で観察した市民の目撃談では、激しい振動により、湖底から微細な泡が多数浮き上がったということです。その成分は、おそらくメタン、硫化水素、窒素等であろうと推測されます。もう一つの可能性は、当時福島第一原発の原子炉の水素爆発によって飛散した放射性セシウムが、気流によって南下し、茨城県南から千葉県北部に達しましたが、その放射性セシウムが、流域土壌を汚染し、汚染土が降雨によって河川に流出して霞ヶ浦に至り、湖底の泥中で休眠していたゾウミジンコ卵を賦活した可能性も考えられました。実際、河川河口部の川底や湖底の泥では、当時かなりの放射線量が継続的に測定されましたが、幸い、放射性セシウムは、水中には移行しにくく、湖水、水道水の放射線量は基準値以下でした。また、ワカサギは寿命一年の年魚であり、放射性セシウム蓄積濃度は十分低かったのです。ただし、アメリカナマズなど雑食性で寿命が長い魚種は、養殖されたもの以外は、数年間、食用にしないように指導されまし

た。

この年5月、前述のようにゾウミジンコが季節外れに異常発生しました。この時期、本来の捕食者であるワカサギ、シラウオはまだ稚魚であり、ゾウミジンコへの捕食圧が低く、ゾウミジンコは植物プランクトン（藍藻類以外の珪藻類、緑藻類）を摂食して大量発生し、透明度を上昇させることで、太陽光が湖底の底泥まで到達しました。太陽光は休眠中のアオコ細胞を活性化し、夏期の水温上昇と高濃度の窒素、リンを養分にして増殖し、久しぶりのアオコ大発生に結び付いた可能性があります。

<2024年夏に、なぜアオコが大発生したのか>

2024年5～6月に、久しぶりにカブトミジンコ（ダフニア）がかなり発生しました。カブトミジンコは、珪藻類、緑藻類を食べ尽くし、湖心で1.5m程度の透明度が記録されました。例年、この時期では、ワカサギ、シラウオがミジンコ類を捕食して成長しますが、近年は特にワカサギの現存量が極端に少なく、ミジンコ類への捕食圧が低いため、生き延びたカブトミジンコが多かったと考えられます。通常、霞ヶ浦・北浦では、ワカサギによる捕食圧が高く、カブトミジンコの発生は、通年で少ないのです。1988～1989年にカブトミジンコが大発生し、霞ヶ浦湖水としては、異常に高い透明度（約4m）が記録されたことがあります（花里1998）。この時は、汽水性のイサザアミが少なく、カブトミジンコへの捕食圧が低くなったために、結果的にカブトミジンコが優占したのではないかという説がありました。現在は通年でイサザアミが少ないので、その捕食圧の影響は除外できそうです。一方、後述するように、近年ワカサギが激減し、ワカサギによるミジンコへの捕食圧も激減しているので、ミジンコ類が増えやすい状況にあります。

カブトミジンコが優占すると、前述のように藍藻類以外の植物プランクトンを食べ尽くすので透明度が上昇し、太陽光エネルギーが湖底のアオコ細胞を刺激して、増殖するようです。カブトミジンコやゾウミジンコは、アオコを食べませんが、その理由はよくわからないのです。毒素があるためかもしれません。もし、ミジンコ類がアオコを摂食すると、アオコの毒がミジンコに移り、さらにミジンコがワカサギやシラウオに捕食されれば、アオコ毒がワカサギ、シラウオにまで移動して濃縮される可能性があります。霞ヶ浦の水産のシンボルであるワカサギやシラウオにアオコ毒が移らないのは、ミジンコ類がアオコを食べないからであり、幸いなことです。霞ヶ浦のアオコ、ミジンコ、ワカサギ・シラウオは、食物連鎖を通じて、複雑な生態系を構成する代表的な生物種であり、相関関係が強い

く、興味深いものです。

2024 年夏期には案の定、土浦港と新川河口にアオコが発生し、集積しました。その原因は、初夏に湖水中でカブトミジンコが優占し、珪藻類、緑藻類の植物プランクトンを食べ尽くした結果、透明度が上昇し、太陽光が湖底に達してアオコ細胞を刺激し、おりからの猛暑と湖水の富栄養化が重なり、アオコ細胞の指数関数的な増殖に直結したと考えられます。キーポイントは、なぜ 2024 年、カブトミジンコが発生したのかです。この年の初夏は、通常の年では発生しない大型ミジンコであるノロミジンコも発生していました。カブトミジンコ、ノロミジンコの発生は、次ぎに述べるワカサギ現存量の激減と関係がありそうです。その前にアオコ発生の要件を改めてまとめておきましょう。

<アオコ発生の要件>

- 1、湖水の過度の富栄養化
- 2、夏期の水温上昇
- 3、初夏の一時的透明度上昇
- 4、強い太陽光エネルギー
- 5、浮上したアオコ群体の風下への吹き寄せ

<ワカサギ激減の主因>

帆引船によるワカサギ漁から、エンジントロール船に転換されたのは、昭和 40 年代でした。その理由は、帆引漁が風任せで漁獲量が不安定な上、危険が伴うため、漁獲が確実なトロール漁に転換したことにあります。その変化は時代の流れとしてやむを得ない面がありますが、ワカサギの過剰漁獲、乱獲につながり、資源量への圧迫が懸念されるようになりました。当時の茨城県内水面水産試験場は、過剰漁獲の懸念から、資源量への影響を調査したことがあります。トロール漁への転換直後は毎年、霞ヶ浦・北浦合計で 1000 トンを超える漁獲量が記録されていましたが、次第に減少し、毎年 200～300 トンから、数年前には 30 トン前後にまで激減していました。さらに 2024 年度は年間で、実に 42kg でした（読売新聞茨城版 9 月 12 日付、茨城新聞 11 月 4 日付、NHK 水戸 12 月 16 日放送）。この数字は、霞ヶ浦・北浦水系のワカサギ絶滅の危機と言っても過言ではありません。

その第一の原因として、茨城県水産試験場内水面支場によれば、夏場の水温が高すぎる事が挙げられています。水槽での飼育試験では、27℃付近でワカサギが弱り始め、30℃を越えると死ぬ個体が増えてくるということです。近年の霞ヶ浦では、盛夏の土浦市やつ

くば市の気温が 35℃に達すると、土浦港の表層水温は 32℃にも上り、おそらく、沖合でも日中は 30℃を越えているでしょう。気温の異常上昇の根本的原因是、先進国の工業化に起因する大気中の二酸化炭素、メタンなどの温室効果ガス濃度の上昇による地球温暖化ですが、高水温の影響を霞ヶ浦のシンボリック存在のワカサギが受けていることは間違いありません。しかし、それだけでなく、様々な複合的要因があることに気づくべきです。

ワカサギは、サケ科に近いキュウリウオ科に属し、シシャモ、チカ、アユ、カナダやヨーロッパに分布するスメルトとともに、もともと冷水域の汽水湖、汽水域に生息する魚種です（増田 2024）。霞ヶ浦水系は日本列島太平洋側のワカサギ分布の南限です。日本海側の南限は宍道湖・中海です。八郎潟（残存湖）、小川原湖は自然分布です。諏訪湖、琵琶湖、裏磐梯の檜原湖、猪苗代湖、北関東の榛名湖など内陸の湖沼での分布は、受精卵の放流による人為分布で、淡水環境への順応の結果です。ワカサギ受精卵は中国大陸や朝鮮半島の湖にも移入されて定着し、日本国内のワカサギ漁獲激減（宍道湖・中海、諏訪湖でも激減）の今日では、かなりの量が逆輸入され、佃煮などに加工されています。琵琶湖産のワカサギは、餌料のプランクトンが豊富なためか、あるいは深い湖沼だけに、深部では冷水域が存在するためか、伝統のコアユ漁に替わる勢いでワカサギが漁獲され、かなり魚体が大きい琵琶湖産ワカサギが、土浦市内のスーパーマーケットの鮮魚売場のケースに並んでいます。

これらの事実からは、ワカサギの本来の生息域の水温上昇が、ワカサギ激減の第一の要因と考えられますが、おそらく、それだけでないでしょう。標高が高く、夏期でも高水温になりにくい諏訪湖でも、かなり以前からワカサギ漁獲量が激減しています。諏訪湖では、湖底の泥場化によって、本来の好適な産卵場である砂地が少なくなり、一部のワカサギは流入河川を遡上し、砂地に産卵しています。産卵場の泥場化は、霞ヶ浦・北浦でも深刻です。ワカサギは、早春の 2～3 月に、水深 1m ほどの浅瀬の砂地に産卵します（加瀬林・中野 1961 年）。その場所はゆるやかな湖流があり、酸欠になりにくい場所でした。しかし、2000 年ごろから、植生帯保全名目で、ワカサギ産卵場付近の水域に、自然再生法制定の機運に乗り、霞ヶ浦湖内の管理者である国土交通省が、自然保護団体、植物生態学者、保全生態学者の提案を受け入れ、粗朶製、石積製の消波施設（離岸堤）が、湖岸至るところに設置されました。彼らは、浅い湖底が砂地であり、ワカサギ産卵場であることに理解が及びませんでした。消波施設設置には、漁業者団体、水産研究者からは、目だった反対がなかったのです。

この消波施設は景観を損ない、アサザやヨシ帯の保護には効果がありませんでした。こ

の事業は、国費が無駄に費やされただけでなく、ワカサギ産卵場への悪影響が大きいのです。前述どおりワカサギは、水深 1m 前後の砂地で、ゆるやかな湖流がある浅瀬に産卵します。ワカサギ卵は粘着性がある糸で砂粒に付着しますが、消波施設内側の砂地が泥場化した場所では産卵できず、また湖流がほとんどないので酸欠になりやすく、産卵したとしても死卵率が増加します。

宍道湖・中海でも、ワカサギ漁獲が激減していますが、その原因として、高水温だけでなく、流域で使用される農薬のネオニコチノイド系殺虫剤が流入河川を通じて湖水に入り、同じ節足動物であるミジンコ類に影響している可能性が指摘されています（山室 2020）。同様に霞ヶ浦の湖水でも同系殺虫剤による汚染が調査されています。それによると湖水から同系殺虫剤が検出されましたが、霞ヶ浦湖水を原水とする水道水では、基準値以下でした。浄水場における高度処理によるものです（杉野他 2023）。

ミジンコ類は既述のように、ワカサギの主要な餌料です。霞ヶ浦では、周辺湿地の主要農産物であるレンコンの品質を下げるネモグリセンチュウ類駆除に使われるグランドオンコル粒剤が、湖水を汚染し、ワカサギの主要な餌料であるワムシ類、ミジンコ類、さらには同じ節足動物であるエビ類、ユスリカ類に影響することが懸念されています（土浦地域農業改良普及センター、2020）。

霞ヶ浦のワカサギ激減の要因として、さらに仔魚期の餌不足が挙げられます。孵化直後のワカサギ仔魚は卵黄の栄養を吸収して成長しますが、その後は、ワムシ類を餌にしていることが分っています。ワムシ類は輪形動物に分類される原始的な原口動物です。ワムシ類は繊毛運動によって、水中をゆっくり移動し、孵化間もないワカサギ仔魚の重要な初期餌料になります。ワムシ類はまだ水温が低い早春から出現し、増殖してきた珪藻類などの植物プランクトンを摂食します。その後、水温が上昇すると、ワムシ類は出現してきたケンミジンコ類に捕食されます。その頃には、ワカサギも稚魚に成長し、ケンミジンコやその幼生であるノープリウスなどを捕食するようになります。

しかし、最近の水温上昇が早春から起こるようになると、小型動物プランクトン食であるケンミジンコ類（ミジンコ類の仲間ではなく、分類学上では、カイアシ亜綱に属します。肉食です）の発生期が早まり、本来ワカサギ仔魚の初期餌料であるワムシ類を捕食し、その数を減少させている可能性があります。ワムシ類が少ないと、孵化まもないワカサギ仔魚は餌不足になります。実際、著者らのプランクトン観測結果では、近年では 3～4 月頃からケンミジンコの個体数が増加し始めている傾向が見られます。従来、その時期は、既述のようにワムシ類の餌になる珪藻類の大増殖（スプリング・ブルーム）の時期です。植

物プランクトンの増殖時期、ワムシの増殖時期の短縮が、ケンミジンコを介して、ワカサギの成長に大きな影響を与えている可能性があります。水温上昇は、夏期だけでなく早春の湖水にも起きているならば、ワカサギの生息にとり不都合な真実が二重に起きていることが懸念されます。

<底生生物を介する湖水と沿岸生態系への影響>

ここで、底生生物と沿岸生態系の変化、アオコやワカサギとの関係性に着目します。アオコが毎夏に大発生していた当時、沿岸の住宅や宿泊施設では、初夏から秋にかけて、羽化したユスリカの蚊柱に悩まされていました。ユスリカ成虫は、土浦地方では「ワカサギムシ」、行方地方では「アカヂ」と呼ばれ、灯火に集まる性質があり、人家の中に大群で進入するため、網戸の設置は必須でした。船溜まりの照明灯にはユスリカが惹きつけられ、翌朝にはその下に数センチほどの厚さで死骸が堆積していました。湖岸の堤防を散策する人々、サイクリングを楽しむ人々は、ユスリカの群れが顔に当たり、進むのに困惑したほどでした。ユスリカ類は迷惑昆虫であり、衛生昆虫でした。ユスリカ類幼虫はアカムシと呼ばれ、湖底生物の代表です。

アオコは、水温が低下する秋に湖底に沈降し、底泥の表面に堆積します。堆積間もないアオコは新鮮な有機残滓（デトリタス）として底生生物の食物となります。霞ヶ浦の底生生物として、二枚貝類、ユスリカ幼虫類、ヌマチチブなどのハゼ類、スジエビ、テナガエビ、スナホリムシなどの甲殻類、イトミミズ類（貧毛類）を挙げることができます。さらに、霞ヶ浦のトンボ類として特筆されるウチワヤンマ（サナエトンボ科）のヤゴ（幼虫）にも注目します（後述）。これらのベントス類は、アオコを餌にし、あるいはアオコを食べる他のベントス類を餌にしています。このうち、ユスリカ類幼虫は、羽化時に蛹のまま水面に浮上し、脱皮して成虫になりますが、この時、ワカサギの重要な餌になります。大量に発生するユスリカはワカサギの重要な餌資源であり、ワカサギムシの呼称の由来でもあります。近年のワカサギ激減は、ユスリカ類、つまりワカサギムシの減少と大いに関係がありそうです。

アオコは湖水の生態系の中で、物質循環のうち、有機物のかたちでの仲介者として、量的に重要な役割を果たしています。大量に発生するアオコに依存する生物の現存量は非常に多いことになります。そこに着眼した研究者は、ユスリカ類が湖内から沿岸の陸域へ大量移動することにより、物質（特にリンや窒素）が湖内から除去されることによる水質改

善効果を試算しています（岩熊 1994）。さらに、二枚貝類、エビ類、ハゼ類などによるアオコ残渣の摂食は、物質循環（特に腐食連鎖）の流れを追跡する上で重要です。これらの生物はデトリタス・フィーダー（有機残渣の摂食者）と呼ばれ、湖沼の生態系を考える時、忘れてはならない存在です。

さらに、羽化したユスリカ類を、オオヨシキリが捕食していました。オオヨシキリは湖岸や河川敷のヨシ原で、一夫多妻のテリトリー（約 0.1ha/雄 1 羽）を形成していました。広いヨシ原では、コロニー（集団繁殖地）になります。土浦市の桜川河口右岸（下流に向かった右手）では、1990 年代、大きなコロニー（約 2ha, 20 テリトリー）がありました（沼澤 1993）。現在、ヨシ原面積は変わりませんが、同地でオオヨシキリの囀りを聴きません。コロニーが消滅してしまったのです。その原因は、餌となるユスリカ類が激減したことにあります。さらに、1990 年代には、オオヨシキリに托卵するカッコウの声が聞こえましたが、現在は全く聞かれません。国立環境研究所による霞ヶ浦の定期環境調査、「憐いであ」による霞ヶ浦の環境調査の各結果（環境省霞ヶ浦底層 D0 検討委員会資料 2023）では、近年、底泥中のユスリカ類幼虫、イトミミズ類が減少しているとの報告がなされており、アオコ減少との因果関係が想定されます。

湖岸のコンクリート岸壁では、30 年ほど前の 7 月～8 月ころには、ウチワヤンマの脱皮殻が複数、数えられたものですが、近年はほとんど目にしません。また湖上を悠然と飛翔する成虫も観察されません。ウチワヤンマのヤゴの餌となるアカムシ類やイトミミズ類が少ないことを反映していると考えられます。また、水産上重要なエビ類、ハゼ類の漁獲量も近年減少しています。地元の老舗蕎麦店（行方市麻生）の店主は、霞ヶ浦産のエビの入荷が乏しく、かきあげテンプラの材料確保に苦労していると話していました。

このように、霞ヶ浦の底生生物に関する断片的な情報を繋ぎ合わせると、アオコを中心とする腐食連鎖（生きている生き物同士の食物連鎖を生食連鎖と呼ぶことに對し、腐食連鎖は、死骸を含む食物連鎖のこと）が断ち切られている現状が浮かび上がり、湖水の生態系が 30 数年前とは様変わりしているようです。それが、ワカサギの現存量に係わる諸因子に影響していることは間違いありません。しかし、それらの複雑な関係性に着目しながら、どのように評価していくべきか、さらなるデータの蓄積に加えて、研究者だけでなく、漁業者、水産加工業者、佃煮などの小売店、市民が注意深く関心を寄せていくことが肝要です。

<ワカサギの捕食者>

汽水湖時代の霞ヶ浦の湖沼環境では、ワカサギの捕食者（天敵）として位置づけられる生物は、ほとんど存在していなかったようです。スズキやボラが捕食者であった可能性はあります。しかし、スズキは、海との通路が狭まり、霞ヶ浦の汽水性がさらに弱まると、個体数が減っていったでしょう。ボラは、砂地に産卵されたワカサギ卵を砂泥ごと食し、消化したかもしれませんが、やはり汽水性が弱まり、淡水化されると、ボラの遡上数が減少したことが考えられます。なお、霞ヶ浦がほぼ完全に淡水化され、約 60 年が経過した現在でも、スズキやボラは利根川河口から、常陸川水門の開門時に遡上し、生息していますが多くはありません。

現在、ワカサギの捕食者として考えられるのは、外来魚のブラックバス（オオクチバス）、ブルーギル、アメリカナマズです。ブラックバスがワカサギを捕食することはありえますが、成長したワカサギは沖合を泳ぐので、沿岸の障害物（杭列など）の陰にひそみ、待ち伏せ型の捕食行動をするブラックバスからの捕食圧は弱まります。ただし、沿岸を泳ぐ稚魚時代にブラックバスから捕食されることはありえます。ブルーギルは、他の魚種の卵を食べる習性があります。しかし、早春に産卵されたワカサギ卵は、ブルーギルの活動期から外れています。一方、アメリカナマズは、沿岸、沖合とも生息地であり、酸欠にも強い魚種で、雑食性であることから、現在の霞ヶ浦環境では最優占しています。アメリカナマズの胃からワカサギが検出されています。現在の霞ヶ浦環境では、アメリカナマズがワカサギの天敵として最も脅威の存在です。ハクレンはプランクトン食ですが、プランクトンを食べる時に、ワカサギやシラウオの仔稚魚を同時に吞み込んでしまう可能性があります。公的研究機関が、ハクレンの消化管内容物を精査する必要があります。

銚子の利根川河口部ではウミウが棲息していますが、カワウは、霞ヶ浦では 30～40 年前は、ほとんど観察されませんでした。しかし、その後、東京の上野公園不忍池や浜離宮庭園で営巣していたカワウ個体群が、糞で樹木が枯れるという理由で追い出されたことが契機となって各地に分布が拡大しました。琵琶湖では、竹生島の森にコロニーがあり、コアユを捕食するので、害鳥扱いされています。関東地方では、利根川、那珂川水系でカワウが増え、霞ヶ浦ではしばしば 100 羽近い群れが観察されます。霞ヶ浦水系でのカワウによる魚の食害は無視できないと思われますが、調査されていません。同様に、キンクロハジロ、ホシハジロ、スズガモ、カワアイサ、カンムリカイツブリなど潜水性で魚食性のカモ類、カイツブリ類も霞ヶ浦・北浦水系では多いのですが、どれほど食害があるのか、調査されていません。

霞ヶ浦のワカサギ、シラウオにとって、既述のように乱獲、捕り過ぎ（オーバーフィッシング）に着目すれば、漁業は最もその生息を圧迫していることになります。生態系の最上位に位置するヒトという存在は、自らの位置を自覚して、適正で持続的な漁業を目指すべきです。漁業におけるSDGsです。すでに、ワカサギが貧漁の年には、漁獲調整、人工授精・放流、アメリカナマズやハクレンの漁獲・魚粉化などの取り組みが実施されていますが、さらに強化していくことが求められます。また、ワカサギの人工増殖の方策が水産行政や漁業者などにより、一層効果的に取り組まれるべきです。

<ワカサギとシラウオは競合関係にある>

2024年は、ワカサギ漁獲は皆無に近かったのですが、シラウオはある程度獲れました。漁業者は県庁で、霞ヶ浦のシラウオをPRしました。ワカサギ（キュウリウオ科）とシラウオ（シラウオ科）は、分類学的に近い魚種であり、同じような場所に産卵し、同じように動物プランクトンを餌にします。しかし、漁獲に差が出るのはなぜでしょうか。両種の魚種の研究者は、「ワカサギとシラウオは競合関係にあるようだ」と表現します。「ワカサギが獲れなくとも、シラウオは獲れる」という認識につながります。それはどこから来ているのでしょうか。ワカサギの現存量が極端に減少すると、ミジンコ類への捕食圧が低下します。それによって、世代交代時間が短いミジンコ類が増殖し、替ってシラウオに食べられ、シラウオが比較的豊漁となります。実は、シラウオはワカサギ産卵場よりもやや深い水深1.5mほどの砂地に、約1カ月遅れて産卵するため、偶然ですが、シラウオにとって、大量の消波施設設置（水深1m前後）位置に起因する影響（産卵床である砂地の泥場化、湖流の停滞、DO不足）が少なかった可能性があります。しかし、それは紙一重の差に過ぎません。漁業者、水産関係者が「ワカサギが獲れなくともシラウオは獲れる」と安易に考えているとすれば、その認識は、危ういといわざるをえません。

<ワカサギ激減の原因は一つではない>

以上の議論をまとめ、ワカサギ激減の要因を箇条書きにすると、

- 1、水温上昇（春、夏）
- 2、産卵場の泥場化、砂地減少、DO不足（消波施設の悪影響）
- 3、底生生物（餌）激減
- 4、仔魚期の餌不足

- 5, 外来魚種による捕食
- 6, カワウなど鳥類による捕食
- 7, 漁獲圧（過剰漁獲）
- 8, 産卵床における消波施設の大量設置と内側における外来植物の大繁殖
- 9, 農薬・殺虫剤、化学物質などによる汚染、特にプランクトン、ベントスへの影響
- 10, 未知の因子

これら複数要因が複雑に絡み、霞ヶ浦の環境を悪化させ、総合的にワカサギの生息、増殖を困難にしています。そこに潜む問題は、

- 1, 一般人の無関心、視野の狭さ
- 2, 漁業者の意識の低さ、湖水生態系構造についての理解不足
- 3, 国土交通省関係者及び助言する専門家の、湖水の管理に関する経験・知識・認識不足
- 4, 水産行政、水産研究者、湖沼学（陸水学）研究者、生態学者の認識不足、過度の専門分化による視野の狭さ
- 5, 水産関係者（加工業者、小売店を含む）の意識の限界
- 6, 霞ヶ浦・北浦湖水生態系構造の複雑さ
などにあります。

<湖は小宇宙であり鏡である>

これまで見てきたとおり、湖水中の生物、各現象は互いに関連し合っています。そのことに気づかない人々が、全体を洞察できずに、自分に直接関係する現象（例えば、アオコの悪臭、水道水の水質悪化、ワカサギ不漁、水生植物保護）のみに関心を寄せたり、全く無関心であったりするのは、自分が属する団体、職場、グループ、地域の価値観だけに留まれば、狭い認識に陥っているかもしれません。そのことを常に気にかけて、広く深い認識を目指して努力すべきです。一人では、広い認識に達することが難しいことが多いのですが、それを打開するには、議論して情報交換することをお勧めします。講演会、シンポジウムに出席し、他人の意見を聴き、自分の考えを表明して、参加者全体で深い認識をめざしましょう。勿論、専門書や論文を読むことは簡単ではありませんが、高い認識に至るには必須の道程です。

一世紀ほど前、米国イリノイ大学のフォーブス教授は、ペオリアという町の科学談話会

で「湖は小宇宙です。湖の一部を改変すれば、その影響は早晩湖全体に及びます」と講演しました。また、スイス・レマン湖を研究し、大著「レマン湖」を著したローザンヌ大学のフォーレル教授は、「湖は流域の人間活動を反映する鏡です」と言及しました。米国の著名な生態学者のオダムは、生態系の中の食物連鎖である「食う、食われる」の関係性の研究から、生態系の中の物質循環を「エネルギーの流れ」として捉えました。三人の先人による、本質を見極めた言葉を、霞ヶ浦の環境問題の困難さに向き合う私たちは、肝に銘じておきたいものです。

<参考文献>

- 加瀬林成夫・中野勇（1961）霞ヶ浦におけるワカサギの漁業生物学的研究VI 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告第6号 1-40
- 沼澤篤、奥井登美子（1990）土浦駅前商店街のツバメ巣調査結果、土浦の自然を守る会機関紙「桜川」68-70.
- 奥井登美子（1992）アオコに挑んだ地球市民、北斗出版
- 沼澤篤（1993）霞ヶ浦におけるオオヨシキリの繁殖に必要なアシ原に広さについて、霞ヶ浦研究第5巻 100-103
- 岩熊敏夫（1994）湖を読む 岩波書店
- 渡辺真利代、原田健一、藤本博太編（1994）「アオコ その出現と毒素」pp. 251 東京大学出版会
- 花里孝幸（1998）「ミジンコその生態と湖沼環境問題」名古屋大学出版会
- （社）霞ヶ浦市民協会（2003）河川整備基金助成事業「霞ヶ浦における沿岸帯、特に砂浜と浅瀬の生態学的機構に関する研究」報告書（助成番号 15-1-④-12号）
- 渡邊眞之（2007）日本アオコ大図鑑 誠文堂新光社
- 茨城大学地域貢献特別支援事業「水・自然環境の保全と活用」霞ヶ浦（北浦）ワーキンググループ研究・教育活動報告書—北浦から東関東湖沼群への発信（2005） 茨城大学広域水圏環境科学教育研究センター
- 朝日新聞茨城版（2011年6月27日付）「ゾウミジンコ 謎の大量発生 霞ヶ浦 ピークの6〜

8 倍」

土浦地域農業改良普及センター（2020）殺虫剤「グラントオンコル粒剤」がレンコンに適用拡大されました 「はすだね通信」第 62 号

山室真澄（2020）「農業における湖沼生態系の攪乱―島根県・宍道湖の例」GSJ 地質ニュース 9 巻 3 号 57-60

茨城新聞記事（2022 年 11 月 24 日付）「霞ヶ浦・北浦ワカサギ減」

沼澤篤（2023）「霞ヶ浦・北浦における自然再生の試みに対する評価」公益信託「エコーいばらき環境保全基金」助成出版

沼澤篤（2025）「霞ヶ浦のヨシ群落に共存する植物相の解析」論文中的「オオヨシキリコロニーの消滅事例から見える霞ヶ浦の環境悪化」公益信託「エコーいばらき環境保全基金」助成出版

杉野史弥、佐藤登志子、山室真澄（2023）「霞ヶ浦の流入河川の湖水、湖水を原水とする水道水におけるネオニコチノイド系殺虫剤濃度」陸水学雑誌 84 巻 139-142

環境省（2023）「霞ヶ浦底層 D0 類型指定に向けた検討会資料」

茨城県環境白書（2023）または茨城県環境対策課ホームページ

茨城新聞記事（2023 年 10 月 31 日付）「霞ヶ浦のワカサギ 歴史的不漁」

増田賢嗣編著（2024）「ワカサギを読む」生物研究社

茨城新聞記事（2024 年 8 月 30 日付）「霞ヶ浦アオコ大発生も」

読売新聞茨城版（2024 年 9 月 12 日付）「霞ヶ浦・北浦ワカサギ激減 漁に異変」

NHK 水戸（2024 年 12 月 16 日放送）「霞ヶ浦のワカサギ過去最悪の不漁に」

（2025 年 5 月 11 日 霞ヶ浦水質調査研究会総会 記念講演会原稿）