

VI 研究報告・調査報告

1 湖沼環境研究

(研究報告)

1-1	北浦及び西浦における貧酸素水塊とリン溶出状況	31
1-2	霞ヶ浦流域の生態系サービスの享受量の変遷及び代替法による 経済評価	40
1-3	植物プランクトンのCODへの影響及び増殖要因に関する調査研究	54

(調査報告)

1-4	霞ヶ浦湖内水質等モニタリング事業	64
1-5	霞ヶ浦におけるアオコ発生状況について	81
1-6	北浦の水質汚濁に関する研究事業	85
1-7	北浦流域の窒素の動態に関する調査研究事業	87
1-8	直接大気降下物負荷量調査事業	91
1-9	霞ヶ浦水質予測モデル改良事業	94
1-10	霞ヶ浦の生態系サービスの経済評価に関する調査研究	97
1-11	農業環境負荷低減研究事業	99
1-12	北浦モデル地区における浄化効果検証に関する調査研究	102
1-13	流入河川の浄化効果検証に関する調査研究	107
1-14	霞ヶ浦流域重点対策推進事業	111
1-15	霞ヶ浦農業環境負荷低減栽培技術推進事業	115
1-16	涸沼の水質保全に関する調査研究事業	118
1-17	牛久沼の水質保全に関する調査事業	133

2 大気・化学物質研究

(調査報告)

2-1	微小粒子状物質(PM2.5)成分分析調査	149
2-2	茨城県における光化学オキシダントの高濃度現象に関する研究	157
2-3	光化学オキシダントおよびPM2.5汚染の地域的・気象的要因の解明 (Ⅱ型共同研究)	160
2-4	有害大気汚染物質調査事業	166
2-5	大気環境中のフロン濃度調査事業	178
2-6	酸性雨の実態把握調査事業	181
2-7	大気環境中の石綿調査事業	183
2-8	百里飛行場周辺地域における航空機騒音実態調査事業	185
2-9	化学物質環境実態調査事業	189
2-10	水環境化学物質調査事業	196
2-11	公害事案等処理対策調査事業	198

1-1 北浦及び西浦における貧酸素水塊とリン溶出状況

北村立実、大内孝雄、木村夏紀、湯澤美由紀、増永英治*、佐藤和貴*、浅岡大輝*、
鮎川和泰**、清家泰**

Hypoxic water and phosphorus elution in Lake Kitaura and Lake Nishiura
Tatsumi KITAMURA, Takao OUCHI, Natsuki KIMURA, Miyuki YUZAWA, Eiji MASUNAGA,
Kazuki SATOU, Daiki ASAOKA, Kazuhiro AYUKAWA, Yasushi SEIKE

キーワード：北浦、西浦、貧酸素水塊、酸素消費速度、 PO_4 -P 溶出速度

1 はじめに

霞ヶ浦は茨城県南東部に位置しており、西浦、北浦、常陸利根川の3つの水域から成っている。近年、北浦でCOD濃度が高く推移し、他の水域と比較して水質汚濁が進行している。その要因の1つとして、底泥からの栄養塩溶出が考えられている¹⁾。底泥からの栄養塩の溶出は、溶存酸素(DO)濃度が低下し、鉄(Fe)酸化物の還元が促進され、泥に吸着していたリンが溶出するとされている²⁾。これまでも北浦を含めた霞ヶ浦の底層のDO濃度の低下やそれに伴う貧酸素水塊の形成、底泥からの栄養塩の溶出に関しては、2005年から2008年にかけて現場調査や室内実験、数値モデルの開発等、様々行われてきた³⁻⁷⁾。また、2019年には曳航式高解像度計測装置や自動昇降装置を用いて、北浦の貧酸素水塊の形成状況を詳細に把握するとともに底層の栄養塩濃度の分布も把握した⁸⁾。そこで、今回は2019年度に引き続き、北浦の貧酸素水塊の形成状況を把握するとともに、西浦全域にも拡大して調査を実施し、北浦と西浦の貧酸素水塊の形成状況を詳細に把握するとともに水域による違いを比較した。さらに、約15年まえに実施した北浦の湖水や底泥の酸素消費速度、底泥からのリンの溶出について改めて測定し、過去と現在を比較し検討した。

なお、本報告で記述する貧酸素の定義は、環境省が定めた底層溶存酸素量の類型及び基準値の類型「生物1(4.0 mg/L以上)」を参考とし、DO 4.0 mg/L未滿を貧酸素とした⁹⁾。

2 調査概要

(1) 自動昇降装置による測定

調査は2020年5月1日から9月30日まで実施した。調査地点は北浦の釜谷沖水質自動監

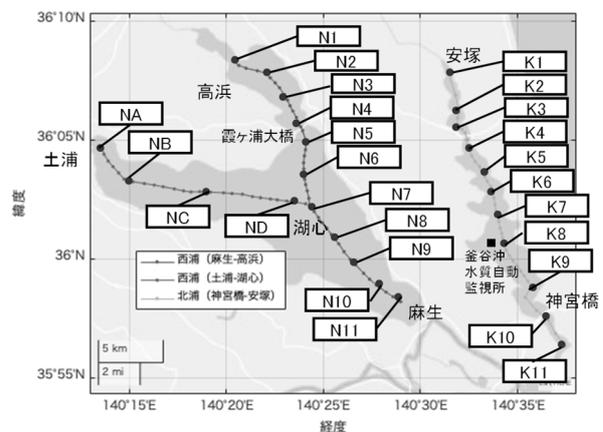


図1 調査地点

視所(以下、監視所と称す)とした(図1)。監視所に自動昇降装置(マイクロプロファイラーAWQP13、環境システム社製)を設置し、それに多項目水質計(Datsonde5x、環境システム社製)を取り付けた。多項目水質計は30分毎に1往復するようにし、水面から湖底に沈む過程で測定し、測定頻度は2 cmに1回とした。多項目水質計の測定項目は水温、DOとした。気温や風速はアメダス銚田のデータを利用した。

(2) 水温及びDOセンサー係留による測定

調査は2020年6月17日から7月17日まで実施した。調査地点は北浦5地点(図1; K2、K5、K7、K8、K10)の上層(水面下50 cm)及び下層(湖底直上50 cm)に水温センサー(HOBO Water Temp Pro v2、onset社製)を、下層のみにDOセンサー(HOBO Dissolved Oxygen Logger、onset社製)をそれぞれ設置した。水温、DO濃度ともに10分間隔で測定した。ただし、K2のDOセンサーはデータ不良のため欠測とした。

* 茨城大学地球・地域環境共創機構

** 島根大学研究・学術情報機構エスチュアリー研究センター

(3) 曳航式高解像度計測装置による測定

調査は2020年8月15日に実施した。調査箇所は図1の点線で示した北浦南北約25 km、西浦南北約25 km び東西約15 km を曳航式高解像度計測装置 (YODA Profiler、JFE アドバンテック社製) を用いて調査した。調査項目は水温及びDO濃度とした。YODA Profiler の調査方法として、まず、調査船にウインチを設置しYODA Profiler をつなげた。調査船に搭載されたソナーから水深を確認し、自由落下時間を計算した上でYODA Profiler を投下した。そして、YODA Profiler が着底しないように時間を図り、ウインチで引き上げた。引き上げ後、再び投下し、同様の手順を繰り返した。各投下時にはGPSで投下位置を計測した。調査船を2隻用意し、YODA Profiler をそれぞれ搭載した。1機は北浦をK1~K10にかけて南から北へ航行し、もう1機は西浦N1~N11を南から北へ、さらにNA~NDを西から東へ航行し、約500 m間隔で落下させた。北浦の南北は40回、西浦南北は42回、西浦東西は25回落下させた。センサーの応答速度は0.4秒であり、湖水中の落下速度を0.28 m/s に設定したため、約10cmの鉛直分解能データを取得した。また、調査と同時に北浦11地点(図1; K1~K11)、西浦15地点(図1; N1~N11、NA~ND)において、上層、下層の湖水を採取した。実験室に到着後、直ちに孔径1 µm のガラス繊維ろ紙 (GF-B、Whatman 社製) でろ過した後、ろ液をオートアナライザー (QuAAtro、SEAL 社製) に供してリン酸態リン (PO₄-P) を分析した。

(4) 北浦の水質及び底質

調査は2020年6月20日、7月29日、9月1日に実施した。調査地点は北浦4地点(図1; K2、K5、K7、K8)とした。各地点の上下層で湖水を採水するとともに、コアサンプラーを用いて口径7 cm、高さ50 cm のアクリルコアに柱状の底泥を採取した。

湖水は、実験室到着後、直ちに孔径1 µm のガラス繊維ろ紙でろ過し、原水とろ液を分析に供した。分析項目は懸濁物質 (SS)、揮発性懸濁物質 (VSS)、全有機炭素 (TOC)、懸濁態有機炭素 (POC)、全窒素 (TN)、全リン (T-P)、硝酸態窒素 (NO₃-N)、亜硝酸態窒素 (NO₂-N)、アンモニア態窒素 (NH₄-N)、PO₄-P とした。SS

はろ過したろ紙を105°Cで2時間乾燥させた後、ろ過前後のろ紙の重量の増加量から算出した。VSSは水中の有機性懸濁物量の指標として、ろ過後の乾燥したろ紙をさらに450°Cで2時間強熱し、乾燥後のろ紙と強熱後のろ紙の重量の減少量から算出した。TOCは原水を超音波破碎機で2分間破碎した後、全有機炭素計 (TOC-L、島津社製) で分析した。POCは原水とろ水を全有機炭素計で分析した値を差し引いた値を用いた。TN及びT-Pは原水をオートアナライザー (SWAAT、BL-TEC 社製) で分析した。NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、PO₄-Pはろ液をオートアナライザー (QuAAtro、SEAL 社製) で分析した。

底泥コアは、実験室到着後、表層2 cm をカットし、目視確認できる腐食物やマクロベントス等を取り除いた後、50 mL 遠沈管に入れて3,000 rpm で20分間遠心分離し、間隙水を除くことで湿試料を分析に供した。分析項目は強熱減量 (IL)、酸揮発性硫化物 (AVS)、全窒素 (TN)、全炭素 (TC)、形態別のリンとした。ILは湿試料を110°Cで5時間乾燥させ乾燥試料を作成した。そして乾燥試料を600°C、2時間強熱することで、強熱前後の重量の減少量から算出した。AVSは、湿試料約1 g に蒸留水5 mL を添加し、さらに18N硫酸を2 mL 加えて硫化水素を発生させ、検知管 (HYDROTEC-S、GASTEC 社製) により測定した。TN及びTCは、乾燥試料をCHN分析装置 (EA 3000、Eurovector 社製) で分析した。形態別のリンは、リン形態別分画定量法¹⁰⁾に準じてCDB-P (クエン酸抽出リン)、NaOH-P (水酸化ナトリウム抽出リン)、HCl-P (塩酸抽出リン) に分画した。CDB-PはFe結合型リン、NaOH-PはFe結合型リンの一部とAl結合型リン、HCl-PはCa結合型リンに分類される無機態のリンである¹¹⁾。抽出操作方法として、50 mL 遠沈管に乾燥試料を約1 g 入れ、0.22 mol/L クエン酸三ナトリウム溶液15 mL、0.11 mol/L 炭酸水素ナトリウム溶液15 mL を加えて、ガラス棒で軽く攪拌した後、85°Cで15分間温水加熱した。加熱後に亜ジチオン酸ナトリウム0.6 g を添加し、再度85°Cで15分間温水加熱した。加熱後に放冷し、1 mol/L 塩化ナトリウム溶液6 mL を加えてガラス棒でよく混ぜた。そして、3,000

rpm で 10 分間遠心分離した。上澄み液を試験管に移し、この溶液を CDB-P 抽出液とした。残った泥の遠沈管に水酸化ナトリウム溶液 (40g/L) 30 mL を添加し、水平振とう機で 150 rpm、16 時間振とうした。振とう後、1 mol/L 塩化ナトリウム溶液 6 mL を添加してよく混ぜた後、3,000 rpm で 10 分間遠心分離した。上澄み液を試験管に移し、この溶液を NaOH-P 抽出液とした。残った泥の遠沈管に蒸留水を 12 mL 加えてガラス棒で残渣をほぐした。そして、塩酸 (1+1) 6 mL を添加し、100°C で 30 分間温水加熱した。加熱後に放冷し、1 mol/L 塩化ナトリウム溶液 6 mL を加えガラス棒でよく混ぜ、3,000 rpm、10 分間遠心分離した。上澄み液を試験管に移し、この溶液を HCl-P 抽出液とした。各抽出液は、JIS 方に準拠したアスコルビン酸モリブデンブルー法 (880 nm) で測定し、CDB-P、NaOH-P、HCl-P をそれぞれ算出した。さらに、各抽出液を JIS 法に準拠したペルオキシニ硫酸カリウム分解法によって各抽出液の T-P を測定し、各抽出液の T-P と CDB-P、NaOH-P、HCl-P をそれぞれ差し引くことで、有機態のリン (CDB-NRP、NaOH-NRP、HCl-NRP) を算出した。

(5) 下層湖水及び底泥の酸素消費速度の測定及び底泥の PO₄-P 溶出速度の測定

調査は 2020 年 6 月 20 日、7 月 29 日、9 月 1 日に実施した。調査地点は北浦 4 地点 (図 1 ; K2、K5、K7、K8) とした。各地点の下層湖水を採水ポンプで採取し、底泥は口径 7 cm、高さ 50 cm のアクリルコアを用いてコアサンプラーで採取し、それぞれ実験室に持ち帰った。

下層湖水の酸素消費速度の測定方法として、実験室に到着後、直ちに下層湖水を口径 7 cm、高さ 15 cm のアクリル容器に入れ、さらにスターラーを入れて、空気が入らないようにゴム栓をした。そして、スターラーで攪拌しながら暗条件、現場の下層湖水の水温に近い温度 (25°C) で培養し、DO 濃度を経時的に測定した。DO 濃度は非破壊溶存酸素測定装置 (Fibox3、PreSenS 社製) で測定した。酸素消費速度の算出方法として、DO 濃度と容器の体積から酸素量を算出し、経時的な酸素量の減少をプロットした。そして、1 次直線で近似することで 1 日当たり容積当たりの酸素消費速度を算出した。

底泥の酸素消費速度の測定方法として、底泥をコアの状態の実験室に持ち帰り、直ちに底泥の直上水を全て除去し、孔径 1.0 μm の糸巻きカートリッジフィルター (TOCEL、アドバンテック社製) でろ過し空気曝気した下層湖水のろ液に置換した。その際は底泥を巻き上げないように注水した。その後、攪拌棒の付いたゴム栓を空気が入らないように取り付け、攪拌機で約 50 rpm で底泥を巻き上げないように攪拌しながら、暗条件、現場の下層湖水の水温に近い温度 (25°C) で培養し、DO 濃度を経時的に測定した。DO 濃度は下層湖水と同様に非破壊溶存酸素測定装置を用いて経時的に測定した。酸素消費速度の算出方法として、DO 濃度と水層の体積から酸素量を算出し、経時的な酸素量の減少をプロットした。そして、1 次直線で近似し、さらに底泥の表面積で除することで面積当たりの酸素消費速度を算出した。

PO₄-P 溶出速度の測定方法として、底泥の酸素消費速度試験の装置をそのまま利用し、窒素曝気に切り替え、水層内の DO 濃度を非破壊溶存酸素測定装置を用いて 0.5 mg/L 未満であることを確認した上で、溶出試験を開始した。開始後経時的に注射器で水層を 15 mL 採水し、PO₄-P 濃度を測定した。PO₄-P 溶出速度の算出方法として、PO₄-P 濃度と水層の体積から PO₄-P 量を算出し、経時的な PO₄-P 量の増加をプロットした。そして、1 次直線で近似し、さらに底泥の表面積を除することで 1 日当たり面積当たりの PO₄-P 溶出速度を算出した。

3 結果及び考察

(1) 北浦の監視所付近における貧酸素水塊の形成状況

図 2 に 2020 年 5 月 1 日から 9 月 30 日まで銚田市の気温、風速、監視所における上下層の水温時系列変動、DO 濃度鉛直時系列変動を示した。ただし、DO 濃度の図で鉛直方向に白い期間は欠測である。ここで、北浦の研究事例で、上層と下層の水温差が 0.5°C 以上であると顕著な鉛直 2 層構造が形成され、貧酸素水塊が下層で形成したと報告されていることから¹²⁾、上下層の水温差が 0.5°C 以上であるときを成層化していると定義した。水温成層は 5 月 2 日から 6 日にかけて形成され、上下層で約 3°C の差が

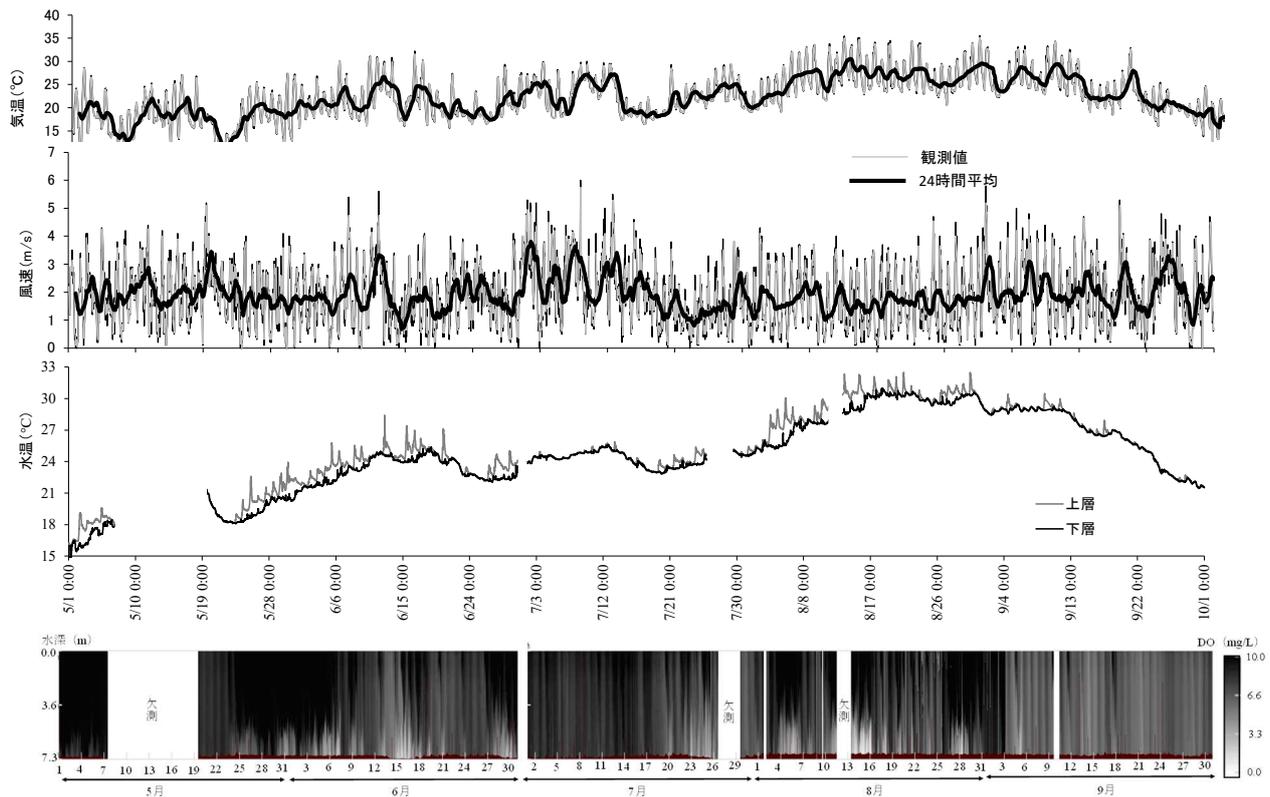


図2 北浦（鉾田）の気温、風速及び釜谷沖水質自動監視所水温及びDO濃度の変動

生じた。2019年の調査で最高気温が25°Cを越え、陸（鉾田）の風速が24時間平均で2m/s以下の条件下で水温成層が形成されると考察したが¹³⁾、今回の調査においても5月2日は28.6°Cまで上昇し、風速は2m/s前後であった。そして、下層のDO濃度は7.2mg/Lへと低下したが、貧酸素水塊は形成されなかった。その期間の水温は20°C以下であった。5月中旬以降は気温の上昇に伴い水温も上昇し、風速が小さい時は水温成層を形成しては消失を数日単位で繰り返した。初めて下層のDO濃度が4mg/Lを下回ったのは6月4日であった。6月4日から7日の間に2.8mg/Lまで低下した。その期間の水温は高い時で上層は25°C、低い時で下層は21°Cであった。過去の北浦調査においても、下層DO濃度3mg/L以下となるのは水温22°Cの高水温期に水深が深い地点で多く観測されたことが報告されている⁴⁾。今回の調査でも同程度の水温で貧酸素水塊の形成を確認した。これは、水温が高くなることで飽和酸素濃度が低下するので貧酸素水塊を生じやすくなると考えられた。その後、貧酸素水塊が確認されたのは6月14日～16日、6月29日～30日、

7月23日～25日、8月4日～6日、8月10日～16日、8月27日～28日、9月5日であり、期間中において常に貧酸素水塊を形成しているのではなく、数時間から数日で形成と消失を繰り返した。これらのことから、水温成層は5月から形成されるものの、貧酸素水塊は6月から形成され、6月～9月の間に形成されることが明らかとなった。また、各期間の貧酸素水塊になるまでの現場の酸素消費速度を算出したところ、全ての期間で2.0～2.9mg/(L・d)の範囲内であり、6月～9月にかけて現場の下層の酸素消費速度の季節変動はみられなかった。ただし、8月10日～16日は欠測があり算出から除外した

(2) 北浦の水温と下層DO濃度の変動分布

図3に2020年6月17日から7月17日までの気温や風速、K5、K7、K8、K10の上下層の水温及び下層のDO濃度の変動を示した。全ての地点で6月17日～21日、6月26日～30日に上下層の水温差が0.5°C以上の水温成層が形成されたが、K10は形成期間が短かった。各期間ともに気温は日中に25°Cを越え、風速は24時間平均で2m/sを下回っていた。さらに、下

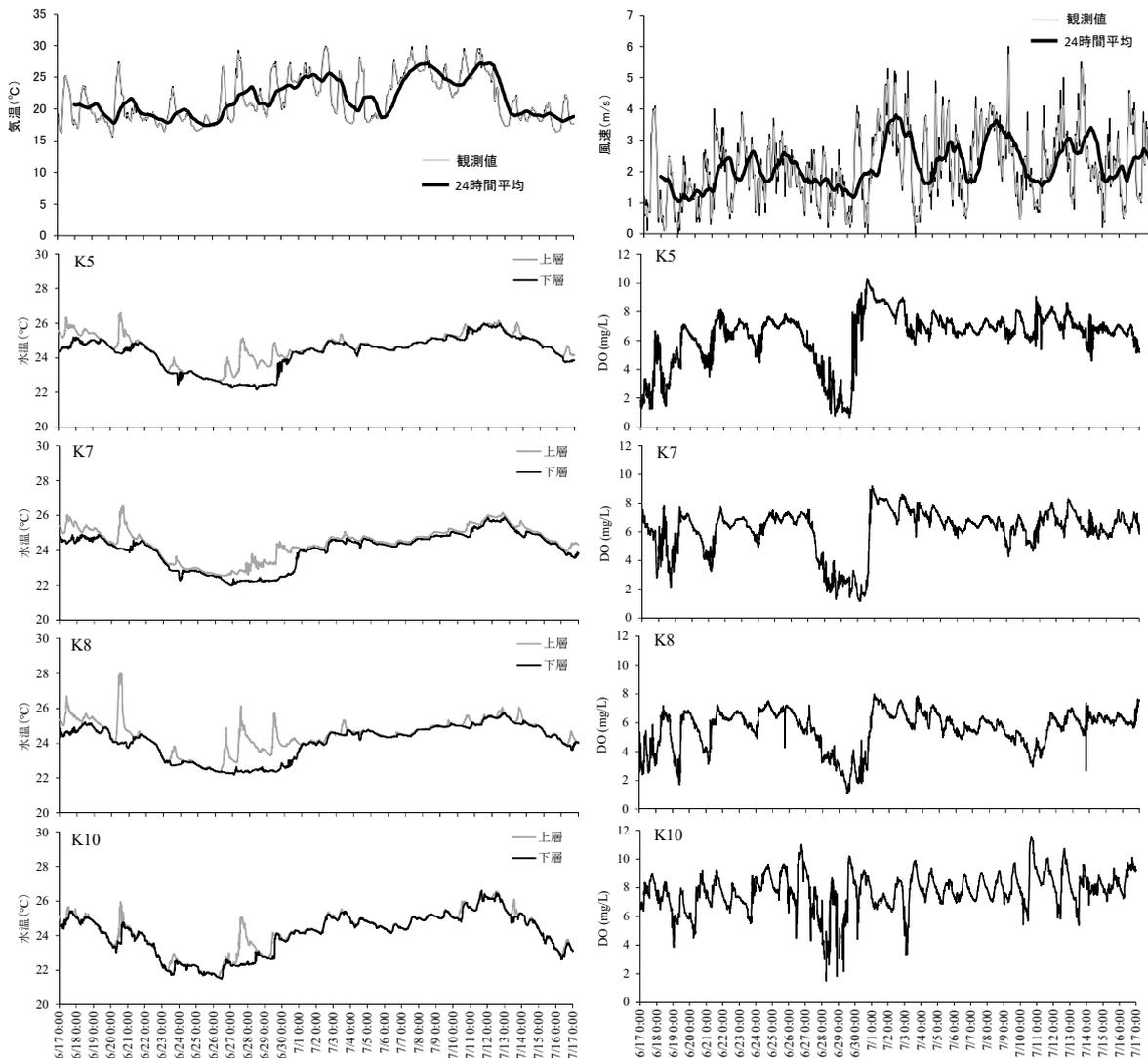


図3 北浦 (K5、K7、K8、K10) の水温及び下層 DO 濃度の変動

層 DO 濃度については、6月18日にはK5、K7、K8は約2 mg/Lまで低下したが、K10では約4 mg/Lであり、6月28日にはK5、K7、K8は約1 mg/Lまで低下したが、K10では約3 mg/Lであった。これまでの北浦の貧酸素水塊の分布の特徴として水深などの地形による影響が大きいことが報告されている¹⁴⁾。水深はK5、K7、K8は6~7m、K10は約3mであり、K10は他の水域よりも浅いことから、湖水が混合されやすく、水温成層や貧酸素水塊が形成されにくいと考えられた。K5、K7、K8における6月26日からの酸素消費速度を算出するとK5は2.5 mg/(L・d)、K7は2.0 mg/(L・d)、K8は2.9 mg/(L・d)となった。先述した監視所の下層の酸素消費速度は6月~9月で2.0~2.9 mg/(L・d)であったが、分布的にもその範囲と変わらなかった。こ

のことから、北浦の6~7mの深い水域の下層 DO 濃度の酸素消費速度は同程度である可能性が示唆された。ただし、1回のみデータなので複数年で検討する必要がある。また、2008年に調査した北浦や西浦で現場の酸素消費速度は2~4 mg/(L・d)と報告されていることから³⁾、現在と大きくは変わらなかった。

(3) 北浦及び西浦の貧酸素水塊及び PO₄-P 濃度の分布比較

図4に2020年8月15日の北浦及び西浦の水温と DO 濃度の鉛直分布及び PO₄-P 濃度の分布を示した。北浦ではK3からK8の広い範囲で水温成層を形成しており、水深2m付近で躍層が確認され、上層で32℃、下層で約28℃と上下層で約4℃差があった。また、DO 濃度は水温躍層を境に低くなり、水深が4m以上あ

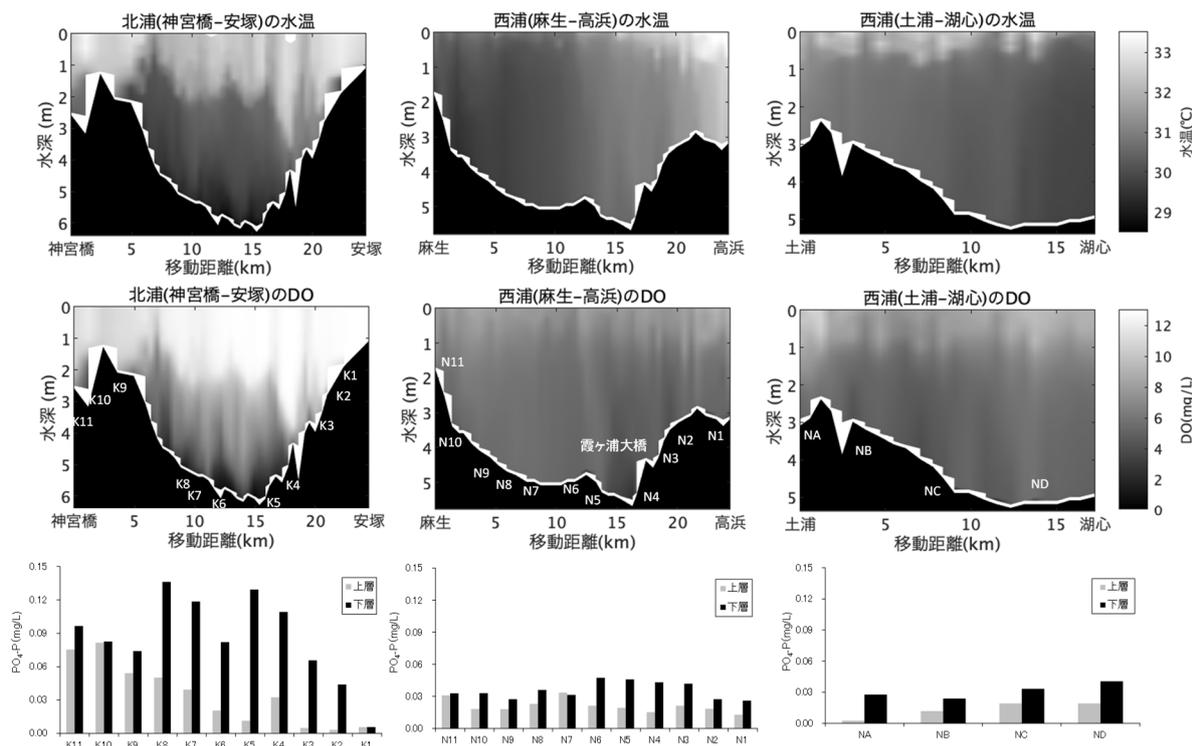


図4 北浦及び西浦の水温、DO 濃度及び P04-P 濃度の鉛直分布 (2020年8月15日)

る水域では貧酸素水塊が形成され、さらに部分的に深い窪んだ水域では特に DO 濃度が低かった。PO₄-P 濃度は K4~K8 の貧酸素水塊が形成されている水域の下層で 0.082~0.13 mg/L と他の水域よりも高い傾向がみられた。このような北浦の水温成層と貧酸素水塊、PO₄-P 濃度の分布については 2019 年にも同様な現象が確認されている¹⁴⁾。一方、西浦では全体的に表層付近で 33℃であり、水深 1 m より深くなると約 30℃であった。DO 濃度は霞ヶ浦大橋付近の水深が深くなる水域で貧酸素水塊が確認されたが、他の水域では確認されなかった。PO₄-P 濃度は貧酸素水塊が形成された霞ヶ浦大橋付近の地点 (N4、N5) で 0.043~0.045 mg/L と他の水域よりも高い傾向がみられた。北浦と西浦

を比較すると北浦の方が貧酸素水塊の規模が大きく、貧酸素による底泥からのリンの溶出が多いことが示唆された。

(4) 室内実験による北浦の下層湖水と底泥の酸素消費速度

2020年6月20日、7月29日、9月1日における北浦の K2、K5、K7、K8 の水質 (表 1) と底質 (表 2) を示した。水質、底質ともに 3 回の調査で得られた最小と最大の値を示した。水質は、VSS や TOC 濃度は K2 や K5 の上流域で高い傾向がみられた。NO₃-N 濃度は上流から下流にかけて低下する傾向がみられ、7月29日は K2 で 2.2 mg/L と高かった。PO₄-P 濃度は K5、K7、K8 で高い傾向がみられた。底質は、AVS や TC、TN 濃度が K5、K7、K8 で高い傾

表 1 北浦の水質 (左: 最小、右: 最大)

	SS	VSS	TOC	POC	T-N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	T-P	PO ₄ -P	
	mg/L	mg/L	m/L	m/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
K2	上層	14 - 42	7 - 18	4.8 - 8.1	1.6 - 4.4	1.9 - 3.0	0.89 - 2.2	0.04 - 0.05	0.01 - 0.04	0.098 - 0.31	0.004 - 0.12
	下層	23 - 46	8 - 20	4.6 - 8.0	1.1 - 4.4	1.8 - 3.3	0.87 - 2.2	0.04 - 0.05	0.02 - 0.16	0.10 - 0.32	0.003 - 0.12
K5	上層	16 - 26	6 - 15	4.6 - 7.0	1.4 - 3.2	1.0 - 1.6	0.09 - 0.80	0.03 - 0.11	0.01 - 0.09	0.12 - 0.29	0.031 - 0.15
	下層	23 - 30	7 - 13	4.4 - 6.9	1.2 - 3.2	1.1 - 1.6	0.10 - 0.80	0.03 - 0.11	0.01 - 0.27	0.12 - 0.30	0.033 - 0.15
K7	上層	16 - 25	6 - 10	4.8 - 6.3	1.4 - 2.6	0.76 - 1.4	0.01 - 0.62	0.01 - 0.10	0.02 - 0.05	0.11 - 0.30	0.031 - 0.17
	下層	23 - 38	7 - 12	4.5 - 6.2	1.2 - 2.6	0.96 - 1.4	0.01 - 0.62	0.01 - 0.10	0.02 - 0.25	0.12 - 0.30	0.032 - 0.17
K8	上層	18 - 32	6 - 11	4.7 - 6.4	1.4 - 2.7	0.77 - 1.2	<0.01 - 0.44	<0.01 - 0.08	0.01 - 0.03	0.12 - 0.30	0.032 - 0.16
	下層	28 - 33	8 - 11	4.4 - 6.3	1.3 - 2.6	0.88 - 1.2	<0.01 - 0.45	0.01 - 0.08	0.02 - 0.20	0.13 - 0.30	0.040 - 0.16

表2 北浦の底質（左：最小、右：最大）

	IL %	AVS mg/g-dry	T-C mg/g-dry	T-N mg/g-dry	CDB-P mg/g-dry	NaOH-P mg/g-dry	HCl-P mg/g-dry	CDB-NRP mg/g-dry	NaOH-NRP mg/g-dry	HCl-NRP mg/g-dry
K2	20 - 22	<0.01 - 0.13	63 - 67	8.1 - 8.4	0.52 - 0.60	0.30 - 0.40	0.15 - 0.17	0.01 - 0.15	0.20 - 0.26	0.01 - 0.03
K5	20	0.12 - 0.51	70 - 71	9.6 - 10	0.71 - 0.77	0.27 - 0.31	0.15 - 0.21	<0.01 - 0.14	0.19 - 0.24	0.02 - 0.07
K7	19 - 20	0.24 - 0.54	70 - 74	9.2 - 10	0.53 - 0.59	0.21 - 0.24	0.12 - 0.13	0.03 - 0.20	0.22 - 0.24	0.02 - 0.06
K8	19 - 20	0.23 - 0.58	71 - 73	9.1 - 10	0.42 - 0.51	0.18 - 0.21	0.12 - 0.13	0.05 - 0.18	0.19 - 0.24	0.02 - 0.05

向がみられた。

図5に室内実験による下層湖水の酸素消費速度を示した。K2で2.5~3.4 mg/(L・d)、K5で2.9~3.2 mg/(L・d)、K7で2.4~2.6 mg/(L・d)、K8で2.2~2.4 mg/(L・d)と、K2やK5で酸素消費速度が大きく、K8で小さい傾向がみられた。湖水の酸素消費速度は植物プランクトンによる呼吸や分解、微生物の有機物分解に伴う消費と考えられている。そこで、有機物の指標としてVSS濃度とPOC濃度を用いて湖水の酸素消費速度との相関関係を検討した(図6)。VSS、POCともに相関係数が0.5以上と比較的大きかった。このことから植物プランクトンや微生物等の有機物に関係していると考えられた。

また、図7に室内実験による底泥の酸素消費速度を示した。K2で609~808 mg/(m²・d)、K5で607~1,127 mg/(m²・d)、K7で607~1,141 mg/(m²・d)、K8で510~1,146 mg/(m²・d)と、6月はすべての地点で同程度であったが、7月はK5~K8、9月はK5で大きい傾向がみられた。底泥の酸素消費については、底泥微生物による有機物酸化や還元物質の酸化による影響があると言われている。そこで、有機物の指標であるILと還元物質の指標としてAVSを用いて底泥の酸素消費速度との相関関係を検討した。ILは負の相関で0.53の相関係数が得られ、AVSは正の相関で0.55の相関係数が得られた。ILで負の相関が得られた要因は不明であるが、AVSで比較的高い正の相関が得られたことから有機物よりも還元物質による酸素消費の寄与が大きい可能性が示唆された。ただし、検体数が少ないことや検討項目が少ないことから、それらを増やしてより詳細に検討する必要がある。

(5) 北浦の底泥からのPO₄-P溶出速度

図8に室内実験による底泥からのPO₄-P溶出速度を示した。K2で5.7~19.9 mg/(m²・d)、K5で26.6~37.7 mg/(m²・d)、K7で24.6~39.5

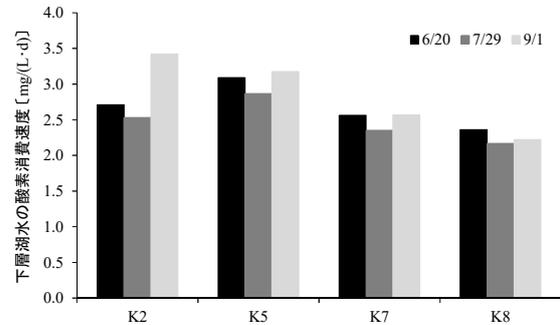


図5 北浦の下層湖水の酸素消費速度

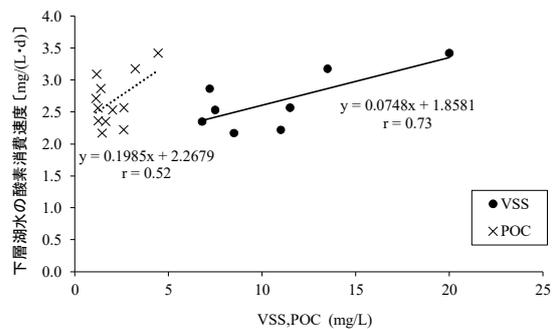


図6 下層湖水の酸素消費速度とVSS、POCの関係

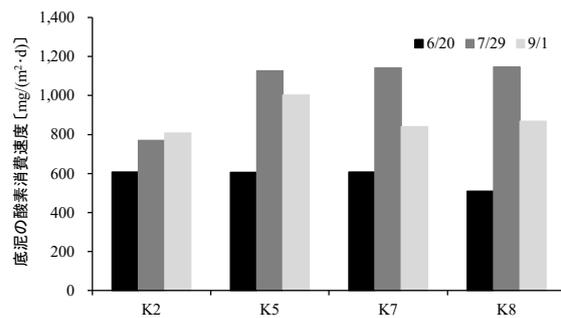


図7 北浦の底泥の酸素消費速度

mg/(m²・d)、K8で23.3~38.7 mg/(m²・d)と、K2で小さい傾向がみられ、他の地点は同程度であった。特に、7月29日のK2の溶出速度は非常に小さかった。表2の底泥の組成を見ても、リンの溶出に関するCDB-P濃度は地点間の大きな濃度差は見られなかったことから溶出するポテンシャルは同程度であると考えられる。過去に北浦のPO₄-P溶出速度を検討した事例

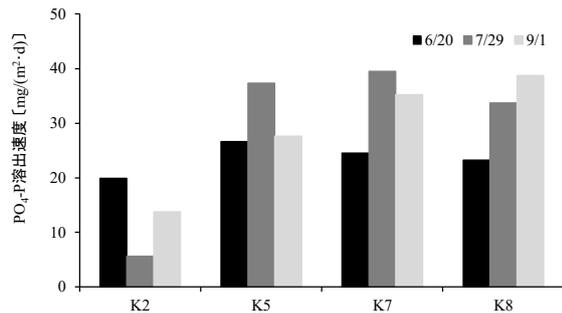


図8 北浦の底泥のPO₄-P 溶出速度

で、湖水と底泥の境界層にNO₃-N濃度が2,000 μg/L以上存在するとPO₄-Pの溶出が大きく抑制されることが報告されている⁷⁾。7月29日のK2の下層のNO₃-N濃度は2.2 mg/Lと非常に高かった。このことからK2では硝酸によって溶出が抑制されていたと考えられた。また、2006年に北浦の底泥でDIP溶出速度を測定した事例では、9.33~34.67 mg/(m²·d)と報告されており⁷⁾、今回の調査と同程度であった。

4 まとめ

本研究によって以下のことが明らかとなった。

(1) 貧酸素水塊は6月から形成され、6月~9月の間に形成されることが明らかとなった。また、各期間の貧酸素水塊になるまでの現場の下層湖水の酸素消費速度は2.0~2.9 mg/(L·d)の範囲内であった。

(2) 6月に北浦の分布的な現場の下層湖水の酸素消費速度を算出したところ、2.0~2.9 mg/(L·d)で分布的にも見ても6月~9月の下層湖水の酸素消費速度の範囲と変わらなかった。

(3) 北浦で広い範囲で貧酸素水塊を形成している時、西浦では霞ヶ浦大橋付近の窪んだ水域で貧酸素水塊を形成するだけで、他の水域では確認されなかった。また、西浦よりも北浦の方が貧酸素による底泥からのリンの溶出が多いことが示唆された。

(4) 室内実験による湖水の酸素消費速度は、2.2~3.4 mg/(L·d)であり、湖水の有機物と相関係数が高かったことから、植物プランクトンや微生物等の有機物に関係していると考えられた。

(5) 室内実験による底泥の酸素消費速度は、510~1,146 mg/(m²·d)であり、AVSと相関係数

が比較的高かったことから還元物質による酸素消費の寄与が大きい可能性が示唆された。

(6) 室内実験による底泥のPO₄-P溶出速度は、5.7~39.5 mg/(m²·d)であり、上流域では硝酸による溶出阻害が起きていることが示唆された。

今回の調査で北浦の酸素消費や底泥からのリンの溶出の知見を得ることができた。今後はさらに解析を進め、北浦の貧酸素水塊の形成要因(湖水と底泥の酸素消費の寄与)や底泥直上のDO濃度から底泥からリン溶出量の推計等を検討したい。

5 謝辞

本研究は国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦河川事務所、茨城大学、茨城県霞ヶ浦環境科学センターからなる共同研究プロジェクトCERK (Circulation and Ecosystem Research on Kasumigaura)の事業として実施された。また、茨城大学地域研究・地域連携プロジェクト「茨城県・茨城大学共同霞ヶ浦水循環・生態系解明プロジェクト」の補助を受け実施された。さらに、島根大学との共同研究「霞ヶ浦における貧酸素水塊の形成機構と栄養塩動態に関する調査研究」として実施された。観測機器の設置では独立行政法人水資源機構利根川下流総合管理所にご協力をいただいた。関係各位に謝意を表す。

6 参考文献

- 1) 茨城県・栃木県・千葉県、2017. 霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画(第7期)、1-5.
- 2) 小林節子、西村肇、1991. 鉄の酸化、水酸化、吸着過程からみた底泥からのリンの溶出機構. 水質汚濁研究 **14**、253-2602.
- 3) 小松伸行、石井裕一、渡邊圭司、本間隆満、北澤大輔、2010. 霞ヶ浦における貧酸素水塊の観測と解析. 水工学論文集 **54**、1399-1404.
- 4) 小松伸行、北村立実、石井裕一、北澤大輔、2007. 霞ヶ浦における貧酸素水塊の現地観測. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報 **3**、83-92.
- 5) 石井裕一、渡邊圭司、小松伸行、2006. 湖沼底泥からのリン溶出に及ぼす環境因子の検討. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報 **2**、95-102.
- 6) Ishii, Y., Harigae, S. Tanimoto, S., Yabe, T.,

- Yoshida, T., Taki, K., Komatsu, N., Watanabe, K., Negishi, M., Tatsumoto, H., 2010. Spatial variation of phosphorus fractions in bottom sediments and the potential contributions to eutrophication in shallow lakes. *Limnology* **11**, 5-16.
- 7) Ishii, Y., YABE, TNAKAMURA, M., AMANO, Y., KOMATSU, N., WATANABE, K., 2009. Effect of Nitrate on Phosphorus Mobilization from Bottom Sediment in Shallow Eutrophic Lakes. *Journal of Water and Environment Technology* **7**(3), 163-176.
- 8) 北村立実、小室俊輔、大内孝雄、湯澤美由紀、増永英治、浅岡大輝、鮎川和泰、清家泰、2019. 北浦における貧酸素水塊と栄養塩濃度の分布. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報 **15**、55-64.
- 9) 環境省、2016. (お知らせ) 水質汚濁に係る環境基準の追加等に係る告示改正について. URL. <https://www.env.go.jp/press/102287.html> (2020年11月時点).
- 10) Williams, J. D. H., J. K. Syers, R. F. Harris, and D. E. Armstrong, 1971. Fractionation of inorganic phosphate in calcareous lake sediments. *Soil Science Society of America Proceedings*, **35**, 250-255.
- 11) 小松伸行、石井裕一、渡邊圭司、本間隆満、北村立実、根岸正美、岩崎順、2009. 富栄養化した霞ヶ浦の堆積物に養殖の痕跡を残すリンの形態と分布. *陸水学雑誌* **69** (3)、193-208.
- 12) Masunaga, E., Komuro, S., 2020. Stratification and mixing processes associated with hypoxia in a shallow lake (Lake Kasumigaura, Japan). *Limnology* **21**, 173-186.
- 13) 北村立実、小室俊輔、大内孝雄、湯澤美由紀、増永英治、浅岡大輝、鮎川和泰、清家泰、2019. 北浦における貧酸素水塊と栄養塩濃度の分布. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報 **15**、55-64.
- 14) 小室俊輔、北村立実、大内孝雄、増永英治、浅岡大輝、鮎川和泰、三上育英、清家泰、湯澤美由紀、福島武彦、2021. 北浦における貧酸素水塊の詳細分布と貧酸素水域面積の推計. *水環境学会誌* **44**(5)、157-164.

1-2 霞ヶ浦流域の生態系サービスの享受量の変遷及び代替法による経済評価

北村立実、松崎慎一郎*、久保雄広*、山野博哉*、湯澤美由紀、福島武彦

Temporal changes in multiple ecosystem services of Lake Kasumigaura basin and the economic evaluation using a replacement cost method

Tatsumi KITAMURA, Shin-ichiro MATSUZAKI, Takahiro KUBO, Hiroya YAMANO, Miyuki YUZAWA, Takehiko FUKUSHIMA

キーワード：霞ヶ浦流域、供給サービス、調整サービス、文化的サービス、代替法

1 はじめに

霞ヶ浦は湖面積 220 km² と日本で 2 番目に広い湖であり、流域面積は 2,157 km² と茨城県の面積の約 3 分の 1 を占めている。2018 年に茨城県で開催された第 17 回世界湖沼会議では「人と湖沼の共生—持続可能な生態系サービスを目指して—」というテーマで、研究者や行政、NGO、市民等が参加して湖沼から受ける様々な恵み（生態系サービス）について議論した¹⁾。これまでに、霞ヶ浦湖内の生態系サービスについては、生物多様性と生態系サービスの総合評価報告書（Japan Biodiversity Outlook2 : JBO2）²⁾ で評価されている項目や指標を参照し、生態系サービスの享受量の変遷を把握すると共に、それらの経済価値の算出を行ってきた。その結果、取水、洪水調節など人間活動を豊かにする項目が増加し、水辺遊びや魚種や植物など生物多様性や人々が霞ヶ浦と触れ合うような項目が減少していることが明らかとなった³⁾。一方で霞ヶ浦流域における生態系サービスの経済的な価値評価は行なわれていない。流域に関する研究事例として、安価な輸入材の流通や林業従事者の高齢化など、森林の持続的管理利用が課題となっている林業について、森林の生態系サービスの現状を定量的に評価するとともに、将来変化を予測することで森林管理に有効な施策等を検討した事例がある⁴⁾。霞ヶ浦流域は霞ヶ浦の水源であるばかりでなく、森林に加え、市街地、畑地や水田なども広く分布している。また、霞ヶ浦に流入する河川が 56 河川もあり、流域から流入する汚濁負荷など霞ヶ浦への影響は非常に大きい。今後、霞ヶ浦の生態系や水環境の保全、流域管理を検討するためには、霞ヶ浦湖内だけでなく、流域の生態系サ

ービスも把握した上で議論することが重要である。

そこで、本研究では霞ヶ浦流域の生態系サービスを供給・調整・文化的・基盤サービスに分類し、その享受量の変遷、経済価値を検討することとした。

2 評価対象の概要および評価方法

霞ヶ浦の生態系サービスは湖内や流域、さらに流域外にも及んでいるが、本研究の評価の対象は霞ヶ浦流域（陸域部分）とし、生態系サービスの項目及び指標については、JBO2²⁾ で評価されている項目や指標を参考にし、供給・調整・文化的・基盤の 4 つのサービスに分類した。指標に関するデータは既存の統計資料等から抽出した。

本研究では、代替法を用いて経済価値を行った。代替法は環境のような非市場財がもたらす便益を、その財と同等な便益をもたらす他の市場財で代替し、それを供給した場合に必要な費用によって計測する手法である。代替法の利点としては、直観的に理解しやすく、一般住民への説明も容易ということや、一定の手法が確立すれば、評価者によらず安定的な計測結果を得ることができることが挙げられている。本研究では、年間における経済価値（金額）を算出することとし、実際に市場に流通しているものについては市場価格で代替した。それ以外の指標については代替となる原単位に物量を乗ずることで算出した。原単位は可能な限り霞ヶ浦流域内で算出されたものを用いたが、無い場合は流域外（茨城県内、もしくは県外）の数値を参考に決定した。ただし、基盤サービスについては、霞ヶ浦流域で評価できる

*国立環境研究所

項目を見つけれなかったため今回は対象から除外した。

また、本研究の評価対象期間として、生態系サービスの享受量については、1965年から2018年のデータを利用し、享受量の増減に関する評価については直近の値の5%未満の変化の場合は横ばいとした。経済評価については、現在の価値を評価することとし、2006年から2016年のデータから算出した。

(1) 供給サービス

① 食糧・原材料

農地からは様々な農産物を享受している。中でも代表的な作物である、水稻（米）、小麦・大豆・果実（果樹）、野菜（根菜類、葉茎菜類、果菜類、果実的野菜、香辛野菜）の生産量・生産額を指標とした。レンコンは霞ヶ浦（湖内）に依存する作物として野菜から除外した。作物統計調査⁵⁾（品目別（季節区分別）作付面積、収穫量及び出荷量累年統計）及び生産農業所得統計⁶⁾より茨城県の統計値を抽出した。それぞれの生産量、生産額については、県の生産量・生産額に県全体の土地利用面積に流域内の土地利用面積を按分して算出した。流域内の土地利用面積は国土数値情報⁷⁾土地利用詳細メッシュより算定した。水稻は田の面積、小麦・大豆・果実や野菜は畑の面積を用いた。生産量は1965年～2014年まで抽出し、生産額は2014年の金額を抽出した。

また、家畜や牧草地を活用することで肉類や乳製品などの食糧を得ている。そこで、生産量は牛・豚・鶏の出荷頭数、生乳、鶏卵の生産量とし、生産額は牛（牛肉と生乳の和）、豚、鶏（鶏と鶏卵の和）の生産額を指標とした。畜産物流通調査⁸⁾、牛乳乳製品統計調査⁹⁾及び生産農業所得統計⁶⁾より茨城県の統計値を取得し、それぞれの生産量や生産額については、茨城県の家畜飼養頭数¹⁰⁾を、流域の家畜飼養頭数¹¹⁾で按分して算出した。ただし、家畜飼養頭数について、牛は肉用牛と乳用牛の飼養頭数の和、鶏は採卵鶏の飼養羽数を用いた。生産量は1965年～2015年まで抽出し、生産額は2015年の金額を抽出した。

木材は住宅や紙・パルプなどに欠かせない資源のひとつである。また、薪はかつてエネルギー源として重要な役割を果たし、現在はバイオ

マス燃料として木質粒状燃料（木質ペレット）が注目を集めている。そこで、木材、薪及び木質粒状燃料を指標とした。木材統計調査¹²⁾、特用林産物生産統計調査¹³⁾及び生産林業所得統計¹⁴⁾より茨城県の統計値を抽出した。それぞれの生産量、生産額については、県全体の森林面積に流域内の森林面積を按分して算出した。流域内の森林面積は国土数値情報⁷⁾土地利用詳細メッシュより算定した。また、生産額については、木材、薪、木炭やキノコ類などを含んだ額とした。生産量は1965年～2015年まで抽出し、生産額は2015年の金額を抽出した。

次に、木材以外の原材料として、竹材及び木炭の生産量と、繊維製品に用いられる原材料として、国内で統計が整備されている繭の生産量及び養蚕の生産額を指標とした。竹材及び木炭の生産量は特用林産物生産統計調査¹³⁾より茨城県の統計値を抽出し、県全体の森林面積に流域内の森林面積を按分して算出した。生産額は前述した木材に含まれている。繭の生産量及び生産額は生産農業所得統計⁶⁾より養蚕分として茨城県の統計値を抽出し、県全体の畑面積に流域内の畑面積を按分して算出した。竹材及び木炭の生産量は1990年～2015年まで抽出し、生産額は2015年の金額を抽出した。繭の生産量は1966年～2006年まで抽出し、生産額は2006年の金額を抽出した。

森林からは木材のみならず様々な食料を得ることができる。ここでは、森林や竹林と関係があり（菌床で生産するようなきのこ類は除外）、統計が得られる指標として、たけのことしいたけ（原木栽培）の生産量を指標とした。たけのこ及びしいたけの生産量は特用林産物生産統計調査¹³⁾より茨城県の統計値を抽出し、県全体の森林面積に流域内の森林面積を按分して算出した。たけのことしいたけの生産量は1990年～2015年まで抽出し、生産額は前述した木材に含まれている。

② 水供給

流域の河川等から水を揚水し、水道用水、工業用水、農業用水に用いている。そこで、水道用水、工業用水、農業用水の取水量を指標とした。

農業用水の取水量は利根川水系利水現況図¹⁵⁾を用いて湖岸を除く流域河川に設置された

樋門数 386 件を抽出し、これらの樋門からの受益面積を読み取って算出したところ、流域全体で 25,785.0 ha と見積もられた。また、既往文献¹⁶⁾ から単位面積当たりの揚水量 13,794.5 m³ / (ha・年) を算出した。これらを用いて年間の揚水量を算出すると 355,692,369 m³/年と算出された。農業用水量の推移は 1990 年現在の利根川水系利水現況図しか把握できないため 1990 年のみとした。また、資料¹⁷⁾ から霞ヶ浦用水Ⅱ期地区および霞ヶ浦用水Ⅲ期地区の受益面積と年間効果額から単位面積当たりの受益単価 1,376,808 円/ha を算出し、先に算出した単位面積当たりの揚水量から単位水量当たりの便益単価 99.8 円/m³ を算出した。この原単位に 1990 年の農業揚水量を乗ずることで 1990 年の農業用水の経済価値を算出した。

工業用水は霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画の資料¹⁸⁾ から鹿島の地下水の取水量を抽出することで工業用水量とした。工業用水量は 1986 年～2016 年の 5 年毎のデータを抽出した。また、鹿島工業用水道事業と県南西広域工業用水道事業の水道の基本料金¹⁹⁾ の平均から原単位を 45 円/m³ を算出した。この原単位に 2016 年の工業用水量を乗ずることで 2016 年の工業用水の経済価値を算出した。

水道用水は霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画の資料¹⁸⁾ から霞ヶ浦の取水量を抽出することで水道用水量とした。経済価値は 2001 年以降取水をしていないことから 0 円とした。

(2) 調整サービス

① 水の調整

森林などの生態系には降水を地下へと浸透させるなどして緩やかに流下させる機能がある。ここでは、その一部である地下水への涵養を評価する。地下水涵養量は既往資料²⁰⁾ に示された以下の式を用いて算出した。

$$G = P - ET - R_{surf} - R_{sub}$$

$$ET = a_1 \exp(b_1 i p T)$$

$$R_{surf} = a_2 \exp [b_2 (1-i)]$$

$$R_{sub} = a_3 (i\beta) - b_3$$

ここで、 G ：地下水涵養量 (mm/年)、 P ：降水量 (mm/年)、 ET ：蒸発散量 (mm/年)、 R_{surf} ：表面流出量 (mm/年)、 R_{sub} ：中間流出量 (mm/年)、 T ：年平均気温 (摂氏)、 i ：浸透面積率、 β ：斜面の垂直距離に対する水平距離 (m) であ

り、また a 、 b は表層土壌の飽和透水係数に応じた係数である。 T および P については国土数値情報⁷⁾ から 2012 年の平年値メッシュデータを取得した。 i は資料²¹⁾ から土地利用毎の値を取得し、本分析の土地利用 (国土数値情報の土地利用細分メッシュ：1976 年、2014 年) に合わせて設定した。 β は国土数値情報の標高 5 次メッシュより平均傾斜を取得し算出した。表層土壌の飽和透水係数に関しては、資料²²⁾ に記載の土地分類基本調査の土壤図の大分類毎に GeoNetwork の Soil Map of the World と Natural Resources Conservation Service (NRCS) の Soil Texture Calculator を用いて土質を設定して、資料²³⁾ より算出した透水係数を用いた。その結果、地下水涵養量は 1976 年と 2014 年の 2 か年で推移を検討した。また、資料²⁴⁾ より開発水量あたりの利水ダム年間減価償却費 52.6 円 / (m³・年) に 2014 年の地下水涵養量を乗ずることで 2014 年の地下水涵養の経済価値を算出した。

森林や農地、緑地などの植生は窒素やリン等の富栄養化物質を吸収し土壌から除去している。ここでは窒素とリンの除去量を評価した。ただし、水田については、全リンの除去能力が小さいかもしくは負であるため、全窒素のみ評価することとした。環境省報告書²²⁾ において、文献等より算出された植生区分ごとの全窒素除去量、全リン除去量の原単位の値を用い、自然環境保全基礎調査²⁵⁾ の植生図に当てはめることで評価した。なお、植生図は 100 m メッシュごとに最も面積が多い植生を代表的な植生とした。全窒素及び全リン除去量の推移は 1983～1987 年と 2000～2003 年、2015 年とした。また、東京湾に立地する下水処理場において年間 84.2 t の窒素を処理するコストとして、建設費及び維持管理費の合計で 9 億 9,460 万円とし、1 t あたりの処理費用を 1,181 万円と試算した²⁶⁾。ただし、リンについては既存事例がないため、経済評価の対象から除外した。

② 気候・大気環境の調整

森林等による炭素の固定はグローバルな気候の変動を抑制する働きがある。ここでは、森林が吸収する炭素量に焦点を絞って評価することとした。環境省報告書²²⁾ において、植生区分ごとの CO₂ 吸収量を自然環境保全基礎調

査²⁵⁾の植生に当てはめることで評価した。なお、植生図は100mメッシュごとに最も面積が多い植生を代表的な植生として扱った。CO₂吸収量の推移は1983～1987年と2000～2003年、2015年とした。また、森林吸収Jクレジットにおける取引価格の平均値²⁷⁾(平成28年6月～平成29年4月)1,004円/t-CO₂を算出し、2000～2003年、2015年のCO₂吸収量に乗ずることで経済価値を算出した。

水の蒸発による潜熱効果は周囲の気温を低下させることから、微視的気候を調節する機能がある。ここでは、蒸発散量を潜熱効果の代替値として評価した。Tallisら²⁸⁾に示されているハモン式を用いて蒸発散可能量を推定し、陸域生態系については蒸発散係数を用いて蒸発散量へ補正した。水域生態系については、蒸発散可能量をそのまま蒸発量とした。なお、藤田ら²⁹⁾では、水面からの蒸発散の計算においても水温ではなく気温を用いて計算しているため、ここでも気温に基づく水域の蒸発散可能量を推定した。

$$\sum_{i=1}^{12} ET_{(0, i)} = 13.97d_i D_i^2 W_i$$

$$W_i = 4.95 \exp(0.062T_i) / 100$$

ここで、 ET_0 は月間の蒸発散可能量、 i は月、 d は各月の日数、 D は各月平均での可照時間(12時間を1とした)、 W は飽和蒸気密度(g/m^3)、 T は月平均気温($^{\circ}C$)である。 D については、簡略化のために国土数値情報⁷⁾から2012年度(平成24年度)の平年値メッシュデータを取得し、この可照時間を用いた。また、蒸発散係数については、Tallisら²⁸⁾に示された以下の数式を用いて設定した。

$$ET_K = \begin{cases} LAI/3, & \text{When } LAI \leq 3 \\ 1, & \text{When } LAI > 3 \end{cases}$$

ここで、 ET_K は蒸発散係数、 LAI は葉面積指数蒸発散量とした。国土数値情報の土地利用細分メッシュ(1976年、2014年)を再分類した本分析の土地利用に合わせて設定した。本評価においては、現在の植生(森林、田、その他農用地)の有無による差分を植生による蒸発散量として評価した。なお、簡略化のため、気温、可照時間ともに年平均値(2012年度)を採用した。流域の蒸発散量は、土地利用のうち、河川

地および湖沼以外の土地利用区分を抽出して算出した。

植物には光合成を行う際に二酸化炭素と併せて大気汚染物質を吸収する機能がある。ここでは工場や車両等から発生した窒素化合物(NO_x)、硫黄化合物(SO_x)が大気中で変化した二酸化窒素(NO₂)、二酸化硫黄(SO₂)の吸収量及びその経済価値を評価した。環境再生保全機構³⁰⁾に示された以下の推定式を用いて、植物によるNO₂、SO₂の吸収量を算出した。

$$U_{NO_2} = 13.9 C_{NO_2} P_g$$

$$U_{SO_2} = 18.6 C_{SO_2} P_g$$

ここで、 U_{NO_2} はNO₂吸収量(t/年)、 U_{SO_2} はSO₂吸収量(t/年)とし、 C_{NO_2} は環境数値データベース³¹⁾よりデータを取得し、クリギング法で内挿したNO₂濃度($\mu g/cm^3$)、 C_{SO_2} は環境数値データベース³¹⁾よりデータを取得し、クリギング法で内挿したSO₂濃度($\mu g/cm^3$)、 P_g はMODIS³²⁾よりデータを取得した一次総生産量[t-C/(ha・年)]とした。なお、今回は P_g については環境省報告書²²⁾にて整理されたMODISより取得されたデータを用いて算定を行った。また、文献³³⁾から1tあたりの排煙脱硝装置の減価償却・維持費を算出しNO₂は12.44円/t-CO₂、SO₂:2.68円/t-CO₂とした。

③ 土壌の調整

樹木や草本などの植物は根系により土壌を保持する機能を有することから、森林や農地の持つ土壌流出防止量を評価した。植生の有無による土壌流出量の差分を、植生による土壌流出防止量として算出することとした。土壌流出を検討する際に広く用いられている一般土壌流出式(USLE)により、土壌流出量を推定した。

$$E = RKLSCP$$

ここで、 E は土壌流出量(t/年)、 R は降雨係数[t・m²/(ha・h)]、 K は土壌係数(h/m²)、 L は斜面長係数、 S は傾斜係数、 C は作物管理係数、 P は保全係数である。降雨係数は文献³⁴⁾を用いて都道府県の年間降水量(2013年)から算出した。土壌係数は文献³⁴⁾の土壌群毎の平均値を、国土交通省が提供している土地分類調査における土壌図³⁵⁾の大分類に当てはめた。斜面長係数(L)及び傾斜係数(S)を合成した傾斜長係数(LS)は、国土数値情報の標高データか

ら計算した 250mメッシュの傾斜角を用いて、文献³⁶⁾に示された傾斜度と地形係数の関係より算出した。作物管理係数 (C)、保全係数 (P) は、それぞれサンゴ礁資源情報整備事業の報告書³⁷⁾及び自然環境研究センター³⁸⁾より値を取得し、国土数値情報の土地利用に合わせて設定した。なお、作物管理係数の森林については文献³⁹⁾の針葉樹人工林の係数値を参照した。保全係数については森林の平均値を用いている。以上を用いて土壌流出量を算定するとともに、森林や農地がすべて裸地である仮定した場合における流出量と比較することで、植生(森林や農地)による土壌流出防止量を推定した。土壌流出防止量は 1976 年と 2014 年とした。また、文献²⁴⁾より土砂 1m³あたりの砂防ダム建設コストを算出したところ、5,780 円/t-CO₂と見積もられたことから、2014 値の土壌流出防止量に乗ずることで経済価値を算出した。

植生により保持される土壌(流出が防止される土壌)により、維持される栄養塩類量を評価した。農業環境技術研究所の土壌情報閲覧システム⁴⁰⁾における作土の理化学性データベースより土壌分類ごとに可給態窒素、可給態リン酸のデータを抽出し、土壌ごとに平均値を求めたうえで、国土交通省の土地分類調査³⁵⁾の土壌図へ当てはめた。これらを前述で得られた土壌流出防止量の値に乗じて、森林生態系及び農地生態系における植生がある場合とない場合の可給態窒素維持量、可給態リン酸維持量を算出した。可給態窒素維持量及び可給態リン酸維持量は 1976 年と 2014 年とした。また、肥料の小売価格における石灰窒素、過リン酸石灰の肥料単価(2017 年 7 月の平均価格)⁴¹⁾に、平均的な含有率⁴²⁾に乗ずることで窒素は 76 万 4,750 円/t、リン酸は 38 万 5,750 円/tとした。これらと 2014 年の可給態窒素維持量及び可給態リン酸維持量に乗ずることで経済価値を算出した。

④ 自然災害の防護

陸域における植生による洪水緩和機能を裸地等と比較することで評価することとし、森林や農地には樹幹や植被によって、降雨を緩やかに流下させる機能(ピーク流量の抑制)があり、これを流量調整機能として評価した。合理式において、ピーク流量は、洪水到達時間、ピーク流出係数、流域面積を用いて以下の式で算定し

た。なお、簡略化のため、堤防や堰等の人工物の存在については考慮していない。

$$Q = f_p r A / 3.6$$

ここで Q はピーク流量、 f_p はピーク流出係数、 r は洪水到達時間内の平均降雨強度 (mm/h)、 A は流域面積 (km²) である。ピーク流出係数 f_p は角屋⁴³⁾が示した土地利用ごとの係数より、本検討で植生図から再分類した土地利用に当てはめた。洪水到達時間 T_p は土木研究所で示された式⁴⁴⁾に基づき算出した。なお、我が国においては都市部の面積よりも自然域の面積の方が大きいため、本検討においては評価を簡単にするため自然流域における経験式を適用した。

$$T_p = 0.00167 (L/\sqrt{S})^{0.7} \quad (\text{自然流域})$$

$$T_p = 0.00024 (L/\sqrt{S})^{0.7} \quad (\text{都市流域})$$

ここで T_p は洪水到達時間 (h)、 L は流域最遠点から対象地点までの流路延長 (m)、 S は平均流路勾配である。流域は水系単位を採用し、流路は一次河川、二次河川のうち本線であるもの、また本線が明確でない流域においては最長となるものを採用した。降雨強度は、土木研究所のアメダス降雨確率解析プログラム⁴⁵⁾から 30 年確率 60 分間降雨強度を算出し、クリギング法を用いて全国に内挿した。以上より、ピーク流量を推定するとともに、森林や農地がすべて裸地であると仮定した場合の流量と比較することにより、植生によるピーク流量の抑制量(植生による洪水調整量)を推定した。植生による洪水調整量の推移は 1983~1987 年と 2000~2003 年、2015 年とした。また、文献²⁴⁾より治水ダムの単位流量調節量あたりの年間減価償却費を用いることで 483 万円/(年・m³/s)と算出し、2000~2003 年、2015 年の植生による洪水調整量に乗ずることで経済価値を算出した。

植生の根系は表層土を固定する機能を果たす。植生があることによる表層崩壊防止(安全率の上昇度)を評価した。阿部⁴⁶⁾が示している根による土のせん断抵抗力補強強度に基づく安全率の増加分を算出する。

$$\Delta FS = \Delta S / (H_s \delta \sin \theta)$$

ここで ΔFS は安全率の増加分、 ΔS は根によるせん断抵抗力補強強度 (kgf/m²)、 H_s は表層土層の厚さ (cm)、 δ は飽和土の単位体積重

量 (kN/m³)、 θ は斜面勾配である。

$FS = (c + \angle S + Hs \delta \tan \varphi \cos \theta) / (Hs \delta \sin \theta)$
安全率 (FS) の算出において、 c は定数、 φ は角度である。阿部⁴⁶⁾では、 c は 200 kgf/m³ とされ、 φ については 34 度とされている。また、阿部⁴⁶⁾に示された表層土厚の厚さ、林齢、根による土のせん断抵抗補強強度の表より、重回帰分析を行い以下の回帰式を得た。

$$\angle S = 240.95 - 2.00Hs + 5.15Fa$$

Fa は林齢であり、林野庁の統計データ⁴⁷⁾を用いて都道府県ごとの平均林齢を設定した。表層土厚の厚さは ISRIC-WISE の Global Soil Profile Data⁴⁸⁾より土壤分類群ごとに取得し、土壤図へ当てはめた。また、単位体積重量は、阿部⁴⁶⁾から表層土厚 50cm における飽和土の値を 18 kN/m³ と算出し、この値を用いた。以上より、自然環境保全基礎調査の植生図²⁵⁾を用いて、森林があり、せん断抵抗力補強強度 ($\angle S$) が強化された場合と、森林がなく $\angle S$ が強化されない場合の安全率の上昇率を算出した。なお、斜面崩壊は傾斜 25 度以上で発生しやすいとされていることから、本評価においては平均傾斜が 25 度以上の地域で評価を行った。安全率の上昇度の推移は 1983~1987 年と 2000~2003 年、2015 年とした。経済価値については適切な原単位がないため、評価対象外とした。

(3) 文化的サービス

①教育

自然は生態学や生物学に関する学習や研究の機会を与えるのみならず、野生生物との遭遇や樹木との触れ合いなどを通じて、学問以外の知恵や生活に資する知識を習得する機会を提供する。このような機会はとりわけ子どもの成長過程において重要であり、それゆえ子どもの遊び場の報告数を指標として評価した。茨城県のこどもいきいき自然体験フィールド 100 選⁴⁹⁾より霞ヶ浦流域内の遊び場を抽出した。子どもの遊び場の報告数として 2017 年のデータを抽出した。経済価値については適切な原単位がないため、評価対象外とした。

自然は生態学や生物学に関する学習や研究の機会を与えるのみならず、野生生物との遭遇や樹木との触れ合いなどを通じて、学問以外の知恵や生活に資する知識を習得する機会を提供する。自然との直接的な関わり合いが減少し

た現代においては、環境教育を実施する NGO・NPO がひとつの重要な役割を果たすため、ここでは環境教育に携わる NGO・NPO の数を指標として評価した。「環境 NGO・NPO 総覧オンラインデータベース」⁵⁰⁾より、茨城県内を活動場とする団体で、かつ環境教育を活動内容に含む団体数を抽出した。環境 NGO・NPO 登録団体として 2015 年のデータを抽出した。経済価値については適切な原単位がないため、評価対象外とした。

②景観、観光・レクリエーション

霞ヶ浦の風光明媚な自然や広大な水面、多様な動植物、霞ヶ浦流域で収穫された農産物や整備された公園などは、観光やレクリエーションの機会を提供する。ここでは、観光客数を指標として評価した。株式会社マクロミルによって 2018 年 2 月 2 日~6 日に 20 才以上の成人を対象として行われた WEB 調査「霞ヶ浦についてのアンケート」結果⁵¹⁾を用い、霞ヶ浦への観光客数 (訪問者数) を算定した。年間の霞ヶ浦への観光客数 (訪問者数) の算出方法として、まず 2017 年に霞ヶ浦を訪れたことが『ある』と回答した県別回答者数を県別総回答数で除して各県の霞ヶ浦を訪れたことが『ある』の割合を算出した。そして、それらに県別人口を乗じることで都道府県毎の年間の霞ヶ浦への観光客数 (訪問者数) を算出し、さらにそれらを合計することで年間 (2017 年) の霞ヶ浦への観光客数 (訪問者数) を推計した。また、経済価値は旅費を算出することで評価した。霞ヶ浦への観光客の着地はいずれも土浦駅とした。回答者の居住地は、マクロミル社が保有する回答者の郵便番号より判断した。訪問手段が「車、バイク」の回答者の旅費は、居住地と土浦駅までの距離を算定し、燃費で除して、さらにガソリン代を乗ずることで算出した。ここで、車の燃費は 19.4 km/L (2015 年の新車・保有車の平均) とし、バイクの燃費は 40 km/L (125 cc・400 cc クラスの平均)⁵²⁾とした。ガソリン代は 133.5 円/L (2017 年平均)⁵³⁾とした。訪問手段が「電車」の回答者の旅費は、回答者の郵便番号が示す住所の最寄り駅から土浦駅までの交通機関乗車料金によって算出した。訪問手段が徒歩・自転車の回答者については、旅費はゼロとした。

③伝統芸能・伝統工芸

生態系は農作物の豊穰や水産物の大漁をもたらし、また、雷や嵐などの自然災害を起こすなどして、人々に形而上的な神の存在を想起させ、宗教的・精神的な影響を与えてきた。このような自然との関係は、地域の行事や祭りに表されていることが多々あるため、ここでは、伝統的な祭り・文化・芸能の保存が行われている農業集落数を指標として評価した。農業センサス2015⁵⁴より、流域自治体の調査実績値(2015年)を抽出した。経済価値については適切な原単位がないため、評価対象外とした。

日本酒・濁り酒等は古来より地域の淡水を利用して造られ、地域固有の伝統文化としての側面がある。このため酒類製成量と酒蔵数という指標を用いて評価した。国税庁統計情報⁵⁵より茨城県の酒類製成数量と酒蔵・濁酒製成場・地ビール製成場数を抽出した。それに流域内市町村の「飲料・たばこ・飼料製造業」企業数を乗じて茨城県の「飲料・たばこ・飼料製造業」企業数で除することで算出した。経済価値については適切な原単位がないため、評価対象外とした。

3 結果および考察

(1) 各指標の推移

供給サービスについて、水稻生産量は年毎に増減があるが緩やかに減少する傾向がみられた(図1)。小麦生産量は1965年から1975年頃にかけて急激に減少し、近年は横ばいで推移していた。大豆生産量は2002年にかけて増加し、近年は減少傾向にあるものの長期的には増加傾向であった(図2)。果樹生産量は減少傾向であり、野菜生産量は1980年代に最も多くなったが、その後減少し2004年以降は概ね横ばいで推移した(図3)。牛の出荷頭数は2000年頃より減少傾向であった。豚の出荷頭数は1980年代をピークとして1990年代に減少、その後概ね横ばいで推移していた。ブロイラーはデータが少ないため傾向は不明であった(図4)。生乳は1997年代頃まで横ばい、その後減少する傾向がみられたが、鶏卵はデータが少ないため傾向は不明であった(図5)。木材生産量は1965年から減少し続けていたが、2000年代半ばより増加する傾向がみられた(図6)。薪生産量は2002年まで増加していたが、その

後急減しており、2007年以降は統計値としては現れなくなった。木質粒状燃料生産量は、近年生産量が増加していた(図7)。竹材生産量は減少し続けており、2012年以降は統計値としては現れなくなった。木炭生産量も大きく減少していたが、2013年以降やや増加した(図8)。繭生産量は1970年以降急激に減少しており、2006年以降は統計値としては現れなくなった(図9)。たけのこ、しいたけの生産量は共に減少傾向がみられた(図10)。特に、しいたけは2011年の東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に伴う放射性物質の影響により、一部の地域で出荷制限がかかっているため2011年の生産量が最も少なくなった。農業用水量の推移はデータが不足のため把握できなかった。工業用水は鹿島浄水場でのみ地下水を汲み上げているが減少傾向であった。水道用水は霞ヶ浦浄水場でのみ地下水を汲み上げていたが、2001年以降利用していなかった(図11)。

調整サービスについて、地下水涵養量は、1976年の1,615万 m^3 /年から2014年の1,983万 m^3 /年とやや増加した。全窒素除去量、全リン除去量は、第3回植生調査時(1983年～1987年)は7,737 t /年、30.2 t /年であったが、第6、7回植生調査時(2000～2003年、2015年)は7,049 t /年、27.1 t /年となり減少した。森林等の CO_2 吸収量は、第3回植生調査時(1983年～1987年)は49,800 t-CO_2 /年であったが、第6、7回植生調査時(2000～2003年、2015年)は113,000 t-CO_2 /年と2倍以上に増加した。しかし、これは第6、7回植生調査時に落葉広葉樹林群落が増加したことが原因と考えられるが、第6、7回調査は、植生の判読方法の変更、植生区分の変更などがなされたため、その影響によって大きく変わった可能性がある。蒸発散量は、1976年は16,530,000 m^3 /年であったが、2014年は16,290,000 m^3 /年とほぼ横ばいであった。植物等による NO_2 吸収量及び SO_2 吸収量は、第3回植生調査時は947 t /年、568 t /年であったが、第6、7回植生調査時は1,019 t /年、341 t /年と、 NO_2 吸収量は増加し、 SO_2 吸収量は減少した。ただし、大気中の NO_2 濃度や SO_2 濃度も同様の傾向があり、濃度変化に依存していた。土壌流出防止量は1976年は190万 t /年であったが、

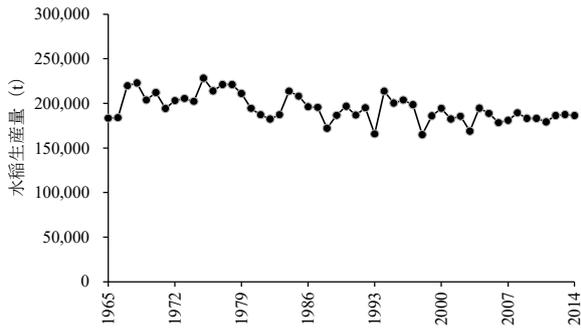


図1 水稻の生産量の推移

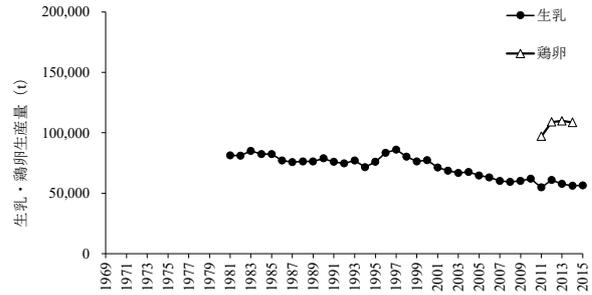


図5 生乳及び鶏卵の生産量の推移

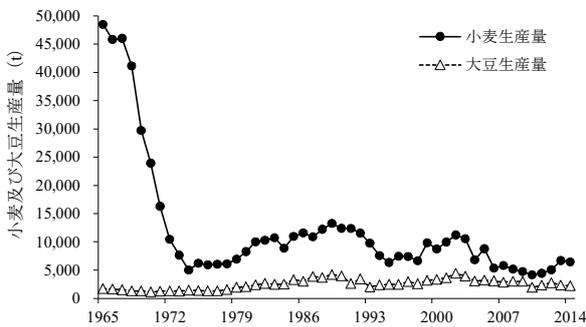


図2 小麦及び大豆の生産量の推移

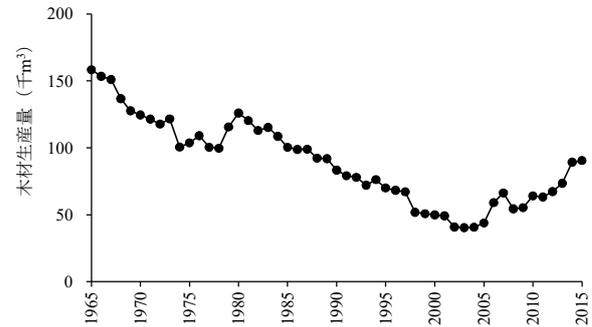


図6 木材の生産量の推移

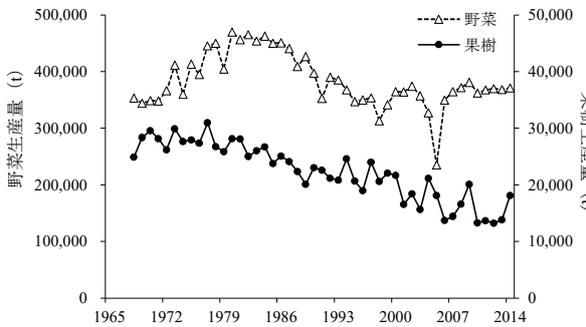


図3 果樹及び野菜の生産量の推移

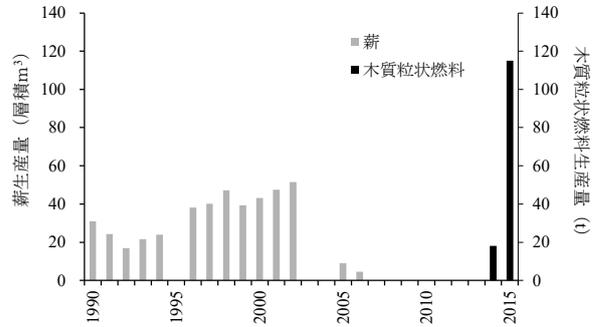


図7 薪及び木質粒状燃料の生産量の推移

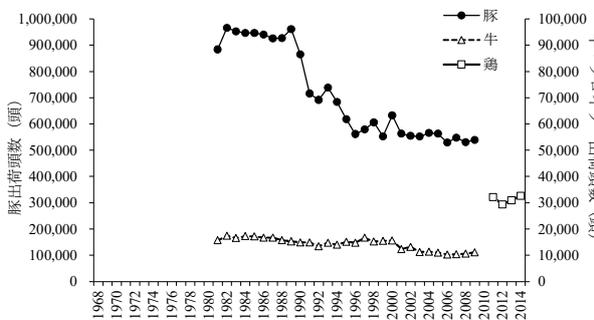


図4 牛、豚及びブロイラーの出荷頭数の推移

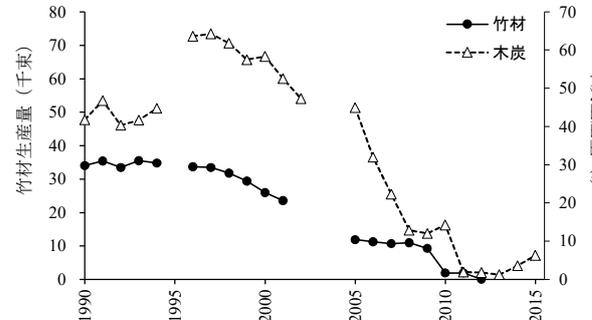


図8 竹材及び木炭の生産量の推移

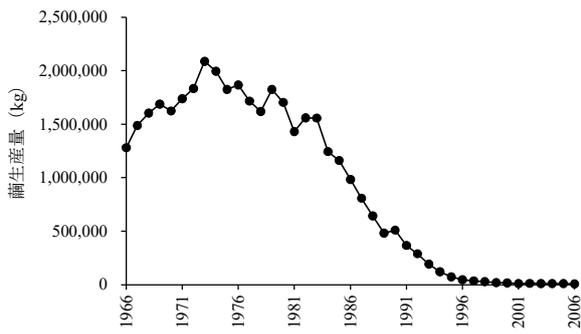


図9 菌の生産量の推移

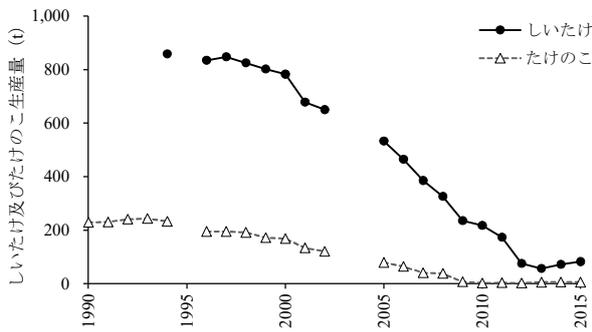


図10 しいたけ及びたけのこの生産量の推移

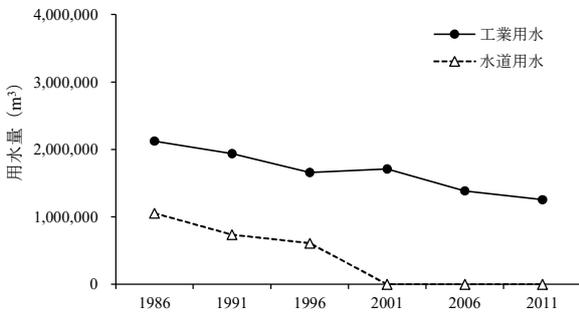


図11 工業用水及び水道用水の用水量の推移

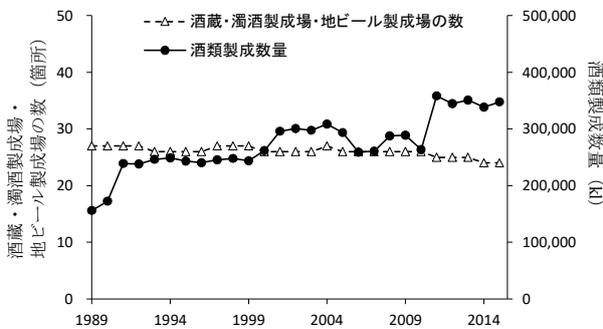


図12 酒類製成量と酒蔵数の推移

2014年は180.5万t/年と植生による土壌流出量はほぼ横ばいであった。また、森林・農地がない場合の年間土壌流出量は森林・農地がある場合と比較して、約25倍～40倍多く、森林・農地が土壌侵食を制御し、土壌の保持に寄与していると考えられた。森林及び農地における可給態窒素維持量及び可給態リン酸維持量は、1976年は148t/年、1,393t/年であったが、2014年は154t/年、1,994t/年と可給態窒素維持量は横ばい、可給態リン酸維持量は増加した。植生等による洪水調整量は、第3回植生調査時は228m³/sであったが、第6、7回植生調査時は217m³/sと若干減少した。植生による表層崩壊からの安全率の上昇分は、第3回調査時、第6、7回調査時ともに0.24となり横ばいだった。

文化的サービスについて、子供の遊び場報告数は、2017年で35箇所であり、うち霞ヶ浦を利用した遊び場9箇所であった。環境NGO・NPO登録団体数は、2015年で31団体であった。霞ヶ浦への観光客数(訪問者数)は2017年で324万人と見積もられた。伝統的な祭り・文化・芸能の保存が行われている農業集落数は2015年で1,271集落であった。酒類製成数量は、2015年で347,902kL、酒蔵・濁酒製成場・地ビール製成場の数は24箇所であり、製成数量は増加傾向、酒造・濁酒製成場・地ビール製成場の数はやや減少傾向であった(図12)。

表1に霞ヶ浦流域における生態系サービスの各項目の享受量の変遷をまとめた。調整サービスの植生によるCO₂の吸収量は検討方法の変更等で過去と現在の享受量が大きく変動したと考えられたため評価対象から除外した。まず、供給サービスについて、食糧・原材料は減少傾向にあり、水供給も減少傾向であった。霞ヶ浦湖内からの水供給は増加傾向であり³⁾、取水量も湖内の方が非常に多かったことから、流域(地下水)よりも湖の水利用の寄与が大きいたことが明らかとなった。調整サービスについて、洪水調節は横ばいであった。霞ヶ浦湖内の洪水調節の場合は常陸川水門の設置や堤防の築堤により強化されたが³⁾、流域では湖のような大規模な強化は把握できなかった。文化的サービスでは享受量の変遷を把握できない項目が多かった。

享受量を把握する上での課題として以下の

ことがあげられた。

- いくつかの項目で、霞ヶ浦流域で把握できず、県全体の値から流域面積で按分したり、市町村単位のデータで集計したりすることで推計した。よって正確な霞ヶ浦流域における享受量を把握するためには、市町村単位よりも細かい単位で把握する必要がある。
- NO₂ 吸収量及び SO₂ 吸収量について、観測所による実測値を用いているが、これは既に植生による吸収を考慮した値の可能性があり過小評価している可能性がある。また、推計式が単純増加関数であり吸収量に限界がないため、大気汚染が深刻な地域では過大評価している可能性がある。
- 森林及び農地における可給態窒素及び可給態リン酸維持量について、本来は森林生態系や農地生態系で常に維持されることにより、栄養塩類が下流側へ大量に流れていかず、また常に供給が維持されるというサービスであるが、これらを網羅的に評価できなかった。
- 表層崩壊防止の安全率の上昇について、享受量の変遷は横ばいであったが、本評価においては、林齢の平均に用いたデータと、植生調査の時期が一致していない。樹種/群落ごとの詳細な林齢の情報を得ることでより精度の高い評価をする必要がある。
- 観光客入込数について、観光目的が霞ヶ浦湖内と流域（農産物、公園等）の両方が含まれていると考えられ、正確な流域の評価は困難であった。

(2) 経済的な価値について

表 1 に各項目における経済的な価値を示した。最も高かったのは農産物の 1,228.8 億円/年となり、次いで水質浄化の 832.0 億円/年となった。水供給について、流域の農業用水、工業用水、水道用水は 357.9 億円/年、1.5 億円/年、0.0 億円/年であったが、湖水の場合は 195.4 億円/年、82.3 億円/年、36.6 億円/年であり³⁾、流域では農業用水が高いが、湖内では工業用水や水道用水が高い傾向がみられた。これは水田や畑等が霞ヶ浦流域に広く分布していることから、農業用水は霞ヶ浦だけでなく河川等からも大量に取水していると考えられた。一方、工業用水や水道用水は浄水場を通して流域に供給されていることから大量の水を確保できる湖水

を利用する割合が大きくなると考えられた。各サービスを単純に合計すると、供給サービスで 2,259.3 億円/年、調整サービスで 958.9 億円/年、文化的サービスで 131.1 億円/年となり、供給サービスや調整サービスで高い傾向がみられた。文化的サービスは貨幣換算できない項目が多かった。また、経済的な価値を算出する上での課題として、湖内の生態系サービスの検討した際と同様であるが、供給サービスや調整サービスは正味現在価値や代替法などで比較的貨幣換算によって定量化されやすいが⁵⁶⁾、文化的サービスや基盤サービスは人の意識として重要であることは認識していても市場で取引されていないもの（非利用価値）が多いため経済的な価値が過小評価されてしまうことである。これらについては CVM やコンジョイント分析など非利用価値も評価できる手法⁵⁷⁾を用いて総合的に解析する必要があるだろう。

4 まとめ

本研究では霞ヶ浦流域の生態系サービスの項目を整理し、生態系サービスの傾向と経済的な価値を明らかにした。

その結果、霞ヶ浦流域の生態系サービスについては、食糧・原材料は多くが減少傾向にあり、水供給も減少傾向であった。水供給は流域よりも湖の水利用の方が大きいことが明らかとなった。洪水調節については、霞ヶ浦湖内のような大規模な強化は把握できなかった。また、経済的な価値として、供給サービスで 2,259.3 億円/年、調整サービスで 958.9 億円/年、文化的サービスで 131.1 億円/年となり、供給サービスや調整サービスで高い傾向がみられた。表 2 より、湖内と流域の経済価値を比較すると、流域の方が全てのサービスで高かった。また、割合としては、湖内は調整サービスが最も大きかったのに対し、流域は供給サービスが最も大きかった。一方、面積当たりに換算すると湖内の方が供給サービスや調整サービスで流域よりも経済価値が高くなった。このことから、総量的には流域の方が経済価値は高いが、面積当たりの経済価値は湖の方が高いことが明らかとなった。

しかし、課題として、霞ヶ浦流域における享受量について、いくつか正確に把握することが

表1 霞ヶ浦流域の生態系サービスの享受量の変遷と経済価値

項目	中項目	小項目	指標	享受量 変遷	経済価値 (億円/年)
供給サービス	食糧・ 原材料	農産物	水稻	↘	347.1
			小麦	↘	881.7
			大豆	↗	
			野菜	↘	
			果実	↘	
		畜産	出荷頭数(牛)	↘	181.0
			生乳	↘	211.0
			出荷頭数(豚)	↘	
			出荷頭数(ブロイラー)	—	265.0
			鶏卵	—	
		木材等	木材	↘	14.1
			薪	↘	
			木質粒状燃料	↗	
			竹材	↘	
	原材料	木炭	↘	—	
		藁	↘		
	特用林産物	たけのこ	↘	—	
		椎茸(原木栽培)	↘		
	水供給	取水量 (流域河川)	農業用水	—	357.9
			工業用水	↘	1.5
水道用水			↘	0.0	
調整サービス	水の調整	地下水涵養	地下水涵養量	↗	1.0
		水質浄化	全窒素吸収量	↘	832
	気候・大気環境の調整	CO ₂ 固定	植生によるCO ₂ の吸収量	—	1.1
			潜熱効果	植生による蒸発散量	↘
		大気浄化	NO _x 吸収量	↗	1.3
			SO _x 吸収量	↘	0.1
	土壌の調整	土壌流出防止	土壌流出防止量	↘	104.0
		栄養塩保持	可給態窒素維持量	↘	1.2
	自然災害の 防護	洪水調節	ピーク流量の抑制	↗	7.7
		表層崩壊防止	安全率の上昇	↘	10.5
文化サービス	教育	子供の遊び場報告数	—	—	
		環境NGO・NPO登録団体数	—	—	
	景観、観光・ レクリエーション	観光客入込数	—	131.1	
	伝統芸能・ 伝統工芸	伝統的祭り・文化・芸能の保存が行われている農業集落数	—	—	
		酒類	酒類生産量	↗	—
		酒蔵・濁り酒製成場・地ビール製成場の数	↘	—	

表2 湖内と流域の生態系サービスの経済価値

	湖内	流域	湖内	流域
	億円/年		億円/(年・km ²)	
供給サービス	463	2,259	2.1	1.0
調整サービス	751	959	3.4	0.4
文化的サービス	3	131	0.01	0.06
基盤サービス	—	—	—	—

できなかったことから、少なくとも市町村別に把握できると霞ヶ浦流域の空間的な生態系サービスの分布や、地域によるトレードオフの関係が可視化できると考えられる。そして、本研究で評価した項目が最低限であり、他にも項目は沢山あることが考えられるため、今後さらに検討する必要があるだろう。また、経済価値について、代替法で算出するために必要な原単位

がなかったこと、文化的サービスが過小評価であり、基盤サービスが評価できなかったことなどが挙げられ、他の経済評価手法と組み合わせることで価値評価することが重要であると考えられた。今後は霞ヶ浦湖内の生態系サービスを検討した際のように、web アンケート調査⁵⁸⁾や現地アンケート調査⁵⁹⁾等を実施し、複数の評価手法を相補的に用いることで、文化的サービス

や基盤サービスの適切な経済的な価値を把握し、総合的に生態系サービスの享受量と価値を見極めることが重要である⁶⁰⁾。また、それらの結果を湖内と結びつけ、霞ヶ浦の生態系や水質の保全に関する政策、さらには今後の霞ヶ浦の在り方を議論する際に活かす必要がある⁶¹⁾。最後に、霞ヶ浦の生態系サービスを議論するためには長期的な変動を把握することが重要であり、定期的なデータの更新が必要になる。そのためには、指標の基となるデータの網羅的な収集やデータベース化を行い、享受量や経済価値の動向を定期的に把握し評価していく必要があるだろう。最後に、霞ヶ浦の生態系サービスを議論するためには長期的な変動を把握することが重要であり、定期的なデータの更新が必要になる。そのためには、指標の基となるデータの網羅的な収集やデータベース化を行い、享受量や経済価値の動向を定期的に把握し評価していく必要があるだろう。

謝辞

本研究はいであ株式会社に委託した「霞ヶ浦の生態系サービスに関する経済評価業務委託報告書（平成30年）」のデータを利用した。また、本研究は国環研と地環研とのI型共同研究「霞ヶ浦の生態系サービスに係る経済評価に関する研究」において情報・意見交換を介して実施された。関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 第17回世界湖沼会議（いばらき霞ヶ浦2018）実行委員会、2018. 第17回世界湖沼会議開催報告書。
- 2) 環境省、2016. 生物多様性及び生態系サービスの総合評価報告書。
- 3) 北村立実、松崎慎一郎、西浩司、松本 俊一、久保雄広、山野博哉、幸福智、菊地 心、吉村奈緒子、福島武彦、2020. 霞ヶ浦の生態系サービスの享受量の変遷及び代替法による経済評価、応用生態工学、**23**:217-234.
- 4) 大場 真、町村 尚、井上 義雄、富士剛志、増本 藍、2007. 淀川流域圏における森林生態系サービスの多面的評価:現在および管理シナリオに基づいた将来、環境科学会誌、**20** (3)、233-246.
- 5) 農林水産省、作物統計 (<https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/index.html>、2017年9月時点)
- 6) 農林水産省、生産農業所得統計 (https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/nougyou_u_sansyutu/、2017年9月時点)
- 7) 国土交通省国土政策局、国土数値情報 (<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>、2017年9月時点)
- 8) 農林水産省、畜産物流通調査 (https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tikusan_ryutu/、2017年9月時点)
- 9) 農林水産省、牛乳乳製品統計調査 (<https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/gyunyu/>、2017年9月時点)
- 10) 農林水産省、畜産統計調査 (<https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tikusan/>、2017年9月時点)
- 11) 茨城県・栃木県・千葉県、2017. 霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画（第7期）。
- 12) 農林水産省、木材統計調査 (https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokuza_i/、2017年9月時点)
- 13) 農林水産省、特用林産物生産統計調査 (https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokuyo_rinsan/、2017年9月時点)
- 14) 農林水産省、林業産出額 (https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/ringyou_sansyutu/、2017年9月時点)
- 15) 茨城県農林水産部農地計画課、1989. 利根川水系利水現況図。
- 16) 北村立実、黒田久雄、山本麻美子、根岸正美、田淵俊雄、2010. 霞ヶ浦湖岸循環利水水田地区の水収支と物質収支. 農業農村工学会論文集 **78** (3) :175-181.
- 17) 農林水産省関東農政局、2015. 霞ヶ浦用水（二期）地区の事業の効用に関する説明資料。
- 18) 茨城県・栃木県・千葉県、2016. 霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画策定資料（1期～7期）。
- 19) 茨城県企業局、2011. 工業用水道事業料金体系 (http://www.pref.ibaraki.jp/kigyuu/002_water_supply/industrial_water/fee_structure.html、2017年9月時点)
- 20) 国土交通省、2010. 雨水浸透施設の整備促進に関する手引き（案）。

- 21) 高木康行・羽田野琢磨・中村茂・Herath S.、2001. グリッド型水循環系解析における不浸透面積率の決定手法について、土木学会第 56 回 年次学術講演会。
- 22) 環境省、2013. 平成 25 年度生態系サービスの定量的評価に関する調査等業務報告書。
- 23) FAO (1998) FAO Training Series: Simple methods for aquaculture、Soil Chapter.
- 24) 林野庁、2010. 水源林造成事業評価技術検討会資料 10：費用対効果分析について。
- 25) 環境省、自然環境保全基礎調査第 3 回、第 6 回、第 7 回調査 (https://www.biodic.go.jp/kiso/vg/vg_kiso.html#mainText、2021 年 8 月時点)
- 26) 関東経済産業局、2008. 東京湾の水質改善に資する技術に関する実証モデル調査。
- 27) 経済産業省、J-クレジット (クレジット売買) ホームページ (URL. <https://japancredit.go.jp/> 2017 年 9 月時点)
- 28) Tallis, H., Ricketts, T., Guerry, A., Wood, S., and Sharp, R., 2011. InVEST 2.4.4 User's Guide, Stanford, The Natural Capital Project.
- 29) 藤田光一、伊藤弘之、小路剛志、安間智之、2006. 水循環物質モデルを活用した水環境政策評価～霞ヶ浦とその流域を対象として～、国土技術政策総合研究所資料、299.
- 30) 環境再生保全機構、2014. 大気浄化植樹マニュアルー2014 年度改訂版。
- 31) 国立環境研究所、環境数値データベース (<http://www.nies.go.jp/igreen/index.html>、2017 年 9 月時点)
- 32) NASA、MODIS (<http://modis.gsfc.nasa.gov/>、2017 年 9 月時点)
- 33) 小川和雄、三輪誠、嶋田知英、小川進、2000. 日本における緑地の大気浄化機能とその経済的評価、埼玉県環境科学国際センター報、1.
- 34) 今井啓、石渡輝夫、2006. 統計資料等を用いて整理した北海道における土壌侵食因子の地域性について、寒地土木研究所月報、640、p40-45.
- 35) 国土交通省、国土調査 (土地分類調査・水調査) 土壌図 (<http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/inspect.html>、2017 年 9 月時点)
- 36) 神山和則、谷山一郎、大倉利明、中井信、2012. 土壌侵食量推定のための 1 km メッシュデータの作成、インベントリー 10、3-9.
- 37) 沖縄県、2011. 平成 22 年度サンゴ礁資源情報整備事業報告書 (http://www.pref.okinawa.jp/site/kanky/shizen/hogo/h21_sann_gosyousigenn_jyouhouseibijigyou.html、2017 年 9 月時点)
- 38) 財団法人自然環境保全センター、2006. 平成 17 年度自然公園等施設整備委託情報整備調査報告書。
- 39) 北原曜、2002. 植生の表面浸食防止機能、砂防学会誌、54(5)、92-101.
- 40) 農研機構、日本土壌インベントリー (<https://soil-inventory.dc.affrc.go.jp/>、2017 年 9 月時点)
- 41) 農林水産省、農業物価統計調査 (農産資材の小売価格) (<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noubukka/>、2017 年 9 月時点)
- 42) JA 全農、土壌診断ガイド (https://www.zennoh.or.jp/activity/hiryo_sehi/pdf/gijyutu_1-01b.pdf、2017 年 9 月時点)
- 43) 角屋睦、1988. 土地利用変化に伴う流出特性の変化、農業土木学会誌、56、p1061-1065.
- 44) 高橋裕、1990. 河川工学、東京大学出版会。
- 45) 土木研究所、2002. アメダス降雨確率解析プログラム (<http://www.pwri.go.jp/jpn/results/offer/amedas/top.htm>、2017 年 9 月時点)
- 46) 阿部和時、1997. 樹木根系が持つ斜面崩壊防止機能の評価方法に関する研究、森林総研研報、373、p105-181.
- 47) 林野庁、統計情報樹種別年齢別面積 (<http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/index1.html>、2017 年 9 月時点)
- 48) ISRIC-WISE、Global Soil Profile Data (<https://daac.ornl.gov/SOILS/guides/Isric.html>、2017 年 9 月時点)
- 49) 茨城県教育委員会 (<https://www.gakusyu.pref.ibaraki.jp/100sen>、2017 年 9 月時点)
- 50) 環境再生保全機構、環境 NGO・NPO 総覧オンラインデータベース (<https://www.erca.go.jp/jfge/ngo/html/main.php>、2017 年 9 月時点)
- 51) いであ株式会社、2018. 霞ヶ浦の生態系サービスに関する経済評価業務委託報告書。
- 52) 環境省、今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について (第十三次報告) (<https://www.env.go.jp/council/07air-noise/y072->

- 59/mat05_2.pdf、2021年9月時点)
- 53) 経済産業省資源エネルギー庁、石油製品価格調査 (https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl007/results.html、2021年9月時点)
- 54) 農林水産省、農林業センサス、2015年農林業センサス報告書、第1巻 都道府県別統計書 (<https://www.maff.go.jp/j/tokei/census/afc2015/280624.html>、2021年8月時点)
- 55) 国税庁、統計情報 (<https://www.nta.go.jp/publication/statistics/kokuzeicho/tokei.htm>、2021年8月時点)
- 56) 庄山紀久子・山形与志樹、2015. 土地利用シナリオに基づいた生態系サービスの空間評価と社会的価値の定量化. 日本生態学会誌 **65** (2) : 145-153.
- 57) 栗山浩一・庄子康・柘植隆宏、2013. 初心者のための環境評価入門.
- 58) 幸福智・久保雄広・北村立実・松崎慎一郎・松本俊一・山野博哉・西浩司・菊地心・吉村奈緒子・福島武彦、2020. 選択型実験を用いた霞ヶ浦の生態系サービスの評価. 応用生態工学会誌 **23**: 235-243.
- 59) 西浩司・久保雄広・北村立実・松崎慎一郎・松本俊一・山野博哉・幸福智・菊地心・吉村奈緒子・福島武彦、2020. ベスト・ワースト・スケーリン、2020. グによる霞ヶ浦の生態系サービスの重要度評価. 応用生態工学会誌 **23**: 245-256.
- 60) 松崎慎一郎・北村立実・西浩司・松本俊・久保雄広・山野博哉・幸福智・菊地心・吉村奈緒子・福島武彦複数のアプローチを用いた霞ヶ浦の生態系サービス経済評価の試み:特集を企画するにあたって. 応用生態工学会誌 **23**: 213-215.
- 61) 山野博哉・久保雄広・松崎慎一郎、2020. 霞ヶ浦生態系サービスの経済評価の意義、課題、そして活用. 応用生態工学会誌 **23**: 257-259.

1-3 植物プランクトンのCODへの影響及び増殖要因に関する調査研究

程木 義邦

Research on the effects of phytoplankton on COD and their growth factor

Yoshikuni HODOKI

キーワード：植物プランクトン、化学的酸素要求量、種特異的マーカー、定量PCR、分離培養

1 はじめに

湖沼における長期的な有機汚濁の進行は、動物プランクトン等に捕食されにくい特定の植物プランクトンの増殖と蓄積によって生じる。優占種となる植物プランクトンは湖沼や栄養段階、時期によっても異なるため、主要な湖沼や貯水池では、植物プランクトンの定期観測が行われている。長期的な観測データを蓄積し、有機汚濁の原因となっている種の抽出とともに、その環境特性を評価し水質保全対策に活用することを目的としている。

一般的な植物プランクトンのモニタリングでは、顕微鏡観察下で植物プランクトンの形態から種同定が行われる。しかし、形態分類は、1) 分類者の経験や技術、2) どの程度の精度を求めるか、3) 分類体系の変更の反映の有無などにより、モニタリングが行われた年度により大きなバイアスが生じる。茨城県霞ヶ浦環境科学センターで行われている植物プランクトンのモニタリングの場合、年度ごとに分析委託業者が代わるため、分類者の技術や経験が一定しているとの仮定はできない。

また、植物プランクトン（浮遊性藻類）は多様な分類群で形成されているとともに、基本的には単細胞生物のため、形態的な特徴が乏しい。そのため、電子顕微鏡や蛍光顕微鏡観察も行い、分類群やサイズごとに適正な形態観察を行う必要がある。しかし通常の植物プランクトンのモニタリングでは、生物顕微鏡観察のみで種同定を行っているため、小型の種、詳細な細胞形態の確認が必要な珪藻や渦鞭毛藻などの同定結果は、あまり信用できない可能性もある。

更に、近年では特定の遺伝子を標的とした分子系統解析により分類体系の確認が進められている。そのため、この十数年の間、種から属レベルで分類が変更された系統も多い。しかし、

これらの情報はその系統を専門としている研究者の間で共有されているものの、モニタリングを行っている担当者や分析委託業者がどの程度理解し分類に反映しているのか、また、現在と過去の分類の整合性をとっているのかなど不明な点もある。

また、この様な分子生物学的研究により、形態分類の限界が明らかになり、多くの分類群では適正な顕微鏡観察を行ったとしても、形態分類では種レベルまでの同定が不可能であることが指摘されている。たとえば、湖沼で頻繁に出現する *Cryptomonas* 属に関しては、別属とされていた *Campylomonas* 属、*Cilomonas* 属が *Cryptomonas* 属に統合された (Hoef-Emden and Melkonian 2003)。一方、*Cryptomonas* 属の種は形態の可塑性や二形成を有することから、形態からは正確な分類が極めて難しいことが指摘されている^{1) 2)}。また、湖沼や河川で頻繁に出現する珪藻の *Cyclotella meneghiniana* は、互いに生殖隔離が成立している 8 系統に分類できることが明らかになっており、これらを別種とみなすべきだとの指摘もある³⁾。アオコを形成するシアノバクテリアの *Dolicospermum* 属 (旧 *Anabaena* 属) と *Aphanizomenon* 属の系統関係については未だ明確に整理されていない⁴⁾。また、2000年代後半から2010頃に霞ヶ浦で優占した藍藻は *Planktothrix suspensa* と同定されているが⁵⁾、本種は細菌の分類体系では同属のタイプ種の *P. agardgii* のシノニムであり独立した種として認められていない⁶⁾。また、*P. suspensa* を独立した種と扱ってきた従来の植物分類体系でも、近年では独立した種であることを疑問視している論文もある⁷⁾。一方、ヨーロッパでの研究事例では、*P. suspensa* は *P. rubecens* と同系統との指摘がされている⁸⁾。前者は主なアンテナ色素がフィコシアニンであ

り青緑色であるのに対し、後者はフィコエリスリンが主なアンテナ色素のため茶褐色であり形態分類では別種とされている。このような形態分類の不備が指摘されている系統は枚挙に遑がない。また、シアノトキシンやカビ臭に注目した場合、これらを生産する系統を形態では判別することは出来ないという問題もある。

一方、植物プランクトンのモニタリングに、そこまでの精度は必要なく属レベルで十分、もっとざっくりとシアノバクテリア、珪藻、緑藻など、門や綱レベルで現存量の変動を測れば良いという意見もある。このような意見を肯定する人には「アオコという特定のシアノバクテリアが大増殖する現象は富栄養湖で夏に発生するという再現性があるため、種レベルで現存量を評価しなくても、アオコを形成する植物プランクトン全体の特性として評価し、モデルなどで発生予測が出来る」と考えているのかもしれない。しかし、この考え方は多くの点で誤りがある。例えば、同じアオコを形成するシアノバクテリアでも窒素固定能やガス胞の有無などで増殖特性が大きく異なるし、窒素固定能がなくとも窒素制限に強い種も報告されている。また、霞ヶ浦では *Planktothrix suspensa* の様に、どちらかという低水温の時期に現存量が最大となる種が出現する。そのため、フィコシアニン濃度やシアノバクテリアの全現存量のようなデータから、これらの系統の特性や増殖パラメータを評価できるとは思えない。また、「特定の分類群は、似た環境、特定の時期に増殖する」という考え方は他の分類群には全く当てはまらない。

この様に、富栄養湖沼の有機汚濁対策を念頭に置いた場合、旧来の植物プランクトンのモニタリング法では年度ごとのデータのバイアスが大きく、形態分類の限界と併せ長期的にデータを蓄積してもその利用には限界がある。また、湖沼における有機汚濁の指標として、多くは COD または TOC となっているが、これらに対する植物プランクトン種ごとの寄与についても、形態学的分類レベルのみならず、種レベルで検討していく必要がある。近年、アオコを形成するシアノバクテリアや特定の有害藻類の研究では、定量 PCR など、分子生物学的手法を基盤とした方法が用いられるようになった。

この様な方法の方が、外注で分析をするにしても、より再現性が高く、長期的なモニタリングには有効と考えられる。

そこで本報告では、茨城県霞ヶ浦環境科学センターが行ってきた北浦における植物プランクトンのモニタリングデータを用い、有機汚濁への寄与率が高い植物プランクトンを抽出するとともに、これらの種の季節変動を精査した。次に、これらの種に特異的な定量 PCR マーカーの設計を行った。また、これらの種を西浦と北浦より分離培養を行い、設計した定量 PCR マーカーの有効性を検討した。

2 方法

(1) 北浦で有機汚濁の原因となる植物プランクトンの抽出

すでに長濱ら⁹⁾が報告している北浦の植物プランクトン群集の長期データを用い、出現した全ての種について過去 13 年間に出現したバイオマスの積算値を求めた。この結果より、有機汚濁対策上、調査研究の優先順位が高い種を選定した。また、これらの種について、過去のモニタリングで正確に定量が行われてきたか、季節変化の再現性、近縁種や形態が類似している種との比較、過去に分類が変更された種との関係などに注目し精査を行った。

(2) 定量 PCR マーカーの設計

北浦で有機汚濁への寄与率が高い植物プランクトンについて、GeneBank に登録されている塩基配列情報を整理した。GeneBank の情報は誤同定されている分離培養株由来のものも含まれるため、その配列が得られた研究の内容を精査し、信頼性の高い配列のみを採用し、Primer3¹⁰⁾により forward primer、reverse primer および internal oligo を設計した。なお、種によって登録されている配列数や利用可能な遺伝子座が大きく異なる。出来る限り ITS 領域などの可変的な領域を対象としてマーカーの開発を行ったが、これらの情報が無い種については、18S rDNA の可変部を標的として設計を行った。

(3) 植物プランクトンの分離培養

2020 年 6 月及び 7 月に、西浦（霞ヶ浦総合公園湖岸）及び北浦（釜谷沖）より湖水を採取

し植物プランクトンの分離を行った。分離は、倒立顕微鏡下、ピペット洗浄法で行った。ろ過湖水で4~5回洗浄した1細胞を、ろ過湖水500 μL を添加した48穴マイクロプレートに移した後、培地500 μL を添加し、20°C、10~30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の条件下で培養を行った。数日おきに増殖の状態を確認し、コンタミネーションが無く培養状態が良好な物を選び、7mLの培地を添加した試験管に移し継代培養を行った。なお、シアノバクテリアはCT培地、緑藻はC培地、珪藻はCsi培地を用いて培養を行った。

(4) 定量PCRマーカーの検証

西浦および北浦より分離した培養株を用い、定量PCRマーカーの有効性を検証した。まず、培養株をGF/Fフィルターに濾集し、カナカ簡易DNA抽出キット ver. 2 (KANEKA)を用いDNA抽出を行った。このDNAを鋳型とし、まずは、設計を行ったforward primerとreverse primerのみを用い、通常のPCRでプライマーの有効性と特異性を検証した。PCRにはKOD FX Neo (TOYOBO)を用いた。また、PCRにはABI GeneAmp 9700 PCR Thermal Cyclerを用い、94°C-2分の処理後、98°C-10秒、60°C-30秒、68°C-30秒を35サイクル行った。また2%アガロースゲルを用いた電気泳動によりPCR産物の有無やサイズを確認した。

3 結果と考察

(1) 北浦で有機汚濁の原因となる植物プランクトンの抽出

2005年から2019年度までに北浦(釜谷沖)で出現した植物プランクトンのバイオマスを積算した(表1)。*Microcystis aeruginosa*や*Planktothrix agardhi*、*P. suspensa*のようにアオコを形成するシアノバクテリアの積算量が高かった。しかし、上位5種のうち4種は珪藻であった。アオコのように特定の大増殖する種は一時的に有機汚濁を促進させる。しかし、アオコが出現しない年もあるため、長期的または平均的には珪藻の増殖によってもたらされる有機汚濁が重要と考えられる。また、上位の珪藻は富栄養湖で頻繁にみられる種ではあるものの、分類学的研究を除けば、あまり研究対象とされることも無くその生態については不明な

点が多い。Reynolds et al.¹¹⁾では、表1の1位の*Ulnaria acus*と3位の*Stephanodiscus*属の中の*S. hantzschii*は同じ機能群Dに分類され、浅い富栄養で濁った湖や湖沼に出現する種で、フラッシングに耐性があり、栄養塩欠乏に感受性が高い特徴があり、霞ヶ浦や北浦の特徴とよく合っている。また、他の種については、弱光環境に耐性がある(*P. agardhi*や*Cryptomonas*属)などで共通した特性を持つものも見られ、いずれも浅い富栄養湖であり、植物プランクトンの増殖や巻き上げにより濁り易い霞ヶ浦の特性を反映している。一方、多くの優占種が「種」レベルまで同定されておらず、複数の種が混在している。前述の通り、北浦の植物プランクトンのモニタリングでは生物顕微鏡による固定サンプルの観察で種同定が行われてため、優占種3位と5位の中心目の珪藻2属については種同定が出来ないし、7位の*Cryptomonas*属についても形態分類は非常に難しい。しかし、これらは有機汚濁の進行に大きく寄与しているので、正確に同定し現存量の変動を評価できるようにする必要があり、そのためにはより高度な分類と定量手法を用いる必要がある。

次に、これらの優占種の季節変動を見る。優占種上位1位の*U. acus*は5月頃に増加するパターンが明瞭にみられる(図1上)。本種は大型で容易に分類が出来ることもあり、正確に同定と計数が行われているものと考えられる。また、栄養塩欠乏に感受性が高いという特性から、春のブルーム以降は密度が低下すると考えられる。10位の*M. aeruginosa*は群体を形成すること、夏季にブルームを形成するという特徴も

表1 北浦における植物プランクトンのバイオマスの比較

順位	優占種名	分類群	総体積 (μm^3)
1	<i>Ulnaria acus</i>	珪藻	2.3×10^8
2	<i>Planktothrix suspensa</i>	ラン藻	2.2×10^8
3	<i>Stephanodiscus</i> spp.	珪藻	1.7×10^8
4	<i>Aulacoseira granulata</i>	珪藻	1.6×10^8
5	<i>Cyclotella</i> spp.	珪藻	8.6×10^7
6	<i>Planktothrix agardhi</i>	ラン藻	6.8×10^7
7	<i>Cryptomonas</i> spp.	クリプト藻	6.1×10^7
8	<i>Aulacoseira distans</i>	珪藻	4.2×10^7
9	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	珪藻	3.1×10^7
10	<i>Microcystis aeruginosa</i>	ラン藻	2.5×10^7

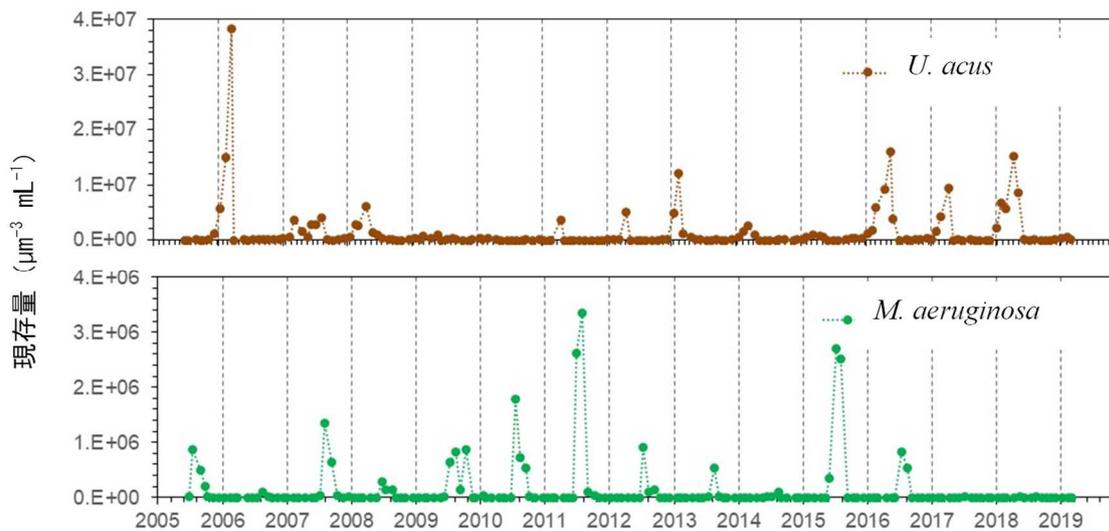


図1 北浦(釜谷沖)における *Ulnaria acus* と *Micorcystis aeruginosa* の現存量の季節変化

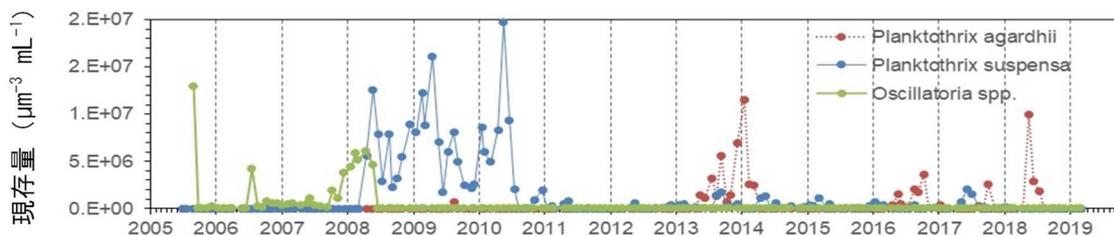


図2 北浦(釜谷沖)における *Planktothrix* 属2種と *Oscillatoria* 属の種の現存量の季節変化

あり再現性のある季節変動が追えている。しかし、本種のように大きな群体を形成する種については、数百～数千細胞からなる群体も存在する一方で、湖水 1mL 当たりの群体数は少ないことも多い。そのため、顕微鏡観察に使うごく僅かなサンプルで正確に定量できているのかという点、また、単細胞になったものを正確に同定し計数できているのかという問題もある。

優占種である *Planktothrix* 属2種については、*P. suspensa* が2008年から2010年頃まで優占したのに対し、それ以降の主な優占種は *P. agardhii* となっている(図2)。また、2008以前には *Oscillatoria* spp. が優占した年も見られるが、それ以降はほとんど見られない。Suda et al.⁶⁾により *Oscillatoria* 属の中でガス胞を持ちアオコを形成する種を *Planktothrix* 属に再分類された。そのため、2008年以前までは旧分類体系に基づき *Planktothrix* 属2種を *Oscillatoria* spp. としていたのか、それとも、実際に *Oscillatoria* 属の植物プランクトンが優占していたのか不明である。また、Suda et al.⁶⁾は *P.*

suspensa は *P. agardhii* のシノニムとしており、独立した種としていない。一方、北浦における季節変化を見ると、*P. suspensa* は4月～5月頃に現存量がピークに達するのに対し、*P. agardhii* は1月(2014年)、10月(2016年)、5月(2018年)と季節変化が不明瞭である。2013年以降のデータを見る限り、形態の差異により *Planktothrix* 属2種を数え分けているものの、正確に分けられているのか、また、本当に2種に境界があるのかは、北浦のデータからは判断できない。

同様の曖昧さは、*Cyclotella* 属や *Stephanodiscus* 属、*Pseudoanabaena* 属の現存量の季節変化でも見られる。*Cyclotella* 属の場合、2013年以前までは *Cyclotella* spp. が1月から4月にかけて現存量のピークがみられる年があったが、それ以降、出現量が減少した。一方、2014年以降は、*C. meneghiniana* が出現するようになるが、8月～9月に現存量が最大となる年もあれば12月～5月に増加する年もあり、季節変化が不明瞭だった。そのため、第一の問題は

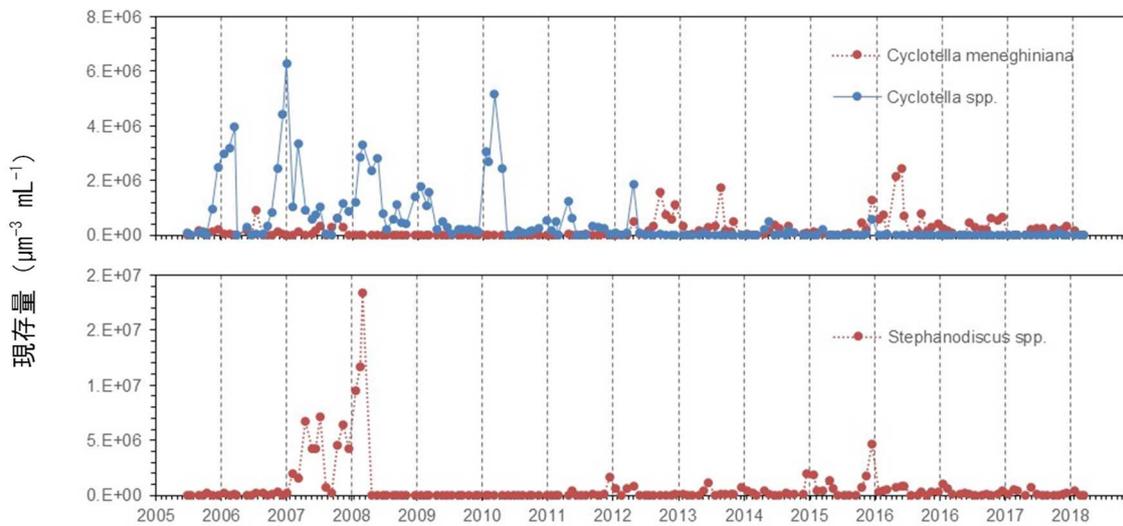


図3 北浦（釜谷沖）における *Cyclotella* 属(上)と *Stephanodiscus* 属の現存量の季節変化

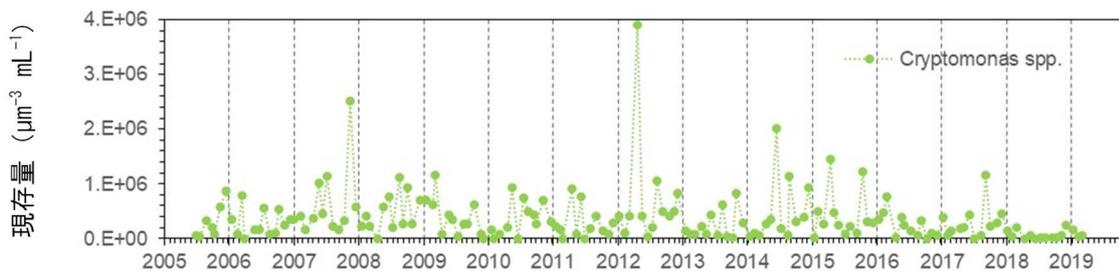


図4 北浦（釜谷沖）における *Cryptomonas* 属の現存量の季節変化

Cyclotella spp.のように複数種をまとめて計数している年と *C. meneghiniana* だけは分けて計数している年があること、第二に、*C. meneghiniana* にも複数の系統（種）が含まれている可能性がある。前者については大変困った事ではあるが、そもそも細胞質が正常な生きた中心目の珪藻は殻の条線（模様）が見にくいいため、何も処理をしていない固定サンプルでは分類がしにくい。そのため、条線が見え *C. meneghiniana* であることが確認できた細胞は *C. meneghiniana* として計数し、条線が見えなかった細胞は *Cyclotella* spp.に含めていると思われる。また、Beszteri et al.³⁾では、*C. meneghiniana* は互いに生殖隔離が成立した8系統に分けられると報告しており、北浦で異なる時期に優占する *C. meneghiniana* は互いに異なる系統の可能性もある。また、*Stephanodiscus* 属については全く見られない年もあり、これが事実なのか、それとも出現していない年は *Cyclotella* spp.に含まれているのかが不明である。カビ臭生産系

統を含む *Pseudoanabaena* 属についても同様の問題がみられるが、優占種10位外であるので本報告では説明を割愛する。また、*Cryptomonas* spp.については、現存量の季節変化から何ら傾向が読み取れない。おそらく複数の種が出現していると考えられる（図4）。

以上の通り、北浦での有機汚濁への寄与率が高い多くの種で正確に分類や計数が出来ていないのが現状である。有害藻類の監視が目的の植物プランクトンのモニタリングであれば、この程度の精度で良いかもしれないが、長期的にデータを蓄積し、そのデータより、対象種の生態の評価、または湖沼環境の長期変動や気候変動の影響などを評価するためには、非常に大きなバイアスを含み、誤った結論を出す可能性もあり、データの利用には、どのレベルまでの分類なら、信用できるかを十分に精査し、信用できる種のデータのみを抽出して使用する必要がある。

(2) 定量 PCR マーカーの設計

北浦で有機汚濁の原因となっていると考える上位 10 種の定量 PCR マーカーの開発を行った (表 2)。なお、世界的にもアオコの原因藻類として研究が行われている *M.aeruginosa* と *P. agardhii* については既に複数のマーカーが作成されているため、これらの種は対象から除外した。一方、今回対象とした植物プランクトンは世界的に広く報告されているものばかりであるが、*M. aeruginosa* と *P. agardhii* の様な有毒種ではないこともあり、あまり多くの研究は行われていない。そのため、殆どの種について、Gene Bank 上で利用可能な塩基配列情報は 18SrDNA のみであった。一方、*C. meneghiniana* については Beszteri et al.³⁾ により ITS1 および ITS2 の配列が決定しているため、これらの領域を用いてプライマーの設計を行った。また、*Planktothrix* 属については、複数の遺伝子座を用いた MLST 解析が行われており、*P. suspensa* と *P. rubescens* の間では、RNA 合成酵素に関する配列の一部である *rpoC1* 領域に多型がみられることが報告されているため、この領域を用いてマーカーの設計を行った⁸⁾。最終的に、8 種に対し種レベルで特異的なマーカーを、3 属に対し属レベルで特異的なマーカーを作成した。また、配列上に多型がみられる種については、予備も含めてマーカー作成を行い、合計で 38 組のマーカーを作成した。

(3) 植物プランクトンの分離培養

2020 年 6 月および 7 月に、西浦 (霞ヶ浦総合公園湖岸) および北浦 (釜谷沖) より湖水を採取し植物プランクトンの分離を行った (表 3、表 4)。西浦からは合計 18 種 29 株、北浦からは 8 種 20 株の系統株が得られた。

(4) プライマーの有効性の検討

表 5 に今回設計したプライマーのリストを示した。種や系統によっては複数のマーカーを設計したが、今回の報告で実際にプライマーを購入し有効性を検討した物のみを示した。

現在までに分離培養株が得られ、有効性の検討を行ったものを分類群ごとに表 6 から表 9 にまとめた。*Cyclotella meneghiniana* に関しては、配列が得られている 9 系統すべてに特異的なマーカーを作成し、西浦から単離した Ka-1 株とともに NIES コレクションより入手した *C. meneghiniana* 6 株、他種 2 株を用い検証した (表 6)。西浦および NIES コレクションより入手した *C. meneghiniana* は系統 A および C1 に特異的なマーカーでの PCR 産物の増幅が確認された。一方、NIES-2363 株についてはすべてのマーカーで増幅が確認されなかったため、*C. meneghinia* とは系統の異なる別種の可能性もあるが、C2 から I 系統にあたる株が検出されていないので、マーカーの有効性も含め更なる検討が必要である。また、同属別種の 2 種はす *C. meneghiniana* のマーカーには全てネガティ

表 2 定量 PCR マーカーの開発リスト

分類群	属	種	系統	遺伝子座	数 (予備含)	優先順位	備考
珪藻	<i>Cyclotella</i>	All species	-	18S	2	5	8.6 x 10 ⁷
		<i>meneghiniana</i>	A	ITS1or2	3	8	3.1 x 10 ⁷
			B	ITS1or2	4		
			C1	ITS1or2	3		
			C2	ITS1or2	3		
			D	ITS1or2	3		
			F	28S	1		
			G	28S	1		
			H	28S	1		
			I	28S	1		
		<i>Stephanodiscus</i>	All species	-	18S	2	3
	<i>Aulacoseira</i>	<i>granulata</i>	-	18S	2	4	1.6 x 10 ⁸
<i>distans</i>		-	18S	2	7	4.2 x 10 ⁷	
	<i>Ulnaria</i>	<i>acus</i>	-	18S	2	1	2.3 x 10 ⁸
		<i>ulna</i>	-	18S	2	-	-
クリプト藻	<i>Cryptomonas</i>	All species	-	18S	2	6	6.1 x 10 ⁷
シアノバクテリア	<i>Planktothrix</i>	<i>suspensa</i>	B	<i>rpoC1</i>	1	2	2.2 x 10 ⁸
		<i>rubescens</i>	-	<i>rpoC1</i>	1	-	-
	<i>Pseudoanabaena</i>	<i>cinerea</i>	-	ITS 1	2	-	1.6 x 10 ⁷
計	7属	8種	19系統		38		

ブを示し、*Cyclotella* 属に特異的なマーカー (Ucyc) は全ての培養株で PCR 産物がポジティブとなった。これらの結果を総合すると、今回の検証では、西浦には少なくとも A 系統の *C. meneghiniana* がおり、本系統に特異的なマーカーの有効性も実証できた。また、*Cyclotella* 属に特異的なマーカーも有効であったため、これらの 2 つは、今後、霞ヶ浦の研究で利用可能である。

なお、今回測定を行った株には A 系統と C1 系統、さらにこの 2 系統の交雑系統 (AC1) がみられた。前述の通り、Beszteri et al.³⁾は、*C. meneghiniana* は互いに生殖隔離が成立した 9 系統に分けられると報告している。今回の分析で A と C1 系統の交雑が確認されたため、Beszteri et al.³⁾ の通り生殖隔離が成立しているのか、または、雑種交配をして、その後栄養増殖だけを行っているのか、今後の検証が必要と思われる。

Planktothrix 属については、北浦より単離した 10 株とともに、NIES コレクションより入手した、*P. agardhii*、*P. suspensa*、*P. rubecens* を用いた (表 7)。本属のマーカーの開発では、*P. agardhii* と *P. suspensa* を正確に分けることが出来るマーカーが目的であったが、残念ながら両種を区別することは出来なかった。一方、先行研究で報告されているマーカーは日本の湖沼の本属の定量に有効であること、今回、北浦で単離した 10 株は全て *P. agardhii* であることは確認できた。*P. rubecens* に特異的なマーカーは作成できたが、日本での本種の出現は極めて稀である。

Aulacoseira 属のマーカーについては、唯一、*A. distans* への有効性が確認できた (表 8)。一方、*A. ambigua* については他 2 種でも若干の増幅が確認されたこと、*A. granulata* はすべての種を増幅してしまい特異性を示さなかった。これらの種については、今後、ITS 領域を決定しマーカーの再作成が必要と思われる。

Ulnaria 属については、湖沼で頻繁に出現する 2 種についてマーカー設計を行ったが (表 9)、*U. ulna* については分離培養株が得られなかった。一方、北浦での有機汚濁の寄与率が最も高い *U. acus* については、設計したマーカーの有効性が確認でき、今後、調査などに利用可能と考えられる。

表 3 西浦より単離した植物プランクトン

分類群	種名	株数	株番号
シアノバクテリア	<i>Microcystis aeruginosa</i>	1	Ka-1
	<i>Dolichospermum compactum</i>	1	Ka-1
	<i>Pseudoanabaena</i> sp.	1	Ka-1
緑藻	<i>Closterium</i> sp.	1	Ka-1
	<i>Monoraphidium</i> sp.	2	Ka-1~2
	<i>Scenedesmus</i> sp.	2	Ka-1~2
	<i>Oocystis</i> sp.	1	Ka-1
珪藻	<i>Aulacoseira ambigua</i> (s)	3	Ka-1~3
	<i>Aulacoseira ambigua</i> (c)	1	Ka-1
	<i>Aulacoseira granulata</i>	2	Ka-1~2
	<i>Aulacoseira distans</i>	1	Ka-1
	<i>Ulnaria acus</i>	2	Ka-1~2
	<i>Ulnaria</i> sp.	1	Ka-1
	<i>Cyclotella</i> sp.	2	Ka-1~2
	<i>Nitzschia acicularis</i>	1	Ka-1
	<i>Nitzschia</i> sp.	4	Ka-1~4
	<i>Navicula</i> sp.	2	Ka-1~2
<i>Fragilaria capcina</i>	1	Ka-1	
合計	18種	29株	

表 4 北浦より単離した植物プランクトン

分類群	種名	株数	株番号
シアノバクテリア	<i>Microcystis aeruginosa</i>	1	Ki-1
	<i>Planktothrix</i> sp.	10	Ki-1~10
	<i>Cuspidothrix issatschenkoii</i>	1	Ki-3
	<i>Oscillatoria</i> sp.	2	Ki-1~2
緑藻	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	1	Ki-1
珪藻	<i>Aulacoseira ambigua</i>	3	Ki-1~3
	<i>Aulacoseira granulata</i>	1	Ki-1~2
	Unidentified diatom	1	Ki-1
合計	8種	20株	

4 結論

水質改善が進まない霞ヶ浦において、COD への影響が大きい植物プランクトンの種類の特定や増殖要因を解明することを目的として調査研究を実施した。2020 年度は、文献調査を中心に有機汚濁の原因となる主要な植物プランクトンの抽出を行うとともに、北浦において有機汚濁への寄与率が高いと考えられる 7 属 8 種を抽出し、PCR マーカーを作成した。また、作成した PCR マーカーを用い、植物プランクトンの量を DNA レベルで把握する手法を検討した。

その結果、北浦での有機汚濁への寄与率が高い多くの種で正確に分類や計数が出来ていない現状が明らかになり、形態学的分類の限界が示された。北浦で有機汚濁の原因となっている 8 種に対して種レベルで特異的な定量 PCR マ

表5 設計したプライマーリスト

属名	種名	系統	プライマー	名前	配列 (5'-3')	Tm値	
<i>Cyclotella</i>	All species	-	F	Ucyc-F	ACCCRACTTYTGGAAGGGTA	59.88	
			R	Ucyc-R	CCCGTCAAAGTCTTGGGAGT	59.6	
<i>Cyclotella</i>	<i>meneghiniana</i>	A	F	Cyem-A1-F	ATCTGGTTGCRGATGCRGAC	60.75	
			R	Cyem-A1-R	AGCAAGAGCTTCTCCACRCC	59.96	
		B	F	Cyem-B-F	TGTCCCGTGAAAAGAGGTGC	60.53	
			R	Cyem-B-R	CAAAGGGCTCACCACAGTCA	60.18	
		C1	F	Cyem-C1-F	AGTGC GACTCTGAATGCCAA	59.96	
			R	Cyem-C1-R	CRGACGGTATGGTCTGCTTC	60.53	
		C2	F	Cyem-C2-F	CCGATAMACTGGCATCTGGG	60.25	
			R	Cyem-C2-R	ACTGTGAGATCCRCACAAGA	59.03	
		D	F	Cyem-D-F	ATGGCAGCAGATTCGGTAGA	58.88	
			R	Cyem-D-R	ACATGCATTCCAACCACAGA	57.71	
		F	F	Cyem-F-F	GGACGCTGTGGTGC GA	59.63	
			R	Cyem-F-R	CCCAGGACATGAACAGGGGG	62.22	
		G	F	Cyem-G-F	TTGCTGCTTGCAGTTGGGA	60.46	
			R	Cyem-G-R	AACCCAGGACAAGAACAGGGG	61.95	
		H	F	Cyem-H-F	ATGCAACTGCTGGCTGAAAA	58.96	
			R	Cyem-H-R	AGGAAAGTATGACGCGACGTT	60.07	
		I	F	Cyem-I-F	CCCTCAGTAACGGCGAGTG	60.15	
			R	Cyem-I-R	CCCTCAGTAACGGCGAGTG	60.15	
<i>Stephanodiscus</i>	All species	-	R	Uste-F	TCGATGCACCATAGCTTTTGG	59.58	
			R	Uste-R	GAATACCCCAACTGTCCCT	58.7	
<i>Aulacoseira</i>	<i>granulata</i>	-	F	Aulg18-F	CTGGTGAGTTAGTCTGTCCT	58.47	
			R	Aulg18-R	CAGGCCGACAACYAAATGC	60.08	
	<i>distans</i>	-	F	Auld18-F	GGTGGAGTTAGTCTGTCCTCA	59.1	
			R	Auld18-R	CGTCCCTACACCGACA ACT	59.04	
	<i>ambigua</i>	-	F	Aula18-F	AACAATGCCGGGCCTTTCTA	59.96	
			R	Aula18-R	AGCACTGGATCCAACCAAGG	59.96	
<i>Ulnaria</i>	<i>acus</i>	-	F	Ulna-F	GGCCTTTGTAGGTCTGGCAA	60.25	
			R	Ulna-R	GTATCCCACGACCCATCCAC	59.89	
	<i>ulna</i>	-	F	Ulnu-F	GGGCCTTTSTAGGTCTGGC	60.38	
			R	Ulnu-R	CGCATCCCTCAACCCATTCA	60.39	
	<i>Cryptomonas</i>	All species	-	F	Cryp-F	TCAAATACGTGATGGTCGCC	58.35
				R	Cryp-R	TAAGGATGAATCACCGCCAC	57.67
<i>Planktothrix</i>	<i>suspensa</i>	B	F	Plas-F	TCGTGGAATTGTTTGTGAGCG	59.74	
			R	Plas-R	GTAACGGGAGCCGCTAGTTT	60.11	
	<i>rubescens</i>	-	F	Plar-F	TACGGGAAGAAATCGGCGTC	60.18	
			R	Plar-R	TGGAACCCGTAGCCACAAAG	60.25	
<i>Pseudoanabaena</i>	<i>cinerea</i>	-	F	Pse-F	TAGTTCTAGACCGAAACAATACAGA	36	
			R	Pse-R	TCGTTAGCTTTCGCTATGCTCT	45.45	

表6 *Cyclotella* 属のマーカを用いた PCR の結果

属	種	系統	マーカ名	<i>C. meneghiniana</i>							<i>C. atoms</i>	<i>C. medianae</i>
				Ka-1	NIES-803	NIES-804	NIES-805	NIES-2363	NIES-2364	NIES-2365	NIES-3854	NIES-3855
<i>Cyclotella</i>	All species	-	Ucyc	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cyclotella</i>	<i>meneghiniana</i>	A	Cyem-A1	+	-	+	+	-	+	+	-	-
		B	Cyem-B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		C1	Cyem-C1	-	+	+	+	-	+	-	-	-
		C2	Cyem-C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		D	Cyem-D	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		F	Cyem-F	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		G	Cyem-G	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		H	Cyem-H	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		I	Cyem-I	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stephanodiscus</i>	All species	-	Uste	-	-	-	-	-	-	-	-	

表7 *Planktothrix* 属のマーカーを用いた PCR の結果

属	種	マーカー名	<i>Planktothrix</i> sp.										<i>P. agardhii</i>	<i>P. suspensa</i>	<i>P. rubecens</i>	
			Ka-1	Ka-2	Ka-3	Ka-4	Ka-5	Ka-6	Ka-7	Ka-8	Ka-9	Ka-10	NIES-3854	NIES-3736		
<i>Planktothrix</i>	All species	Upla	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>agardhii/suspensa</i>	Plankag/sus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>suspensa</i>	Plas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	<i>rubecens</i>	Plar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

表8 *Aulacoseira* 属のマーカーを用いた PCR の結果

属	種	マーカー名	<i>A. granulata</i>	<i>A. ambigua</i> (S)	<i>A. ambigua</i> (c)	<i>A. distans</i>
			Ka-1	Ka-1	Ka-1	Ka-1
<i>Aulacoseira</i>	<i>granulata</i>	Aulg18	+	+	+	+
	<i>ambigua</i>	Aula18	±	+	+	±
	<i>distans</i>	Auld18	-	-	-	+

表9 *Ulnaria* 属のマーカーを用いた PCR の結果

属	種	マーカー名	<i>U. acus</i>	<i>Ulnaria</i> sp.	<i>Ulnaria</i> sp.
			Ka-1	Ka-1	Ushi-1
<i>Ulnaria</i>	<i>acus</i>	Aulg18	+	-	+
	<i>ulna</i>	Aula18	-	-	-

マーカーを、3属に対しては、属レベルで特異的なマーカーを作成した。また、配列上に多型がみられる種については、予備も含めてマーカー作成を行い、合計で38組のマーカーを作成した。さらに、西浦から18種29株、北浦からは8種20株の系統株を分離培養し、作成した定量PCRマーカーの有効性について検討した。その結果、北浦での有機汚濁の寄与率が最も高い *U. acus* に対し有効な定量PCRマーカーが確認でき、今後の調査などでの利活用が期待された。

4 引用文献

- 1) Hoef-Emden, K., M. Melkonian, 2003. Revision of the Genus *Cryptomonas* (Cryptophyceae): a Combination of Molecular Phylogeny and Morphology Provides Insights into a Long-Hidden Dimorphism. *Protist* **154**, 371-409.
- 2) Nishino, H., Y. Hodoki, S.D. Thottathil, K. Ohbayashi, Y. Takao, S. Nakano, 2015. Identification of species and genotypic compositions of *Cryptomonas* (Cryptophyceae) populations in the eutrophic Lake Hira, Japan, using single-cell PCR. *Aquatic Ecology*. DOI 10.1007/s10452-015-9520-9
- 3) Beszteri et al. 2007. An assessment of cryptic genetic diversity within the *Cyclotella meneghiniana* species complex (Bacillariophyta) based on nuclear and genes, and amplified fragment length polymorphisms. *European Journal of Phycology* **42**, 47-60.
- 4) Komárek, J., J. Komárková, 2006. Diversity of *Aphanizomenon*-like cyanobacteria. *Czech Phycology, Olomouc* **6**, 1-32.
- 5) 本間隆満、2007. 霞ヶ浦における藍藻ユレモ目のフロラ、霞ヶ浦環境科学センター年報 **3**、124-128.
- 6) Suda, S., M. M. Watanabe, S. Otsuka, A. Mahakahant, Wichien, W. Yongmanitchai, N. Nopartnaraporn, Y. Liu, J. G. Day, 2002. Taxonomic revision of water-bloom-forming species of oscillatorioid cyanobacteria. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* **52**, 1577-1595.
- 7) Komárek, J., J. Komárková, 2004. Taxonomic review of the cyanoprokaryotic genera *Planktothrix* and *Planktothricoides*. *Czech Phycology, Olomouc* **64**, 1-18.
- 8) D'Alenio, D., N. Salnos, A. Gandlfi, 2013. Frequent recombination shapes the epidemic

- population structure of *Planktothrix* (Cyanobacteria) in Italian subalpine lakes. *Journal of Phycology* **49**, 1107-1117.
- 9) 長濱祐美、福島武彦、大内孝雄、湯澤美由紀、2020. 2005年から2019年の霞ヶ浦全域における植物プランクトン群集. 日本陸水学会誌 **81**、167-178.
- 10) Untergasser A, I. Cutcutache, T. Koressaar, J. Ye, B. C. Faircloth, M. Remm, S. G. Rone, 2012. Primer3 - new capabilities and interfaces. *Nucleic Acids Research* **40**, e115.
- 11) Reynolds, C. S., V. Huszar, C. Kruk, L. Naselli-Flore, S. Melo, 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* **24**, 417-428.

1-4 霞ヶ浦湖内水質等モニタリング事業

1 目的

霞ヶ浦において詳細な水質調査を継続的に実施し、水質汚濁状況の空間的・経時的変動を把握する。また、蓄積した水質データを他の研究事業及び今後の施策立案の基礎資料とする。

2 方法

(1) 調査期間

令和2年4月から令和3年3月

(2) 調査頻度

月1回

(3) 調査地点及び試料の採取方法

① 調査地点

17地点(図1)で月に1回の調査を実施

② 試料の採取方法

試料は水質測定用、植物プランクトン測定用、動物プランクトン測定用の計3つを採取した。水質測定用試料には上層(水面下0.5m)及び下層(湖底直上0.5m)の湖水を用いた。植物プランクトン測定用試料には湖水表面から下層まで円柱の採水カラムで採取した湖水を用い、動物プランクトン測定用試料は、採水カラムで採取した湖水を40 μ mプランクトンネットで濃縮したものとした。

(4) 測定項目

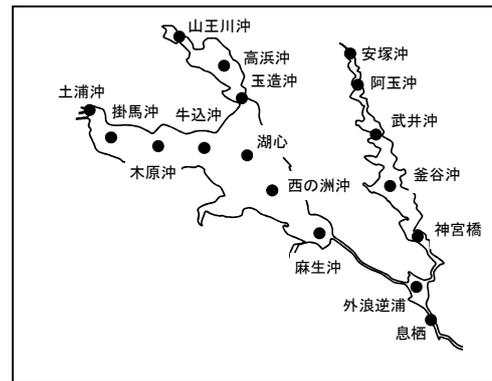


図1 湖内の採取地点

測定項目	測定方法	
pH	JIS K 0102	12.1 ガラス電極法
溶存酸素量(DO)	JIS K 0102	32.1 よう素滴定法
化学的酸素要求量	JIS K 0102	17. 100°Cにおける過マンガン酸カリウムによる酸素消費量(COD _{Mn})
懸濁物質(SS)	JIS K 0102	14.1 懸濁物質
全窒素(TN, D-TN)	JIS K 0170-3	流れ分析法による水質試験方法-第3部:全窒素
全りん(TP, D-TP)	JIS K 0170-4	流れ分析法による水質試験方法-第4部:りん酸イオン及び全りん
各態窒素(NO ₃ -N, NO ₂ -N, NH ₄ -N)	JIS K 0170-1, 2	流れ分析法による水質試験方法-第3部:全窒素
りん酸イオン(PO ₄ -P)	JIS K 0170-4	流れ分析法による水質試験方法-第4部:りん酸イオン及び全りん
有機態炭素量(TOC, DOC)	JIS K 0102	22.2 燃焼酸化-赤外線式TOC自動計測法
クロロフィル(Chl-a, Chl-b, Chl-c)	ユネスコ法	※エタノール使用
イオン(Na ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻)	JIS K 0102	イオンクロマトグラフ法(35.3, 41.3, 48.3, 49.3, 50.4, 51.4)
イオン状シリカ	JIS K 0101	44.1.2 モリブデン青吸光度法

3 結果の概要（COD、窒素、りんは上層の結果を報告する。）

(1) COD（表1）

- ・湖心のCODは、5月～10月は過去5年間（平成26～平成30年度）の各月平均値を下回っており、令和2年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ6.9 mg/L、7.2 mg/Lであった（図2）。
- ・釜谷沖のCODは、11月～3月は過去5年間の各月平均値を上回った。令和2年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ8.3 mg/L、8.2 mg/Lであった（図2）。
- ・湖心のd-CODは、5月以降過去5年間の各月平均値を下回っており、令和2年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ4.5 mg/L、5.0 mg/Lであった（図3）。
- ・釜谷沖のd-CODは、4月～12月にかけて過去5年間の各月平均値を下回っており、令和2年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ4.5 mg/L、5.3 mg/Lであった（図3）。

表1 湖心及び釜谷沖におけるCODとd-CODの年間平均値及び5年平均値（mg/L）

項目	湖心			釜谷沖		
	R1	R2	5年平均 (H26-H30)	R1	R2	5年平均 (H26-H30)
COD	7.0	6.9	7.2	8.0	8.3	8.2
d-COD	5.1	4.5	5.0	4.9	4.5	5.3

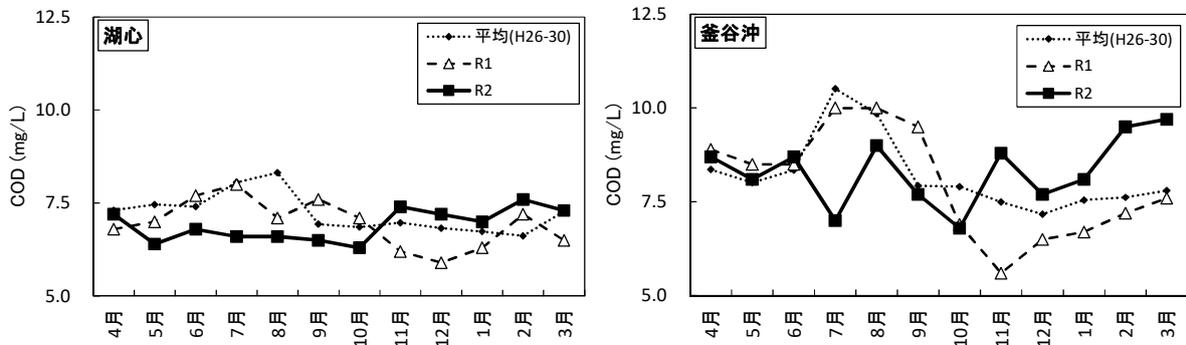


図2 湖心及び釜谷沖におけるCODの経月変化

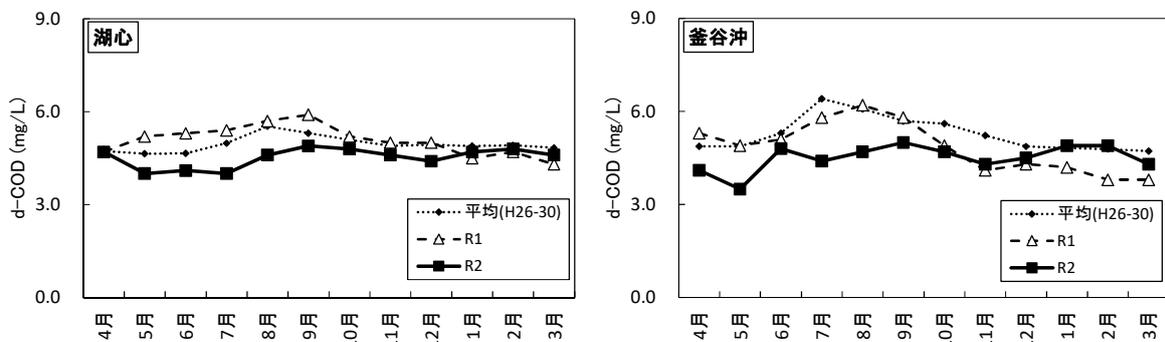


図3 湖心及び釜谷沖におけるd-CODの経月変化

(2) 窒素 (表 2)

- 湖心の TN 濃度は、5月～7月、10月～3月にかけて過去5年間の各月平均値を下回っており、令和2年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ 0.63 mg/L、0.83 mg/L であった (図 4)。
- 釜谷沖の TN 濃度は、過去5年間の各月平均値と同程度で推移した。令和2年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ 1.2 mg/L、1.2 mg/L であった (図 4)。
- 湖心の溶存態無機窒素 (DIN: 硝酸態・亜硝酸態・アンモニア態窒素の合計濃度) は、10月～3月にかけて過去5年間の各月平均値を下回った。令和2年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ 0.11mg/L、0.18 mg/L であった (図 5)。
- 釜谷沖の DIN 濃度は、11月～3月にかけて過去5年間の各月平均値を下回った。令和2年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ 0.41 mg/L、0.46 mg/L であった (図 5)。

表 2 湖心及び釜谷沖における TN と DIN の年間平均値及び5年平均値 (mg/L)

項目	湖心			釜谷沖		
	R1	R2	5年平均 (H26-H30)	R1	R2	5年平均 (H26-H30)
TN	0.92	0.63	0.83	1.3	1.2	1.2
DIN	0.38	0.11	0.18	0.52	0.41	0.46

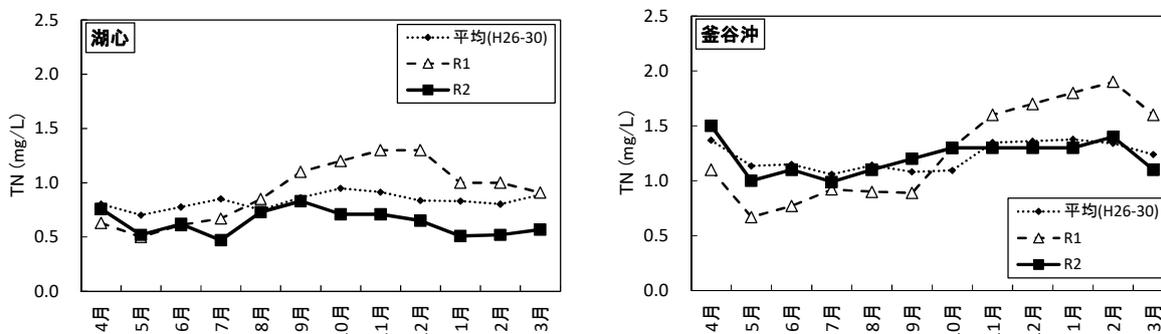


図 4 湖心及び釜谷沖における TN の経月変化

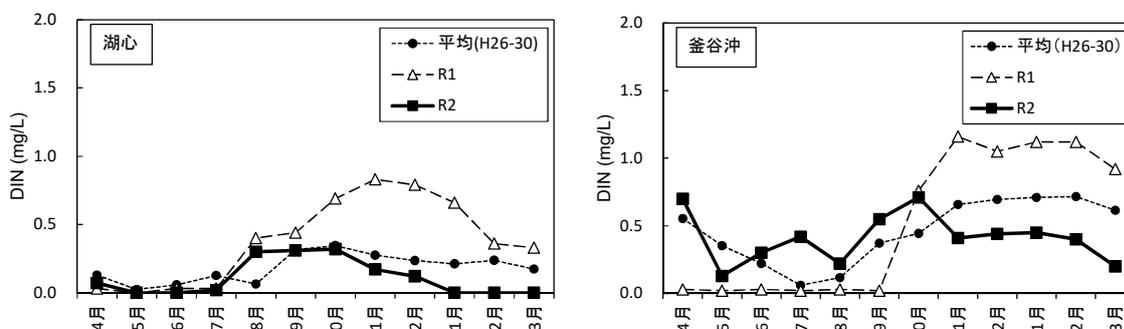


図 5 湖心及び釜谷沖における DIN の経月変化

(3) リン (表3)

- 湖心の TP 濃度は、4月、6月、8月～2月にかけて過去5年間の各月平均値を上回っており、令和2年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ 0.10 mg/L、0.084 mg/L であった (図6)。
- 釜谷沖の TP 濃度は、4月、8月～3月にかけて過去5年間の各月平均値を上回っており、令和2年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ 0.14 mg/L、0.089 mg/L であった (図6)。
- 湖心のりん酸態りん (PO₄-P) 濃度は、4月、6月、8月～12月にかけて過去5年間の各月平均値を上回っており、令和元年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ 0.020 mg/L、0.016 mg/L であった (図7)。
- 釜谷沖の PO₄-P 濃度は、6月、8月～10月にかけて過去5年間の各月平均値を上回った。令和2年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ 0.038 mg/L、0.018 mg/L であった (図7)。

表3 湖心及び釜谷沖における TP と PO₄-P の年間平均値及び5年平均値 (mg/L)

項目	湖心			釜谷沖		
	R1	R2	5年平均 (H26-H30)	R1	R2	5年平均 (H26-H30)
TP	0.12	0.10	0.084	0.099	0.14	0.089
PO ₄ -P	0.027	0.020	0.016	0.015	0.038	0.018

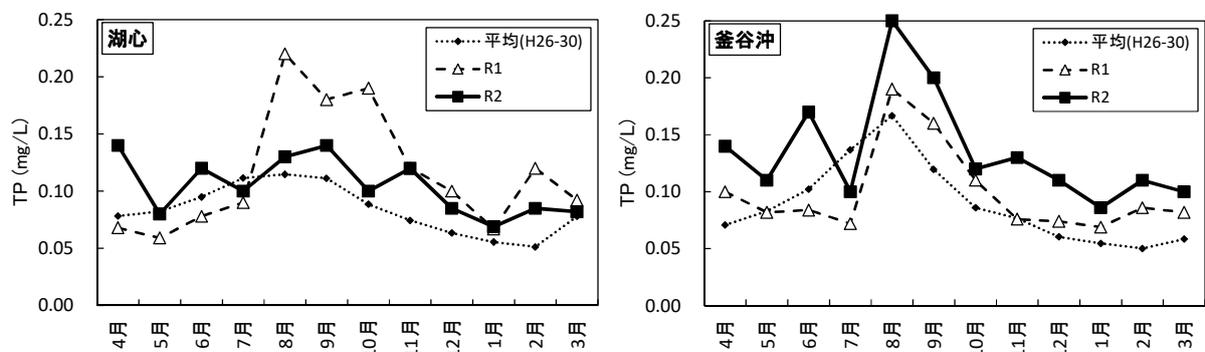
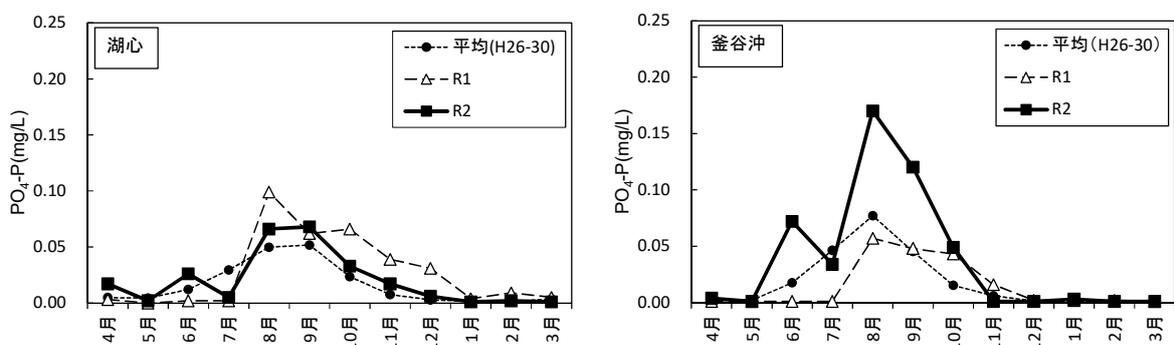


図6 湖心及び釜谷沖における TP の経月変化

図7 湖心及び釜谷沖における PO₄-P の経月変化

(4) 植物プランクトン

- 湖心では年間を通じて珪藻類が優占した。釜谷沖では夏季に藍藻類が増加し、冬季は珪藻類が優占した (図 8)。

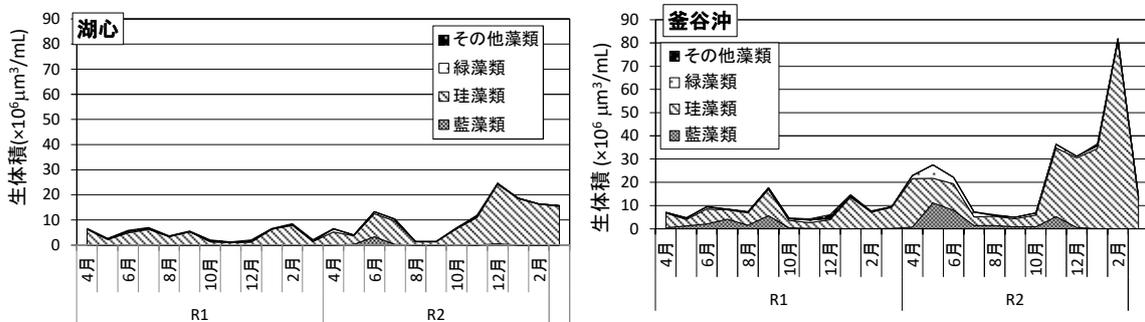


図 8 湖心及び釜谷沖における植物プランクトンの経月変化

(5) 動物プランクトン

- ミジンコ類は、湖心では9月～10月にかけて *Bosmina* が増加した。釜谷沖では8月に *Bosmina* が増加したものの、令和元年度より減少した (図 9)。
- ワムシ類は、湖心では1月～3月にかけて令和元年度より減少した。釜谷沖では令和元年度と同程度で推移した。

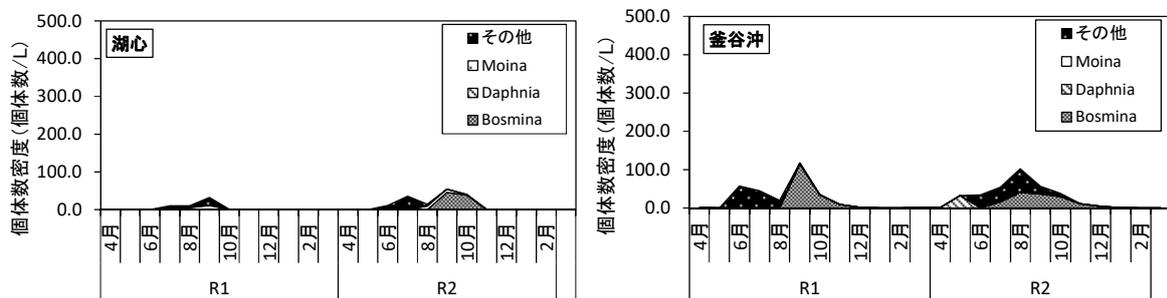


図 9 湖心及び釜谷沖における動物プランクトン (ミジンコ類) の経月変化

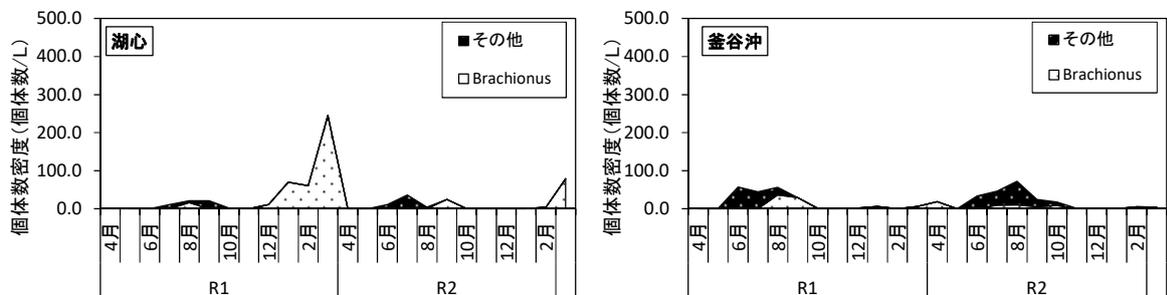


図 10 湖心及び釜谷沖における動物プランクトン (ワムシ類) の経月変化

表1 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(4月)

地点名	採水層	気温		EC	ORP	DO	SS	COD	d-COD	TOC	DOC	TN	DTN	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	TP	DTP	PO ₄ -P	Chla	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	SRSI	
		(°C)	(°C)																									
掛馬沖	上層	16.2	13.8	8.6	156	12.0	17	8.3	4.5	4.6	2.6	0.77	0.37	<0.01	<0.01	0.02	0.100	0.035	0.008	77	21	2.2	5.9	15	26	24	1.8	
	下層		13.4	8.6	25.8	161	9.4	22	7.8	4.6	4.4	2.6	0.76	0.36	0.04	<0.01	0.03	0.120	0.035	0.008	85	21	2.2	6.1	15	26	25	2.0
木原沖	上層	14.6	13.8	7.6	24.3	174	11.0	7.7	4.5	4.6	2.6	0.90	0.46	0.09	<0.01	0.02	0.100	0.032	0.006	82	19	2.0	5.6	15	24	23	1.9	
	下層		13.3	7.7	25.5	179	9.5	31	7.2	4.4	4.1	2.5	0.84	0.43	0.09	<0.01	0.03	0.130	0.031	0.008	88	21	2.2	5.8	15	25	24	2.2
牛込沖	上層	14.6	13.6	7.2	25.8	180	10.0	7.8	4.4	4.7	2.6	0.84	0.39	0.03	<0.01	0.02	0.120	0.036	0.008	81	22	2.2	6.3	16	26	25	1.8	
	下層		13.2	7.5	26.1	182	9.3	26	7.5	4.4	4.3	2.6	0.81	0.37	0.04	<0.01	0.04	0.130	0.034	0.010	83	22	2.3	6.1	15	27	25	2.3
高浜沖	上層	13.4	13.7	8.6	22.9	156	10.0	23	8.7	4.6	4.6	2.6	1.40	0.83	0.53	0.01	0.02	0.130	0.031	0.007	120	18	1.6	5.7	15	20	22	1.8
	下層		13.3	8.6	23.1	159	9.7	24	8.5	4.5	4.6	2.6	1.50	0.91	0.58	0.01	0.03	0.130	0.027	0.004	110	18	1.6	6.0	14	19	22	2.1
玉蓮沖	上層	13.1	13.5	7.7	23.5	180	10.0	21	8.2	4.5	4.5	2.6	1.20	0.80	0.46	0.01	0.02	0.140	0.033	0.007	100	18	1.9	5.8	14	21	22	1.8
	下層		13.2	7.9	26.5	182	8.7	41	8.3	4.4	4.9	2.6	0.79	0.41	0.09	<0.01	0.06	0.170	0.036	0.015	89	23	2.3	6.4	15	28	25	2.4
湖心	上層	12.0	13.0	8.1	26.8	152	9.5	23	7.2	4.7	4.3	2.6	0.76	0.39	0.04	<0.01	0.03	0.140	0.044	0.017	82	23	2.3	6.3	15	28	25	2.4
	下層		13.0	8.1	27.1	149	9.2	29	7.4	4.7	4.3	2.6	0.77	0.39	0.04	<0.01	0.05	0.140	0.044	0.018	80	23	2.5	6.3	15	28	25	2.5
西の沖沖	上層	11.8	13.0	7.7	27.9	163	9.8	20	6.9	4.6	4.2	2.6	0.61	0.30	<0.01	0.02	0.110	0.030	0.008	63	23	2.3	6.4	15	28	25	1.9	
	下層		13.0	7.7	26.9	159	9.4	29	7.4	4.4	4.6	2.6	0.69	0.29	<0.01	0.02	0.130	0.028	0.008	86	21	2.1	5.8	14	25	22	2.0	
麻生沖	上層	11.5	13.0	6.5	36.1	78	10.0	19	7.3	4.5	4.7	2.6	0.64	0.27	0.01	<0.02	0.100	0.027	0.004	55	24	2.5	6.4	14	31	24	1.6	
	下層		13.0	7.3	28.2	52	10.0	19	6.5	4.4	4.7	2.6	0.55	0.29	<0.01	0.02	0.100	0.026	0.004	55	22	1.9	5.9	13	27	21	1.6	
土浦沖	上層	17.3	14.5	8.1	19.5	167	9.5	20	6.5	4.5	4.4	2.4	1.70	1.40	1.00	0.01	0.14	0.180	0.068	0.033	53	13	1.8	4.4	14	16	20	5.7
	下層		13.8	8.0	19.5	170	8.2	20	5.6	4.5	3.5	2.3	1.50	1.30	1.00	0.01	0.17	0.160	0.061	0.032	26	11	1.3	3.8	12	13	18	6.1
山王川沖	上層	15.7	13.9	7.7	11.7	199	8.7	22	6.1	4.8	3.8	2.4	1.80	1.80	1.30	0.02	0.19	0.210	0.089	0.048	22	6	<1	2.9	9	7	13	6.4
	下層		13.3	7.7	11.6	197	8.0	29	6.6	4.9	3.8	2.4	1.90	1.60	1.20	0.02	0.23	0.250	0.098	0.056	16	5	<1	2.6	8	5	11	6.1
安塚沖	上層	16.2	13.8	6.9	20.5	61	8.2	12	5.5	4.1	3.3	2.4	4.00	4.10	3.20	0.03	0.25	0.130	0.060	0.040	11	11	1.9	6.0	14	14	19	9.2
	下層		16.7	7.6	22.1	67	7.8	8	4.8	3.8	2.8	2.1	4.90	4.50	3.70	0.03	0.25	0.110	0.054	0.039	4	13	2.2	7.0	15	16	22	10.0
阿玉沖	上層	16.0	13.7	7.4	25.5	37	10.0	14	6.5	3.6	3.6	2.1	3.70	3.00	2.70	0.03	0.02	0.110	0.025	0.006	98	17	1.6	7.7	16	21	21	8.3
	下層		13.4	8.3	24.1	44	9.2	19	5.9	3.6	3.3	2.1	3.50	3.30	2.90	0.03	0.06	0.120	0.026	0.007	80	15	1.6	7.2	15	19	20	9.0
武井沖	上層	15.5	13.5	7.8	26.4	33	11.0	22	7.7	3.9	4.4	2.3	2.10	1.80	1.40	0.02	0.02	0.110	0.023	0.003	120	20	1.6	7.7	16	24	22	2.9
	下層		13.2	8.7	26.8	40	9.4	25	7.5	3.7	4.4	2.4	1.90	1.40	1.10	0.02	0.02	0.120	0.021	0.003	120	20	1.7	7.7	15	25	22	2.1
釜谷沖	上層	15.0	13.4	7.8	26.6	49	10.0	29	8.7	4.1	5	2.5	1.50	0.94	0.86	0.02	0.02	0.140	0.023	0.004	110	21	1.8	7.6	15	26	21	0.5
	下層		13.2	8.5	26.6	56	9.3	36	8.5	4.1	4.9	2.5	1.30	0.95	0.82	0.01	<0.02	0.160	0.022	0.003	140	19	1.4	7.0	14	23	19	0.5
神宮橋	上層	15.0	13.3	7.6	29.0	56	10.0	38	9.4	4.3	5.3	2.6	0.95	0.31	0.82	<0.01	0.02	0.170	0.024	0.003	130	26	2.0	7.5	15	34	21	0.1
	下層		13.3	8.5	29.0	54	10.0	42	9.5	4.3	5.1	2.6	1.00	0.30	0.01	<0.01	<0.02	0.170	0.024	0.003	140	26	2.0	7.3	15	34	21	0.2
外浜並浦	上層	15.0	13.3	6.9	30.1	66	9.4	30	8.0	4.4	4.4	2.7	0.75	0.41	0.10	<0.01	0.02	0.150	0.036	0.014	99	28	2.6	6.9	15	37	23	2.9
	下層		13.3	7.8	30.1	69	9.3	28	8.0	4.5	4.1	2.7	0.79	0.39	0.11	<0.01	0.02	0.160	0.035	0.014	57	28	2.5	6.9	15	38	23	2.8
息橋	上層	12.0	13.3	7.2	32.4	52.0	9.6	22	7.9	4.6	4.5	2.8	0.63	0.34	<0.01	<0.01	0.02	0.130	0.034	0.007	67	32	2.7	7.4	15	43	24	1.3
	下層		13.3	7.9	32.4	59	9.5	22	7.9	4.5	4.3	2.8	0.62	0.34	<0.01	<0.01	0.02	0.130	0.029	0.006	67	32	2.6	7.4	15	43	24	1.3

令和2年4月21日

表2 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(5月)

令和2年5月26日	地点名	採水層	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	EC (mS/m)	ORP (mV)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	DTN (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	TP (mg/L)	DTP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chla (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SRSI (mg/L)
	掛高沖	上層	24.1	0.62	3.9	21.2	8.9	24.7	105	11.0	15	75	4.1	4.7	2.6	0.73	0.28	<0.01	<0.01	0.02	0.089	0.021	0.002	82	19	2.6	5.9	15	23	23	1.4
		下層	24.6	0.71	5.3	19.4	8.8	24.9	121	8.1	33	75	4.1	4.8	2.5	0.88	0.40	0.14	0.01	0.03	0.140	0.021	0.003	74	19	2.8	5.9	16	23	24	2.5
	木部沖	上層	24.6	0.71	5.3	21.0	7.7	26.3	133	9.7	12	69	4.0	4.6	2.5	0.55	0.24	<0.01	<0.01	<0.02	0.085	0.019	0.001	40	19	2.5	6.0	15	23	23	0.9
		下層	24.6	0.71	5.3	19.1	8.2	25.5	132	5.7	51	82	3.8	4.8	2.5	0.82	0.25	0.01	<0.01	<0.02	0.170	0.017	0.003	70	20	2.8	6.3	16	24	24	1.6
	牛込沖	上層	23.0	0.68	6.1	20.0	7.0	28.2	137	9.2	14	67	3.7	4.2	2.5	0.53	0.27	<0.01	<0.01	<0.02	0.093	0.017	0.002	44	21	2.8	6.4	15	26	24	0.9
		下層	20.6	0.73	6.0	19.2	7.3	26.0	136	8.0	19	69	3.7	4.3	2.5	0.53	0.24	<0.01	<0.01	<0.02	0.100	0.020	0.004	50	21	2.7	6.5	16	26	24	1.1
	高浜沖	上層	21.4	0.40	4.2	20.4	7.6	23.1	128	9.3	26	87	4.2	4.7	2.7	0.74	0.35	0.04	0.01	0.02	0.140	0.021	0.004	100	19	2.4	6.3	15	22	22	3.8
		下層	21.4	0.40	4.2	19.8	7.6	23.0	134	4.8	43	95	5.5	5.0	2.8	1.10	0.87	0.12	0.02	0.18	0.240	0.066	0.015	98	17	2.4	6.0	14	20	20	5.4
	玉置沖	上層	21.2	0.65	5.7	21.8	8.0	28.2	105	9.5	13	70	3.9	4.2	2.6	0.46	0.29	<0.01	<0.01	0.02	0.093	0.022	0.002	44	21	2.6	6.3	14	26	22	1.5
		下層	20.6	0.73	6.0	19.6	8.0	22.8	119	6.0	38	84	4.2	4.8	2.6	0.96	0.56	0.20	0.02	0.10	0.180	0.021	0.005	91	17	2.3	6.0	14	19	21	4.9
	湖心	上層	20.6	0.73	6.0	19.9	7.6	26.6	130	9.5	11	64	4.0	4.1	2.6	0.52	0.28	<0.01	<0.01	<0.02	0.080	0.019	0.002	32	23	2.8	6.7	16	28	24	0.8
		下層	20.2	0.88	5.5	20.0	7.5	26.9	117	5.1	35	75	4.1	4.4	2.5	0.62	0.26	0.01	<0.01	<0.02	0.160	0.028	0.015	57	22	2.8	6.7	15	27	24	2.0
	西の洲沖	上層	20.2	0.88	5.5	20.0	7.4	31.9	133	9.7	10	64	4.0	4.1	2.6	0.50	0.26	<0.01	<0.01	<0.02	0.080	0.018	0.002	28	25	2.9	6.8	16	32	25	0.9
		下層	19.9	0.62	1.4	19.0	7.7	29.2	126	6.3	26	69	4.0	4.2	2.6	0.51	0.24	<0.01	<0.01	<0.02	0.120	0.023	0.008	44	23	2.6	6.5	15	30	23	1.3
	麻生沖	上層	24.2	0.50	2.7	20.8	7.5	35.2	166	9.6	14	73	5.4	4.2	3.2	0.68	0.32	0.02	<0.01	0.02	0.100	0.021	0.003	48	34	3.6	8.0	16	47	23	3.2
		下層	21.2	0.27	2.0	20.7	7.6	34.0	164	8.6	13	72	5.0	4.2	3.2	0.59	0.33	0.01	<0.01	0.02	0.085	0.019	0.003	47	33	3.5	7.9	16	46	23	3.4
	土浦沖	上層	21.8	0.55	1.8	23.0	9.2	24.8	110	13.0	18	88	4.8	4.5	3.0	1.10	0.64	0.22	0.01	0.07	0.130	0.040	0.009	130	19	3.0	5.7	16	23	24	3.4
		下層	21.8	0.55	1.8	22.5	9.2	25.8	103	12.0	15	74	4.5	3.9	2.9	1.30	1.00	0.61	0.01	0.05	0.120	0.029	0.006	83	19	3.3	5.4	15	22	22	4.2
	山王川沖	上層	21.8	0.55	1.8	21.7	8.1	18.8	134	10.0	37	100	5.0	4.4	3.0	1.30	0.67	0.22	0.02	0.10	0.200	0.043	0.013	150	14	2.1	5.2	13	15	19	5.6
		下層	21.8	0.55	1.8	21.7	8.5	19.3	124	10.0	43	100	5.0	4.6	3.0	1.40	0.65	0.22	0.02	0.10	0.210	0.040	0.012	150	14	2.0	5.2	13	15	19	5.7
	安藤沖	上層	21.8	0.55	1.8	21.7	8.6	25.7	117	8.7	20	73	4.5	3.3	2.7	4.20	3.90	3.70	0.05	0.05	0.140	0.032	0.014	57	16	2.7	7.8	17	19	22	11.0
		下層	22.0	0.60	3.4	21.7	8.4	25.6	120	8.3	22	72	4.2	3.3	2.8	4.40	3.80	3.60	0.05	0.05	0.140	0.034	0.014	56	15	2.6	7.9	17	19	22	11.0
	阿玉沖	上層	21.8	0.64	6.9	20.9	9.3	25.3	95	12.0	19	83	4.4	4.2	2.8	2.60	2.20	1.80	0.04	0.04	0.120	0.028	0.005	120	17	2.4	8.0	16	21	21	6.8
		下層	21.8	0.64	6.9	20.8	9.3	25.2	95	12.0	20	85	4.3	4.0	2.8	2.70	2.20	1.80	0.04	0.04	0.110	0.025	0.005	120	17	2.3	7.8	16	21	21	6.9
	貳井沖	上層	22.0	0.55	6.0	20.5	9.4	26.2	93	11.0	17	82	3.9	4.3	2.6	1.10	0.62	0.27	0.02	0.02	0.110	0.016	0.001	100	20	2.1	7.5	15	25	21	0.5
		下層	22.0	0.55	6.0	19.4	9.1	26.0	101	9.2	20	73	3.7	3.7	2.5	1.80	1.50	1.10	0.04	0.03	0.110	0.011	0.001	92	19	2.2	7.8	16	23	21	3.4
	釜谷沖	上層	21.1	0.51	1.9	20.1	9.3	26.4	106	10.0	22	81	3.5	4.2	2.4	1.00	0.40	0.12	0.01	<0.02	0.110	0.012	0.001	100	19	1.8	7.0	14	22	18	0.2
		下層	21.1	0.51	1.9	19.0	8.8	26.4	114	6.3	27	75	3.5	4.0	2.4	1.70	1.20	0.75	0.03	0.15	0.160	0.012	0.005	97	18	2.1	7.3	15	23	20	2.3
	神楽橋	上層	20.2	0.51	1.5	20.8	9.2	29.2	115	11.0	29	97	3.9	4.6	2.6	0.91	0.28	<0.01	<0.01	<0.02	0.140	0.013	0.001	100	24	2.3	7.9	16	30	21	0.2
		下層	20.2	0.51	1.5	20.6	9.2	28.0	120	9.5	40	100	3.9	4.6	2.6	0.96	0.27	<0.01	<0.01	<0.02	0.170	0.012	0.001	110	24	2.3	8.0	16	29	21	0.3
	外浪逆浦	上層	23.5	0.72	4.6	20.6	8.3	32.3	132	9.5	21	76	4.1	4.5	2.8	0.58	0.27	<0.01	<0.01	<0.02	0.098	0.013	0.001	39	30	3.0	7.4	16	40	24	1.1
		下層	23.5	0.72	4.6	20.6	8.4	34.3	143	9.2	26	78	4.1	4.8	2.8	0.57	0.26	<0.01	<0.01	<0.02	0.120	0.014	0.002	39	31	3.3	7.8	16	42	24	1.2
	息栖	上層	23.5	0.72	4.6	20.5	8.7	32.7	107.0	10.0	15	76	3.9	4.4	2.8	0.58	0.27	<0.01	<0.01	<0.02	0.092	0.012	0.001	40	28	2.8	7.1	15	36	21	0.6
		下層	23.5	0.72	4.6	19.7	8.7	32.4	114	8.9	22	74	4.0	4.3	2.7	0.65	0.26	<0.01	<0.01	<0.02	0.110	0.014	0.003	55	30	3.0	7.4	16	39	23	0.9

表3 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(6月)

令和2年6月25日		地点名	採水層	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	EC (mS/m)	ORP (mV)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	DTN (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	TP (mg/L)	DTP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chla (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SRSI (mg/L)
上層	下層																															
掛高沖	上層	22.8	7.3	25.3	182	8.2	30	74	4.5	4.4	2.8	0.61	0.25	<0.02	0.110	0.021	0.007	0.18	5.2	15	24	22	2.7									
	下層	22.8	7.5	25.8	182	7.7	35	78	4.4	4.6	2.8	0.61	0.25	<0.02	0.130	0.019	0.008	21	6.0	17	28	25	2.4									
木原沖	上層	22.9	7.2	23.6	197	7.5	30	72	4.4	4.3	2.7	0.60	0.26	<0.02	0.110	0.022	0.012	19	5.4	15	26	22	2.7									
	下層	22.9	7.5	26.6	189	7.3	32	73	4.4	4.2	2.8	0.60	0.23	<0.02	0.120	0.022	0.013	24	6.0	17	30	25	2.6									
牛込沖	上層	22.9	7.1	27.0	208	7.3	28	70	4.2	4.0	2.7	0.60	0.24	<0.02	0.120	0.030	0.020	18	1.1	4.7	13	23	18	2.9								
	下層	22.9	7.3	27.2	199	7.1	42	79	4.3	4.3	2.7	0.66	0.26	<0.02	0.150	0.031	0.022	24	2.2	6.1	17	32	25	3.0								
高浜沖	上層	22.8	7.0	24.8	217	5.5	72	98	4.6	4.6	2.9	1.00	0.80	0.29	0.270	0.047	0.038	19	1.5	5.1	14	23	19	5.7								
	下層	22.8	7.5	24.6	202	5.5	77	100	4.7	5.0	2.9	1.10	0.82	0.29	0.240	0.048	0.037	21	2.0	5.7	15	26	22	7.3								
玉置沖	上層	22.9	6.9	24.9	219	5.9	60	87	4.5	4.5	2.8	0.81	0.58	0.23	0.200	0.044	0.037	21	1.9	5.9	15	27	22	6.2								
	下層	22.8	7.1	25.2	209	5.7	40	86	4.6	4.6	2.9	0.99	0.57	0.22	0.210	0.049	0.036	20	1.5	5.3	14	24	20	6.0								
湖心	上層	22.6	7.0	27.4	188	7.5	25	68	4.1	4.0	2.7	0.62	0.23	<0.02	0.120	0.035	0.026	24	2.3	6.4	16	33	25	2.7								
	下層	22.7	7.3	27.8	183	7.7	27	68	4.2	4.1	2.7	0.52	0.24	<0.02	0.130	0.033	0.026	21	1.7	5.7	15	28	22	2.9								
西の洲沖	上層	22.5	6.8	29.2	172	7.5	24	70	4.4	4.3	2.9	0.52	0.30	<0.02	0.110	0.037	0.027	25	2.3	6.5	17	34	25	2.9								
	下層	22.6	7.1	28.4	175	7.4	25	67	4.1	3.9	2.7	0.41	0.25	<0.02	0.110	0.036	0.027	20	2.0	6.1	15	29	22	2.9								
麻生沖	上層	21.9	7.5	29.9	101	8.2	30	74	4.2	4.0	2.7	0.45	0.23	<0.02	0.130	0.028	0.020	24	1.8	6.0	15	31	22	2.8								
	下層	21.9	7.6	28.7	101	8.1	29	68	4.2	4.2	2.6	0.53	0.24	<0.02	0.110	0.027	0.020	26	2.2	6.6	16	36	25	2.8								
土浦沖	上層	22.5	8.1	25.3	178	7.2	32	71	4.5	4.4	2.8	1.20	1.00	0.69	0.170	0.039	0.030	17	2.0	4.8	16	21	20	6.0								
	下層	22.5	8.0	25.3	179	7.4	33	73	4.5	4.2	2.9	1.30	1.00	0.70	0.160	0.039	0.030	18	2.1	4.7	16	21	20	6.0								
山王川沖	上層	22.1	7.3	18.8	204	7.4	41	90	4.6	4.8	2.9	1.10	0.82	0.56	0.190	0.024	0.013	13	<1	4.4	14	14	18	8.2								
	下層	22.1	7.1	17.4	209	7.4	42	92	4.7	4.9	2.9	1.20	0.82	0.56	0.200	0.025	0.013	11	<1	4.0	12	12	16	8.3								
安藤沖	上層	20.6	6.5	25.4	183	7.5	21	76	5.1	4.2	3.1	3.20	2.90	2.40	0.150	0.030	0.024	14	1.0	6.9	16	17	18	10.0								
	下層	20.6	6.7	24.8	177	7.4	30	80	5.1	4.5	3.1	3.30	3.00	2.50	0.140	0.035	0.025	16	1.4	7.5	18	20	21	10.0								
阿玉沖	上層	21.4	7.1	25.9	151	8.4	27	88	5.0	4.7	3.2	2.30	1.80	1.50	0.140	0.037	0.029	17	1.2	7.3	16	21	19	9.1								
	下層	21.5	7.6	26.8	144	8.4	30	90	4.8	4.6	3.2	2.30	1.90	1.50	0.150	0.042	0.030	17	1.4	7.2	16	22	19	9.2								
貳井沖	上層	22.6	7.7	25.9	135	6.6	30	88	4.8	4.3	3.1	1.30	0.74	0.13	0.200	0.090	0.084	21	1.5	7.4	17	28	22	3.6								
	下層	22.7	8.0	26.8	129	6.4	30	86	4.7	4.4	3.1	1.20	0.76	0.13	0.200	0.095	0.085	19	1.2	6.9	15	24	19	3.6								
釜谷沖	上層	22.2	8.1	26.8	131	7.1	31	87	4.8	4.3	3.1	1.10	0.57	0.05	0.170	0.080	0.072	19	1.2	6.7	15	24	19	2.9								
	下層	22.4	8.6	26.8	123	7.0	34	87	4.6	4.4	3.0	1.30	0.57	0.05	0.200	0.075	0.073	19	1.0	6.8	15	25	19	2.9								
神倉橋	上層	21.6	8.3	28.2	124	9.2	41	100	4.8	5.1	3.1	0.87	0.31	<0.02	0.190	0.045	0.033	100	2.5	1.5	7.8	17	34	21	1.1							
	下層	21.6	8.8	28.6	112	9.2	42	100	4.9	4.8	3.1	1.00	0.32	<0.02	0.200	0.045	0.033	99	2.3	1.2	7.0	15	30	19	1.2							
外浪逆浦	上層	21.1	7.3	33.8	151	7.7	29	79	4.3	4.2	2.9	0.82	0.28	0.01	0.140	0.029	0.021	56	3.2	2.1	1.6	43	22	2.6								
	下層	21.1	7.4	33.9	146	7.6	28	79	4.5	4.3	2.9	0.57	0.26	0.01	0.120	0.029	0.021	52	3.5	2.5	7.9	17	50	25	2.6							
息漕	上層	22.2	7.7	36.2	146.0	7.8	29	80	4.3	4.2	3.0	0.46	0.28	0.01	0.140	0.030	0.023	61	3.5	2.5	7.4	16	48	22	2.0							
	下層	22.3	8.0	36.2	135	7.6	28	77	4.4	4.3	3.0	0.58	0.28	0.01	0.130	0.029	0.023	60	3.5	2.3	7.4	16	48	22	2.1							

表4 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(7月)

令和2年7月28日		地点名	採水層	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	EC (µS/cm)	ORP (mV)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	DTN (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	TP (mg/L)	DTP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chla (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SRP (mg/L)
上層	下層																															
掛馬沖	上層	26.2	8.2	236	131	8.3	21	7.1	4.2	4.7	2.6	0.69	0.30	0.02	<0.01	<0.02	0.092	0.019	0.002	72	17	3.3	6.3	15	21	20	2.6					
	下層	25.8	8.2	236	151	6.1	23	6.5	4.2	3.9	2.6	0.67	0.36	0.05	<0.01	0.09	0.094	0.017	0.002	53	17	3.2	6.3	15	21	20	2.9					
木原沖	上層	26.5	8.2	235	153	9.5	14	6.8	4.3	4.3	2.7	0.55	0.27	<0.01	<0.02	0.18	0.130	0.034	0.001	49	19	3.6	6.9	16	26	23	2.5					
	下層	25.0	8.2	248	150	3.9	41	6.9	4.3	3.9	2.6	0.90	0.55	0.10	0.02	0.18	0.130	0.034	0.001	45	19	3.4	6.5	15	24	20	3.4					
牛込沖	上層	26.1	7.6	236	163	9.4	16	6.6	4.2	4.2	2.7	0.61	0.26	<0.01	<0.01	0.02	0.076	0.016	0.001	57	20	3.6	7.0	16	27	23	2.4					
	下層	25.1	7.6	252	175	4.8	32	6.7	4.2	4.1	2.7	0.78	0.43	0.04	0.01	0.14	0.130	0.035	0.001	50	21	3.9	7.0	16	29	23	3.1					
高浜沖	上層	26.4	7.5	212	188	8.3	17	6.4	4.0	4.1	2.6	1.20	0.81	0.54	0.01	0.02	0.094	0.016	0.003	62	15	3.0	6.1	13	16	18	4.8					
	下層	25.7	7.8	224	172	7.1	20	6.1	3.9	3.8	2.6	1.10	0.84	0.52	0.01	0.06	0.098	0.017	0.003	50	17	3.4	6.7	15	21	4.8						
玉造沖	上層	26.5	7.5	241	164	9.1	18	7.0	3.9	4.2	2.7	0.62	0.36	0.09	<0.01	0.02	0.089	0.016	0.002	55	20	3.7	7.0	15	27	22	2.8					
	下層	25.4	7.9	211	173	5.0	40	6.7	3.7	3.6	2.5	1.40	1.00	0.73	0.03	0.11	0.140	0.025	0.013	46	16	3.4	6.5	14	19	21	6.0					
湖心	上層	25.8	7.0	254	171	7.7	23	6.6	4.0	4.2	2.8	0.47	0.25	<0.01	<0.01	0.02	0.100	0.018	0.005	57	20	3.5	6.8	15	26	20	2.1					
	下層	25.6	7.5	255	161	7.2	27	6.9	4.2	4.3	2.8	0.56	0.27	<0.01	<0.01	0.03	0.110	0.021	0.009	57	22	3.8	7.3	16	31	23	2.4					
西の洲沖	上層	25.5	7.1	200	156	7.7	18	6.4	4.1	4.0	2.7	0.47	0.27	<0.01	<0.01	0.02	0.090	0.019	0.005	59	21	3.4	6.8	15	27	20	2.3					
	下層	25.3	7.4	271	152	5.8	36	7.3	4.0	4.2	2.8	0.59	0.33	0.01	<0.01	0.07	0.150	0.031	0.021	64	23	3.8	7.4	16	31	23	2.8					
麻生沖	上層	25.7	7.1	287	122	8.1	26	7.3	4.5	4.6	2.8	0.58	0.26	<0.01	<0.01	0.02	0.110	0.017	0.004	57	23	3.7	7.1	15	31	20	2.2					
	下層	25.7	7.6	278	107	8.1	28	7.0	4.2	4.6	2.8	0.52	0.26	<0.01	<0.01	<0.02	0.110	0.018	0.004	57	25	4.1	7.6	16	36	23	2.2					
土浦沖	上層	27.1	8.2	226	151	11.0	12	6.6	3.8	3.9	2.4	1.20	0.83	0.58	0.02	<0.02	0.100	0.022	0.007	77	15	3.3	6.0	16	18	21	5.7					
	下層	26.5	8.2	253	163	8.2	12	6.1	3.8	3.7	2.4	1.40	1.10	0.83	0.02	0.03	0.120	0.047	0.036	65	18	4.2	6.5	18	23	25	5.9					
山王川沖	上層	26.4	7.8	160	166	10.0	14	6.7	3.8	4.2	2.3	1.60	1.20	0.95	0.02	0.02	0.100	0.020	0.005	100	11	2.4	5.5	13	10	17	7.9					
	下層	25.8	8.1	163	162	8.9	13	6.1	3.6	3.5	2.2	1.40	1.20	0.97	0.02	0.03	0.094	0.014	0.002	64	9	2.1	5.1	12	9	15	7.8					
安塚沖	上層	25.3	8.1	239	91	10.0	10	6.3	4.1	3.6	2.5	4.00	3.60	3.40	0.04	0.03	0.083	0.016	0.003	56	15	3.5	8.5	18	18	22	9.8					
	下層	23.1	8.0	251	103	8.2	35	8.0	3.6	4.4	2.5	4.20	3.90	3.70	0.04	0.06	0.150	0.015	0.005	36	14	3.2	8.1	17	17	21	10.0					
阿玉沖	上層	25.8	8.2	242	92	9.8	14	6.5	3.8	3.7	2.5	3.00	2.80	2.50	0.06	0.02	0.096	0.014	0.002	54	16	3.4	8.8	18	20	22	8.6					
	下層	24.8	8.3	242	89	9.0	10	5.9	3.8	3.5	2.5	3.00	2.80	2.70	0.05	0.04	0.098	0.013	0.001	46	15	3.3	8.6	18	19	22	8.9					
武井沖	上層	26.0	8.0	250	87	9.5	10	7.3	4.6	4.3	3.1	1.20	0.88	0.55	0.07	0.02	0.100	0.037	0.024	62	17	2.9	7.9	16	22	17	3.9					
	下層	24.9	7.8	249	109	4.3	19	6.1	4.2	3.6	2.8	2.20	1.90	1.20	0.14	0.28	0.110	0.049	0.041	31	17	3.3	8.8	17	22	20	7.0					
釜谷沖	上層	25.5	7.6	256	107	7.0	13	7.0	4.4	4.1	3.1	0.99	0.69	0.35	0.05	0.02	0.100	0.046	0.034	49	20	3.2	8.8	17	27	20	3.3					
	下層	24.8	7.6	255	109	3.1	19	6.6	4.4	4.0	3.0	1.40	1.10	0.88	0.11	0.10	0.130	0.070	0.060	37	19	3.4	8.8	17	26	20	4.7					
神宮橋	上層	25.7	8.0	262	97	8.7	27	8.4	4.8	4.5	3.1	0.83	0.40	0.05	0.02	0.02	0.120	0.027	0.016	81	21	3.4	8.9	17	29	20	2.8					
	下層	25.7	8.3	264	94	8.7	29	8.7	4.8	4.5	3.2	0.80	0.42	0.05	0.02	0.02	0.120	0.031	0.017	81	19	3.1	8.3	16	25	17	2.8					
外縁逆浦	上層	26.2	7.7	324	100	8.2	26	8.4	4.6	4.5	3.1	0.61	0.29	<0.01	<0.01	0.02	0.140	0.039	0.030	66	33	4.4	9.0	18	47	22	2.8					
	下層	26.2	8.0	247	103	7.6	24	8.4	4.4	4.3	3.1	0.61	0.29	<0.01	<0.01	0.02	0.140	0.041	0.028	68	29	3.8	8.2	16	40	19	2.7					
息栖	上層	26.1	7.5	335	102.0	7.4	23	7.7	4.3	4.3	3.0	0.60	0.29	<0.01	<0.01	0.02	0.110	0.027	0.014	61	34	4.4	9.0	17	52	23	2.4					
	下層	25.9	7.7	339	101	7.1	23	7.6	4.5	4.2	3.0	0.64	0.27	<0.01	<0.01	0.02	0.110	0.026	0.014	58	35	4.5	9.2	18	52	23	2.4					

表5 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(8月)

令和2年8月25日	地点名	採水層	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	EC (mS/m)	ORP (mV)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	DTN (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	TP (mg/L)	DTP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chla (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SRSI (mg/L)
	掛馬沖	上層	28.2	0.51	3.8	30.4	10.0	26.3	130	6.8	24	72	4.9	4.5	3.1	0.65	0.49	0.05	0.02	0.11	0.120	0.052	0.035	45	17	1.6	6.2	17	23	21	3.8
		下層				29.9	10.0	26.0	137	5.5	35	73	4.8	3.8	3.0	0.76	0.57	0.06	0.03	0.19	0.150	0.056	0.044	26	18	1.6	6.2	17	23	21	3.9
	木原沖	上層	27.9	0.55	5.2	30.5	6.9	25.6	189	6.1	22	68	4.9	4.3	3.0	0.69	0.46	0.05	0.04	0.13	0.130	0.063	0.051	37	18	1.5	6.3	16	23	20	3.8
		下層				30.1	7.2	25.9	174	4.9	29	67	4.9	3.9	3.0	0.76	0.60	0.06	0.04	0.22	0.140	0.066	0.054	20	18	1.6	6.2	16	23	20	3.9
	牛込沖	上層	27.5	0.61	6.1	30.4	6.9	25.5	191	6.1	20	64	4.8	3.9	3.0	0.75	0.55	0.05	0.05	0.22	0.120	0.069	0.059	23	18	1.3	6.1	16	23	20	3.7
		下層				30.1	7.0	25.8	185	5.3	24	67	4.7	3.8	3.0	0.77	0.61	0.06	0.05	0.23	0.140	0.073	0.061	19	18	1.5	6.8	16	23	20	3.8
	高浜沖	上層	27.1	0.55	4.1	29.8	6.8	23.4	178	5.3	25	74	5.0	4.5	3.1	0.89	0.66	0.21	0.13	0.09	0.160	0.074	0.062	40	15	1.0	6.1	15	19	19	6.2
		下層				29.9	6.9	23.6	177	5.2	31	77	4.9	4.3	3.1	0.91	0.72	0.21	0.13	0.10	0.160	0.074	0.064	38	15	1.0	6.1	15	19	19	6.3
	玉蓮沖	上層	27.0	0.59	6.5	29.8	6.7	24.8	192	4.3	23	71	4.9	4.0	3.0	0.83	0.67	0.20	0.17	0.06	0.150	0.071	0.063	32	17	1.1	6.2	15	22	19	5.2
		下層				29.9	6.9	24.9	193	3.7	26	70	4.8	4.3	3.0	0.83	0.70	0.20	0.17	0.07	0.150	0.069	0.064	28	17	1.2	6.2	15	22	19	5.2
	湖心	上層	26.7	0.64	5.8	29.4	6.7	26.2	186	5.6	19	66	4.6	4.0	3.0	0.73	0.60	0.12	0.05	0.13	0.130	0.071	0.066	23	19	1.4	6.4	15	25	20	3.7
		下層				29.6	7.1	26.0	174	5.6	22	67	4.7	3.8	3.0	0.74	0.57	0.12	0.05	0.14	0.150	0.068	0.064	21	19	1.4	6.5	15	25	20	3.8
	西の沖	上層	26.6	0.69	5.2	29.4	6.8	27.7	130	6.2	21	69	4.5	4.3	3.0	0.71	0.41	0.04	0.05	0.07	0.140	0.062	0.055	35	20	1.4	6.7	16	27	20	3.0
		下層				29.4	6.8	27.3	131	5.9	22	70	4.5	4.2	3.0	0.66	0.43	0.04	0.05	0.08	0.130	0.064	0.055	36	20	1.5	6.8	16	27	20	3.1
	麻生沖	上層	26.7	0.49	1.7	28.7	7.7	30.5	101	7.1	28	74	4.8	4.6	3.2	0.57	0.30	<0.01	<0.01	0.02	0.140	0.051	0.044	56	24	1.7	7.0	16	33	20	3.0
		下層				28.7	7.5	32.5	88	7.1	27	72	4.8	4.5	3.1	0.57	0.31	<0.01	<0.01	0.02	0.150	0.053	0.045	57	25	1.6	7.0	16	33	20	3.0
	土浦沖	上層	26.6	0.62	2.7	30.2	7.9	26.5	126	7.3	18	75	4.7	4.8	3.1	1.00	0.64	0.27	0.01	0.07	0.120	0.029	0.018	83	18	1.9	6.0	18	23	22	5.5
		下層				30.0	7.9	29.3	139	5.3	19	73	4.9	4.3	3.2	1.40	1.00	0.86	0.02	0.21	0.140	0.049	0.039	53	21	2.6	6.1	18	26	23	5.9
	山王川沖	上層	27.4	0.41	1.7	30.0	6.4	20.8	177	5.8	39	94	5.1	4.9	3.2	1.20	0.72	0.28	0.02	0.14	0.180	0.056	0.047	98	13	<1	5.5	14	14	19	8.6
		下層				29.6	6.6	21.6	176	5.7	41	95	4.9	5.2	3.2	1.30	0.74	0.29	0.02	0.15	0.200	0.056	0.048	89	13	<1	5.6	15	14	19	8.6
	安塚沖	上層	29.4	0.36	1.8	27.2	8.4	29.1	68	9.6	22	77	3.9	3.6	2.4	3.80	3.60	3.40	0.05	<0.02	0.110	0.028	0.020	92	16	1.0	9.3	19	21	23	12.0
		下層				27.1	8.5	29.4	60	9.5	24	79	3.9	3.6	2.4	4.00	3.60	3.90	0.05	<0.02	0.120	0.027	0.021	91	17	1.0	9.5	19	21	24	12.0
	阿玉沖	上層	28.7	0.35	3.8	29.7	8.7	27.1	35	8.0	26	99	5.1	5.0	3.2	2.30	1.40	1.10	0.06	0.04	0.220	0.110	0.100	130	16	1.0	8.2	18	21	20	11.0
		下層				29.4	8.9	27.0	43	8.4	31	100	5.2	4.9	3.3	2.40	1.60	1.30	0.04	0.03	0.210	0.087	0.078	150	16	<1	8.4	18	21	21	11.0
	武井沖	上層	28.5	0.55	7.0	29.9	7.9	26.2	59	5.8	14	86	5.3	4.7	3.4	1.20	0.72	0.14	0.28	0.02	0.240	0.170	0.160	94	17	<1	7.8	16	22	16	7.9
		下層				29.6	8.1	26.6	61	3.7	20	82	5.0	4.5	3.3	1.20	0.81	0.15	0.35	0.04	0.250	0.180	0.180	78	17	<1	7.7	16	22	16	8.3
	釜谷沖	上層	28.3	0.42	6.4	29.4	7.7	25.9	84	6.3	24	90	4.7	4.9	3.4	1.10	0.56	0.09	0.13	<0.02	0.250	0.170	0.170	100	18	<1	7.8	16	23	15	7.6
		下層				29.4	7.8	26.3	89	5.2	32	92	4.8	5.1	3.4	1.00	0.54	0.09	0.14	0.04	0.270	0.170	0.170	100	18	<1	7.7	16	23	15	8.0
	神宮橋	上層	28.0	0.41	1.8	29.1	7.7	37.0	97	6.9	33	97	5.4	5.2	3.6	0.92	0.39	0.01	<0.01	0.03	0.240	0.130	0.130	110	34	2.2	9.1	18	46	18	3.9
		下層				28.8	8.1	26.8	83	6.6	39	100	5.4	5.7	3.7	1.00	0.43	0.01	<0.01	0.05	0.260	0.130	0.130	110	34	2.0	9.2	18	45	18	4.0
	外浜逆浦	上層	26.9	0.50	1.5	29.1	7.5	36.7	120	5.7	21	75	4.5	4.5	3.3	0.79	0.41	<0.01	<0.01	0.13	0.140	0.083	0.079	41	34	2.3	8.5	18	47	20	2.5
		下層				29.1	7.6	37.0	118	5.7	22	74	4.7	4.3	3.4	0.66	0.44	<0.01	<0.01	0.14	0.140	0.082	0.080	41	34	2.3	8.4	17	47	20	2.4
	息巻	上層	27.9	0.74	4.8	30.0	7.3	40.0	76.0	7.3	15	74	4.6	4.5	3.3	0.56	0.32	<0.01	<0.01	0.02	0.100	0.055	0.047	44	38	2.4	9.0	18	55	22	2.0
		下層				29.6	7.5	38.5	79	6.2	17	71	4.7	4.3	3.3	0.63	0.36	0.01	<0.01	0.05	0.110	0.062	0.054	37	36	2.2	8.6	17	52	21	2.2

表6 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(9月)

令和4年9月29日		地点名	採水層	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	EC (mS/m)	ORP (mV)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	DTN (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	TP (mg/L)	DTP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chla (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SFSi (mg/L)
掛馬沖	上層	22.1	7.3	27.5	126	9.2	22	7.6	50	4.7	3.2	0.88	0.32	0.18	0.01	<0.02	0.100	0.038	0.023	56	19	1.5	6.5	17	26	21	1.8					
	下層	22.0	7.7	27.4	128	8.7	26	7.8	48	4.7	3.1	0.86	0.53	0.18	0.01	<0.02	0.100	0.038	0.023	53	19	1.5	6.6	17	26	21	1.8					
木原沖	上層	22.1	7.1	27.0	150	7.7	20	7.0	51	4.4	3.2	0.86	0.54	0.16	0.01	0.04	0.100	0.051	0.038	35	19	1.3	6.5	17	26	21	1.6					
	下層	22.1	7.3	27.2	142	7.5	26	7.0	50	4.2	3.1	0.81	0.32	0.16	0.01	0.04	0.130	0.051	0.038	34	19	1.3	6.6	17	26	21	1.6					
牛込沖	上層	22.2	7.1	27.2	158	7.4	20	6.5	48	4.3	3.1	0.88	0.61	0.23	<0.01	0.05	0.120	0.068	0.056	28	19	1.3	6.7	17	27	21	2.0					
	下層	22.2	7.2	27.3	156	7.2	21	6.9	49	4.2	3.1	0.81	0.58	0.23	<0.01	0.05	0.120	0.067	0.056	27	19	1.3	6.7	17	27	21	2.0					
高浜沖	上層	21.9	7.3	25.2	161	7.7	23	7.5	50	4.7	3.2	0.95	0.80	0.38	0.02	<0.02	0.120	0.049	0.035	52	17	<1	6.7	16	23	20	3.2					
	下層	21.9	7.3	25.9	154	7.8	24	7.7	51	4.6	3.3	1.00	0.73	0.38	0.02	<0.02	0.130	0.048	0.035	53	17	<1	6.6	16	23	20	3.3					
玉蓮沖	上層	22.1	7.0	26.8	167	7.1	18	6.9	49	4.2	3.2	0.89	0.68	0.31	0.01	0.05	0.110	0.058	0.048	35	18	1.0	6.7	16	25	20	2.6					
	下層	22.1	7.3	27.3	165	6.3	20	6.6	50	4.1	3.1	0.88	0.77	0.30	0.01	0.10	0.130	0.060	0.057	28	19	1.2	6.7	16	26	21	2.6					
湖心	上層	22.0	7.0	28.3	165	7.2	25	6.5	49	4.1	3.2	0.83	0.65	0.26	<0.01	0.05	0.140	0.078	0.068	20	20	1.2	6.8	16	29	20	2.4					
	下層	22.0	7.2	28.4	160	7.1	27	6.6	49	4.3	3.2	0.85	0.65	0.26	<0.01	0.05	0.150	0.077	0.068	20	21	1.3	6.8	17	29	21	2.4					
西の洲沖	上層	22.0	7.6	32.1	138	7.2	23	6.6	51	4.2	3.2	0.81	0.66	0.22	0.01	0.08	0.140	0.080	0.075	21	23	1.3	7.0	17	32	20	2.2					
	下層	22.0	7.5	29.8	135	7.2	23	6.6	51	4.1	3.1	0.82	0.64	0.23	0.01	0.08	0.140	0.085	0.075	19	20	1.1	6.4	16	28	18	2.2					
麻生沖	上層	21.6	7.7	31.0	102	7.7	26	7.0	53	4.5	3.3	0.73	0.55	0.18	0.01	0.02	0.140	0.072	0.065	32	25	1.8	7.3	17	35	20	1.9					
	下層	21.6	7.7	31.1	99	7.5	25	6.7	51	4.3	3.2	0.73	0.53	0.18	0.01	0.02	0.150	0.076	0.065	33	25	1.6	7.4	17	35	21	1.8					
土浦沖	上層	22.2	7.5	28.1	143	8.6	20	6.8	48	4.3	2.9	1.20	0.96	0.58	0.01	<0.02	0.110	0.032	0.020	72	20	1.8	6.5	18	26	24	3.8					
	下層	22.2	7.6	28.6	136	8.8	18	7.1	48	4.4	3.0	1.20	0.96	0.58	0.01	<0.02	0.110	0.030	0.020	75	20	1.7	6.5	18	26	24	3.8					
山王川沖	上層	21.8	7.2	21.7	155	8.0	29	8.0	46	4.4	2.8	1.60	1.20	0.75	0.11	0.05	0.150	0.022	0.010	100	13	<1	5.6	15	15	20	8.2					
	下層	21.8	7.3	22.2	152	7.6	34	8.4	44	4.6	2.8	1.70	1.20	0.74	0.11	0.08	0.170	0.023	0.013	90	13	<1	5.7	15	15	20	8.2					
安塚沖	上層	20.5	7.3	32.9	93	7.7	19	5.4	30	2.8	2.0	5.80	5.20	4.70	0.04	0.07	0.130	0.037	0.034	30	18	<1	10.0	21	25	27	15.0					
	下層	20.5	7.3	32.8	86	7.4	22	5.6	30	2.8	2.0	5.90	5.80	4.90	0.04	0.08	0.130	0.036	0.035	27	18	<1	10.0	21	25	27	15.0					
阿玉沖	上層	21.5	7.2	31.0	83	7.9	33	8.0	41	4.5	2.6	3.60	3.10	2.30	0.16	<0.02	0.200	0.068	0.061	85	19	<1	9.7	20	26	22	12.0					
	下層	21.5	7.3	31.0	82	7.2	45	8.8	41	4.8	2.6	3.40	3.10	2.20	0.18	<0.02	0.230	0.068	0.065	78	19	<1	9.7	20	26	22	12.0					
武井沖	上層	22.5	7.2	28.0	80	6.8	17	7.6	49	4.5	3.4	1.60	1.10	0.66	0.04	<0.02	0.210	0.140	0.130	57	18	<1	8.3	18	26	17	7.9					
	下層	22.3	7.3	28.1	81	4.7	27	7.8	48	4.7	3.4	1.50	1.10	0.69	0.07	0.03	0.230	0.140	0.130	53	18	<1	8.3	17	26	18	8.1					
釜谷沖	上層	22.2	7.5	28.1	84	6.5	20	7.7	50	4.8	3.5	1.20	0.98	0.52	0.03	<0.02	0.200	0.130	0.120	50	18	<1	8.1	17	26	17	7.4					
	下層	22.2	7.6	28.5	77	6.4	23	7.6	50	4.9	3.5	1.30	1.00	0.52	0.02	<0.02	0.220	0.130	0.120	53	18	<1	8.1	17	26	17	7.4					
神宮橋	上層	21.3	7.6	35.7	83	8.3	49	9.9	54	5.3	3.5	1.00	0.52	0.11	0.03	<0.02	0.240	0.081	0.070	96	32	1.7	9.0	18	45	19	3.8					
	下層	21.3	7.9	35.6	67	8.1	46	10.0	55	5.5	3.6	1.00	0.50	0.10	0.03	<0.02	0.230	0.082	0.070	97	31	1.5	9.0	18	44	19	3.7					
外浪逆浦	上層	22.0	7.4	39.5	104	6.9	34	7.7	47	4.1	3.3	1.00	0.75	0.31	0.02	0.05	0.180	0.073	0.064	29	35	1.6	8.1	16	48	19	2.2					
	下層	22.0	7.5	39.7	102	6.7	31	7.3	50	4.3	3.4	0.94	0.74	0.31	0.02	0.05	0.150	0.072	0.064	27	39	2.1	8.9	18	56	22	2.1					
息橋	上層	21.9	7.0	39.6	93.0	7.2	29	7.5	48	4.3	3.4	0.95	0.68	0.28	0.02	0.04	0.160	0.070	0.061	32	39	2.4	8.9	18	56	22	2.1					
	下層	21.9	7.2	39.9	83	7.3	35	7.6	50	4.4	3.5	0.93	0.70	0.28	0.02	0.04	0.170	0.072	0.061	31	35	1.7	8.1	16	49	19	2.1					

表7 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(10月)

令和2年10月24日	地点名	採水層	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	EC (mS/cm)	ORP (mV)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	DTN (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	TP (mg/L)	DTP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SRSI (mg/L)
	掛馬沖	上層	20.1	0.60	3.9	18.2	7.8	26.1	127	6.9	22	7.1	4.5	4.7	2.8	0.98	0.63	0.32	0.01	<0.02	0.100	0.023	0.007	56	17	1.5	6.4	16	27	23	3.4
	掛馬沖	下層				17.6	7.8	25.9	133	6.2	20	6.7	4.5	4.0	2.7	1.00	0.71	0.41	0.01	0.02	0.094	0.019	0.006	44	17	1.4	6.5	17	26	24	4.1
	木原沖	上層	19.2	0.61	5.3	17.8	7.7	26.8	133	6.8	17	6.8	4.6	4.4	2.9	0.83	0.52	0.22	<0.01	<0.02	0.094	0.026	0.011	51	18	1.4	6.8	16	29	23	2.9
	木原沖	下層				17.7	7.8	26.8	132	6.1	18	6.3	4.7	4.0	2.9	0.82	0.53	0.23	<0.01	0.03	0.094	0.024	0.012	41	18	1.3	6.5	16	28	23	2.9
	牛込沖	上層	18.6	0.63	6.2	17.7	7.4	27.4	146	6.2	18	6.3	4.5	4.0	2.9	0.87	0.66	0.31	<0.01	0.02	0.100	0.038	0.026	33	20	1.3	6.8	16	31	23	2.9
	牛込沖	下層				17.7	7.5	27.4	145	6.6	18	6.2	4.5	3.9	2.9	0.83	0.61	0.31	<0.01	0.03	0.100	0.037	0.027	30	19	1.3	6.9	16	31	23	2.9
	高浜沖	上層	17.0	0.59	4.1	17.5	8.0	25.3	149	8.3	18	7.0	4.7	4.2	2.8	1.10	0.83	0.46	0.03	<0.02	0.098	0.023	0.009	59	16	1.1	6.7	16	24	22	4.0
	高浜沖	下層				17.4	8.2	25.1	144	8.0	20	7.3	4.7	4.1	2.8	1.20	0.82	0.46	0.03	0.02	0.100	0.023	0.010	54	16	1.1	6.8	16	24	23	4.0
	玉造沖	上層	16.6	0.65	6.6	17.5	6.8	26.5	193	7.5	17	6.9	4.6	4.2	2.8	0.99	0.80	0.43	0.01	0.04	0.100	0.033	0.023	43	18	1.2	6.7	16	28	22	3.5
	玉造沖	下層				17.6	7.4	27.0	182	7.1	26	7.1	4.7	4.3	2.8	0.98	0.76	0.40	0.01	0.05	0.130	0.038	0.026	39	19	1.3	7.0	16	29	23	3.4
	湖心	上層	16.3	0.63	5.9	17.5	7.6	29.0	201	7.6	17	6.3	4.8	4.1	2.8	0.71	0.82	0.30	<0.01	0.02	0.100	0.042	0.033	35	21	1.4	7.1	16	34	23	3.2
	湖心	下層				17.5	7.7	28.9	194	8.0	21	6.7	5.0	4.1	2.8	0.82	0.82	0.31	<0.01	0.02	0.120	0.045	0.033	34	22	1.4	7.1	16	35	23	3.3
	西の洲沖	上層	15.7	0.64	5.4	17.5	8.0	29.3	176	8.1	18	6.6	4.9	4.1	2.8	0.74	0.82	0.29	<0.01	0.03	0.100	0.042	0.031	31	22	1.5	7.0	17	34	23	3.2
	西の洲沖	下層				17.6	8.0	28.7	174	8.0	19	6.6	4.9	4.2	2.8	0.79	0.84	0.29	<0.01	0.03	0.110	0.043	0.032	33	22	1.5	7.2	16	34	23	3.1
	麻生沖	上層	15.3	0.70	1.8	17.7	7.6	33.5	115	8.8	18	7.3	5.5	4.7	3.1	0.79	0.53	0.22	<0.01	0.02	0.110	0.026	0.012	60	28	1.9	8.0	17	46	23	5.1
	麻生沖	下層				17.0	7.6	33.4	120	9.0	18	6.9	5.2	4.5	3.1	0.84	0.57	0.22	<0.01	0.02	0.110	0.027	0.012	57	29	2.0	8.0	17	46	23	5.1
	土浦沖	上層	20.8	0.78	3.2	16.6	7.5	28.5	152	8.3	12	5.7	4.5	3.8	2.5	1.70	1.40	1.10	0.02	0.04	0.088	0.024	0.014	37	19	2.3	6.5	16	28	29	7.6
	土浦沖	下層				17.9	7.5	27.7	150	8.0	12	5.1	4.1	3.2	2.3	1.50	1.30	1.10	0.01	0.06	0.084	0.024	0.016	29	17	1.8	6.5	19	26	29	8.3
	山王川沖	上層	17.2	0.63	1.7	17.6	7.7	18.9	169	8.6	18	6.2	4.1	3.9	2.2	2.10	1.70	1.40	0.06	0.03	0.100	0.016	0.005	64	8	<1	5.2	14	11	21	9.7
	山王川沖	下層				17.3	7.7	18.7	159	8.1	20	6.3	4.0	3.9	2.2	2.00	1.80	1.40	0.06	0.04	0.110	0.017	0.005	56	8	<1	5.0	14	11	21	9.9
	安塚沖	上層	18.0	0.75	2.0	17.3	8.1	28.7	69	6.6	13	4.9	4.1	2.9	2.1	4.60	4.50	4.30	0.03	0.11	0.120	0.047	0.041	5	15	1.0	9.0	19	24	27	14.0
	安塚沖	下層				17.3	8.1	28.6	73	6.5	16	5.3	3.9	2.9	2.1	4.80	4.80	4.40	0.03	0.10	0.130	0.048	0.042	5	15	<1	9.0	18	23	27	14.0
	阿玉沖	上層	18.1	0.61	3.7	16.9	7.8	28.7	70	7.7	19	5.6	3.5	3.2	2.1	3.70	3.70	3.40	0.08	0.04	0.110	0.030	0.025	36	15	<1	9.2	18	25	27	12.0
	阿玉沖	下層				16.9	7.8	28.8	67	7.3	29	6.2	3.6	3.7	2.0	3.80	3.70	3.30	0.08	0.05	0.140	0.033	0.027	35	16	<1	9.2	18	25	27	13.0
	武井沖	上層	18.4	0.80	7.1	17.7	8.0	28.2	56	8.0	16	6.7	4.8	4.1	2.9	1.70	1.40	1.00	0.01	0.04	0.120	0.061	0.052	43	18	<1	8.5	17	29	21	7.6
	武井沖	下層				17.7	8.0	28.1	59	7.4	22	6.7	4.9	4.1	3.0	1.70	1.50	1.00	0.01	0.05	0.140	0.062	0.053	43	18	<1	8.6	17	29	21	7.6
	釜谷沖	上層	18.5	0.78	6.4	17.5	8.2	27.9	51	8.1	20	6.8	4.7	4.5	3.0	1.30	1.10	0.68	<0.01	0.03	0.120	0.068	0.049	47	18	<1	8.3	17	29	20	6.3
	釜谷沖	下層				17.4	8.2	27.8	55	7.6	22	6.8	4.8	4.3	3.1	1.30	1.00	0.65	<0.01	0.05	0.140	0.068	0.050	46	18	<1	8.2	16	29	19	6.2
	神宮橋	上層	17.5	0.59	2.0	17.6	8.4	31.4	46	9.4	26	8.2	5.2	5.0	3.1	1.00	0.88	0.30	0.02	0.02	0.130	0.036	0.023	72	24	1.2	8.6	17	39	21	4.9
	神宮橋	下層				17.6	8.4	31.2	47	9.3	26	8.5	5.2	5.1	3.1	1.10	0.87	0.30	0.02	0.03	0.140	0.033	0.024	71	22	<1	7.9	15	33	18	4.9
	外湯沼浦	上層	18.2	0.65	1.5	17.8	8.8	34.9	47	10.0	19	7.9	5.3	5.0	3.1	0.87	0.82	0.28	0.01	<0.02	0.110	0.038	0.026	49	31	2.3	8.3	17	52	23	4.7
	外湯沼浦	下層				17.7	8.7	34.8	36	9.5	21	7.6	5.1	4.8	3.1	0.91	0.80	0.29	0.01	<0.02	0.110	0.038	0.027	44	28	1.7	7.6	15	45	20	4.8
	息掛	上層	18.4	0.77	4.7	18.0	8.6	35.9	38.0	9.6	13	7.6	5.0	4.7	3.1	0.86	0.61	0.28	0.01	<0.02	0.100	0.039	0.028	47	33	2.4	8.4	17	55	24	4.6
	息掛	下層				17.7	8.5	36.5	45	8.4	16	6.8	5.1	4.2	3.1	0.89	0.61	0.29	0.01	<0.02	0.100	0.042	0.031	34	33	2.2	8.6	17	57	24	4.7

表8 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(11月)

地名	採水層	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	EC (mS/m)	ORP (mV)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	DTN (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	TP (mg/L)	DTP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chla (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SRSI (mg/L)
掛峰沖	上層	15.7	0.49	3.9	14.9	7.5	27.3	165	9.5	25	7.7	4.7	4.7	2.8	0.94	0.85	0.28	0.01	0.07	0.120	0.024	0.006	56	20	2.7	6.2	16	22	21	4.2
	下層				14.4	7.7	27.5	155	8.9	29	7.4	4.6	4.4	2.8	0.90	0.82	0.27	0.01	0.09	0.120	0.021	0.006	44	22	3.1	6.7	17	25	23	4.2
木部沖	上層	14.3	0.50	5.4	14.3	7.5	24.3	176	9.6	24	7.6	4.9	4.7	2.9	0.74	0.40	0.08	<0.01	0.05	0.110	0.024	0.007	51	20	2.6	6.1	15	23	19	3.2
	下層				14.1	7.5	27.5	173	8.9	24	7.0	4.8	4.4	2.9	0.70	0.41	0.07	<0.01	0.05	0.110	0.024	0.007	41	23	3.1	6.7	16	27	22	3.2
牛込沖	上層	13.7	0.50	6.2	14.3	7.5	26.3	186	9.2	28	7.4	4.6	4.6	3.0	0.88	0.45	0.10	<0.01	0.07	0.130	0.027	0.015	33	24	2.9	7.0	16	28	22	3.3
	下層				14.3	7.5	28.4	182	8.6	35	7.6	4.6	4.2	3.0	0.65	0.47	0.10	<0.01	0.08	0.140	0.028	0.016	30	24	3.0	6.9	16	30	22	3.3
高浜沖	上層	12.2	0.61	4.1	14.0	7.8	23.5	162	9.5	20	8.2	4.9	4.7	3.0	0.97	0.64	0.26	0.01	0.06	0.110	0.021	0.004	79	20	2.5	6.8	16	23	21	4.0
	下層				14.1	7.9	25.8	159	9.6	20	8.0	4.7	4.6	2.9	0.98	0.82	0.26	0.01	0.06	0.100	0.021	0.004	72	20	2.6	6.6	16	23	21	3.8
玉置沖	上層	11.8	0.50	6.6	14.1	7.5	25.2	169	9.0	20	7.8	4.5	4.6	3.0	0.94	0.80	0.23	0.01	0.07	0.110	0.025	0.009	57	22	2.7	6.9	16	26	21	3.9
	下層				14.2	7.7	26.6	160	8.7	22	7.6	4.6	4.5	3.0	1.00	0.65	0.26	0.01	0.08	0.110	0.022	0.007	52	21	2.6	6.8	16	24	21	4.0
湖心	上層	11.8	0.50	6.0	13.9	7.6	28.7	160	8.9	28	7.4	4.6	4.4	3.1	0.71	0.49	0.09	<0.01	0.08	0.120	0.032	0.017	46	26	3.1	7.1	16	33	21	3.6
	下層				14.1	7.6	29.6	159	8.9	31	7.4	4.5	4.5	3.0	0.74	0.47	0.09	<0.01	0.08	0.130	0.033	0.017	45	26	3.1	7.2	17	33	22	3.6
西の洲沖	上層	11.4	0.43	5.4	13.9	7.7	29.8	108	8.8	31	7.4	4.6	4.3	3.0	0.78	0.50	0.10	<0.01	0.09	0.130	0.031	0.017	41	25	3.0	7.0	16	31	21	3.4
	下層				14.0	7.8	29.1	117	8.8	31	7.4	4.5	4.3	3.0	0.75	0.51	0.10	<0.01	0.09	0.130	0.031	0.017	45	25	3.0	6.9	16	31	21	3.4
麻生沖	上層	10.8	0.45	1.7	13.6	7.1	30.4	102	10.0	22	7.6	4.8	4.6	3.1	0.71	0.33	<0.01	<0.01	0.03	0.110	0.022	0.003	80	23	2.8	6.4	15	28	19	3.4
	下層				13.6	7.3	30.1	84	9.6	22	7.3	4.8	4.7	3.0	0.69	0.36	<0.01	<0.01	0.03	0.110	0.021	0.003	77	24	2.8	6.9	16	31	20	3.4
土浦沖	上層	16.1	0.70	2.7	15.1	7.5	30.7	165	9.1	15	6.7	4.3	4.2	2.7	1.60	1.30	0.88	0.01	0.07	0.100	0.022	0.005	37	26	4.3	6.9	19	29	27	6.6
	下層				14.7	7.7	30.5	157	8.4	16	6.3	4.1	4.0	2.7	1.90	1.20	0.75	0.01	0.09	0.092	0.020	0.005	29	24	3.7	6.8	19	27	26	6.4
山王川沖	上層	12.2	0.59	1.8	14.0	7.7	22.2	170	9.2	20	7.3	3.8	3.9	2.3	1.70	1.20	0.88	0.03	0.05	0.130	0.022	0.005	64	16	1.5	6.0	15	14	23	8.3
	下層				13.9	7.9	22.4	165	8.9	22	7.3	3.8	4.0	2.3	1.70	1.20	0.88	0.03	0.06	0.120	0.018	0.004	56	17	1.5	5.8	15	14	23	8.3
安藤沖	上層	12.6	0.80	2.0	13.0	8.7	35.1	61	10.0	13	5.0	2.3	2.4	1.3	6.20	5.90	5.20	0.03	0.02	0.100	0.017	0.004	5	24	2.3	11.0	21	29	25	15.0
	下層				13.0	8.9	34.5	70	10.0	16	5.0	2.3	2.4	1.3	5.80	5.70	5.10	0.03	0.02	0.110	0.015	0.003	5	24	2.3	11.0	21	28	25	15.0
阿玉沖	上層	12.0	0.43	4.0	13.8	8.2	31.3	101	10.0	26	7.3	3.2	3.9	1.9	4.00	3.60	3.30	0.03	0.02	0.130	0.016	0.003	36	22	2.2	10.0	19	26	24	10.0
	下層				13.8	8.5	31.4	97	9.5	28	7.4	2.6	3.7	1.8	4.40	3.80	3.30	0.03	0.03	0.150	0.015	0.003	35	22	2.3	10.0	19	26	24	10.0
貳井沖	上層	12.0	0.48	7.3	14.4	7.7	28.6	119	9.5	26	8.3	4.1	4.8	3.0	1.50	1.00	0.66	0.04	0.04	0.130	0.015	0.002	43	22	2.4	8.5	17	26	20	4.9
	下層				14.5	8.0	29.0	106	8.9	34	8.3	4.0	5.0	2.9	1.80	1.30	0.84	0.04	0.06	0.150	0.012	0.002	43	22	2.2	8.6	17	26	21	5.5
釜谷沖	上層	11.6	0.49	6.2	14.4	7.9	28.8	109	9.3	28	8.8	4.3	5.3	3.1	1.30	0.74	0.35	0.03	0.03	0.130	0.015	0.001	47	22	2.4	8.4	17	27	19	4.2
	下層				14.5	8.1	28.9	104	8.8	33	8.9	4.5	5.1	3.1	1.30	0.74	0.34	0.03	0.03	0.140	0.014	0.002	46	22	2.5	8.4	17	27	20	4.3
神楽橋	上層	11.2	0.42	1.9	14.1	8.0	39.1	103	9.0	32	9.8	4.5	5.6	3.3	0.94	0.35	<0.01	<0.01	0.03	0.160	0.016	0.002	72	40	3.6	9.5	18	52	23	3.2
	下層				14.1	8.2	39.5	100	8.9	34	9.9	4.6	5.5	3.4	0.96	0.35	<0.01	<0.01	0.03	0.160	0.016	0.002	94	40	3.6	9.4	18	52	23	3.3
外浪逆浦	上層	11.7	0.43	1.5	14.2	6.9	44.4	121	9.0	27	8.0	4.5	4.9	3.3	0.76	0.34	0.01	<0.01	0.04	0.120	0.017	0.004	49	49	4.4	9.8	18	69	25	3.8
	下層				14.2	7.2	44.4	119	8.9	28	8.2	4.6	4.7	3.3	0.79	0.35	0.01	<0.01	0.05	0.120	0.015	0.004	44	49	4.4	9.7	18	68	25	3.8
息漕	上層	13.8	0.56	4.7	15.0	7.6	57.3	105.0	9.9	18	8.1	4.7	5.2	3.3	0.68	0.32	<0.01	<0.01	0.03	0.095	0.014	0.001	47	67	5.1	11.0	20	100	30	3.7
	下層				14.6	8.2	58.7	91	8.9	19	7.6	4.4	4.7	3.3	0.69	0.38	<0.01	<0.01	0.03	0.092	0.013	0.001	34	70	5.3	12.0	21	110	30	3.7

表9 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(12月)

令和2年12月15日	地点名	採水層	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	EC (mS/cm)	ORP (mV)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	DTN (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	TP (mg/L)	DTP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chla (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SRSI (mg/L)
掛馬沖	上層	下層	5.0	0.64	4.0	9.9	8.0	27.9	188	11.0	22	7.5	4.6	4.4	2.9	0.76	0.45	0.12	<0.01	<0.02	0.095	0.017	0.003	59	22	1.9	6.7	18	26	24	3.3
			5.0	0.64	4.0	9.9	8.1	28.5	186	10.0	24	7.5	4.5	4.4	2.9	0.77	0.44	0.13	<0.01	<0.02	0.094	0.016	0.002	59	19	1.5	5.8	17	23	22	3.6
木原沖	上層	下層	4.7	0.66	5.5	9.8	8.0	28.4	190	10.0	19	7.2	4.8	4.4	2.9	0.68	0.47	0.15	<0.01	<0.02	0.088	0.013	0.002	55	19	1.5	6.0	16	23	21	3.5
			4.7	0.66	5.5	9.7	8.6	28.9	189	10.0	19	7.2	4.6	4.2	2.9	0.65	0.43	0.15	<0.01	<0.02	0.093	0.014	0.002	53	20	1.5	6.1	16	23	21	3.5
牛込沖	上層	下層	4.6	0.69	6.3	10.0	7.8	28.5	211	10.0	16	6.8	4.6	4.1	3.0	0.56	0.38	0.12	<0.01	<0.02	0.088	0.016	0.007	51	24	1.7	7.1	17	30	23	3.5
			4.6	0.69	6.3	10.0	7.9	30.0	209	9.9	18	7.1	4.4	4.2	3.0	0.56	0.41	0.12	<0.01	<0.02	0.094	0.016	0.007	50	24	1.8	7.0	18	30	23	3.5
高浜沖	上層	下層	4.2	0.64	4.2	9.5	7.9	25.6	200	10.0	18	8.0	4.7	4.6	3.0	0.82	0.53	0.26	<0.01	<0.02	0.100	0.014	0.002	73	21	1.4	7.1	18	25	22	3.8
			4.2	0.64	4.2	9.5	8.0	27.9	198	10.0	17	7.8	4.8	4.6	3.0	0.96	0.58	0.26	<0.01	<0.02	0.097	0.013	0.002	75	21	1.4	7.2	18	25	22	3.9
玉蓮沖	上層	下層	4.1	0.63	6.7	10.0	7.3	27.2	213	10.0	18	7.7	4.7	4.3	3.0	0.84	0.50	0.19	<0.01	<0.02	0.100	0.015	0.004	68	23	1.7	7.0	17	28	23	3.6
			4.1	0.63	6.7	9.8	7.6	27.8	196	10.0	19	7.9	4.7	4.6	3.1	1.00	0.59	0.25	<0.01	<0.02	0.100	0.015	0.003	84	22	1.4	6.8	17	26	23	3.9
湖心	上層	下層	3.2	0.60	6.0	10.0	7.0	29.5	206	9.9	19	7.2	4.4	4.1	3.1	0.65	0.44	0.12	<0.01	<0.02	0.085	0.019	0.006	56	21	1.2	6.4	16	26	20	3.5
			3.2	0.60	6.0	10.0	7.1	29.6	201	10.0	21	7.3	4.5	4.4	3.1	0.71	0.40	0.12	<0.01	<0.02	0.089	0.016	0.007	54	21	1.5	6.3	16	26	20	3.5
西の沖沖	上層	下層	3.2	0.60	5.6	9.7	8.2	30.5	187	10.0	18	7.3	4.9	4.3	3.2	0.74	0.50	0.13	<0.01	<0.02	0.097	0.022	0.011	48	25	1.6	6.8	17	31	22	3.6
			3.2	0.60	5.6	9.8	7.9	30.3	181	9.9	18	7.0	4.6	4.3	3.0	0.68	0.43	0.13	<0.01	<0.02	0.084	0.021	0.010	46	21	1.1	6.1	15	27	20	3.6
麻生沖	上層	下層	1.9	0.51	1.8	8.8	7.2	31.2	158	11.0	19	7.7	4.9	4.8	3.1	0.58	0.28	<0.01	<0.01	0.087	0.014	0.002	56	26	1.6	6.8	15	33	20	3.1	
			1.9	0.51	1.8	8.8	6.9	33.0	151	11.0	20	7.1	4.9	4.9	3.2	0.61	0.30	<0.01	<0.01	0.086	0.015	0.002	55	30	2.1	7.4	17	38	23	3.2	
土浦沖	上層	下層	5.2	0.61	2.6	10.1	7.9	39.7	192	10.0	16	6.4	4.5	4.0	2.8	1.30	1.00	0.75	0.01	<0.02	0.091	0.015	0.002	56	26	2.9	6.9	20	29	28	5.6
			5.2	0.61	2.6	10.1	7.9	30.9	189	10.0	18	6.5	4.5	4.2	2.8	1.30	1.00	0.70	0.01	<0.02	0.088	0.015	0.002	56	22	2.2	6.2	18	25	24	5.4
山王川沖	上層	下層	4.6	0.68	1.8	9.1	7.9	22.9	197	11.0	14	6.9	3.8	3.7	2.3	1.80	1.30	1.00	0.02	<0.02	0.100	0.022	0.005	96	16	<1	5.5	15	13	23	8.7
			4.6	0.68	1.8	9.1	8.1	24.3	195	11.0	18	7.0	3.8	3.7	2.2	1.80	1.40	1.00	0.02	<0.02	0.100	0.023	0.005	97	16	<1	5.5	15	13	23	7.3
安塚沖	上層	下層	6.6	0.78	1.9	9.2	8.6	35.3	92	9.7	9	3.1	2.0	1.5	1.1	6.50	6.20	5.70	0.03	0.07	0.081	0.032	0.022	23	24	<1	11.0	23	28	28	17.0
			6.6	0.78	1.9	9.2	8.5	36.0	87	9.8	10	3.3	2.1	1.7	1.1	6.30	6.30	5.80	0.03	0.07	0.100	0.029	0.021	24	24	<1	11.0	23	19	18	15.0
阿玉沖	上層	下層	6.1	0.44	4.0	9.1	8.5	32.8	68	11.0	22	6.7	2.6	3.7	1.7	3.90	3.50	3.10	0.02	<0.02	0.120	0.014	0.002	100	20	<1	9.5	18	24	22	10.0
			6.1	0.44	4.0	9.1	8.8	33.3	63	11.0	34	7.3	2.5	4.2	1.6	3.90	3.60	3.20	0.02	<0.02	0.140	0.013	0.002	100	23	<1	10.0	21	19	17	11.0
武井沖	上層	下層	5.5	0.52	7.0	10.2	8.3	29.2	85	10.0	21	7.4	4.1	4.8	3.0	1.50	1.20	0.75	0.02	0.02	0.100	0.015	0.001	74	19	<1	7.9	16	23	20	4.3
			5.5	0.52	7.0	10.1	8.4	29.5	65	10.0	20	7.0	4.2	4.9	2.9	1.50	1.10	0.73	0.02	0.02	0.110	0.014	0.001	75	21	<1	8.4	18	26	22	3.9
釜谷沖	上層	下層	4.6	0.54	6.3	9.9	8.2	28.5	79	10.0	23	7.7	4.5	5.3	3.1	1.30	0.77	0.40	0.02	0.02	0.110	0.017	0.001	75	22	1.2	8.6	18	18	14	2.6
			4.6	0.54	6.3	10.1	8.3	29.4	69	9.8	24	7.6	4.3	5.0	3.1	1.10	0.80	0.40	0.02	0.02	0.120	0.016	0.001	76	22	1.1	8.4	18	18	14	3.6
神宮橋	上層	下層	3.8	0.47	1.9	9.0	7.8	42.7	68	10.0	26	9.1	4.6	5.7	3.3	0.83	0.34	<0.01	<0.01	0.130	0.015	0.001	82	41	1.9	9.2	18	51	22	2.6	
			3.8	0.47	1.9	9.1	7.9	42.5	65	10.0	23	9.0	4.8	5.6	3.3	0.74	0.32	<0.01	<0.01	0.140	0.015	0.001	81	42	2.1	9.2	18	51	22	2.7	
外浜逆浦	上層	下層	2.0	0.49	1.6	9.3	6.8	61.9	139	10.0	20	7.9	4.6	4.6	3.3	0.61	0.30	<0.01	<0.01	0.095	0.011	0.001	65	71	3.7	11.0	20	100	29	3.3	
			2.0	0.49	1.6	9.4	6.9	61.8	124	10.0	23	7.8	4.7	4.5	3.3	0.64	0.31	<0.01	<0.01	0.093	0.009	0.001	64	79	4.5	13.0	22	110	33	3.2	
息巻	上層	下層	9.6	0.52	4.7	10.4	7.7	91.1	97.0	10.0	17	7.7	4.5	4.9	3.3	0.60	0.30	<0.01	<0.01	0.081	0.009	<0.001	51	120	6.5	18.0	25	210	45	3.2	
			9.6	0.52	4.7	10.3	7.8	90.1	94	10.0	21	7.5	4.6	4.7	3.2	0.60	0.29	<0.01	<0.01	0.092	0.008	<0.001	50	120	6.8	18.0	25	210	44	3.5	

表10 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(1月)

令和3年1月27日	地名	採水層	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	EC (mS/m)	ORP (mV)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	DTN (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	TP (mg/L)	DTP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chla (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SRSI (mg/L)	
																																上層
	掛高沖	上層	10.2	0.83	4.0	5.8	6.9	29.8	163	130	9	71	4.9	4.7	4.9	2.9	0.78	0.43	0.06	<0.01	<0.02	0.059	0.014	0.001	40	23	<1	7.2	18	30	23	2.5
		下層				5.4	7.1	30.2	161	110	10	71	4.9	4.8	4.8	3.0	0.75	0.36	0.02	<0.01	<0.02	0.061	0.014	0.001	42	24	<1	7.3	17	30	23	2.3
	木原沖	上層	9.2	0.82	5.4	5.9	7.4	29.5	166	120	11	72	5.0	4.6	4.6	3.0	0.78	0.34	0.01	<0.01	<0.02	0.063	0.014	0.001	41	23	<1	7.3	17	30	23	2.3
		下層				5.3	7.5	30.5	171	110	12	70	5.1	4.6	4.6	2.9	0.73	0.36	0.01	<0.01	0.02	0.063	0.013	0.001	42	21	<1	6.9	16	27	21	2.3
	牛込沖	上層	9.2	0.78	6.4	5.7	6.3	30.5	167	120	14	74	5.0	4.7	4.7	3.0	0.75	0.35	<0.01	<0.01	<0.02	0.070	0.015	0.001	45	24	<1	7.3	17	32	22	2.0
		下層				5.3	6.7	31.0	171	110	16	72	4.8	4.8	4.8	2.9	0.77	0.33	<0.01	<0.01	<0.02	0.066	0.014	0.001	48	22	<1	6.8	15	28	20	2.2
	高浜沖	上層	9.5	0.80	4.3	5.9	7.1	28.3	169	120	11	75	5.0	4.8	4.8	2.9	1.10	0.61	0.30	0.01	<0.02	0.065	0.014	0.001	53	22	<1	7.5	17	27	22	3.7
		下層				5.7	7.1	30.9	136	110	12	78	5.0	4.8	4.8	2.8	1.20	0.70	0.34	0.01	0.02	0.080	0.014	0.001	58	21	<1	7.5	17	26	21	3.9
	玉置沖	上層	8.8	0.71	7.0	5.6	7.0	28.7	165	120	13	74	4.6	4.6	4.6	2.9	0.83	0.42	0.06	<0.01	<0.02	0.070	0.014	0.001	48	24	<1	7.4	17	31	22	2.5
		下層				5.4	7.0	30.7	165	110	14	73	4.6	4.6	4.6	2.8	0.89	0.43	0.06	<0.01	0.03	0.077	0.013	0.001	48	24	<1	7.6	17	31	22	2.5
	湖心	上層	7.8	0.71	6.1	5.5	6.6	28.9	166	110	14	70	4.7	4.6	4.6	2.8	0.51	0.33	<0.01	<0.01	<0.02	0.069	0.014	0.001	47	22	<1	6.8	15	28	20	2.2
		下層				5.3	6.7	30.7	157	110	14	70	4.5	4.6	4.6	2.8	0.54	0.34	<0.01	<0.01	<0.02	0.071	0.014	0.001	48	24	<1	7.3	17	32	22	2.3
	西の洲沖	上層	7.0	0.68	5.6	5.6	7.4	32.0	153	120	14	71	4.5	4.6	4.6	2.7	0.54	0.33	<0.01	<0.01	<0.02	0.077	0.013	0.001	41	22	<1	6.7	15	27	20	2.1
		下層				5.4	7.1	31.4	147	110	14	73	4.7	4.7	4.7	2.8	0.61	0.34	<0.01	<0.01	<0.02	0.074	0.014	0.001	43	24	<1	7.4	17	32	22	2.1
	麻生沖	上層	7.0	0.58	1.9	6.5	7.3	33.5	128	120	16	76	4.7	5.0	5.0	2.8	0.59	0.32	<0.01	<0.01	<0.02	0.079	0.013	0.001	32	25	<1	7.1	15	32	20	1.9
		下層				6.5	7.3	33.3	128	120	17	68	4.7	5.1	5.1	2.8	0.82	0.31	<0.01	<0.01	<0.02	0.080	0.013	0.001	33	28	<1	7.8	17	38	23	1.9
	土浦沖	上層	10.8	0.90	2.6	7.0	6.5	32.1	170	110	9	61	4.6	4.3	4.3	2.8	1.50	1.20	0.75	0.01	0.04	0.076	0.013	0.002	37	23	<1	6.6	17	27	23	4.0
		下層				6.7	6.8	32.5	167	110	10	62	4.4	4.4	4.4	2.7	1.40	1.10	0.70	<0.01	0.04	0.071	0.014	0.002	38	26	1.5	7.3	19	32	26	3.9
	山王川沖	上層	9.8	0.75	1.7	6.3	6.7	25.6	136	120	9	63	4.0	4.2	4.2	2.2	1.70	1.30	0.90	0.01	<0.02	0.067	0.013	0.002	44	17	<1	6.4	15	17	21	6.4
		下層				6.2	7.0	27.2	154	120	9	64	4.1	4.4	4.4	2.2	1.60	1.30	0.92	0.01	<0.02	0.070	0.012	0.002	43	19	<1	7.0	17	19	23	7.2
	安藤沖	上層	9.8	1.15	2.1	8.5	7.5	35.1	68	9.8	8	3.7	2.7	2.2	2.2	5.40	5.10	4.80	0.04	0.08	0.080	0.029	0.002	26	21	<1	9.5	18	25	24	15.0	
		下層				8.0	7.9	35.3	71	3.6	7	3.6	2.6	2.0	1.3	5.60	5.40	4.80	0.04	0.11	0.087	0.031	0.004	21	24	<1	10.0	20	28	27	15.0	
	阿玉沖	上層	9.0	0.81	3.9	6.8	7.7	34.5	57	120	12	4.3	2.1	2.8	1.2	4.40	4.20	3.80	0.02	<0.02	0.077	0.012	0.003	52	21	<1	9.7	18	25	22	13.0	
		下層				6.6	7.9	31.1	56	100	32	5.9	2.2	3.3	1.3	4.10	3.90	3.30	0.02	0.02	0.110	0.012	0.003	45	23	<1	10.0	20	28	25	12.0	
	貳井沖	上層	8.4	0.67	7.0	6.4	7.6	31.2	59	110	22	8.0	4.5	6.1	2.9	1.50	1.10	0.59	0.01	0.04	0.100	0.016	0.003	66	20	<1	8.2	16	25	19	2.6	
		下層				6.2	7.9	31.4	63	110	18	7.7	4.6	5.5	3.0	1.50	1.10	0.60	0.01	0.05	0.091	0.015	0.002	65	23	<1	9.1	18	29	21	2.5	
	釜谷沖	上層	8.0	0.67	6.4	6.6	7.6	32.2	71	110	17	8.1	4.9	5.7	3.1	1.30	0.92	0.41	0.01	0.03	0.086	0.016	0.003	77	21	<1	8.3	16	27	19	1.9	
		下層				6.2	7.9	31.8	73	100	19	7.9	4.7	5.3	3.0	1.20	0.87	0.35	0.01	0.06	0.093	0.015	0.001	65	24	<1	9.0	18	32	21	1.9	
	神楽橋	上層	8.2	0.51	2.1	7.2	7.1	60.4	85	110	21	8.4	4.7	5.7	3.1	1.00	0.46	0.06	<0.01	<0.02	0.100	0.015	0.002	77	67	2.1	12.0	20	100	31	1.5	
		下層				7.1	7.6	64.9	83	110	26	8.2	4.7	5.8	3.0	0.91	0.42	0.04	<0.01	<0.01	0.110	0.014	0.001	81	69	2.0	12.0	20	100	29	1.6	
	外浪逆浦	上層	7.1	0.65	1.7	6.7	6.7	100.0	129	110	15	7.6	4.4	4.9	2.8	0.64	0.34	<0.01	<0.01	<0.02	0.074	0.014	<0.001	56	130	5.3	19.0	24	240	47	2.0	
		下層				6.7	6.8	100.0	120	110	16	7.6	4.7	4.9	2.8	0.70	0.33	<0.01	<0.01	<0.02	0.070	0.012	<0.001	54	110	4.5	17.0	22	200	41	2.0	
	息漕	上層	8.9	0.69	5.1	7.2	7.3	103.0	89.0	120	13	7.7	4.2	5.1	2.9	0.65	0.32	<0.01	<0.01	<0.02	0.073	0.012	<0.001	49	130	5.6	19.0	24	250	48	1.9	
		下層				7.0	7.4	133.0	71	100	18	7.5	4.4	5.3	3.1	0.73	0.35	<0.01	<0.01	<0.02	0.085	0.012	<0.001	50	160	6.4	22.0	24	330	54	2.4	

表11 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(2月)

令和3年2月16日	地点名	採水層	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	EC (mS/m)	ORP (mV)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	DTN (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	TP (mg/L)	DTP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chla (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SRSI (mg/L)
	掛高沖	上層	7.8	0.67	4.2	6.9	7.4	302	128	11.0	15	7.4	4.9	4.6	3.0	0.86	0.92	0.18	<0.01	<0.02	0.081	0.015	0.002	44	25	2.0	7.0	19	30	23	2.2
		下層	7.8	0.67	4.2	6.9	7.8	30.3	126	10.0	15	7.5	4.7	4.5	3.0	0.94	0.92	0.18	<0.01	<0.02	0.079	0.014	0.002	44	23	1.7	6.2	17	26	21	2.1
	木原沖	上層	7.7	0.68	5.7	6.6	7.1	29.6	154	11.0	18	7.6	5.2	4.9	3.0	0.81	0.96	0.01	<0.01	<0.02	0.084	0.014	0.002	47	27	1.9	7.4	19	32	23	1.4
		下層	7.7	0.68	5.7	6.6	7.3	30.8	148	11.0	18	7.6	5.2	4.8	3.0	0.83	0.96	0.01	<0.01	<0.02	0.082	0.014	0.002	48	24	1.6	6.3	17	28	20	1.4
	牛込沖	上層	7.4	0.68	6.7	6.4	7.1	29.0	153	10.0	19	7.7	4.9	4.8	2.9	0.79	0.94	<0.01	<0.01	<0.02	0.082	0.014	0.002	48	26	1.9	7.0	18	31	22	1.4
		下層	7.4	0.68	6.7	6.4	7.3	30.6	157	10.0	19	7.6	4.8	4.8	3.0	0.79	0.94	<0.01	<0.01	<0.02	0.083	0.015	0.002	47	24	1.6	6.4	17	27	20	1.4
	高浜沖	上層	6.2	0.76	4.4	6.9	7.2	28.6	162	10.0	16	8.5	5.0	4.8	2.9	1.30	0.78	0.44	<0.01	<0.01	0.100	0.017	0.003	67	22	1.3	6.7	18	25	21	3.9
		下層	6.2	0.76	4.4	6.9	7.5	29.2	120	11.0	16	8.4	4.8	4.9	2.9	1.30	0.78	0.42	<0.01	<0.01	0.092	0.016	0.002	66	21	1.1	6.4	17	22	19	3.8
	玉壺沖	上層	5.5	0.74	6.9	7.0	7.8	28.5	166	10.0	18	8.4	5.1	4.7	3.0	1.40	0.84	0.54	<0.01	<0.01	0.100	0.017	0.003	60	23	1.5	7.1	19	26	22	3.7
		下層	5.5	0.74	6.9	7.0	8.0	28.6	157	10.0	18	8.1	5.0	4.7	2.9	1.50	0.82	0.54	<0.01	<0.01	0.100	0.016	0.003	61	21	1.2	6.3	17	23	20	3.6
	湖心	上層	4.7	0.80	6.3	6.5	7.2	29.0	173	10.0	19	7.6	4.8	4.7	3.0	0.52	0.96	<0.01	<0.01	<0.02	0.085	0.017	0.002	47	26	2.1	7.2	19	32	23	1.5
		下層	4.7	0.80	6.3	6.6	7.4	30.6	165	10.0	20	7.6	4.8	4.7	3.0	0.60	0.96	<0.01	<0.01	<0.02	0.085	0.017	0.002	48	23	1.6	6.5	17	27	20	1.6
	西の洲沖	上層	3.8	0.79	5.9	6.1	8.0	32.5	161	11.0	18	7.8	4.9	4.9	3.0	0.67	0.96	<0.01	<0.01	<0.02	0.086	0.016	0.002	42	28	2.1	7.5	19	34	23	1.1
		下層	3.8	0.79	5.9	6.3	8.1	31.7	151	10.0	20	7.8	4.9	4.9	3.0	0.63	0.95	<0.01	<0.01	<0.02	0.084	0.016	0.002	46	25	1.5	6.6	17	29	20	1.2
	麻生沖	上層	2.3	0.57	2.0	5.9	8.2	42.8	152	11.0	23	8.3	5.1	5.4	3.1	0.67	0.51	<0.01	<0.01	<0.02	0.100	0.017	0.002	50	38	2.3	8.1	19	48	24	1.5
		下層	2.3	0.57	2.0	6.1	8.1	39.1	125	11.0	24	8.1	5.2	5.2	3.0	0.68	0.95	<0.01	<0.01	<0.02	0.110	0.016	0.002	48	35	2.1	7.7	18	42	21	1.5
	土浦沖	上層	8.0	0.70	3.1	8.1	6.8	29.9	138	10.0	15	6.6	5.0	4.2	2.8	1.70	1.50	0.95	0.01	0.13	0.110	0.021	0.005	38	25	2.3	6.2	20	28	25	4.5
		下層	8.0	0.70	3.1	8.0	6.6	28.4	133	10.0	16	6.9	4.9	4.2	2.9	1.70	1.50	0.95	0.01	0.12	0.110	0.021	0.005	38	23	1.9	5.8	18	24	22	4.5
	山王川沖	上層	6.6	0.76	1.9	6.8	8.1	28.3	149	11.0	16	7.4	4.7	4.3	2.8	1.70	1.40	0.97	0.01	<0.02	0.110	0.019	0.004	56	19	1.1	6.3	18	20	22	5.6
		下層	6.6	0.76	1.9	6.8	8.1	28.2	146	10.0	16	7.7	4.7	4.4	2.7	1.80	1.30	0.98	0.01	<0.02	0.100	0.019	0.004	54	17	<1	5.5	16	17	19	5.4
	安藤沖	上層	8.5	0.47	2.0	7.9	6.7	29.7	62	9.3	18	6.0	3.9	3.2	2.1	4.90	4.70	4.00	0.03	0.15	0.140	0.041	0.026	22	19	1.8	8.6	19	23	25	12.0
		下層	8.5	0.47	2.0	7.7	6.7	31.1	70	9.0	24	6.0	3.7	3.1	1.9	5.30	5.00	4.50	0.03	0.19	0.150	0.042	0.027	16	18	1.3	8.2	19	20	23	14.0
	阿玉沖	上層	8.4	0.64	3.8	7.7	7.6	34.2	48	10.0	16	5.5	2.7	3.1	1.8	3.80	3.40	3.00	0.02	<0.02	0.096	0.017	0.004	49	25	1.3	10.0	21	29	26	11.0
		下層	8.4	0.64	3.8	7.6	7.6	34.0	54	10.0	20	5.7	2.8	3.2	1.8	3.70	3.40	3.00	0.02	<0.02	0.100	0.017	0.004	46	21	<1	9.0	19	24	22	11.0
	貳井沖	上層	8.0	0.61	7.2	7.2	7.8	32.5	35	12.0	21	8.5	4.4	5.2	2.9	1.80	1.30	0.90	0.01	<0.02	0.099	0.016	0.001	100	26	1.4	9.4	20	30	23	3.1
		下層	8.0	0.61	7.2	7.1	8.1	32.5	41	11.0	23	7.9	4.2	4.9	2.6	2.10	1.60	1.20	0.01	<0.02	0.100	0.015	0.002	96	22	1.0	8.5	18	25	20	4.6
	釜谷沖	上層	6.6	0.54	6.4	7.2	8.0	33.2	32	11.0	23	9.5	4.9	6.0	3.1	1.40	0.84	0.39	0.01	<0.02	0.110	0.015	0.001	110	28	1.5	9.2	20	34	22	1.2
		下層	6.6	0.54	6.4	7.0	8.1	33.1	34	11.0	23	9.2	4.7	5.9	3.1	1.40	0.86	0.39	0.01	<0.02	0.100	0.016	0.001	110	23	1.0	7.9	17	28	18	1.2
	神楽橋	上層	5.9	0.49	2.1	6.7	8.7	46.1	43	11.0	29	10.0	5.1	6.5	3.2	1.10	0.50	0.09	<0.01	<0.02	0.120	0.016	0.001	100	49	2.3	10.0	21	65	26	0.9
		下層	5.9	0.49	2.1	6.7	8.6	45.4	39	11.0	30	10.0	5.0	6.3	3.3	1.10	0.48	0.09	<0.01	<0.02	0.130	0.016	0.002	100	43	1.8	9.6	19	55	22	0.9
	外浪逆浦	上層	2.2	0.45	1.7	7.1	7.4	68.4	70	10.0	21	8.2	4.5	5.0	3.2	0.71	0.34	<0.01	<0.01	<0.02	0.100	0.014	0.001	64	90	4.3	14.0	23	130	35	1.5
		下層	2.2	0.45	1.7	7.1	7.4	68.7	68	10.0	22	8.3	4.6	5.0	3.2	0.79	0.32	<0.01	<0.01	<0.02	0.100	0.016	0.001	65	81	3.7	12.0	21	110	31	1.5
	息漕	上層	8.1	0.56	4.9	7.8	6.9	64.2	75.0	11.0	22	8.5	4.4	5.0	3.2	0.71	0.34	<0.01	<0.01	<0.02	0.100	0.015	0.002	60	83	4.1	13.0	23	120	34	1.5
		下層	8.1	0.56	4.9	7.7	7.2	64.6	74	10.0	34	8.6	4.5	5.1	3.1	0.83	0.34	<0.01	<0.01	<0.02	0.140	0.014	0.002	66	82	4.1	12.0	23	120	33	1.5

表12 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(3月)

今年3月16日	地点名	採水層	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	EC (mS/cm)	ORP (mV)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	DTN (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	TP (mg/L)	DTP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SRSI (mg/L)
	掛馬沖	上層	12.0	0.58	4.2	11.7	8.5	29.9	187	11.0	16	7.8	4.7	4.6	2.8	0.82	0.38	0.01	<0.01	0.02	0.100	0.017	0.001	67	25	1.1	6.5	19	31	24	0.9
		下層	11.1	6.3	30.1	196	10.0	16	7.5	4.5	2.8	0.71	0.33	4.5	2.8	0.71	0.33	0.02	<0.01	<0.02	0.091	0.015	0.001	51	22	<1	6.1	17	27	21	1.0
	木原沖	上層	11.6	0.62	5.7	11.0	7.9	29.6	197	10.0	18	7.5	4.7	4.5	2.8	0.65	0.30	<0.01	<0.01	<0.02	0.100	0.015	0.001	40	26	<1	6.8	18	32	24	0.6
		下層	10.8	7.8	30.5	199	9.9	27	7.4	4.6	2.8	0.67	0.40	4.6	2.8	0.67	0.40	<0.01	<0.01	<0.02	0.110	0.013	0.002	45	23	<1	6.2	17	28	21	0.9
	牛込沖	上層	10.4	0.69	6.6	11.0	7.8	29.3	201	10.0	17	7.6	4.5	4.4	2.8	0.54	0.30	<0.01	<0.01	<0.02	0.091	0.015	0.002	36	26	<1	6.9	19	33	24	0.6
		下層	10.3	7.7	31.2	209	8.8	24	7.5	4.3	3.0	0.58	0.29	4.3	3.0	0.58	0.29	<0.01	<0.01	<0.02	0.110	0.013	0.003	41	24	<1	6.2	17	30	21	1.1
	高浜沖	上層	10.0	0.60	4.4	11.4	8.7	28.1	180	10.0	15	8.6	4.8	4.6	3.0	0.87	0.46	0.12	<0.01	0.02	0.110	0.021	0.002	78	23	<1	6.7	18	27	23	2.0
		下層	11.2	8.1	29.1	192	7.4	59	11.0	4.6	5.3	3.1	1.10	4.6	5.3	3.1	1.10	0.58	0.17	<0.01	0.13	0.280	0.020	0.005	71	23	<1	6.6	18	27	23
	玉造沖	上層	9.5	0.70	7.2	11.6	8.4	28.3	211	11.0	19	8.3	4.4	4.5	3.1	0.86	0.43	0.10	<0.01	<0.02	0.100	0.016	0.002	70	24	<1	6.8	19	29	23	1.4
		下層	10.6	8.0	31.0	205	8.2	30	8.0	4.5	3.0	0.77	0.35	4.5	3.0	0.77	0.35	0.01	<0.01	0.07	0.140	0.016	0.002	48	24	<1	6.3	17	28	20	1.2
	湖心	上層	9.0	0.75	6.4	10.6	8.0	29.4	210	10.0	15	7.3	4.6	4.4	3.1	0.57	0.31	<0.01	<0.01	<0.02	0.082	0.017	0.001	39	26	<1	7.1	18	33	24	0.6
		下層	10.2	7.8	30.6	208	8.9	29	8.1	4.5	5.0	3.0	0.66	4.4	5.0	3.0	0.66	0.34	<0.01	<0.01	<0.02	0.130	0.015	0.003	51	23	<1	6.4	16	28	20
	西の沖沖	上層	8.8	0.60	5.9	10.7	8.2	31.3	204	10.0	18	7.6	4.6	4.5	3.0	0.58	0.31	<0.01	<0.01	<0.02	0.091	0.014	0.001	39	26	<1	6.8	18	32	23	0.7
		下層	10.7	8.2	30.6	202	10.0	14	7.4	4.4	4.2	3.1	0.60	4.4	4.2	3.1	0.60	0.33	<0.01	<0.01	<0.02	0.095	0.014	0.001	42	26	1.0	7.0	18	33	24
	麻生沖	上層	9.1	0.62	1.9	12.1	8.0	38.7	150	10.0	15	7.7	4.7	4.3	3.1	0.68	0.32	0.01	<0.01	<0.02	0.100	0.017	0.002	46	35	1.1	7.7	18	43	22	2.1
		下層	12.1	8.1	38.7	147	10.0	16	7.2	4.6	4.2	3.1	0.69	4.2	3.1	0.69	0.32	0.01	<0.01	<0.02	0.095	0.015	0.001	45	38	1.7	8.2	20	50	25	2.1
	土浦沖	上層	12.4	0.67	3.1	13.3	7.4	31.9	178	10.0	11	6.8	4.5	4.2	3.0	1.60	1.20	0.82	0.01	0.07	0.110	0.014	0.002	53	28	2.3	6.1	19	33	27	2.8
		下層	12.1	7.6	30.3	173	10.0	12	6.9	4.6	4.0	2.9	1.30	4.6	4.0	2.9	1.30	0.97	0.55	0.01	0.08	0.100	0.016	0.001	58	25	1.6	6.4	19	30	25
	山王川沖	上層	9.0	0.50	2.0	11.9	8.1	22.2	201	8.7	17	7.1	4.7	3.7	2.8	2.50	2.20	1.50	0.02	0.15	0.150	0.024	0.009	42	13	<1	4.7	16	15	21	6.3
		下層	11.8	8.1	23.3	174	8.7	17	7.1	4.5	3.6	2.7	2.00	1.70	1.10	0.02	0.13	1.10	0.02	0.13	0.140	0.023	0.005	37	15	<1	4.9	15	16	21	5.8
	安塚沖	上層	18.2	0.47	2.1	12.8	6.9	29.7	130	8.2	13	5.7	3.7	2.9	2.4	5.20	5.20	4.20	0.04	0.32	0.140	0.038	0.031	13	18	<1	8.5	20	23	28	12.0
		下層	12.8	7.1	29.7	120	8.2	14	6.1	3.7	2.9	2.4	5.20	4.90	4.10	0.04	0.32	0.150	0.037	0.031	0.150	0.037	0.031	13	18	<1	8.5	20	23	27	12.0
	阿玉沖	上層	16.6	0.56	3.9	12.3	8.5	32.4	90	12.0	17	6.5	2.9	3.1	1.9	3.20	2.90	2.00	0.02	<0.02	0.100	0.017	0.004	86	21	<1	8.8	18	24	23	10.0
		下層	11.5	8.5	33.0	92	10.0	30	7.0	2.9	3.2	2.0	2.90	2.50	2.30	0.02	<0.02	0.130	0.012	0.002	0.130	0.012	0.002	69	23	<1	9.6	21	28	26	9.3
	武井沖	上層	16.3	0.52	7.2	12.3	9.2	32.1	96	13.0	21	9.0	4.0	4.6	2.7	1.80	1.30	0.79	0.01	<0.02	0.110	0.014	0.002	120	22	<1	8.3	18	27	21	3.0
		下層	10.6	8.9	32.9	104	9.8	27	8.6	3.9	4.9	2.9	1.40	0.93	0.52	0.01	0.04	0.120	0.012	<0.001	0.120	0.012	<0.001	110	26	<1	9.1	19	33	23	2.0
	釜谷沖	上層	14.8	0.59	6.5	12.6	9.1	33.4	104	12.0	21	9.7	4.3	5.6	3.2	1.10	0.55	0.19	0.01	<0.02	0.100	0.015	0.001	110	28	<1	9.3	20	36	23	0.6
		下層	10.9	8.8	34.6	115	9.2	28	9.4	4.4	5.1	3.2	1.10	0.50	0.13	0.01	0.04	0.120	0.013	<0.001	0.120	0.013	<0.001	110	30	<1	9.1	19	38	23	0.8
	神宮橋	上層	14.0	0.46	2.0	12.3	8.1	48.5	102	11.0	24	9.6	4.6	5.1	3.2	0.97	0.33	<0.01	<0.01	<0.02	0.140	0.015	0.001	80	54	1.9	10.0	21	73	28	0.4
		下層	12.2	8.4	48.3	105	10.0	25	9.6	4.5	4.9	3.2	0.88	4.5	4.9	3.2	0.88	0.30	<0.01	<0.01	<0.02	0.150	0.013	0.002	77	54	2.0	11.0	21	74	28
	外海逆浦	上層	10.8	0.49	1.8	11.3	7.9	56.9	168	10.0	18	7.9	4.1	4.9	3.2	0.59	0.29	<0.01	<0.01	<0.02	0.099	0.013	<0.001	48	68	3.0	11.0	22	98	31	0.2
		下層	11.3	7.9	57.0	166	10.0	19	8.0	4.3	4.6	3.1	0.66	4.3	4.6	3.1	0.66	0.29	<0.01	<0.01	<0.02	0.110	0.012	<0.001	49	68	2.8	11.0	21	97	31
	息橋	上層	18.0	0.48	4.9	12.5	8.2	54.5	97.0	10.0	16	8.4	4.2	4.9	3.1	0.68	0.30	<0.01	<0.01	<0.02	0.100	0.012	0.001	43	66	2.8	11.0	22	94	31	0.1
		下層	12.3	8.3	54.3	95	10.0	16	8.0	4.2	4.6	3.2	0.68	4.2	4.6	3.2	0.68	0.28	<0.01	<0.01	<0.02	0.100	0.013	0.001	44	66	2.8	11.0	22	95	31

1-5 霞ヶ浦におけるアオコ発生状況について

1 事業目的

アオコの発生は、水面を緑色に呈して景観を悪化させるだけでなく、集積した場合には、腐敗して悪臭の原因となる。このため、アオコの原因である植物プランクトンの集積を防止するために、湖水表面の攪拌や回収などの対策が講じられている。これらの対策を効果的に実施するためには、アオコの発生場所を把握することが必要である。そこで本事業の目的は、アオコの原因となる藍藻類の出現状況を把握して、関係機関等に迅速に情報提供するとともに、アオコの発生要因について検討し、発生予測の精度を上げることを目的とした。令和2年度においても、霞ヶ浦全域においてアオコの発生状況を調査したので、報告する。

2 方法

(1) 調査地点

図1に示す土浦港、土浦沖、掛馬沖、湖心、山王川沖及び高浜沖の西浦6地点、安塚沖、武田川沖及び釜谷沖の北浦3地点、合計9地点で調査を行った。

(2) 調査時期・頻度

令和2年6月2日から9月15日の間、週に1回程度の頻度で実施した。

(3) 調査項目

アクリル製カラム($\Phi=10$ cm)を用い、水面から20 cm深さまでの湖水を3度採水してバケツに集め、湖水試料とした。試料は現地で水温を測定するとともに、1 Lのポリエチレンビンに採取して、実験室へ持ち帰った。

(4) 分析項目及び測定方法

分析項目は、全窒素 (TN)、全りん (TP)、硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$)、亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$)、アンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$)、りん酸態りん ($\text{PO}_4\text{-P}$)、フィコシアニン (Phc) 及びクロロフィル a (Chl-a) とした。TN 及び TP の測定には、連続流れ分析装置 (BLTEC SWAAT28) を用いた。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 及び $\text{PO}_4\text{-P}$ の分析には、粒子保持能 $1\ \mu\text{m}$ のろ紙 (Whatman GF/B) で懸濁物を除去したろ水を、連続流れ分析装置 (SEAL QuAAtro2-HR) で測定した。Phc の測定は福島ら¹⁾を参考にし、分光蛍光光度計 (JASCO FP-8500) を用いて 640 nm の蛍光強度から算出した。Chl-a は、新編湖沼調査法²⁾を参考に、ユネスコ法に準拠して行った。すなわち、分光光度計 (SHIMADZU UV-2550) を用い、750 nm、663 nm、645 nm、630 nm の吸光度を測定し、濃度を算出した。なお、Phc 及び Chl-a は粒子保持能 $1.2\ \mu\text{m}$ (Whatman GF/C) でろ過したろ紙上の残留物を、 -30°C で一昼夜凍結後、それぞれりん酸緩衝液 ($\text{pH}=7.0$) 及びエタノールで抽出して試料とした。



図1 調査地点図

3 令和2年度のアオコ発生状況

(1) 令和2年度のフィコシアニン濃度の推移（表1及び図2）

令和2年度のフィコシアニン濃度は、西浦平均は昨年度より高く、北浦平均は昨年度と同等であった。過去年5年間と比較すると、西浦及び北浦ともに低い値であった。

表1 各年度における西浦及び北浦の平均フィコシアニン濃度（ $\mu\text{g/L}$ ）

	H27	H28	H29	H30	R1	R2
西浦平均値	116	101	31	41	17	32
北浦平均値	236	189	246	298	97	85

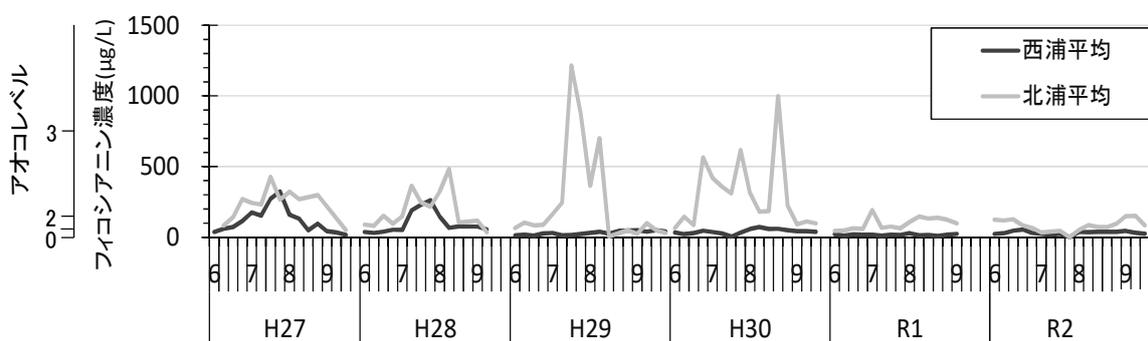


図2 西浦平均及び北浦平均のフィコシアニン濃度の経年（6～9月）変化

(2) 各地点のフィコシアニン濃度の変化（図3）

全地点において、7月にフィコシアニン濃度が低くなり、6月中旬と8月後半にピークのある変動がみられた。西浦では、山王川沖で他地点よりも高く、最大値は8月25日の143 $\mu\text{g/L}$ （アオコレベル1）であった。北浦では、武田川沖で他地点よりもやや高く、最大値は6月9日の175 $\mu\text{g/L}$ （アオコレベル2）であった。

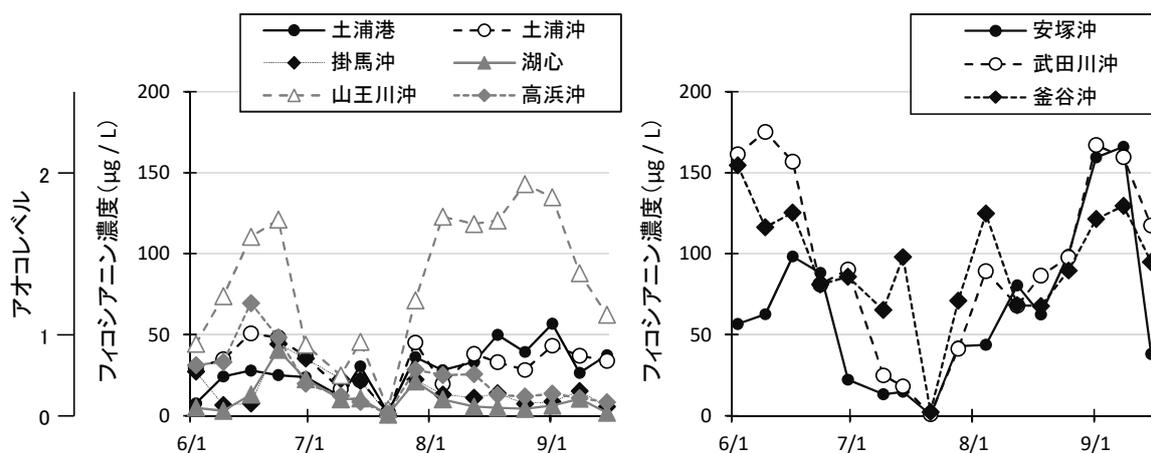


図3 西浦6地点（左）及び北浦6地点（右）における、フィコシアニン濃度の経時変化

4 令和2年度のアオコの発生が少なかった原因について

アオコの発生は、水温及び栄養塩濃度に大きく影響されることが知られている。そこで、アオコが発生した平成27年度、アオコの発生がほとんど見られなかった令和元年度及び令和2年度について、水温及び栄養塩濃度を比較した。

なお、水温は、気温及び日照時間の影響を受けることから、水温データの代わりに気象庁（アメダス土浦）の日平均気温及び日照時間の連続データを用いて解析した。

(1) 水温（気温及び日照時間）（図4）

気温及び日照時間の7日間の移動平均を比較したところ、平成27年度と比較して令和元年度及び令和2年度には、7月の日平均気温が低く日射量が少ない傾向が明らかとなった。アオコの増殖に適した気温は25℃以上であるが、特に令和2年度は、7月に前後3日間の平均気温が25℃以上となる日数がほとんどみられなかった（H27; 21日、R1; 10日、R2; 1日）。よって、7月の少ない日射と低く保たれた水温が、アオコの発生を抑制したと考えられた。

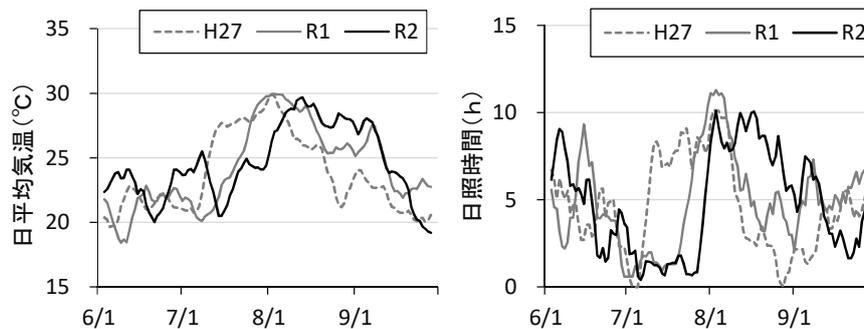


図4 7日間移動平均した、6月から9月までの日平均気温（左）及び日照時間（右）の変化

(2) 栄養塩（図5）

無機溶存窒素は、西浦平均値は平成27年度と同等、北浦平均値は平成27年度よりも高い値で推移した。西浦では7月初旬に上昇したものの、8月に減少し、低濃度で推移した。一方で、北浦では常にアオコの増殖に適した濃度（0.1 mg/L 以上）であった。りん酸態りんについては、西浦及び北浦ともに平成27年度及び令和元年度と同等の値で推移したが、令和2

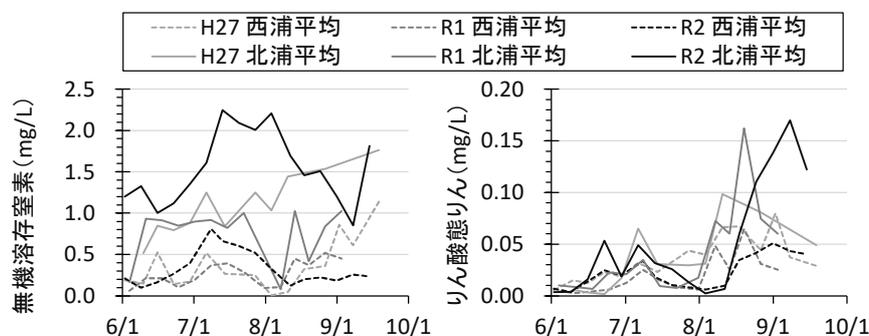


図5 6月から9月までの無機溶存窒素（左）及びりん酸態りん濃度（右）の変化

年度は、7月後半又は8月上旬にみられる濃度上昇が遅く、8月の月平均値は、西浦及び北浦ともに平成27年度よりも低かった。

(3) 令和2年度のアオコ発生についての考察

フィコシアニン濃度は、過去5年間と比較すると少ない傾向であった。その理由として、西浦では、6月の低い栄養塩濃度と、7月に25℃を越える気温が少なかったために、アオコの初期増殖が抑えられたほか、アオコの増殖に適した水温であった8月及び9月にもりん酸態りん濃度が低かったために、アオコの再増殖が抑えられたと考えられた。一方で、北浦では、7月の低い水温と、7月及び8月の低いりん酸態りん濃度で増殖が抑制されたと考えられた。

5 アオコ予測システムの検証結果（図6）

霞ヶ浦環境科学センターで構築したアオコ予測システムを用い、5月26日に発表したアオコ予測では、令和2年度の土浦入のアオコは、令和元年度同様、アオコレベル2以下で推移すると予測されており、実際の状況と合致した。

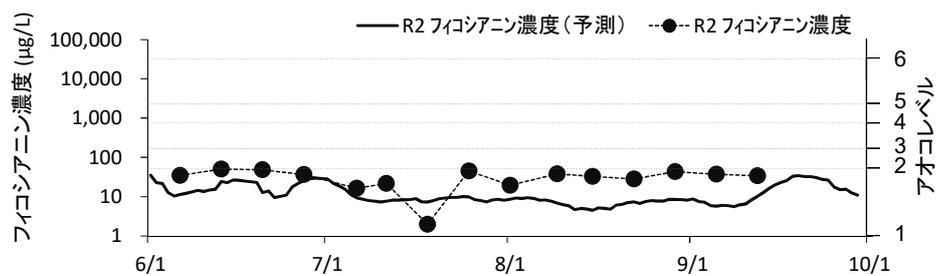


図6 5月26日に発表したアオコ予測結果と実測値との比較

6 まとめ

今年度のアオコの発生は、西浦及び北浦ともに低いレベルであった。その理由として、7月に水温が低かったこと及びりん酸態りんをはじめとする栄養塩濃度が低かったことが挙げられた。また、アオコ予測システムによる今年度の予測結果は、実際の発生状況と合致した。

7 参考文献

- 1) 福島武彦、相崎守弘 編、1995. アオコの計量と発生状況、発生機構-アオコ指標検討会資料 -. 国立環境研究所業務報告、F-72、95
- 2) 西條八束、三田村緒佐武、1995. 新編 湖沼調査法. 講談社サイエンティフィク、東京、189-192.

1-6 北浦の水質汚濁に関する研究事業

1 目的

近年、西浦よりも北浦で水質が悪い状況が続いていることから、湖内の栄養塩の状況を詳細に把握する必要がある。北浦では貧酸素水塊の発生により底泥から栄養塩が溶出することで水質汚濁に寄与していると考えられている。そこで、本年度は北浦及び西浦における貧酸素水塊の発生状況や栄養塩動態並びに北浦の貧酸素水塊を引き起こす湖水や底泥の酸素消費速度を把握する。

2 方法

(1) 曳航式高解像度計測装置 (YODA Profiler) による北浦及び西浦の観測及び水質調査

- ① 調査期間：令和2年8月15日
- ② 調査地点：図1のとおり

YODA Profiler：約1km間隔で自由落下

(北浦：落下40回、西浦：落下67回)

水質調査地点：北浦11地点 (K1～K11) 及び西浦15地点 (N1～N11、NA～ND) において、表層 (水面下50cm)、下層 (湖底直上50cm) で採水

- ③ 分析項目

YODA Profiler：溶存酸素濃度 (DO)

水質調査：浮遊物質 (SS)、化学的酸素要求量

(COD)、全窒素 (TN)、各態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$)、全りん (TP)、りん酸態りん ($\text{PO}_4\text{-P}$) 等

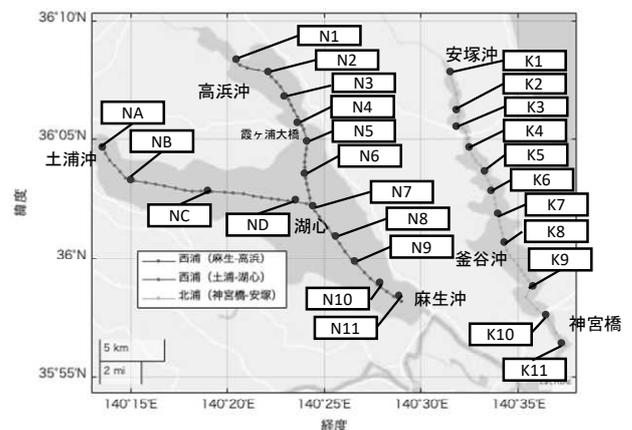


図1 YODA 調査及び水質調査地点

(2) 北浦及び西浦の湖水及び底泥の酸素消費速度及び底泥からのりん溶出速度

- ① 調査期間：令和2年9月15日
- ② 調査地点：図2のとおり
北浦3地点 (K1～K3) 及び西浦3地点 (N1～N3)
- ③ 分析項目：下層湖水及び底泥の酸素消費速度 (室内実験)
底泥の $\text{PO}_4\text{-P}$ 溶出速度 (室内実験)

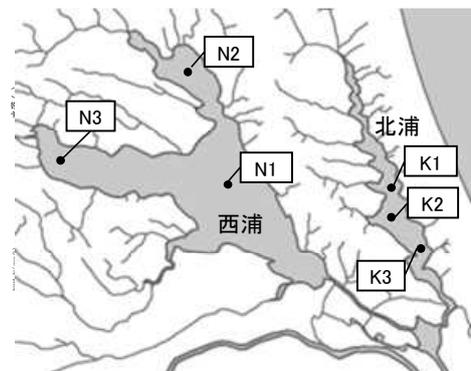


図2 湖水及び底泥の酸素消費速度及び底泥からのりん溶出速度調査地点

3 結果の概要

(1) 北浦及び西浦における貧酸素水塊及び $PO_4\text{-P}$ 濃度の分布 (図3)

北浦は、水深4mより深い水域の広い範囲で貧酸素水塊が形成された。K3~K8の下層で $PO_4\text{-P}$ 濃度が0.065~0.13 mg/Lと上層よりも高い濃度を示した。

西浦は、麻生から高浜にかけて調査した結果は霞ヶ浦大橋付近の水深が深くなっている水域で貧酸素水塊が形成された。北浦とは異なり水深4mよりも深い水域であっても貧酸素水塊の形成はみられなかった。霞ヶ浦大橋付近のN5の下層で $PO_4\text{-P}$ 濃度が0.045 mg/Lと他の水域よりも高い濃度を示した。

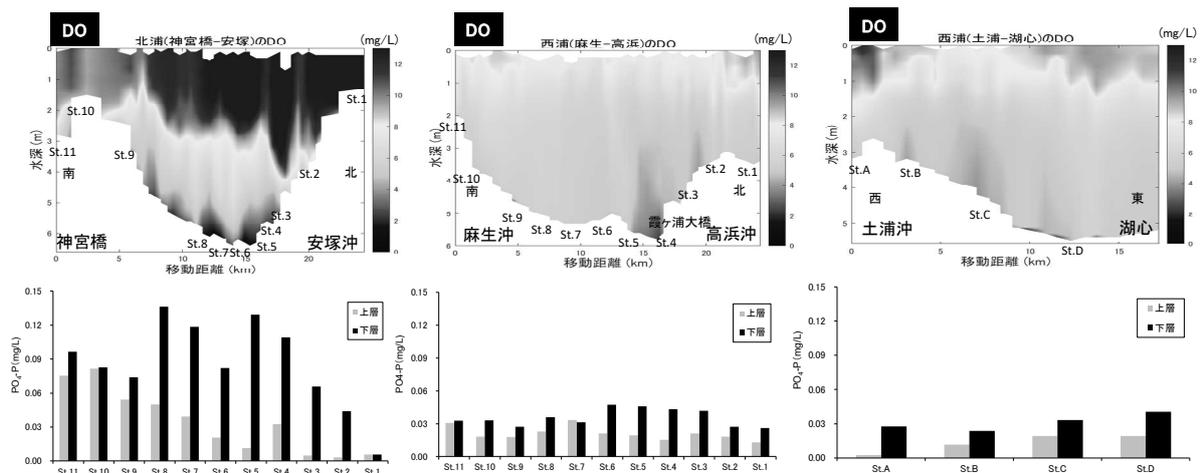


図3 北浦及び西浦のDO濃度の鉛直分布及び $PO_4\text{-P}$ 濃度の分布 (令和2年8月15日)

(2) 北浦及び西浦の湖水及び底泥の酸素消費速度及び底泥からの $PO_4\text{-P}$ 溶出速度 (表1)

下層湖水の酸素消費速度は、北浦で2.4~3.5 mg/ (L・d)、西浦で1.5~1.6 mg/ (L・d)と北浦で大きい傾向がみられた。底泥の酸素消費速度は、北浦で1,120~1,595 mg/ (m²・d)、西浦で759~981 mg/ (m²・d)と北浦で大きい傾向がみられた。底泥からの $PO_4\text{-P}$ 溶出速度は、北浦で41.2~41.9 mg/ (m²・d)、西浦11.4~29.6 mg/ (m²・d)と北浦で大きい傾向がみられた。

これらのことから、北浦の方が貧酸素水塊を形成しやすく、底泥からのリンの溶出も多いことが示唆された。

表1 北浦及び西浦の酸素消費速度及び底泥からの $PO_4\text{-P}$ 溶出速度 (令和2年9月15日)

		酸素消費速度		$PO_4\text{-P}$ 溶出速度 [mg/ (m ² ・d)]
		下層の湖水 [mg/ (L・d)]	底泥 [mg/ (m ² ・d)]	
北浦	K1	2.4	1,120	41.3
	K2	3.5	1,167	41.2
	K3	3.3	1,595	41.9
西浦	N1	1.5	820	29.6
	N2	-	759	11.4
	N3	1.6	981	11.7

1-7 北浦流域の窒素の動態に関する調査研究事業

1 目的

北浦に流入する河川の全窒素濃度は、昭和47年度から平成19年度にかけて継続的に上昇し、霞ヶ浦（西浦）流入河川と比べて高いレベルで推移している。このように高い窒素濃度となっている大きな要因として、北浦流域では農畜産業が盛んに行われていることから、農地（特に畑地）に投入された化成肥料や堆肥等に由来する窒素が表流水や地下水とともに河川に流出していることが考えられる。

そこで本事業は、北浦流域における窒素成分の挙動（化学形態変化や流出過程等）を解明し、環境容量に基づく窒素投入量の上限值を検討することを目的とし、河川、地下水及び土壌について現地調査を行うとともに、巴川、鉾田川流域の窒素成分の挙動を計算するモデル（窒素動態モデル）を構築した。本年度は、昨年度までに構築した窒素動態モデルについて、入力する負荷データを見直して再計算を行った。

2 窒素動態モデルの概要

(1) 窒素動態モデルの全体構成

窒素動態モデルは、水の流動並びに窒素の動態を計算するため、土壌中等の動態を計算する「分布型流出サブモデル」、地下水中の動態を計算する「地下水流動サブモデル」、河道部の流動を計算する「河道部サブモデル」の3つのサブモデルにより構成される。

(2) 分布型流出サブモデル

分布型流出サブモデルは、流域内に投入された窒素の土壌中での形態変化（無機化、硝化、脱窒、アンモニア揮散）と作物への吸収、並びに土壌とその下部の不飽和帯における水及び窒素成分の鉛直移動（溶脱）、河道への流出（表面流出、中間流出）及び不圧帯水層（浅層地下水）への移行を計算するサブモデルである。窒素成分としては、アンモニア態窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）、硝酸態窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ）及び溶存有機態窒素（DON；分解（無機化）速度の違いに応じて易分解、中分解、難分解の3つの画分を設定）について取り扱う。地表面付近での表面流出及び早い中間流出について取り扱う「表層サブモデル」、不飽和帯における遅い中間流出を取り扱う「不飽和帯サブモデル」、不圧帯水層、被圧帯水層の流出について取り扱う「地下水サブモデル」により構成され、各部位をタンクと見立てたタンクモデルである（図1）。

(3) 地下水流動サブモデル

地下水流動サブモデルは、前述の分布型流出サブモデルの計算結果を受けて、不圧帯水層、被圧帯水層における水及び溶存態窒素成分（ $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、DON）の流動、並びに難透水層から被圧地下水への移行量を計算するサブモデルである。水の流動を計算するモデルは、USGS（アメリカ地質調査所）が公開しているMODFLOW（MODFLOW-USG）、物質の輸送を計算するモデルには同じくUSGSが公開しているMT3D-USGSをベースに構築した。

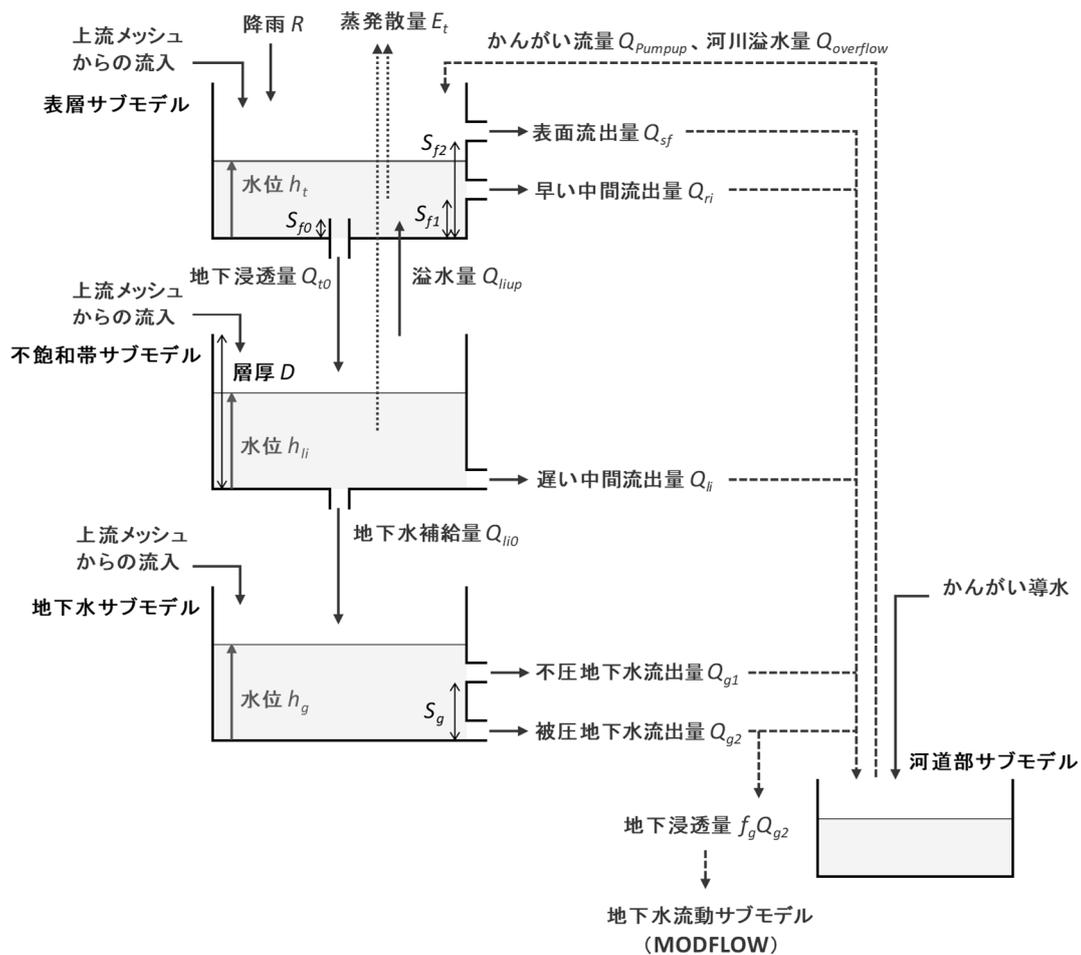


図 1 分布型流出サブモデルの基本構造

(4) 河道部サブモデル

河道部サブモデルは、Dynamic wave 法により、河道部における水及び溶存態窒素成分 ($\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 DON) の流動を計算するサブモデルである。河道部サブモデルでは、溶存態窒素以外にも、懸濁態窒素も土壌流出量と対応させ、濃度及び流出量を計算した。

3 窒素投入量の算出

(1) 面源系（農地）

水田、畑地における化成肥料の窒素投入量は、メッシュ毎に、各作物の標準施肥量に各作物の栽培面積（メッシュの面積 (0.25 km^2) \times 各作物の面積割合）を乗じた値を入力した。各作物の標準施肥量は県の栽培基準で定められた値とし、各作物の栽培スケジュールに合わせて投入される時期（月単位）を設定した。作物は、銚田川・巴川流域の多くの面積を占める銚田市及び小美玉市において広い作付面積を占める水稲、ジャガイモ、サツマイモ、ダイコン、ニンジン、ホウレンソウ、トマト、イチゴ、メロン、クリを対象とし、農林業センサスデータ等により各作物の作付面積の空間分布を把握し、モデルメッシュに反映させた。

各作物の作付面積の経年変化は、茨城県農林水産統計年報等により、1970年代から旧市町村単

位の作付面積の割合を整理し、国土数値情報土地利用の農地面積の経年変化と比較して、各メッシュの過去の作付面積を算出した。

(2) 面源系（農地以外）

農地以外の面源（森林、荒地、市街地（建物、道路）、その他（ゴルフ場など））からの窒素負荷量は、第7期霞ヶ浦湖沼水質保全計画（以下、「保全計画」）策定時に用いられた各面源の排出負荷原単位に各面源の面積（国土数値情報土地利用細分メッシュデータにより把握）を乗じた値とした。

(3) 畜産系

家畜排せつ物の投入に伴う窒素負荷量は、「肥料としての施用（施肥）による負荷」と「直接散布による負荷」の2つの経路を想定し、それぞれについて入力した。施肥による負荷については、畜舎が存在するメッシュ及びその周囲5メッシュ分の領域内の畑地に投入されるものと仮定し、各畜種（乳用牛、肉用牛、豚、採卵鶏、肉用鶏）の窒素発生原単位に当該メッシュにおける頭羽数（当該畜舎における総頭羽数を当該メッシュの畑地面積に比例して配分）を乗じた値を入力した。また、施肥時期は流域における作物栽培スケジュール（月単位）を考慮して設定した。

一方、直接散布による負荷については、畜舎が存在するメッシュ及びその周囲1メッシュ分の領域内に投入されるものと仮定し、各畜種の窒素発生原単位（年間の総発生量から施肥分を差し引いたもの）に当該メッシュにおける頭羽数（当該畜舎における総頭羽数を当該メッシュに均等に配分）を乗じた値が毎月入力されるようにした。

各畜種の飼養頭羽数の経年変化については、茨城県農林水産統計年報の統計資料を中心に、旧市町村単位でフレームを整理した。ただし、ブロイラーについては、茨城県農林水産統計年報に集計がないことから、農林業センサス累年統計における県全体の飼養羽数から、対象流域の飼養羽数の経年変化を推定し、その統計もない期間については、採卵鶏の推移により推計した。

(4) 生活系

生活系の窒素負荷量は、各メッシュにおける負荷量を排水処理形態（農業集落排水施設、合併処理浄化槽、高度処理浄化槽、単独処理浄化槽、し尿処理施設）別に算定し、それが落水線を経由して直接河道に排出されるように設定した。各メッシュにおける農業集落排水施設以外の処理形態別人口は、各メッシュの人口に大字単位での処理形態別人口割合を乗じることにより算出した。農業集落排水施設の処理人口は、当該施設の供用人口並びに施設周辺の人口分布に基づき設定した。また、各処理形態の窒素成分別排出原単位は、保全計画策定時に用いられたTN排出原単位及び文献値に基づき設定した。また、各メッシュの処理形態別人口の経年変化を国勢調査結果により把握した。

(5) 事業場系

事業場系の窒素負荷量は、流域内に存在する各事業場における排水量及び処理水水質データにより算出し、それが落水線を経由して直接河道に排出されるように設定した。処理水水質データがない事業所については、当該業種の代表的な排水濃度を適用した。

(6) 降雨

降雨の水質は、2016年4月から2020年10月までの間、霞ヶ浦環境科学センター敷地内（茨城県土浦市）において月に1回の頻度で調査した、湿性沈着の濃度の月平均（4-10月：n=5、11-3月：n=4）の結果を用いた。降水量は、アメダスデータ（銚田）より、10分単位で入力した。

4 現況再現計算結果

河川水のTNの大半を占める $\text{NO}_3\text{-N}$ について、巴川、銚田川の各環境基準点における濃度の実測値とモデル計算値とを比較した（図2）。巴川（図2(a)）では、モデル計算値は、実測値と比べてやや過小評価する時期があったものの、全体的に実測値をよく再現していた。一方、銚田川（図2(b)）では実測値の変動パターンを比較的良好に再現していたものの、濃度はやや過大評価となった。なお、実測値とモデル計算値の相関係数は、巴川が0.80、銚田川0.81であった。

今後、モデルの入力パラメータ等について再検証し、推計精度の向上を図るとともに、河川水の窒素濃度及び北浦への窒素流入負荷量の推移について将来予測を行う。

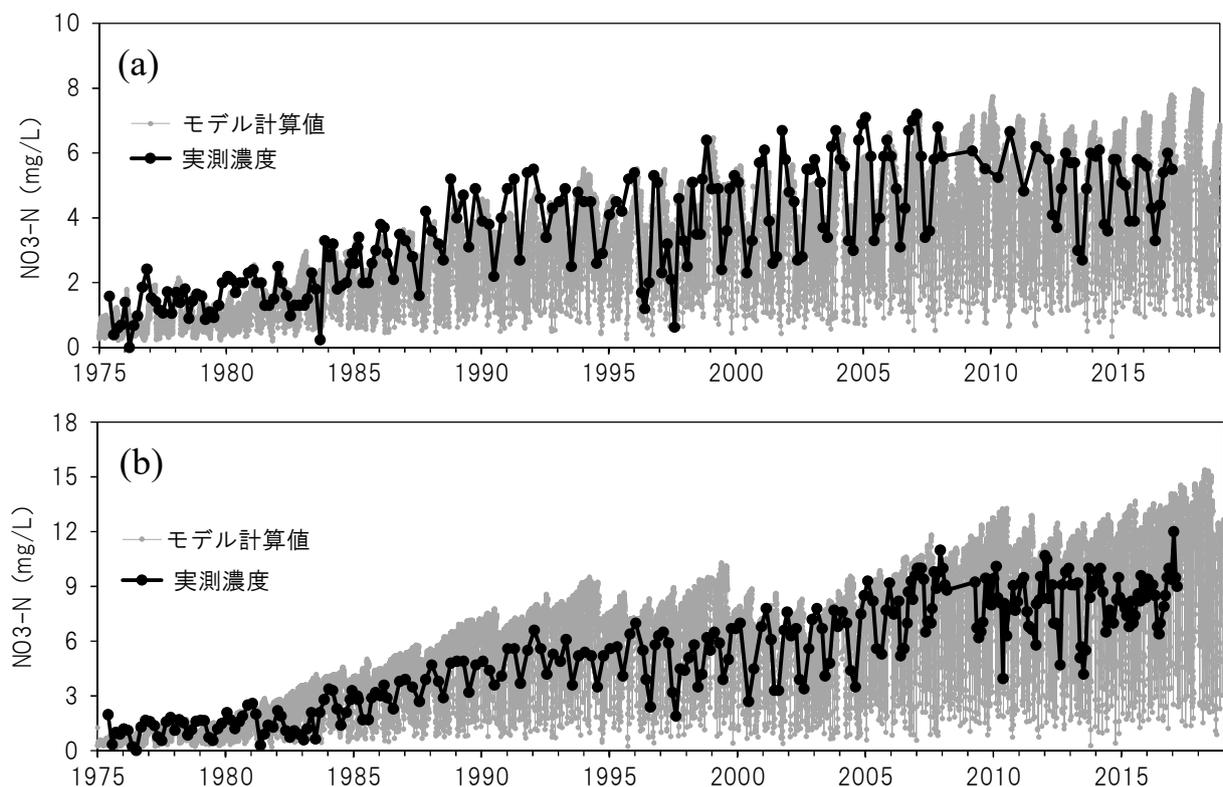


図2 $\text{NO}_3\text{-N}$ の実測濃度とモデル計算値の比較 ((a) 巴川、(b) 銚田川)

1-8 直接大気降下物負荷量調査事業

1 目的

湖面降雨負荷は、霞ヶ浦の外部負荷のうち10%程度¹⁾を占め、霞ヶ浦の汚濁負荷を把握する上で不可欠な要素である。しかし、霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画(第7期)を策定する際、湖面降雨負荷の原単位の基となる資料の調査時期が古いことや原単位の算出方法が不明な部分がある等の課題が挙げられた。そこで、本調査事業では、近年における湖面降雨負荷の実態を把握するため、直接大気降下物の負荷量調査を実施し、原単位の更新を図ることを目的とした。

2 調査概要

環境省のガイドライン²⁾に準拠して、直接大気降下物の採取を実施した。詳細は以下のとおり。

(1) 調査地点

図1のとおり。

(2) 採集器概要

各調査地点において、集水部(口径30cmのロート)を常時開放するデポジット式サンプラーを設置し、全大気降下物(乾性沈着物と湿性沈着物)を採集した。採取容器には、あらかじめ硫酸2mLを蒸留水100mLで希釈して入れ、微生物の作用による水質変化が生じないようにした。なお、霞ヶ浦環境科学センターにおいては、異物混入等による影響を少なくするため、サンプラーを3セット設置し、それぞれのサンプルを分析して、その中央値を当該月の値とした。

また、湖心観測所を除く4地点においては、降雨時のみに集水部を開放する自動雨水採水器(小笠原計器製作所 US-330)を設置し、湿性沈着物のみの負荷量も調査した。

(3) 調査期間・頻度

調査は令和2年4月から令和3年3月の間、原則、毎月1回サンプルを回収し、分析に供した。ただし、機器の不良により、銚田の6、7月分のサンプルは全量採取できなかったため、欠測とした。

(4) 分析項目

硫酸酸性下での過マンガン酸カリウムの滴定によりCODを、流れ分析法により全窒素(TN)、全りん(TP)を分析した。

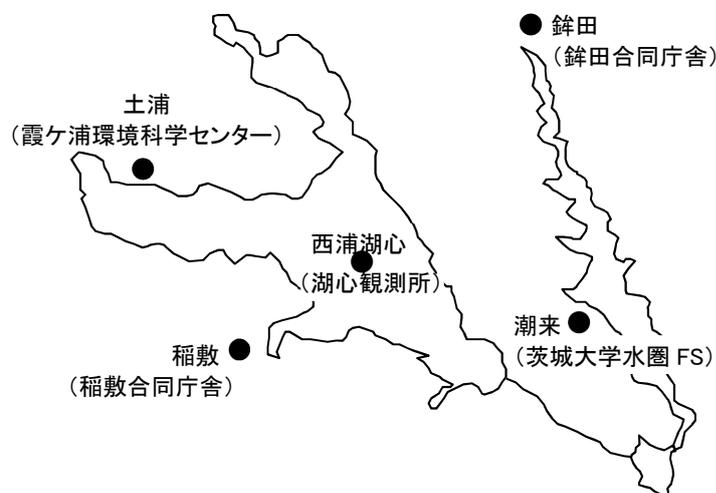


図1 調査地点

3 結果

図2～4に、それぞれCOD、TN、TPの全大気降下物及び湿性沈着物による負荷量の月変動を示す。

全大気降下物によるCOD負荷量の月変動(図2(a))は、西浦湖心を除き、4月～10月に高く、11月～12月は低く推移し、その後、3月にかけて上昇した。地点別に見ると、西浦湖心で大きく、稲敷が一番小さかった。湿性沈着物(図2(b))によるCODの負荷は、全大気降下物の負荷量の1割程度と低く、明確な季節変動は見られなかった。TN負荷量の月推移は、全大気降下物(図3(a))、湿性沈着物(図3(b))ともに、4月～10月に高く、11月～3月に低く推移した(西浦湖心を除く)。TPの負荷量の月変動も、西浦湖心を除き、全大気降下物(図4(a))及び湿性沈着物(図4(b))どちらも、11月～3月に低い傾向であった。なお、COD、TN、TPとも、西浦湖心において、ほかの地点と比べて負荷量が高い傾向であったが、ユスリカ等の虫の混入が原因と考えられる。

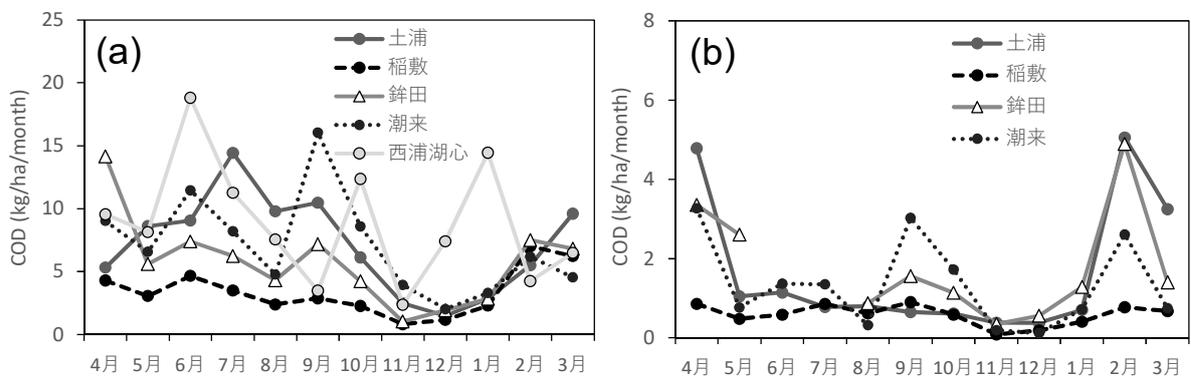


図2 各地点におけるCOD負荷量の月変動 ((a)全大気降下物、(b)湿性沈着物)

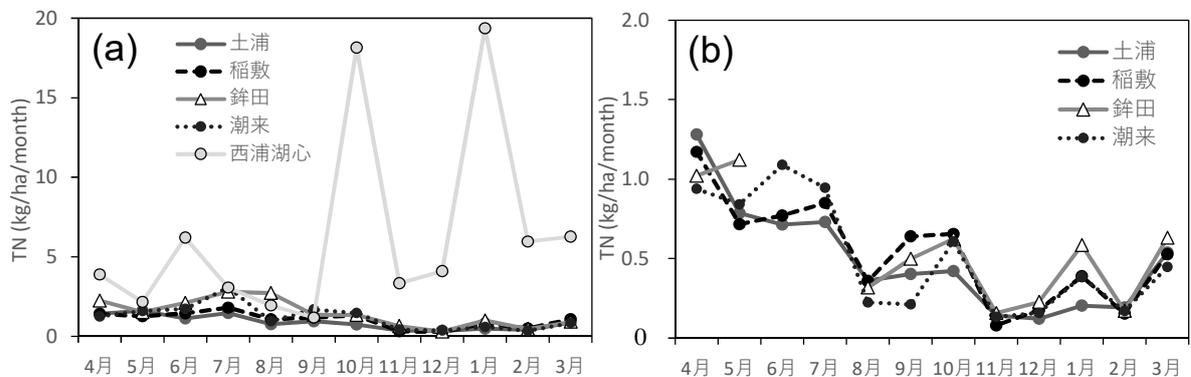


図3 各地点におけるTN負荷量の月変動 ((a)全大気降下物、(b)湿性沈着物)

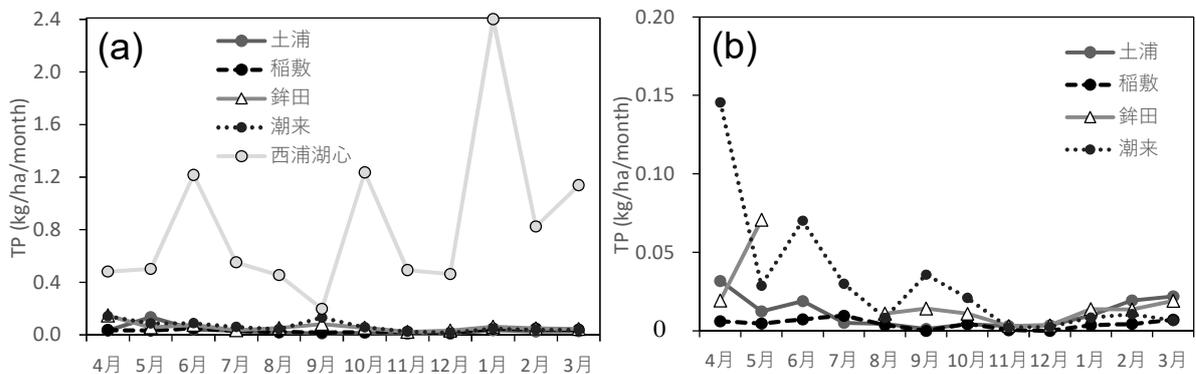


図4 各地点におけるTP負荷量の月変動 ((a)全大気降下物、(b)湿性沈着物)

4 原単位の算出

平成30年10月から令和2年9月までの2年間における、ユスリカの大量混入がみられた西浦湖心を除く4地点の平均年間負荷量（原単位）を表1に示す。地点ごとに比較すると、COD、TPは最も小さかった地点は稲敷で、最も大きかったのはCODが潮来、TPが銚田であった。TNについては、最も小さかった地点は土浦で、最も大きかった地点は銚田であった。また、4地点のCOD、TN、TP負荷量の平均は、それぞれ、63.5、14.5、0.56 kg/ha/yrであった。

表1 各地点における平均年間負荷量

地点名	調査場所	COD (kg/ha/yr)	TN (kg/ha/yr)	TP (kg/ha/yr)
土浦	霞ヶ浦環境科学センター	72.0	10.7	0.44
稲敷	稲敷合同庁舎	38.8	15.1	0.37
銚田	銚田合同庁舎	69.9	17.0	0.73
潮来	茨城大学 水圏FS	73.2	15.2	0.70
4地点平均		63.5	14.5	0.56

参考文献

- 1) 茨城県・栃木県・千葉県、2017. 霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画（第7期）.
- 2) 環境省水・大気環境局水環境課、2014. 非特定汚染源対策の推進に係るガイドライン（第二版）、URL. <https://www.env.go.jp/water/kosyou/hitokutei/index.html>

1-9 霞ヶ浦水質予測モデル改良事業

1 事業目的

霞ヶ浦の水質を改善するためには、効果的な汚濁負荷削減対策の実施が必須である。そこで、当センターでは霞ヶ浦の水質を説明・予測するためのコンピューターシミュレーションモデル「霞ヶ浦水質予測モデル」の整備を行う。この霞ヶ浦水質予測モデルは、各種浄化対策の効果検証や気候変動などを考慮した将来予測等に活用することで、行政施策の評価等に資することを目的としている。

2 方法

当センターに整備された霞ヶ浦水質予測モデル（以下、水質モデル）は、平成26年度に構築し、平成30年度ならびに令和元年度に更新した。しかしながら、霞ヶ浦では、植物プランクトン群集の経年および経月の著しい変化と、それに伴うと考えられる水質の変化が確認されるにもかかわらず、現状の水質モデルで計算できる植物プランクトンは1種類であるため、植物プランクトン群集の変化を計算できない。そこで、R2年度は、水質モデル内で計算できる植物プランクトンを3種類に増設し、植物プランクトン群集の変化を計算可能にすることで、水質モデルの精緻化を試みた（図1）。

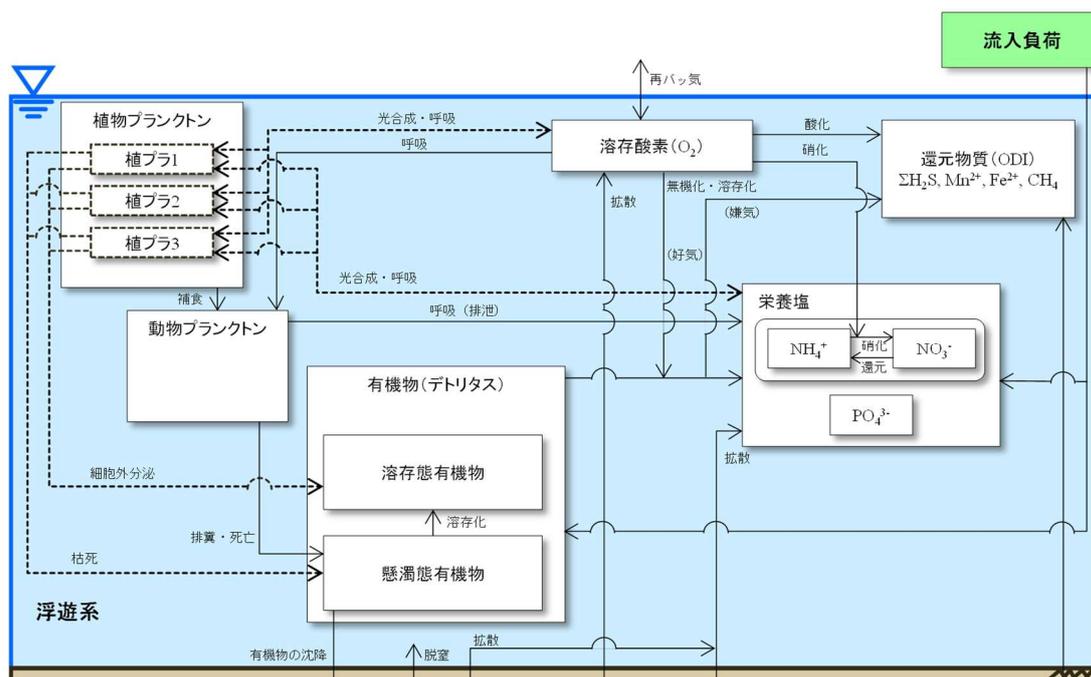


図1 改善後の水質予測モデル（浮遊系部分のみ）の概念図。改善箇所を破線で示す。

3 結果と考察

(1) 計算に組み込む植物プランクトンの選定と条件

2011年4月から2019年3月までの当センターにおける植物プランクトンのデータを用い、水質モデルに組み込む植物プランクトン種類について検討した。なお、当センターの植物プランクトンのデータは細胞数ならびに細胞体積で整理されているが、水質モデル上では植物プランクト

ンを炭素態で計算することから、Strathmann (1967) の式を用いて細胞体積 (V) から炭素態 (C) に換算した。なお、珪藻類は式 1 を、珪藻類以外の植物プランクトンは式 2 を用いた。

$$\text{Log}_{10}(C) = 0.758 \text{Log}_{10}(V) - 0.422 \quad \dots (式 1)$$

$$\text{Log}_{10}(C) = 0.866 \text{Log}_{10}(V) - 0.460 \quad \dots (式 2)$$

その結果、西浦・北浦ともに、藍藻マイクロシステイスの増殖に伴う特徴的な優占傾向が夏季に確認されたほか、北浦では、藍藻プランクトンスリックスの増殖に伴う冬季の優占傾向が確認された。また、期間全体における優占率の中央値は、珪藻類 54% (西浦 63%、北浦 44%)、藍藻類 22% (西浦 14%、北浦 31%) に対し緑藻類は 14% (西浦 15%、北浦 12%) と少なかった。これらのことから、水質モデルで想定する植物プランクトン 3 種類は、冬から春にかけて増殖する珪藻型、通年増殖するが冬季の優占も確認される藍藻プランクトンスリックス型 (以下、藍藻 P 型)、夏季にのみ著しく増殖する藍藻マイクロシステイス型 (以下、藍藻 M 型) とした。そして、植物プランクトン 3 種類は、比増殖速度、水温制限関数、照度制限関数、ならびにリン制限関数をそれぞれ独自に設定することで、図 2 のように表現された。なお、細胞外分泌および沈降速度に関するパラメーターは同一とした。

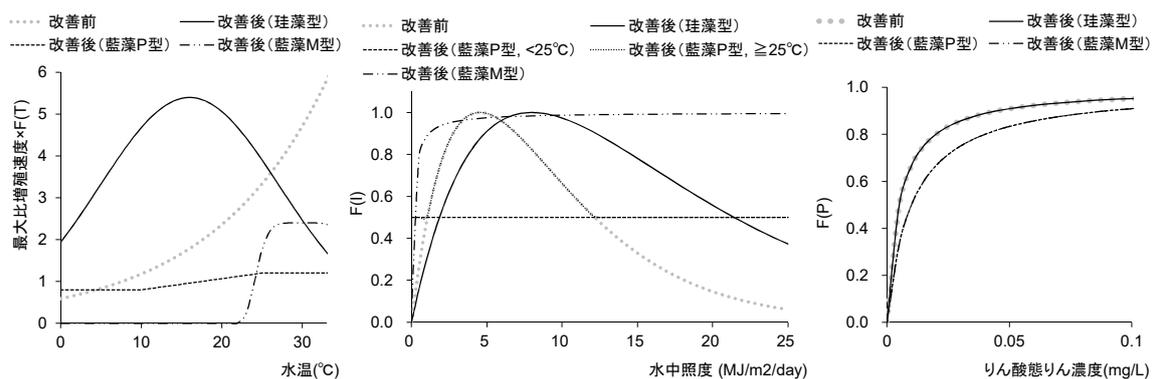


図 2 植物プランクトン 3 種における比増殖速度×水温制限関数と水温の関係 (左)、照度制限関数と水中照度の関係 (中) およびりん酸態りん制限関数とりん酸態りんの関係 (右)。

(2) 植物プランクトンに関する計算結果と観測値との比較

植物プランクトン群集ならびに水質を計算させ、実測値と比較した。その結果、夏季において藍藻 M 型の増殖が確認され、実測値で確認される藍藻の優占が再現できた。しかしながら、実測値における藍藻類の優占は 7 月だが、計算値では 9 月と、2 か月のずれが確認された。さらに藍藻類の優占率は、実測値では 0% になることはなかったが、計算値では 12 月から 3 月の冬季に藍藻 M 型と藍藻 P 型の合計優占率が 0% となった。また、実測値から換算された藍藻類の存在量は炭素態で 0.1~0.8mg/L 程度であったが、計算値での藍藻 M 型と P 型の合計炭素態存在量は 0~0.02mg/L と少なかった。

4 まとめ

植物プランクトン群集の経年および経月の著しい変化が確認される霞ヶ浦において、植物プラン

クトン群集の変化を含めて水質を計算することを目的に、霞ヶ浦水質予測モデルの改善を行った。その結果、植物プランクトン群集の経月変化が表現できるようになった。一方で、計算結果は、実測値と比較して珪藻型の優占化が著しく、植物プランクトン量が少なかった。今後は藍藻P型と珪藻型が共存するような設定条件を検証するのみならず、植物プランクトンに含まれる炭素の量や炭素・窒素・りん比率の見直し等を行い、再現性を向上させていく。

参考文献

Starthmann, R.R., 1967, Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. *Limnol. Oceanogr.*, 12: 411-418.

1-10 霞ヶ浦の生態系サービスの経済評価に関する調査研究

1 目的

多くの人々は霞ヶ浦から多様な恩恵（生態系サービス）を受けている。一方、霞ヶ浦流域には市街地や農地、森林等が広く分布しており、流域から56河川を経て霞ヶ浦へ流入している。霞ヶ浦から持続可能な生態系サービスを楽しむためには湖内だけで無く流域の状況も把握することが重要である。そこで霞ヶ浦流域の生態系サービスの項目を整理し、享受量の変遷と経済価値について検討する。

2 方法

生態系サービスの項目及び指標については、生物多様性と生態系サービスの総合評価報告書（JB02）で評価されている項目や指標を参考にし、供給・調整・文化的の3つのサービスに分類した（基盤サービスについては、今回は対象から除外した）。

項目や指標については、既存の統計資料等から抽出した。

経済価値の算出については、実際に市場に流通しているものについては市場価格で代替した。それ以外のものについては代替となる原単位に物量を乗ずることで算出した。

享受量の変遷の評価対象期間として1945年から2016年のデータを利用した。経済評価の評価対象期間として現在の価値を評価することとし、1996年から2016年のデータから算出した。

3 結果の概要

(1) 享受量の変遷（図1、表1）

流域の水供給（工業用水や水道用水）は減少傾向であった。一方で霞ヶ浦湖内からの水供給は増加傾向であり、用水量も湖内の方が非常に多かった。流域よりも湖の水利用の寄与が大きいことが明らかとなった。

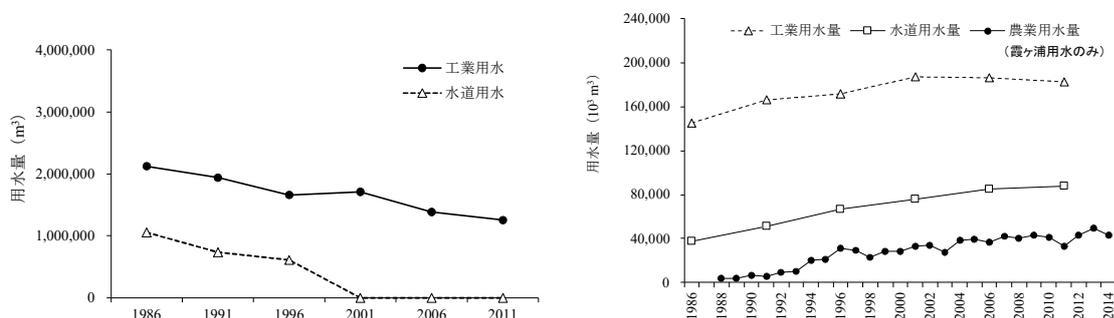


図1 供給サービスの水供給の享受量の推移の比較（左：流域、右：湖内）

(2) 経済価値（表1）

供給サービスで2,259.3億円/年、調整サービスで958.9億円/年、文化的サービスで131.1

億円/年と見積もられた。供給サービスや調整サービスで高い傾向がみられた。文化的サービスは貨幣換算できない項目が多かった。

(3) 課題

- ・霞ヶ浦流域で把握できず、県全体の値から流域面積で按分したりすることで推計した項目が多かった。正確に霞ヶ浦流域における享受量を把握するためには、市町村やそれよりも細かい単位で把握する必要がある。
- ・基盤サービスの項目を把握することができなかった。流域の基盤サービスを検討する必要がある。
- ・文化的サービスの多くの指標について経済価値を算出することができなかった。代替法以外の手法で検討する必要がある。

表1 霞ヶ浦流域の生態系サービスの享受量の変遷と経済価値

項目	中項目	小項目	指標	享受量 変遷	経済価値 (億円/年)	
供給サービス	食糧・ 原材料	農産物	水稲	↘	347.1	
			小麦	↘	881.7	
			大豆	↗		
			野菜	↘		
			果実	↘		
		畜産	出荷頭数(牛)	↘	181.0	
			生乳	↘	211.0	
			出荷頭数(豚)	↘		
			出荷頭数(ブロイラー)	↘		
		木材等	鶏卵	—	265.0	
			木材	木材	↘	14.1
				薪	↘	
				木質粒状燃料	↗	
			原材料	竹材	↘	
	木炭	↘				
	特用林産物	繭	↘			
		たけのこ 椎茸(原木栽培)	↘			
水供給	取水量 (流域河川)	農業用水	—	357.9		
		工業用水	↘	1.5		
		水道用水	↘	0.0		
調整サービス	水の 調整	地下水涵養	地下水涵養量	↗	1.0	
		水質浄化	全窒素吸収量	↘	832	
	気候・大気環境の調整	全リン吸収量	↘	—		
		CO ₂ 固定	植生によるCO ₂ の吸収量	—	1.1	
		潜熱効果	植生による蒸発散量	→	—	
		大気浄化	NO _x 吸収量	↗	1.3	
	土壌の調整	SO _x 吸収量	↘	0.1		
		土壌流出防止	土壌流出防止量	→	104.0	
	自然災害の 防護	栄養塩保持	可給態窒素維持量	→	1.2	
		洪水調節	可給態リン酸維持量	↗	7.7	
文化サービス	教育	表層崩壊防止	ピーク流量の抑制	↘	10.5	
		安全率の上昇	→	—		
	景観、観光・ レクリエーション	子供の遊び場報告数	—	—		
		環境NGO・NPO登録団体数	—	—		
		観光客入込数	—	131.1		
伝統芸能・ 伝統工芸	伝統的祭り・文化・芸能の保存が行われている農業集落数	—	—			
	酒類	酒類生産量	↗	—		
酒蔵・濁り酒製成場・地ビール製成場の数		↘	—			

1-11 農業環境負荷低減研究事業

1 目的

混合たい肥複合肥料は、有機質肥料と化成肥料を混合した肥料であり、平成24年度に肥料取締法が改正されて流通が可能になった。今後、混合たい肥複合肥料の流通が増加することが考えられるため、本事業では、畑地における環境負荷を調査した。

2 方法

(1) 現地実証調査

- ・調査圃場：茨城県農業総合センター農業研究所内 216 号圃場（茨城県水戸市上国井）
- ・調査期間：令和元年 11 月～令和 2 年 6 月
- ・基肥施用日および基準施用量：令和元年 11 月 20 日、 $N-P_2O_5-K_2O=8-10-10$ kg/10a
- ・追肥施用日および施用量：令和 2 年 3 月 19 日、 $N-P_2O_5-K_2O=4-0-0$ kg/10a
- ・作付作物：大麦（カシマゴール）
- ・播種日、出穂期及び収穫日：令和元年 11 月 21 日播種、翌年 4 月 16 日出穂、6 月 2 日収穫
- ・調査項目：TN、 NO_3-N 、 NO_2-N 、 NH_4-N 、TP、 PO_4-P
- ・調査方法：圃場に埋設したポーラスカップを用いて浸透水を採取した。降雨後に 1 区あたり 2 本を地表下 30 cm、50 cm 部から採取した。
- ・試験区の構成
 - (1) 混合たい肥標準区：混合たい肥複合肥料（ $N-P_2O_5-K_2O=8-10-8$ ）を窒素で 8kg/10a となるように基肥に施用し、不足するリン、カリは単肥（過リン酸石灰、塩化カリ）で補った。
 - (2) 化成標準区：基肥に化成肥料（オール 14）を用いた。他は混合たい肥標準区に同じ。
 - (3) 化成+たい肥標準区：豚ふんたい肥（ $N-P_2O_5-K_2O=3.5-7.0-2.2$ ）を基肥窒素の 50%分施用し、残りをオール 14 および単肥で補った。
 - (4) 無窒素区：窒素は無施用。リン、カリのみ単肥で施用。
 - (5) 混合たい肥倍量区：混合たい肥複合肥料を基肥に窒素で倍量（16kg/10a）施用した。
 - (6) 化成倍量区：化成肥料を基肥に窒素で倍量施用した。
 - (7) 化成+たい肥倍量区：豚ふんたい肥と化成肥料を窒素 8kg/10a ずつ基肥に施用。不足するカリは単肥で補った。
- ※ (5)～(7)ではリンが、(5)(6)ではカリが基肥基準施肥量を上回った。
- ※ 追肥は(1)～(3)区に硫酸を施用した。

補表 試験区の構成

試験区の標記	基肥窒素に使用した肥料	窒素標準量 8kgN/10a	窒素倍量 16kg/10a
混合たい肥	混合たい肥複合肥料	(1)	(5)
化成	オール 14	(2)	(6)
化成+たい肥	オール 14 と豚ふんたい肥	(3)	(7)
無窒素	窒素は無施用		(4)

(2) 浸透水の分析方法

ポーラスカップにより採取した浸透水について、TN 及び TP は連続流れ分析装置 (BLTEC SWAAT28) を用いて JIS K 0170 に従い測定した。NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、PO₄-P は、連続流れ分析装置 (SEAL QuAAtro2-HR) を用いて測定した。

3 結果の概要

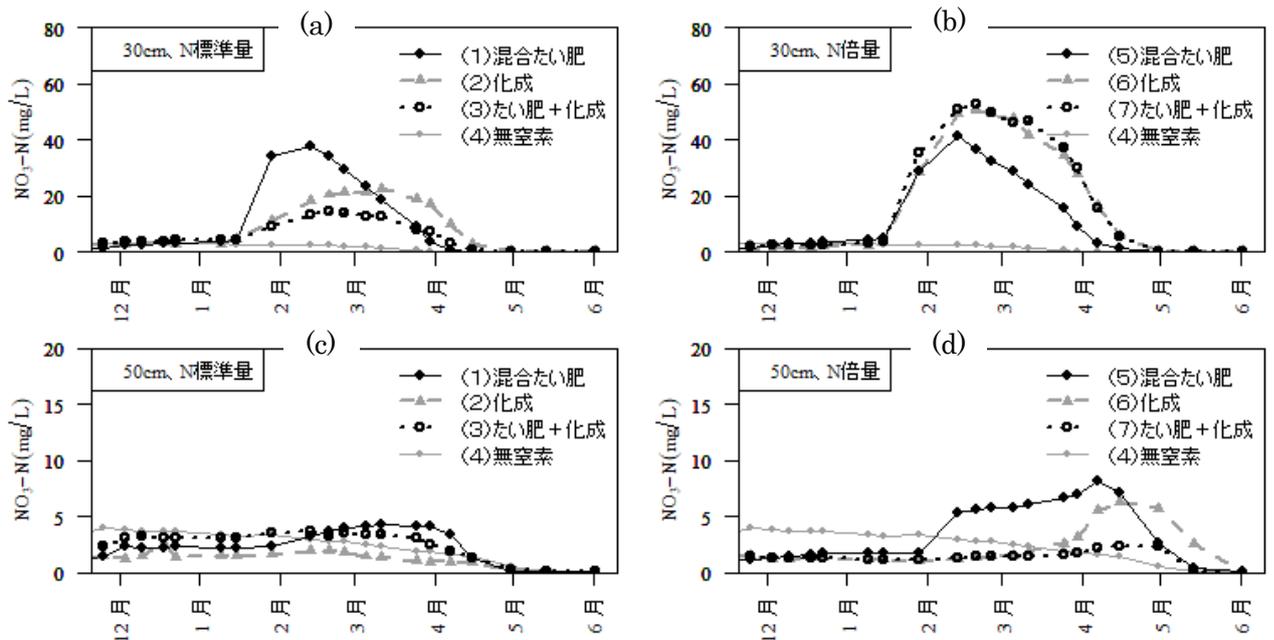


図1 浸透水の硝酸態窒素濃度

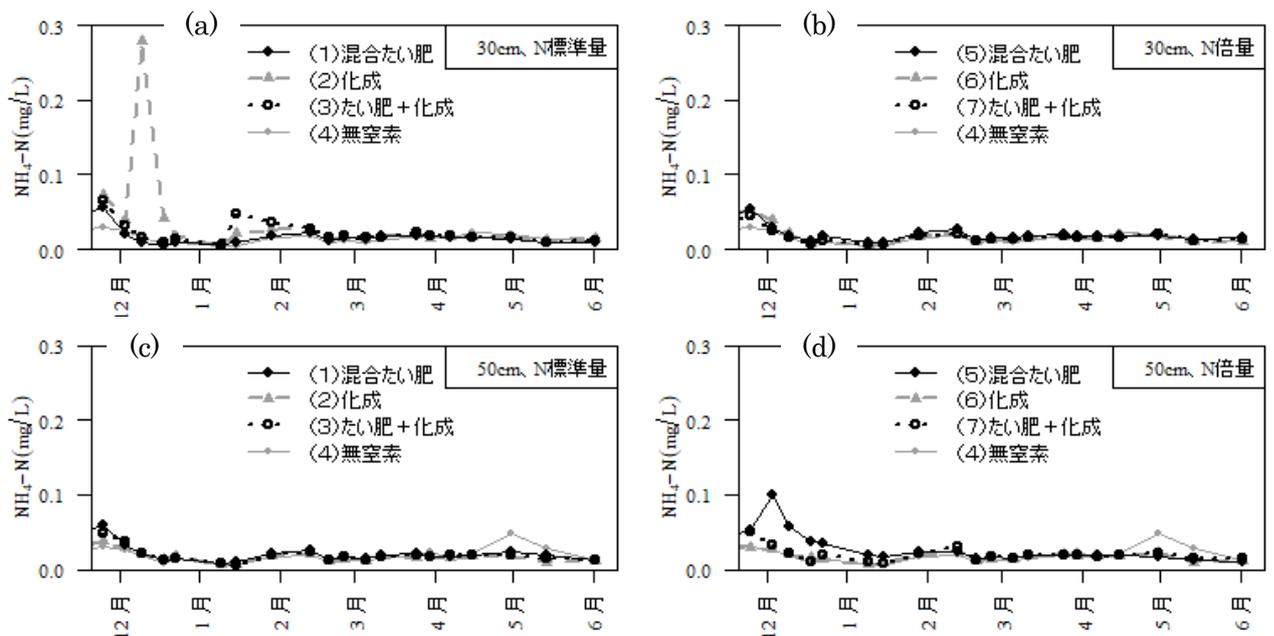


図2 浸透水のアンモニア態窒素濃度

浸透水の硝酸態窒素濃度を図 1 に、アンモニア態窒素濃度を図 2 に示した。

各図で、上段 ((a)および(b)) は地表下 30cm、下段 ((c)および(d)) は地表下 50cm の浸透水濃度を示した。また、左側 ((a)および(c)) は窒素標準量 (試験区 (1) ~ (4))、右側 ((b)および(d)) は窒素倍量各区 (試験区 (4) ~ (7)) の浸透水濃度を示した。

(1) 浸透水の硝酸態窒素濃度について

図 1 (a) の地表下 30cm の浸透水硝酸態窒素濃度で、(1) 混合たい肥標準区は 1 月下旬から上昇し、2 月上旬に 40mg/L 程度でピークを迎えたのち漸減する傾向が見られた。窒素倍量区 (図 1 (b)) の (5) 混合たい肥倍量区でも同様の傾向が見られたことから、混合たい肥複合肥料は窒素成分の溶出が早いものと考えられる。

図 1 (c) の地表下 50cm の硝酸態窒素濃度に (1) ~ (4) で明瞭な差は見られず、窒素標準量では下層への溶脱は認められなかった。

なお、図 1 (d) の地表下 50cm では、(5) 混合たい肥倍量区で 2 ~ 4 月に、(6) 化成倍量区で 4 ~ 5 月に硝酸態窒素濃度の上昇がみられ、下層への溶脱が懸念される。

(2) 浸透水のアンモニア態窒素濃度について

図 2 (a) の (2) 化成標準区で一時的な上昇がみられたほかには、浸透水のアンモニア態窒素濃度に各区の差は見られなかった。

すなわち、アンモニア態窒素濃度に、基肥施用窒素量の差 (図 2 (a) と (b))、地表下浸透の差 (図 2 (a) と (c) および (b) と (d)) は見られなかった。

1-12 北浦モデル地区における浄化効果検証に関する調査研究

1 はじめに

北浦流域モデル地区の河川や排水路の水質を調査し、単独処理浄化槽から高度処理型浄化槽（NP型浄化槽）への転換による北浦流入河川等の水質改善の効果を検証する。

2 方法

(1) 定期調査

① 調査期間

令和2年5月から令和3年3月まで（河川Rは8月から実施）

② 調査地点と調査回数（図1）

巴川2地点（T-R、T1）、雁通川5地点（G-R、G1、G2、G3、G4）、武井川3地点（TA-R、TA1、TA2）及び中里川3地点（N-R、N1、N2）の計13地点を月1回（R:本川、1～4:排水路）

③ 分析項目

流量、化学的酸素要求量（COD）、全窒素（TN）、各態窒素（NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N）、全りん（TP）、りん酸態りん（PO₄-P）等

(2) 詳細調査

① 調査日

【平日】令和2年10月29日（木）、令和3年2月18日（木）及び3月5日（金）

【休日】令和2年10月4日（日）、令和3年2月7日（日）及び3月20日（土）

② 調査地点

定期調査と同様

③ 調査方法

平日及び休日ともに午前0時から21時までの3時間間隔で調査を行った。各時間の採水は上流側から順に行った。

④ 分析項目

定期調査と同様

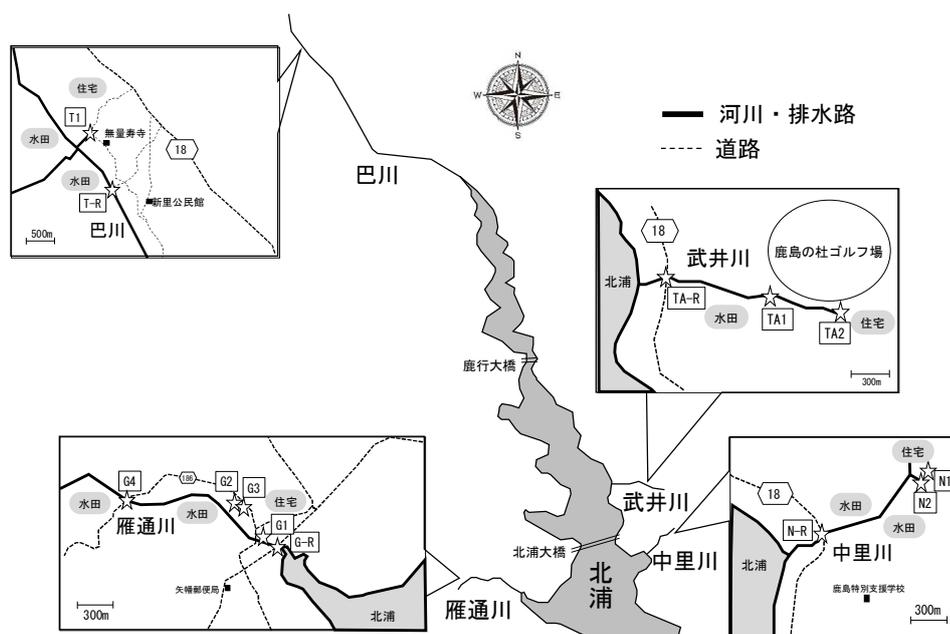


図1 調査地点

3 結果と考察

(1) 定期調査

① 本川

流量はT-Rで多く9月以降減少した。他の河川は横ばいで推移した(図2)。

COD濃度や全りん濃度は全ての河川において横ばいで推移した。全窒素濃度は横ばい、もしくは上昇傾向がみられた(図3~5)。

COD、全窒素、全りん負荷量は全ての河川で流量に応じて推移した(図6~8)。

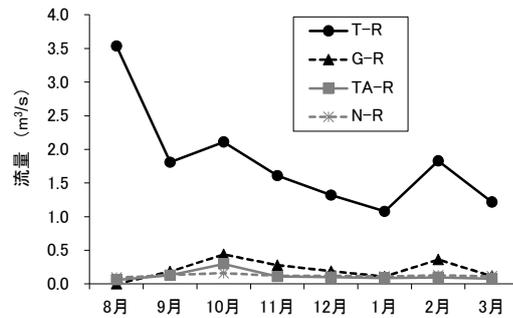


図2 流量の経月変化

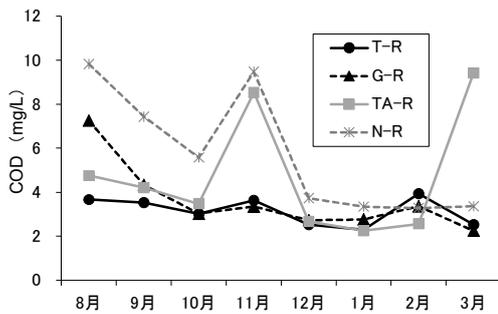


図3 COD濃度の経月変化

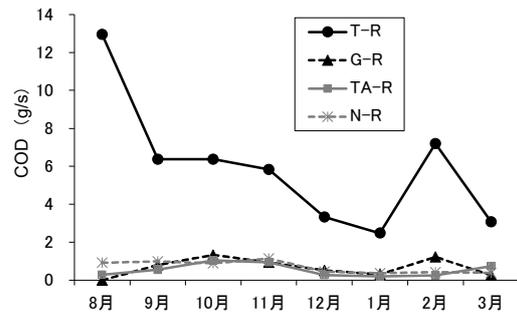


図6 COD負荷量の経月変化

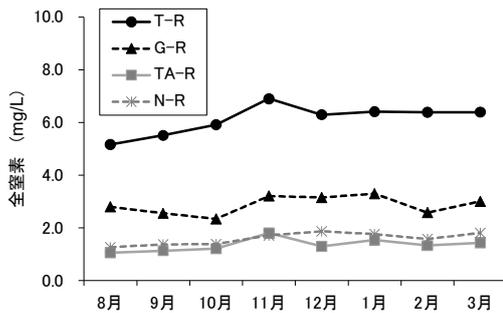


図4 全窒素濃度の経月変化

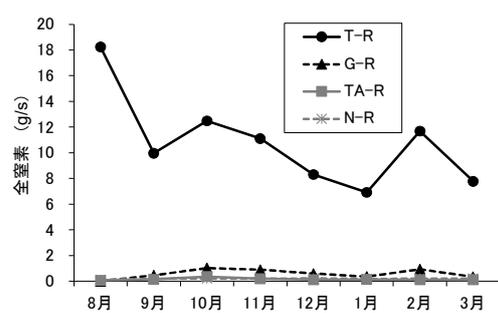


図7 全窒素負荷量の経月変化

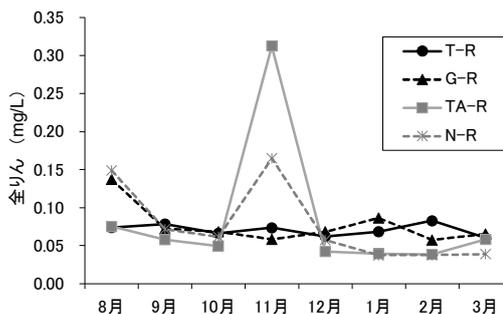


図5 全りん濃度の経月変化

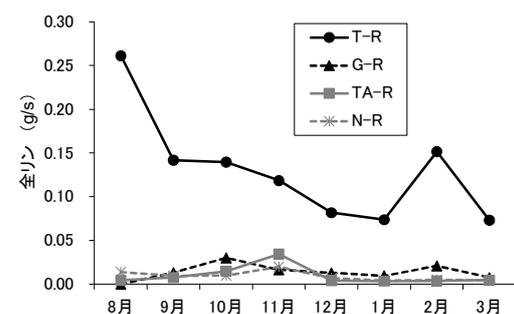


図8 全りん負荷量の経月変化

② 排水路

流量は、G4 で7月まで多く 8月以降減少した（図9）。

COD濃度は、G2 やN1、全窒素濃度はT1 やN1、全りん濃度はG2、G3、N1 で高濃度で推移した（図10~12）。

COD、全窒素、全りん負荷量は全ての河川で流量に応じて推移した（図13~15）。

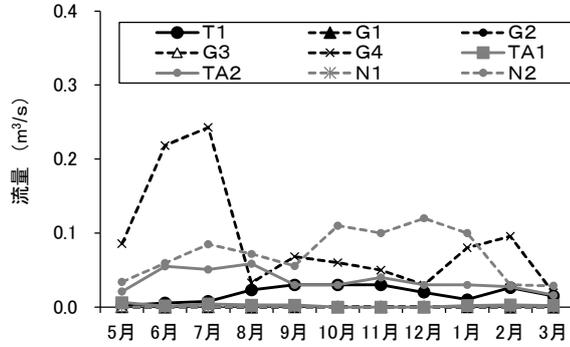


図9 流量の経月変化

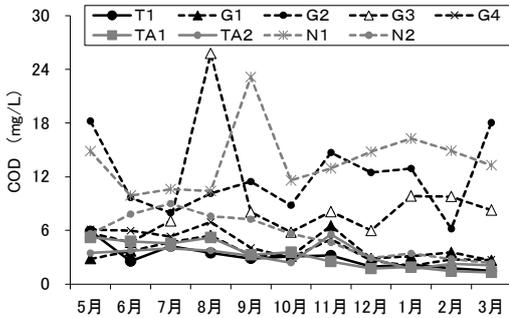


図10 COD濃度の経月変化

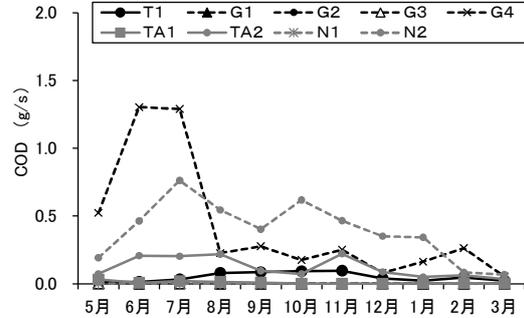


図13 COD負荷量の経月変化

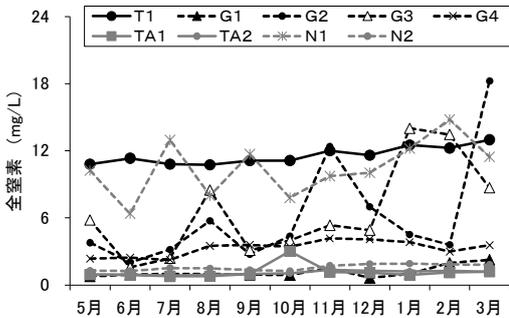


図11 全窒素濃度の経月変化

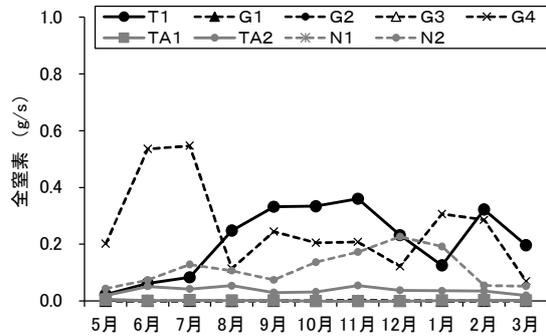


図14 全窒素負荷量の経月変化

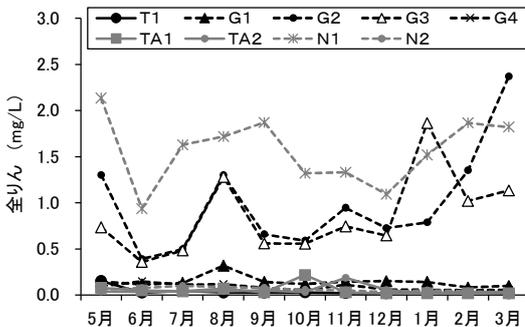


図12 全りん濃度の経月変化

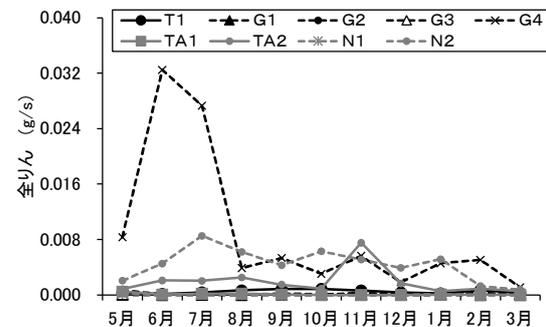


図15 全りん負荷量の経月変化

(2) 24 時間調査 (10 月)

① 本川

流量は、平日、休日ともに T-R で多いものの、全ての河川で横ばいで推移した (図 16、20)。

COD 濃度は平日、休日ともに N-R で高く横ばいで推移した。COD 負荷量は平日、休日ともに T-R で大きく横ばいで推移した (図 17、21)。

全窒素濃度及び負荷量は平日、休日ともに T-R で高いものの横ばいで推移した (図 18、22)。全りん濃度は G-R が平日で高かったが、休日は低濃度で推移した (図 19、23)。

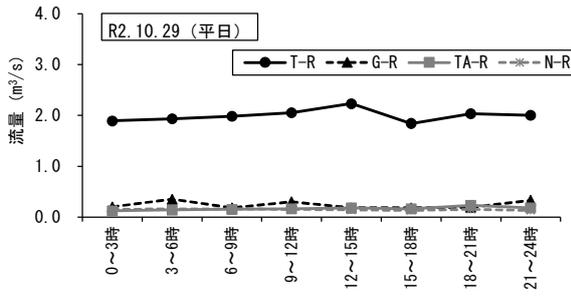


図 16 流量の経時変化 (平日)

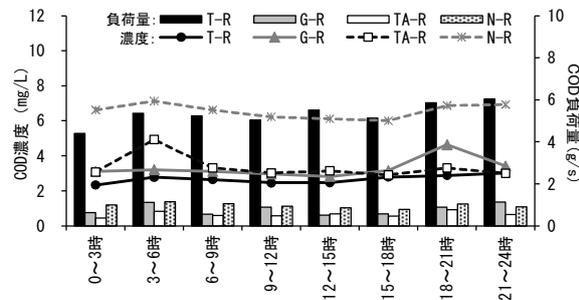


図 17 COD 濃度及び負荷量の経時変化 (平日)

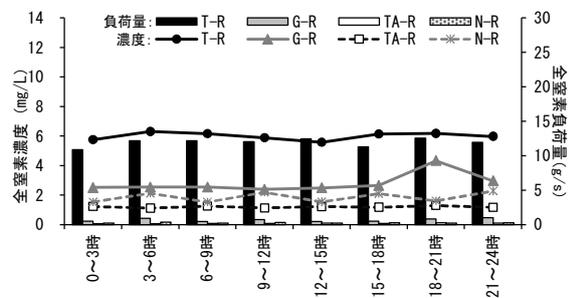


図 18 全窒素濃度及び負荷量の経時変化 (平日)

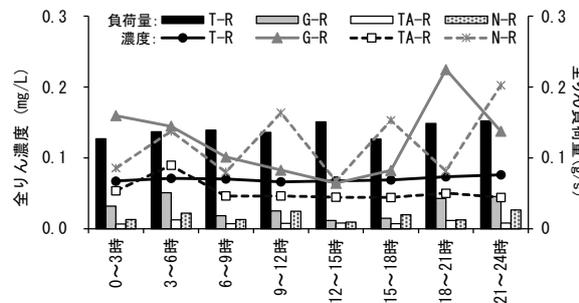


図 19 全りん濃度及び負荷量の経時変化 (平日)

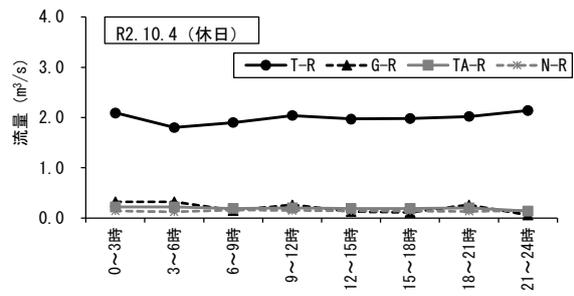


図 20 流量の経時変化 (休日)

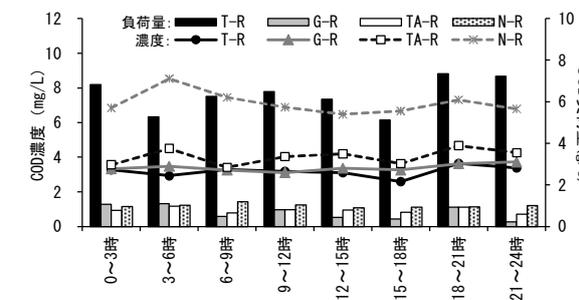


図 21 COD 濃度及び負荷量の経時変化 (休日)

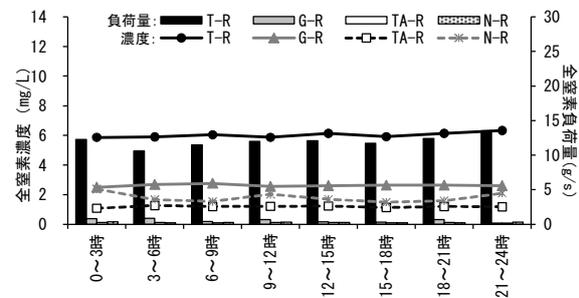


図 22 全窒素濃度及び負荷量の経時変化 (休日)

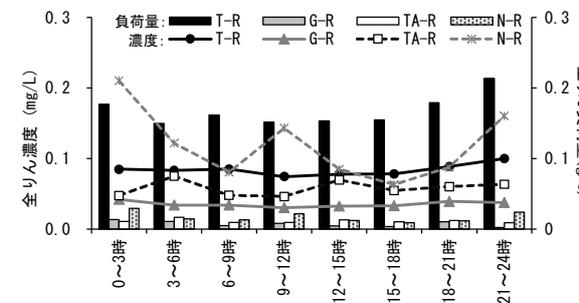


図 23 全りん濃度及び負荷量の経時変化 (休日)

② 排水路

流量は、平日は N2 で多かったが、休日は減少した。TA1 や N1 ではほとんど観測されなかった (図 24、28)。よって、濃度の変動のみを以下に示した。

COD 濃度は平日、休日ともに G2、N1 で高く、N1 は 18 時以降上昇する傾向があった (図 25、29)。

全窒素濃度は平日、休日ともに T1、N1 で高く、時間変動はみられなかった (図 26、30)。

全りん濃度は平日、休日ともに G2、N1 で高く、G2 は 18 時以降上昇する傾向があった (図 27、31)。

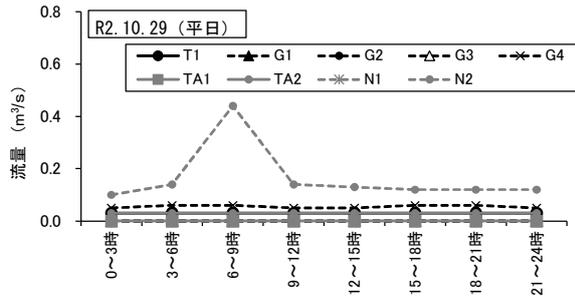


図 24 流量の経時変化 (平日)

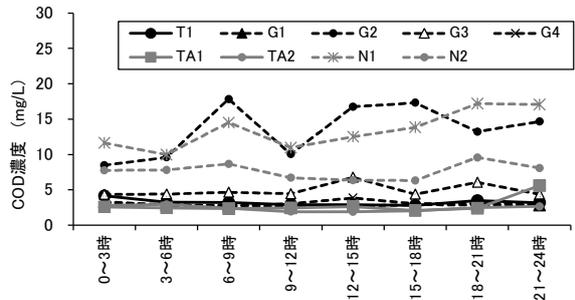


図 25 COD 濃度及び負荷量の経時変化 (平日)

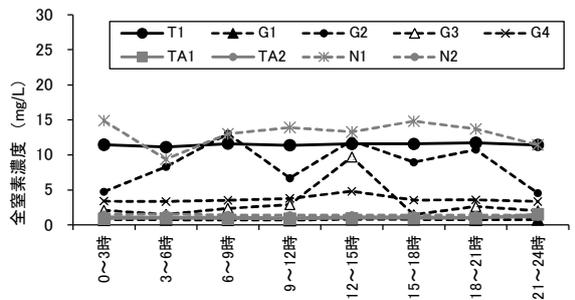


図 26 全窒素濃度及び負荷量の経時変化 (平日)

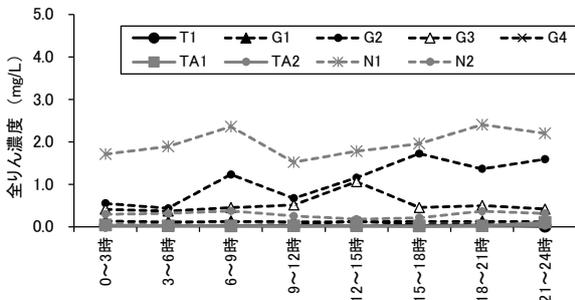


図 27 全りん濃度及び負荷量の経時変化 (平日)

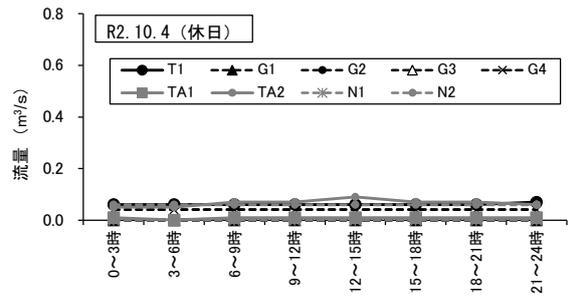


図 28 流量の経時変化 (休日)

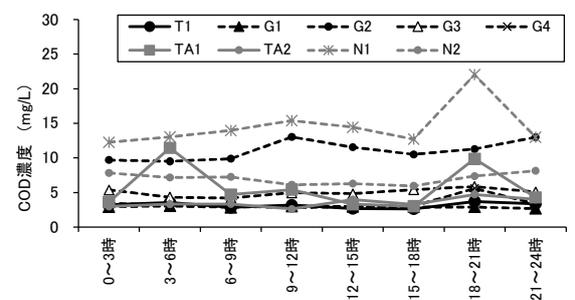


図 29 COD 濃度及び負荷量の経時変化 (休日)

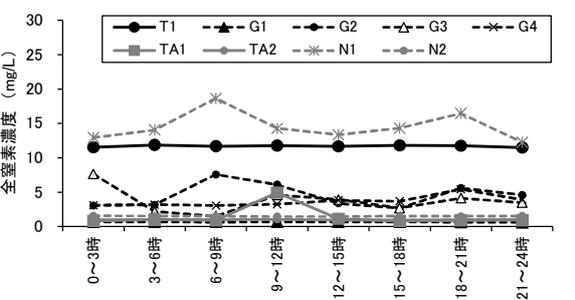


図 30 全窒素濃度及び負荷量の経時変化 (休日)

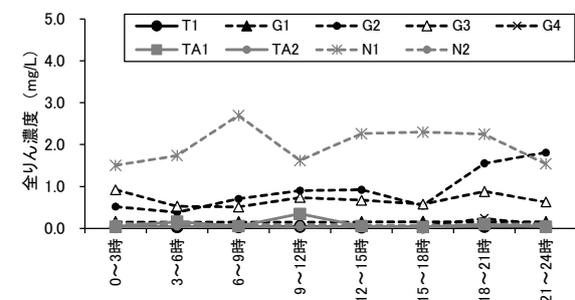


図 31 全りん濃度及び負荷量の経時変化 (休日)

1-13 流入河川の浄化効果検証に関する調査研究

1 はじめに

山王川流域で県が重点的に対策を実施する小規模事業所の規制強化対策について、山王川の水質や負荷量の経時的変動を調査し、対策による負荷削減効果を検証することを目的とした。

2 方法

(1) 定期調査

① 調査期間

令和2年4月から令和3年3月まで

② 調査地点と調査回数 (図1)

山王川本川4地点(St. 1、St. 2、St. 3及び所橋)及び流入水路2地点(St. a及びSt. b。9月から開始)を対象に月1回 ※降雨により9月のSt. 3及び所橋は欠測

③ 分析項目

流量、化学的酸素要求量(COD)、全窒素(TN)、各態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$)、全りん(TP)、りん酸態りん($\text{PO}_4\text{-P}$)等

(2) 24時間調査

① 調査日

【平日】令和2年12月15日(火)、令和3年2月19日(金)

【休日】令和2年12月13日(日)、令和3年2月20日(土)

② 調査地点：山王川本川4地点及び流入水路2地点 (図1)

St.1の上流には工業団地(地域A)が、St.2とSt.1の間には水田を含む小規模事業所及び住宅地(地域B)が、St.3とSt.2の間には駅を中心とした市街地(地域C)が分布している。所橋は環境基準点であり、山王川の最下流に位置する。

③ 調査方法

平日及び休日ともに午前0時から24時までの24時間について3時間間隔で調査を行った。各時間の採水は上流側から順に行った。

④ 分析項目

流量、化学的酸素要求量(COD)、全窒素(TN)、各態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$)、全りん(TP)、りん酸態りん($\text{PO}_4\text{-P}$)、直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩(LAS)等

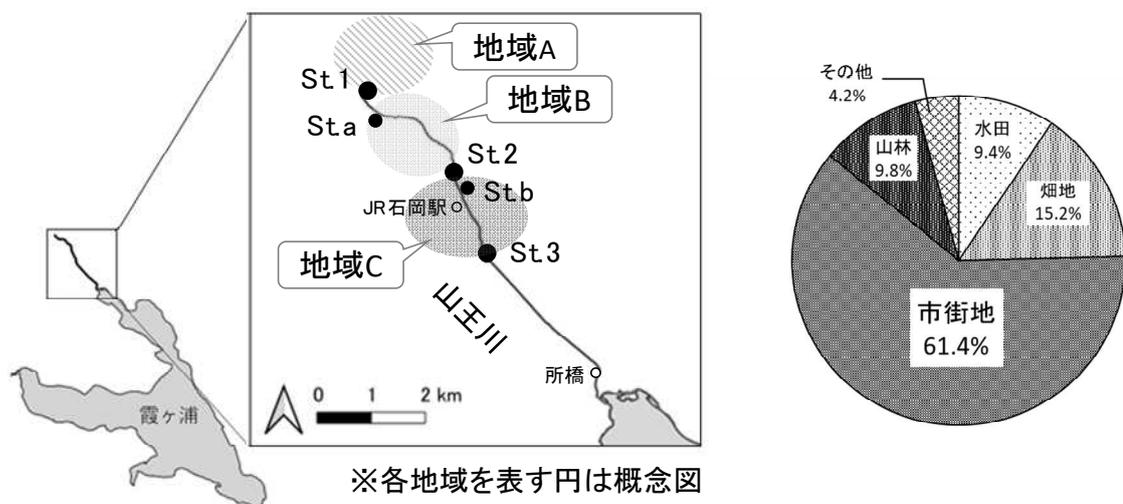


図1 山王川の調査地点及び土地利用状況 (2012年)

3 結果と考察

(1) 定期調査

流量と水質をかけることで地点毎の負荷量を算出した。また、本川の各地点の負荷量から上流地点の負荷量を差し引くことで以下のとおり地域の負荷量を算出した（図2～4）。

- ・ St. 1 の負荷量を「地域 A (St. 1)」
- ・ St. 2 から St. 1 を差し引いた負荷量を「地域 B (St. 1～St. 2間)」
- ・ St. 3 から St. 2 を差し引いた負荷量を「地域 C (St. 2～St. 3間)」

なお、所橋については霞ヶ浦の水位の影響を受けて正確な流量を把握できなかったため、St. 3～所橋の負荷量は算出しなかった（図5）。

さらに、令和2年4月～令和3年3月の上記の地域の流量と負荷量の平均値を算出した（表1）。

COD、全窒素及び全りんともに、11月までは地域A及び地域Bからの負荷量が多い傾向が見られた。また、地域Cからの負荷量は11月以降増加する傾向が見られた。

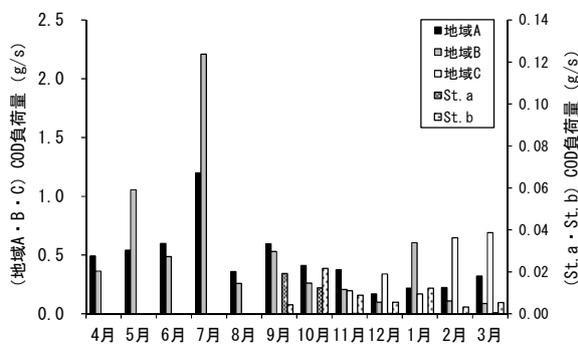


図2 COD負荷量の経月変化

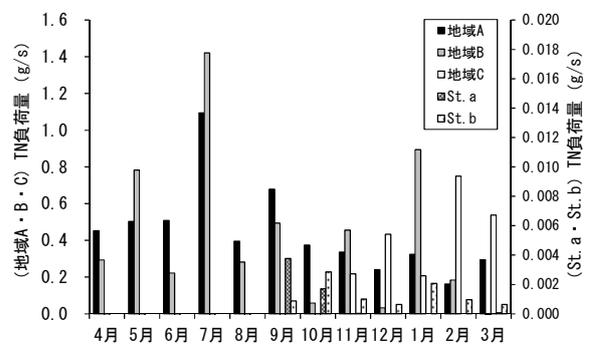


図3 全窒素負荷量の経月変化

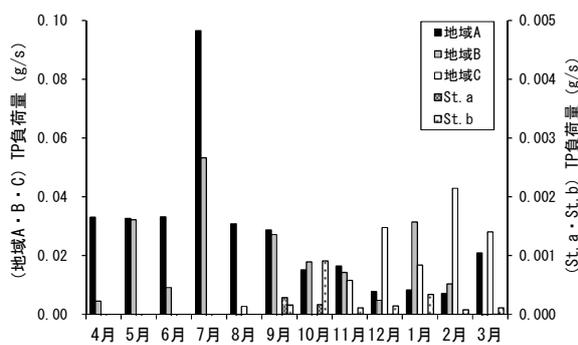


図4 全りん負荷量の経月変化

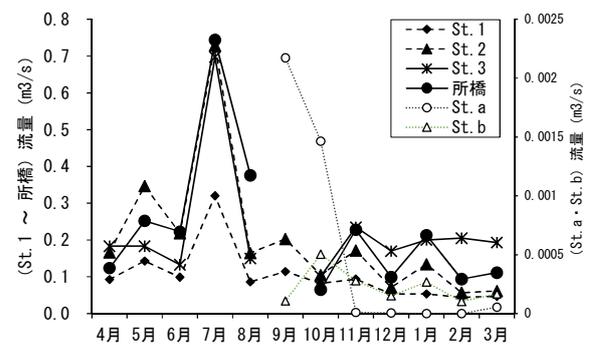


図5 流量の経月変化

表1 各地域の流量及び負荷量（令和2年4月～令和3年3月の平均値）

	地域 A (St. 1)	地域 B (St. 1～St. 2間)	地域 C (St. 2～St. 3間)	St. a	St. b
流量 (m³/s)	0.10	(St. 2) 0.20	(St. 3) 0.22	0.0005	0.0002
COD (g/s)	0.46	0.52	0.19	0.0046	0.0087
全窒素 (g/s)	0.45	0.43	0.20	0.0008	0.0013
全りん (g/s)	0.028	0.017	0.012	0.00006	0.00026

(2) 24時間調査 (12月)

平日について、CODの負荷量は、地域Aで時間帯に関わらずおおよそ一定の値で見られた。また、0時～2時及び15時～17時には、地域Cからの負荷量が地域Aからの負荷量を上回った。全窒素の負荷量は地域A及び地域Cの0時～2時に比較的大きくなり、全りん負荷量は18時以降を除き地域Cで大きい傾向が見られた。(図6、8、10)。

休日については、全項目で地域Aの負荷量が大きく、特に18時以降に大きくなる傾向がみられた(図7、9、11)。

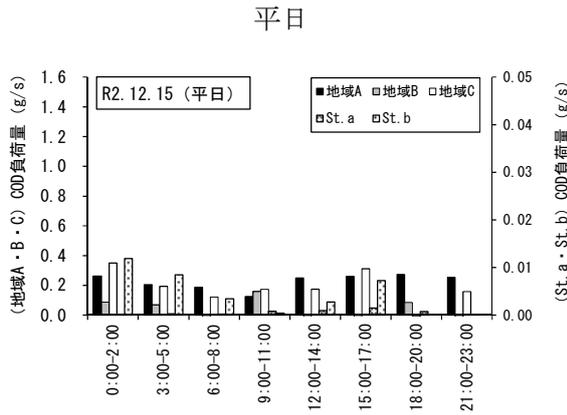


図6 COD負荷量の時間変化(平日)

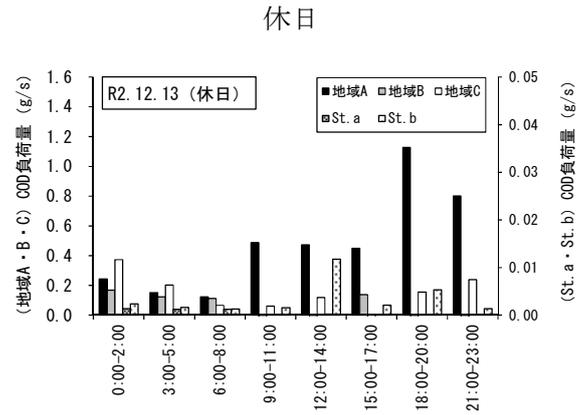


図7 COD負荷量の時間変化(休日)

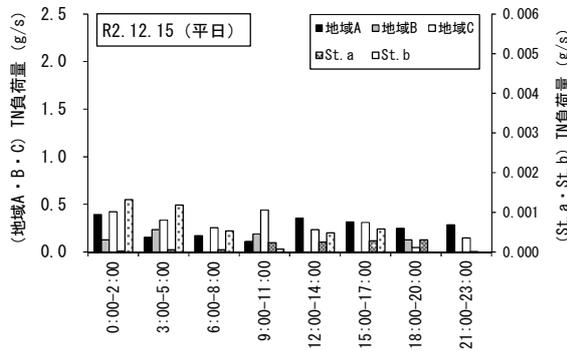


図8 全窒素負荷量の時間変化(平日)

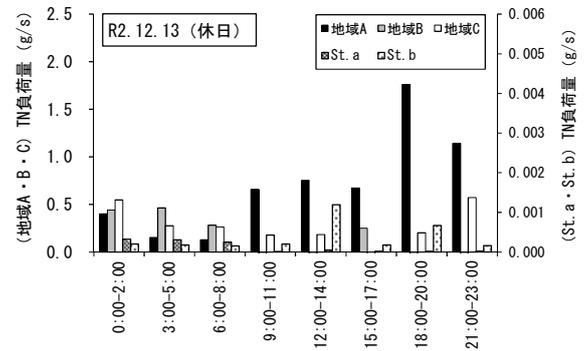


図9 全窒素負荷量の時間変化(休日)

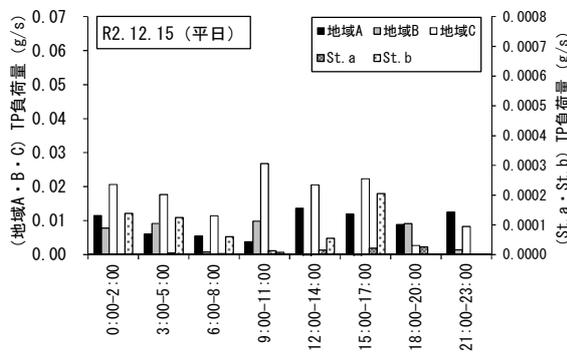


図10 全りん負荷量の時間変化(平日)

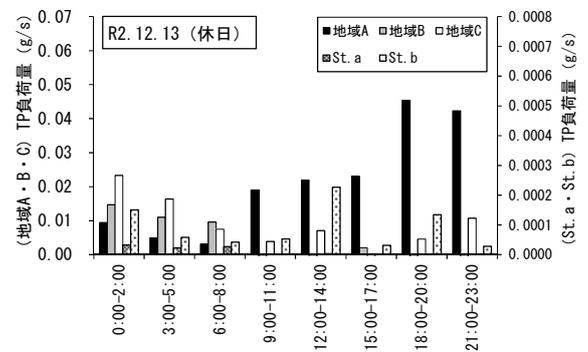


図11 全りん負荷量の時間変化(休日)

(3) 24時間調査（2月）

平日については、全項目で地域A及び地域Bからの負荷量が大きくなった。地域Aからの負荷量は6時～9時以降増加し、15時～18時に最も大きくなった（図12、14、16）。

休日については、全項目で地域Aからの負荷量が大きくなったが、18時以降は地域B及び地域Cからの負荷量も増加した。地域Aからの負荷量は15時～17時に最も大きくなった（図13、15、17）。

なお、12月と比較すると、平日については地域Aからの全りんの負荷量は比較的増加し、地域Cからの各負荷量は比較的減少した。休日については全体的に地域Aからの負荷量が減少した。

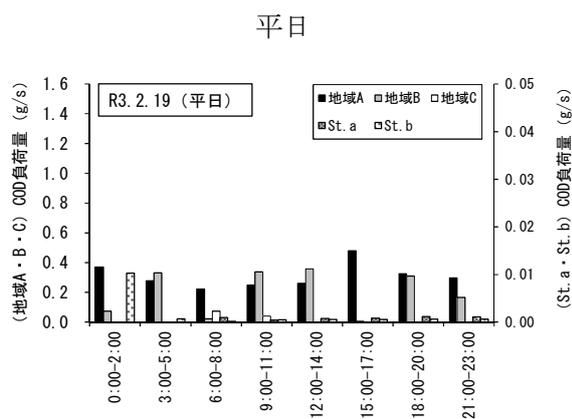


図12 COD負荷量の時間変化（平日）

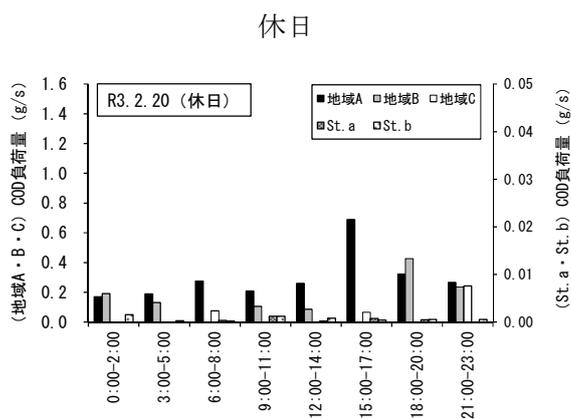


図13 COD負荷量の時間変化（休日）

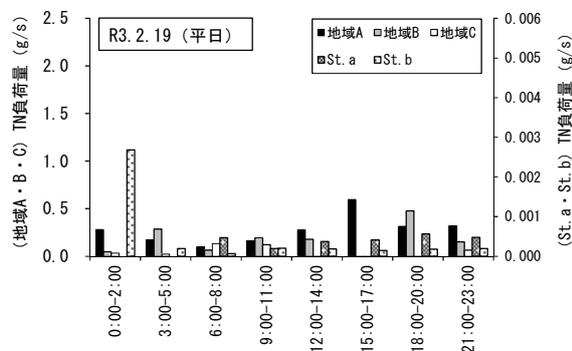


図14 全窒素負荷量の時間変化（平日）

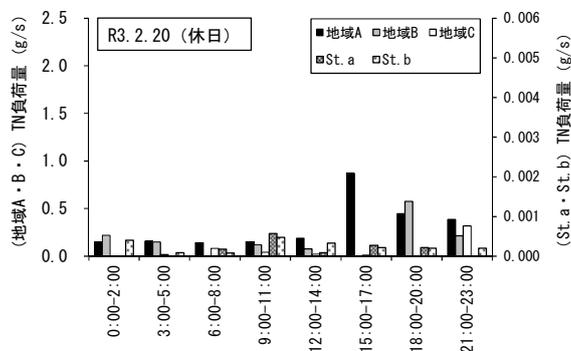


図15 全窒素負荷量の時間変化（休日）

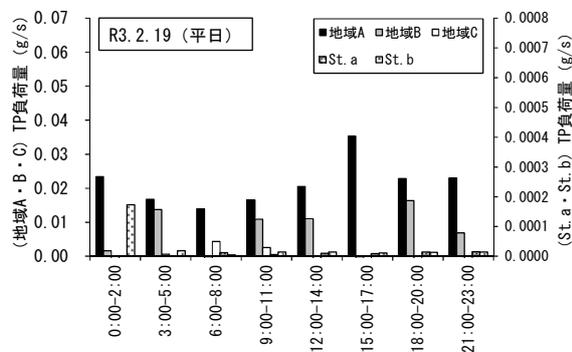


図16 全りん負荷量の時間変化（平日）

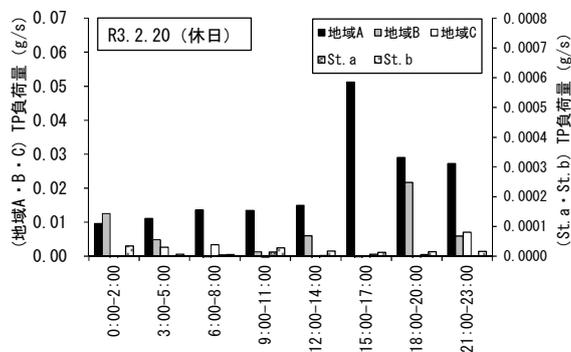


図17 全りん負荷量の時間変化（休日）

1-14 霞ヶ浦流域重点対策推進事業

1 はじめに

新川は土浦市街地を流れる霞ヶ浦流入河川であり、窒素やリンの濃度が高い状況が問題となっている。本事業では、新川の浄化を目的として上流部（土浦市虫掛）や西浦の新川河口付近の石田湖岸（土浦市手野町）に設置した浄化施設の水質改善効果を検証した。また、桜川から新川への浄化導水による新川の水質改善実験を実施した。

2 方法

(1) 新川定期調査

- ① 調査期間：令和2年4月から令和3年3月まで
- ② 調査地点と調査回数（図1）
本川7地点、支川1地点の合計8地点の表層水を対象に月1回、計12回
- ③ 分析項目
流量、浮遊物質（SS）、透視度、化学的酸素要求量（COD）、全窒素（TN）、各態窒素（NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N）、全りん（TP）、りん酸態りん（PO₄-P）等の合計16項目を対象とした。

(2) 石田湖岸浄化区の水質調査

- ① 調査期間：令和2年4月から令和3年3月まで
- ② 調査地点と調査回数（図1）
浄化区域内、区域外の各1地点の表層水を対象に月1回、計11回
(令和2年7月は霞ヶ浦の水が矢板を越え浄化区内に侵入したことにより、浄化施設の運転を4日間停止していたため除外した。)
- ③ 分析項目：流量を除き、(1)に同じ

(3) 桜川からの導水による水質改善効果検証調査（導水調査）

- ① 調査期間：秋季調査 令和2年10月21日～10月23日
冬季調査 令和3年2月3日～2月10日
- ② 導水ポンプ稼働条件
：調査第1日目の午前10時頃から24時間連続運転（ポンプ容量：9.0 m³/分/機）
- ③ 調査地点：桜川導水ポンプ取水口、新川本川4地点の合計5地点の表層水（図1）
- ④ 調査頻度：秋季調査 導水開始直前、導水終了時、導水終了後1日
冬季調査 導水開始直前、導水終了時、導水終了後1日、2日、6日
新川下流部 St. 15 に自動採水器を設置し、6時間間隔採水
- ⑤ 分析項目：(1)に同じ

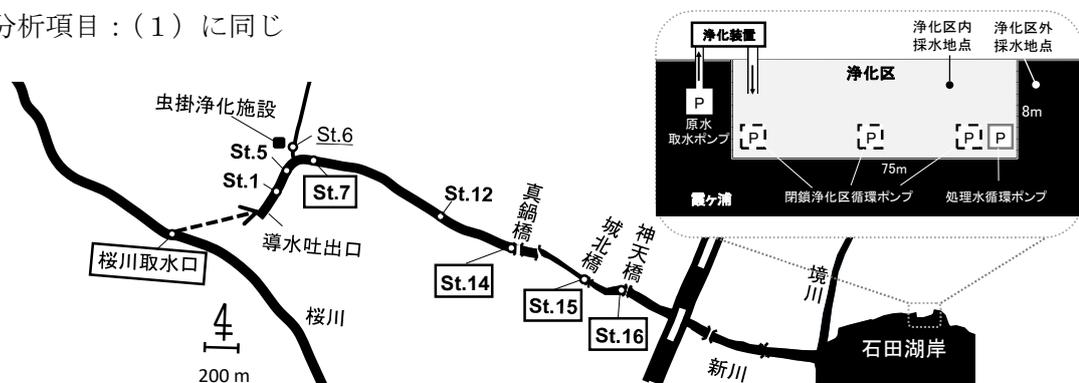


図1 新川と石田湖岸の調査地点

枠付きの調査地点は導水調査の調査地点、下線付きの調査地点は支川を示す

3 結果と考察

(1) 新川定期調査

各地点の水質の年平均値を表 1 に示す。SS や COD は、上流から下流にかけて、増加もしくは減少の傾向はみられなかった。TN、TP は、上流域である地点 St. 1 や St. 5 で高く、支川の St. 6 や、本川の St. 7 からの下流域で低下していた。

急激に水質が改善される St. 5 から St. 7 に注目し、TP、TN の濃度の経月変化を図 2 に示した。St. 6 を流れる支川は St. 5 と St. 7 の間で合流している。本川 St. 5 では、TP、TN 濃度は変動が大きく値も高かったが、St. 7 では急激に低下していた。St. 6 の流量は St. 5 の 6 倍近くあり、TP、TN 濃度は低かった。St. 7 の TP、TN 濃度の変動は St. 6 と同調していること、St. 7 の TP、TN 濃度は St. 5 と比べ大きく改善することから、St. 6 の流れる支川が下流に影響していることが考えられる。

表 1 新川各調査地点における水質の年平均値(令和 2 年度)

地点	流量 (m ³ /s)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	TN (mg/L)	DTN (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	TP (mg/L)	DTP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)
St. 1	0.008	10	8.2	6.04	5.87	0.59	0.12	4.27	1.937	1.770	1.745
St. 5	0.012	15	10.2	5.42	5.11	0.83	0.15	3.65	1.376	1.108	1.082
St. 6	0.096	20	7.9	4.06	3.83	2.15	0.06	0.69	0.316	0.154	0.106
St. 7	0.194	21	8.4	3.57	4.11	2.14	0.08	1.00	0.471	0.288	0.246
St. 12	0.232	19	7.9	3.58	3.39	2.23	0.08	0.66	0.277	0.110	0.085
St. 14	停滞*	14	6.9	3.30	3.27	2.18	0.08	0.63	0.221	0.085	0.063
St. 15	停滞*	13	7.3	3.33	3.21	2.21	0.07	0.51	0.206	0.079	0.055
St. 16	停滞*	14	9.2	3.15	2.84	2.04	0.06	0.34	0.198	0.073	0.040

*調査の過半数回で停滞が記録された地点を示す

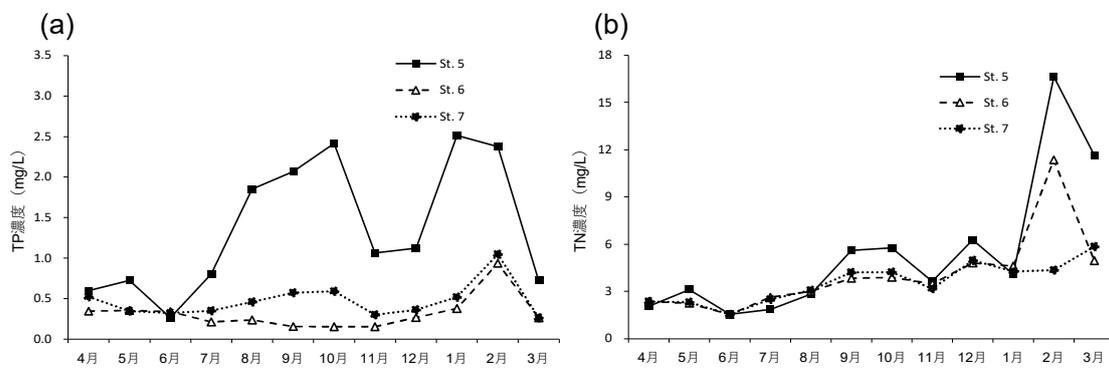


図 2 St. 5、St. 6、St. 7 の TP、TN 濃度の経月変化 (a)TP 濃度、(b)TN 濃度

(2) 石田湖岸浄化区の水質調査

石田湖岸の浄化区内外の平均値を表 2 に示す。浄化区内の濃度は浄化区外の霞ヶ浦の水質と比べて大幅に低下しており、水質が改善していた。SS、TN、TP において 50%以上の高い削減率を示しており、浄化区における浄化効果は高いと考えられる。

表 2 石田湖岸の浄化区内外の水質の平均値

地点	SS (mg/L)	COD (mg/L)	TN (mg/L)	DTN (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	TP (mg/L)	DTP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)
浄化区外	27	9.0	1.77	1.49	0.81	0.02	0.16	0.219	0.090	0.067
浄化区内	7	6.5	0.82	0.70	0.26	0.01	0.04	0.098	0.060	0.040
削減率	74%	28%	54%	53%	68%	50%	75%	55%	33%	40%

(3) 導水調査

① 秋季調査 (図3a、表3)

桜川の水質は、いずれの項目も新川の水質より低かった。導水ポンプを稼働させると、上流域の St. 7 では、導水終了時点ですべての項目の水質が約 15% 程度改善されていたが、終了後 1 日で効果は消失していた。一方で、下流域の 3 地点 (St. 14、St. 15、St. 16) では、導水終了時点で、元の水質と比べ最大で COD が 44% (St. 14)、TN が 24% (St. 15)、TP が 44% (St. 16) 低下した。さらに導水終了 1 日後も継続して水質が改善された状態を維持していた。

② 冬季調査 (図3b、表4)

桜川の水質は、いずれの項目も新川の水質より低かった。上流域の St. 7 では、導水終了時点で TN、TP の水質が改善されていたが、秋季調査と同様で終了後 1 日で効果は消失した。下流域の 3 地点 (St. 14、St. 15、St. 16) では、導水終了時で最大で COD が 35% (St. 14)、TN が 46% (St. 15)、TP が 54% (St. 15) 低下し、水質が改善されていた。St. 15 に設置した自動採水器の結果から、下流域での導水の効果は、導水開始から 12-18 時間の間に現れはじめ、導水終了後 3 日頃までに消失していると考えられる。

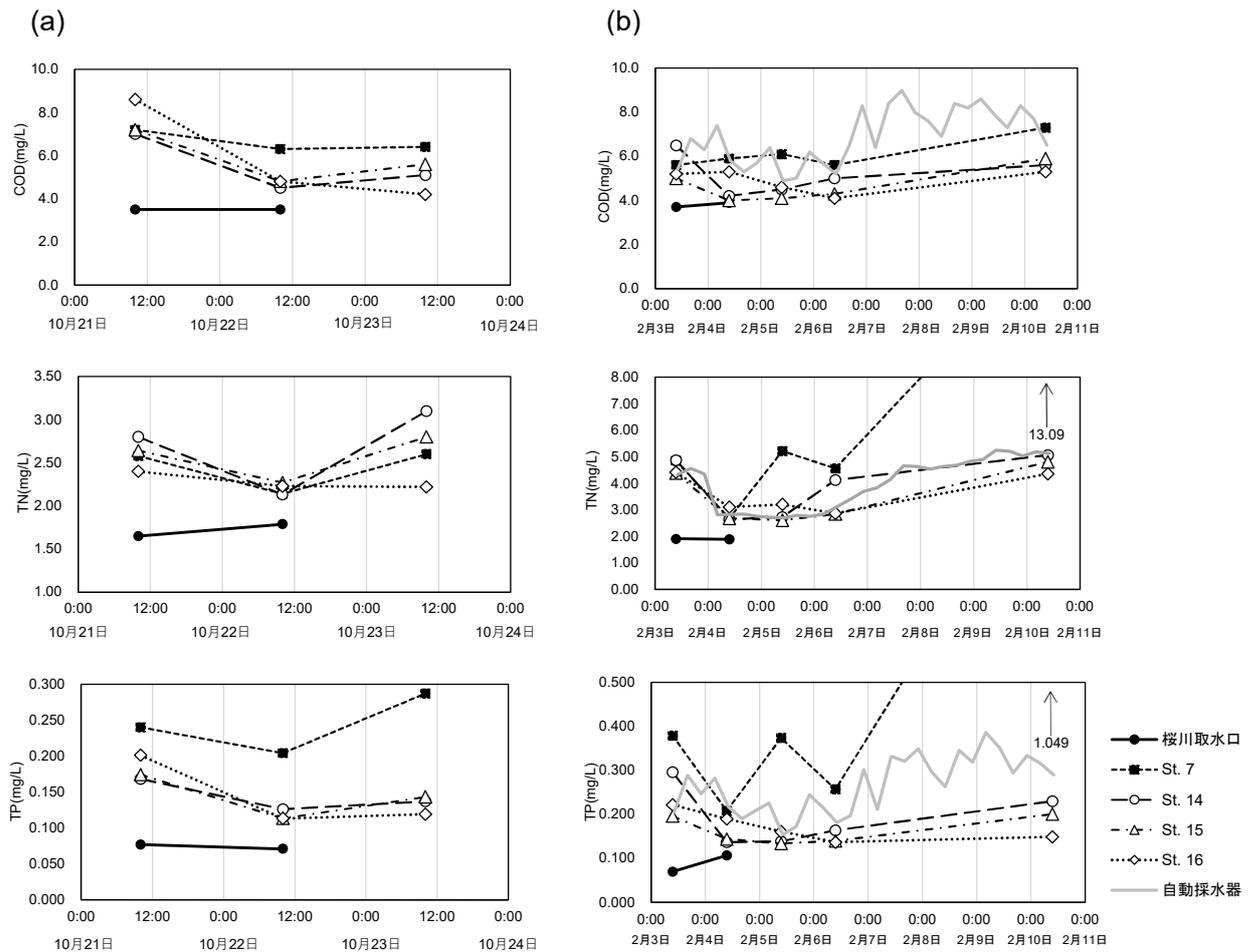


図3 各地点の水質の変化 (a) 秋季調査、(b) 冬季調査

表3 秋季調査における各地点の水質の変化（導水直前時からの低下率）

	地点名	導水直前	導水終了時	終了後1日		
COD (mg/L)	桜川取水口	3.5	3.5	—	—	—
	St. 7	7.2	6.3	13%	6.4	11%
	St. 14	7.0	4.5	36%	5.1	27%
	St. 15	7.2	4.8	33%	5.6	22%
	St. 16	8.6	4.8	44%	4.2	51%
TN (mg/L)	桜川取水口	1.65	1.79	—	—	—
	St. 7	2.58	2.14	17%	2.60	Δ1%
	St. 14	2.80	2.13	24%	3.10	Δ11%
	St. 15	2.64	2.27	14%	2.80	Δ6%
	St. 16	2.40	2.23	7%	2.22	7%
TP (mg/L)	桜川取水口	0.077	0.071	—	—	—
	St. 7	0.240	0.204	15%	0.287	Δ20%
	St. 14	0.168	0.126	25%	0.137	18%
	St. 15	0.174	0.113	35%	0.143	18%
	St. 16	0.201	0.113	44%	0.119	41%

表4 冬季調査における各地点の水質の変化（導水直前時からの低下率）

	地点名	導水直前	導水終了時	終了後1日	終了後2日	終了後6日				
COD (mg/L)	桜川取水口	3.7	3.9	—	—	—	—	—	—	—
	St. 7	5.6	5.9	Δ5%	6.1	Δ9%	5.6	0%	7.3	Δ30%
	St. 14	6.5	4.2	35%	4.5	31%	5.0	23%	5.6	14%
	St. 15	5.0	4.0	20%	4.1	18%	4.3	14%	5.9	Δ18%
	St. 16	5.2	5.3	Δ2%	4.6	12%	4.1	21%	5.3	Δ2%
TN (mg/L)	桜川取水口	1.91	1.89	—	—	—	—	—	—	—
	St. 7	4.85	2.68	45%	5.22	Δ8%	4.57	6%	13.09	Δ170%
	St. 14	4.88	2.64	46%	2.73	44%	4.13	15%	5.07	Δ4%
	St. 15	4.39	2.68	39%	2.61	41%	2.84	35%	4.81	Δ10%
	St. 16	4.42	3.11	30%	3.21	27%	2.87	35%	4.36	1%
TP (mg/L)	桜川取水口	0.070	0.107	—	—	—	—	—	—	—
	St. 7	0.379	0.208	45%	0.374	1%	0.257	32%	1.049	Δ177%
	St. 14	0.296	0.137	54%	0.139	53%	0.164	45%	0.230	22%
	St. 15	0.196	0.144	27%	0.134	32%	0.140	29%	0.201	Δ3%
	St. 16	0.222	0.190	14%	0.161	27%	0.137	38%	0.149	33%

1-15 霞ヶ浦農業環境負荷低減栽培技術推進事業

1 目的

霞ヶ浦への農業由来の環境負荷を削減するために、農業技術課及び農業総合センター、普及センター等と共同で、栽培技術の改良、普及、意識醸成及び広報活動に取り組んでいる。当センターではハス田から霞ヶ浦への現状の負荷状況を明らかにすることを目的とし、霞ヶ浦流域の主だった地区のハス田群を対象に、ハス田群への流入負荷量と、ハス田群からの流出負荷量を調査した。

2 方法

西浦湖岸の土浦市手野地区及び小美玉市下玉里地区のハス田群（図 1）において、流入・流出する水量及び水質の調査を行った。

(1) 調査地区

(A) 手野地区

- ・調査地区：土浦市手野地区（148.6ha）
- ・調査期間：平成 29 年 4 月～令和 3 年 3 月（以降も継続中）
- ・作付作物：レンコン
- ・備考：用水路から排水路へ常時直接水が流入。排水路と霞ヶ浦間の水門は通常は開放され、水位差により自然流入／流出する。また、各ほ場はコンクリート製の畦畔で区切られる

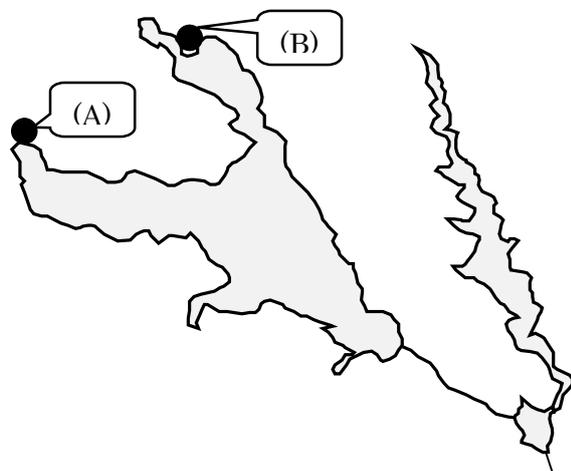


図 1 調査地区地図

(B) 下玉里地区

- ・調査地区：小美玉市下玉里地区（10.2ha）
- ・調査期間：平成 31 年 4 月～令和 3 年 3 月（以降も継続中）
- ・作付作物：レンコン
- ・備考：毎年 11 月下旬～3 月中旬は揚水機場の運転を休止する。用水口のない圃場もあり、上手のほ場から下手のほ場への田越しの水移動有り。排水路に多量の土砂が堆積。

(2) 調査項目

水量：機場揚水量は機場の運転記録から算出した。降水量は気象庁アメダスデータ（手野地区は土浦、下玉里地区は美野里）を用い、蒸発散量はペンマン法により求めた。また、収穫時の掘取水の量は文献値より年間 319mm とし、茨城県の東京都中央卸売市場への出荷数量比により各月ごとに案分した。その他の流入・流出水量は流速計等による測定値および差引により算出した。

水質：SS、COD（全量および溶存態）、窒素（全量、溶存態、アンモニア態、亜硝酸態、硝酸態）、リン（全量、溶存態、リン酸態）を分析

3 結果の概要

流入水量の合計は手野地区で約 3,600mm、下玉里地区で 2,500mm と、手野地区が多く、下

玉里地区が少なかった。手野地区は用水路からの流入が約 1,500mm と多く、そのため排水量も約 2,500mm と多くなった。下玉里地区は園部川からの取水量が約 900mm と少なく、排水量も約 1,300mm と少なくなったが、これは下玉里地区では 11 月下旬～3 月中旬の約 4 ヶ月間は揚水を行わないためと考えられる (図 1)。

各物質とも下玉里地区より手野地区の流入負荷量が多かった。排出負荷量は SS および COD で下玉里地区、窒素およびリンで手野地区の方が多く、差引排出負荷量は SS および COD で下玉里地区、窒素およびリンで手野地区の方が多くなった。特に SS で下玉里地区の排出が多かった (図 2)。

下玉里地区の排水は SS 濃度が高く、COD、窒素、リンでも懸濁態成分濃度が高かった。懸濁態成分を除くと、手野地区と下玉里地区で各物質濃度は同程度だった。なお、手野地区は下玉里地区に比べ硝酸態窒素濃度が高かった (図 3)。

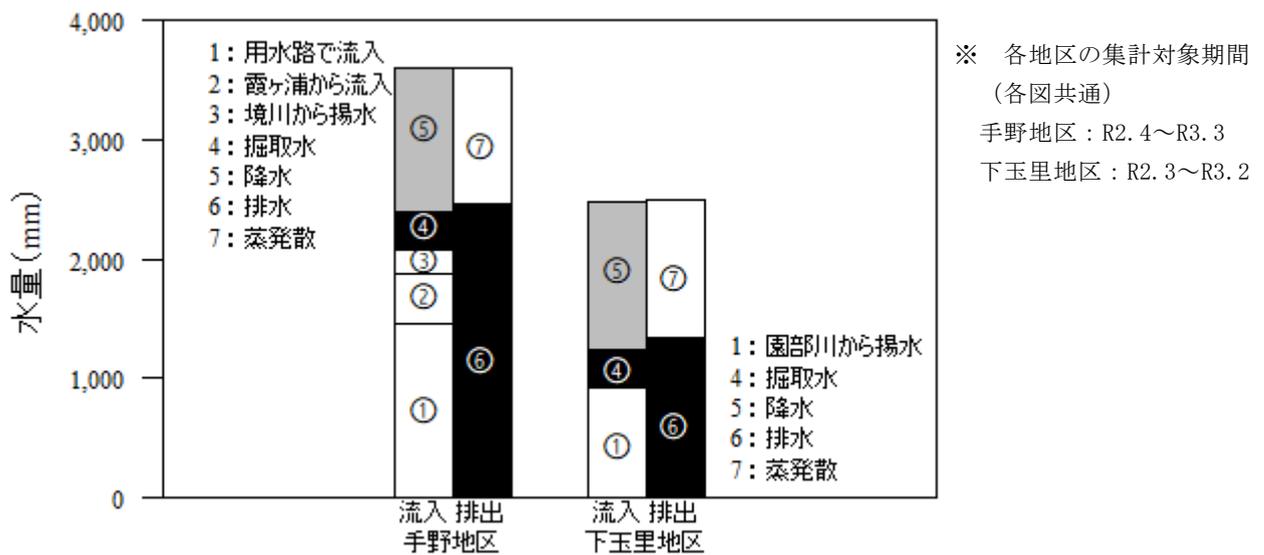


図 1 水収支

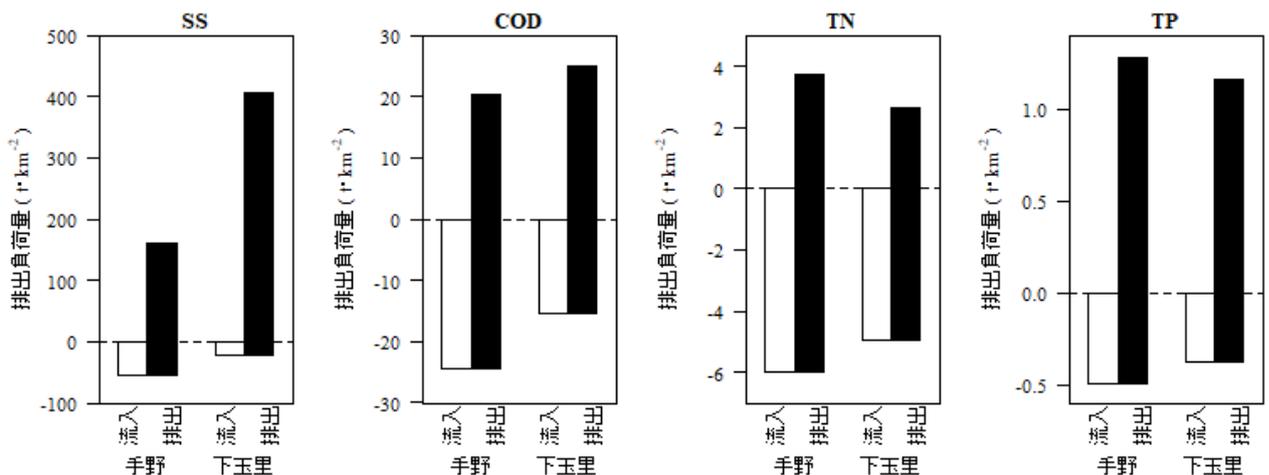


図 2 環境負荷物質の流入・排出量

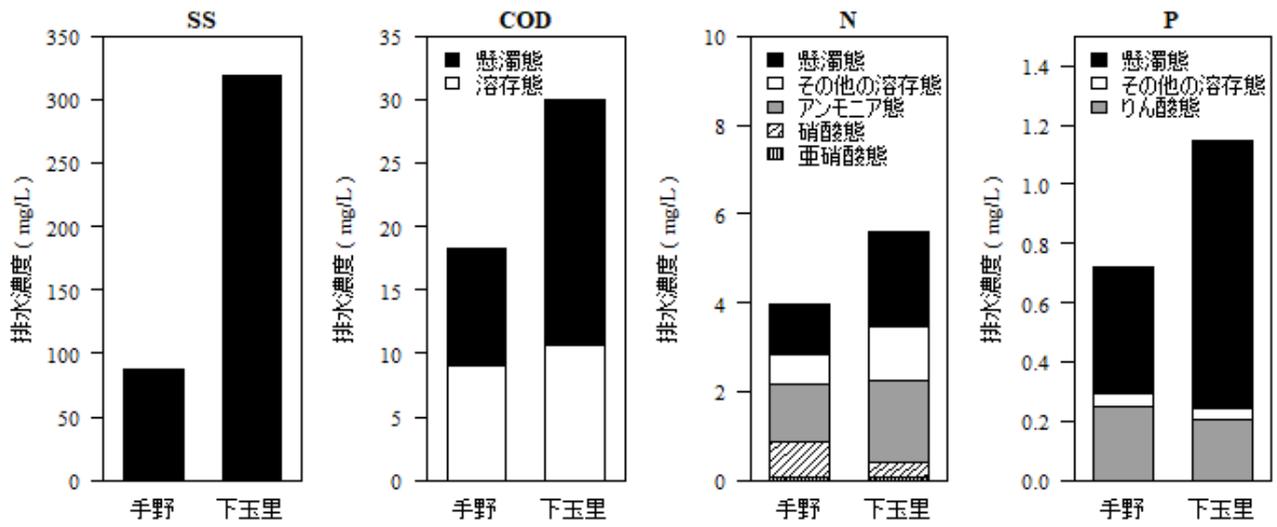


図3 排水の環境負荷物質濃度

1-16 涸沼の水質保全に関する調査研究事業

1 目的

涸沼では、平成12年3月に第1期水質保全計画を策定し、水質目標を定めて総合的な水質保全対策を実施してきた。種々の水質浄化対策を講じることによって水質は徐々に改善されてきたが、依然として環境基準の達成には至っていない状況であり、令和3年3月に「涸沼水質保全の対応方針」を策定し、引き続き、水質保全対策を実施している。本事業は、継続的な湖内水質調査及びプランクトン調査等により、水質汚濁機構の解明や水質予測シミュレーションの精度の向上、さらには効果的な水質保全対策検討のための基礎資料を得ることを目的としている。

2 調査方法

(1) 水質調査

- ・調査期間：令和2年5月から令和3年3月
※ 令和2年4月は、緊急事態宣言の発令により調査を中止
- ・調査地点：湖内8地点の上層（水面下0.5m）及び下層（湖底上0.5m）、下流の涸沼川（大貫橋、涸沼橋）の2地点、上流の涸沼川（高橋）及び涸沼前川（長岡橋）の表層（図1のとおり）。
- ・調査項目：透明度、水温、pH、電気伝導率（EC）、溶存酸素量（DO）、浮遊物質（SS）、化学的酸素要求量（COD）、溶存態COD（dCOD）、全有機炭素量（TOC）、溶存態TOC（DOC）、全窒素（TN）、溶存態TN（DTN）、各態窒素（NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N）、全りん（TP）、溶存態TP（DTP）、りん酸態りん（PO₄-P）、クロロフィルa（Chl.a）、比色シリカ（Si）

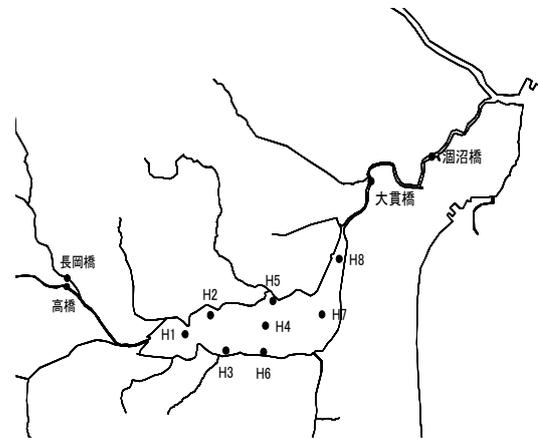


図1 調査地点

(2) プランクトン調査

- ・調査期間：(1)と同じ
- ・調査地点：H1、4、7の3地点（H1及びH7の動物プランクトンは2か月に1回実施）
- ・調査方法：植物プランクトンの細胞数及び生体積、動物プランクトンの個体数

3 結果の概要

(1) 水質

図2に湖内全地点平均のCODの月別推移を示す。CODは、上下層ともに過去平均値と比較して低め～同程度で推移した。5～3月の平均値は、上層が5.9 mg/L、下層が5.4 mg/Lで、昨年度の5～3月の平均値（上層5.5 mg/L、下層5.1 mg/L）と比較して上下層とも高い値となった。

次に、湖内全地点平均のTNの月別推移を図3に示す。TNは、7月及び2月下層を除き、上下層ともに過去平均値と比べて同程度～低めに推移した。7月は過去平均値より濃度が高かった（なお、7月は調査前1か月間に約280 mmの降雨があったため、窒素の流入量が多かった可能性がある）。5～3月の平均値は、上層が1.56 mg/L、下層が1.46 mg/Lであり、昨年度の5～3月の平均値（上層1.81 mg/L、下層1.65 mg/L）と比べて上下層ともに

低かった。

TPの月別推移(図4)については、上下層ともに9月が過去平均値より高かったが、そのほかの月は過去平均値と同程度で推移した。5~3月の平均値は、上層が0.100 mg/L、下層が0.110 mg/Lで、昨年度の5~3月の平均値(上層0.092 mg/L、下層0.106 mg/L)と比較して上下層ともに高くなった。

Chl.a(図5)は、過去平均値と比べて、5~6、9月に高く、11~2月に低く推移した後、3月に大幅に上昇した。3月は、珪藻類(Thalassiosiraceae)が優占し、上下層ともChl.aが200 μg/Lを超えた。CIは、上下層とも8月までは過去平均値より低く推移したが、9月以降は過去平均値より高く推移した(図6)。

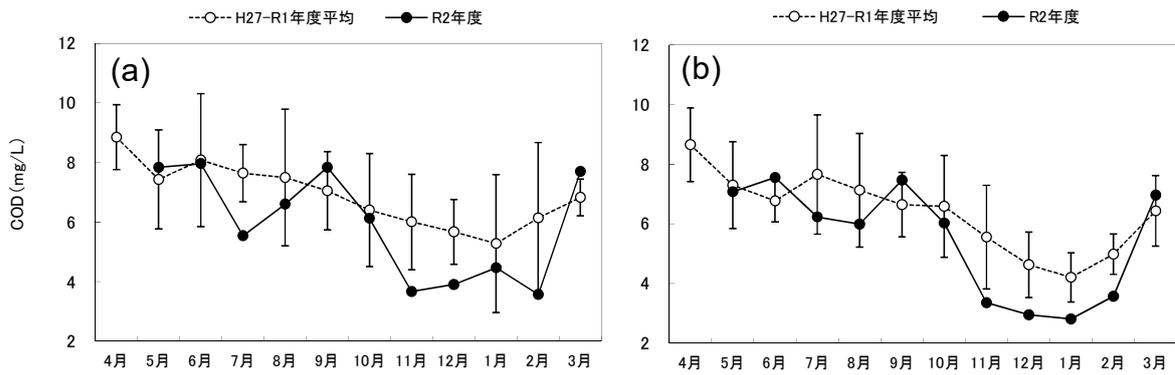


図2 CODの月別推移((a)上層、(b)下層、エラーバーは標準偏差)

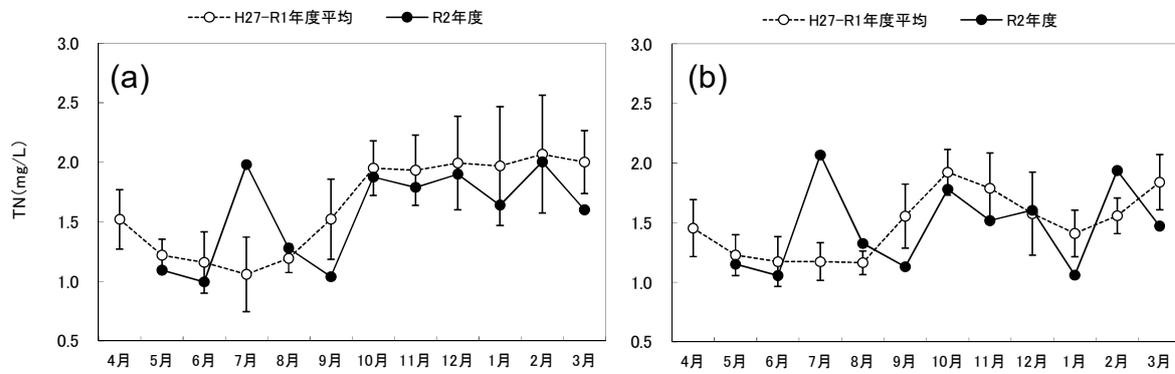


図3 TNの月別推移((a)上層、(b)下層、エラーバーは標準偏差)

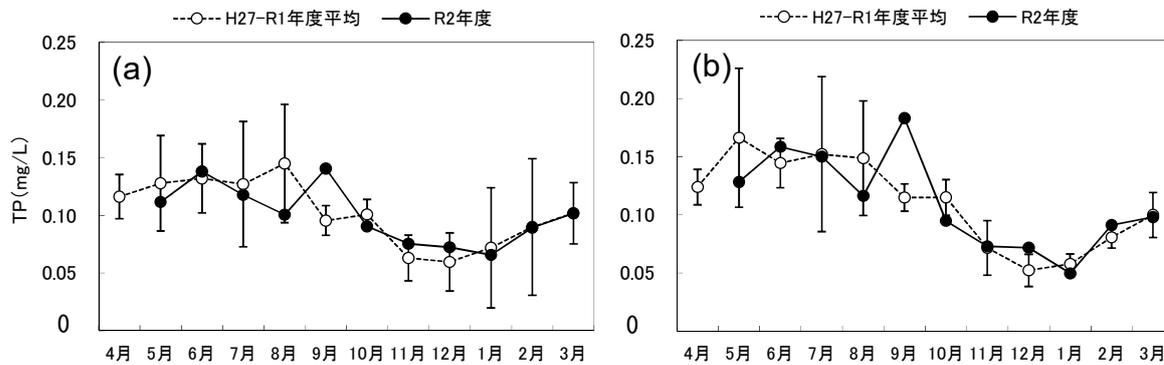


図4 TPの月別推移((a)上層、(b)下層、エラーバーは標準偏差)

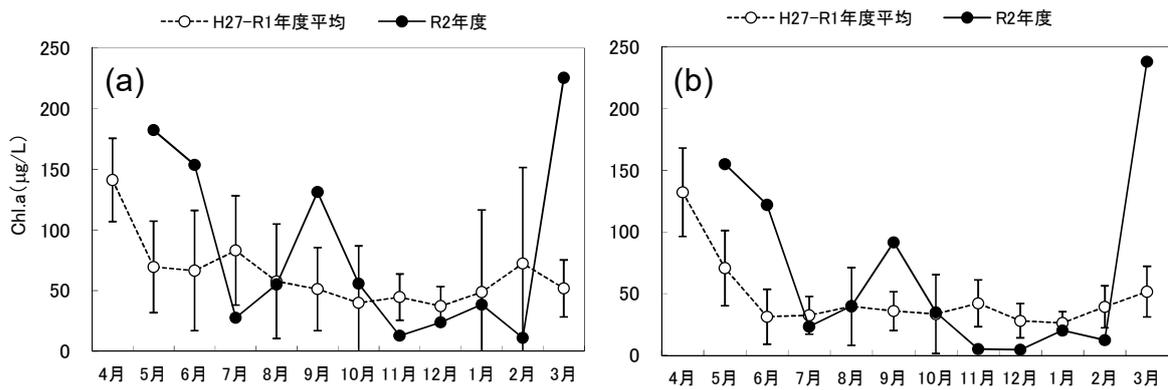


図5 Chl.aの月別推移 ((a)上層、(b)下層、エラーバーは標準偏差)

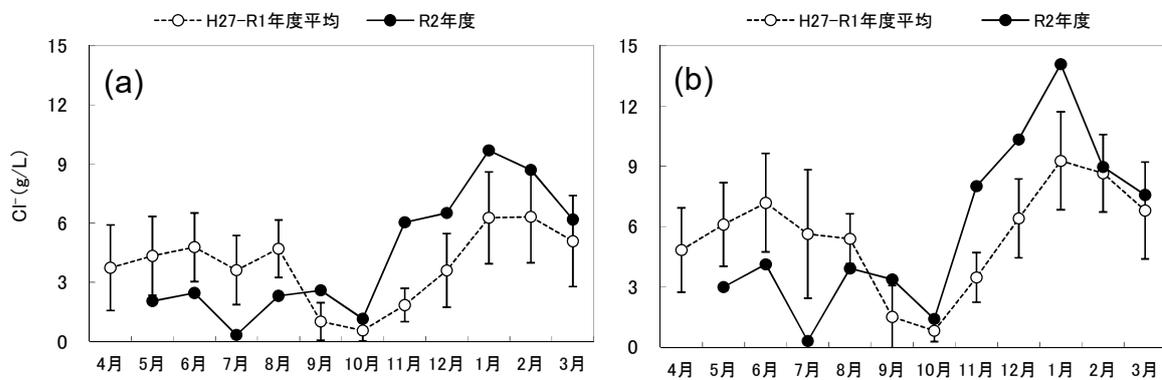


図6 Chl.fの月別推移 ((a)上層、(b)下層、エラーバーは標準偏差)

(2) プランクトン

H4における近年5年間の植物プランクトン細胞数を図7に推移を示す。R2年度は、5～6月及び3月に珪藻類の細胞数が多く、8月には藍藻類も多く出現した。それらの時期に優占した植物プランクトンは、それぞれ、珪藻類が *Thalassiosiraceae*、藍藻類が *CHROOCOCCALES* であった。

図8にH4における近年5年間の動物プランクトン個体数の推移を示す。R2年度は、カイアシ類の出現個体数が多く、nauplius of COPEPODA が第1優占種となることが多かった。

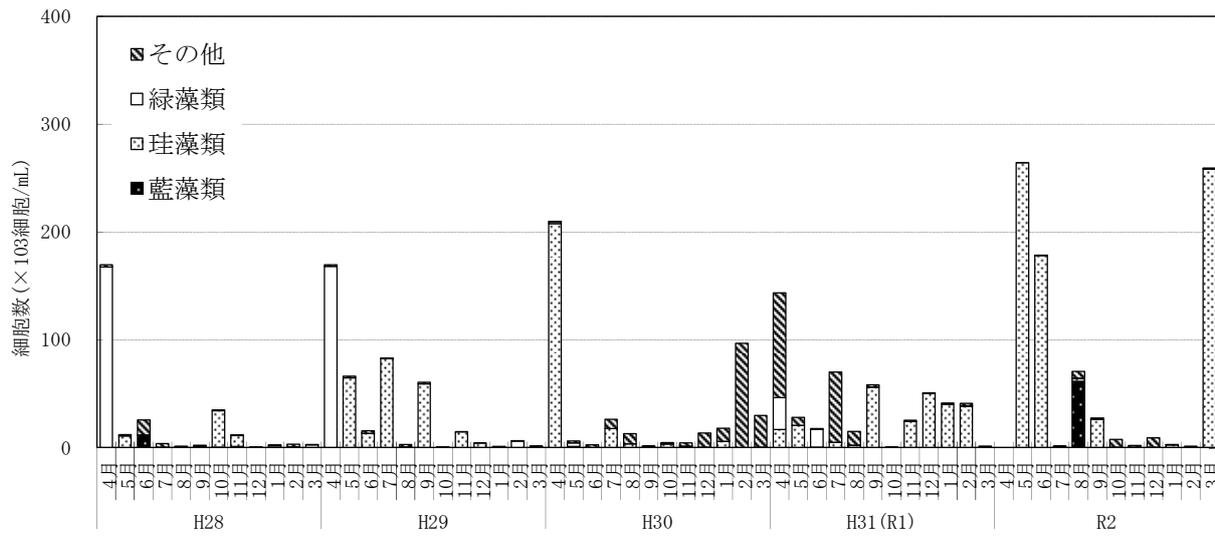


図7 H4における近年5年間の植物プランクトン細胞数の推移

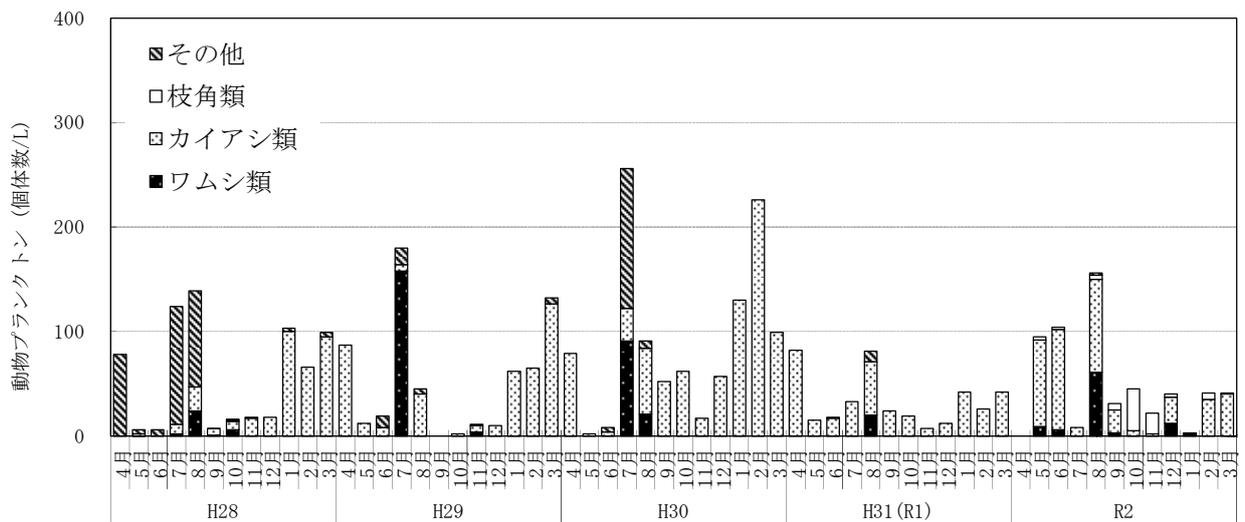


図8 H4における近年5年間の動物プランクトン個体数の推移

表1 水質調査結果一覧（5月）

令和2年5月27日

天気 くもり

気温 21.8°C（水戸10時，気象庁データ）

	採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
潤沼 1 上層	9:45	0.60	2.4	22.5	9.6	13.2	27	7.7	4.0	5.0	2.7	1.15	0.77	0.01	0.57	0.03	0.121	0.018	0.001	181	4.0	1.4	1.2
潤沼 1 下層				22.0	9.5	10.2	28	7.3	4.1	4.2	2.6	1.25	0.85	0.03	0.59	0.03	0.115	0.021	0.001	167	4.8	1.8	1.1
潤沼 2 上層	9:58	0.50	2.7	22.6	9.6	13.6	28	8.0	4.2	4.8	2.7	1.17	0.65	0.01	0.46	0.03	0.124	0.019	0.001	202	5.4	2.0	0.4
潤沼 2 下層				21.4	9.5	10.2	26	7.5	4.0	4.3	2.6	1.22	0.71	0.06	0.51	0.03	0.134	0.020	0.001	190	5.9	2.1	0.9
潤沼 3 上層	9:35	0.60	2.8	22.0	9.5	12.5	24	7.6	3.8	4.6	2.7	1.17	0.75	0.01	0.56	0.03	0.115	0.020	0.001	181	4.7	1.5	0.9
潤沼 3 下層				22.0	9.5	12.0	23	7.6	3.9	4.6	2.6	1.09	0.67	0.01	0.50	0.03	0.109	0.019	<0.001	183	5.3	2.1	0.6
潤沼 4 上層	8:59	0.50	3.3	22.5	8.1	12.1	24	8.3	4.2	5.0	2.7	1.07	0.65	0.01	0.47	0.03	0.107	0.018	0.001	191	5.9	2.1	0.3
潤沼 4 下層				19.7	7.7	3.9	18	7.4	3.5	3.7	2.7	1.37	1.16	0.39	0.56	0.04	0.148	0.018	<0.001	95	10.2	3.7	2.2
潤沼 5 上層	10:10	0.60	2.5	22.0	9.5	10.7	24	7.8	4.0	4.6	2.7	1.08	0.67	0.01	0.50	0.03	0.115	0.017	<0.001	186	6.5	2.4	0.4
潤沼 5 下層				20.9	9.0	7.4	25	6.7	3.8	3.8	2.6	1.20	0.85	0.15	0.54	0.03	0.148	0.018	0.001	142	9.9	3.4	1.5
潤沼 6 上層	9:24	0.60	3.0	22.1	8.4	12.3	22	7.8	4.3	4.7	2.7	1.00	0.68	0.01	0.50	0.03	0.105	0.019	<0.001	179	6.0	2.0	0.6
潤沼 6 下層				21.9	9.1	12.2	25	8.1	4.4	4.2	2.7	1.02	0.69	0.01	0.51	0.03	0.108	0.020	<0.001	177	5.8	2.0	0.4
潤沼 7 上層	10:21	0.60	2.7	22.0	9.3	13.0	23	7.3	4.1	4.7	2.7	0.98	0.67	0.01	0.53	0.03	0.098	0.019	<0.001	169	6.7	2.2	0.2
潤沼 7 下層				21.3	8.8	8.1	24	6.3	3.7	3.7	2.5	1.08	0.73	0.11	0.50	0.02	0.142	0.019	0.001	131	15.6	4.7	1.5
潤沼 8 上層	10:38	0.50	2.7	21.9	9.2	13.3	25	8.2	4.5	4.8	2.8	1.12	0.70	0.01	0.56	0.03	0.108	0.019	<0.001	170	7.2	2.9	0.1
潤沼 8 下層				21.5	9.0	9.7	23	5.7	3.9	3.9	2.5	0.98	0.65	0.01	0.52	0.02	0.123	0.019	0.001	155	11.0	4.0	1.0

	採水時刻	透視度 (cm)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
潤沼橋	11:33	27	-	21.0	8.7	9.1	16	4.1	2.8	3.1	2.1	0.79	0.55	0.01	0.49	0.01	0.096	0.010	0.001	80	20.5	7.4	2.3
大貫橋	11:15	16	-	21.8	9.1	11.6	26	7.0	4.2	4.2	2.7	0.97	0.62	0.01	0.47	0.02	0.117	0.019	0.001	169	9.8	3.5	0.2
高橋	13:09	>50	-	22.3	8.2	8.6	10	4.6	3.7	2.3	2.2	1.67	1.58	0.07	1.22	0.01	0.096	0.043	0.035	2	0.3	<0.1	8.7
長岡橋	13:24	>50	-	23.5	8.2	8.1	7	5.5	4.5	3.0	2.6	1.73	1.59	0.05	1.29	0.01	0.089	0.047	0.032	2	0.2	<0.1	9.2

表2 水質調査結果一覧（6月）

令和2年6月23日

天気 くもり一時霧雨

気温 20.8℃（水戸10時，気象庁データ）

	採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cf (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
潤沼 1 上層	11:05	0.70	2.2	21.9	8.7	9.0	19	7.1	4.6	3.9	2.8	1.20	0.89	0.03	0.59	0.01	0.139	0.023	0.002	101	5.1	1.5	3.8
潤沼 1 下層				22.6	8.6	6.0	40	9.1	4.5	4.4	3.0	1.11	0.66	0.19	0.12	0.01	0.207	0.027	0.001	132	9.1	3.2	0.4
潤沼 2 上層	11:24	0.60	2.6	22.5	8.9	9.7	24	8.2	4.4	4.4	2.9	0.98	0.62	0.03	0.28	0.01	0.151	0.026	0.001	143	7.2	2.3	1.3
潤沼 2 下層				22.7	8.8	6.2	35	8.8	4.5	4.4	3.0	1.11	0.64	0.16	0.11	0.01	0.186	0.025	<0.001	137	9.3	3.2	0.3
潤沼 3 上層	10:52	0.60	2.8	22.3	8.8	10.4	20	7.4	4.3	4.4	2.8	1.12	0.75	0.03	0.45	0.01	0.129	0.022	0.001	123	5.2	1.9	2.7
潤沼 3 下層				22.4	8.6	6.0	42	8.4	4.6	4.4	3.0	1.29	0.83	0.20	0.25	0.01	0.193	0.023	<0.001	108	8.1	2.8	1.1
潤沼 4 上層	10:12	0.50	3.2	22.6	7.5	10.0	25	7.9	4.6	4.8	3.0	0.94	0.52	0.03	0.18	0.01	0.142	0.024	<0.001	170	7.7	2.7	0.5
潤沼 4 下層				21.6	7.5	6.2	31	4.2	2.7	2.6	1.9	0.93	0.69	0.16	0.29	0.01	0.130	0.036	0.017	38	25.2	10.6	2.8
潤沼 5 上層	11:37	0.5	2.4	22.8	9.1	9.5	28	9.7	4.7	4.6	3.0	0.91	0.50	0.03	0.16	0.01	0.150	0.026	<0.001	168	8.4	2.8	0.2
潤沼 5 下層				22.8	9.1	8.8	30	8.1	5.2	4.2	2.9	0.97	0.54	0.03	0.18	0.01	0.152	0.023	<0.001	152	8.6	3.0	0.3
潤沼 6 上層	10:41	0.50	2.9	22.3	8.7	10.1	22	7.2	5.0	4.4	3.0	1.09	0.66	0.03	0.34	0.01	0.133	0.021	<0.001	161	6.7	2.2	1.5
潤沼 6 下層				22.1	8.5	6.4	23	7.5	5.3	4.0	3.0	1.25	1.00	0.17	0.44	0.01	0.141	0.021	<0.001	110	7.7	2.7	1.8
潤沼 7 上層	11:49	0.6	2.6	22.6	9.4	11.6	24	8.1	5.1	4.9	2.9	0.88	0.41	0.03	0.06	0.01	0.129	0.020	<0.001	184	8.4	3.0	0.1
潤沼 7 下層				22.6	9.3	10.2	24	8.2	5.3	4.5	2.9	0.91	0.43	0.03	0.08	0.01	0.128	0.022	<0.001	165	8.9	3.2	0.1
潤沼 8 上層	12:09	0.6	2.8	23.1	9.4	11.2	23	8.1	5.2	4.8	3.0	0.84	0.43	0.03	0.06	0.01	0.132	0.024	<0.001	179	9.2	3.3	0.1
潤沼 8 下層				22.6	9.1	8.4	26	6.1	4.8	3.9	2.8	0.89	0.53	0.07	0.16	0.01	0.132	0.020	0.001	134	11.7	4.4	0.5

	採水時刻	透視度 (cm)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cf (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
潤沼橋	13:51	13	-	23.0	8.9	9.7	33	7.1	4.1	4.6	2.9	0.89	0.46	0.03	0.12	0.01	0.135	0.020	<0.001	159	10.5	3.8	0.1
大貫橋	12:54	13	-	23.0	9.0	10.1	30	7.4	4.4	4.4	2.9	0.90	0.47	0.04	0.09	0.01	0.132	0.020	<0.001	173	10.5	3.7	0.1
高橋	14:29	>50	-	21.5	8.7	8.1	8	4.1	3.3	2.2	1.9	1.26	1.18	0.06	1.03	0.01	0.080	0.042	0.038	2	0.2	<0.1	9.6
長岡橋	14:42	>50	-	21.6	8.4	8.5	9	5.1	3.8	2.6	2.1	1.58	1.41	0.07	1.17	0.01	0.074	0.033	0.024	2	0.2	<0.1	9.3

表3 水質調査結果一覧（7月）

令和2年7月15日

天気 くもり

気温 22.4℃（水戸10時，気象庁データ）

	採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
潤沼 1 上層	9:46	0.80	2.1	22.6	7.4	7.3	12	4.5	3.4	2.6	2.0	1.93	1.82	0.12	1.48	0.02	0.090	0.040	0.027	18	0.5	0.2	9.2
潤沼 1 下層				22.0	7.5	6.4	26	5.5	3.4	2.7	1.9	1.94	1.81	0.13	1.46	0.02	0.133	0.045	0.033	12	0.3	0.0	9.5
潤沼 2 上層	10:05	0.50	2.5	23.6	7.3	6.5	23	5.3	3.9	3.2	2.3	1.99	1.86	0.29	1.23	0.05	0.122	0.050	0.032	25	1.0	0.3	7.7
潤沼 2 下層				23.2	7.3	6.0	32	5.9	3.8	2.6	2.2	2.09	1.65	0.27	1.35	0.04	0.151	0.052	0.038	20	0.7	0.2	8.7
潤沼 3 上層	9:36	0.60	2.7	24.0	7.5	5.9	23	5.8	3.8	2.9	2.4	1.99	1.70	0.35	1.13	0.06	0.125	0.054	0.035	25	1.3	0.4	7.0
潤沼 3 下層				24.0	7.4	5.4	46	7.3	3.9	2.9	2.4	2.11	1.37	0.43	1.10	0.06	0.191	0.059	0.045	29	1.2	0.4	7.3
潤沼 4 上層	9:01	0.50	3.1	24.4	7.1	7.0	25	6.0	3.9	3.6	2.5	1.90	1.14	0.23	1.11	0.06	0.119	0.038	0.017	35	1.2	0.4	6.7
潤沼 4 下層				24.3	7.4	6.4	39	6.8	3.8	2.9	2.3	1.99	1.58	0.28	1.09	0.06	0.152	0.040	0.023	30	1.3	0.4	6.8
潤沼 5 上層	10:17	0.55	2.4	23.5	7.3	6.9	17	5.1	3.7	2.9	2.2	2.02	1.59	0.21	1.32	0.04	0.107	0.042	0.026	25	0.8	0.3	8.3
潤沼 5 下層				23.4	7.4	6.0	24	5.5	3.8	2.6	2.2	2.01	1.66	0.26	1.32	0.04	0.121	0.047	0.032	18	0.8	0.2	8.3
潤沼 6 上層	9:25	0.60	2.7	24.0	7.5	6.8	23	5.8	4.2	3.6	2.5	2.06	1.69	0.30	1.22	0.05	0.124	0.049	0.030	35	1.3	0.4	6.9
潤沼 6 下層				23.9	7.5	6.0	26	6.1	4.2	2.7	2.4	2.24	1.65	0.36	1.33	0.06	0.134	0.055	0.039	23	1.2	0.4	7.2
潤沼 7 上層	10:28	0.50	2.6	24.0	7.4	6.9	24	5.9	4.0	3.4	2.3	1.97	1.70	0.24	1.21	0.05	0.122	0.040	0.022	32	1.1	0.3	7.4
潤沼 7 下層				24.0	7.6	6.6	29	6.2	4.1	3.2	2.4	2.12	1.85	0.28	1.27	0.05	0.131	0.045	0.028	30	1.1	0.4	7.5
潤沼 8 上層	10:50	0.50	2.6	23.8	7.5	6.0	30	5.9	3.8	2.9	2.3	1.98	1.76	0.37	1.10	0.04	0.132	0.046	0.032	26	1.2	0.4	7.2
潤沼 8 下層				23.9	7.5	5.2	55	6.5	3.9	2.8	2.3	2.05	1.65	0.44	1.07	0.04	0.188	0.050	0.038	25	1.3	0.4	7.1

	採水時刻	透視度 (cm)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
潤沼橋	11:42	35	-	23.7	7.6	8.0	17	4.8	4.2	2.7	2.5	1.93	1.65	0.35	1.12	0.05	0.125	0.080	0.064	9	1.4	0.4	7.2
大貫橋	11:30	28	-	23.9	7.5	4.9	23	5.5	4.3	2.6	2.5	1.96	1.78	0.35	1.12	0.05	0.126	0.059	0.044	15	1.2	0.4	7.2
高橋	12:51	>50	-	21.7	7.6	4.8	10	3.7	2.8	1.8	1.5	1.71	1.55	0.04	1.45	0.01	0.081	0.036	0.029	2	0.1	<0.1	10.3
長岡橋	13:00	>50	-	22.0	7.6	8.3	9	4.4	3.4	2.2	1.8	2.22	2.09	0.05	1.86	0.02	0.073	0.027	0.018	4	0.1	<0.1	10.3

表4 水質調査結果一覧（8月）

令和2年8月22日

天気 晴れ

気温 29.5°C（水戸10時，気象庁データ）

	採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (μg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
潤沼 1 上層	9:36	0.60	2.3	31.5	9.0	10.6	15	6.8	4.4	4.6	3.2	1.48	0.92	0.03	0.42	<0.01	0.114	0.034	0.005	74	4.1	1.3	8.8
潤沼 1 下層				31.5	8.9	9.0	11	7.4	4.7	4.1	3.1	1.45	0.94	0.09	0.41	<0.01	0.106	0.034	0.005	65	4.6	1.5	8.6
潤沼 2 上層	9:56	0.70	2.5	32.0	9.2	11.2	12	7.2	5.2	4.7	3.4	1.25	0.88	0.03	0.32	<0.01	0.097	0.030	0.004	66	4.7	1.5	8.4
潤沼 2 下層				31.7	9.2	10.4	10	6.9	5.1	4.4	3.3	1.16	0.78	0.04	0.28	<0.01	0.090	0.028	0.003	55	5.5	1.7	7.9
潤沼 3 上層	9:25	0.65	2.8	31.3	8.7	8.7	13	7.0	4.6	4.4	3.2	1.38	0.97	0.08	0.40	<0.01	0.108	0.032	0.004	59	5.6	1.7	8.5
潤沼 3 下層				31.2	8.8	7.6	8	7.3	4.6	4.1	3.1	1.39	0.96	0.16	0.31	0.01	0.091	0.029	0.003	51	6.5	2.1	8.2
潤沼 4 上層	8:51	0.70	3.2	30.9	8.3	8.6	10	6.5	4.6	4.8	3.4	1.16	0.79	0.04	0.26	<0.01	0.085	0.031	0.003	47	8.0	2.8	7.9
潤沼 4 下層				30.6	8.2	4.3	8	5.6	4.1	3.6	2.9	1.42	1.14	0.39	0.27	0.01	0.108	0.031	0.002	32	10.5	3.8	7.9
潤沼 5 上層	10:08	0.70	2.4	31.6	9.2	9.5	10	7.0	4.8	4.8	3.2	1.20	0.84	0.04	0.27	<0.01	0.086	0.032	0.003	55	6.3	2.1	8.2
潤沼 5 下層				31.2	8.9	6.8	18	6.4	4.5	4.0	3.0	1.30	0.96	0.23	0.28	0.01	0.121	0.030	0.003	50	8.1	2.9	8.2
潤沼 6 上層	9:15	0.70	2.9	31.0	8.8	8.9	10	6.9	4.9	4.6	3.3	1.28	0.91	0.04	0.33	<0.01	0.088	0.030	0.003	57	6.4	2.0	8.3
潤沼 6 下層				30.8	8.3	4.0	15	6.6	4.0	3.6	2.8	1.59	1.32	0.58	0.23	0.02	0.167	0.036	0.01	44	10.2	3.3	8.3
潤沼 7 上層	10:20	0.70	2.7	31.2	8.8	8.2	9	5.8	4.4	4.3	3.1	1.14	0.83	0.07	0.27	0.01	0.094	0.031	0.003	45	9.5	3.2	7.8
潤沼 7 下層				30.3	7.9	1.6	17	4.6	3.6	3.0	2.6	1.46	1.27	0.71	0.17	0.01	0.179	0.100	0.091	15	17.1	6.2	7.3
潤沼 8 上層	10:39	0.75	2.9	31.4	8.0	6.6	11	5.6	4.4	3.9	2.9	1.34	1.08	0.35	0.23	0.01	0.132	0.035	0.003	38	11.4	3.9	8.0
潤沼 8 下層				28.4	7.9	5.8	11	3.1	2.6	2.2	1.8	0.85	0.72	0.12	0.28	<0.01	0.069	0.032	0.020	8	26.9	9.8	5.0

	採水時刻	透視度 (cm)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (μg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
潤沼橋	11:30	>50	-	27.4	8.0	6.5	9	2.7	2.2	2.0	1.7	0.69	0.57	0.05	0.23	<0.01	0.063	0.020	0.016	10	32.6	12.2	4.0
大貫橋	11:18	40	-	30.7	8.1	6.9	11	4.7	3.7	3.6	2.7	0.92	0.68	0.01	0.23	<0.01	0.086	0.029	0.003	42	17.6	6.2	6.4
高橋	12:38	>50	-	30.0	8.2	7.8	5	3.6	3.2	2.1	1.8	1.44	1.36	0.02	1.18	0.01	0.079	0.059	0.058	2	0.7	<0.1	10.8
長岡橋	12:48	>50	-	30.5	8.2	8.9	5	4.3	3.6	2.4	2.1	1.38	1.33	0.02	1.12	<0.01	0.067	0.038	0.031	3	0.2	<0.1	11.6

表5 水質調査結果一覧（9月）

令和2年9月17日

天気 晴れ時々くもり

気温 26.5°C（水戸10時，気象庁データ）

	採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
潤沼 1 上層	10:03	0.50	2.2	27.3	9.1	13.6	22	8.3	4.6	4.8	2.9	1.30	0.79	0.01	0.44	0.01	0.124	0.030	0.003	153	5.3	1.7	4.4
潤沼 1 下層				27.1	8.7	4.7	65	8.1	4.5	4.7	3.1	1.41	0.84	0.28	0.19	0.02	0.255	0.030	0.003	102	8.0	2.9	3.0
潤沼 2 上層	10:22	0.55	2.5	27.6	9.0	12.6	22	7.7	5.0	4.8	3.2	1.15	0.58	0.01	0.22	0.01	0.129	0.031	0.002	142	7.2	2.3	2.8
潤沼 2 下層				27.4	8.8	6.7	25	6.6	4.5	4.2	3.2	1.08	0.75	0.19	0.16	0.02	0.150	0.038	0.004	96	8.6	2.9	2.5
潤沼 3 上層	9:52	0.50	2.7	27.2	9.1	11.9	20	7.1	4.7	4.3	3.1	1.03	0.72	0.01	0.35	0.01	0.115	0.029	0.002	108	5.9	2.0	3.6
潤沼 3 下層				26.9	8.7	6.2	67	8.4	4.6	4.9	3.1	1.25	0.85	0.17	0.28	0.02	0.248	0.028	0.002	111	8.5	3.0	3.1
潤沼 4 上層	9:17	0.50	3.2	27.2	8.8	11.1	23	7.4	5.0	5.4	3.5	0.98	0.48	0.02	0.06	0.01	0.141	0.039	0.004	147	8.7	3.1	1.8
潤沼 4 下層				27.2	8.8	8.1	24	7.5	5.0	4.4	3.2	0.94	0.52	0.04	0.10	0.01	0.142	0.032	0.002	119	9.3	3.2	2.0
潤沼 5 上層	10:38	0.50	2.4	27.7	8.9	10.4	28	8.5	5.1	5.0	3.3	0.99	0.50	0.01	0.08	0.01	0.150	0.038	0.003	139	9.1	3.2	1.8
潤沼 5 下層				27.3	8.8	6.8	34	7.7	5.1	4.5	3.1	1.08	0.64	0.15	0.09	0.01	0.166	0.032	0.003	111	9.3	3.2	2.2
潤沼 6 上層	9:40	0.55	2.9	27.5	9.2	13.3	20	7.8	4.9	4.7	3.0	1.01	0.59	0.01	0.23	0.01	0.131	0.028	0.002	135	6.1	1.9	3.1
潤沼 6 下層				27.0	8.7	6.5	53	8.2	4.7	4.4	3.1	1.18	0.77	0.16	0.22	0.02	0.212	0.027	0.002	97	9.1	3.3	2.9
潤沼 7 上層	10:58	0.50	2.6	28.0	8.8	11.0	35	8.2	4.8	5.1	3.1	0.96	0.51	0.01	0.07	0.01	0.183	0.033	0.003	128	9.5	3.2	2.8
潤沼 7 下層				27.0	8.4	4.8	69	8.2	4.6	4.5	3.0	0.92	0.78	0.31	0.13	0.02	0.142	0.036	0.016	76	9.7	3.3	3.0
潤沼 8 上層	11:19	0.50	2.5	28.4	8.7	10.2	29	7.7	4.9	4.4	3.1	0.88	0.51	0.01	0.10	0.02	0.151	0.034	0.002	98	9.5	3.3	1.6
潤沼 8 下層				26.9	7.7	2.6	25	5.0	3.7	2.8	2.4	1.18	1.01	0.35	0.33	0.02	0.150	0.077	0.059	21	14.9	5.2	4.7

	採水時刻	透視度 (cm)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
潤沼橋	12:49	30	-	26.8	7.9	5.3	16	5.1	4.2	3.4	3.0	0.94	0.81	0.15	0.28	0.02	0.117	0.040	0.025	41	11.9	4.1	3.4
大貫橋	12:03	23	-	27.1	8.1	6.9	25	6.4	4.7	4.3	3.1	0.89	0.60	0.02	0.21	0.02	0.154	0.031	0.003	96	11.0	3.7	2.4
高橋	13:26	>50	-	26.2	8.1	8.1	8	3.7	3.0	1.8	1.5	1.50	1.38	0.02	1.21	<0.01	0.135	0.102	0.105	4	0.6	<0.1	12.2
長岡橋	13:39	>50	-	25.8	8.1	8.7	7	4.5	3.6	2.3	1.9	1.84	1.79	0.03	1.51	0.01	0.094	0.053	0.046	5	0.2	<0.1	13.9

表6 水質調査結果一覧(10月)

令和2年10月21日

天気 晴れ時々くもり

気温 18.8℃(水戸10時, 気象庁データ)

	採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (μg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
濁沼 1 上層	9:40	0.65	2.1	17.4	8.0	9.4	11	5.3	3.4	3.2	2.3	1.98	1.66	0.04	1.30	0.03	0.086	0.027	0.007	42	2.3	0.8	9.9
濁沼 1 下層				17.4	7.8	7.8	25	6.3	3.7	3.2	2.5	1.82	1.43	0.07	1.15	0.04	0.103	0.026	0.006	32	2.8	1.1	9.1
濁沼 2 上層	9:53	0.60	2.4	17.6	7.9	10.3	17	6.6	3.8	3.8	2.7	1.86	1.42	0.02	1.03	0.04	0.092	0.030	0.005	59	3.4	1.2	8.6
濁沼 2 下層				17.5	7.9	8.1	44	6.9	4.0	3.2	2.6	1.78	1.41	0.06	1.03	0.04	0.132	0.026	0.005	32	3.5	1.2	8.7
濁沼 3 上層	9:33	0.70	2.7	17.3	8.0	10.0	11	5.9	4.0	3.5	2.5	1.87	1.51	0.02	1.23	0.03	0.078	0.025	0.004	50	2.7	0.8	9.1
濁沼 3 下層				17.0	8.1	9.6	14	6.1	3.7	3.6	2.5	1.88	1.47	0.02	1.23	0.03	0.083	0.024	0.005	43	2.7	1.1	9.1
濁沼 4 上層	9:06	0.60	3.1	17.9	7.0	11.0	16	6.7	4.0	4.0	2.7	1.86	1.33	0.02	1.03	0.03	0.105	0.031	0.006	80	3.4	1.1	8.7
濁沼 4 下層				17.5	7.6	8.1	14	5.5	3.8	3.1	2.5	1.65	1.30	0.05	1.03	0.03	0.076	0.023	0.003	27	5.0	1.8	8.7
濁沼 5 上層	10:02	0.60	2.4	17.4	7.9	10.0	17	7.1	4.0	3.8	2.7	1.88	1.28	0.02	1.05	0.03	0.114	0.033	0.008	76	3.5	1.2	8.8
濁沼 5 下層				17.3	7.9	7.3	26	6.0	4.2	2.7	2.5	1.64	1.32	0.07	1.02	0.03	0.097	0.024	0.004	23	4.6	1.6	9.0
濁沼 6 上層	9:24	0.65	2.8	17.3	7.9	10.0	13	6.1	4.1	3.8	2.6	1.99	1.54	0.02	1.40	0.03	0.093	0.029	0.006	64	2.8	0.9	9.5
濁沼 6 下層				17.1	7.9	8.2	24	6.5	4.2	3.9	2.6	1.92	1.44	0.05	1.27	0.03	0.109	0.027	0.006	50	2.8	1.0	9.4
濁沼 7 上層	10:11	0.60	2.6	17.4	8.1	10.5	15	6.1	4.3	3.9	2.6	1.85	1.29	0.02	1.16	0.03	0.088	0.027	0.004	50	3.9	1.3	9.3
濁沼 7 下層				17.2	8.2	10.6	16	6.3	4.2	3.6	2.6	1.91	1.38	0.02	1.15	0.03	0.088	0.027	0.005	48	4.1	1.4	9.0
濁沼 8 上層	10:28	0.70	2.6	17.4	8.2	9.5	13	5.2	3.9	3.1	2.4	1.71	1.32	0.06	1.11	0.02	0.068	0.022	0.003	26	5.3	1.9	8.8
濁沼 8 下層				17.2	8.1	9.0	14	4.6	4.0	2.9	2.4	1.65	1.36	0.06	1.12	0.02	0.071	0.024	0.004	25	5.4	2.0	8.9

	採水時刻	透視度 (cm)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (μg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
濁沼橋	11:19	>50	-	17.8	7.8	8.2	6	1.8	1.7	1.4	1.4	1.16	0.96	0.09	0.67	0.01	0.047	0.030	0.020	4	21.6	7.8	7.0
大貫橋	11:07	>50	-	17.5	7.9	8.5	8	3.6	3.1	2.4	2.1	1.49	1.22	0.04	0.91	0.02	0.055	0.022	0.004	18	12.9	4.5	7.8
高橋	11:52	>50	-	17.1	8.2	8.8	4	2.5	2.3	1.3	1.3	1.72	1.47	0.03	1.66	<0.01	0.086	0.068	0.065	1	0.4	<0.1	12.2
長岡橋	12:02	>50	-	17.5	8.1	9.1	7	3.2	2.8	1.6	1.5	2.01	1.81	0.04	2.00	0.02	0.061	0.037	0.027	1	0.2	<0.1	13.3

表7 水質調査結果一覧(11月)

令和2年11月26日

天気 くもり

気温 11.4℃(水戸10時, 気象庁データ)

	採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
潤沼 1 上層	10:04	1.00	1.9	14.8	8.0	6.5	6	3.9	2.7	2.5	2.2	2.05	1.82	0.36	0.80	0.04	0.086	0.054	0.030	7	16.0	5.7	7.8
潤沼 1 下層				16.0	7.8	1.6	10	4.5	3.2	3.2	2.6	2.17	1.74	0.71	0.42	0.04	0.190	0.120	0.066	8	21.7	7.9	6.2
潤沼 2 上層	10:22	1.00	2.2	15.0	8.1	7.3	5	3.9	3.0	2.6	2.3	1.69	1.50	0.24	0.64	0.03	0.089	0.057	0.024	12	19.0	6.7	6.4
潤沼 2 下層				15.8	8.0	2.8	6	3.0	2.5	2.3	2.0	1.43	1.34	0.31	0.49	0.04	0.052	0.031	0.010	4	22.3	7.9	5.4
潤沼 3 上層	9:55	1.10	2.2	14.0	8.0	8.5	5	4.2	2.7	2.4	2.3	2.08	1.87	0.27	0.95	0.03	0.089	0.050	0.026	22	15.0	5.3	8.0
潤沼 3 下層				15.8	7.8	2.1	6	3.5	2.4	2.1	2.0	1.45	1.35	0.36	0.46	0.03	0.061	0.035	0.015	4	22.4	8.4	5.8
潤沼 4 上層	9:18	1.10	2.8	14.0	7.4	8.0	5	3.3	2.7	2.5	2.3	1.64	1.51	0.18	0.75	0.03	0.064	0.034	0.012	11	17.3	6.0	6.8
潤沼 4 下層				15.6	7.5	2.3	6	3.0	2.2	2.3	2.0	1.34	1.28	0.49	0.34	0.05	0.053	0.028	0.011	3	24.1	9.2	5.6
潤沼 5 上層	10:35	1.10	2.1	15.1	8.2	6.8	4	3.7	2.8	2.4	2.0	1.45	1.31	0.18	0.58	0.03	0.058	0.031	0.009	11	19.9	7.0	6.1
潤沼 5 下層				15.4	8.1	4.4	6	3.5	3.1	2.3	2.2	1.43	1.27	0.33	0.50	0.04	0.060	0.034	0.014	4	21.1	7.6	6.0
潤沼 6 上層	9:43	1.00	2.5	13.8	7.9	8.4	4	3.8	3.6	2.4	2.2	2.12	1.98	0.26	1.07	0.03	0.097	0.056	0.030	21	13.5	4.6	8.8
潤沼 6 下層				15.5	7.7	2.2	5	3.1	2.9	2.2	2.0	1.40	1.28	0.36	0.45	0.04	0.055	0.029	0.012	3	22.9	8.5	5.8
潤沼 7 上層	10:46	1.20	2.3	14.5	8.3	8.7	5	3.3	2.5	2.4	2.2	1.48	1.30	0.13	0.66	0.03	0.058	0.029	0.008	13	18.8	6.6	6.4
潤沼 7 下層				14.8	8.3	8.9	4	3.3	2.5	2.4	2.1	1.47	1.29	0.14	0.63	0.03	0.051	0.025	0.005	10	19.0	6.8	6.3
潤沼 8 上層	11:08	1.20	2.4	14.2	8.3	9.5	4	3.2	2.6	2.5	2.2	1.79	1.61	0.18	0.81	0.03	0.061	0.037	0.013	6	18.1	6.4	6.8
潤沼 8 下層				14.9	8.2	4.9	6	2.9	2.4	2.2	2.0	1.45	1.33	0.31	0.51	0.03	0.061	0.033	0.015	5	21.9	7.8	6.0

	採水時刻	透視度 (cm)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
潤沼橋	11:55	>50	-	16.0	7.8	5.7	4	1.8	1.7	1.8	1.6	1.43	1.32	0.29	0.55	0.02	0.085	0.060	0.057	1	26.0	9.5	6.0
大貫橋	11:39	>50	-	15.5	8.0	5.8	6	2.7	2.2	2.0	2.0	1.44	1.32	0.28	0.53	0.03	0.065	0.038	0.023	7	22.8	8.1	6.0
高橋	13:33	>50	-	15.5	8.2	10.3	1	2.9	2.6	1.7	1.8	1.79	1.79	0.08	1.72	0.01	0.159	0.143	0.145	2	0.7	<0.1	12.0
長岡橋	13:44	>50	-	16.1	8.1	10.4	4	3.3	2.7	1.8	1.7	2.35	2.34	0.06	2.22	0.02	0.076	0.047	0.044	2	0.2	<0.1	15.4

表8 水質調査結果一覧(12月)

令和2年12月9日

天気 くもり

気温 8.4°C (水戸10時, 気象庁データ)

	採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
濁沼 1 上層	9:49	1.50	1.9	10.9	8.3	10.7	4	4.0	3.3	3.0	2.5	2.00	1.86	0.07	0.91	0.03	0.087	0.050	0.009	40	17.5	6.1	8.5
濁沼 1 下層				12.9	8.0	3.1	4	3.4	2.4	2.5	2.1	1.71	1.64	0.55	0.43	0.05	0.075	0.039	0.011	6	25.9	9.3	6.6
濁沼 2 上層	10:07	1.40	2.2	10.9	8.2	10.7	2	4.1	3.2	2.8	2.4	1.97	1.80	0.06	0.90	0.03	0.070	0.043	0.007	26	18.0	6.2	8.4
濁沼 2 下層				12.9	7.9	2.0	2	2.5	2.3	2.1	1.9	1.48	1.43	0.46	0.37	0.04	0.053	0.031	0.010	4	29.2	11.0	5.6
濁沼 3 上層	10:10	1.50	2.4	10.6	8.1	11.3	3	4.0	3.0	2.5	2.2	2.09	1.94	0.08	1.01	0.03	0.075	0.042	0.007	20	18.4	5.9	8.5
濁沼 3 下層				12.7	7.7	0.7	3	3.0	2.1	2.0	1.9	1.62	1.49	0.68	0.24	0.05	0.080	0.057	0.033	2	31.6	11.7	5.4
濁沼 4 上層	9:03	1.40	2.7	10.9	7.7	11.2	3	3.9	3.1	2.7	2.3	1.93	1.71	0.04	0.88	0.03	0.073	0.038	0.006	26	17.9	6.2	8.2
濁沼 4 下層				13.0	7.8	2.9	3	2.4	2.0	1.8	1.6	1.40	1.31	0.38	0.36	0.04	0.062	0.039	0.019	4	32.1	12.1	5.0
濁沼 5 上層	10:21	1.20	2.2	11.0	8.3	10.3	3	4.4	3.4	2.8	2.3	1.82	1.67	0.08	0.82	0.03	0.082	0.043	0.006	29	19.2	6.7	7.9
濁沼 5 下層				11.9	8.1	6.2	3	3.3	3.1	2.2	2.1	1.68	1.59	0.29	0.61	0.03	0.063	0.033	0.009	5	24.1	8.7	6.8
濁沼 6 上層	9:31	1.50	2.5	10.4	8.2	10.3	2	3.5	3.3	2.4	2.3	1.92	1.80	0.06	0.98	0.03	0.058	0.036	0.004	19	19.1	6.2	8.3
濁沼 6 下層				13.1	7.8	0.6	3	2.6	2.2	1.8	1.8	1.60	1.49	0.72	0.20	0.05	0.100	0.074	0.050	2	30.8	12.1	5.7
濁沼 7 上層	10:30	1.40	2.3	10.5	8.3	11.2	2	3.7	3.5	2.5	2.2	1.79	1.65	0.05	0.85	0.03	0.069	0.039	0.005	21	19.6	6.7	7.9
濁沼 7 下層				11.6	8.2	5.9	2	3.3	3.0	2.2	2.0	1.70	1.56	0.25	0.62	0.04	0.058	0.028	0.005	5	23.5	8.5	6.8
濁沼 8 上層	10:50	1.50	2.6	11.2	8.2	7.8	3	3.6	2.8	2.1	2.1	1.68	1.62	0.17	0.71	0.03	0.064	0.037	0.010	10	23.3	8.2	7.1
濁沼 8 下層				11.6	8.1	6.4	15	3.0	2.4	2.1	1.8	1.65	1.50	0.22	0.61	0.03	0.084	0.039	0.016	8	26.0	9.3	6.5

	採水時刻	透視度 (cm)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
濁沼橋	11:51	>50	-	13.3	7.8	7.9	2	1.4	1.1	1.1	1.1	0.86	0.82	0.12	0.33	0.01	0.048	0.030	0.024	1	39.0	15.1	3.4
大貫橋	11:37	>50	-	11.5	7.9	7.1	4	2.5	2.3	2.0	1.7	1.52	1.43	0.21	0.60	0.03	0.059	0.041	0.022	3	27.8	10.0	6.1
高橋	13:54	>50	-	11.0	8.6	10.9	4	2.7	2.5	1.5	1.3	2.24	2.19	0.16	1.66	0.02	0.211	0.183	0.179	1	0.3	<0.1	12.7
長岡橋	14:07	>50	-	11.8	8.6	10.7	4	3.2	2.6	1.5	1.4	2.51	2.50	0.09	2.06	0.02	0.088	0.059	0.050	1	0.2	<0.1	15.4

表9 水質調査結果一覧（1月）

令和3年1月14日

天気 晴れ

気温 6.2°C（水戸10時，気象庁データ）

	採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
澗沼 1 上層	9:36	0.90	2.1	6.0	8.6	11.6	12	4.9	2.6	3.6	1.8	1.57	1.26	0.01	0.63	0.05	0.096	0.021	0.004	39	30.0	10.4	5.8
澗沼 1 下層				7.1	8.2	6.4	8	3.6	2.4	2.5	1.6	1.29	1.09	0.12	0.43	0.07	0.071	0.017	0.006	23	34.4	12.5	4.3
澗沼 2 上層	9:50	1.00	2.4	5.9	8.6	12.0	8	4.5	2.7	3.6	1.8	1.49	1.30	0.01	0.65	0.05	0.070	0.018	0.004	38	29.5	10.2	5.7
澗沼 2 下層				7.3	8.2	7.3	6	3.1	2.2	2.2	1.5	1.23	0.97	0.05	0.44	0.05	0.054	0.016	0.005	23	36.4	12.9	4.2
澗沼 3 上層	9:26	0.90	2.7	5.5	8.7	11.9	8	4.4	2.4	3.4	1.8	1.81	1.53	0.01	0.82	0.05	0.065	0.020	0.005	40	28.4	9.2	6.3
澗沼 3 下層				8.4	8.0	6.1	4	2.3	1.5	1.6	1.2	0.81	0.74	0.08	0.26	0.06	0.037	0.013	0.005	9	41.0	15.6	3.0
澗沼 4 上層	8:55	1.00	3.1	5.5	8.6	12.3	8	4.6	2.5	3.4	1.9	1.59	1.46	0.01	0.75	0.05	0.070	0.020	0.004	40	27.1	9.3	6.3
澗沼 4 下層				8.6	8.1	6.8	6	1.9	1.3	1.3	1.1	0.61	0.53	0.06	0.20	0.02	0.029	0.010	0.006	8	44.9	17.0	2.1
澗沼 5 上層	9:59	1.00	2.2	5.5	8.6	11.8	7	4.6	3.0	3.7	1.7	1.58	1.35	0.01	0.70	0.05	0.056	0.018	0.004	38	28.7	9.8	5.9
澗沼 5 下層				6.5	8.4	10.0	7	3.3	1.8	2.5	1.6	1.34	1.07	0.01	0.55	0.04	0.058	0.016	0.004	37	34.0	11.3	4.9
澗沼 6 上層	9:17	1.00	2.8	5.3	8.7	11.8	6	4.2	2.4	3.4	1.8	1.81	1.55	0.01	0.85	0.05	0.062	0.018	0.004	41	27.3	9.1	6.4
澗沼 6 下層				8.3	8.1	6.0	2	2.2	1.3	1.6	1.2	0.77	0.63	0.10	0.19	0.04	0.039	0.016	0.007	11	44.8	17.1	2.3
澗沼 7 上層	10:07	1.00	2.5	5.5	8.6	11.8	7	4.4	2.7	3.4	1.9	1.58	1.37	0.01	0.73	0.05	0.054	0.017	0.003	41	28.4	9.5	6.0
澗沼 7 下層				7.0	8.4	9.5	9	3.7	2.3	2.4	1.6	1.31	1.07	0.03	0.50	0.03	0.066	0.015	0.004	31	34.6	12.7	4.5
澗沼 8 上層	10:25	1.10	3.2	6.4	8.6	11.7	5	4.1	2.1	3.0	1.7	1.69	1.47	<0.01	0.82	0.04	0.052	0.017	0.004	31	28.7	10.0	6.1
澗沼 8 下層				7.4	8.3	10.0	6	2.3	1.9	1.8	1.4	1.13	0.94	0.01	0.46	0.02	0.043	0.013	0.005	20	37.1	13.6	3.8

	採水時刻	透視度 (cm)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
澗沼橋	11:10	>50	-	10.5	8.1	8.6	2	1.1	1.0	1.0	1.0	0.54	0.47	0.05	0.17	0.01	0.031	0.020	0.017	3	46.4	17.7	1.6
大貫橋	10:58	42	-	7.0	8.4	11.0	5	3.0	2.7	2.7	1.6	1.42	1.21	0.01	0.65	0.04	0.048	0.013	0.005	29	31.2	11.0	5.4
高橋	11:45	>50	-	7.0	7.8	10.5	2	3.2	3.0	1.5	1.4	2.53	2.49	0.12	2.20	0.03	0.197	0.172	0.166	2	0.6	<0.1	12.2
長岡橋	11:58	23	-	9.0	7.8	11.3	11	5.7	5.1	3.7	2.8	2.90	2.86	0.21	2.32	0.03	0.094	0.046	0.041	3	0.3	<0.1	16.3

表 10 水質調査結果一覧（2月）

令和3年2月19日

天気 快晴

気温 2.4°C（水戸10時，気象庁データ）

	採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (μg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
潤沼 1 上層	9:50	0.80	2.0	8.1	8.1	9.1	9	3.4	2.7	2.9	1.9	1.93	1.75	0.14	0.78	0.03	0.105	0.040	0.018	15	25.2	8.9	5.3
潤沼 1 下層				8.6	8.1	9.0	8	3.6	2.6	2.5	2.0	1.91	1.65	0.14	0.76	0.03	0.095	0.039	0.018	17	26.0	9.2	4.8
潤沼 2 上層	10:08	0.80	2.3	8.0	8.1	9.4	5	3.5	2.9	2.6	1.9	1.94	1.71	0.14	0.77	0.03	0.097	0.036	0.017	13	25.8	9.3	5.1
潤沼 2 下層				8.0	8.1	10.1	7	3.6	2.8	2.3	1.9	1.84	1.73	0.15	0.76	0.03	0.086	0.040	0.019	12	25.9	9.1	4.9
潤沼 3 上層	9:41	0.80	2.6	7.1	8.1	10.1	6	3.5	2.7	2.1	1.9	1.94	1.73	0.15	0.88	0.03	0.079	0.038	0.020	11	24.2	8.3	5.9
潤沼 3 下層				8.0	8.0	9.0	8	3.5	2.5	2.1	2.0	1.98	1.67	0.14	0.78	0.03	0.093	0.037	0.018	13	25.6	9.1	5.1
潤沼 4 上層	9:11	0.90	3.0	8.0	8.1	9.8	6	3.5	2.8	2.2	2.0	1.98	1.76	0.15	0.82	0.03	0.091	0.039	0.020	12	24.5	8.7	5.2
潤沼 4 下層				7.8	8.1	9.5	6	3.3	2.6	2.4	1.9	1.97	1.74	0.15	0.79	0.03	0.091	0.041	0.020	12	25.7	8.9	5.2
潤沼 5 上層	10:22	0.90	2.3	7.5	8.1	9.5	7	3.6	2.6	2.1	2.1	1.97	1.76	0.15	0.82	0.03	0.085	0.040	0.021	9	25.4	8.9	5.2
潤沼 5 下層				7.9	8.1	9.9	7	3.6	3.1	2.2	2.0	1.89	1.81	0.15	0.78	0.03	0.094	0.041	0.020	11	25.8	9.1	4.9
潤沼 6 上層	9:32	0.90	2.7	6.9	8.1	9.6	6	3.4	3.2	2.3	1.9	2.05	1.95	0.15	0.90	0.03	0.073	0.037	0.020	11	23.1	8.1	5.3
潤沼 6 下層				7.8	8.0	9.3	7	3.5	3.2	2.3	1.8	1.78	1.78	0.15	0.79	0.03	0.081	0.038	0.019	12	25.4	8.8	5.1
潤沼 7 上層	10:31	0.80	2.5	7.2	8.0	10.4	7	3.9	3.4	2.9	1.9	2.29	2.08	0.17	0.98	0.03	0.101	0.042	0.024	10	24.2	8.6	5.5
潤沼 7 下層				7.9	8.0	9.9	10	3.9	3.6	2.6	1.8	2.11	1.84	0.18	0.83	0.03	0.096	0.043	0.025	11	25.1	8.9	4.9
潤沼 8 上層	10:49	0.90	2.6	8.3	8.0	9.2	6	3.7	2.8	2.2	1.8	1.92	1.90	0.19	0.86	0.03	0.083	0.047	0.030	7	24.8	8.8	5.1
潤沼 8 下層				8.0	8.0	9.9	9	3.5	2.9	2.7	2.4	2.03	1.85	0.18	0.83	0.03	0.094	0.048	0.028	11	24.9	8.7	5.0

	採水時刻	透視度 (cm)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (μg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
潤沼橋	11:42	>50	-	10.5	8.0	10.0	4	1.8	1.4	1.4	1.1	1.31	1.28	0.22	0.51	0.01	0.074	0.060	0.053	1	30.3	11.0	4.9
大貫橋	11:29	>50	-	9.0	7.9	9.2	5	2.6	2.2	2.2	1.5	1.71	1.67	0.22	0.74	0.02	0.070	0.047	0.035	3	26.7	9.6	4.8
高橋	13:30	45	-	9.2	7.8	11.3	8	3.9	2.7	1.6	1.4	2.39	2.35	0.24	1.81	0.02	0.170	0.100	0.099	1	0.3	<0.1	12.1
長岡橋	13:43	>50	-	10.9	7.7	11.2	6	4.1	3.2	1.9	1.7	2.93	2.83	0.30	2.19	0.05	0.127	0.088	0.083	2	0.2	<0.1	15.2

表 11 水質調査結果一覧（3月）

令和3年3月16日

天気 くもり

気温 11.9°C（水戸10時，気象庁データ）

	採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
潤沼 1 上層	9:47	0.50	2.1	12.0	9.3	16.4	22	8.8	3.1	5.0	2.6	1.64	1.09	0.01	0.47	0.04	0.097	0.019	0.002	203	17.5	6.0	3.8
潤沼 1 下層				12.9	9.3	14.6	22	7.5	3.2	5.5	2.7	1.44	0.87	0.01	0.32	0.04	0.091	0.019	0.001	252	20.6	7.0	2.7
潤沼 2 上層	10:02	0.50	2.4	12.5	9.4	16.8	24	8.0	3.6	5.5	2.8	1.56	0.97	0.01	0.36	0.04	0.094	0.019	0.001	234	19.1	6.4	2.6
潤沼 2 下層				12.8	9.0	11.1	21	7.3	3.6	4.6	2.5	1.53	0.85	0.01	0.32	0.04	0.106	0.019	0.002	266	22.3	8.0	3.2
潤沼 3 上層	9:38	0.55	2.6	11.9	9.3	15.8	22	7.5	3.1	5.1	2.5	1.62	1.18	0.01	0.49	0.04	0.102	0.017	0.001	211	18.3	5.9	3.4
潤沼 3 下層				12.5	9.0	12.1	20	6.3	2.9	4.3	2.5	1.41	0.81	0.01	0.31	0.04	0.089	0.018	0.002	244	22.6	7.7	3.1
潤沼 4 上層	9:07	0.50	3.1	12.4	9.4	16.5	24	7.4	3.3	5.3	2.7	1.56	0.99	0.01	0.42	0.04	0.100	0.019	0.001	232	18.5	6.4	2.2
潤沼 4 下層				12.4	8.7	8.7	17	6.0	2.6	3.6	2.0	1.35	0.86	0.04	0.33	0.03	0.091	0.018	0.002	197	25.1	8.8	3.1
潤沼 5 上層	10:12	0.50	2.3	12.5	9.5	16.1	27	7.3	3.3	5.7	2.4	1.48	0.93	0.01	0.37	0.04	0.108	0.017	0.001	235	19.0	6.3	2.5
潤沼 5 下層				13.0	9.2	13.4	27	7.6	3.4	4.6	2.4	1.61	0.90	0.01	0.36	0.04	0.099	0.016	0.002	253	20.2	6.9	2.9
潤沼 6 上層	9:29	0.50	2.8	11.9	9.3	15.6	22	7.3	3.8	4.7	2.2	1.60	1.08	0.01	0.48	0.04	0.094	0.017	0.002	212	18.3	6.1	3.4
潤沼 6 下層				12.3	8.9	9.6	21	6.4	3.2	3.5	2.8	1.39	0.86	0.03	0.32	0.03	0.094	0.018	0.003	220	23.9	8.5	2.9
潤沼 7 上層	10:21	0.55	2.5	12.5	9.4	16.3	24	7.7	4.0	5.0	2.4	1.79	1.06	0.01	0.48	0.04	0.108	0.017	0.003	230	18.3	6.1	2.9
潤沼 7 下層				13.2	9.1	12.3	24	7.6	3.6	4.3	2.2	1.48	0.96	0.01	0.39	0.04	0.095	0.016	0.002	233	20.3	6.9	2.9
潤沼 8 上層	10:36	0.50	2.5	13.5	9.3	15.8	25	7.6	3.8	5.4	2.3	1.55	0.89	0.01	0.39	0.04	0.110	0.018	0.002	247	18.8	6.3	2.8
潤沼 8 下層				13.0	9.1	12.4	32	7.0	4.0	4.7	2.3	1.57	0.94	0.01	0.40	0.04	0.119	0.017	0.002	239	19.7	6.8	3.1

	採水時刻	透視度 (cm)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS cm ⁻¹)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
潤沼橋	11:30	23	-	13.3	8.6	11.7	23	4.5	2.8	3.3	2.2	1.25	0.91	0.01	0.39	0.02	0.089	0.010	0.002	127	25.6	8.9	3.4
大貫橋	11:16	14	-	13.1	9.2	13.9	28	6.7	3.6	4.5	2.3	1.59	0.95	0.01	0.42	0.03	0.108	0.017	0.002	233	18.9	6.2	3.0
高橋	12:46	>50	-	14.0	7.7	9.9	4	3.2	2.9	1.6	1.4	1.83	1.82	0.09	1.57	0.01	0.120	0.096	0.094	4	0.2	<0.1	9.9
長岡橋	13:02	>50	-	15.6	7.7	10.2	3	3.7	3.1	1.9	1.6	2.33	2.18	0.10	1.99	0.02	0.059	0.037	0.033	3	0.2	<0.1	13.5

1-17 牛久沼の水質保全に関する調査事業

1 目的

牛久沼(図1)は流域で様々な排出負荷削減対策が行われているが、化学的酸素要求量(COD)等の項目で水質汚濁に係る環境基準を達成していない。そのため、牛久沼における詳細調査を実施し、汚濁機構解明のための基礎資料とする。

2 調査方法

(1) 水質調査

- ① 調査期間：令和2年5月～令和3年3月、月1回
- ② 調査地点(図1)：
 - 【湖内】8地点(L1-L8)の上層(水面下50cm)及び7地点(L1-L6、L8)の下層(湖底上50cm)
 - 【河川】流入河川4地点(R1-R4)及び流出河川1地点(R5)の表層

③ 調査項目：

水深、透明度、水温、pH、電気伝導率(EC)、溶存酸素量(DO)、浮遊物質(SS)、化学的酸素要求量(COD)、溶存態COD(dCOD)、全有機炭素量(TOC)、溶存態TOC(DOC)、全窒素(TN)、溶存態TN(dTN)、各態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$)、全りん(TP)、溶存態TP(dTP)、りん酸態りん($\text{PO}_4\text{-P}$)、クロロフィルa(Chl.a)、比色シリカ(Si)

④ 分析方法：

試料水は当センターに持ち帰り、次の方法で分析した。

CODについては過マンガン酸カリウム(100℃)による方法により分析した。

TN、dTN、TP及びdTPについては連続流れ分析装置(ビーエルテック社製 swAAAt)で、各態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$)及びりん酸態りん($\text{PO}_4\text{-P}$)については連続流れ分析装置(ビーエルテック社製 QuAAAtro)で分析した。

クロロフィルaの測定については、試料水を孔径 $1.2\mu\text{m}$ のろ紙(Whatman、GF/C)を用いてろ別し、得られたろ紙を凍結した後エタノールで1日間抽出し、浮遊物質を遠心分離(3000rpm、10分)して得られた上澄み液を分析に供した。分析には、吸光度計(shimadzu社製、UV-2550)を用いて吸光度を測定し、ユネスコ法の計算式を用いてクロロフィルa濃度を算出した。

pH及びECは東亜 DKK 製多項目水質計 WM-32EP を使用した。

(2) プラクトン調査

- ① 調査期間：2(1)①と同じ
- ② 調査地点：湖心(L1)
- ③ 調査項目：植物プランクトンの細胞体積及び動物プランクトンの個体数
- ④ 調査方法：

植物プランクトンについては、調査地点でペリスタルティックポンプを用いて上層水を400mL採集し、25%グルタルアルデヒド溶液を終濃度約4%になるように加えて試料とした。得られた試料についてプランクトン計数板を用いて種ごとの細胞数を測定し、得られた細胞数に1細胞当たりの体積を掛けあわせることで細胞体積を算出した。

動物プランクトンについては、調査地点において小型プランクトンネット(離合社製、5513、目合い0.1mm)を用いて湖底直上0.5mから湖水面まで鉛直引きし、得られた湖水試

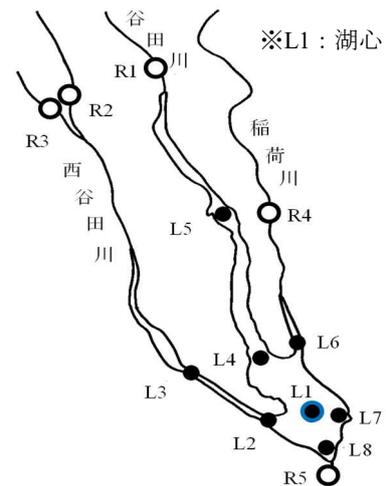


図1 牛久沼調査地点

料に25%グルタルアルデヒド溶液を終濃度が約4%になるように加えて試料とした。得られた試料について植物プランクトンと同様にプランクトン計数板を用いて個体数密度を測定した。

3 調査結果概要

(1) 水質 (図2及び図3)

表1から表12に現地測定及び水質分析結果一覧を示す。以下①から④では、湖内の値としてL1-L8上層の平均値を報告する。

① COD

- ・令和2年度は湖内では8.2 mg/Lで、前年度(7.5 mg/L)より0.7 mg/L高い値となり、流入河川では3.8 mg/Lで、前年度(4.1 mg/L)より0.3 mg/L低い値となった。
- ・経月変化について、8月以降は平均値を上回って推移した。
- ・経年変化について、湖内では平成28年度以降上昇傾向が続いており、流入河川では平成14年度以降は横ばい～やや低下傾向が続いている。

② TN

- ・令和2年度は湖内では1.3 mg/Lで、前年度(1.6 mg/L)より0.3 mg/L低い値となり、流入河川では2.0 mg/Lで前年度(2.1 mg/L)より0.1 mg/L低い値となった。
- ・経月変化については、5月～7月までは平均値を上回って推移していたが、8月～9月及び11月以降は平均値を下回って推移した。
- ・経年変化については、湖内及び流入河川ともに、近年は低下傾向が見られている。

③ TP

- ・令和2年度は湖内では0.104 mg/Lで、前年度(0.092 mg/L)より0.012 mg/L高い値となり、流入河川では0.066 mg/Lで、前年度(0.059 mg/L)より0.007 mg/L高い値となった。
- ・経月変化については、8月までは平均値と同様に推移していたが、9月以降は平均値を上回って推移した。
- ・経年変化については、湖内と流入河川は平成25年度までは近い値を示していたが、平成26年度以降は開きが見られている。湖内では平成26年度以降は上昇傾向が続いているが、流入河川では横ばい～やや上昇傾向となっている。

④ Chl.a

- ・令和2年度は湖内では73 µg/Lで、前年度(33 µg/L)より40 µg/L高い値となり、流入河川では8 µg/Lで、前年度(5 µg/L)より3 µg/L高い値となった。
- ・経月変化については、調査した全ての月で、平均値と同程度～平均値を上回って推移した。
- ・経年変化については、湖内では長期的に見ると横ばい傾向であるが、平成14年度以降最も低かった前年度から一転して、令和2年度は最も高くなった。流入河川では平成19年度まで減少傾向が続いた後は、横ばい傾向が続いている。

(2) プランクトン (図4)

① 植物プランクトン (細胞体積)

- ・令和2年度はこれまでと同様に珪藻類が優占する傾向が見られた。藻類全体の細胞体積(月平均)は前年度より増加した。

② 動物プランクトン (個体数密度)

- ・令和2年度の優占種はワムシ類で、出現個体数は9月に最も多くなった。

(3) 【参考】気象 (図5)

気象のデータは、牛久沼近傍のつくば(館野)のアメダスデータを用いた¹⁾。

なお、平年値は1991年～2020年(平成3年～令和2年)の平均値である。

① 平均気温

- ・経年変化については、変動はあるものの上昇傾向にある。令和2年度は前年度よりやや低下した。
 - ・経月変化については、グラフの形状は平年と大きく変わらないものの、平年値と比べ2月及び3月に高い値となった。
- ② 降水量
- ・令和2年度は1,334 mmで、前年度(1,515 mm)より181mm少なくなった。
 - ・経年変化については、平成26年度以降は低下傾向にあったが、令和元年度に上昇し、令和2年度にはまた低下した。
 - ・経月変化については、平年値と比べ7月までは高く、8月から1月までは低く、2月及び3月は再び高い値となった。
- ③ 日照時間
- ・令和2年度は2,024時間で、前年度(1,976時間)より48時間長くなった。
 - ・経年変化については、平成24年度以降は低下傾向が続いている。
 - ・経月変化については、平年値と比べ7月に短く、8月及び2月に長くなった。

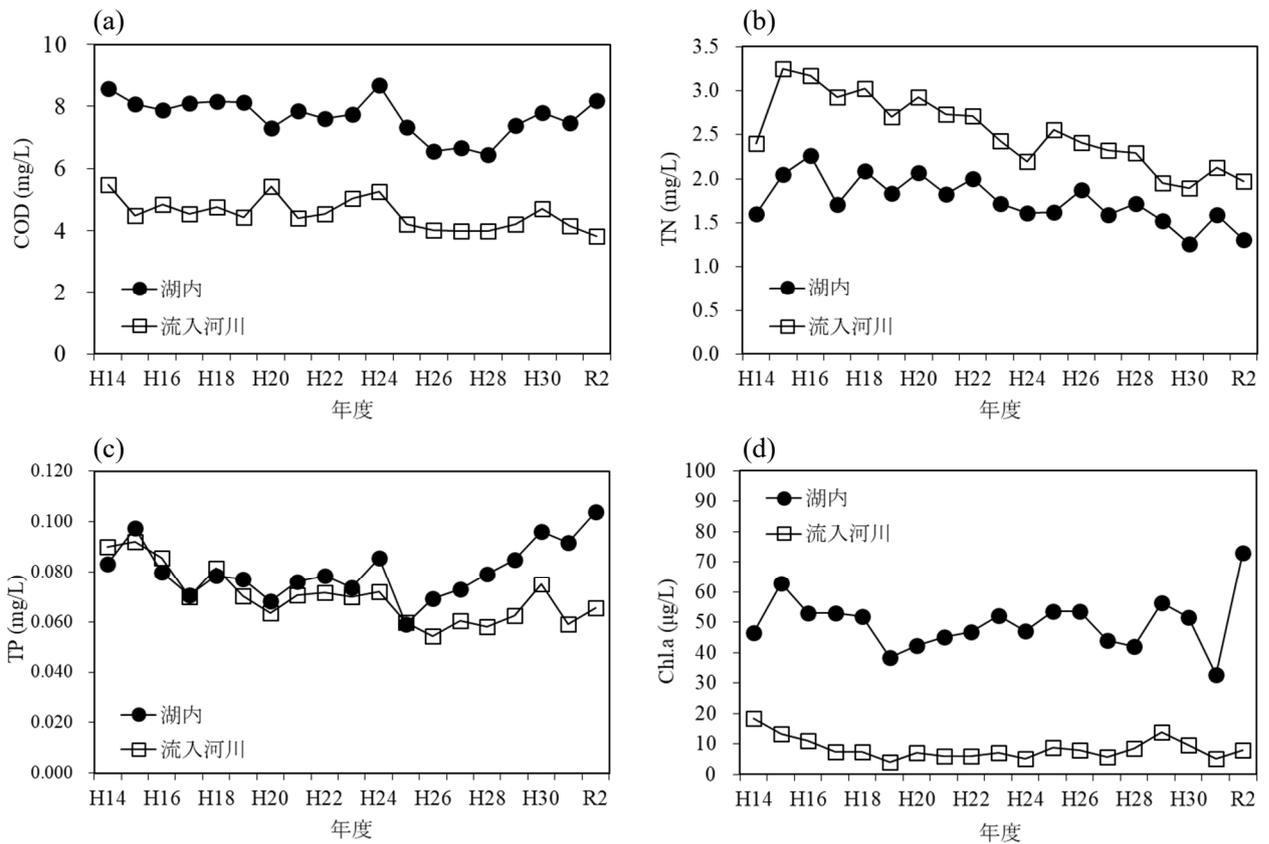


図2 湖内上層及び流入河川（全地点平均）における水質の経年変化（年度）
 (a) COD、(b) TN、(c) TP、(d) Chl.a

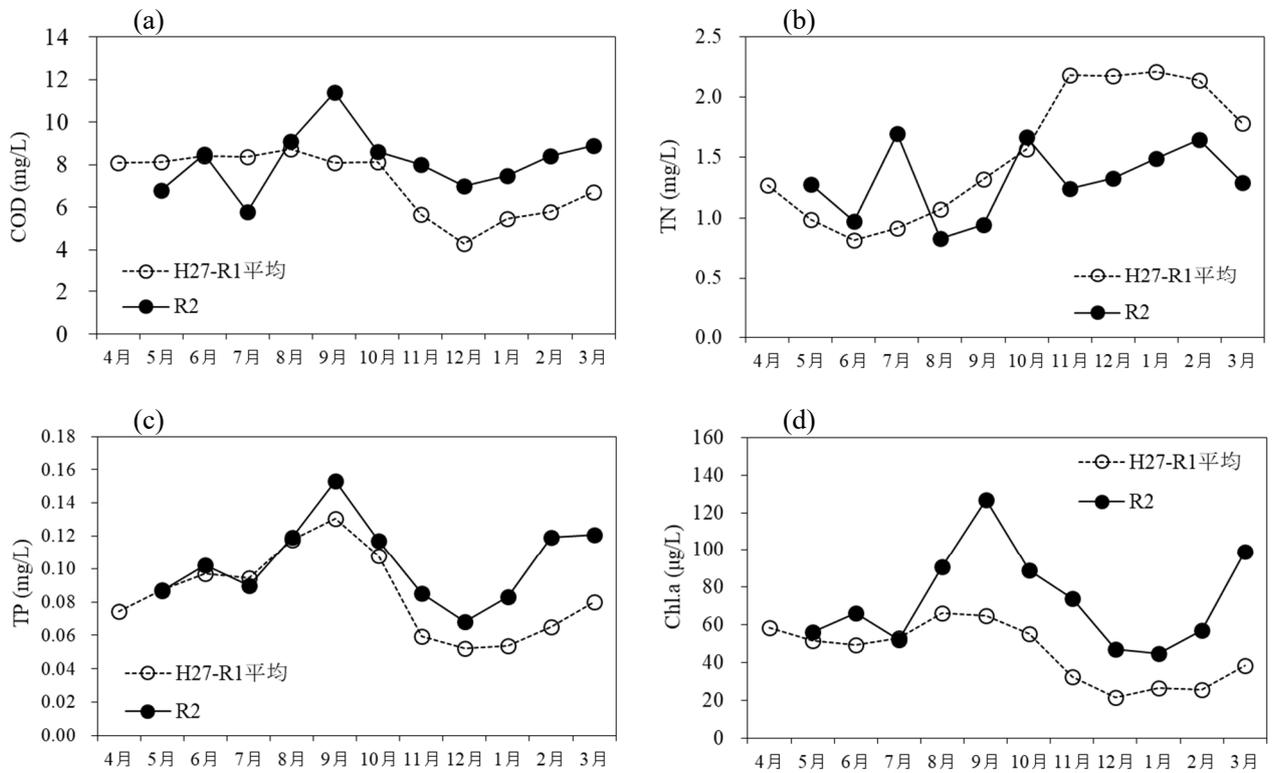


図3 湖内上層（全地点平均）における水質の経月変化

(a) COD、(b) TN、(c) TP、(d) Chl. a

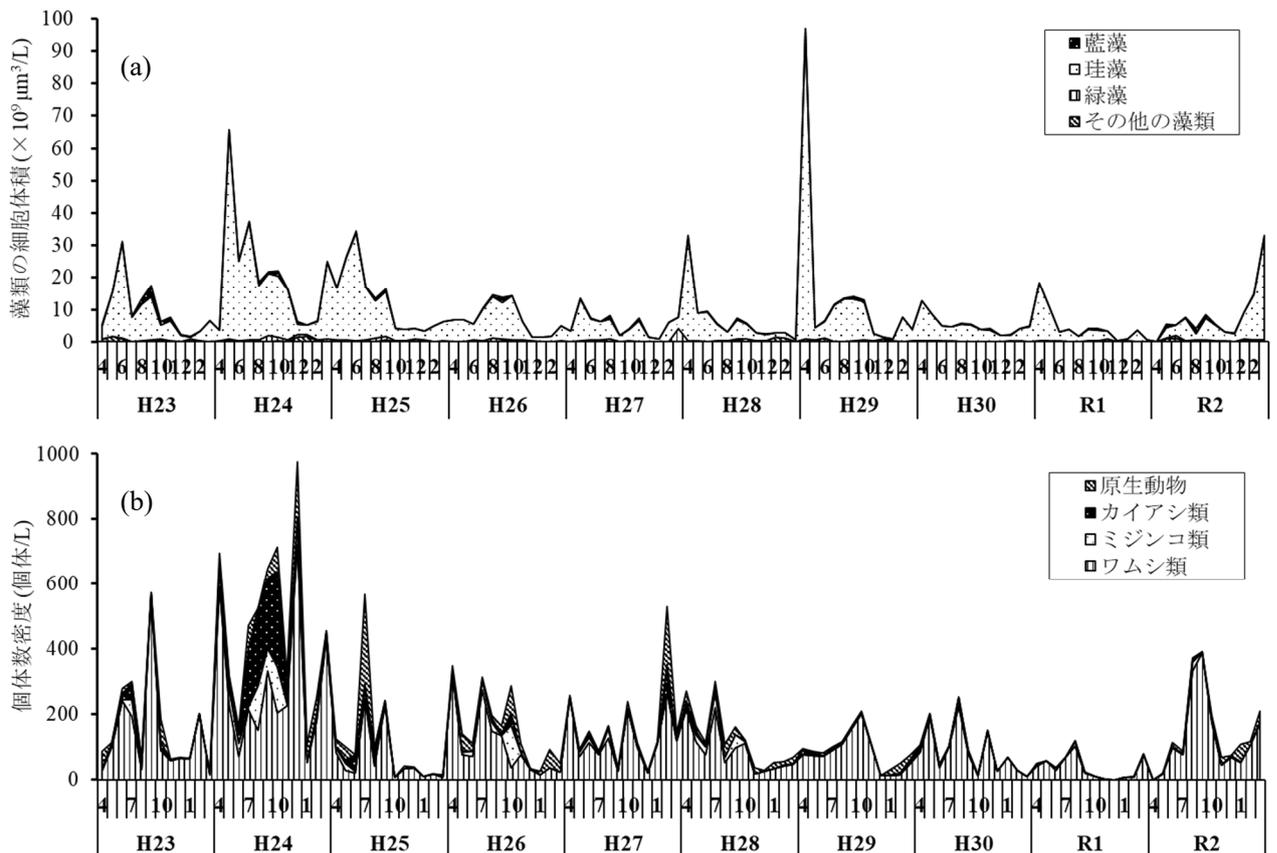


図4 湖心上層におけるプランクトンの変化

(a) 植物プランクトンの細胞体積、(b) 動物プランクトンの個体数 (H29 は偶数月のみ計測)

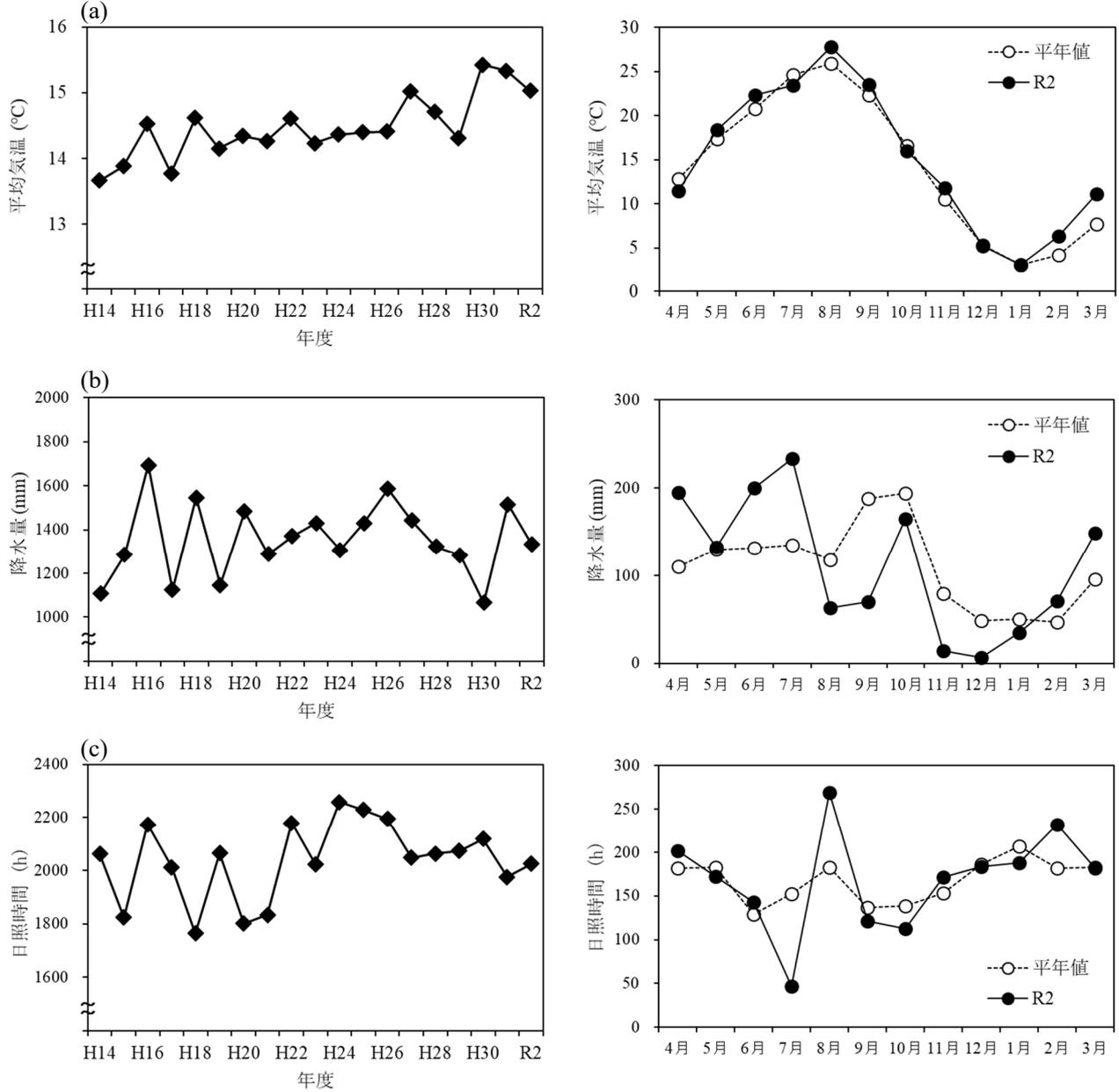


図5 つくば市（館野）における気象の状況

(a) 平均気温、(b) 降水量、(c) 日照時間 左図：経年変化、右図：経月変化

参考文献

- 1) 気象庁ホームページ：気象統計情報（つくば（館野））、<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>

表 1 水質調査結果一覧 (5月)

牛久沼調査 検査結果一覧														天気:曇														気温: 18.0 °C														(つくば市館野 10:00, 気象庁データ)													
採水日: 令和2年5月23日																																																							
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)																															
湖沼	L1	上層	9:48	1.8	0.60	18.0	7.5	21.8	9.1	18	7.9	4.3	4.3	2.8	1.14	0.62	0.02	0.01	0.40	0.094	0.022	0.002	79	6.7																															
湖沼	L1	下層				18.1	7.5	21.7	8.1	20	7.6	4.2	4.1	2.7	1.07	0.65	0.03	0.01	0.42	0.091	0.019	0.002	63	6.9																															
湖沼	L2	上層	10:02	2.1	0.90	18.7	7.7	19.7	8.8	10	6.8	4.5	3.7	2.9	1.30	0.95	0.02	0.02	0.67	0.077	0.028	0.003	59	6.8																															
湖沼	L2	下層				17.9	7.6	19.5	7.3	11	5.7	4.2	3.4	2.7	1.12	0.93	0.05	0.02	0.68	0.060	0.017	0.002	21	6.8																															
湖沼	L3	上層	10:14	2.2	0.95	18.0	7.4	19.4	8.3	9	5.6	3.9	3.3	2.6	1.33	1.14	0.08	0.02	0.91	0.061	0.020	0.005	17	7.0																															
湖沼	L3	下層				17.4	7.4	19.6	7.0	10	5.3	3.8	3.0	2.6	1.36	1.20	0.11	0.02	0.93	0.059	0.018	0.004	11	7.2																															
湖沼	L4	上層	10:31	1.8	0.65	19.0	7.4	21.9	8.2	19	7.6	4.1	4.3	2.7	1.21	0.71	0.10	0.02	0.36	0.089	0.019	0.001	78	7.9																															
湖沼	L4	下層				18.3	7.4	21.9	7.4	20	7.5	4.0	4.1	2.6	1.17	0.70	0.14	0.02	0.36	0.094	0.017	0.002	67	7.7																															
湖沼	L5	上層	10:47	2.5	0.80	19.0	7.6	19.0	6.4	10	5.1	3.5	3.0	2.2	1.53	1.28	0.20	0.02	0.91	0.074	0.020	0.010	18	8.2																															
湖沼	L5	下層				17.5	7.5	21.9	7.0	12	4.7	3.6	2.8	2.3	1.72	1.65	0.18	0.02	1.30	0.087	0.032	0.018	5	10																															
湖沼	L6	上層	11:07	2.0	0.95	18.3	7.4	20.5	7.5	6	4.4	3.6	2.7	2.2	1.46	1.46	0.19	0.01	1.03	0.084	0.040	0.026	3	10																															
湖沼	L6	下層				17.0	7.4	20.5	7.6	13	5.1	3.6	2.9	2.2	1.54	1.40	0.16	0.01	1.08	0.099	0.036	0.022	4	10																															
湖沼	L7	上層	9:39	1.6	0.70	18.4	7.2	24.7	9.7	20	8.1	4.7	4.7	2.9	1.05	0.53	0.03	0.01	0.22	0.113	0.024	0.003	85	5.7																															
湖沼	L7	下層				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																														
湖沼	L8	上層	11:23	2.9	0.60	18.5	7.9	22.3	11.9	17	8.9	5.0	5.2	3.0	1.23	0.64	0.02	0.01	0.34	0.100	0.026	0.001	107	6.7																															
湖沼	L8	下層				18.0	7.9	22.6	9.0	16	7.5	4.6	4.8	2.9	1.08	0.65	0.02	0.01	0.36	0.081	0.017	0.002	61	7.0																															

種類	地点名	時間	流量 (m³/s)	水深 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)
流入河川	R1	15:53	3.05	2.7	48	19.4	7.8	21.3	9.3	7	3.8	3.4	3.1	2.1	1.61	1.51	0.06	0.01	1.27	0.081	0.039	0.027	2	10
流入河川	R2	15:02	2.95	2.6	>50	18.7	7.9	22.7	9.1	7	4.1	3.4	3.1	2.0	2.06	1.99	0.10	0.02	1.79	0.087	0.040	0.029	3	7.4
流入河川	R3	15:31	0.16	0.8	>50	21.5	7.7	21.5	8.5	7	5.6	4.0	3.6	2.3	1.51	1.38	0.08	0.01	1.11	0.085	0.029	0.018	3	8.1
流入河川	R4	14:14	0.71	1.6	>50	19.5	8.4	20.6	8.9	5	4.2	3.4	3.1	2.0	1.33	1.32	0.04	0.01	1.12	0.084	0.039	0.027	3	9.6
流出河川	R5	12:27	1.01	4.0	42	21.0	8.1	22.6	9.8	9	6.5	4.4	4.3	2.8	1.00	0.66	0.01	0.01	0.42	0.061	0.013	0.001	46	6.5

表 2 水質調査結果一覧 (6月)

牛久沼調査 検査結果一覧 採水日：令和2年6月16日 天気：晴 気温：27.4℃ (つくば市館野 1000, 気象庁データ)

種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)	
湖沼	L1	上層	9:50	1.8	0.50	28.0	7.9	22.4	9.0	24	9.8	5.0	6.0	3.3	0.90	0.35	0.02	<0.01	0.03	0.111	0.017	0.002	89	9.5	
湖沼	L1	下層				26.5	7.8	21.8	7.0	24	9.0	4.8	4.9	3.1	0.80	0.37	0.03	0.01	0.09	0.106	0.014	0.001	49	9.7	
湖沼	L2	上層	10:10	1.9	0.70	27.5	7.9	21.5	8.0	21	8.7	5.2	5.2	3.3	1.01	0.55	0.01	0.01	0.29	0.107	0.016	0.002	64	8.0	
湖沼	L2	下層				26.8	7.8	21.5	5.8	20	8.2	5.0	4.5	3.2	0.97	0.62	0.07	0.01	0.32	0.099	0.014	0.002	44	8.2	
湖沼	L3	上層	10:25	2.2	0.65	26.7	7.5	18.4	8.2	14	7.3	4.6	4.1	3.0	1.13	0.80	0.03	0.02	0.56	0.090	0.015	0.003	41	6.7	
湖沼	L3	下層				26.0	7.4	18.9	4.3	35	8.8	4.5	5.0	3.0	1.20	0.92	0.21	0.02	0.47	0.147	0.013	0.003	29	7.5	
湖沼	L4	上層	10:42	1.7	0.60	27.5	7.5	22.6	10.2	22	9.7	5.2	6.2	3.4	0.93	0.40	0.02	0.01	0.12	0.102	0.016	0.002	81	9.5	
湖沼	L4	下層				27.0	7.6	22.8	7.2	23	8.8	4.9	4.9	3.3	0.90	0.41	0.06	0.01	0.10	0.101	0.013	0.001	69	10	
湖沼	L5	上層	11:00	2.2	0.80	27.2	7.8	17.0	8.4	12	6.8	4.0	4.0	2.5	1.22	1.04	0.05	0.02	0.78	0.097	0.020	0.005	66	7.3	
湖沼	L5	下層				26.0	7.6	15.9	4.7	16	5.8	3.9	3.2	2.4	1.08	0.98	0.19	0.02	0.62	0.093	0.014	0.005	16	7.0	
湖沼	L6	上層	11:23	1.8	0.70	27.5	7.3	18.4	8.2	12	6.8	4.7	4.0	2.8	1.13	0.93	0.05	0.01	0.67	0.103	0.019	0.005	29	9.5	
湖沼	L6	下層				26.8	7.3	18.7	6.4	14	6.2	4.7	3.5	2.8	1.06	1.04	0.13	0.01	0.67	0.099	0.016	0.006	11	9.2	
湖沼	L7	上層	9:40	1.5	0.60	27.0	7.0	21.1	9.5	22	9.5	5.3	6.3	3.4	0.65	0.27	0.01	<0.01	<0.01	0.110	0.012	0.002	82	9.9	
湖沼	L7	下層				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L8	上層	11:40	2.6	0.55	28.0	7.7	21.7	11.3	20	9.3	5.5	5.8	3.4	0.79	0.49	0.01	0.01	0.19	0.093	0.013	0.001	73	8.4	
湖沼	L8	下層				26.5	7.6	22.6	6.2	23	8.3	5.2	4.6	3.2	0.67	0.49	0.05	0.01	0.18	0.093	0.010	0.001	56	9.2	

種類	地点名	時間	流量 (m3/s)	水深 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)
流入河川	R1	15:21	0.43	1.4	49	27.0	7.6	24.8	7.4	8	4.5	4.1	2.8	2.5	1.71	1.67	0.06	0.01	1.32	0.068	0.025	0.015	1	13
流入河川	R2	14:14	0.90	1.7	48	26.8	7.5	23.0	7.6	7	4.7	4.2	2.8	2.4	1.78	1.71	0.06	0.02	1.44	0.062	0.020	0.011	7	9.2
流入河川	R3	14:35	0.05	0.6	44	31.5	7.5	21.8	7.8	22	7.3	4.9	4.3	2.7	1.15	1.02	0.10	0.01	0.64	0.104	0.023	0.009	5	10
流入河川	R4	13:39	0.38	1.4	46	26.6	7.7	28.4	8.0	10	4.5	3.9	2.8	2.3	1.43	1.21	0.04	<0.01	1.05	0.084	0.034	0.024	<1	12
流出河川	R5	12:14	1.63	3.9	28	27.0	7.2	21.8	9.6	16	9.2	5.6	5.0	3.6	0.86	0.54	0.03	0.01	0.13	0.091	0.015	0.001	68	9.4

表3 水質調査結果一覧 (7月)

採水日: 令和2年7月10日 天気: 曇 気温: 25.8℃ (つくば市館野 10:00, 気象庁データ)

種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)	
湖沼	L1	上層	9:48	1.9	0.50	26.0	7.2	18.6	9.2	27	6.8	3.0	3.7	2.0	1.32	1.13	0.04	0.02	0.89	0.099	0.014	0.002	64	7.9	
湖沼	L1	下層				26.0	7.3	18.3	7.1	28	6.8	3.2	3.6	2.0	1.34	1.12	0.04	0.02	0.90	0.097	0.013	0.001	61	8.0	
湖沼	L2	上層	10:11	2.1	0.70	26.0	7.4	22.3	7.0	16	5.1	2.8	2.9	1.8	2.16	2.09	0.05	0.02	1.87	0.073	0.013	0.002	32	9.0	
湖沼	L2	下層				26.0	7.4	22.6	6.8	30	6.6	2.9	3.5	1.8	2.37	2.14	0.07	0.02	1.89	0.103	0.012	0.002	27	9.0	
湖沼	L3	上層	10:21	2.1	0.60	25.8	7.4	21.5	7.6	16	5.0	2.8	2.9	1.8	2.21	1.98	0.04	0.02	1.82	0.081	0.012	0.002	30	8.8	
湖沼	L3	下層				25.5	7.3	21.7	6.7	28	6.0	2.8	2.9	1.8	2.08	2.00	0.07	0.02	1.82	0.106	0.012	0.003	21	8.9	
湖沼	L4	上層	10:36	1.7	0.60	26.2	7.4	20.2	7.5	23	5.6	3.3	2.9	2.3	1.72	1.48	0.07	0.02	1.22	0.089	0.011	0.001	53	8.7	
湖沼	L4	下層				26.1	7.4	19.3	7.2	25	5.9	2.8	3.0	1.7	1.78	1.50	0.07	0.02	1.23	0.088	0.011	0.001	53	8.8	
湖沼	L5	上層	10:52	2.4	0.70	25.8	7.5	21.4	8.7	12	4.6	2.5	2.5	1.6	2.23	2.05	0.02	0.02	1.84	0.078	0.015	0.003	42	10	
湖沼	L5	下層				25.0	7.5	19.5	6.5	22	4.2	2.6	2.3	1.6	1.99	1.85	0.08	0.01	1.63	0.109	0.019	0.011	7	9.3	
湖沼	L6	上層	11:11	1.9	0.60	25.5	7.4	15.7	8.7	18	6.0	3.1	3.5	1.9	1.38	1.11	0.03	0.01	0.87	0.103	0.020	0.005	53	7.1	
湖沼	L6	下層				24.7	7.4	15.5	6.7	16	4.3	2.7	2.4	1.7	1.50	1.40	0.10	0.01	1.05	0.092	0.017	0.011	11	7.9	
湖沼	L7	上層	9:42	1.5	0.50	26.5	6.9	17.7	8.3	26	6.4	3.3	3.6	2.1	1.21	1.01	0.02	0.02	0.77	0.094	0.013	0.001	68	7.9	
湖沼	L7	下層				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L8	上層	11:25	2.5	0.40	26.5	7.4	17.4	7.6	32	7.1	3.2	3.6	2.0	1.34	1.01	0.03	0.02	0.74	0.103	0.011	0.001	73	7.9	
湖沼	L8	下層				26.3	7.4	17.6	6.7	42	7.4	3.3	3.7	2.0	1.36	0.96	0.06	0.02	0.71	0.132	0.011	0.001	64	8.2	
種類	地点名	時間	流量 (m3/s)	水深 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)	
流入河川	R1	14:25	3.41	2.6	46	25.5	7.4	22.2	8.0	10	3.0	2.3	1.7	1.4	2.43	2.29	0.03	0.01	2.14	0.071	0.024	0.016	1	10	
流入河川	R2	13:45	1.90	1.8	44	24.9	7.2	28.6	7.8	14	4.1	2.8	2.1	1.6	2.82	2.62	0.08	0.02	2.41	0.086	0.024	0.017	5	9.1	
流入河川	R3	14:00	0.26	0.9	>50	25.2	7.3	25.0	7.8	10	3.6	2.5	2.0	1.5	2.93	2.92	0.09	0.02	2.74	0.075	0.030	0.024	3	10	
流入河川	R4	13:20	1.18	1.4	>50	24.7	7.3	21.8	8.6	10	3.6	2.5	1.9	1.6	1.92	1.82	0.03	<0.01	1.62	0.065	0.023	0.017	2	10	
流出河川	R5	12:00	20.91	4.2	17	26.4	7.3	24.5	8.8	41	7.8	3.3	3.6	2.0	1.35	1.01	0.03	0.02	0.73	0.126	0.010	0.001	71	8.0	

表 4 水質調査結果一覧（8月）

牛久沼調査 検査結果一覧															天気: 晴 気温: 29.6℃ (つくば市館野 10:00, 気象庁データ)														
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (μg/L)	比色Si (mg/L)					
湖沼	L1	上層	9:45	1.8	0.50	32.2	8.2	24.0	7.1	30	9.0	4.9	5.3	3.5	0.68	0.29	0.02	<0.01	<0.01	0.116	0.017	0.003	81	9.9					
湖沼	L1	下層				31.5	8.2	24.0	5.6	47	10.3	4.8	5.5	3.4	0.68	0.31	0.05	<0.01	<0.01	0.146	0.015	0.002	70	10					
湖沼	L2	上層	10:01	2.1	0.60	32.0	8.1	25.0	8.9	19	8.7	4.9	5.2	3.4	0.58	0.32	0.02	<0.01	<0.01	0.105	0.018	0.003	79	9.0					
湖沼	L2	下層				31.7	8.1	24.7	6.3	27	8.7	4.8	4.9	3.3	0.64	0.28	0.03	<0.01	<0.01	0.118	0.016	0.002	70	9.4					
湖沼	L3	上層	10:13	2.2	0.50	31.9	8.0	25.3	7.2	24	8.6	4.6	5.0	3.3	0.75	0.31	0.03	<0.01	<0.01	0.120	0.018	0.003	73	9.2					
湖沼	L3	下層				31.5	8.0	25.2	5.5	50	10.6	4.7	5.4	3.3	0.88	0.37	0.09	<0.01	<0.01	0.180	0.022	0.007	58	9.5					
湖沼	L4	上層	10:29	1.6	0.60	32.7	8.1	24.8	8.5	21	9.3	4.7	5.2	3.2	0.78	0.30	0.03	<0.01	<0.01	0.104	0.017	0.002	77	10					
湖沼	L4	下層				32.2	8.2	24.9	6.8	24	9.1	4.8	5.0	3.2	0.83	0.31	0.02	<0.01	<0.01	0.108	0.017	0.002	77	10					
湖沼	L5	上層	10:46	2.3	0.50	32.4	8.6	24.8	12.7	22	9.3	4.5	5.2	2.8	1.21	0.50	0.04	0.01	0.19	0.150	0.022	0.004	143	10					
湖沼	L5	下層				31.5	8.6	25.1	7.9	34	8.0	4.1	4.2	2.7	1.06	0.65	0.08	0.01	0.34	0.148	0.016	0.004	68	10					
湖沼	L6	上層	11:07	1.8	0.60	32.6	8.4	23.6	12.9	19	9.1	4.7	5.4	2.9	0.98	0.40	0.03	0.01	0.10	0.131	0.018	0.004	116	10					
湖沼	L6	下層				31.4	8.4	23.2	9.0	18	6.9	3.8	3.8	2.5	1.07	0.67	0.05	0.01	0.41	0.102	0.014	0.003	60	11					
湖沼	L7	上層	9:38	1.5	0.60	31.8	7.5	24.2	6.7	26	8.9	4.8	4.6	3.1	0.81	0.34	0.04	<0.01	0.03	0.109	0.014	0.003	74	10					
湖沼	L7	下層				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
湖沼	L8	上層	11:23	2.6	0.50	32.1	8.3	23.9	9.4	28	10.2	4.8	5.8	3.2	0.87	0.30	0.02	<0.01	<0.01	0.115	0.014	0.002	86	9.6					
湖沼	L8	下層				31.5	8.3	24.0	5.3	39	9.6	4.8	4.6	3.1	0.83	0.28	0.03	<0.01	<0.01	0.124	0.012	0.002	69	9.9					

種類	地点名	時間	流量 (m3/s)	水深 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (μg/L)	比色Si (mg/L)
流入河川	R1	14:28	1.65	2.5	42	30.7	8.3	25.1	9.2	9	4.2	3.6	2.7	2.3	1.20	1.03	0.02	0.01	0.81	0.065	0.021	0.016	11	12
流入河川	R2	13:45	1.31	1.8	>50	32.0	8.1	24.7	9.2	11	5.9	3.9	3.6	2.4	1.35	1.03	0.04	0.01	0.78	0.069	0.013	0.004	35	10
流入河川	R3	14:03	0.14	0.6	>50	32.5	8.1	24.8	11.0	13	5.2	3.8	2.8	2.2	1.10	0.99	0.06	<0.01	0.72	0.066	0.022	0.016	6	11
流入河川	R4	13:19	0.36	1.4	>50	29.6	8.5	23.9	8.7	5	3.8	3.5	2.4	2.2	1.02	0.96	0.02	<0.01	0.72	0.050	0.024	0.022	5	12
流出河川	R5	11:55	6.15	4.2	22	33.6	8.7	25.4	9.5	22	8.9	4.8	4.4	3.0	0.72	0.28	0.01	<0.01	<0.01	0.090	0.012	0.001	58	9.9

表 5 水質調査結果一覧 (9月)

牛久沼調査 検査結果一覧		天気: 曇										気温: 24.5 °C										採水日: 令和2年9月16日										(-)くば市龍野 10:00, 気象庁データ									
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)																	
湖沼	L1	上層	9:43	1.4	0.40	26.0	8.2	22.7	8.9	39	11.5	5.3	7.4	3.6	0.75	0.28	0.01	<0.01	<0.01	0.156	0.019	0.002	113	5.1																	
湖沼	L1	下層				25.7	8.2	22.9	7.9	50	12.5	5.2	6.8	3.5	0.93	0.29	<0.01	<0.01	<0.01	0.176	0.018	0.002	108	5.1																	
湖沼	L2	上層	9:59	1.4	0.60	26.0	8.5	22.4	9.9	29	11.0	5.2	6.8	3.5	0.78	0.27	0.01	<0.01	<0.01	0.130	0.017	0.002	120	6.0																	
湖沼	L2	下層				25.8	8.5	22.4	9.2	33	11.1	5.3	6.9	3.5	0.71	0.26	<0.01	<0.01	<0.01	0.133	0.015	0.001	99	5.1																	
湖沼	L3	上層	10:10	1.8	0.50	26.3	8.7	23.5	9.7	31	10.2	4.3	5.2	2.9	1.03	0.51	0.01	0.02	0.23	0.146	0.017	0.003	145	9.2																	
湖沼	L3	下層				26.0	8.6	23.7	9.3	36	10.4	4.4	5.3	2.8	0.84	0.51	0.02	0.02	0.25	0.149	0.015	0.002	128	9.6																	
湖沼	L4	上層	10:26	1.3	0.60	26.5	8.7	23.0	8.9	35	13.3	5.4	8.0	3.6	0.72	0.28	<0.01	<0.01	<0.01	0.149	0.020	0.002	93	4.5																	
湖沼	L4	下層				26.4	8.7	22.9	8.9	43	13.9	5.6	8.4	3.6	0.79	0.29	<0.01	<0.01	<0.01	0.139	0.019	0.002	93	4.4																	
湖沼	L5	上層	10:43	1.9	0.60	27.0	8.9	24.3	10.1	40	11.4	4.7	5.9	2.9	1.12	0.46	0.02	0.02	0.17	0.194	0.021	0.004	227	7.5																	
湖沼	L5	下層				26.1	8.7	24.8	7.8	60	12.4	4.6	5.4	2.8	1.23	0.58	0.07	0.02	0.26	0.241	0.019	0.004	194	8.2																	
湖沼	L6	上層	11:02	1.4	0.60	26.0	8.5	25.0	8.8	22	8.2	4.5	4.0	2.6	1.39	0.83	0.06	0.03	0.50	0.131	0.024	0.005	104	12																	
湖沼	L6	下層				25.8	8.3	25.2	8.3	30	8.8	4.4	3.8	2.6	1.22	0.78	0.09	0.03	0.48	0.159	0.023	0.004	84	12																	
湖沼	L7	上層	9:37	1.1	0.40	25.6	8.3	23.4	6.8	66	13.8	5.4	6.6	3.5	0.89	0.33	0.01	<0.01	<0.01	0.193	0.016	0.003	112	5.2																	
湖沼	L7	下層				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																
湖沼	L8	上層	11:15	2.0	0.45	26.4	8.4	22.5	9.2	38	11.5	5.5	6.8	3.6	0.87	0.29	0.01	<0.01	<0.01	0.127	0.015	0.002	105	5.1																	
湖沼	L8	下層				25.8	8.4	22.5	7.0	40	11.1	5.8	5.9	3.4	0.74	0.26	0.01	<0.01	<0.01	0.137	0.015	0.002	94	5.0																	

種類	地点名	時間	流量 (m3/s)	水深 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)
流入河川	R1	14:00	0.52	2.1	>50	25.0	7.9	29.3	8.1	12	4.2	2.7	2.1	1.6	1.69	1.67	0.06	0.01	1.45	0.070	0.028	0.024	9	17
流入河川	R2	13:27	0.68	1.1	>50	25.9	8.0	27.6	8.9	12	5.4	3.3	2.6	1.9	2.10	1.91	0.05	0.04	1.76	0.076	0.016	0.010	26	14
流入河川	R3	13:48	0.20	0.6	34	26.8	8.2	27.8	13.1	24	5.4	3.0	2.4	1.6	2.30	2.16	0.04	0.01	2.05	0.087	0.021	0.018	8	15
流入河川	R4	13:04	0.22	1.0	>50	24.2	8.0	26.2	9.6	5	3.4	2.9	1.9	1.7	1.51	1.24	0.01	0.01	1.13	0.058	0.029	0.024	3	15
流出河川	R5	11:44	0.49	2.2	17	26.8	7.7	23.5	4.0	33	10.3	5.7	4.8	3.5	0.84	0.44	0.14	<0.01	0.03	0.135	0.015	0.003	85	5.6

表6 水質調査結果一覧 (10月)

採水日: 令和2年10月16日 天気: 曇 気温: 14.9℃ (つくば市館野 10:00, 気象庁データ)

種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)	
湖沼	L1	上層	9:52	1.6	0.40	17.6	7.6	18.8	8.8	49	11.5	4.0	5.4	2.4	1.43	0.54	0.02	0.01	0.30	0.150	0.015	0.002	124	4.8	
湖沼	L1	下層				17.5	7.7	18.5	9.0	54	12.2	4.0	5.4	2.4	1.46	0.56	0.02	0.01	0.29	0.160	0.015	0.002	122	4.7	
湖沼	L2	上層	10:07	1.5	0.65	18.0	7.7	21.1	8.3	18	7.3	3.9	3.8	2.3	1.88	1.40	0.03	0.03	1.13	0.086	0.012	0.002	58	8.1	
湖沼	L2	下層				18.3	7.7	21.2	8.5	21	7.4	4.0	3.8	2.3	1.84	1.40	0.03	0.03	1.11	0.091	0.012	0.002	60	8.0	
湖沼	L3	上層	10:18	1.7	0.65	18.0	7.6	25.0	7.5	19	6.4	3.2	3.2	2.1	2.58	2.16	0.14	0.03	1.74	0.092	0.012	0.003	41	10	
湖沼	L3	下層				18.0	7.6	25.0	7.4	29	7.4	3.4	3.4	2.1	2.46	2.07	0.15	0.03	1.74	0.111	0.012	0.002	38	10	
湖沼	L4	上層	10:35	1.3	0.60	17.6	7.7	18.0	10.3	36	10.6	3.7	5.5	2.2	1.40	0.67	<0.01	0.01	0.42	0.124	0.012	0.001	120	5.0	
湖沼	L4	下層				17.9	7.9	17.6	10.3	41	11.8	3.8	5.6	2.2	1.36	0.67	<0.01	0.01	0.42	0.131	0.012	0.001	126	5.1	
湖沼	L5	上層	10:51	1.9	0.65	17.9	8.2	20.6	8.9	29	8.0	3.3	3.9	2.0	1.95	1.52	0.01	0.03	1.22	0.135	0.010	0.002	113	8.2	
湖沼	L5	下層				18.4	8.1	20.6	8.3	46	9.3	3.4	3.9	1.9	1.92	1.33	0.03	0.03	1.22	0.175	0.010	0.002	116	8.0	
湖沼	L6	上層	11:10	1.4	0.75	17.5	7.8	25.0	7.4	14	4.5	2.8	2.2	1.6	1.89	1.66	0.21	0.02	1.32	0.085	0.014	0.009	20	13	
湖沼	L6	下層				17.5	7.8	25.5	7.3	14	4.5	2.8	2.1	1.6	1.93	1.61	0.21	0.02	1.34	0.087	0.016	0.010	16	13	
湖沼	L7	上層	9:41	1.2	0.40	17.9	7.9	19.9	9.7	37	10.8	4.5	5.3	2.6	1.11	0.52	0.01	0.01	0.29	0.133	0.015	0.002	110	5.7	
湖沼	L7	下層				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L8	上層	11:23	2.1	0.50	18.2	7.9	18.9	10.1	30	9.9	4.4	5.1	2.5	1.09	0.52	0.01	0.01	0.27	0.129	0.017	0.002	124	5.1	
湖沼	L8	下層				18.2	8.0	18.4	10.1	32	10.0	4.0	5.0	2.6	1.12	0.47	0.01	0.01	0.29	0.128	0.016	0.002	119	5.1	
種類	地点名	時間	流量 (m3/s)	水深 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)	
	流入河川	R1	14:20	2.2	>50	18.3	7.8	28.6	9.7	5	2.4	2.1	1.4	1.2	2.51	2.37	0.09	0.01	2.13	0.048	0.020	0.016	1	16	
	流入河川	R2	13:50	1.0	>50	18.4	7.8	28.1	8.5	10	3.0	2.2	1.7	1.3	3.17	3.10	0.12	0.02	2.76	0.073	0.027	0.024	1	13	
	流入河川	R3	14:00	0.6	>50	19.7	7.8	28.5	9.9	5	3.1	2.2	1.6	1.3	3.60	3.42	0.05	0.03	3.27	0.042	0.017	0.014	3	14	
	流入河川	R4	13:26	1.0	>50	17.6	7.9	25.8	10.3	3	2.8	2.6	1.7	1.4	1.93	1.93	0.04	0.01	1.69	0.051	0.030	0.024	1	15	
	流出河川	R5	11:56	2.2	30	18.5	7.8	21.7	3.8	20	7.3	4.3	3.3	2.6	1.31	1.05	0.47	0.02	0.27	0.122	0.025	0.014	45	6.6	

表7 水質調査結果一覧 (11月)

牛久沼調査 検査結果一覧															天氣: 晴															採水日: 令和2年11月17日															気温: 16.8℃															-><ば市館野 10:00, 気象庁データ														
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)																																																		
湖沼	L1	上層	9:45	1.6	0.60	14.6	8.6	23.9	12.9	18	8.9	3.8	4.9	2.3	0.88	0.35	<0.01	0.01	0.10	0.084	0.011	0.005	87	7.0																																																		
湖沼	L1	下層				13.9	8.8	24.2	11.2	32	9.9	3.7	5.0	2.3	1.13	0.47	0.01	0.01	0.25	0.105	0.011	0.003	72	7.4																																																		
湖沼	L2	上層	9:58	1.6	0.80	14.6	8.7	26.5	11.3	16	7.8	3.6	4.2	2.1	1.38	1.03	<0.01	0.01	0.75	0.079	0.009	0.003	61	9.0																																																		
湖沼	L2	下層				13.8	8.7	25.7	11.4	18	7.8	3.6	4.2	2.1	1.45	0.97	<0.01	0.01	0.72	0.076	0.009	0.003	61	8.9																																																		
湖沼	L3	上層	10:09	1.7	0.70	14.2	8.6	27.6	11.1	14	6.4	2.9	3.4	1.8	2.01	1.75	0.02	0.02	1.50	0.071	0.008	0.002	42	11																																																		
湖沼	L3	下層				13.8	8.5	27.8	10.7	16	6.3	3.0	3.4	1.8	1.73	1.73	0.03	0.02	1.50	0.069	0.007	0.002	39	11																																																		
湖沼	L4	上層	10:26	1.4	0.70	14.9	8.7	24.2	13.0	18	9.1	3.7	5.0	2.3	0.76	0.37	<0.01	0.01	0.11	0.090	0.011	0.005	85	7.5																																																		
湖沼	L4	下層				14.5	8.9	24.2	13.0	20	9.3	3.7	5.1	2.3	0.90	0.36	<0.01	0.01	0.11	0.084	0.011	0.004	84	7.5																																																		
湖沼	L5	上層	10:43	2.0	0.80	15.3	9.0	28.1	14.5	15	7.4	3.1	3.7	1.7	1.67	1.32	0.01	0.02	1.01	0.088	0.013	0.005	93	13																																																		
湖沼	L5	下層				14.4	9.0	28.4	13.8	16	6.4	3.0	3.1	1.6	1.62	1.30	0.01	0.02	1.02	0.079	0.008	0.004	63	13																																																		
湖沼	L6	上層	11:04	1.5	0.70	15.1	8.8	26.6	12.3	22	6.7	2.9	3.1	1.5	1.69	1.33	<0.01	0.02	1.10	0.105	0.009	0.005	59	12																																																		
湖沼	L6	下層				14.8	8.7	26.9	12.0	20	6.5	2.8	3.1	1.5	1.70	1.37	0.01	0.02	1.10	0.105	0.010	0.005	57	12																																																		
湖沼	L7	上層	9:38	1.2	0.65	15.0	8.2	24.5	12.7	20	9.3	4.1	5.3	2.5	0.78	0.24	<0.01	<0.01	0.02	0.086	0.008	0.004	86	6.5																																																		
湖沼	L7	下層				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																	
湖沼	L8	上層	11:19	2.1	0.65	15.7	8.8	23.9	13.8	16	8.7	4.1	4.9	2.4	0.74	0.31	<0.01	0.01	0.09	0.079	0.008	0.003	75	6.8																																																		
湖沼	L8	下層				14.8	9.0	23.8	12.4	20	8.4	4.1	4.7	2.4	0.78	0.34	<0.01	0.01	0.10	0.079	0.007	0.002	63	6.9																																																		

種類	地点名	時間	流量 (m3/s)	水深 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)
流入河川	R1	14:36	0.42	2.2	>50	15.1	8.3	29.1	11.2	5	2.4	2.1	1.3	1.1	1.84	1.73	0.05	0.01	1.53	0.047	0.019	0.019	2	16
流入河川	R2	14:02	0.53	0.9	>50	15.6	8.4	28.6	11.3	6	2.9	2.5	1.5	1.3	2.46	2.46	0.08	0.02	2.27	0.057	0.029	0.029	2	12
流入河川	R3	14:16	0.09	0.6	>50	18.2	8.5	28.2	16.3	2	2.7	2.3	1.3	1.1	2.56	2.51	<0.01	0.01	2.39	0.032	0.016	0.015	2	15
流入河川	R4	13:41	0.17	1.1	>50	14.5	8.3	29.0	10.6	4	2.3	1.9	1.2	1.0	1.81	1.79	0.01	<0.01	1.65	0.034	0.014	0.014	2	16
流出河川	R5	11:50	2.20	2.0	25	15.6	9.0	24.0	12.5	20	8.5	4.1	4.5	2.4	0.82	0.33	<0.01	0.01	0.07	0.078	0.008	0.003	75	6.9

表8 水質調査結果一覧 (12月)

採水日: 令和2年12月11日 天気: 晴 気温: 9.2℃ (つくば市館野 10:00, 気象庁データ)

種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)	
湖沼	L1	上層	9:50	1.5	0.80	9.6	8.7	28.2	11.6	13	8.1	4.0	4.4	2.4	1.10	0.69	0.01	0.01	0.39	0.064	0.013	0.002	52	8.4	
湖沼	L1	下層				9.8	8.7	25.7	12.0	15	8.4	3.9	4.4	2.3	1.01	0.62	0.01	0.01	0.38	0.068	0.012	0.003	51	8.4	
湖沼	L2	上層	10:05	1.6	0.80	9.8	8.7	28.1	11.3	13	6.7	3.4	3.5	2.0	1.45	1.27	0.02	0.01	0.99	0.065	0.011	0.002	42	10	
湖沼	L2	下層				9.8	8.6	28.2	11.4	14	6.6	3.4	3.4	2.0	1.53	1.33	0.02	0.01	0.99	0.074	0.010	0.002	43	10	
湖沼	L3	上層	10:17	1.6	0.90	9.6	8.4	28.7	11.7	12	6.1	2.8	3.1	1.7	1.81	1.65	0.01	0.02	1.44	0.068	0.010	0.002	47	11	
湖沼	L3	下層				9.5	8.4	26.1	11.2	17	6.5	3.0	3.2	1.7	1.93	1.69	0.02	0.02	1.43	0.079	0.009	0.002	41	12	
湖沼	L4	上層	10:37	1.3	0.80	10.2	8.4	26.3	12.4	15	8.5	4.1	4.6	2.5	0.63	0.33	<0.01	<0.01	0.06	0.075	0.012	0.002	58	6.1	
湖沼	L4	下層				10.1	8.7	23.8	12.5	23	9.6	4.2	5.1	2.5	0.64	0.31	0.01	<0.01	0.05	0.091	0.012	0.003	61	6.2	
湖沼	L5	上層	10:55	2.0	0.80	10.1	8.9	29.5	13.3	12	7.0	3.3	4.1	1.9	1.75	1.37	<0.01	0.02	1.05	0.069	0.010	0.004	62	14	
湖沼	L5	下層				9.9	8.9	29.4	13.0	12	7.1	3.3	4.0	1.9	1.70	1.33	0.01	0.02	0.99	0.075	0.008	0.005	57	13	
湖沼	L6	上層	11:16	1.4	1.10	10.5	8.8	30.7	9.4	9	3.7	2.4	1.8	1.3	2.42	2.10	0.27	0.02	1.63	0.070	0.017	0.014	16	16	
湖沼	L6	下層				10.3	8.6	30.1	9.4	7	3.5	2.3	1.7	1.3	2.25	2.18	0.28	0.02	1.60	0.064	0.016	0.012	14	16	
湖沼	L7	上層	9:43	1.2	0.70	10.0	8.8	23.9	12.2	15	8.1	4.3	4.6	2.5	0.66	0.32	0.01	<0.01	0.06	0.069	0.011	0.002	55	6.1	
湖沼	L7	下層				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L8	上層	11:32	2.3	0.80	10.5	8.4	24.8	11.9	12	7.7	4.2	4.2	2.4	0.84	0.48	0.01	<0.01	0.25	0.061	0.009	0.002	46	7.1	
湖沼	L8	下層				10.0	8.5	26.5	11.5	16	7.7	4.3	4.2	2.4	0.81	0.53	0.01	<0.01	0.25	0.068	0.010	0.002	48	7.0	

種類	地点名	時間	流量 (m3/s)	水深 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)
流入河川	R1	15:02	0.53	2.1	>50	11.9	8.4	30.4	9.9	2	2.3	1.9	1.2	1.1	1.92	1.86	0.10	0.02	1.51	0.045	0.025	0.022	1	16
流入河川	R2	14:01	0.91	1.0	>50	11.5	8.5	29.2	11.1	4	2.9	2.6	1.6	1.4	2.29	2.25	0.11	0.02	1.98	0.071	0.040	0.038	1	14
流入河川	R3	14:21	0.09	0.5	>50	14.6	8.5	26.7	13.6	<1	2.5	2.3	1.5	1.2	2.61	2.48	0.05	0.04	2.29	0.077	0.058	0.055	3	17
流入河川	R4	13:37	0.08	1.0	>50	11.1	8.5	30.2	11.0	3	2.3	1.9	1.3	1.2	1.90	1.90	0.02	<0.01	1.67	0.041	0.020	0.017	2	16
流出河川	R5	12:09	1.14	1.9	27	10.8	8.7	29.7	11.5	16	8.2	3.7	4.3	2.5	0.92	0.51	0.01	<0.01	0.24	0.074	0.010	0.002	52	6.9

表9 水質調査結果一覽（1月）

牛久沼調査 検査結果一覽		採水日：令和3年1月20日																天気：晴		気温：2.8℃ (つくば市館野 10:00, 気象庁データ)															
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	比色Si (mg/L)											
湖沼	L1	上層	9:50	1.5	0.60	4.0	8.0	29.8	11.7	19	7.7	4.0	4.1	2.4	1.39	1.01	0.04	0.01	0.68	0.077	0.012	0.002	36	9.1											
湖沼	L1	下層				4.1	8.1	29.7	12.8	23	7.8	3.9	4.2	2.4	1.39	0.96	0.04	0.01	0.66	0.086	0.012	0.002	37	9.0											
湖沼	L2	上層	10:12	1.6	0.60	4.3	8.7	29.0	13.0	20	7.5	3.9	4.3	2.3	1.50	1.08	0.02	0.01	0.81	0.080	0.012	0.002	42	8.7											
湖沼	L2	下層				4.2	8.9	29.1	12.8	20	7.4	3.9	4.5	2.2	1.45	1.07	0.02	0.01	0.81	0.080	0.011	0.002	41	8.6											
湖沼	L3	上層	10:26	1.8	0.55	4.0	9.4	28.8	14.2	26	9.2	3.3	5.3	1.9	1.84	1.47	0.01	0.01	1.17	0.092	0.012	0.003	91	8.7											
湖沼	L3	下層				3.8	9.4	28.5	13.8	25	9.5	3.3	5.5	1.9	1.91	1.42	0.01	0.01	1.17	0.102	0.011	0.003	91	8.8											
湖沼	L4	上層	10:46	1.3	0.75	4.2	8.6	29.8	12.3	14	7.3	4.3	4.1	2.4	1.22	0.96	0.03	0.01	0.65	0.065	0.012	0.002	34	9.4											
湖沼	L4	下層				4.4	8.3	29.8	12.3	14	7.3	4.2	4.1	2.4	1.19	0.98	0.03	0.01	0.65	0.072	0.011	0.002	34	9.5											
湖沼	L5	上層	11:10	2.0	0.70	4.5	8.1	30.7	12.3	15	6.0	3.1	3.5	1.6	1.98	1.68	0.01	0.01	1.47	0.091	0.013	0.004	42	14											
湖沼	L5	下層				4.5	8.1	30.9	12.1	16	6.0	3.0	3.4	1.6	1.81	1.65	0.01	0.01	1.46	0.080	0.011	0.004	38	14											
湖沼	L6	上層	11:33	1.5	0.90	5.0	8.2	30.2	12.8	10	5.5	3.4	3.1	1.8	1.49	1.40	0.02	0.01	1.11	0.066	0.009	0.003	34	11											
湖沼	L6	下層				4.8	8.2	30.2	12.7	13	5.9	3.3	3.0	1.8	1.53	1.46	0.02	0.01	1.11	0.081	0.011	0.003	34	11											
湖沼	L7	上層	9:43	1.1	0.65	5.1	7.8	30.8	12.5	22	8.1	4.4	4.6	2.5	1.16	0.88	0.02	0.01	0.62	0.084	0.011	0.002	37	8.8											
湖沼	L7	下層				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-										
湖沼	L8	上層	11:50	2.1	0.50	4.6	8.2	29.6	12.3	34	8.9	4.3	4.8	2.4	1.31	0.93	0.03	0.01	0.64	0.106	0.012	0.002	43	9.1											
湖沼	L8	下層				4.1	8.1	29.5	12.3	34	9.0	4.4	4.8	2.4	1.32	0.95	0.03	0.01	0.63	0.117	0.011	0.002	43	9.2											

種類	地点名	時間	流量 (m ³ /s)	水深 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	比色Si (mg/L)
流入河川	R1	14:46	0.44	2.1	>50	6.0	8.3	31.6	12.9	5	2.9	2.5	1.7	1.4	1.70	1.53	0.08	0.02	1.28	0.064	0.025	0.020	4	17
流入河川	R2	14:09	0.40	0.9	>50	7.0	8.7	30.2	14.1	11	5.2	3.2	2.6	1.7	2.44	2.29	<0.01	0.05	2.06	0.111	0.020	0.013	59	14
流入河川	R3	14:24	0.02	0.4	>50	13.0	8.2	31.5	14.0	2	2.4	0.8	1.4	1.1	2.07	2.06	0.02	0.01	1.93	0.039	0.023	0.023	2	18
流入河川	R4	13:46	0.07	1.0	>50	6.9	8.1	31.9	13.2	4	3.0	2.2	1.6	1.2	1.89	1.70	<0.01	0.01	1.55	0.051	0.019	0.015	20	17
流出河川	R5	12:21	0.97	2.0	16	5.3	8.1	29.0	12.6	40	9.1	4.2	4.8	2.4	1.28	0.93	0.03	0.01	0.64	0.134	0.011	0.002	41	9.1

表 10 水質調査結果一覧 (2月)

牛久沼調査 検査結果一覧															茨城県霞ヶ浦環境科学センター 年報、No16、2020														
採水日：令和3年2月26日															天気：曇														
気温：7.5℃															（つくば市館野 10:00、気象庁データ）														
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	比色Si (mg/L)					
湖沼	L1	上層	9:47	1.5	0.50	9.0	8.1	25.3	10.5	30	9.1	4.4	4.8	2.4	1.35	0.93	0.02	0.01	0.61	0.109	0.015	0.003	65	5.4					
湖沼	L1	下層				9.0	8.1	25.1	10.4	33	9.3	4.4	4.7	2.4	1.40	0.93	0.02	0.01	0.60	0.124	0.015	0.003	62	5.3					
湖沼	L2	上層	10:03	1.6	0.50	9.1	8.0	24.0	10.3	26	8.4	4.1	4.3	2.4	1.63	1.16	0.02	0.01	0.82	0.122	0.015	0.003	42	5.8					
湖沼	L2	下層				9.1	7.9	24.1	10.3	28	8.6	3.7	4.3	2.4	1.58	1.16	0.02	0.01	0.80	0.120	0.014	0.003	43	5.7					
湖沼	L3	上層	10:17	2.0	0.55	9.0	7.9	23.1	10.1	24	7.9	3.7	3.9	2.4	1.90	1.52	0.02	0.02	1.11	0.117	0.017	0.004	33	7.2					
湖沼	L3	下層				9.0	7.8	23.1	9.9	24	7.7	3.8	3.7	2.4	2.02	1.52	0.02	0.02	1.12	0.115	0.016	0.004	32	7.1					
湖沼	L4	上層	10:36	1.3	0.55	9.2	8.2	24.1	11.3	24	8.9	3.9	4.8	2.4	1.47	1.00	0.01	0.01	0.65	0.115	0.015	0.004	68	6.9					
湖沼	L4	下層				9.5	8.3	24.2	11.3	24	8.9	4.0	4.9	2.3	1.46	1.02	0.01	0.01	0.65	0.119	0.015	0.004	68	6.9					
湖沼	L5	上層	11:00	2.0	0.60	9.7	8.4	20.4	12.0	19	6.9	3.1	3.4	2.0	1.93	1.52	0.01	0.02	1.16	0.098	0.014	0.004	61	7.9					
湖沼	L5	下層				9.8	8.3	19.9	11.8	19	7.0	3.1	3.3	2.0	1.88	1.54	0.01	0.02	1.16	0.093	0.014	0.003	58	7.9					
湖沼	L6	上層	11:20	1.4	0.70	10.1	8.1	26.5	11.6	21	6.9	3.1	3.1	1.9	2.04	1.53	0.03	0.02	1.29	0.118	0.017	0.006	50	10					
湖沼	L6	下層				10.1	8.0	26.7	11.5	23	7.0	3.2	3.2	1.9	2.06	1.64	0.03	0.02	1.29	0.123	0.015	0.007	52	10					
湖沼	L7	上層	9:39	1.2	0.50	10.0	8.1	24.5	10.8	38	9.6	4.2	4.9	2.6	1.39	0.91	0.01	0.01	0.59	0.146	0.014	0.003	69	5.3					
湖沼	L7	下層				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
湖沼	L8	上層	11:36	2.2	0.45	9.5	8.0	25.0	10.7	32	9.2	3.9	4.4	2.4	1.46	0.93	0.02	0.01	0.61	0.126	0.015	0.003	65	5.3					
湖沼	L8	下層				9.2	8.0	24.9	10.6	35	9.4	3.9	4.4	2.3	1.47	0.94	0.02	0.01	0.61	0.130	0.015	0.003	65	5.2					
種類	地点名	時間	流量 (m3/s)	水深 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	比色Si (mg/L)					
流入河川	R1	14:25	0.43	2.0	>50	10.0	7.9	32.9	11.5	6	3.4	2.2	1.7	1.5	1.98	1.75	0.16	0.02	1.31	0.064	0.026	0.022	6	16					
流入河川	R2	13:53	0.35	0.9	>50	10.9	8.2	30.4	11.5	10	5.1	2.8	2.4	1.7	2.37	2.09	0.09	0.04	1.65	0.091	0.023	0.019	28	14					
流入河川	R3	14:08	0.01	0.3	>50	12.6	8.1	30.6	14.7	1	3.1	2.3	1.6	1.3	1.94	1.85	0.01	0.01	1.57	0.038	0.017	0.014	5	15					
流入河川	R4	13:30	0.08	1.1	>50	10.0	8.0	30.5	11.8	2	2.3	2.0	1.4	1.1	1.88	1.79	0.01	<0.01	1.53	0.024	0.011	0.008	<1	13					
流出河川	R5	12:11	3.00	2.0	17	9.2	8.1	26.1	11.1	32	8.9	4.4	4.7	2.3	1.38	0.94	0.02	0.01	0.61	0.133	0.013	0.003	66	5.2					

表 11 水質調査結果一覧 (3月)

牛久沼調査 検査結果一覧										つくば市館野 10:00, 気象庁データ															
採水日: 令和3年3月9日										気温: 7.8℃															
天気: 曇																									
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)	
湖沼	L1	上層	9:44	1.6	0.45	10.5	8.7	23.9	11.2	35	9.8	4.1	4.9	2.5	1.22	0.56	0.02	0.01	0.28	0.141	0.017	0.002	122	2.7	
湖沼	L1	下層				10.4	8.6	23.8	11.3	34	9.9	4.1	4.7	2.5	1.09	0.58	0.01	0.01	0.28	0.132	0.014	0.002	123	2.7	
湖沼	L2	上層	10:00	1.6	0.50	10.6	8.4	23.9	11.0	25	8.6	4.1	4.5	2.5	1.28	0.78	0.02	0.01	0.50	0.116	0.015	0.002	92	4.7	
湖沼	L2	下層				10.7	8.4	23.8	11.0	27	8.9	4.2	4.3	2.5	1.29	0.84	0.01	0.01	0.47	0.121	0.014	0.001	95	4.4	
湖沼	L3	上層	10:11	1.8	0.60	11.0	8.1	26.1	10.3	19	7.0	3.7	3.5	2.3	1.50	1.21	0.04	0.01	0.89	0.103	0.015	0.002	40	8.7	
湖沼	L3	下層				10.5	8.0	26.2	9.4	20	7.3	3.7	3.4	2.3	1.61	1.21	0.04	0.01	0.88	0.111	0.015	0.003	39	8.6	
湖沼	L4	上層	10:28	1.4	0.60	11.1	8.4	23.3	11.6	24	9.2	4.2	5.3	2.5	1.16	0.81	0.02	0.01	0.48	0.111	0.014	0.003	97	5.3	
湖沼	L4	下層				11.0	8.5	22.5	11.6	24	9.3	4.2	5.1	2.5	1.18	0.77	0.01	0.01	0.48	0.117	0.015	0.003	97	5.4	
湖沼	L5	上層	10:48	2.1	0.65	11.7	8.4	23.9	10.9	17	7.7	3.9	4.6	2.3	1.57	1.11	0.01	0.02	0.78	0.108	0.017	0.004	78	9.0	
湖沼	L5	下層				11.2	8.3	23.9	10.6	20	7.7	4.1	4.7	2.3	1.62	1.12	0.02	0.01	0.78	0.113	0.016	0.004	75	9.0	
湖沼	L6	上層	11:07	1.6	0.50	12.5	8.4	23.8	11.9	25	8.8	4.3	4.3	2.4	1.32	0.78	0.03	0.01	0.45	0.127	0.021	0.003	114	4.1	
湖沼	L6	下層				11.5	8.5	23.9	11.4	27	8.6	4.2	3.9	2.4	1.41	0.85	0.05	0.02	0.50	0.134	0.018	0.002	104	4.9	
湖沼	L7	上層	9:38	1.3	0.50	11.1	8.8	24.4	11.8	31	10.0	4.5	4.7	2.6	1.05	0.53	0.02	0.01	0.24	0.131	0.017	0.001	123	2.2	
湖沼	L7	下層				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L8	上層	11:21	2.3	0.50	12.6	8.7	23.7	12.3	29	9.7	4.5	4.5	2.6	1.19	0.61	0.02	0.01	0.28	0.131	0.016	0.002	125	2.5	
湖沼	L8	下層				11.1	8.7	23.8	11.5	37	10.1	4.5	4.6	2.6	1.02	0.57	0.02	0.01	0.28	0.148	0.016	0.001	114	2.7	

種類	地点名	時間	流量 (m³/s)	水深 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)
流入河川	R1	14:08	0.51	2.1	>50	12.7	8.0	30.3	13.2	7	3.1	2.6	2.1	1.5	1.49	1.47	0.11	0.02	1.03	0.078	0.021	0.011	5	15
流入河川	R2	13:39	0.26	0.9	43	14.8	8.1	28.7	10.7	13	5.4	3.9	3.6	2.2	1.88	1.78	0.17	0.04	1.30	0.104	0.033	0.021	26	11
流入河川	R3	13:51	0.05	0.5	>50	18.8	9.1	29.0	20.2	13	6.7	2.9	3.1	1.6	1.98	1.83	0.01	0.01	1.49	0.080	0.021	0.014	32	14
流入河川	R4	13:14	0.12	1.2	>50	12.6	8.0	29.4	11.2	2	2.6	2.3	1.6	1.4	1.65	1.63	0.02	<0.01	1.26	0.028	0.014	0.008	2	12
流出河川	R5	11:48	0.79	1.9	21	11.9	7.8	27.4	9.5	24	8.6	4.4	3.8	2.7	1.08	0.56	0.01	0.01	0.28	0.153	0.023	0.005	110	3.5