

VI 研究報告・調査報告

1 湖沼環境研究

(研究報告)

1- 1 アオコの動態解明に関する調査研究事業 最終報告 (平成 29 年度～令和元年度) -----	36
1- 2 北浦における貧酸素水塊と栄養塩濃度の分布 -----	55

(調査報告)

1- 3 霞ヶ浦湖内水質等モニタリング事業 -----	65
1- 4 霞ヶ浦におけるアオコ発生状況について -----	82
1- 5 北浦の水質汚濁に関する研究事業 -----	86
1- 6 霞ヶ浦の生態系サービスの経済評価に関する調査研究 -----	88
1- 7 農業環境負荷低減研究事業 -----	90
1- 8 直接大気降下物負荷量調査事業 -----	93
1- 9 流入河川の浄化効果検証に関する調査研究 -----	96
1-10 霞ヶ浦流域重点対策推進事業 -----	100
1-11 霞ヶ浦農業環境負荷低減栽培技術推進事業 -----	103
1-12 湖沼の水質保全に関する調査研究事業 -----	105
1-13 牛久沼の水質保全に関する調査事業 -----	121

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 -----	138
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 -----	146
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) -----	149
2- 4 有害大気汚染物質調査事業 -----	155
2- 5 大気環境中のフロン濃度調査事業 -----	168
2- 6 酸性雨の実態把握調査事業 -----	171
2- 7 大気環境中の石綿調査事業 -----	173
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 -----	175
2- 9 化学物質環境実態調査事業 -----	179
2-10 水環境化学物質調査事業 -----	187
2-11 公害事案等処理対策調査事業 -----	189

1-1 アオコの動態解明に関する調査研究事業 最終報告 (平成 29 年度～令和元年度)

長濱祐美

Final Report; Study on the Dynamics of Cyanobacteria Blooms, by Yumi NAGAHAMA

キーワード: *Microcystis*, 湖底存在量, アオコ予測システム, 植物プランクトン群集

1 はじめに

霞ヶ浦では、13年ぶりにアオコが大発生した平成 23 年以降、毎年夏季にアオコが発生している。平成 24 年度から、アオコに含まれる色素フィコシアニンの濃度により現存量を把握し気象情報とあわせ、週間予報を発信し、早期のアオコ対策を支援しているが、より効果的・効率的な対策を講じるためには、年ごとに変動する発生規模や時期、集積場所などを予測できる手法の研究が求められる。

このため、本研究ではアオコの原因藻類の 1 つである *Microcystis* の底泥及び湖水中における現存量について、季節変動や水域特性を明らかにするとともに、底泥から湖水へ拡散・増殖、更には移動・集積するメカニズムを解明し、モデル化により発生を予測していくことが必要である。

そこで、本研究では、底泥中の *Microcystis* を簡便に測定するため、rDNA を用いた測定方法と、その精度について検討した (2 章)。さらに霞ヶ浦全域の底泥中における *Microcystis* の存在量分布調査を行い (3 章)、土浦入表層底泥と湖水中の *Microcystis* モニタリングデータを基に (4 章)、生態系モデルを用いてアオコ発生機構を構築し (5 章)、構築結果を利用して、季節予報を利用したアオコ発生予測システムを開発した (5 章)。さらに、*Microcystis* の発生には他植物プランクトンの動向を体積の観点から明らかにすることが重要であることから、植物プランクトンの一細胞体積の値を整理し (6 章)、そのデータを用いて、植物プランクトンの変動を明らかにして水質との関係を検討した (7 章)。それぞれ以下に記す。

2 底泥中 *Microcystis* 測定のための、rDNA を用いた測定方法とその精度の検討 (H27,29)¹⁾

2.1 背景

アオコの形成の要因の一つとして、底泥中で越冬した細胞が湖水中に回帰して夏季のブルームをもたらしていると考えられている²⁾が、底泥中の *Microcystis* 現存量を検鏡で測定するには高い専門性が必要であり、高頻度での調査は難しい。そこで我々は、Tomioka *et al.*³⁾の方法を応用して霞ヶ浦底泥中の *Microcystis* の rDNA をリアルタイム PCR で定量し現存量を推定するため、DNA 抽出・精製のためのキットを比較し、測定精度について検討した。

2.2 材料と方法

(1) 精製キットによる抽出効率の検討

抽出効率を検討するため、既知細胞濃度の混合液を作成した。まず、国立環境研究所から分譲された *Microcystis aeruginosa* (NIES- 87) を 21 日間培養し、3000 rpm で 10 min 間遠心分離した濃縮培養液を作成した。濃縮培養液の細胞数は、Fuchs-Rosenthal 血球計算板 (C-Chip) を用いて計数した。次に、異なる細胞濃度の培養液を得るため、濃縮培養液を 10 倍で段階希釈した。段階希釈は 3 回繰り返して、3 種類の異なる細胞濃度の培養液を得た。そしてこれらを H29 年に霞ヶ浦掛馬沖で採取した底泥および蒸留水 9 mL に 1 mL ずつ添加して、既知細胞濃度の混合試料を n=3 で作成した。

混合試料からの rDNA の抽出効率を、土壌を対象とする 3 種類の DNA 抽出キットで比較した。抽出キットは論文等での使用実績などを鑑み、Extrap Soil DNA Kit Plus ver. 2 (J-Bio), Fast DNA spin kit for Soil (Bio101), Power Soil DNA isolation kit

(MoBio)を用いた。DNA濃度は、リアルタイムPCR (7500 Real-Time PCR System, Applied Biosystems) を用いて測定し、プライマーには、既往研究を参考に Micro233f と Cyano342r を用いた³⁾。1 well には、サンプル 1 μL 、Power SYBR Green PCR Master Mix (Thermo Fisher Scientific) 25 μL 、滅菌水 22 μL 、各プライマー 1 μL を添加した。増幅条件は、95 $^{\circ}\text{C}$ で 15 秒熱処理した後、95 $^{\circ}\text{C}$ ・15 秒、62 $^{\circ}\text{C}$ ・60 秒、45 cycle で行い、ターゲットの増幅は溶解曲線により確認した。リアルタイムPCRで検出された値 (Ct 値) は、*Microcystis* 細胞数との関係式を用いて換算した。Ct 値と *Microcystis* 細胞数との関係式を明らかにするため、濃縮培養液を 6 倍で段階希釈した。段階希釈は 7 回し繰り返し、それぞれの細胞数と測定された Ct 値を用いて算出した。

(2) 測定値のばらつきに関する検討

DNA 抽出液中濃度と測定値のばらつきを明らかにするため、DNA 抽出液を段階希釈して測定した。DNA 抽出液は、細胞濃度が最も高い混合試料 2 種 (底泥に添加した系と蒸留水に添加した系) から Extrap Soil DNA Kit Plus ver. 2 で抽出・精製されたものを用いた。DNA 抽出液は、段階希釈 (底泥に添加した系: 3 倍、蒸留水に添加した系: 5 倍) を 6 回繰り返して、6 種類の異なる濃度の DNA 抽出液を作成した。それぞれの抽出液は少なくとも 15 回以上の繰り返し測定を行い、変動計数 (相対標準偏差) を用いて精度を評価した。

2.3 結果と考察

蒸留水添加系と底泥添加系は、いずれも J-Bio の抽出効率もっとも高かった (蒸留水: $34 \pm 0.2\%$ 、底泥: $103 \pm 0.7\%$) (図 1)。なお、Bio101 で抽出を行った底泥との混合試料は、値が検出できなかった。図 2 に、測定値のばらつきを示す。本条件では 1 well 中の細胞濃度が $1.0 \times 10^2 \text{ cells} / \mu\text{L}$ を下回ると相対標準偏差が上昇する傾向がみられた。この傾向は、底泥との混合試料でも蒸留水との混合試料でも変わらなかったことから、溶媒の性質に依存するものではないと推測された。これらのことから、底泥中の *Microcystis* rDNA を抽出するために用いるキットは J-Bio がよく、その測定結果は 1 well 中の細胞濃度が 100 cells / μL 以上の場合に精度が安定していると示された。

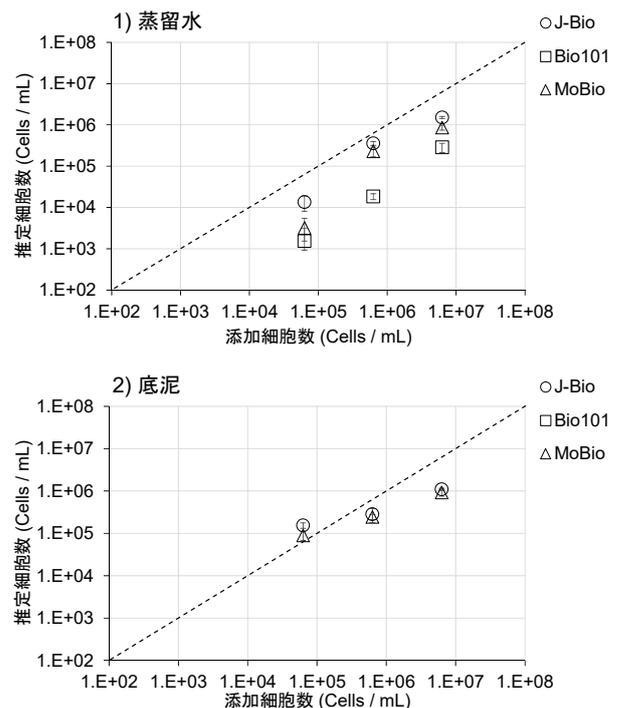


図 1 蒸留水 (上) および底泥 (下) における、添加細胞数と推定細胞数の関係¹⁾。

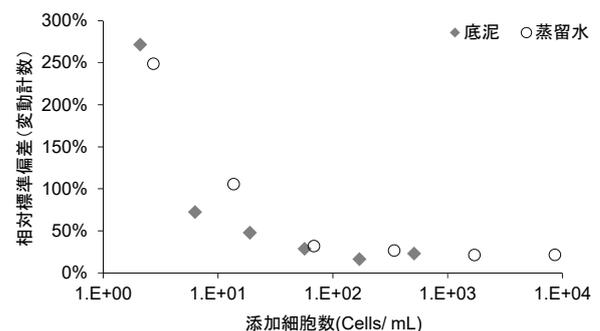


図 2 添加細胞数ごとの相対標準偏差の変化¹⁾。

3 霞ヶ浦全域の底泥中における *Microcystis* の存在量分布¹⁵⁾

3.1 背景

アオコが発生する水域では底泥中のアオコが水中へ回帰することで発生を促進させていると考えられている²⁾。また、環境によって分布や回帰量が異なることが知られている^{2,4,5)}。しかしながら、霞ヶ浦全域において、底泥に堆積した *Microcystis* 細胞濃度を測定した例はない。そこで本研究ではリアルタイムPCRを用いて *Microcystis* の rDNA に着目することで、広範囲に底泥中の *Microcystis* 現存量を把握することを試みた。

3.2 材料と方法

調査は2015年7月、9月、11月上旬にそれぞれ2日間にわけて行い、西浦6地点(N1~6)、北浦3地点(K1~3)、外浪逆浦1地点(S1)の合計10地点(図3)にて船上から底泥を採取した。採泥には内径7cm、高さ50cmの亚克力製円筒を接続した簡易コアサンプラー(KB型、離合社)を用い、底泥を攪乱しないように引き抜いた。採取した底泥は、船上にて、表層0cmから1cm(以下、底泥表層と記す)、1~2cm、2~5cm深さに切りわけてジップ付バッグに封入し、保冷した状態で持ち帰り、直ちに-80℃で凍結保存した。なお採泥は船の左舷・右舷・船尾から1回ずつ行い、これらの平均値を地点の値とした。また、N6とS1の底泥は砂粒分が多く簡易コアサンプラーで採取できなかったため、20×20cmエクマンバージ型採泥器を用いて採取した。採取した底泥の表層を葉さじで複数回すくい取り混合して、底泥表層試料として-80℃で凍結保存した。その後、凍結した試料を解冻してよく混合し、およそ0.5g-wet程度をrDNA抽出用チューブに入れ、湿重量を測定したのち分析まで-80℃で凍結保存した。また、全地点において、採泥と同時に約2kgの測鉛付メジャーを用いて水深を測定した。

rDNAの抽出には約0.5g-wetの底泥と、湖水20mLを濾過したろ紙1枚を試料として供し、Extrap Soil DNA Kit Plus ver.2(日鉄環境)を用いてrDNAを抽出・精製してサンプルを作成した。測定は2.2と同様とし、測定値は、2~3回の繰り返し測定を行った平均値を用いた。

リアルタイムPCRで得られたCt値から細胞濃度を推定するため、既知細胞濃度のサンプルを標準列に用いて換算した。既知細胞濃度のサンプルは、実験室において、国立環境研究所微生物系統保存施設から分譲された*Microcystis aeruginosa*(NIES-87)を、MA培地、25℃、1300Lux⁶⁾、明暗周期10L/14Dの条件で培養して作成した。植え継ぎ後21日が経過した培養液200mLのうち、5mLを測り取り、ルゴール液で固定⁷⁾した後、Fuchs-Rosenthal計数板(C-chip)を用いて細胞数を計数し、単位体積あたりの細胞濃度に換算して培養液中の細胞濃度を求めた。同時に、この培養液3mLをWhatman GF/F($\phi = 25$ mm)で濾過し、ろ紙を分析まで-80℃で凍結保存した。その後、ろ紙からrDNAを抽出・精製し、既知細胞濃度のサンプル

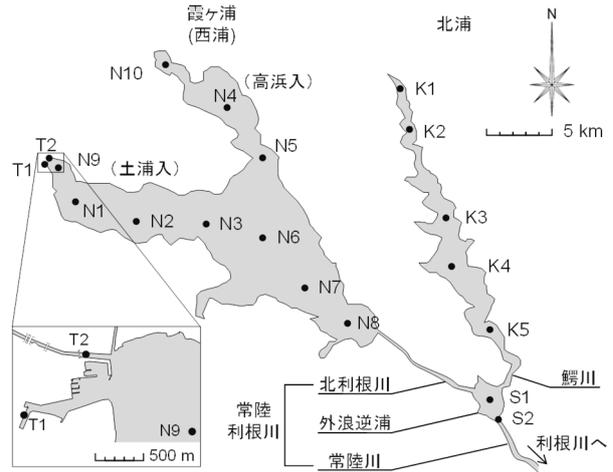


図3 本研究事業における調査地点一覧。調査地点座標については付録に記す¹⁵⁾。

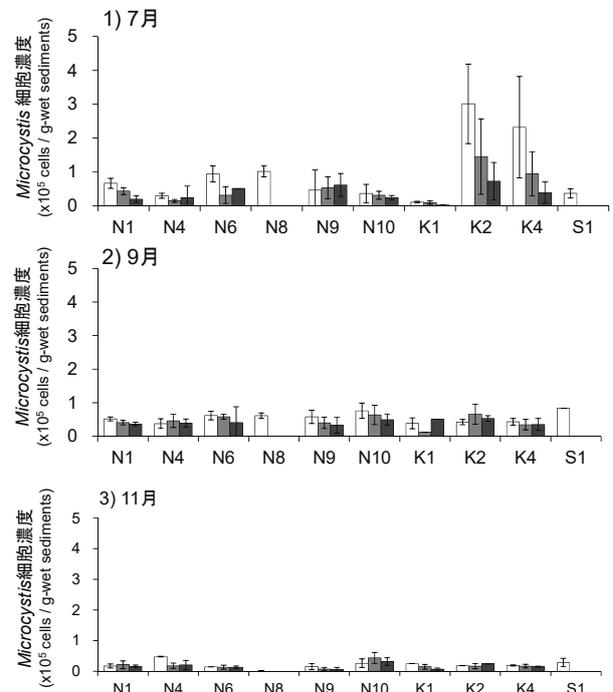


図4 各地点の各月における底泥中の*Microcystis*細胞濃度¹⁵⁾。

とした。

また、今回用いた抽出キットでは、試料からの抽出液1mLのうち0.6mLを精製に用い、精製したrDNAを滅菌水100μLに溶解させてサンプルとした。また、各ウェルにはサンプルを1μL添加した。よって、Ct値から推定された細胞濃度xから、底泥または湖水試料の細胞濃度Xへの換算式は式(1)となる。

$$X = 100x / (0.6M) \quad (1)$$

X: 底泥または湖水試料の細胞濃度 (cells / g-wet sediment) or (cells / mL)

x: リアルタイム PCR の Ct 値から推定された細胞濃度 (cells / μ L)

M: 抽出に用いた底泥の湿重量または湖水の量 (g-wet sediment) or (mL)

0.6: 抽出液 (1 mL)のうち, 精製に用いた割合

100: 精製した rDNA を溶解させた滅菌水の量 (μ L)

m

3.3 結果と考察

各地点の底泥における 7 月, 9 月, 11 月の *Microcystis* 細胞濃度は 1.7×10^4 cells / g-wet sediment から 8.4×10^5 cells / g-wet sediment までの値をとった(図 4)。なお, 11 月の St. N6 は濃度が低く未検出 (n.d.)であった。この底泥中 *Microcystis* 細胞濃度は, 既往研究値⁴⁾の範囲内に位置していた。また, 細胞濃度には有意な地点差が確認された ($N=27, p<0.05$), また, 季節的な変化もみられた ($N=78, p<0.05$)。さらに, 底泥表層 (0~1 cm 層) は 1~2 cm 層や 2~5 cm 層と比較して濃度が高いことも明らかとなり ($N=78, p<0.05$), 湖水中からの沈降の影響ではないかと推察された。

4 土浦入表層泥中と水中の *Microcystis* の挙動¹⁵⁾

4.1 背景

霞ヶ浦全域の底泥中に *Microcystis* が存在している可能性が明らかになったことを受け, アオコの対策がより求められている土浦入において, 湖水中ならびに底泥表層中の *Microcystis* 現存量を隔週で測定し, 底泥中の *Microcystis* 回帰時期と回帰量を検討した。

4.2 材料と方法

2015 年 6 月 3 日, 6 月 16 日, 7 月 2 日, 7 月 28 日, 9 月 3 日と 11 月 4 日に採泥を行った。調査地点は土浦入の 4 地点 (N1, N9, T1, T2) と湖心 (N6) とした (図 3)。採泥には簡易コアサンプラーを用いて, 0~1cm の底泥表層のみを採取した。なお, St. T2 における底泥採取には 20 × 20 cm エクマンバージ型採泥器を用いた。採取した底泥は -80 °C

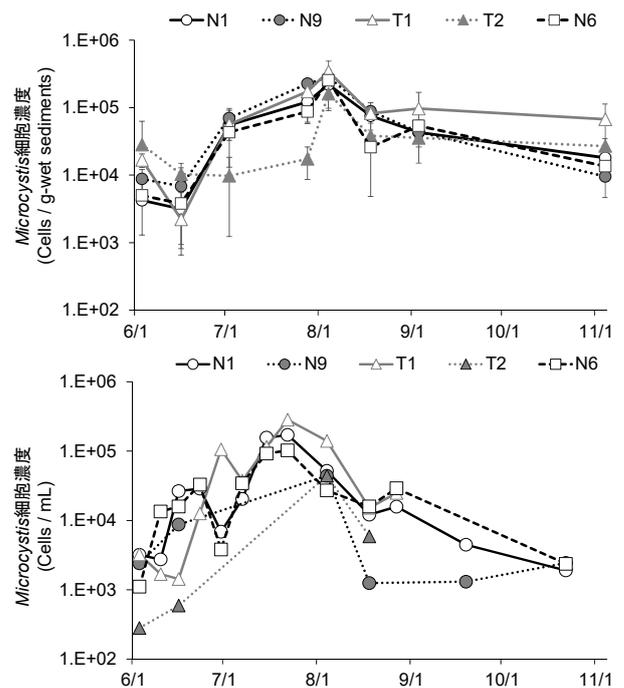


図 5 底泥中 (上) ならびに湖水中 (下) における *Microcystis* 細胞数の変化¹⁵⁾。

で凍結保存し, その後, 凍結した試料を解凍してよく混合し, rDNA 抽出用チューブに入れ, 湿重量を測定したのち分析まで -80 °C で凍結保存した。

2015 年 6 月 3 日から 8 月 27 日の間はおおよそ週に一度, その後の 9 月 19 日と 10 月 22 日に, 土浦入の 4 地点 (N1, N9, T1, T2) と湖心 (N6) にて採水した (図 3)。内径 10 cm, 高さ 50 cm のアクリル製カラムを用い, 水面から 20 cm 深さまでの湖水を採水し, クーラーボックスで保冷しながら持ち帰った。その後, 湖水 20 mL を直径 25 mm の Whatman GF/F で濾過し, ろ紙ごと分析まで -80 °C で保存した。なお, *Microcystis* rDNA の測定については, 2.2 に示す通りである。

4.3 結果と考察

6 月 3 日から 16 日にかけて, 底泥中の *Microcystis* 細胞濃度は減少し, T2 は 7 月 2 日に最小値を, それ以外の地点では 6 月 16 日に最小値を観測した (図 5)。また, すべての地点で 8 月 4 日に最大値を観測し, その後の緩やかな減少が確認されたが, T1 と T2 では他地点と比較して減少がより緩やかであった。

6 月初旬にみられた底泥表層中の *Microcystis* 細

胞濃度の減少要因として、底泥からの回帰のほか、荒天に伴う流出と、底泥中での分解が考えられた。しかし、この期間の平均降水量は 5.8 mm/day であり、最大日合計降水量、最大降水量ともに他期間と比較して卓越した値ではなく、特徴的な濁度の上昇も見られなかった。また、7 月初旬にも類似した降雨があるが、この時期に底泥中 *Microcystis* 細胞濃度の減少は見られなかった。これらのことから、荒天に伴う流出の可能性は小さいと考えられた。さらに、底泥中の分解は、好気高水温下で低水温下よりも早く⁸⁾、6 月初旬においてより水温の高い 7 月や 8 月よりも分解速度が卓越していたとは考えにくい。一方で、6 月上旬は湖水中の細胞濃度が増加していた時期であることから、湖内環境は *Microcystis* の増殖条件を満たしていたと考えられた。したがって、6 月初旬に底泥表層中でみられた *Microcystis* 細胞濃度の減少は、湖水中への回帰に伴うものであると示唆された。そこで、この期間における 5 地点の平均減少濃度を日数で割り、土浦入の底泥における *Microcystis* 細胞のみかけの回帰速度を算出したところ、 $5.6 \times 10^2 \text{ cells / g-wet sediment / day}$ と示された。この速度は、水深 4 m の水柱へ回帰したと仮定するとおよそ $2 \text{ cells / mL / day}$ となった。

5 生態系モデルを用いたアオコ発生機構の解明³⁰⁾

5.1 背景

一般的に植物プランクトンの増殖には、他生物との競合や被捕食などの生物的要因の他、水温、光強度、栄養塩濃度その他の物理化学的な要因が関わっている⁹⁾。既往研究からは、平均水温¹⁰⁾、吹送流¹¹⁾、底泥中からの回帰²⁾、鉛直移動¹²⁾が影響すると考えられる。しかしながら、これらの *Microcystis* の挙動はそれぞれが作用しあい、現地観測や室内実験では複合的な因子を分けて考えることは難しい。そこで本研究では、アオコの発生を説明するシミュレーションモデルを構築し、底泥からの回帰、鉛直移動、風による輸送が、霞ヶ浦土浦入におけるアオコの発生に与える影響について検討した。

5.2 材料と方法

それぞれの影響を検討するため、霞ヶ浦土浦入

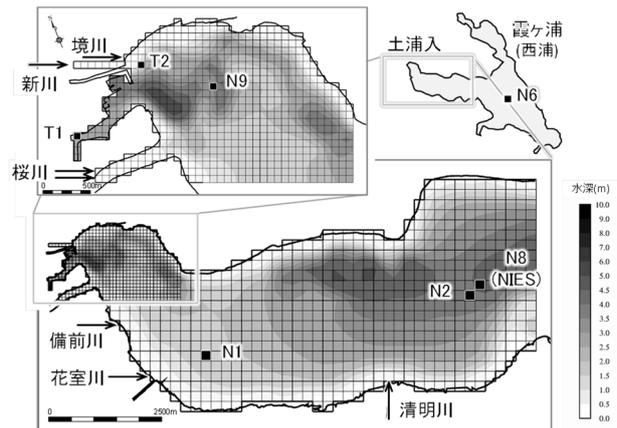


図 6 土浦入における生態系モデルの構築範囲と実測値を持つ調査地点

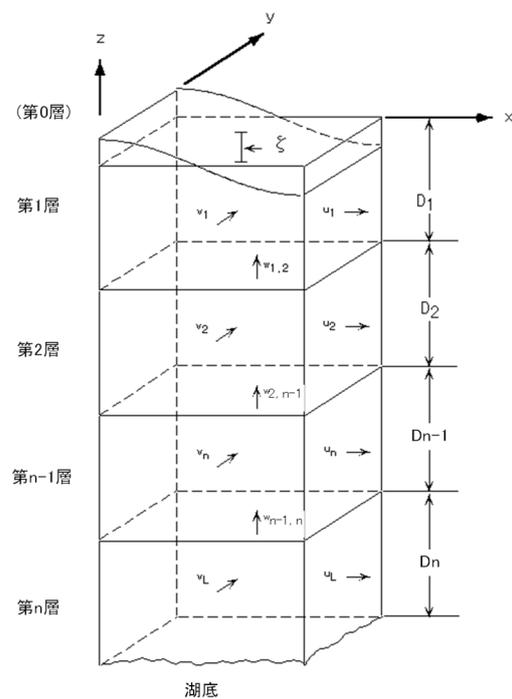


図 7 生態系モデルにおける鉛直方向の層分割²⁹⁾。

表 1 各因子の有無の組み合わせの一覧。-は効果の削除を、+は効果の追加を表す²⁹⁾。

	輸送	回帰	鉛直運動
Case 1	-	-	-
Case 2	+	-	-
Case 3	+	+	-
Case 4	+	+	+
Case 5	-	-	+

におけるアオコ発生を再現する生態系モデルを構築した。計算範囲は図 6 とし、平面の計算格子は土浦港を含む湾奥を 75 m、それ以外の水域を 225 m とした。層分割は 0.5 m とし、第 1 層と第 n

層の層厚は水位や地形によって変化させた (図 7)。生態系モデルは、流動サブモデルと水質サブモデルから構成し、再現期間は 2011 から 2014 年の 6 月から 9 月とした。

この生態系モデルを用い、風による輸送、底泥からの回帰、鉛直移動の有無を組み合わせ (表 1)、計算結果と実測値とを比較検討することで、これら *Microcystis* の挙動が土浦入のアオコ発生に与える影響を検討した。

計算値の評価は、実測値と比較して行った。実測値は、茨城県霞ヶ浦環境科学センターの調査結果から N9 における *Microcystis* の湖水全層中の現存量を用いた。なお、2013 年と 2014 年は実測値が少ないため、フィコシアニン濃度と藍藻類の総細胞体積との関係式 (2) ¹⁰⁾を用い、N9 の表層 20 cm のフィコシアニン濃度から現存量を推定して与えた。

$$C_{Micro} = 25.582 \times phyco + 15320 / 58 \quad (2)$$

C_{Micro} : *Microcystis* 現存量 (cells / mL)

$Phyco$: フィコシアニン濃度 ($\mu\text{g} / \text{L}$)

58 : *Microcystis* の細胞体積 ($\mu\text{m}^3 / \text{cell}$)

生態系モデルの構成要素についての詳細をそれぞれ以下に記す。

(1) 流動サブモデル

流動サブモデルは、連続の式、回転系の非圧縮流体を仮定した運動方程式、水温の拡散方程式から構成され、ブシネスク近似および静水圧近似を施した。

(2) 水質サブモデル

霞ヶ浦湖内の溶存有機炭素は植物プランクトンに由来するものが多い¹³⁾ ことから、水質サブモデルとして物質循環を考慮した低次生態系モデルをベースに構築した。なお、植物プランクトンには *Microcystis* とその他の植物プランクトンの 2 種を想定し、水温と栄養塩に対するパラメータを変化させて表現した。なお、これらの生物体は炭素、窒素、リンの挙動として取り扱った。

(3) *Microcystis* の輸送・回帰・鉛直移動

Microcystis は底泥からの回帰、鉛直移動、風による吹送流の影響を考慮できるように設計した。風による輸送は、水柱第 1 層上部にアオコ用の仮

想層(第 0 層)を設定して表現し、風による集積の影響を削除する場合 (Case 1, 5) は、第 0 層を設定しなかった。

底泥からの *Microcystis* の回帰フラックスは、既往研究¹⁴⁾を参考に底泥中の存在量と湖底に到達した光量で説明した。このとき、既往研究での実測値¹⁵⁾を参考に、最大回帰速度はおよそ 8.7×10^7 cells/m²/day とし、回帰の影響を削除する場合 (Case 1, 2, 5) には最大回帰速度に 0 を与えた。

Microcystis の鉛直移動は、沈降速度を時間別に与えることで表現した。既往研究¹⁶⁾の結果から、沈降速度 0.24 m / day に対し、浮上速度は 4~10m/day 程度と推定され、午前 3:00~5:00 に浮上を表現する負の値を、それ以外の時間には沈降を表現する正の値を与えた。鉛直移動の影響を削除する場合 (Case 1, 2, 3) は、沈降・浮上ともに 0 を与えた。

Microcystis の現存量は、算出された *Microcystis* 態の炭素濃度から換算した。炭素濃度からの換算には Strathmann の式¹⁷⁾を用い、2016 年度夏季の観測で *Microcystis* の直径が 4.6~5.0 μm であったことから細胞体積を 58 $\mu\text{m}^3/\text{cell}$ として計算し、11.67 pgC / cell とした。

(4) 境界条件と初期条件

計算水深は、国土地理院の湖沼図より算出した。水位は、国土交通省の水文水質データベース¹⁸⁾より湖心の水位実測値を東側境界に与えた。全天日射量、相対湿度、雲量は、気象庁¹⁹⁾よりつくば(館野)の実測値を与えた。また、気温と風況はアメダス土浦の値を用いた。水温は、国立環境研究所の霞ヶ浦データベース (以下、霞 DB)²⁰⁾から N8 (NIES) (図 6) の水深別実測値を用いた。なお、この値は時間的に連続でないため、N1 (図 6) における流心の水温連続観測値¹⁸⁾との回帰式 ($r^2 > 0.987$) を各水深で作成し、連続値として与えた。水質項目は、茨城県霞ヶ浦環境科学センターが測定²¹⁾した N2 の値を時空間的に線形補完して与えた。ただし、DO のみは霞 DB²⁰⁾から N2 における水深別実測値との回帰式を作成して鉛直的に補完した。なお初期条件は空間的に一様とした。なお、*Microcystis* とその他藻類の境界条件、初期現存量はともにごく小さい値を与えた。また、底泥中の *Microcystis* 現存量は、2015 年の実測値¹⁵⁾を基に、時空間的に補完して与えた。時間方向の補

完は線形とし、空間方向の補完は距離による重みづけを行って、毎年同様として与えた。

河川は6河川を考慮した(図6)。最も大きな流入河川の桜川からの流入量は、国土交通省から提供を受けた平成23年のH-Q式を用いて流量を算定し、流域面積をかけて決定した。桜川以外の5河川からの流入量は、桜川との流域面積比を用いて推定した。河川流入水の水温は、実測値²¹⁾と気温との回帰式を用いて連続値として与えた。流入負荷量については、桜川のCOD, TN, TP負荷量に流域面積比をかけて算出した。桜川の負荷量は、国土交通省から提供を受けた2011年度のL-Q式と算出した流量から設定した。

5.3 結果と考察

水位・水温の木原沖における計算結果は、霞ヶ浦湖心における実測値²¹⁾といずれの年も統計学的にもよく一致し(水位; $N=14668, r^2=0.99, RMSE=0.75\text{ cm}, Ns=0.99$, 水温; $N=14668, r^2=0.98, RMSE=0.81^\circ\text{C}, Ns=0.95$), 風況と第1層流況も強い正の相関を示した(東西方向; $N=14668, r^2=0.56, RMSE=1.95, Ns=-1.55$, 南北方向; $N=14668, r^2=0.54, RMSE=2.39, Ns=-0.56$)。これらのことから、本モデルでは、物理場の再現状況は良好であった。そこで、各因子を変化させて、それぞれの影響を検討した。

(1) 風による輸送の影響

Case 1(輸送なし)とCase 2(輸送あり)を比較した(図8)。2013年や2014年はCase 1よりもCase 2で8月の少ない現存量での変化が表現され、より実測値に近い値となった。この理由として、風向に着目した。湖心における風向は、2011年と2012年度は南南東から北北西へ吹き去る(NNW)向き、2013年と2014年は東北東から西南西へ吹き去る(WSW)向きの風が多かったことから、2013年と2014年のCase 2では、風による輸送の効果をモデルに組み込んだことで、集積のみならず水平方向への拡散の影響も加わって、再現性が向上したと考えられた。

(2) 底泥からの回帰の影響

Case 2(回帰なし)とCase 3(回帰あり)を比較した(図8)。回帰量を加えたCase 3では、すべての年においてCase 2より現存量が増加しており、

底泥からの回帰は湖水中の現存量の上昇を促進させたが、実測値との差には年度間差が見られることもまた明らかになった。底泥中の現存量は2015年のデータ¹⁵⁾を毎年同様と与えていたが、2015年と2016年の底泥中現存量とその経月変化は異なっていた²²⁾。このことから、底泥中からの回帰量は、底泥中の現存量をモニタリングした実測ベースの値を用いる必要があると示唆された。

(3) 鉛直移動の影響

Case 3(鉛直移動なし)とCase 4(鉛直移動あり)を比較した(図8)。Case 4の変動は、全体的にやや低いもののCase 3とほぼ変わらなかった。鉛直移動の影響のみを比較(Case 1とCase 5)した場合には現存量の増加が確認されるが、回帰や輸送の影響を同時に検討することで、鉛直移動が現存量全体に与える影響は小さくなった。

(4) 平面分布の再現状況

吹送流による輸送に伴う面的な分布を検討する目的で表層の*Microcystis*現存量の平面分布図を

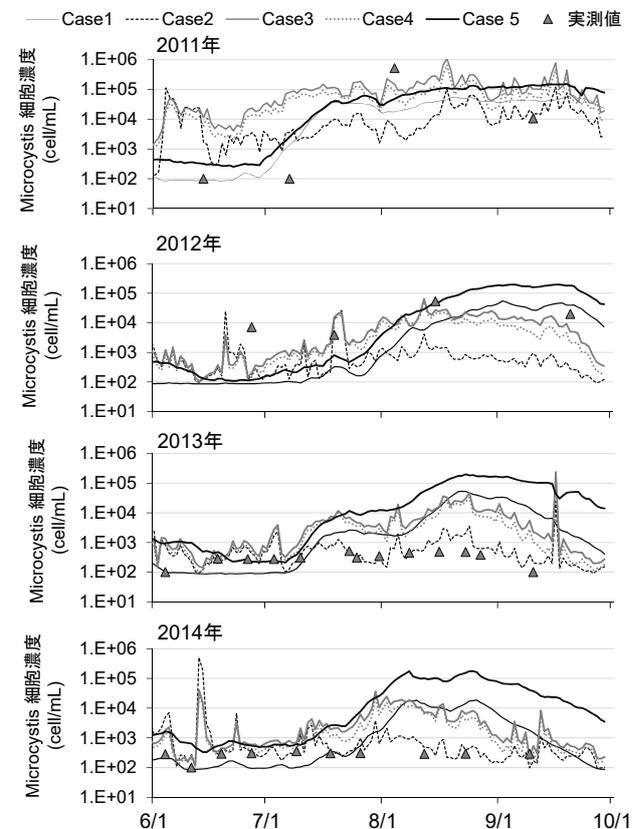


図8 土浦沖表層における*Microcystis*の現存量の経時変化の実測値と一時間毎の計算値の比較³⁰⁾。

作成した結果、今回のシミュレーションでは、底泥中から発生した *Microcystis* が湖流によって土浦入南岸に集積している様子が多く確認された。2012 年から国土交通省が行っているアオコパトロールによって、アオコレベル 2 以上²³⁾と目視確認された頻度は北岸より、南岸と土浦港湾内で多く確認されており、計算結果と一致した。また、霞ヶ浦のアオコ発生状況を Landsat から明らかにした既往研究²⁴⁾と比較し、発生や集積の規模や状況が類似していることも確認した。さらに、茨城県霞ヶ浦環境科学センターの「アオコ情報」²⁵⁾では、年度や地点に関わらず、現存量が急上昇し 1 週間後には減少する変動が確認されているが、2011 年、2012 年、2014 年の 6 月には、一時的に 102 cells/mL オーダーで現存量が急激に上昇し数日で解消する様子が再現された (図 8)。このことからアオコの局所的かつ一時的な集積を表現するためには、風による輸送の影響を加えることが有効であると示された。

6 アオコ予測システムの構築²⁶⁾

6.1 背景

霞ヶ浦で発生したアオコ対策を効果的に行うため、アオコの発生量や発生時期の予測が求められている。既往研究では、シミュレーションモデルを用いた予測例もある。北澤ら²⁷⁾は湖水流動と水質変動のシミュレーションモデルによってアオコの発生を説明しており、我々が 4 章で構築した生態系モデル (以下、既存モデル) でも、過去のアオコの平面分布を再現できたが、その再現性は高くなかった。その理由として、芹沢ら²⁸⁾はアオコの発生量、発生パターンの変動には偶発的要因も関与していると考えられ、シミュレーションモデルによる予測は難しいと考察している。そこで本研究では河川水位予測で精度向上が報告されている深層学習²⁹⁾に着目し、既存モデルに深層学習を組み合わせ、アオコ予測システムを構築した。さらに、構築したアオコ予測システムを評価し、将来予測が可能かどうか検討した。

6.2 材料と方法

アオコ予測システムは、根幹となるアオコ発生予測のシミュレーションモデルと、将来予測のため

に必要な天気予測によって構成した。それぞれ詳細を記す。

(1) アオコ発生予測のシミュレーションモデル

これまでの研究結果ならびにいくつかの既往研究から、*Microcystis* を主とするアオコの面的分布には風による吹き寄せなどの影響が大きいことが示唆されている^{30,31,32)}。そこでアオコ発生予測のためのシミュレーションモデルは、既存モデルによって計算されたフィコシアニン濃度、水温、 $PO_4\text{-P}$ の平面分布の表層値を用い、畳み込みニューラルネットワーク (Convolutional Neural Network, 以下 CNN) と変分オートエンコーダ (Variavle Auto-Encoda, 以下 VAE) の組み合わせ (以下、深層学習モデル) によって表層のフィコシアニン濃度を出力する設計とした。

(2) 深層学習モデルの学習

学習のための出力値は、既存モデルによって計算されたフィコシアニン濃度、水温、 $PO_4\text{-P}$ の面的分布データを基に深層学習モデルによって算出した N_2 の値を用いた。学習期間は 2007 年から 2017 年とし、学習のための教師データには、2012 年から 2017 年の、およそ週に 1 度の頻度で当センターによって配信された「アオコ情報」²⁵⁾における N_6 表層のフィコシアニン濃度を用いた。2012 年以前には当センターの値が存在しなかったため、霞 DB²⁰⁾の N_6 における *Microcystis* 細胞体積から、フィコシアニン濃度へ換算したものをを用いた。*Microcystis* 細胞体積からフィコシアニン濃度への換算は、2013 年から 2015 年の *Microcystis* 細胞濃度とフィコシアニン濃度の関係から求めた係数 7.3×10^6 を掛けて行った³³⁾。なお、フィコシアニンは *Microcystis* 以外の藍藻類も保持しているが、既往調査³⁴⁾によれば、霞ヶ浦の夏季には表層 20 cm の湖水中の *Microcystis* の細胞数とフィコシアニン濃度に有意な正の相関 ($N = 24, r = 0.737, p < 0.01$) が示されていることから、*Microcystis* の指標になりうると判断した。さらに、これらの実測値は時間的に不規則であることから、以下の式を用いて補間し、毎日の値として教師データに用いた。

$$y_i = \sum_{n=1}^N \frac{C(n) \times \exp\{-|x_{obs}(n) - x(i)|^2 / 2\sigma\}}{N} \quad (3)$$

このとき、 n は調査回数 ($1 \leq n \leq N$)、 i は日付、 x は実測値であり、計算された毎日の値 Y と実測値はよく一致した ($n=97, r=0.79, p<0.05$)。

なお、出力値は N2、教師データは N6 と地点が異なるが、霞 DB の 1977 年から 2013 年の値を用いて、N2 と N6 における水質を比較したところ、植物プランクトンを示す T-COD、クロロフィル a、TN、TP はいずれも有意な正の相関を示し、その傾きは 1 に近かった (T-COD; $N=446, r=0.88, p<0.05$, クロロフィル a; $N=450, r=0.84, p<0.05$, TN; $N=358, r=0.82, p<0.05$, TP; $N=460, r=0.87, p<0.05$) ことから、N2 における出力値と N6 の実測値をペアに用いて学習させることに問題はないと判断した。

(3) 将来予報値の整理

ここでいう将来とは、1~4 カ月先の将来を表す。アオコの発生には気象の影響が大きく、なかでも気温の影響がより大きい¹⁰⁾。そこで、将来予測のために必要な気象条件は、気象庁の三カ月予報を参考にした。

これら気象庁の予報は、気温について「平年より高い」か、「平年並」か、「平年より低い」かについて、パーセンテージで表示される。そこで、2007 年から 2017 年の 6 月から 9 月のアメダス土浦のデータを用いて月平均気温の順位結果を検討した結果、平年より気温の高い年として 2010 年、平年より低い年として 2009 年、平年並の年として 2014 年をモデル気象として決定した。そして、将来予測には、気象庁の三カ月予報に応じてモデル気象の気象条件 (気温、風況、全天日射量、相対湿度、雲量) を与えた。なお気象条件のほかに予測計算に必要である河川流量と水質、および湖水における水位、水質は、いずれも前年度と同じものを与えたが、河川水温・湖水水温は気温に依存する式を既存モデルに組み込んでいるため、気温に応じて変化した。

6.3 結果と考察

シミュレーションモデルで計算された出力値 (N2) と、教師データとして用いた N6 におけるフィコシアニン濃度の実測値 (霞 DB の *Microcystis* 細胞濃度からの換算値を含む) はよく一致した ($N=97, r=0.75, p<0.05$) (図 9)。このことは、深層学

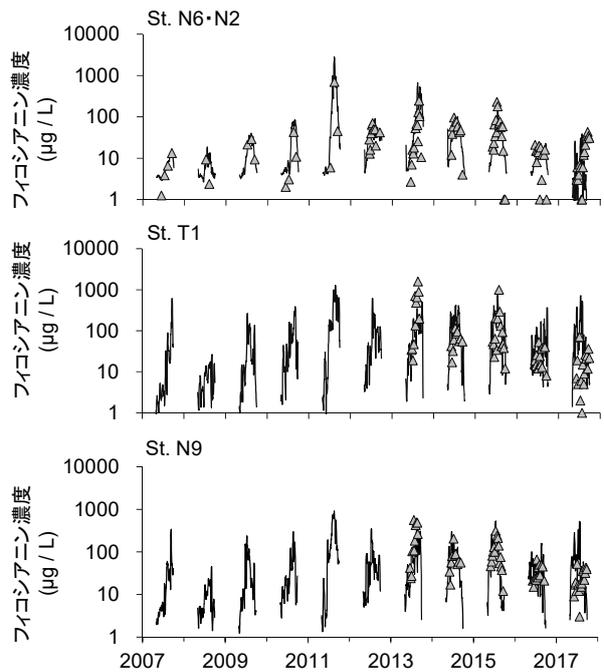


図 9 St. N9 表層における *Microcystis* の現存量の経時変化の実測値と一時間毎の計算値の比較²⁶⁾。

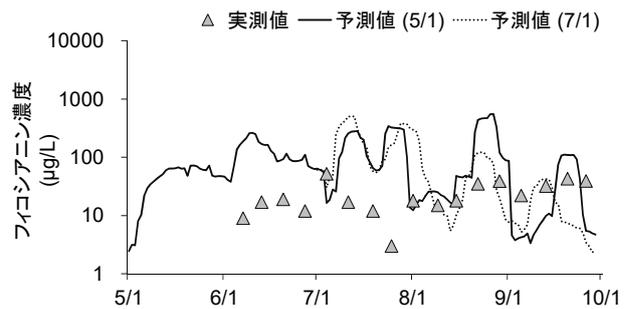


図 10 St. N9 表層における 2017 年の仮想 5 月 1 日 (予測値 (5/1)) ならびに仮想 7 月 1 日 (予測値 (7/1)) の予測値と実測値の比較²⁶⁾。

習モデルが、既存モデルによる出力値と実測値の差をうまく学習したことを示している。そこで、学習に用いていない T1 ならびに N9 で検討した結果、2007 年から 2016 年までの実測値 (霞 DB の *Microcystis* 細胞濃度からの換算値を含む) と、出力値は有意な正の相関を示した (T1; $N=66, r=0.25, p<0.05$, N9; $N=66, r=0.33, p<0.05$) (図 9)。このことから、今回構築したシミュレーションモデルは、過去 9 年間における土浦入のアオコ発生状況を、高い精度で再現していることが示唆された。

(2) 将来の予測

2017 年のデータを用いて、今回構築したアオコ

予測システムによる将来予測の精度を検証した。検証は5月1日と7月1日に行ったと仮定し(以下、仮想5月1日ならびに仮想7月1日)、気象庁によって4、6月に発表された三カ月予報を用いて気象条件を与え、気象以外の条件は前年度と同様に与えた。また、検証日以前の値は、気象条件、気象以外の条件ともに実測値を与えた。なお気象庁の三カ月予報では、気温が「平年並み」または「高い」確率が最も高かったことから、すべてにおいて2010年の気象条件を与えた。仮想5月1日の予測値における期間全体の平均値は102 µg/L、仮想7月1日の予測値における期間全体の平均値は100 µg/Lであり、実測値における期間の平均値は24 µg/Lであった(図10)。過去9年間のフィコシアニン濃度が10~1000 µg/Lで推移していたことを鑑みると、予測は、実測値よりもやや高いものの、オーダーレベルでは類似したと評価できる。

さらに、期間内の最大値に着目すると、仮想5月1日には8月27日に550 µg/L、仮想7月1日には7月13日に503 µg/Lであった。一方、実測値の最大値は7月4日に52 µg/Lであり、仮想7月1日に近い時期であったものの、予測システムでは過大に算出された。変動の時期が予測開始時期によってばらついた理由は不明であったが、2017年の実気象を用いた結果も同様であったため、少なくとも気象の影響は小さいと示された。

7 植物プランクトン体積算出のための一細胞体積値の整理⁵³⁾

7.1 背景

アオコを形成する植物プランクトンの増減には、他種植物プランクトンとの競合が影響している可能性が高いが、これまでの研究では考慮できていない。生態系モデルではアオコ形成植物プランクトンと競合する植物プランクトンとして一種を想定したが、その想定背景についても明確でない。また、植物プランクトンが水質に与える影響が大きいと指摘されており¹³⁾、霞ヶ浦において植物プランクトン群集組成とその変動を把握することは喫緊の課題である。

植物プランクトンの細胞サイズは、数µmのものから数百µmのものまで多様であり、サイズの

差は水質や生態系に与える影響の差と関係すると考えられていることから、植物プランクトンを体積で捉えていくことが重要であると指摘されている³⁵⁾。実際、水質と植物プランクトンの関係を検討する研究の多くが体積(Biovolume)を用いている^{36,37,38)}。霞ヶ浦においては、1978年度から2016年度までの植物プランクトン群集について、各分類群の合計体積が霞DB²⁰⁾で公開³⁹⁾されているが、調査地点は霞ヶ浦(西浦)湖内2地点のみであり、北浦や常陸利根川を含む広い水域については不明である。さらに、一般的に、植物プランクトン体積の算出は、顕微鏡下で計測した細胞サイズを用いて算出されることが多い³⁵⁾が、分類群ごとに細胞サイズを測定することは、専門的な知識と多くの労力が必要であることから、細胞体積を定数化し、細胞数に乗ずることで、植物プランクトン群集の変動を概略で把握できると考えられるが、そのような方法を用いた既往研究や調査報告例は見つけられなかった。そこで、当センターで計測された一細胞体積の値を整理し、一細胞体積のばらつきについて検討した。そして、各細胞体積の値を定数化して各細胞数の値に乗じて総体積を算出し、既往研究³⁹⁾の植物プランクトンの総体積と比較して、その利用可能性について評価した。

7.2 材料と方法

(1) 体積測定のための採水と固定

2011年4月から2019年3月までの間に、当センターが実施した霞ヶ浦モニタリング事業の結果を用いた。採水地点は、N6地点で69回、K4で13回、N1ならびにN4が3回、N9・10ならびにK1・2が1回であった。採水方法は、2013年度までは水面下50cmの湖水をペリスタポンプでくみ上げたが、2014年度からは内径5×200cmのアクリル製カラムを使って、湖底50cm直上から水面までの湖水を鉛直的に採水した。固定液や保存液は年度により異なったが、今回はそれらの違いについては無視した。

(2) 同定ならびに体積の算出

植物プランクトンの同定ならびに体積の算出は外部委託にて行った。業者は年度によって異なるが、同定・計数方法ならびにサイズ測定・体積算出方法に関する仕様を同一とし、手法が同一に

なるように委託した。同定は図鑑⁴⁰⁻⁴⁸⁾を参考にし、体積は最大 20 細胞の細胞サイズを測定⁴⁹⁾、平均細胞体積と標準偏差を算出した。なお、同種の植物プランクトンであっても委託業者によって当てはめた幾何学図形が異なる場合が確認されたが、今回は当てはめた幾何学図形の違いは無視して値だけを整理した。

7.3 結果と考察

(1) 霞ヶ浦における植物プランクトンの細胞体積測定された植物プランクトンは 162 種類 (spp. 等の分類群を含む) であった (表 2)。2005 年度以降に霞ヶ浦で確認された植物プランクトン種類が 351 種類であった⁵⁰⁾ことから、本研究によっておよそ 46%の植物プランクトン種類の細胞体積が明らかになった。いくつかの植物プランクトン

表 2 本研究によって実測された植物プランクトンの一細胞体積⁵³⁾。

Class 綱	Spices 種	平均細胞体積 (μm^3 / cell)	標準偏差 S.D.	検水数 (times)	平均測定数 (cells)	平均標準偏差 Ave. S.D.	Class 綱	Spices 種	平均細胞体積 (μm^3 / cell)	標準偏差 S.D.	検水数 (times)	平均測定数 (cells)	平均標準偏差 Ave. S.D.	
Bacillariophyceae 珪藻綱	<i>Acanthoceras</i> spp.	177		1	20		Chlorophyceae 緑藻綱	<i>Scenedesmus intermedius</i>	17		1	10	5.3	
	<i>Acanthoceras zachariasii</i>	690		1	20	279.9		<i>Scenedesmus longispina</i>	47		1	8	16.0	
	<i>Achnanthes minutissima</i>	160		1	20	16.4		<i>Scenedesmus obtusus</i>	274		1	10	24.4	
	<i>Achnanthes</i> spp.	47		1	20	7.6		<i>Scenedesmus quadricauda</i>	66	65.9	10	21	9.4	
	<i>Amphora</i> spp.	620		1	20	119.9		<i>Scenedesmus spinosus</i>	6	4.3	2	20	0.0	
	<i>Asterionella formosa</i>	542	765.2	9	17	219.7		<i>Scenedesmus</i> spp.	21	8.8	2	20	1.9	
	<i>Aulacoseira ambigua</i>	271	352.2	92	20	62.7		<i>Schroederia setigera</i>	55	12.0	2	20	15.3	
	<i>Aulacoseira distans</i>	184	120.9	86	20	50.0		<i>Schroederia</i> spp.	824	659.5	3	20	631.1	
	<i>Aulacoseira granulata</i>	1237	518.7	96	20	613.7		<i>Siderocelis ornata</i>	580		1	2		
	<i>Chaetoceros</i> spp.	246		1	10	97.9		<i>Tetraedron caudatum</i>	170	42.4	2	11	44.8	
	<i>Cyclostephanos dubius</i>	400		1	20	191.1		<i>Tetraedron minimum</i>	96	20.4	2	15	30.4	
	<i>Cyclostephanos</i> spp.	1197		1	20			<i>Tetrastrum elegans</i>	3		1	20		
	<i>Cyclotella asterocostata</i>	1752	807.5	11	16	715.9		<i>Tetrastrum heterocanthum</i>	11	9.5	5	18	1.2	
	<i>Cyclotella atomus</i>	23		1	20	21.8		<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>	5		1	20		
	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	881	1000.8	75	20	442.2		<i>Tetrastrum triacanthum</i>	4	3.8	2	10	0.0	
	<i>Cyclotella radiosa</i>	1772	1346.0	2	14	419.8		<i>Tetrastrum</i> spp.	14		1	20	0.0	
	<i>Cyclotella</i> spp.	182	227.5	34	20	112.5		<i>Treubaria</i> spp.	91		1	10	20.7	
	<i>Cyclotella stelligera</i>	1471	2740.6	4	16	58.0		<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	53		1	20	6.4	
	<i>Cymbella</i> spp.	206		1	20			<i>Elakatothrix</i> spp.	9		1	19		
	<i>Fragilaria berolinensis</i>	132	30.4	3	17	28.4		<i>Planctonema lauterbornii</i>	61	41.0	2	15	2.9	
	<i>Fragilaria</i> spp.	320		1	20	51.2		<i>Carteria</i> spp.	1900	1272.8	2	20	451.2	
	<i>Fragilaria tenera</i>	300		1	30			<i>Chlamydomonas</i> spp.	359	226.1	4	20	212.6	
	<i>Gomphonema</i> spp.	658		1	20			CHLAMYDOMONADACEAE	225		1	10	67.2	
	<i>Hannaea arcus</i>	3880		1	10	659.4		<i>Chlorogonium</i> spp.	850		1	20	288.2	
	<i>Melosira varians</i>	2000		1	20	484.0		VOLVOCEAE	185		1	10	118.3	
	<i>Navicula</i> spp.	167	55.2	10	19	35.5		Closterium spp.	3653	3971.7	3	20	1122.3	
	<i>Nitzschia acicularis</i>	165	123.6	88	19	61.9		<i>Cosmarium</i> spp.	49		1	20		
	<i>Nitzschia fruticosa</i>	129	82.5	42	20	26.6		<i>Acanthosphaera zachariasii</i>	210		1	3	25.2	
	<i>Nitzschia holtsatica</i>	137	68.3	3	20	9.3		<i>Basichlamys</i> spp.	39227		1	4	0.0	
	<i>Nitzschia longissima</i>	451	306.7	5	18	52.2		<i>Coronastrum</i> spp.	24		1	7	14.0	
	<i>Nitzschia palea</i>	225	104.7	4	20	41.9		<i>Dicellula</i> spp.	394		1	10	0.0	
	<i>Nitzschia</i> spp.	232	191.5	36	19	100.5		<i>Diclostera acutatus</i>	26		1	2	51.4	
	<i>Rhizosolenia eriensis</i>	160	103.3	4	18	29.1		<i>Quadricoccus ellipticus</i>	58		1	10		
	<i>Rhizosolenia longisetata</i>	756		1	16			<i>Quadricoccus</i> spp.	39		1	20	18.7	
	<i>Skeletonema potamos</i>	77	110.2	22	20	20.4		<i>Selenodictyum brasiliense</i>	88		1	10	11.3	
	<i>Skeletonema</i> spp.	10363	6442.2	2	12	1862.9		Chrysoyceae	179		1	2	7.3	
	<i>Stephanodiscus</i> spp.	349	356.8	80	20	229.4		<i>Dinobryon elegantissimum</i>	179		1	20	19.4	
	<i>Suriella minuta</i>	552	421.7	9	17	82.6		黄色鞭毛藻綱	95		1	20	19.4	
	<i>Suriella</i> spp.	4187	8040.6	5	17	161.8		CHRYSOPHYCEAE	22582		1	10		
	<i>Synedra acus</i>	1043	486.1	76	19	289.2		Cryptophyceae	972	889.8	12	20	216.1	
	<i>Synedra berolinensis</i>	58	22.8	25	19	25.0		褐色鞭毛藻綱	162	278.4	10	19	59.4	
	<i>Synedra inaequalis</i>	8275		1	3	2987.3		CRYPTOMONADALES						
	<i>Synedra</i> spp.	419	237.0	18	18	101.3		Cyanophyceae	139		1	20	0.0	
	<i>Synedra ulna</i>	630		1	20	205.4		<i>Anabaena</i> spp. "Compound tricoemes"	34		1	20	0.0	
	<i>Thalassiosira bramaputrae</i>	3200	1442.2	7	19	1132.4		<i>Anabaena</i> spp. "Spiral tricoemes"	33	35.4	7	20	3.8	
	<i>Thalassiosira</i> spp.	1788	787.6	24	19	617.8		<i>Anabaena tenebriculis</i>	22		1	10	0.0	
	THALASSIOSIRACEAE	93	156.6	7	19	38.6		<i>Anabaena tugariensis</i>	183		1	10	0.0	
	Chlorophyceae 緑藻綱	<i>Actinastrum hantzschii</i>	14	2.1	3	20		0.9	<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>	64	76.6	2	20	5.4
		<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	68	63.1	3	20		19.7	<i>Aphanocapsa</i> spp.	8	5.3	8	20	0.8
		<i>Ankistrodesmus</i> spp.	48		1	20			<i>Aphanothece</i> spp.	5		1	20	0.4
		<i>Chodatella citriformis</i>	460		1	20		112.9	CHROOCOCCACEAE	4	2.3	3	17	0.0
		<i>Chodatella quadrisetata</i>	40		1	4		16.0	<i>Chroococcus</i> spp.	125		1	20	
		<i>Chodatella wratislaviensis</i>	22	22.5	2	20		10.0	<i>Coelosphaerium</i> spp.	17		1	20	
		<i>Chodatella</i> spp.	23		1	20			<i>Gomposphaeria</i> spp.	38	49.9	2	20	
<i>Closteriopsis</i> spp.		1119	860.9	2	12	244.8	<i>Limnothrix</i> spp.	3		1	20			
<i>Coelastrum astroidesum</i>		195	227.1	3	20	4.0	<i>Merismopedia</i> spp.	21	41.7	4	20	0.1		
<i>Coelastrum reticulatum</i>		190		1	19		<i>Merismopedia tenuissima</i>	1	0.0	2	20	0.0		
<i>Coelastrum sphaericum</i>		30		1	10	8.6	<i>Microcystis aeruginosa</i>	65	0.3	2	20	0.0		
<i>Crucigenia crucifera</i>		16		1	20	0.0	<i>Microcystis</i> spp. (< 11 cells compounds)	75	30.8	3	20	0.0		
<i>Dicynospaerium pulchellu</i>		44	29.4	5	20	0.0	<i>Oscillatoria</i> spp.	30		1	10	0.0		
<i>Dicynospaerium</i> spp.		85	43.9	3	20	12.5	<i>Phormidium</i> spp.	12		1	20	4.3		
<i>Francoia</i> spp.		463		1	4	124.3	<i>Planktolinghya contorta</i>	3	2.2	3	20	0.6		
<i>Micractinium pusillum</i>		141	181.8	2	20	0.0	<i>Planktolinghya limnetica</i>	2		1	20	0.4		
<i>Monoraphidium circinale</i>		66		1	10	57.7	<i>Planktothrix agardhii</i>	89		1	20			
<i>Monoraphidium contortum</i>		44		1	10	18.0	<i>Planktothrix suspensa</i>	26	18.8	4	20	6.3		
<i>Monoraphidium minutum</i>		37	26.2	5	19	11.2	<i>Pseudanabaena biceps</i>	33		1	20			
<i>Monoraphidium</i> spp.		82	55.5	7	20	25.1	<i>Pseudanabaena catenata</i>	6	4.9	10	20	1.4		
<i>Oocystis</i> spp.		185	190.3	8	20	68.1	<i>Pseudanabaena galeata</i>	16	19.5	2	20			
<i>Pectodictyon pyramidale</i>		113		1	8	0.0	<i>Pseudanabaena limnetica</i>	5	1.6	9	20	0.9		
<i>Pediastrum asymmetricum</i>		14		1	10	7.9	<i>Snowella</i> spp.	4		1	20			
<i>Pediastrum biradianum</i>		57		1	10	15.5	<i>Waronichinia</i> spp.	8	9.8	9	20	1.4		
<i>Pediastrum boryanum</i>		940		1	12		Dinophyceae	11000		1	20	2460.5		
<i>Pediastrum duplex</i>		910		1	20		渦鞭毛藻綱	34219		1	6	3188.3		
<i>Pediastrum simplex</i>		472	717.2	3	16	10.7	<i>Peridinium bipes</i>	755	1079.5	3	20	158.8		
<i>Pediastrum tetras</i>		72	54.4	2	20	4.5	<i>Peridinium</i> spp.	4205		1	10	2794.6		
<i>Scenedesmus abundans</i>		39		1	20	2.0	Euglenophyceae	4274	5693.6	2	20	888.1		
<i>Scenedesmus acuminatus</i>		65	43.9	6	19	12.4	ミドリムシ藻綱	10383		1	3	302.3		
<i>Scenedesmus acutus</i>		90	98.9	2	17		<i>Lepocinella</i> spp.	243		1	18			
<i>Scenedesmus bernardii</i>		73		1	10	26.1	<i>Phacus</i> spp.	267		1	20			
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>		75	19.8	2	20	10.6	<i>Trachelomonas</i> spp.			1	20			
<i>Scenedesmus dimorphus</i>		48		1	10	3.2	PRASINOPHYCEAE	1100		1	20	269.6		
<i>Scenedesmus ecoris</i>		63		1	20	4.3	ブラシノ藻綱							
							Raphidophyceae	30034		1	10	6949.5		
							ラフィド藻綱							
							Xanthophyceae	4562		1	1			
							黄緑色藻綱							

種は、細胞体積の標準偏差が一検水あたりの平均標準偏差よりも大きく、同地点同時期の湖水中においても大きくばらついていると示唆された。さらに、細胞体積の変動は、いずれの植物プランクトンも有意な地点差は確認されなかったが、有意な年変動ならびに月変動が確認され ($p < 0.05$)、水温等の水質に影響された体積変動が存在すると示唆された。

(2) 植物プランクトン細胞体積リストの評価

表2に示した細胞体積を利用し、当センターで計数されている各細胞数⁵⁰⁾に、それぞれの細胞体積を乗じて、各植物プランクトンの合計体積を算出し、それを足し合わせて総体積を算出した。前述したように細胞体積にばらつきがみられたことから、測定された細胞体積の最大値を用いて計算した総体積 (A)、平均値を用いて計算した総体積 (B)、最小値を用いて計算した総体積 (C) の三種類で算出した。なお、細胞体積のわからない107種類 (全体の約30%) に関しては、同属の平均値を用いて補完した。同属の値が不明である77種類 (全体の約20%) は、滋賀県琵琶湖環境科学研究センターの一瀬諭氏の測定値⁵¹⁾を利用し、さらに不明な20種類 (全体の約5%) については無視した。

N6地点とN4地点においてA, B, Cによって算出された各月の総体積を、霞DB^{20,39)}の同月、同地点の総体積の結果と比較した結果 (図11)、A~Cのいずれの総体積も霞DBの総体積と有意に異なる

っていた(N6: $N = 140, p < 0.05$, N4: $N = 72, p < 0.05$, U-test)が、AとBは、霞DBにおける総体積と有意な正の相関を示した (N6: $N = 140, A: r = 0.33, B: r = 0.31, p < 0.05$, N4: $N = 72, A: r = 0.39, B: r = 0.43, C: r = 0.30, p < 0.05$, Spearman)。これらのことから、本研究によって計算された総体積は、実測された総体積と有意な正の相関を示すものの、その値には1.5倍ほどの差があり、植物プランクトン群集の傾向を概略ではつかめるものの、存在量の把握は難しいことが示唆された。

次に、N6地点における全植物プランクトン総体積における各網の割合を、各細胞体積の最大値

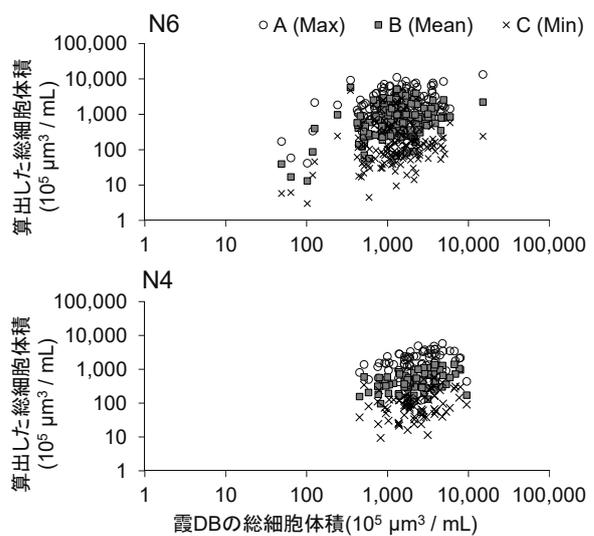


図11 N6とN4における、霞DBで示された総体積と、本研究によって各細胞体積の最大値(A)、平均値(B)、最小値(C)を使って計算された総体積の関係⁵³⁾。

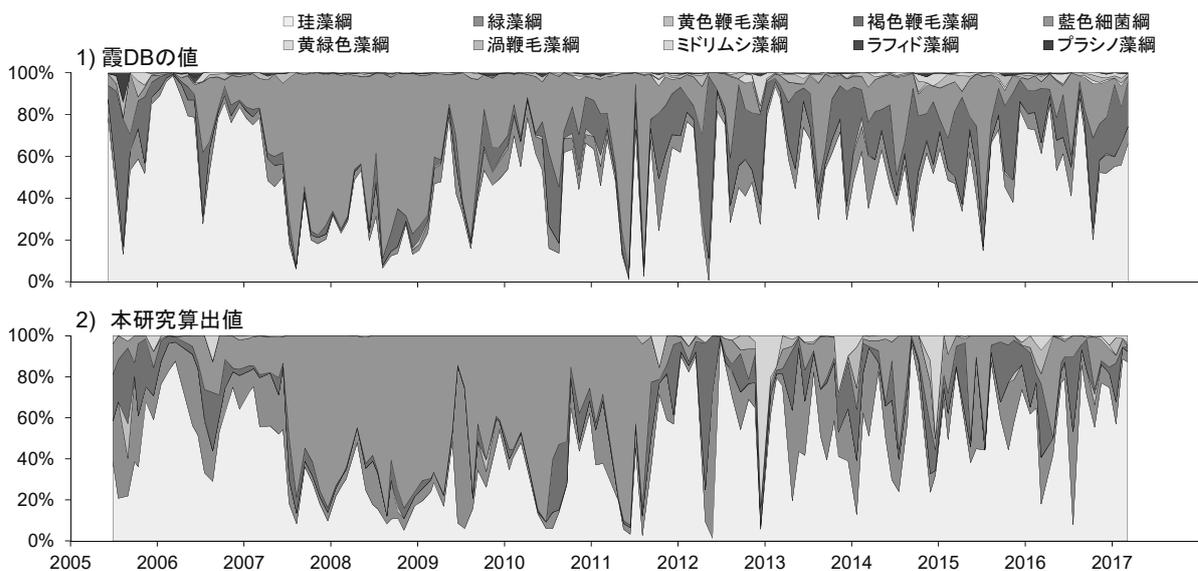


図12 N6地点における総体積に占める各網合計体積優占率の年変動;1)霞DBの値, 2)本研究によって算出された値³⁵⁾。

を用いて計算し、霞DBの割合と比較した(図12)。その結果、2007年から2011年までの藍色細菌綱の優占化⁵²⁾や、その後の珪藻綱、褐色鞭毛藻綱、藍色細菌綱の優占状況の変化が霞DBとよく類似した。各綱の優占率は、7綱で本方法と霞DBで有意な正の相関がみられ、中でも優占率の高い珪藻綱(N=140, A; r=0.58, B; r=0.61, p<0.05, Spearman), 褐色鞭毛藻綱(N=140, A; r=0.38, B; r=0.46, p<0.05, Spearman), 藍色細菌綱(N=140, A; r=0.80, B; r=0.80, p<0.05, Spearman)では高い正の相関がみられた。

さらに、N4地点でも同様の結果となり、霞DBのN6地点とN4地点では群集組成が大きく異なっていたが、本研究の方法でも異なる群集組成を再現できていた。よって、本研究の方法で計算された総体積の結果は、実測値で明らかになった各綱の優占率の変動と類似することが明らかとなった。なお、優占率の低い植物プランクトン群集において霞DBと高い相関がみられなかった理由については、上述したような採水日や採水、固定方法などの差によるものではないかと考えられたほか、黄色鞭毛藻綱、ミドリムシ藻綱、プラシノ藻綱、ラフィド藻綱は細胞体積が大きい傾向があり(表2)、細胞数の変動に伴う体積変動が大きいため、細胞数の違いが大きく反映されたためではないかと推察された。

8 植物プランクトンの変動と水質との関係⁵⁵⁾

8.1 背景

これまでの研究結果を用い、当センターで測定された細胞数に、各種の一細胞体積の値を乗ずることで、霞ヶ浦全域における2005年以降の植物プランクトン群集の変遷を明らかにした。

8.2 材料と方法

採水ならびに固定は、当センターにおける霞ヶ浦モニタリング事業の一環として、2005年6月から2019年3月まで実施した。採水方法、採水水深、固定方法、保存液については表3に示す。これらの違いが植物プランクトン群集組成に与える影響については、今回は検討できていない。

植物プランクトンの同定ならびに細胞数の計数は外部委託にて行った。委託業者は年度によって異なるが、同定・計数方法に関する仕様を同一とし、手法が同一になるように委託した。すなわち、各種の合計体積の算出方法は既往研究⁵¹⁾に準拠し、当センターで測定された各種の細胞体積(単位は $\mu\text{m}^3/\text{cell}$)の平均値を有効数字二桁で丸めたのち、各種の細胞数(単位は cells/mL)に乗じて算出した。細胞体積のわからない107種類(全体の約30%)に関しては、同属の平均値を用いて補完した。同属の値が不明である77種類(全体の約20%)は、一瀬⁵¹⁾の測定値を利用し、さらに不明な20種類(全体の約5%)については無視し、算

表3 霞ヶ浦モニタリング事業における植物プランクトンのための採水に関する事項の一覧⁵⁵⁾

年度	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total	
調査地点																
西浦	N1 掛馬沖									ND	ND	ND	ND	ND	14	
	N2 木原沖								ND	ND	ND		ND	ND	9	
	N3 牛込沖								ND	ND	ND		ND	ND	9	
	N4 高浜沖	ND	ND	ND	ND	ND	ND						ND	ND	6	
	N5 玉造沖								ND	ND	ND				11	
	N6 湖心														14	
	N7 西の洲沖							ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	8	
	N8 麻生沖														14	
	N9 土浦沖									ND	ND		ND	ND	10	
	N10 山王川沖									ND	ND		ND	ND	9	
北浦	K1 安塚沖													ND	ND	11
	K2 阿玉沖	ND	ND	ND	ND	ND	ND			ND	ND		ND	ND	4	
	K3 武井沖									ND	ND		ND	ND	10	
	K4 釜谷沖														14	
	K5 神宮橋								ND	ND	ND				11	
外浪	S1 外浪逆浦										ND	ND			12	
逆浦	S2 息栖	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND			3	
採水器																
	Pump	Pump	Pump	Pump	Van Dorn	Pump	Pump	Pump	Pump	Column	Column	Column	Column	Column		
水深																
	0.5 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m	Full	Full	Full	Full	Full		
固定液																
	GA	GA	GA	GA	GA	GA	GA	MixGA	MixGA	MixGA	MixGA	GA	GA	GA		
保存液																
	NBF	NBF	NBF	NBF	添加なし	添加なし	添加なし	添加なし	添加なし	NBF	NBF	F	F	F		

ID: No data, GA: 1% グルタルアルデヒド水溶液, MixGA: 1% グルタルアルデヒド混合液, NBF: 1% 中性ホルムアルデヒド水溶液, F: 1% ホルムアルデヒド水溶液

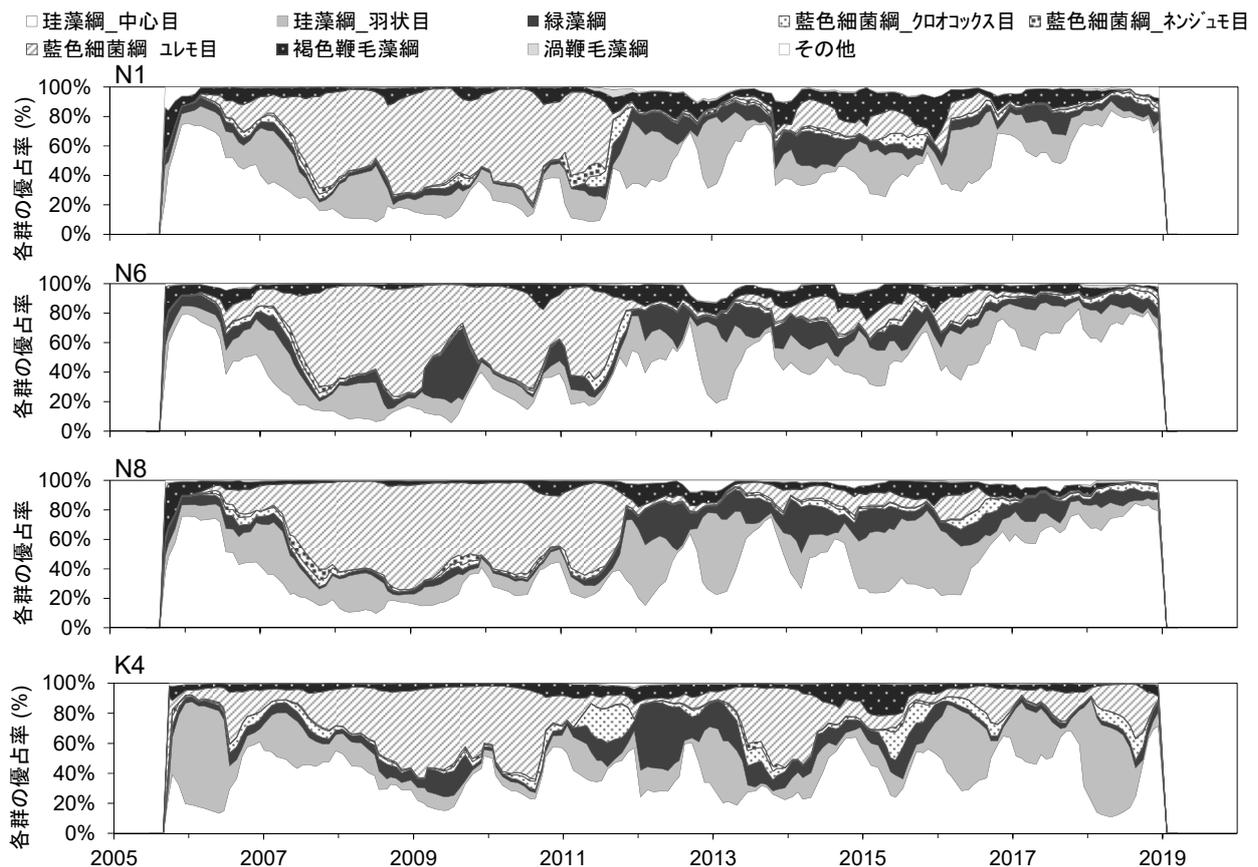


図 13 N6 地点における総体積に占める各綱合計体積優占率の年変動; 1) 震 DB の値, 2) 本研究によって算出された値⁵⁵⁾。

定には含めなかった。

水質 (COD ならびにクロロフィル a) については、霞ヶ浦モニタリング事業として行われた 2005 年 6 月から 2019 年 3 月までのデータを用いた。COD の測定は、JIS K 0102 に準拠し、過マンガン酸カリウムを用いて測定した。クロロフィル a については湖沼調査法⁵⁴⁾に準拠し、エタノールを用いてユネスコ法で抽出したのちに吸光度計で吸光度を測定した。

8.3 結果と考察

(1) 植物プランクトン群集組成の変遷

N1, N6, N8, K4 における植物プランクトン群集組成の変遷を図 13 に示す。2005 年と 2006 年の 2 年間の変動と地点間の違いに着目した。西浦と外浪逆浦では、2006 年頃に珪藻綱中心目 (主に *Cyclotella*) の優占率が高く、北浦では珪藻綱羽状目 (主に *Synedra*) の優占率が高かった。2007 年から 2010 年の 4 年間は、N10 と K1 を除く全域で、藍色細菌綱ユレモ目 (*Planktothrix*) が優占する群集へと変化していた。2007 年 1 月から 2008 年 12

月までのユレモ目の優占率は湾奥部の N10 と K1 で他地点と異なった ($p < 0.01$, Holm) ことから、ユレモ目の優占化は沖合地点を中心に起こっていたと示唆された。2008 年から 2010 年までの藍色細菌綱ユレモ目の優占率は、湾奥の N9, N10 ならびに K1 を除く西浦 7 地点 (N1-3, 5-8; $N = 252$) と北浦 3 地点 (K3-5; $N = 108$) で有意な差があり、北浦よりも西浦でユレモ目の優占化が著しかった ($p < 0.05$, U test)。ユレモ目の優占傾向は、北浦では、2010 年の夏季まで、西浦では 2011 年の夏季まで続いていた。2011 年の夏季には、西浦西湾奥の N9 と北浦北部の K1, K2 で、藍色細菌綱クロコックス目 (主に *Microcystis*) が著しく優占した。しかし、これは一時的であり、2011 年夏季以降は、N9 では珪藻綱中心目の *Aulacoseira* が、K1, 2 では同じ中心目の *Stephanodiscus* が優占する傾向が強かった。2013 年から 2015 年までの 3 年間は、北浦と外浪逆浦では藍色細菌綱ユレモ目 (主に *Planktothrix*) の優占率が再度上昇する傾向がみられ、K4 の 2014 年 1 月には、移動平均前で最大値 81% を占めていた。西浦におけるユレモ目の

優占率は、北浦よりやや遅れて 2014 年から高まる傾向がみられ、2013 年から 2016 年の西浦 (N1, 4, 6, 8; N=192) の優占率と北浦 (K4; N=48) の優占率を比較すると、西浦で有意に小さかった ($p < 0.05$, U test)。2016 年以降は、西浦の地点 (N1, 3-6, 8-10) と比較して、北浦・外浪逆浦の地点では珪藻綱羽状目 (主に *Synedra*) の優占率が高い傾向がみられた。

(2) 総細胞体積ならびに主な植物プランクトンの合計体積の変遷

西浦と北浦では群集組成が異なること、外浪逆浦は、西浦に類似している時期と北浦に類似している時期とが混在していることが明らかとなったことを受け、西浦・北浦・外浪逆浦それぞれの水域ごとの植物プランクトン総細胞体積を示した結果、地点間に差はみられず ($p > 0.05$, Holm), 2008 年をピークとした山型を示した(図 14)。また、2005 年 6 月から 2008 年 5 月までの 3 年間の平均値と 2016 年 4 月から 2019 年 3 月までの 3 年間の平均値を比較すると、すべての水域において有意な減少がみられた ($p < 0.05$, U test)。

次に、主要な植物プランクトンとして、*Aulacoseira*, *Synedra*, *Planktothrix* ならびに *Microcystis* について長期変動を図示した(図 15)。なお、*Planktothrix* は、2005 年 6 月から 2008 年 3 月まで旧分類体系^{40,45,46}に従って *Oscillatoria* spp. もしくは *Phormidium* spp. として同定されていた。これらは複数の種を含んでおり、*Planktothrix* に再同定することができない。そこで、*Planktothrix* の合計細胞体積変遷の解析には、2008 年 4 月以降のデータを用いた。さらに、長期的な増減を明らかにする目的で、2005 年 6 月からの 3 年間の平均値と 2016 年 4 月からの 3 年間の平均値とを比較した。その結果、*Aulacoseira* の合計体積には増加傾向があり、西浦と北浦では有意に増加していた ($p < 0.05$, U test)。珪藻綱羽状目の *Synedra* は、増加傾向にあるものの、2009 年から 2011 年にかけて 3 水域で急激な合計体積の減少がみられた。*Planktothrix* は、測定が開始された 2008 年 4 月からの 3 年間の平均値と 2016 年 4 月からの 3 年間の平均値を比較すると、すべての地点において著しく有意に減少していた ($p < 0.05$, U test) が、西浦・外浪逆浦が 2008 年 4 月から 95%以上減少していたのに対し、北浦の減少は 85%程度にとどま

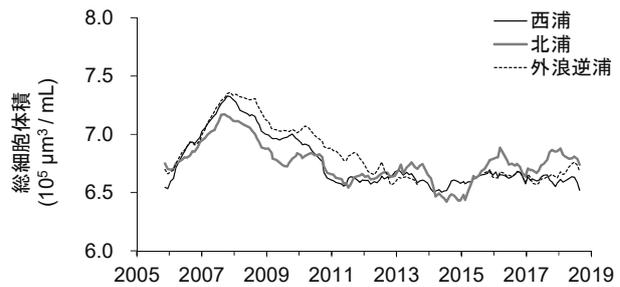


図 14 植物プランクトン総細胞体積の変化。長期変動を見やすくするために、13カ月の移動平均処理をした⁵⁵。

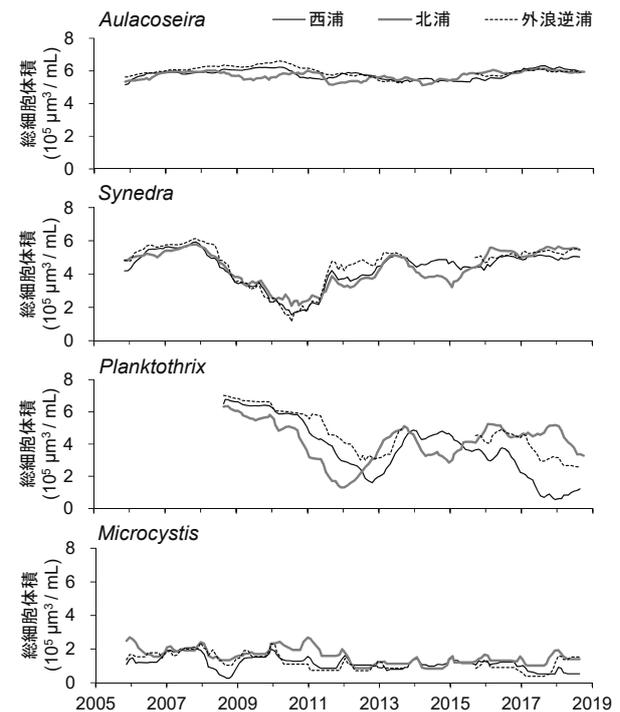


図 15 主要な植物プランクトン総細胞体積の変化。長期変動を見やすくするために、13カ月の移動平均処理をした⁵⁵。

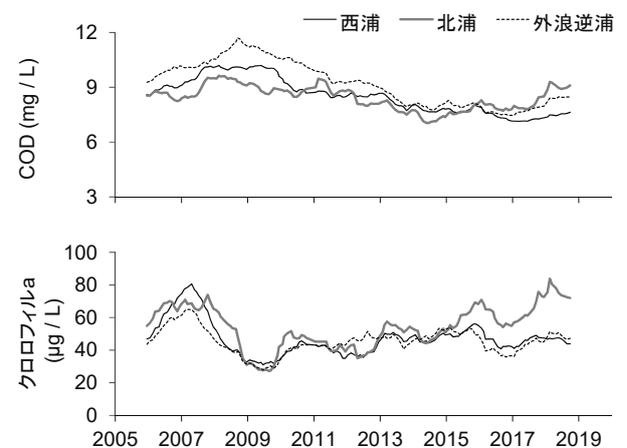


図 16 西浦、北浦、外浪坂浦を平均した COD (上)と、クロロフィル a (下)の値の変動。長期変動を見やすくするために、13カ月の移動平均処理をした。

った。*Microcystis* の総細胞体積は小さく、夏季にのみ増殖することが非常に明瞭であり、2005年6月からの3年間の平均値と2016年4月からの3年間の平均値を比較すると、西浦と北浦で有意に減少していた ($p < 0.05$, U test)。

(3) 水質 (COD ならびにクロロフィル a) と植物プランクトン総細胞体積の関係

植物プランクトン総細胞体積の変化との関係を明らかにするため、図14と同様に西浦・北浦・外浪逆浦の三水域における COD ならびにクロロフィル a の平均値を、13カ月移動平均した図を作成した(図16)。植物プランクトン総細胞体積は COD の変動と類似し、クロロフィル a の変動とは異なっているように見えた。三水域における移動平均値の関係は、総細胞体積と COD で $r = 0.77$ と強い正の相関を示したのに対し、クロロフィル a では $r = 0.16$ と弱かった (いずれも $p < 0.01$, $N = 432$, Spearman)。なお、水域平均ならびに移動平均を行わなかったデータにおける相関係数は、COD ($r = 0.15$)、クロロフィル a ($r = 0.24$) と共に有意であるものの高くない ($p < 0.01$, $N = 1782$, Spearman)。水域平均および移動平均することで総細胞体積と COD との関係が強くなったことが、水質との関係を示しているのか、それとも統計的な処理の問題なのかどうかを含め、水質と植物プランクトンの関係については今後、詳細に検討していく必要がある。

9 まとめ

本研究事業で得られた結果を以下に記す。

- 1) 底泥中の *Microcystis* rDNA 抽出のためには、Extrap Soil DNA Kit Plus ver. 2 (J-Bio) の使用が妥当だと示された¹⁾。
- 2) 測定時には、1Well 中の細胞数が 100 cell / μL 以上の場合に、精度が安定することが明らかとなった¹⁾。
- 3) 本調査における霞ヶ浦底泥中の細胞濃度は $(0.17\sim 8.4) \times 10^5$ cells / g-wet sediment であり、その分布には、地点間差ならびに季節的な変動があった¹⁵⁾。
- 4) 6月初旬に底泥表層中でみられた *Microcystis* 細胞濃度の減少は、湖水中への回帰に伴うものであ

ると示唆され、みかけの回帰速度は、 5.6×10^2 cells / g-wet sediment / day と示された¹⁵⁾。

5) 生態系モデルを用いた検討では、風による拡散の影響を加えることで、アオコ発生の再現性が向上した。また、実測値で見られるような、局所的かつ一時的な集積を表現するためには、風による輸送の影響を加えることが有効であることが示された²⁹⁾。

6) 生態系モデルに深層学習を組み合わせたアオコ予測システムを構築した。アオコ予測システムは過去9年間における対象領域のアオコ発生状況をよく再現し、2017年夏季のアオコ発生状況をよく予測した。このことから、本システムが霞ヶ浦土浦入のアオコ将来予測手法として利用できることが示唆された²⁶⁾。

7) 2005年度以降に霞ヶ浦で出現した植物プランクトンの46%にあたる、162種類の細胞体積を明らかにした⁵³⁾。

8) 測定検水数が18以上の珪藻綱13種類を対象に検討した結果、植物プランクトンの一細胞体積には、3から5倍の有意な年変動または月変動があった⁵³⁾。

9) 本研究によって算出した総細胞体積は、霞 DB の総体積と有意な正の相関がみられたが、値は1.5倍ほど異なったため、体積の値を利用する際には留意すべきである⁵³⁾。

10) 本研究方法でも各地点における各綱の優占率の変動がおおむね再現できていたことから、本研究方法で、植物プランクトン組成を推定することができた⁵³⁾。

11) 植物プランクトン群集は、霞ヶ浦全域において、2005年から2007年は珪藻類が、2008年から2010年ごろまでは *Planktothrix* が、2011年以降は再び珪藻類が優占する傾向が明らかとなった⁵⁵⁾。

12) 西浦では、珪藻綱中心目の優占率が高く、藍色細菌綱ユレモ目の *Planktothrix* が2008年から2010年に著しく優占していたが、北浦では、中心目に加え珪藻綱羽状目も多く、*Planktothrix* の優占化が西浦よりも低濃度で長期化している傾向がみられた⁵⁵⁾。

13) 霞ヶ浦全域における植物プランクトンの総細胞体積は、西浦・北浦・外浪逆浦すべてで減少傾向であった⁵⁵⁾。

参考文献

- 1) 長濱祐美, 富岡典子, 松本俊一, 福島武彦 (2017): 霞ヶ浦底泥からの *Microcystis* rDNA の抽出と定量, 日本陸水学会 第 82 回大会.
- 2) Rengefors, K., Gustafsson, S., Ståhl-Delbanco, A. (2004): Factors regulating the recruitment of cyanobacterial and eukaryotic phytoplankton from littoral and profundal sediments *Microbial Ecology* **36** (3): 213–226.
- 3) Tomioka, N., Imai, A. and Komatsu, K. (2011): Effect of light availability on *Microcystis aeruginosa* blooms in shallow hypereutrophic Lake Kasumigaura. *Journal of Plankton Research* **33** (8): 1263-1273.
- 4) Tsujimura, S., Tsukada, H., Nakagawa, Takuo Nakajima, T. and Nishino, M. (2000): Seasonal variations of *Microcystis* populations in sediments of Lake Biwa, Japan. *Hydrobiologia* **434**: 183-192.
- 5) Karlsson-elfgren, I., Rengefors, K. and Gustafsson, S.(2004): Factors regulating recruitment from the sediment to the water column in the bloom-forming cyanobacterium *Gloeotrichia echinulata*. *Freshwater biology* **49**: 265-273.
- 6) 国立研究開発法人 国立環境研究所: 微生物系統保存施設. <http://mcc.nies.go.jp/> (最終閲覧:2017.03)
- 7) 高村典子 (2003): 【2】植物プランクトン. 竹内均 監修, 地球環境調査計測事典 第 2 巻 陸域編 2, フジ・テクノシステム, 187-191.
- 8) Aizaki, M., Takamura, N. (1991): Regeneration of nutrient and detritus formation from aerobic decomposition of natural phytoplankton. *Japanese Journal of Limnology* **52** (2): 83-94.
- 9) 渡辺真利代, 原田健一, 藤木博太 (1994): アオコその出現と毒素一, 東京大学出版会
- 10) 大内孝雄, 小日向寿夫, 中村剛也, 神谷航一 (2013): 2013 年度の霞ヶ浦におけるフィコシアニン濃度の推移とアオコの発生要因との関係, 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報 **9**: 58-62.
- 11) 田中修三, 比企三蔵, 小西浩之 (1990): Landsat のとらえた霞ヶ浦のアオコの広がり と吹送流, 日本リモートセンシング学会誌 **10** (3): 337-347.
- 12) Takamura, N. and Yasuno, M. (1988): Sedimentation of phytoplankton populations dominated by *Microcystis* in a shallow lake, *Journal of Plankton Research* **10** (2), 283-299.
- 13) 花町優次, 中村剛也 (2013): 霞ヶ浦における植物プランクトン由来溶存態有機物の挙動予測. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報 **9**: 40-44.
- 14) Reynolds, C. S. (1973): Growth and buoyancy of *Microcystis aeruginosa* Kutz. Emend, Elenkin in a shallow eutrophic lake. *Proceeding of the Royal Society Lond. B*, **184**, 29-50.
- 15) 長濱祐美, 中川圭太, 菅谷和寿, 富岡典子, 相崎守弘 (2017): 霞ヶ浦底泥における *Microcystis* rDNA の分布と季節変動, 水環境学会誌 **40**(4), 183-188.
- 16) Takamura, N. and Yasuno, M. (1984): Diurnal changes in the vertical distribution of phytoplankton in hypertrophic Lake Kasumigaura, Japan, *Hydrobiologia* **112**: 53-60.
- 17) Strathmann, R. R. (1967): Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. *Limnology and Oceanography* **12** (3): 411-418.
- 18) 国土交通省, 水文水質データベース, <http://www1.river.go.jp/> (最終閲覧: 2017.05)
- 19) 気象庁, 各種データ・資料, <http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html> (最終閲覧: 2017.05)
- 20) 国立環境研究所: 霞ヶ浦データベース, 国立環境研究所. <http://db.cger.nies.go.jp/gem/inter/GEMS/database/kasumi/index.html> (最終閲覧日: 2017.05)
- 21) 茨城県霞ヶ浦環境科学センター (2015): 霞ヶ浦湖内水質等モニタリング事業, 茨城県霞ヶ浦環境科学センター **11**: 47-63.
- 22) Nagahama, Y., Matsumoto, S., Fukushima, T. (2018): Seasonal Variation and Decomposition of Cyanobacteria (*Microcystis* spp.) at Lake Kasumigaura. *12th International Symposium on Ecohydraulics*
- 23) 相崎守弘, 福島武彦, 高木博夫, 北村光 (1995): アオコ景観指標による霞ヶ浦の評価, 国立環境研究所業務報告 F-72' **95**: 33-39.
- 24) Oyama, Y., Fukushima, Matsushima, B.,

- Matsuzaki, H., Kamiya, K., Kobinata, H. (2015): Monitoring levels of cyanobacterial blooms using the cisual cyanovacteria index (VCI) and floating algae index (FAI), *International Journal of Applied Earth Obsercation and Geoinformation* **38**: 335-348.
- 25) 茨城県霞ヶ浦環境科学センター, アオコ情報, https://www.pref.ibaraki.jp/soshiki/seikatsukankyokasumigauraesc/04_kenkyu/aoko/aoko.htm (最終閲覧日: 2017.05)
- 26) 長濱祐美, 阿部真己, 松本俊一, 福島武彦 (2019): 土浦入を対象としたアオコ予測システムの構築と検証, 茨城県霞ヶ浦環境科学センター 年報, 13, 41-45.
- 27) 北澤弘美, 北田真吾, 湯浅岳史, 佐藤親房, 小泉明 (2007): 小河内貯水池における湖水流動・水質モデルの構築, 水道協会雑誌 **76** (7), 16-30.
- 28) 芹沢浩, 雨宮隆, 伊藤公紀 (2010): 相模湖と津久井湖におけるアオコ異常発生現象の数理モデル解析, 技術マネジメント研究 **9**: 1-14.
- 29) 一言正之, 櫻庭雅明, 清雄一 (2016): 深層学習を用いた河川水位予測手法の開発, 土木学会論文集 B1(水工学) **72** (4), I_187-I_192.
- 30) 長濱祐美, 阿部真己, 松本俊一, 福島武彦 (2017): 生態系モデルを用いた霞ヶ浦土浦入におけるアオコ発生機構の検討, 土木学会論文集 G (環境) **73** (7) III_115-III_123.
- 31) 田中修三, 比企三蔵, 小西浩 (1990): Landsat のとらえた霞ヶ浦のアオコの広がり と吹送流, 日本リモートセンシング学会誌 **10** (3), 337-347.
- 32) 石川可奈子, 辻村茂男, 中原紘之, 熊谷道夫 (2003): アオコの空間的分布と集積特性—琵琶湖南湖北山田漁港での調査事例—, 陸水学雑誌 **64**: 171-183.
- 33) 長濱祐美, 阿部真己, 松本俊一, 福島武彦 (2018): 霞ヶ浦土浦入におけるアオコシミュレーションモデルの構築とその応用, 第52回日本水環境学会年会, 12.
- 34) 茨城県霞ヶ浦環境科学センター (2015): アオコ調査事業, 茨城県霞ヶ浦環境科学センター 年報 **11**: 64-69.
- 35) Sun, J. and Liu, D. (2003): Geometric models for calculating cell Biovolume and surface area for phytoplankton. *Journal of plankton research* **25** (11) 1331-1346.
- 36) 池田将平, 一瀬諭, 古田世子, 占部城太郎 (2018): 琵琶湖北湖における植物プランクトン群集の季節変化とその長期変動: PEG モデルとの比較, 水環境学会誌 **41** (5) 115-122.
- 37) 二木功子, 宮原裕一, 齊藤保典, 花里孝幸, 朴虎東 (2018): 諏訪湖における夏季に優占する植物プランクトン種と富栄養化指数の変遷, 水環境学会誌 **41** (3) 43-54.
- 38) Deng, J., Zhang, W., Qin, B., Zhang, Y., Paerl, H.W., Salmaso, N. (2018): Effects of climatically-modulated changes in solar radiation and wind speed on spring phytoplankton community dynamics in Lake Taihu, China. *PLoS ONE* **13** (10), e0205260.
- 39) Takamura, N., and Nakagawa, M. (2012): Phytoplankton species abundance in Lake Kasumigaura (Japan) monitored monthly or biweekly since 1978. *Ecological Research* **27**, 837.
- 40) 渡邊眞之 (2007): 日本アオコ大図鑑, 誠文堂新光社.
- 41) Komárek, J. and K. Anagnostidis (1998): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd.19/1 Cyanoprokaryota 1. Teil Chroococcales. Spektrum Akademischer Verlag.
- 42) Komárek, J. and K. Anagnostidis (2005): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd.19/2 Cyanoprokaryota 2. Teil Oscillatoriales, Spektrum Akademischer Verlag.
- 43) 小林弘, 真山茂樹, 長田敬五, 出井雅彦, 南雲保 (2006): 小林弘珪藻図鑑, 内田老鶴圃.
- 44) 渡辺仁治 (2005): 淡水珪藻生態図鑑-群集解析に基づく汚濁指標 DA_{Ipo}, pH 耐性能, 内田老鶴圃.
- 45) 水野寿彦 (1977): 日本淡水プランクトン図鑑, 保育社.
- 46) 田中正明 (2002): 日本淡水産動植物プランクトン図鑑, 保育社.
- 47) 廣瀬弘幸, 山岸高旺 (1997): 日本淡水藻図鑑, 内田老鶴圃.
- 48) 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター 一瀬諭, 若林徹哉 (2008): 普及版 やさしい日本

の淡水プランクトン図解ハンドブック改訂版, 合同出版株式会社.

- 49) 日本海洋学会 (2008): 沿岸環境調査マニュアル [底質・生物篇], 恒星社厚生閣.
- 50) 長濱祐美, 松本俊一, 福島武彦 (2019): 近年の霞ヶ浦における植物プランクトン群集の傾向, 第53回日本水環境学会年会講演集, 280.
- 51) 一瀬 諭: Phytoplankton of the Lake Biwa. <http://www5f.biglobe.ne.jp/~lakebiwa/index.htm> (最終閲覧: 2019.08)
- 52) Ouchi, T., Kobinata, H., Kamiya, K., Nakagawa, K., Sugaya, K., Aizaki M. (2018): Water quality and transparency characteristics during the *Planktothrix* abundance period in shallow Lake Kasumigaura, Japan. *Lakes & Reserviors* **23**, 163–167.
- 53) 長濱祐美, 大内孝雄, 湯澤美由紀, 福島武彦 (2019): 霞ヶ浦における植物プランクトン体積算出のための各細胞体積の検討, 土木学会論文集 G (環境), **75(7)**, III_273-III_280.
- 54) 西條八東, 三田村緒佐武 (2016): 新編 湖沼調査法, 講談社.
- 55) 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. 陸水学雑誌, **81**, 167-178.

1-2 北浦における貧酸素水塊と栄養塩濃度の分布

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**

Distributions of oxygen-deficient water and nutrients in Lake Kitaura
Tatsumi KITAMURA, Shunsuke KOMURO, Takao OUCHI, Miyuki YUZAWA, Eiji MASUNAGA,
Daiki ASAOKA, Kazuhiro AYUKAWA, Yasushi SEIKE

キーワード: 北浦, 水温成層, 貧酸素水塊, 栄養塩

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。霞ヶ浦の東部に位置する北浦は東西に長くても約 5 km, 南北に約 30 km, 最大水深約 7 m と南北に長く水深の浅い湖である。近年, 霞ヶ浦の 3 つの水域の中でも北浦は湖水の COD 濃度が高く推移しており, 水質が改善されない要因の一つとして, 湖内の底層における貧酸素化に伴う底泥からの栄養塩回帰が指摘されている¹⁾。

これまで北浦に関する研究として, 北浦の溶存酸素(DO)濃度の分布を調査し, 貧酸素の状況を検討した事例がある²⁾。しかし, これらはスポット的な調査から数値解析等を利用して検討したものであり, 現地を空間的に連続観測した例は無く, 北浦の貧酸素水塊の詳細な発生場所や規模, 分布は不明な部分が多い。

そこで, 本研究では北浦全域(南北, 東西)を対象に貧酸素水塊の詳細な空間分布を把握し, 貧酸素水塊の発生しやすい場所や規模, 貧酸素水塊の形成から消失までの過程, 貧酸素水塊と栄養塩濃度の分布状況について検討した。

なお, 本論文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 未満を貧酸素とした³⁾。

2 研究方法

2-1 YODA Profiler による測定

(1) 東西調査

調査期間は 2018 年 7 月 12 日から 13 日まで実施した。調査箇所は図 1 の点線で示した東西

約 3 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) を用いて横断的に調査した。調査頻度は, 7 月 12 日 11 時 00 分~12 時 00 分 (昼), 17 時 00 分~18 時 00 分 (夕方), 13 日 4 時 30 分~5 時 30 分 (朝) の 3 回実施した。調査項目は DO 濃度とした。YODA Profiler を用いた観測方法として, 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。St.A から B にかけて西から東へ航行し, 調査船を約 6 km/h で航行しながら落下させた。観測は始まりから終わりまで約 60 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。観測と同時に 2 地点 (図 1 ; St.A, B) において, 上層 (水面下 50 cm), 下層 (湖底直上 50 cm) の湖水を採取し, 直ちに孔径 1 μm のガラス繊維ろ紙 (GS-25, アドバンテック社製) でろ過した後, ろ液をオートアナライザー (QuAAtro, SEAL 社製) に供して硝酸態窒素 (NO₃-N), アンモニア態窒素 (NH₄-N), リン酸態リン (PO₄-P) を分析した。

さらに, 同調査期間にドップラー流速計を湖底に設置した (図 1)。センサーは湖底から 50 cm 突き出して湖底から水面にかけて 50 cm 間隔で流向流速を測定した。風向風速はアメダス鹿嶋を利用した。

*茨城大学

**島根大学エスチュアリー研究センター

(2) 南北調査

調査期間は2019年6月8日から8月20日まで実施した。調査箇所は図1の点線で示した南北約25kmをYODA Profilerを用いて縦断的に調査した。調査頻度は、原則週2回の頻度で実施した。調査項目は水温及びDO濃度とした。調査は、St.10からSt.1まで北浦の南から北へ航行し、St.10からSt.8まで、St.3からSt.1までは比較的水深が浅いため約300mから500m間隔で落下させ、St.8からSt.3までは調査船を約6km/h(約100m間隔)で航行しながら落下させた。観測は9時に開始し、15時に終了するまで103~143回落下させた。

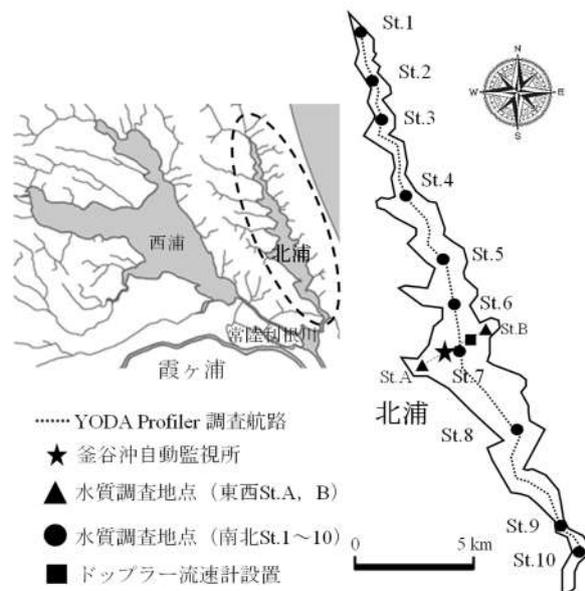
観測と同時に10地点(図1; St.1~10)において、上層、中層(水深の2分の1)、下層の湖水を採取し(St.1は浅いため中層除外)、湖水を採取後、直ちに孔径1 μ mのガラス繊維ろ紙(GS-25, アドバンテック社製)でろ過し、ろ液をオートアナライザー(QuAAtro, SEAL社製)に供してNO₃-N, NH₄-N, PO₄-P濃度を分析した。また、原水は孔径1.2 μ mのガラス繊維ろ紙でろ過後、ろ紙をエタノール抽出法にてクロロフィルa(Chl.a)の分析に供した⁴⁾。降水量、日平均気温、日平均風速はアメダス鉢田を利用した。さらに、多項目水質計(Datasonde5x, 環境システム社製)を水面下50cmになるように船に設置し、航行しながら1秒間隔でフィコシアニン濃度を計測した。

2-2 水温及びDOセンサーの設置による測定

調査期間は2019年6月8日から7月16日まで実施した。調査箇所は図1のSt.1, 3, 5, 7, 9の上下層に水温センサー(HOBO Water Temp Pro v2, onset社製)を設置し、St.3及びSt.7の上下層にDOセンサー(HOBO Dissolved Oxygen Logger, onset社製)を設置した。水温、DO濃度ともに10分毎に測定した。

2-3 自動昇降装置を利用した測定

調査期間は2019年7月1日から8月8日まで実施した。調査地点は北浦の釜谷沖水質自動監視所(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(Datasonde5x, 環境システム

図1 調査地点

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2cmに1回とした。多項目水質計の測定項目は水温、DO、酸化還元電位(ORP)とした。

また、監視所に自動採水機(ISCO6712, ISC社製)を3機設置し、上層、中層、下層の3層の湖水をそれぞれ採水した。採水頻度は毎日正午(午前12時)に採取し、週2回検体を回収した。回収後、直ちに孔径1 μ mのガラス繊維ろ紙(GS-25, アドバンテック社製)でろ過し、ろ液をオートアナライザー(QuAAtro, SEAL社製)に供してNO₃-N, NH₄-N, PO₄-P濃度を分析した。降水量、気温はアメダス鉢田を利用し、風向風速は監視所のデータを利用した。

3 結果及び考察

3-1 東西方向の貧酸素水塊の分布と水質

図2に2018年7月12日から13日における北浦の東西方向のDO濃度の鉛直分布と水質を示した。7月12日昼は底に近い水深6m付近の広い範囲で貧酸素水塊が確認された。そして、夕方には貧酸素水塊は東側に浮き上がるように確認され、翌日13日朝は西から中央付近で2mほどの大きさの貧酸素水塊が確認された。また、NH₄-N濃度やPO₄-P濃度は貧酸素水塊がある下層で高い傾向があり、12日

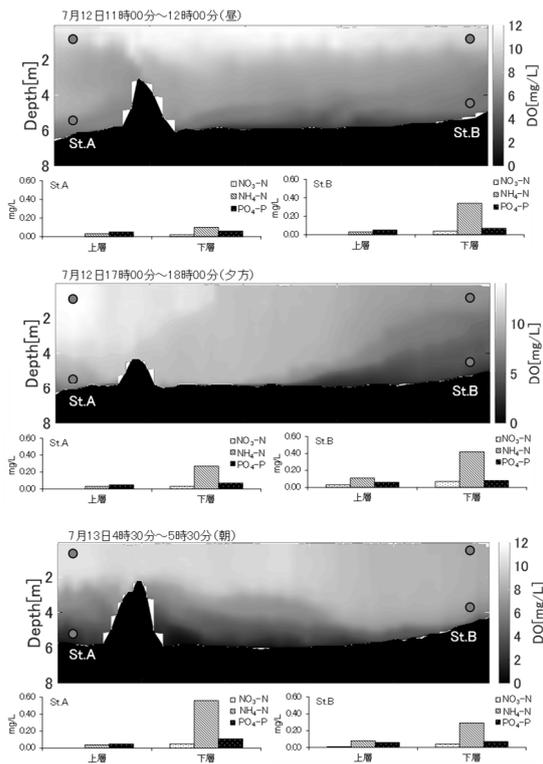


図2 東西方向のDO濃度と水質の分布

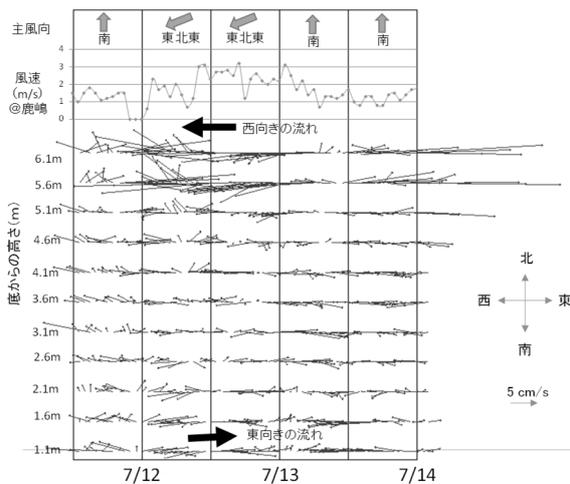


図3 ドップラー流速計による流向流速

昼の東側で貧酸素水塊が見られたときは下層のNH₄-N濃度は0.42 mg/L、PO₄-Pは0.08 mg/Lと東側で最も高い濃度となった。また、13日朝の西側の下層のNH₄-N濃度は0.56 mg/L、PO₄-P濃度は0.11 mg/Lと西側で最も高くなった。一方、NO₃-N濃度は上層よりも下層の方が高かったが、0.07 mg/L以下と低濃度であった。これらのことから、貧酸素水塊が下層の水質に影響を与えていることが明らかとなった。また、図3に風向風速とドップラー流速計による流

向流速を示した。7月12日は東北東の風が吹いており、昼からは風速が約3 m/sと大きくなった。この時の湖流として、表層は風の向きと同様に西側へ流れていることが確認されたが、下層では逆の東側への流れが確認された。過去の北浦の湖流調査において、広い範囲で水面付近は風と同方向に大きく変動し、中層から下層においては水面付近と反対向きに変動したと報告している⁵⁾。さらに、発生した貧酸素水塊が風によって網いけす近くで上昇したために養殖コイが斃死したとの報告もあった⁶⁾。これらのことから、12日に発生した貧酸素水塊が昼頃東北東の風が強くなったことで下層に東側の流れが生じ、貧酸素水塊が東側へ移動したことが示唆され、本調査によって貧酸素水塊の移動の様子を明らかにすることができた。

3-2 南北方向の貧酸素水塊の分布と水質

(1) 水域における水温、DO濃度の変動

図4に2019年6月8日から7月16日におけるSt.1, 3, 5, 7, 9の上下層の水温の変動を示した。St.1は水深が約1~2mと浅いことから上下層で変動差はあまり見られなかった。また、他の地点と比較して変動が大きい、銚田川や巴川等の流入河川の影響を受けている可能性が考えられた。St.9も上下層の差がほとんど無いが、水深が約2mと浅いためと考えられた。St.3~7では同じような変動傾向を示し、6月18日~20日、6月25日~27日、7月2日~4日、7月13日に上下層の差が1℃以上の水温成層が生じた。各地点は水深4~7mと比較的深く、各期間中は降水量がほとんど無く、日平均風速も2 m/s以下となっていた。日平均気温は25℃以下であるものの、最高気温は25℃以上を超えていた(図5)。St.3とSt.7のDO濃度の変動を見ると、6月20日と27日、7月4日に両地点の下層DO濃度が2 mg/L以下の貧酸素水塊が形成されたが、7月13日は4 mg/L以上とあまり低下しなかった(図6)。これは、水温成層の形成期間が長いほど貧酸素水塊を形成されやすく、7月13日は1日だけ水温成層を形成したためと考えられた。これらのことから、梅雨の期間であっても降水量が少なく、最高気温が25℃以上、風速2 m/s以下などの気象条件によってはSt.3~St.7の広い範囲で水温成層を形成した上で、貧酸素水塊が形成されることが明らかとなった。

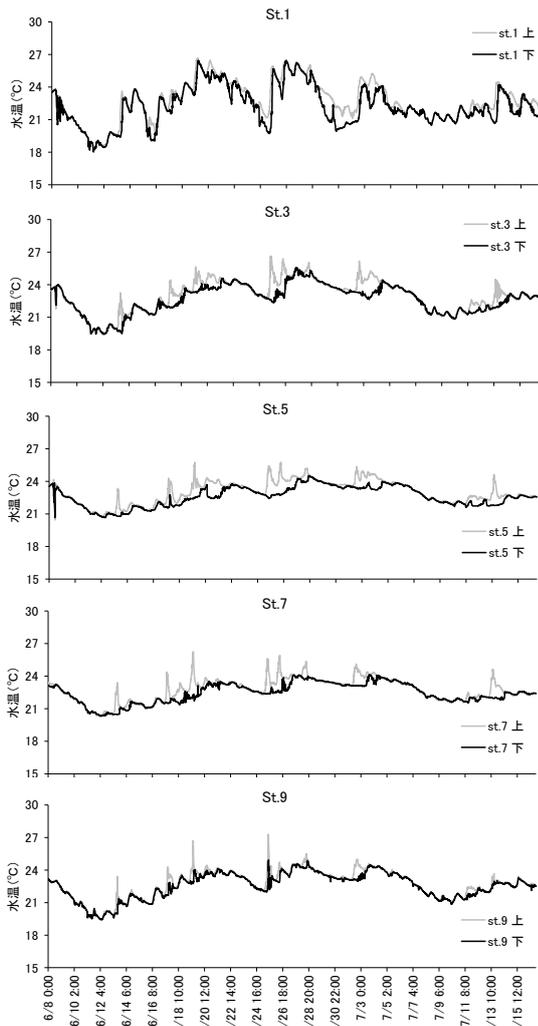


図4 北浦各水域の水温変動(2019/6/8-7/16)

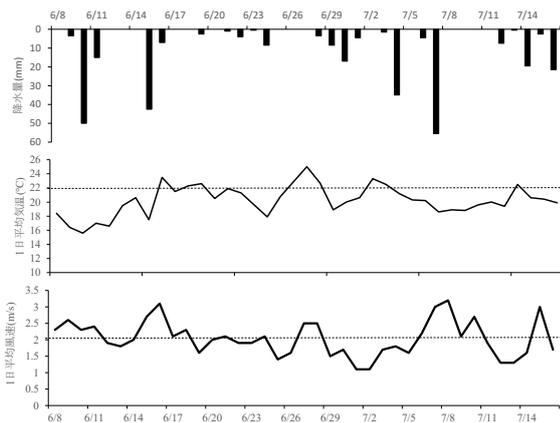


図5 北浦の気象状況(2019/6/8-7/16)

(2) 貧酸素水塊の形成と消失並びに水質との関係

図7に2019年7月1日から8月8日まで監視所における自動昇降装置によって得られた水温, DO濃度, ORPの鉛直時系列変動を示し,

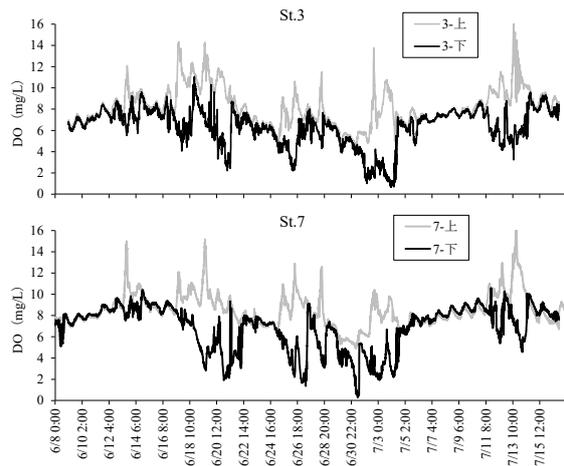


図6 北浦各水域の DO 濃度変動(2019/6/8-7/16)

降水量や気温, 風速及び上中下層の NO₃-N 濃度, NH₄-N 濃度, PO₄-P 濃度の変動も示した。7月24日の梅雨明けによって気温が上昇し, 水温も水面から高くなっていく様子が見られた。7月17日から8月6日にかけて大きく3回水温成層を形成していた。1回目は7月17日~21日にかけて気温が約25°Cまで上昇し, 水面が暖められたことで上層の水温も上昇し, 上層と下層で最大約4°C差の水温成層が形成された。水温躍層は成層化から3日目で水深約4m付近で確認された。2回目は7月23日~27日にかけて上層と下層で最大約4°C差の水温成層が形成され, 1回目と同様に水温躍層は水深約4m付近でみられた。3回目は7月28日~8月6日にかけて上層と下層で最大約5°C差の水温成層が形成された。3回とも水温成層の形成と同時に下層のDO濃度が低下し始め, 水温成層形成後2~3日後には下層のDO濃度が4mg/L未満になり貧酸素水塊が形成された。3回目の水温成層形成時に発生した貧酸素水塊は水深4mまで達していた。

貧酸素水塊の消失については, 1回目の貧酸素水塊では, 21日20時にDO濃度が4.0mg/L以上となった。この時間帯では湖上で風速約6.0m/sの東北東風が卓越し, 一時7.6m/sの強さで吹いた。また, 2回目の貧酸素水塊では, 7月26日9時から徐々に下層DOが上昇し, 27日3時には4.0mg/L以上となった。この期間は6.0~9.0m/sの南風が主に吹いた。3回目の貧酸素水塊では下層DO濃度が上昇するこ

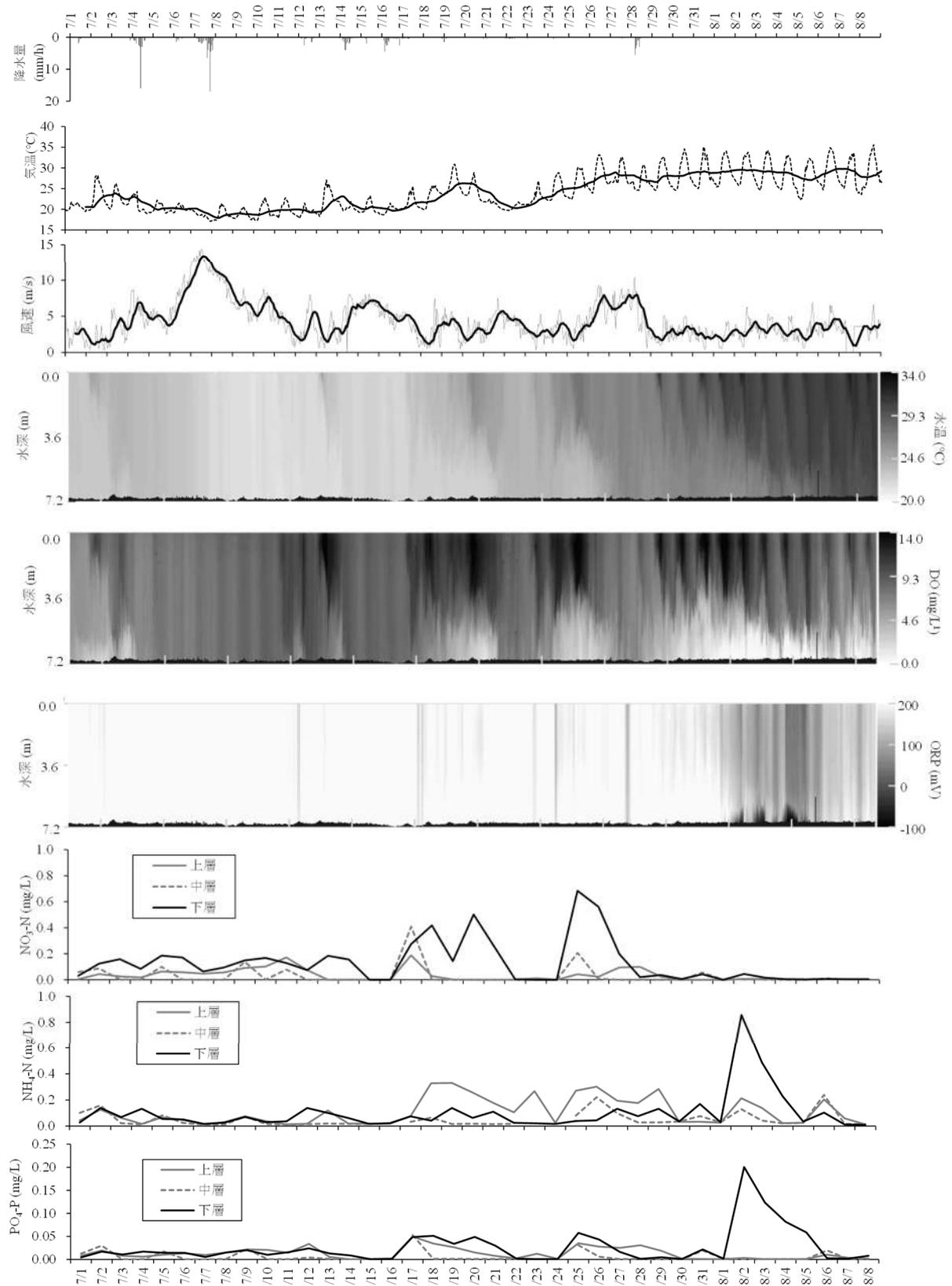


図7 自動昇降装置による水温, DO 濃度, ORP の鉛直時系列変動及び上中下層の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度, $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度, $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度の変動

とはなく、風速は 4.0 m/s 前後で推移した。これらのことから湖上で風速 6.0 m/s 以上の風によって貧酸素水塊が消失する可能性が考えられた。過去に北浦で検討した事例では風速 8.0 m/s の風で消失したと報告があるが⁷⁾、当時は南風が卓越していたことから、貧酸素水塊や成層の消失には風向きの影響もあると考えられ、湖流を含め今後詳細に検討する必要がある。

水質に関しては、1 回目と 2 回目の貧酸素水塊形成時に下層の NO₃-N 濃度が 0.50 mg/L, 0.68 mg/L まで上昇し、NH₄-N 濃度は両方ともに 0.13 mg/L, PO₄-P は 0.049 mg/L, 0.057 mg/L まで上昇した。1 回目と 2 回目の貧酸素水塊の下層 DO 濃度は 3.6 mg/L, 2.9 mg/L とそれほど強い貧酸素ではなかったことから、泥から溶出した窒素は硝化によって NO₃-N となり、それが多く検出されたと考えられた。一方、3 回目の貧酸素水塊形成時では下層の NO₃-N 濃度はほとんど上昇しなかったが、NH₄-N 濃度は 0.85 mg/L, PO₄-P は 0.20 mg/L と大きく上昇した。また、このとき底泥付近の DO 濃度はほぼ 0 mg/L であり、ORP もマイナスを示すほど還元状態であったから、硝化されずに NH₄-N が溶出し、PO₄-P も多く溶出したと考えられた。これらのことから、本調査によって水温成層形成後早ければ 4 日以内で底泥から高い濃度の栄養塩が溶出することが明らかとなった。

(3) 北浦全域の貧酸素水塊と水質の分布状況

図 8 に YODA 調査を実施した 6 月 18 日から 8 月 20 日の下層 DO 濃度の分布を示した。図 6 では 7 月 2 日は St.3 で貧酸素になっていることが明らかとなっているが、St.3~5 の水域で貧酸素が分布していた。また、監視所で貧酸素水

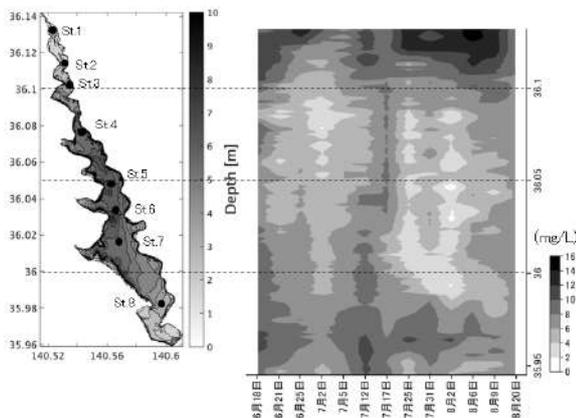


図 8 下層 DO 濃度の時系列分布

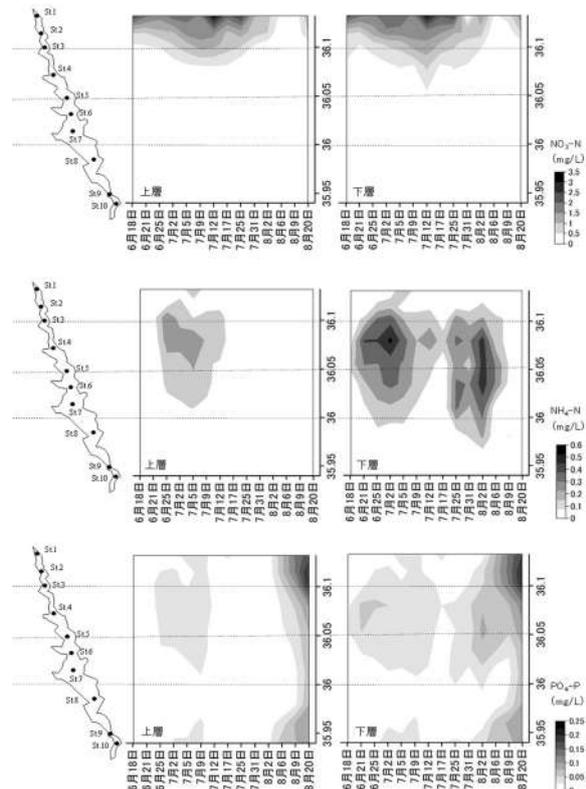


図 9 NO₃-N 濃度, NH₄-N 濃度, PO₄-P 濃度の上下層の時系列分布

塊が観測された 7 月 25 日と 8 月 2 日では St.3~8 の広い水域で貧酸素が分布した。分布の特徴として、水深 4 m より深い水域で貧酸素になり、7 月 25 日と 8 月 2 日は特に窪んでいる深い地点で 2 mg/L 以下になっていた。

図 9 に YODA 調査で同時に実施した水質について、St.1~10 の NO₃-N 濃度, NH₄-N 濃度, PO₄-P 濃度の上下層の分布を示した。NO₃-N 濃度は上下層ともに St.1 で最も高く、下流にいくにしたがって低下した。St.1 の上流からは巴川や鉾田川などの NO₃-N 濃度が高く、流入量も多い河川の影響を受けていると考えられた。NH₄-N 濃度は下層で高い傾向があり、7 月 2 日は St.4 付近で高く、7 月 25 日や 8 月 2 日は St.4~7 で高かった。PO₄-P も NH₄-N と同様に、7 月 2 日は St.4 付近で高く、7 月 25 日や 8 月 2 日は St.4~7 で高かった。これらは図 8 で示した貧酸素の水域と一致しており、貧酸素によって底泥から溶出したと考えられた。一方で、PO₄-P は貧酸素が消失した 8 月 9 日以降も上下層で高く、St.1 などの北浦の上流域で特に高くなった。また、図 10 に表層のフィコシアニン

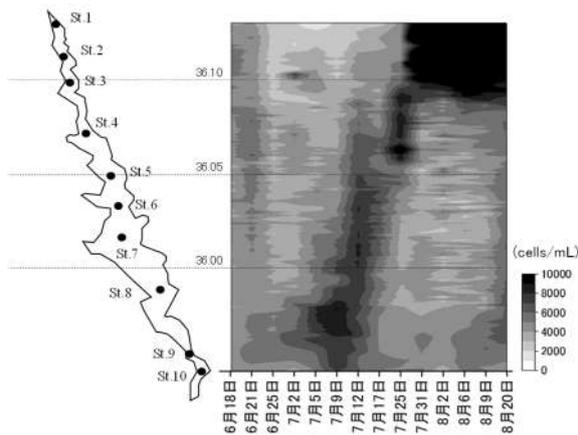


図 10 表層のフィコシアニン濃度の時系列分布

濃度の時系列分布を示した。フィコシアニンは植物プランクトンの藍藻類がもつ色素であり、その濃度を測ることで藍藻類の存在量を把握することができる。フィコシアニン濃度は7月25日に St.3～5 で高くなり、7月31日以降は St.1～3 で非常に高い濃度で推移した。風向は7月上旬から中旬にかけて東北東や北北西など北からの風が多かったが、7月下旬からは東南東や南南西などの南からの風が多かった。調査時に目視で確認した状況として、梅雨が明けた7月24日以降は北浦全体で緑色になり、藍藻類が増殖したと思われた。そして南から北に向かうに従って緑が濃くなる様子を確認した。さらに、8月以降は St.4 付近から北側はパッチ上のアオコが見られるなど水域によって藍藻類の分布に違いが見られ、吹き寄せの影響等が考えられた。フィコシアニン濃度と目視の状況はほぼ一致していたが、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度もフィコシアニン濃度と同様に8月以降上下層ともに高い濃度で分布していた。一方で、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は8月以降ほとんど検出されなかった。藍藻類が増殖した後に $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度が高く推移した要因については、より詳細に調査する必要があるだろう。また、7月25日の分布状況を見ると、St.3～5 でフィコシアニン濃度が高い水域があり、それ以降北側で非常に高くなったことから、北浦における藍藻類の増殖ポイントの可能性があり、こちらもさらに調査をする必要があるだろう。

(4) 北浦の貧酸素水塊の詳細な分布と水質の関係

図 11 に7月2日、図 12 に7月25日、図 13 に8月2日の水温と DO の鉛直分布及び水質の状況を示した。7月2日では、水温は、水面では北浦南側の St.8 で約 24°C 、北側の St.4 で 25°C 以上と北側で若干高かった。そして、下層では St.8 で約 23°C 、St.4 で約 24°C と、下層も北側で若干高く、北側で水温躍層がはっきり確認された。DO 濃度は St.3、St.4 付近で低く、1～2 m の厚さの貧酸素水塊を北浦の北側で形成された。上下層の水温差は南北であまり変わらなかったが、水温躍層が北側で強く現れたことから、北側の方が貧酸素水塊を形成されやすいと考えられた。水質に関しては、貧酸素水塊を形成された St.4 の下層で $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度や $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度が高いものの、上層や中層でも下層に近い濃度が確認された。

7月25日は、水温は水面から水深約 4m まで 25°C 以上であり St.3～8 まで水温躍層がはっきり確認された。DO 濃度は水温躍層に沿って St.3～7 にかけて広い水域で約 2m の厚さの貧酸素水塊が形成された。水質に関しては、貧酸素水塊が発達した St.3～7 の下層で $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度や $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度が高かった。上層や中層ではほとんど確認されなかった。Chl.a 濃度を見ると、7月25日の方が上層や中層で高いことから植物プランクトンに取り込まれていると考えられた。

8月2日も水深 4 m 以上の広い水域で水温成層が形成され、上層と下層の水温差は大きいところで約 5°C と、7月25日よりも差が大きかった。DO 濃度についても水温成層と同様に、水深 4 m 以上の広い水域で貧酸素水塊が形成された。貧酸素水塊中の下層の $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度は $0.013\sim 0.082\text{ mg/L}$ であり、上層や中層よりも高い濃度であった。さらに、地形的に窪んだ水域 (St.4 及び St.5) では、下層の DO 濃度はほぼ 0 mg/L に低下しており、下層の栄養塩濃度も貧酸素水塊の中ではさらに高い濃度で確認された。

これらのことから、北浦の貧酸素水塊は水温躍層がはっきり現れた時期に形成しやすいことが明らかとなった。さらに、貧酸素水塊は水深 4 m より深い水域で広く発達し、特に窪んだ水域では貧酸素が強く、底泥から栄養塩が溶出していることが示唆された。また、本調査にお

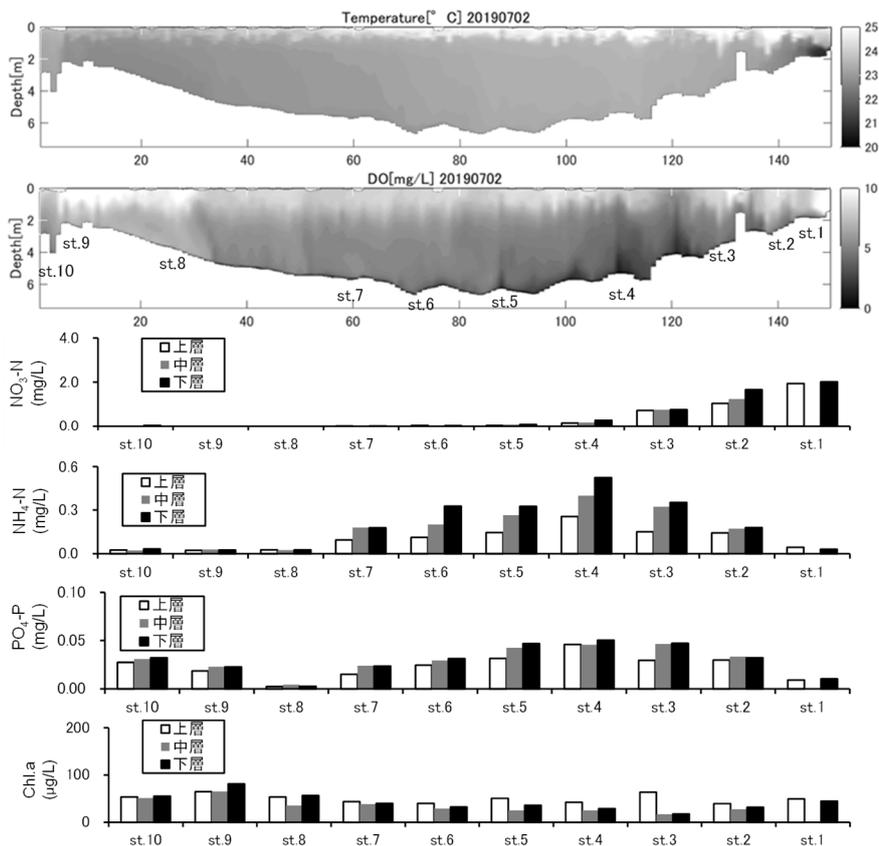


図 11 水温と DO 濃度の鉛直分布及び水質の分布状況 (2019 年 7 月 2 日)

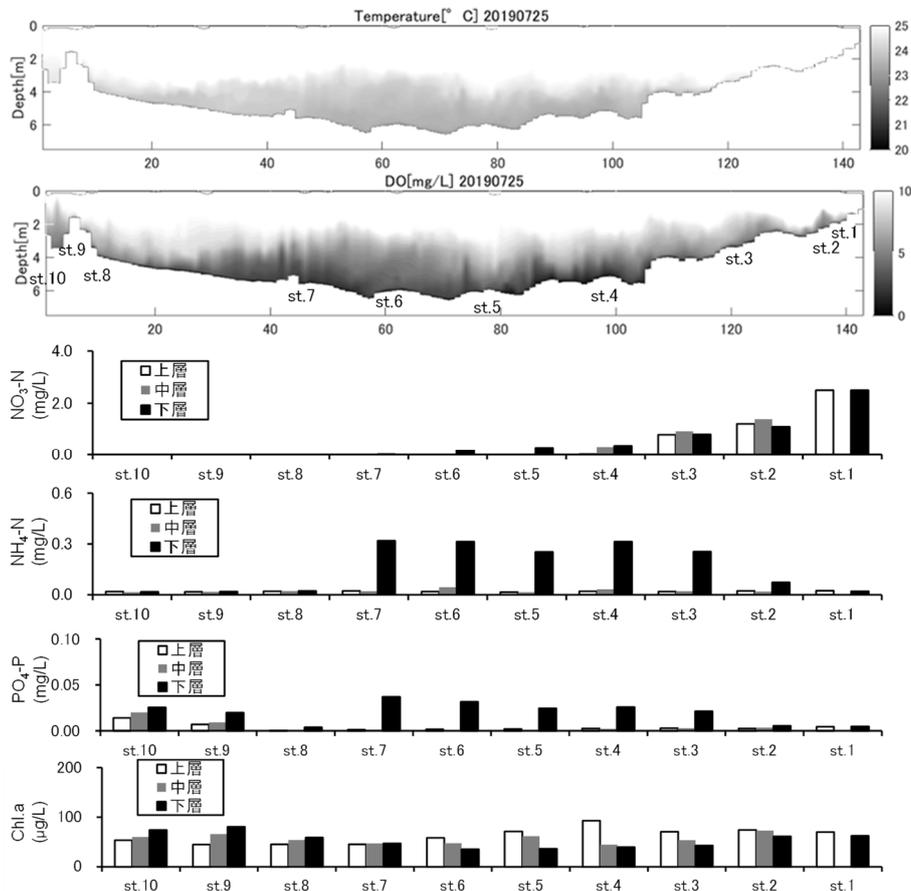


図 12 水温と DO 濃度の鉛直分布及び水質の分布状況 (2019 年 7 月 25 日)

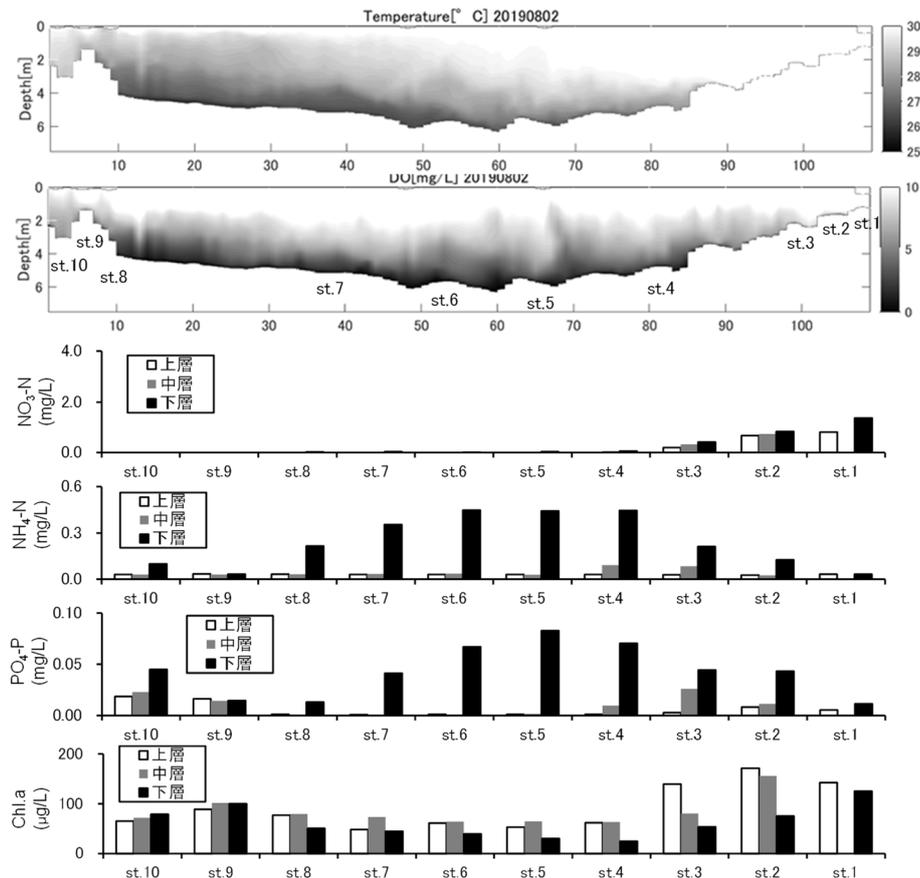


図 13 水温と DO 濃度の鉛直分布及び水質の分布状況 (2019 年 8 月 2 日)

いて、特に 7 月 25 日や 8 月 2 日は水温躍層や貧酸素水塊と周辺部の境界は複雑な波状の形の湾状地形内に温水が輸送されたために、このような形状になることが報告されている⁸⁾。このことから、北浦の貧酸素水塊は湖岸地形の影響も受けて形成されていることが示唆された。

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) 東西調査において、東風が生じた場合、湖底の湖流は反対の西側への流れが生じ、その湖流によって貧酸素水塊が移動する様子を明らかにした。

(2) 梅雨の期間であっても降水量が少なく、最高気温が 25°C 以上、風速 2 m/s 以下などの気象条件によっては St.3~St.7 の広い水域で水温成層が形成された上で、貧酸素水塊が形成されることが明らかとなった。

(3) 湖上で風速 6.0 m/s 以上の風が吹くことによって貧酸素水塊が消失する可能性が考え

をしていることが明らかとなった。これは、北浦の湖岸地形が影響しており、風下側られた。

(4) 水温成層形成後早ければ 4 日以内で底泥から高い濃度の栄養塩が溶出することが明らかとなった。

(5) 水温躍層がはっきりと形成された時の下の層で貧酸素水塊が形成されやすく、さらに、水深 4 m より深い水域で広く発達し、特に窪んだ水域では DO 濃度が低く、底泥から栄養塩が溶出していることが示唆された。

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.
- 3) 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).
- 4) 根本富美子, 小野美幸, 福原春夫, 2009. 淡水域の Chlorophyll-a 測定におけるエタノール抽出条件の検討. 新潟大学教育学部研究紀要 1 (2), 101-105.
- 5) 小松伸行, 石井裕一, 本間隆満, 渡邊圭司, 根岸正美, 2008. EOF 解析を用いた北浦の湖流変動要因の検討. 陸水学雑誌 69, 39-49.
- 6) 赤野誠之, 佐々木道也, 山崎耿二郎, 浜田篤信, 1975. 霞ヶ浦における網いけす養殖ゴイのへい死について-I. 茨城県内水面水産試験場研究報告 12, 25-48.
- 7) 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.
- 8) 増永英治, 浅岡大輝, 小室俊輔, 松本俊一, 小野正人, 番場泰彰, 2019. 沿岸地形と風応力が形成する複雑な密度構造と混合状態の高精度計測. 土木学会論文集 B2(海岸工学) 75(2), 217-222.

1-3 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

平成31年4月から令和2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tonネット濃縮したものとした。

(4) 測定項目

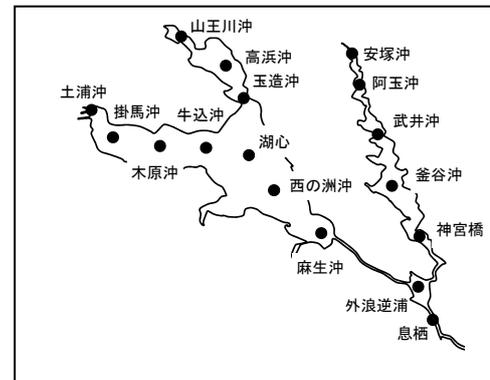


図1 湖内の採取地点

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、4月～8月、11月～1月は過去5年間（平成25～平成29年度）の各月平均値を下回っており、令和元年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ7.0 mg/L、7.3 mg/Lであった（図2）。
- ・釜谷沖のCODは、10月～1月は過去5年間の各月平均値を下回った。令和元年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ8.0 mg/L、8.2 mg/Lであった（図2）。
- ・湖心のd-CODは、5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5.1 mg/L、4.9 mg/Lであった（図3）。
- ・釜谷沖のd-CODは、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、令和元年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ4.9 mg/L、5.2 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		
	H30	R1	5年平均 (H25-H29)	H30	R1	5年平均 (H25-H29)
COD	7.4	7.0	7.3	8.3	8.0	8.2
d-COD	5.4	5.1	4.9	5.8	4.9	5.2

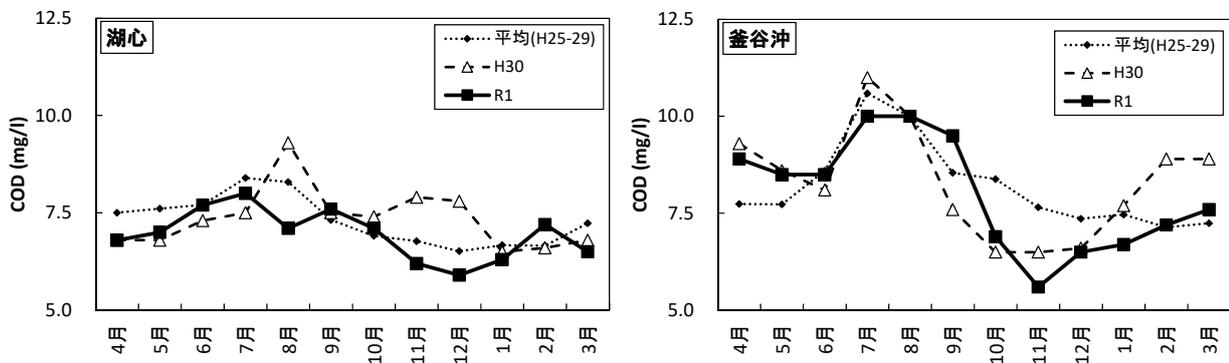


図2 湖心及び釜谷沖におけるCODの経月変化

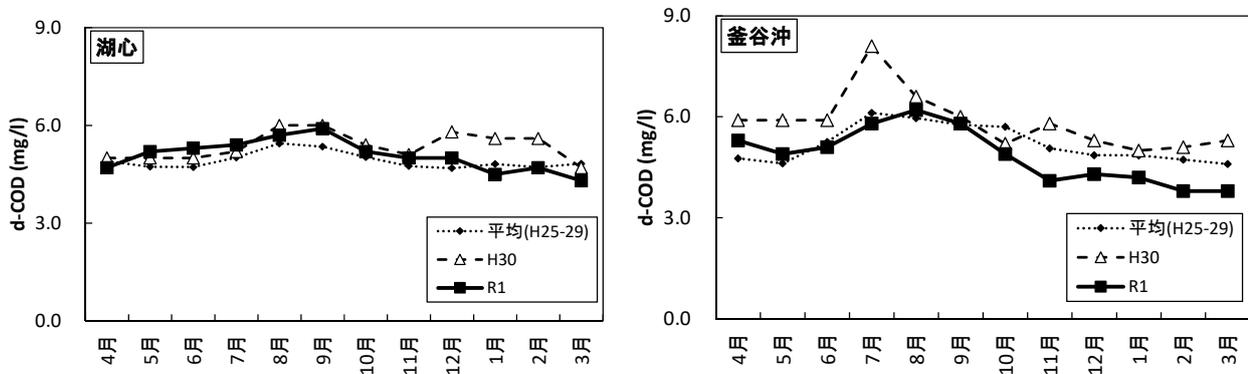


図3 湖心及び釜谷沖におけるd-CODの経月変化

(2) 窒素 (表 2)

- ・湖心の TN 濃度は、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、令和元年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ 0.92 mg/L, 0.89 mg/L であった (図 4)。
- ・釜谷沖の TN 濃度は、10月～3月にかけて過去5年間の各月平均値を上回った。令和元年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ 1.3 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、8月～3月にかけて過去5年間の各月平均値を下回った。令和元年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ 0.38mg/L, 0.24 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上回った。令和元年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ 0.52 mg/L, 0.47 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		
	H30	R1	5年平均 (H25-H29)	H30	R1	5年平均 (H25-H29)
TN	0.68	0.92	0.89	1.2	1.3	1.2
DIN	0.08	0.38	0.24	0.48	0.52	0.47

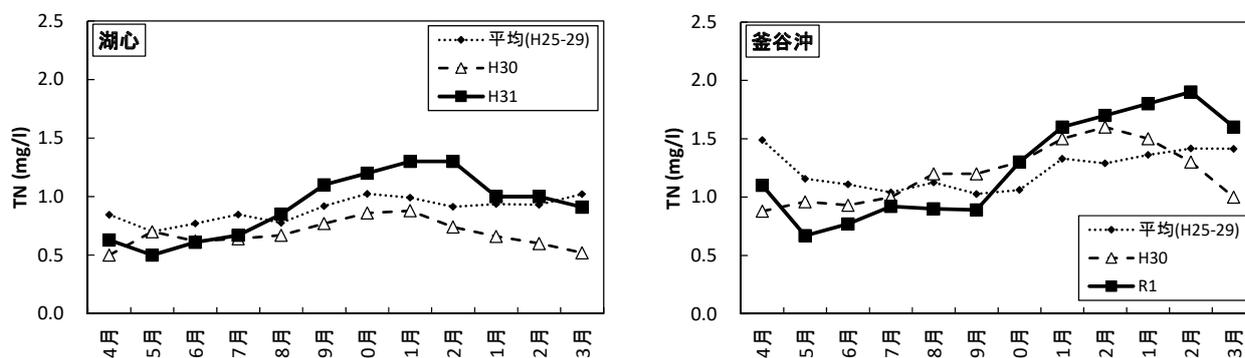


図 4 湖心及び釜谷沖における TN の経月変化

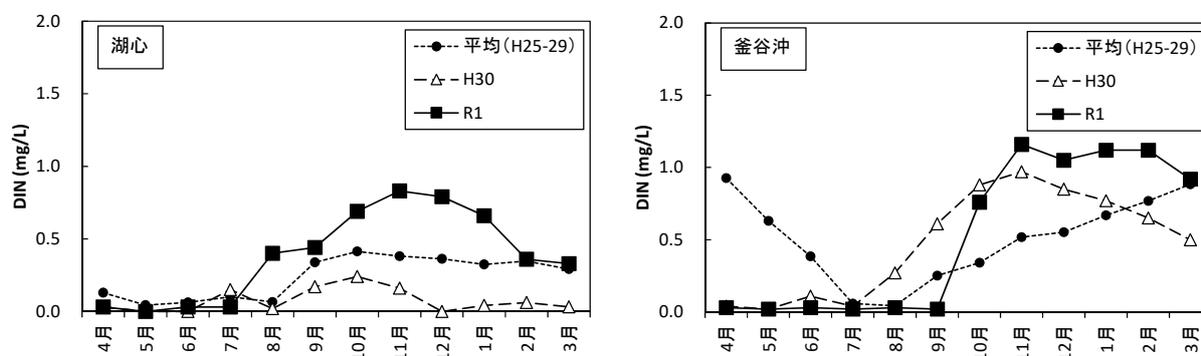


図 5 湖心及び釜谷沖における DIN の経月変化

(3) りん (表 3)

- 湖心の TP 濃度は、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、令和元年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ 0.12 mg/L, 0.082 mg/L であった (図 6)。
- 釜谷沖の TP 濃度は、4月～5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、令和元年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ 0.099 mg/L, 0.085 mg/L であった (図 6)。
- 湖心のりん酸態りん (PO₄-P) 濃度は、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、令和元年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ 0.027 mg/L, 0.015 mg/L であった (図 7)。
- 釜谷沖の PO₄-P 濃度は、6月～8月に過去5年間の各月平均値を下回った。令和元年度と過去5年間の年間平均値はそれぞれ 0.015 mg/L, 0.017 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		
	H30	R1	5年平均 (H25-H29)	H30	R1	5年平均 (H25-H29)
TP	0.077	0.12	0.082	0.093	0.099	0.085
PO ₄ -P	0.014	0.027	0.015	0.025	0.015	0.017

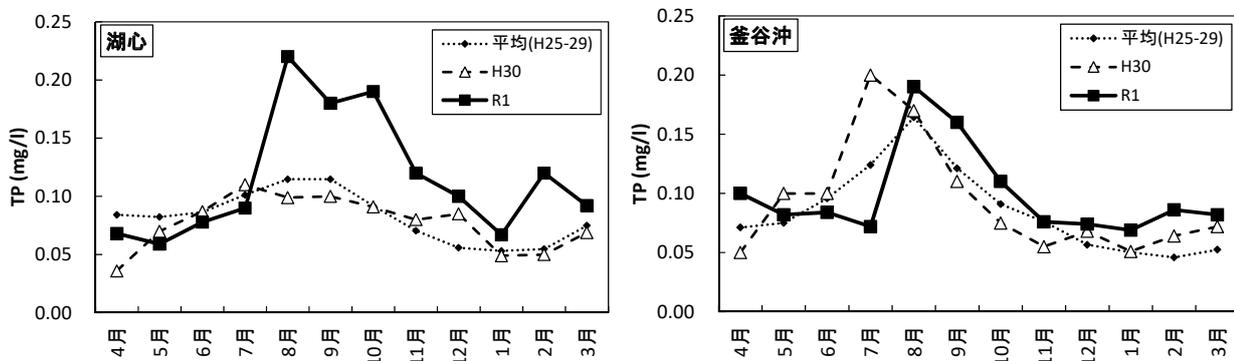


図 6 湖心及び釜谷沖における TP の経月変化

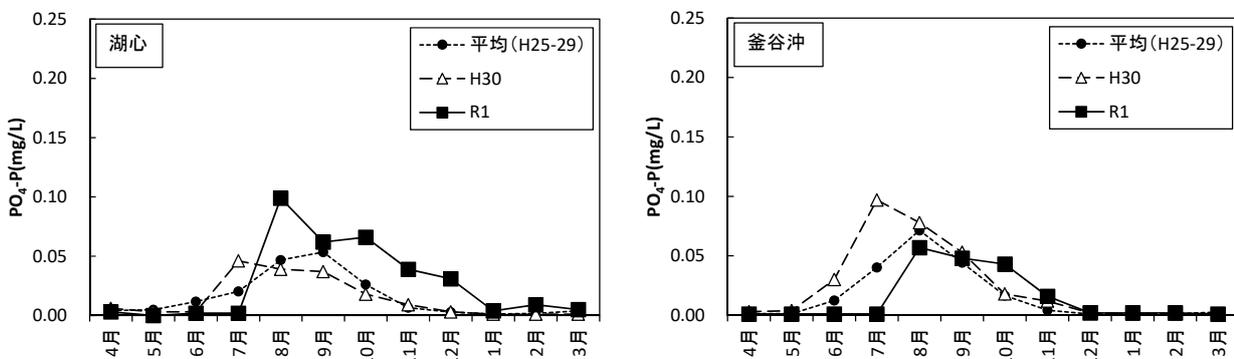


図 7 湖心及び釜谷沖における PO₄-P の経月変化

(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)。

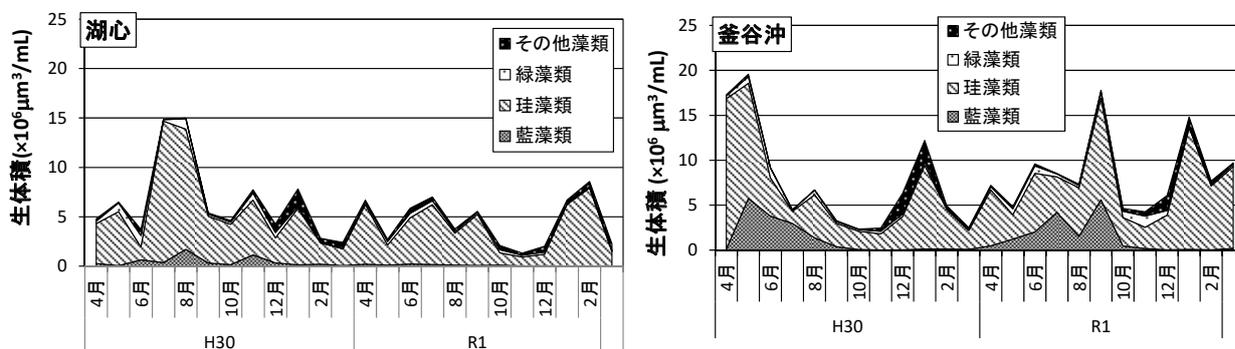


図8 湖心及び釜谷沖における植物プランクトンの経月変化

(5) 動物プランクトン

- ・湖心ではほとんど増加せず、平成30年度と比較して大きく減少した。釜谷沖では8月に *Bosmina* が増加したものの、平成30年度より減少した (図9)。

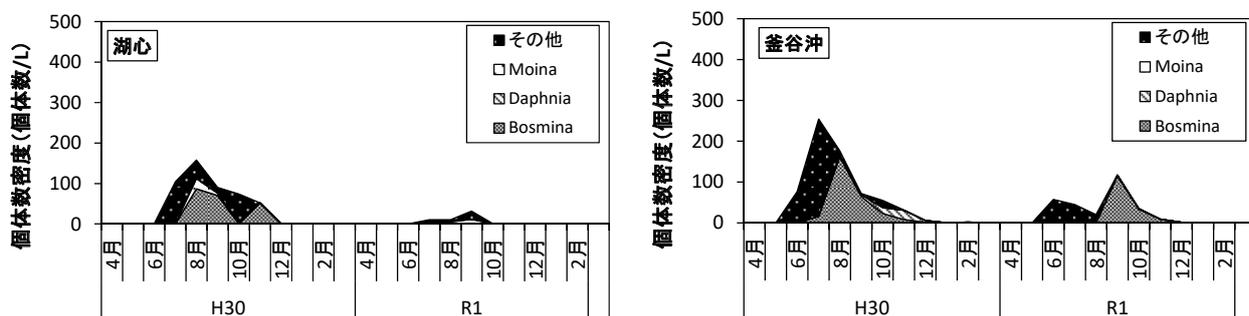


図9 湖心及び釜谷沖における動物プランクトンの経月変化

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	透明度	水深	水温	pH	EC	ORP	DO	SS	COD	d-COD	TOC	DOC	TN	DTN	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	TP	DTP	PO ₄ -P	Chla	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	SFSI
		上層	下層	(°C)	(m)	(m)	(°C)		(mS/m)	(mV)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)								
掛馬沖	上層			16.7	0.56	3.8	17.2	7.8	32.8	184	10.3	15	8.2	5.1	4.5	3.3	0.63	0.34	<0.01	<0.01	0.03	0.073	0.013	0.003	36	29	4.5	7.5	18	39	29	0.9
	下層						15	7.8	32.9	180	9.7	16	7.5	4.9	4.4	3.3	0.68	0.33	<0.01	<0.01	0.02	0.080	0.013	0.003	39	35	4.6	7.6	19	40	30	1.1
木原沖	上層			16	0.83	5.4	17.7	7.9	32.5	180	10.8	14	7.5	5.1	4.6	3.3	0.71	0.42	<0.01	<0.01	0.02	0.072	0.013	0.002	41	28	4.5	7.5	19	39	29	0.8
	下層						16.3	8.0	32.7	188	8.7	21	7.2	5.3	4.5	3.7	0.74	0.36	0.01	<0.01	0.03	0.092	0.013	0.003	52	30	5.1	7.4	20	39	30	1.4
牛込沖	上層			15.7	0.73	6.1	16.9	7.1	32.7	184	10.3	12	6.9	5.3	4.3	3.5	0.63	0.30	<0.01	<0.01	0.03	0.063	0.012	0.002	31	26	4.4	7.9	20	40	29	0.9
	下層						15.8	7.4	32.8	191	8.5	76	6.7	5.1	5.1	3.4	1.04	0.33	<0.01	<0.01	0.05	0.206	0.012	0.007	45	30	4.4	7.5	19	40	30	1.4
高浜沖	上層			14.4	0.58	4.1	16.9	7.9	30.2	188	9.6	14	8.0	5.1	4.9	3.3	1.02	0.51	0.02	<0.01	0.09	0.088	0.021	0.004	67	28	4.1	7.2	19	34	23	1.3
	下層						16.2	8.1	30.9	183	8.4	32	7.9	5.1	5.0	3.4	1.19	0.54	0.02	<0.01	0.14	0.127	0.017	0.003	63	27	4.3	7.7	19	34	29	1.5
玉造沖	上層			13.6	0.61	6.7	16.4	7.0	31.8	190	9.3	13	7.4	5.1	4.7	3.5	0.83	0.43	0.01	<0.01	0.05	0.076	0.017	0.002	58	26	4.4	7.8	19	38	23	1.1
	下層						15.7	7.2	33.9	203	8.6	16	7.6	5.1	4.4	4.0	0.74	0.36	<0.01	<0.01	0.04	0.072	0.016	0.003	37	31	4.3	7.8	19	43	30	1.1
湖心	上層			10.4	0.69	6	16.3	7.2	33.5	191	9.3	15	6.8	4.7	4.4	2.6	0.64	0.36	<0.01	<0.01	0.03	0.069	0.014	0.003	37	30	4.9	7.6	19	41	30	1.0
	下層						15.6	7.4	33.6	190	9.2	18	6.7	4.8	4.4	2.7	0.69	0.33	<0.01	<0.01	0.03	0.081	0.015	0.004	32	29	4.8	7.9	19	42	29	1.2
西の淵沖	上層			12.8	0.66	5.5	15.4	7.2	33.7	159	9.5	13	6.9	4.8	4.4	3.5	0.66	0.35	<0.01	<0.01	0.02	0.066	0.013	0.003	32	25	4.9	7.6	18	42	29	1.0
	下層						15.3	7.5	34.2	157	9.3	19	7.0	4.8	4.3	3.0	0.65	0.33	<0.01	<0.01	0.02	0.082	0.015	0.003	35	31	5.2	7.9	18	43	30	1.1
麻生沖	上層			8	0.75	1.5	14.1	7.3	37.4	152	9.9	20	7.5	4.8	4.5	3.3	0.62	0.33	<0.01	<0.01	0.03	0.082	0.015	0.002	31	37	5.1	8.3	18	48	30	1.1
	下層						14.2	7.5	36.2	148	9.8	22	7.7	5.0	4.6	3.3	0.76	0.35	<0.01	<0.01	0.03	0.081	0.015	0.002	30	32	4.6	8.1	19	48	30	1.1
土浦沖	上層			16.9	0.63	2.3	16.6	7.8	34.3	184	10.9	18	8.3	4.8	4.8	3.4	1.63	0.93	0.48	0.01	0.08	0.106	0.019	0.005	78	30	5.8	7.8	21	40	32	2.3
	下層						16.8	8.1	34.0	179	9.8	19	7.8	5.0	4.7	3.2	1.40	0.76	0.35	0.01	0.10	0.091	0.015	0.003	70	33	5.0	7.2	20	40	29	2.1
山王川沖	上層			14.8	0.37	1.5	16.8	7.9	28.6	180	9.0	25	9.1	5.9	4.7	3.2	2.05	1.12	0.49	0.03	0.21	0.163	0.034	0.014	100	24	3.2	6.5	18	25	34	4.0
	下層						16.4	8.0	28.6	179	8.8	26	9.0	5.8	4.7	3.3	2.12	1.13	0.49	0.03	0.22	0.177	0.033	0.014	100	24	4.0	6.5	19	25	35	4.0
安塚沖	上層			13.1	0.52	1.7	13.9	8.7	32.2	108	10.0	24	8.5	5.9	3.6	3.6	4.02	3.48	3.27	0.05	0.07	0.144	0.026	0.011	83	22	4.6	9.2	20	29	30	9.0
	下層						13.8	8.7	32.1	107	10.1	26	8.9	6.2	3.4	3.3	4.51	3.54	3.19	0.05	0.07	0.147	0.024	0.011	89	25	4.0	9.3	20	29	31	8.9
阿玉沖	上層			12.0	0.52	3.9	15.4	9.2	31.5	82	10.5	28	7.9	4.0	4.0	3.2	3.18	2.40	2.04	0.03	0.05	0.128	0.020	0.006	130	27	3.9	9.5	19	31	29	4.6
	下層						15.1	9.1	31.5	92	8.9	32	8.9	3.9	4.5	3.3	3.49	2.46	2.17	0.03	0.05	0.161	0.017	0.004	110	24	4.1	9.7	19	30	28	5.4
武井沖	上層			11.9	0.55	6.8	15.1	9.1	35.9	81	9.7	26	8.2	4.5	4.6	3.3	1.32	0.45	0.08	<0.01	0.04	0.128	0.015	0.001	100	36	4.3	9.6	20	46	30	0.2
	下層						15.2	9.1	35.8	87	8.7	33	8.6	4.7	4.5	3.4	1.31	0.46	0.08	<0.01	0.06	0.125	0.013	0.001	97	34	3.9	9.7	19	46	28	0.3
釜谷沖	上層			11.9	0.61	6.1	15.3	8.9	36.6	96	9.4	23	8.9	5.3	4.5	3.4	1.19	0.35	<0.01	<0.01	0.03	0.101	0.013	0.001	90	30	4.2	10.0	19	47	27	0.1
	下層						15.1	8.9	36.8	94	8.7	26	8.6	5.3	4.5	2.3	1.21	0.36	<0.01	<0.01	0.04	0.099	0.013	0.001	88	39	4.3	9.6	21	47	27	0.1
神宮橋	上層			9.5	0.58	1.8	14.6	8.4	46.6	111	9.3	28	9.9	5.5	4.7	2.4	0.82	0.34	<0.01	<0.01	0.03	0.125	0.016	0.002	73	56	5.7	11.0	21	78	32	0.1
	下層						14.6	8.5	46.4	106	9.2	25	9.9	5.5	4.8	2.9	0.92	0.35	<0.01	<0.01	0.03	0.134	0.015	0.003	75	53	5.9	11.0	21	79	32	0.1
外浪芝浦	上層			8.9	0.55	1.3	15	8.0	51.0	127	9.1	25	7.4	5.5	4.5	3.0	0.68	0.35	<0.01	<0.01	0.03	0.108	0.014	0.001	54	57	6.3	11.0	21	84	34	0.2
	下層						15.1	8.0	51.0	126	8.9	26	7.5	5.5	4.6	3.4	0.48	0.35	<0.01	<0.01	0.03	0.028	0.014	0.002	55	62	6.0	11.0	22	84	34	0.2
息栖	上層			12.8	0.76	4.5	16.1	7.9	49.9	118	9.7	17	7.3	5.5	4.6	3.4	0.70	0.33	<0.01	<0.01	0.02	0.078	0.013	0.001	49	50	5.9	11.0	21	82	34	<0.1
	下層						15.5	8.2	50.4	109	9.1	20	7.9	5.6	4.6	3.4	0.62	0.33	<0.01	<0.01	0.02	0.087	0.014	0.001	50	55	5.8	10.0	22	83	34	0.1

平成31年4月28日

表2 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(5月)

地点名		水温	pH	EC	ORP	DO	SS	COD	4-COD	TOC	DOC	TN	DTN	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	TP	DTP	PO ₄ -P	chl-a	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	SRSI
掛馬沖	上層	25.5	9.0	32.5	132	9.2	20	8.9	5.6	5.4	3.2	0.74	0.31	<0.01	<0.01	0.02	0.097	0.024	0.002	27	29	5.4	6.9	18	40	30	1.1
	下層	25.5	9.0	32.3	126	9.2	22	8.8	5.5	5.4	3.3	0.79	0.39	<0.01	<0.01	0.02	0.099	0.024	0.001	32	29	5.6	7.2	19	41	30	1.1
木原沖	上層	24.4	8.5	33.6	130	10.0	10	7.9	5.4	4.8	3.1	0.47	0.31	<0.01	<0.01	<0.02	0.068	0.018	0.001	14	31	5.3	7.3	19	43	30	0.9
	下層	24.3	8.5	33.7	134	10.5	12	7.8	5.2	4.9	3.1	0.49	0.32	<0.01	<0.01	<0.02	0.070	0.020	0.002	17	29	4.5	7.1	19	37	28	0.9
牛込沖	上層	23.6	8.5	34.2	129	8.1	9	7.1	5.2	4.7	3.1	0.45	0.35	<0.01	<0.01	<0.02	0.059	0.017	0.001	12	28	4.9	7.3	19	41	29	1.0
	下層	23.1	8.3	34.5	142	6.1	26	8.2	5.1	4.6	3.1	0.51	0.30	<0.01	<0.01	<0.02	0.094	0.020	0.003	16	29	4.6	8.1	18	45	31	1.6
高浜沖	上層	24.7	8.6	31.8	137	8.0	26	9.9	5.6	5.8	3.3	0.69	0.37	<0.01	<0.01	0.02	0.126	0.023	0.001	43	27	4.8	7.8	19	48	31	1.8
	下層	24.3	8.6	31.7	134	7.5	30	10.2	5.7	5.8	3.4	0.67	0.43	<0.01	<0.01	0.02	0.133	0.021	0.001	51	34	5.0	8.0	20	56	31	1.9
玉蓮沖	上層	24.5	8.6	33.3	143	8.0	12	8.2	5.3	4.7	3.3	0.59	0.37	<0.01	<0.01	0.02	0.082	0.022	0.001	28	28	5.7	6.9	19	41	36	1.4
	下層	22.9	8.1	32.3	158	3.0	48	10.0	5.5	5.3	3.2	0.81	0.49	0.01	<0.01	0.18	0.204	0.019	0.007	50	20	4.1	5.6	16	29	27	3.4
湖心	上層	23.4	8.3	34.8	149	8.8	8	7.0	5.2	4.4	3.2	0.51	0.34	<0.01	<0.01	<0.02	0.080	0.018	<0.001	14	27	4.8	7.3	18	27	28	1.0
	下層	23.0	8.3	34.6	160	7.4	16	7.8	5.2	4.5	3.2	0.56	0.37	<0.01	<0.01	0.03	0.087	0.019	0.002	18	28	4.6	8.1	19	37	28	1.6
西の洲沖	上層	22.9	7.5	35.9	178	9.1	8	7.9	5.7	4.8	3.6	0.87	0.43	<0.01	<0.01	0.02	0.058	0.018	<0.001	14	31	4.4	8.5	19	46	28	1.0
	下層	20.7	7.6	36.1	186	2.1	17	7.5	5.3	4.2	3.2	0.78	0.33	<0.01	<0.01	0.02	0.096	0.030	0.016	16	32	4.1	9.3	19	47	28	2.2
麻生沖	上層	22.9	7.8	34.3	104	7.5	15	8.0	5.6	5.1	3.4	0.52	0.31	<0.01	<0.01	<0.02	0.084	0.019	0.001	12	46	5.1	9.8	20	67	30	1.7
	下層	22.8	7.7	39.8	99	7.5	16	7.8	5.7	5.0	3.4	0.54	0.33	<0.01	<0.01	<0.02	0.086	0.020	0.001	21	56	5.7	10.0	20	86	33	1.7
土浦沖	上層	26.4	8.9	33.2	126	9.7	23	9.1	5.8	4.9	3.4	1.03	0.61	0.21	<0.01	0.04	0.122	0.028	0.004	58	61	6.6	10.0	21	88	34	1.9
	下層	26.4	8.9	33.2	132	9.7	24	9.1	5.5	5.0	3.4	0.92	0.64	0.21	<0.01	0.03	0.126	0.027	0.004	29	29	4.8	6.9	19	38	30	2.0
山王川沖	上層	27.1	9.1	26.9	123	8.9	36	12.6	6.2	5.8	3.8	1.08	0.46	<0.01	<0.01	0.03	0.200	0.041	0.011	110	29	4.8	7.2	18	41	31	3.2
	下層	27.1	9.1	27.0	122	8.9	38	13.2	6.4	5.9	3.8	1.21	0.46	<0.01	<0.01	0.03	0.204	0.040	0.011	97	36	4.8	7.6	18	43	29	3.3
安塚沖	上層	25.9	9.2	28.0	75	11.4	35	11.3	6.4	5.0	3.7	2.18	1.40	1.02	0.03	0.04	0.186	0.032	0.009	78	31	4.6	7.0	18	38	28	8.1
	下層	25.9	9.2	28.4	72	10.6	36	11.5	6.8	4.8	3.8	1.92	1.45	1.01	0.03	0.04	0.190	0.036	0.009	92	29	4.3	7.2	18	37	27	8.2
阿玉沖	上層	25.0	9.5	33.0	62	10.5	34	10.5	5.4	4.9	3.3	1.32	0.36	<0.01	<0.01	0.02	0.162	0.022	0.003	66	36	4.6	8.0	19	44	29	2.6
	下層	25.0	9.5	33.1	59	10.7	35	10.6	5.7	4.7	3.4	1.00	0.38	<0.01	<0.01	0.03	0.173	0.025	0.003	67	35	5.6	8.3	19	46	29	2.6
武井沖	上層	23.9	9.2	36.2	96	9.7	14	9.1	4.9	5.0	3.1	0.75	0.34	<0.01	<0.01	<0.02	0.095	0.018	0.001	39	42	5.4	8.9	20	56	31	0.7
	下層	23.7	9.2	36.5	56	9.1	16	8.6	4.8	4.7	3.0	0.72	0.32	<0.01	<0.01	0.02	0.100	0.018	0.001	41	32	6.0	7.0	18	41	30	0.8
釜谷沖	上層	23.5	9.2	36.8	74	9.5	11	8.5	4.9	4.7	3.1	0.68	0.36	<0.01	<0.01	0.02	0.082	0.018	0.001	28	25	4.3	5.6	16	29	27	0.4
	下層	23.0	8.9	37.1	78	8.1	12	8.5	5.1	4.7	3.0	0.66	0.34	<0.01	<0.01	<0.02	0.087	0.017	0.002	35	23	4.7	7.8	18	27	27	0.5
神宮橋	上層	22.6	8.6	45.2	87	7.8	29	9.9	5.0	5.3	3.2	0.74	0.33	<0.01	<0.01	<0.02	0.147	0.017	0.004	42	30	4.2	8.9	19	38	28	0.7
	下層	22.6	8.6	45.1	81	7.7	29	10.0	5.6	5.1	3.4	0.68	0.35	<0.01	<0.01	<0.02	0.135	0.019	0.004	38	35	4.5	9.4	19	46	27	0.8
外浪波浦	上層	23.2	8.5	51.5	129	8.3	19	9.3	5.7	5.2	3.6	0.64	0.37	<0.01	<0.01	<0.02	0.102	0.018	0.002	24	35	5.0	9.5	20	47	27	0.8
	下層	23.2	8.6	51.3	117	8.0	20	9.4	5.7	5.1	3.6	0.63	0.51	<0.01	<0.01	<0.02	0.102	0.017	0.001	27	51	5.3	10.0	20	68	30	0.8
息栖	上層	24.0	8.5	53.0	116	8.6	14	8.9	5.5	5.0	3.5	0.62	0.35	<0.01	<0.01	<0.02	0.081	0.016	0.002	20	63	7.3	10.0	20	87	33	0.4
	下層	23.8	8.7	53.2	92	8.7	14	8.6	5.5	5.0	3.5	0.58	0.33	<0.01	<0.01	<0.02	0.085	0.016	0.001	18	64	6.4	12.0	22	90	34	0.4

令和元年5月28日

表3 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(6月)

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		25.0	0.70	3.9	24.6	8.3	31.6	166	9.9	15	8.5	5.6	5.0	3.0	0.71	0.36	<0.01	<0.01	0.03	0.082	0.027	0.003	48	31	5.3	7.1	19	38	24	2.8
	下層		23.3			23.3	8.5	32.3	172	6.2	70	10.7	5.2	4.7	3.0	0.75	0.38	0.02	<0.01	0.05	0.177	0.023	0.005	43	35	5.4	7.0	18	36	24	3.5
木原沖	上層		25.0	0.70	5.5	23.8	8.1	32.9	177	9.5	12	8.5	5.4	4.7	2.8	0.67	0.42	<0.01	<0.01	0.03	0.075	0.024	0.003	36	34	4.9	7.6	19	40	24	2.5
	下層		23.1			23.1	8.1	33.2	187	5.8	52	10.2	5.3	4.8	2.8	0.73	0.57	<0.01	<0.01	0.02	0.159	0.022	0.003	38	35	5.1	7.0	19	39	22	3.2
牛込沖	上層		25.1	0.72	6.3	23.6	7.6	34.1	181	8.9	11	7.9	5.2	4.5	3.0	0.56	0.34	<0.01	<0.01	0.04	0.078	0.021	0.003	43	29	5.2	8.1	19	42	23	2.7
	下層		22.7			22.7	7.7	34.3	190	4.7	62	10.6	5.2	4.8	2.8	0.69	0.32	<0.01	<0.01	0.03	0.193	0.024	0.010	39	28	4.6	7.7	18	42	23	3.6
高浜沖	上層		24.6	0.48	4.3	23.8	7.6	30.9	193	8.4	24	9.2	5.7	4.6	3.3	0.73	0.50	0.07	0.03	0.04	0.108	0.029	0.003	73	26	4.8	6.9	19	36	24	5.2
	下層		23.4			23.4	7.6	31.1	197	6.2	43	10.5	5.4	4.6	2.9	0.73	0.58	0.09	0.03	0.11	0.157	0.020	0.004	63	27	4.8	6.8	17	36	19	5.7
玉造沖	上層		22.0	0.78	6.8	24.3	8.2	33.6	190	9.8	14	8.4	5.5	4.7	3.3	0.67	0.36	<0.01	<0.01	0.03	0.083	0.022	0.001	46	36	5.0	7.4	19	41	21	3.3
	下層		22.7			22.7	7.8	32.3	210	3.3	56	10.1	5.3	4.9	2.9	1.12	0.67	0.12	0.05	0.24	0.211	0.040	0.028	35	34	4.2	7.0	18	37	25	5.8
湖心	上層		21.0	0.82	6.1	22.7	7.2	35.1	201	8.4	11	7.8	5.3	4.4	3.0	0.62	0.32	<0.01	<0.01	0.03	0.079	0.021	0.002	44	34	4.9	7.8	19	44	26	2.9
	下層		22.6			22.6	7.5	35.3	206	5.4	14	7.6	5.3	4.4	2.9	0.63	0.35	<0.01	<0.01	0.03	0.080	0.022	0.004	41	35	5.4	7.6	19	45	27	3.3
西の淵沖	上層		20.7	0.82	5.6	22.5	6.8	35.4	150	8.1	11	7.7	5.5	4.3	3.2	0.58	0.35	<0.01	<0.01	0.02	0.076	0.023	0.003	32	35	4.8	8.1	18	46	27	2.8
	下層		22.6			22.6	7.2	35.5	148	7.8	10	7.6	5.5	4.3	3.1	0.59	0.35	<0.01	<0.01	0.03	0.075	0.022	0.003	34	34	6.0	8.4	20	46	27	2.8
麻生沖	上層		20.0	0.67	1.7	23.7	7.8	38.9	105	9.5	17	8.8	5.6	5.2	3.0	0.57	0.36	<0.01	<0.01	0.02	0.090	0.022	0.002	33	39	4.5	8.3	20	54	26	3.2
	下層		23.7			23.7	8.6	39.2	88	9.4	17	8.1	8.1	5.7	5.1	3.0	0.60	0.37	<0.01	<0.01	0.02	0.088	0.020	0.003	32	36	5.1	8.6	20	54	26
土浦沖	上層		26.2	0.45	2.7	25.4	8.8	30.4	165	11.2	21	10.1	6.0	4.6	2.9	1.33	0.68	0.14	0.01	0.12	0.140	0.038	0.011	140	25	4.8	6.2	19	34	26	3.8
	下層		25.1			25.1	8.8	30.8	162	9.8	16	8.1	5.3	4.2	2.8	0.84	0.53	0.11	0.01	0.06	0.096	0.025	0.005	71	29	6.5	6.8	18	35	27	3.7
山王川沖	上層		23.8	0.33	1.8	25.3	8.1	25.3	178	9.5	32	13.2	6.6	4.9	3.5	1.99	0.65	0.02	0.01	0.25	0.208	0.059	0.018	250	20	3.6	5.6	17	25	23	6.1
	下層		25.2			25.2	8.3	25.3	173	8.7	32	12.1	6.1	4.5	3.2	1.66	0.80	0.15	0.02	0.18	0.190	0.046	0.015	200	24	4.0	5.6	16	24	19	6.2
安塚沖	上層		22.8	0.36	1.7	25.0	9.0	27.6	49	10.4	27	10.2	5.4	4.2	3.0	2.57	1.88	1.60	0.03	0.03	0.157	0.025	0.008	110	25	3.9	7.4	18	23	21	8.7
	下層		25.0			25.0	8.9	27.7	58	10.3	27	10.3	5.3	4.3	3.0	2.44	2.07	1.72	0.03	0.03	0.156	0.023	0.006	100	19	3.3	7.8	18	24	22	9.2
阿玉沖	上層		23.5	0.31	4.0	24.0	9.0	28.6	43	9.3	32	10.5	5.7	4.6	3.0	1.31	0.73	0.40	0.02	0.03	0.151	0.024	0.004	100	27	3.6	8.6	17	30	23	5.7
	下層		23.5			23.5	9.0	28.7	40	7.7	33	10.3	5.7	5.9	3.0	1.38	0.73	0.35	0.02	0.05	0.151	0.025	0.006	88	24	4.4	8.4	19	31	23	5.6
武井沖	上層		22.1	0.49	7.0	23.4	9.0	35.6	45	9.5	16	8.7	5.4	4.7	2.8	0.89	0.36	<0.01	<0.01	0.03	0.103	0.021	0.004	76	29	4.6	9.8	20	42	24	1.6
	下層		23.3			23.3	9.0	35.9	53	8.7	18	8.6	5.1	4.5	3.0	0.90	0.37	<0.01	<0.01	0.02	0.094	0.022	0.004	71	34	4.7	9.6	19	43	25	1.5
釜谷沖	上層		20.7	0.65	6.3	22.9	9.0	37.0	60	8.8	16	8.5	5.1	4.6	2.8	0.78	0.35	<0.01	<0.01	0.03	0.084	0.015	0.001	62	31	4.8	9.4	20	45	25	0.7
	下層		22.3			22.3	8.9	38.7	56	5.9	19	8.3	5.0	4.5	2.7	0.82	0.35	<0.01	<0.01	0.04	0.099	0.019	0.005	63	33	4.7	9.5	19	45	26	1.3
神宮橋	上層		20.0	0.45	2.0	23.4	9.0	44.1	66	9.1	29	10.4	5.3	5.2	3.3	0.99	0.32	<0.01	<0.01	0.02	0.134	0.018	0.002	76	54	5.3	9.9	22	62	25	1.1
	下層		23.4			23.4	9.0	43.9	67	9.0	32	11.0	5.4	5.2	3.0	0.93	0.32	<0.01	<0.01	0.02	0.132	0.017	0.001	74	57	4.9	10.0	20	62	26	1.1
外浪芝浦	上層		20.0	0.48	1.5	23.4	8.8	43.3	56	9.1	19	9.6	5.2	5.5	3.1	0.65	0.40	<0.01	<0.01	0.02	0.095	0.016	0.002	42	45	5.5	9.4	20	63	27	1.8
	下層		23.4			23.4	8.9	43.3	60	9.1	20	9.4	5.2	5.5	3.1	0.63	0.34	<0.01	<0.01	0.03	0.087	0.017	0.002	42	46	5.3	9.6	20	64	27	1.8
息栖	上層		22.5	0.65	4.6	23.3	9.0	43.7	59	9.8	22	9.0	5.5	5.5	3.3	0.61	0.34	<0.01	<0.01	0.02	0.074	0.015	0.002	53	48	6.4	9.4	19	64	27	1.7
	下層		22.6			22.6	8.6	43.5	74	7.2	12	9.3	5.4	5.5	3.3	0.67	0.36	<0.01	<0.01	0.02	0.103	0.016	0.002	35	43	5.6	10.0	21	65	27	1.9

令和元年6月20日

表4 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(7月)

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)	p-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	27.7	0.63	3.9	26.7	9.3	31.2	100	11.9	12	8.5	5.3	4.6	3.2	0.63	0.37	<0.01	<0.01	0.03	0.083	0.025	0.002	58	34	5.8	6.6	18	39	26	4.7
	下層				24.0	8.6	32.3	121	4.9	52	9.1	5.0	4.3	3.2	0.76	0.50	0.05	0.01	0.13	0.157	0.023	0.010	38	33	5.2	6.6	19	40	21	5.3
木原沖	上層	28.0	0.46	5.5	26.8	9.3	32.1	102	11.7	16	9.0	5.3	4.7	3.2	0.73	0.39	<0.01	<0.01	0.04	0.092	0.026	0.004	72	32	6.4	7.6	20	42	26	4.4
	下層				23.4	8.5	32.6	135	2.4	55	9.0	5.3	4.1	3.2	0.61	0.31	0.01	0.01	0.06	0.180	0.035	0.014	43	28	4.8	7.2	19	37	20	6.2
牛込沖	上層	29.0	0.57	6.3	26.4	9.3	32.7	111	12.3	14	8.7	5.3	4.4	3.2	0.69	0.40	<0.01	<0.01	0.03	0.081	0.038	0.003	54	33	5.8	7.0	19	41	25	4.3
	下層				23.2	8.3	33.2	144	2.5	52	9.4	5.2	3.9	3.2	0.74	0.53	0.03	0.01	0.21	0.184	0.060	0.034	37	33	5.5	7.1	19	44	21	6.2
高浜沖	上層	28.9	0.50	4.3	26.4	9.1	30.6	116	11.4	18	9.0	5.7	4.4	3.2	0.88	0.45	0.06	0.02	0.04	0.096	0.044	0.005	84	32	5.4	7.3	19	47	25	4.8
	下層				23.9	8.4	30.7	138	3.3	76	11.5	5.8	4.7	3.2	1.23	0.82	0.26	0.05	0.22	0.269	0.049	0.035	66	27	4.9	6.7	16	44	19	6.8
玉連沖	上層	26.2	0.88	6.6	26.5	9.1	32.6	121	10.0	18	8.7	5.5	4.5	3.3	0.82	0.40	<0.01	<0.01	0.03	0.098	0.028	0.003	68	23	4.3	6.1	20	31	22	4.4
	下層				23.4	8.3	30.8	140	3.1	36	8.5	5.5	4.4	3.3	1.24	0.88	0.28	0.05	0.22	0.176	0.055	0.037	48	22	4.1	5.2	17	19	24	6.7
湖心	上層	26.1	0.71	6.0	25.7	9.1	33.6	127	11.9	12	8.0	5.4	4.4	3.3	0.67	0.37	<0.01	<0.01	0.03	0.091	0.026	0.002	44	27	3.9	7.9	20	22	19	4.3
	下層				22.9	8.6	34.2	142	2.8	35	8.5	5.6	4.3	3.2	0.96	0.70	0.03	0.02	0.19	0.151	0.056	0.043	40	29	4.5	8.0	20	28	21	6.4
西の洲沖	上層	25.3	0.77	5.6	25.4	7.9	35.0	112	12.0	11	8.1	5.6	4.9	3.5	0.63	0.36	<0.01	<0.01	0.03	0.075	0.025	0.002	34	33	4.9	9.1	19	40	23	4.6
	下層				22.9	7.8	35.4	141	3.8	36	8.2	5.7	4.6	3.3	0.75	0.46	0.03	0.01	0.11	0.152	0.045	0.033	41	35	5.2	9.4	20	43	24	6.0
麻生沖	上層	25.0	0.81	1.6	25.2	7.9	19.5	118	8.5	11	7.0	5.4	4.1	3.1	0.65	0.42	0.07	0.01	0.03	0.097	0.021	0.005	54	44	5.0	9.3	21	51	24	5.6
	下層				25.0	7.0	16.8	114	8.3	15	6.8	5.3	4.1	3.0	0.69	0.41	0.09	0.01	0.03	0.088	0.022	0.005	52	39	6.1	8.1	19	51	23	5.6
土浦沖	上層	27.9	0.88	2.5	27.8	9.4	28.8	100	14.2	16	10.4	5.6	4.9	3.2	1.59	0.84	0.32	0.02	0.03	0.139	0.042	0.011	180	37	5.5	7.9	20	53	25	6.4
	下層				26.6	9.0	32.0	127	8.4	9	7.4	5.4	4.2	3.1	1.92	1.49	1.05	0.02	0.09	0.106	0.027	0.008	63	27	5.5	6.9	20	39	25	7.5
山王川沖	上層	26.9	0.41	1.8	27.5	8.8	23.5	134	9.7	26	9.9	5.2	5.0	3.0	1.64	0.90	0.47	0.04	0.07	0.152	0.027	0.008	140	30	4.9	7.1	21	40	26	7.5
	下層				26.1	8.5	23.7	142	5.8	28	8.9	4.9	4.2	2.6	1.57	1.12	0.56	0.04	0.23	0.176	0.021	0.004	80	27	5.8	7.3	19	42	26	8.1
安塚沖	上層	29.0	0.70	1.8	27.2	9.1	13.7	60	11.0	14	9.0	4.9	4.2	3.1	2.86	2.26	1.51	0.04	0.05	0.101	0.026	0.007	95	30	4.7	6.8	17	36	23	11.0
	下層				24.6	8.6	14.2	70	14.4	12	7.1	4.8	3.4	2.5	3.11	3.02	1.51	0.04	0.04	0.096	0.023	0.005	55	33	5.4	6.6	18	36	23	12.0
阿玉沖	上層	27.9	0.55	3.8	26.6	9.2	16.5	55	13.2	18	9.0	5.5	4.1	3.3	1.74	1.12	0.62	0.07	0.03	0.099	0.024	0.002	85	34	5.2	7.8	19	44	25	7.2
	下層				24.1	8.3	14.8	74	5.8	34	8.6	5.4	4.1	3.0	1.96	1.56	0.95	0.10	0.16	0.148	0.027	0.013	56	35	5.7	7.5	19	48	25	8.1
武井沖	上層	28.0	0.64	6.9	25.9	9.5	16.7	47	13.8	14	10.0	6.0	4.8	3.5	0.98	0.42	<0.01	<0.01	0.02	0.083	0.019	0.001	95	32	4.6	7.3	18	45	22	1.8
	下層				23.0	8.0	16.5	88	3.4	28	7.6	5.3	3.8	2.9	1.61	1.12	0.65	0.01	0.19	0.137	0.039	0.028	43	29	7.1	6.1	20	37	31	5.1
釜谷沖	上層	26.0	0.65	6.1	25.3	9.4	17.5	55	12.3	13	10.0	5.8	5.0	3.5	0.92	0.41	<0.01	<0.01	0.02	0.072	0.018	0.001	60	20	3.9	5.1	16	18	24	0.9
	下層				22.6	8.2	17.8	86	4.0	23	8.4	5.6	4.3	3.0	1.18	0.63	0.04	0.02	0.25	0.126	0.041	0.031	61	22	4.0	8.5	20	22	23	2.1
神宮橋	上層	25.5	0.82	1.8	25.4	8.8	19.2	92	9.9	26	10.1	5.8	4.5	3.4	0.90	0.37	<0.01	<0.01	0.03	0.135	0.026	0.010	85	25	4.2	8.3	20	28	25	1.3
	下層				25.3	9.0	19.1	72	9.9	26	10.5	5.6	4.6	3.0	0.98	0.37	<0.01	<0.01	0.02	0.137	0.026	0.010	85	24	5.5	8.2	19	36	26	1.4
外浪波浦	上層	25.0	0.60	1.4	24.7	8.2	18.2	113	8.6	19	7.8	5.3	4.2	3.2	0.74	0.37	0.03	0.01	0.03	0.112	0.025	0.007	69	29	5.4	8.8	20	42	24	4.7
	下層				24.6	8.3	18.1	104	8.6	23	7.9	5.0	4.2	2.7	0.86	0.41	0.03	0.01	0.03	0.114	0.024	0.007	66	29	4.5	9.3	20	51	24	4.8
息栖	上層	29.0	0.71	4.8	25.1	8.5	19.1	64	9.3	27	8.5	5.2	4.5	3.2	0.72	0.37	0.02	<0.01	0.02	0.122	0.023	0.007	64	34	5.5	7.2	18	50	23	4.2
	下層				24.6	8.4	19.0	68	8.6	31	8.5	5.1	4.3	3.0	0.78	0.37	0.03	0.01	0.04	0.129	0.023	0.008	62	42	6.7	7.9	19	53	24	4.3

令和元年7月20日

表5 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(8月)

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	27.0	0.33	3.8	28.2	7.1	34.2	195	6.0	26	7.7	6.2	4.1	3.5	0.83	0.70	0.33	<0.01	0.06	0.210	0.124	0.072	25	26	5	7	19	44	21	5.3		
	下層	26.8	0.33	5.4	28.2	6.9	34.1	191	5.5	35	7.8	6.0	3.9	3.6	0.90	0.71	0.33	<0.01	0.07	0.211	0.125	0.073	25	33	5	7	20	43	21	5.3		
木原沖	上層	27.5	0.45	6.1	28.3	6.9	33.8	187	5.4	19	7.1	6.5	3.7	3.6	1.05	0.96	0.50	0.01	0.07	0.226	0.137	0.084	12	32	6	7	19	41	21	6.2		
	下層	26.9	0.44	4.2	28.3	7.0	33.8	184	5.1	20	7.0	6.3	3.7	3.5	1.07	0.89	0.50	<0.01	0.09	0.213	0.138	0.085	11	31	5	7	20	41	21	6.3		
牛込沖	上層	27.7	0.62	6.0	28.4	6.8	33.6	193	7.4	18	7.0	6.2	3.8	3.5	0.96	0.83	0.42	0.01	0.09	0.218	0.145	0.092	14	38	6	8	21	42	21	6.1		
	下層	26.8	0.60	6.4	28.4	7.0	33.9	185	5.4	21	7.2	6.0	3.8	3.5	0.97	0.89	0.42	<0.01	0.09	0.221	0.137	0.091	13	35	5	8	21	42	21	6.1		
高浜沖	上層	27.0	0.62	5.3	28.2	6.9	32.9	198	5.7	16	7.6	6.3	4.5	3.7	0.95	0.82	0.39	<0.01	0.06	0.201	0.122	0.083	25	33	5	7	19	39	21	5.4		
	下層	26.2	0.42	1.5	28.2	7.3	33.0	185	5.6	21	8.0	6.2	4.3	3.8	1.07	0.91	0.42	<0.01	0.07	0.216	0.113	0.075	21	35	5	7	18	39	20	5.4		
玉造沖	上層	27.1	0.62	6.0	28.2	6.9	33.4	198	5.0	18	7.5	6.0	4.1	3.6	0.97	0.80	0.44	<0.01	0.07	0.196	0.107	0.077	24	35	5	8	18	41	20	5.1		
	下層	26.2	0.42	1.5	28.2	7.3	33.8	185	4.7	22	7.6	5.9	4.2	3.6	0.98	0.82	0.39	<0.01	0.06	0.230	0.112	0.086	24	29	5	8	20	42	20	5.1		
湖心	上層	27.7	0.62	6.0	28.3	7.0	34.6	198	5.6	16	7.1	5.7	4.1	3.6	0.85	0.72	0.33	<0.01	0.07	0.223	0.111	0.099	26	37	5	8	19	44	20	5.3		
	下層	26.2	0.42	1.5	28.3	7.1	34.6	191	5.5	19	7.5	6.1	4.1	3.6	1.01	0.77	0.33	<0.01	0.08	0.234	0.112	0.096	24	34	5	8	20	44	20	5.4		
西の洲沖	上層	27.0	0.62	5.3	28.3	7.5	34.4	161	6.1	18	7.3	6.0	4.2	3.7	0.84	0.66	0.32	<0.01	0.04	0.244	0.117	0.110	28	31	6	7	20	45	20	5.2		
	下層	26.2	0.42	1.5	28.3	7.7	34.9	157	6.0	17	7.4	5.9	4.3	3.6	0.91	0.69	0.31	<0.01	0.04	0.246	0.121	0.110	24	34	5	8	21	45	20	5.2		
麻生沖	上層	27.1	0.66	6.9	27.7	7.3	39.1	111	6.1	29	7.9	6.0	4.4	3.6	0.76	0.74	0.21	<0.01	0.03	0.242	0.079	0.074	46	35	5	8	19	50	19	4.7		
	下層	26.2	0.42	1.5	27.8	7.5	38.6	98	5.8	28	7.8	5.8	4.6	3.6	0.84	0.57	0.21	<0.01	0.03	0.237	0.084	0.075	42	39	5	8	20	50	20	4.8		
土浦沖	上層	27.1	0.66	6.9	28.0	7.7	33.5	197	5.7	16	7.3	6.1	4.4	3.6	1.77	1.54	0.97	0.22	0.06	0.174	0.063	0.075	42	39	5	8	20	37	22	7.2		
	下層	26.2	0.45	1.7	27.9	7.6	32.4	193	5.5	18	7.3	6.1	4.2	3.5	1.72	1.47	0.92	0.17	0.05	0.198	0.062	0.050	26	29	7	6	20	37	22	7.2		
山王川沖	上層	26.2	0.45	1.7	27.9	7.0	29.1	202	5.5	17	8.3	6.4	4.6	4.0	1.37	1.16	0.32	0.05	0.29	0.174	0.046	0.033	56	27	5	6	18	30	21	6.5		
	下層	26.1	0.32	1.8	27.9	7.1	29.0	199	5.2	18	8.5	6.1	4.5	3.9	1.33	0.97	0.32	0.05	0.29	0.190	0.046	0.036	47	26	4	6	18	29	21	6.3		
安塚沖	上層	27.2	0.47	6.1	25.7	7.7	22.3	152	5.8	13	8.4	6.3	4.5	3.9	2.85	2.55	1.90	0.03	0.21	0.199	0.058	0.051	37	16	4	6	15	17	16	8.6		
	下層	26.7	0.41	3.5	24.4	7.6	23.1	143	5.8	15	8.1	6.1	4.2	3.8	2.88	2.72	2.00	0.03	0.23	0.203	0.062	0.054	29	18	5	6	15	19	17	9.1		
阿玉沖	上層	27.3	0.66	6.9	27.9	8.2	33.0	133	7.3	23	11.0	6.8	5.5	4.5	1.53	0.97	0.40	0.04	0.08	0.382	0.205	0.199	110	25	3	9	21	31	18	10.0		
	下層	26.2	0.41	3.5	27.8	8.3	32.9	124	6.8	27	11.1	6.9	5.6	4.4	1.42	1.06	0.45	0.04	0.12	0.382	0.231	0.202	110	33	4	9	21	31	18	11.0		
武井沖	上層	27.2	0.66	6.9	28.5	8.4	35.2	116	7.4	13	9.6	6.3	5.0	4.2	0.82	0.44	<0.01	<0.01	0.03	0.221	0.096	0.089	90	31	4	9	20	40	18	5.1		
	下層	26.2	0.47	6.1	28.4	8.6	35.4	113	6.6	12	9.1	5.9	4.9	4.3	0.88	0.45	0.01	0.01	0.04	0.213	0.089	0.089	84	27	4	9	20	41	19	5.0		
釜谷沖	上層	27.2	0.66	6.9	28.5	8.6	35.8	120	8.0	17	10.0	6.2	5.2	4.1	0.90	0.43	<0.01	<0.01	0.03	0.191	0.071	0.057	100	34	5	9	20	41	18	3.9		
	下層	26.2	0.47	6.1	28.5	8.8	35.7	109	7.4	29	10.7	6.2	5.2	4.2	1.00	0.42	<0.01	<0.01	0.03	0.233	0.074	0.063	98	25	4	9	20	42	18	4.0		
神宮橋	上層	26.3	0.41	1.8	27.9	8.0	45.1	127	7.3	36	11.1	6.8	5.1	4.2	0.97	0.42	<0.01	<0.01	0.03	0.316	0.160	0.085	110	55	5	10	22	65	19	3.4		
	下層	26.2	0.47	1.4	27.9	8.4	45.3	105	7.3	41	11.5	6.7	5.2	4.2	1.06	0.43	<0.01	<0.01	0.04	0.334	0.134	0.087	110	47	6	10	20	65	19	3.5		
外浪芝浦	上層	26.6	0.47	1.4	28.0	7.3	48.2	136	6.2	18	7.6	5.6	4.4	3.8	0.82	0.62	0.06	0.05	0.13	0.190	0.094	0.095	44	50	6	9	21	73	21	3.9		
	下層	26.2	0.47	1.4	28.0	7.5	48.9	125	6.0	18	7.7	5.7	4.5	3.7	0.83	0.85	0.06	0.05	0.13	0.172	0.094	0.095	44	41	6	10	21	74	21	3.9		
息栖	上層	27.4	0.65	4.7	28.5	7.5	48.9	120	7.3	13	8.1	6.0	4.5	3.8	0.68	0.39	0.01	<0.01	0.04	0.160	0.068	0.039	60	45	6	10	21	74	22	3.6		
	下層	26.2	0.65	4.7	28.4	8.0	48.8	105	7.0	14	7.9	6.1	4.4	3.9	0.62	0.39	<0.01	<0.01	0.04	0.149	0.067	0.039	59	50	7	10	22	76	23	3.5		

令和元年8月23日

表6 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(9月)

地点名		水深	透明度	水温	pH	EC	ORP	DO	SS	COD	β-COD	TOC	DOC	TN	DTN	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	TP	DTP	PO ₄ -P	chl-a	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	SRSI
掛馬沖	採水層																												
	上層	3.8	0.39	25.8	8.2	31.9	165	9.6	22	8.0	5.6	5.6	3.4	1.09	0.80	0.30	<0.01	0.02	0.139	0.054	0.021	59	31	6.0	7.2	21	41	21	3.4
木原沖	下層			25.0	8.3	32.5	173	7.1	18	6.9	5.5	4.2	3.4	0.96	0.81	0.33	<0.01	0.04	0.119	0.048	0.024	35	28	7.6	7.6	20	41	22	3.0
	上層	5.3	0.40	25.3	7.2	32.0	190	8.5	20	7.8	6.0	5.4	3.7	1.27	0.96	0.39	<0.01	0.03	0.145	0.065	0.033	46	30	5.9	7.0	18	40	21	3.3
牛込沖	下層			24.9	7.4	32.0	195	6.5	32	7.3	5.6	4.0	3.4	1.11	0.95	0.42	<0.01	0.04	0.174	0.064	0.038	26	25	5.5	7.2	21	40	21	<0.1
	上層	6.1	0.42	25.3	6.9	32.5	195	7.6	18	7.4	5.9	4.8	3.7	1.24	1.07	0.42	<0.01	0.03	0.150	0.073	0.047	31	37	5.0	7.2	22	41	20	3.2
高浜沖	下層			25.0	7.0	32.3	194	6.8	20	6.8	5.7	4.2	3.5	1.11	1.05	0.44	<0.01	0.05	0.147	0.085	0.053	22	32	6.2	7.7	21	41	21	3.3
	上層	4.1	0.45	25.3	6.9	28.4	182	7.4	19	8.3	5.8	4.9	3.7	1.08	0.92	0.36	0.04	0.03	0.143	0.047	0.022	56	26	7.5	7.2	19	33	20	2.0
玉蓮沖	下層			25.3	7.1	28.3	182	6.9	24	8.6	6.1	5.1	3.8	1.18	0.95	0.36	0.04	0.04	0.158	0.048	0.023	53	28	5.0	7.3	18	33	20	2.0
	上層	6.4	0.41	25.1	7.0	30.8	208	8.0	22	7.8	5.8	4.7	3.6	1.11	0.98	0.37	0.03	0.05	0.153	0.066	0.038	39	24	6.4	6.9	22	36	20	2.5
湖心	下層			25.1	7.0	31.8	206	7.1	33	7.8	5.9	4.6	3.6	1.24	1.08	0.41	0.02	0.08	0.197	0.079	0.052	36	37	6.6	7.2	18	39	20	2.9
	上層	5.8	0.30	25.0	7.0	33.1	212	6.5	31	7.6	5.9	4.1	3.6	1.13	0.98	0.42	<0.01	0.03	0.189	0.089	0.062	31	27	5.0	8.1	19	43	20	3.3
西の洲沖	下層			24.9	7.4	33.3	196	6.6	33	7.8	5.6	4.2	3.5	1.18	0.97	0.42	<0.01	0.04	0.211	0.092	0.063	30	29	6.6	7.3	20	43	20	3.2
	上層	5.3	0.46	24.8	7.6	34.4	154	6.9	20	7.5	5.6	4.2	3.5	1.03	0.82	0.33	<0.01	0.03	0.170	0.095	0.069	30	36	6.9	7.9	21	46	20	3.4
麻生沖	下層			24.8	7.6	34.5	149	6.5	22	7.4	5.8	4.1	3.5	1.01	0.83	0.33	<0.01	0.03	0.178	0.095	0.069	28	32	5.0	7.5	19	46	20	3.2
	上層	1.5	0.42	24.6	7.6	38.2	84	7.7	25	8.3	6.2	5.0	3.9	0.91	0.63	0.12	<0.01	0.03	0.156	0.054	0.032	54	34	7.8	8.6	21	51	20	3.6
土浦沖	下層			24.6	7.8	38.4	80	7.6	24	7.8	6.3	5.1	3.8	0.89	0.58	0.12	<0.01	0.03	0.157	0.053	0.032	58	32	6.0	7.9	21	50	19	3.6
	上層	2.7	0.40	26.0	7.9	30.5	184	8.1	16	7.2	4.8	4.8	3.1	2.16	1.96	1.15	0.02	0.02	0.148	0.046	0.022	58	27	6.2	6.6	21	32	25	7.8
山王川沖	下層			25.3	7.8	30.4	193	6.7	16	6.4	4.2	3.8	3.1	2.21	2.02	1.29	0.02	0.07	0.128	0.047	0.028	31	27	5.9	6.7	23	34	24	8.1
	上層	1.8	0.42	25.8	7.1	22.0	193	6.5	28	9.1	4.7	4.8	3.3	2.03	1.43	0.77	0.03	0.09	0.193	0.037	0.014	97	20	4.4	5.4	16	14	18	8.2
安塚沖	下層			25.5	7.2	21.3	190	5.8	33	9.5	4.7	4.6	3.4	2.03	1.52	0.77	0.04	0.12	0.222	0.039	0.017	89	16	4.0	5.0	17	14	18	8.1
	上層	1.8	0.42	24.6	7.6	28.4	111	7.6	20	8.0	4.3	3.9	2.9	4.23	3.98	2.61	0.05	0.02	0.189	0.052	0.034	97	22	4.6	9.0	21	23	20	12.0
阿玉沖	下層			24.6	7.8	28.8	108	6.7	21	8.0	4.4	3.9	2.9	4.13	3.76	2.69	0.05	0.03	0.180	0.051	0.035	93	20	4.3	9.0	19	23	20	13.0
	上層	3.7	0.46	24.8	7.6	28.1	112	6.4	26	9.0	5.0	5.1	3.5	2.88	2.46	1.51	0.10	0.05	0.195	0.068	0.045	100	16	6.8	8.7	19	24	18	9.4
武井沖	下層			24.7	7.9	28.2	101	6.9	27	9.2	5.2	4.9	3.6	2.79	2.44	1.46	0.10	0.06	0.201	0.066	0.047	99	23	4.6	8.6	20	24	19	9.4
	上層	7.0	0.53	25.1	7.6	33.2	114	6.6	18	9.2	5.6	5.1	3.9	1.22	0.69	0.08	0.06	0.04	0.200	0.085	0.063	93	25	5.2	8.9	20	36	17	4.3
釜谷沖	下層			25.1	8.1	33.1	104	7.2	19	9.3	5.5	5.2	3.9	1.13	0.70	0.08	0.06	0.05	0.205	0.089	0.063	100	34	5.4	9.3	18	36	17	4.3
	上層	6.1	0.55	25.1	7.7	34.9	103	6.2	18	9.5	5.8	5.2	4.0	0.90	0.56	<0.01	<0.01	0.02	0.169	0.074	0.048	81	37	5.0	9.6	19	41	17	2.6
神宮橋	下層			25.0	8.1	34.9	97	5.8	20	9.2	5.4	5.2	4.0	1.01	0.49	<0.01	<0.01	0.02	0.188	0.070	0.049	83	27	4.5	9.5	19	41	18	2.6
	上層	1.9	0.39	24.6	7.3	38.4	116	5.8	36	10.6	5.8	5.2	4.0	1.14	0.51	<0.01	<0.01	0.04	0.234	0.081	0.055	83	45	6.3	9.9	22	51	18	2.8
外浪波浦	下層			24.6	7.8	38.5	106	7.5	31	10.5	5.9	5.3	4.1	0.81	0.49	<0.01	<0.01	0.03	0.223	0.080	0.055	79	45	6.0	10.0	21	51	18	2.9
	上層	1.4	0.44	25.2	7.6	38.4	106	7.5	22	8.3	5.6	5.2	3.8	1.03	0.68	0.21	<0.01	0.03	0.168	0.066	0.047	49	29	7.3	8.8	21	54	20	2.7
息栖	下層			25.2	7.9	38.3	95	7.9	26	8.7	5.4	5.0	3.8	1.02	0.69	0.21	<0.01	0.03	0.181	0.069	0.047	48	31	5.9	8.7	20	54	20	2.7
	上層	4.6	0.66	25.1	8.5	38.2	71	8.7	12	8.0	6.1	5.1	3.8	0.92	0.67	0.14	<0.01	0.03	0.135	0.055	0.034	48	46	8.8	7.7	21	54	20	2.4
	下層			24.6	8.3	38.1	85	7.7	16	7.6	6.1	4.6	3.8	0.90	0.68	0.15	<0.01	0.03	0.132	0.057	0.035	40	46	5.4	8.6	21	54	20	2.5

令和元年9月25日

表7 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(10月)

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		20.2	0.24	4.2	18.3	7.7	21.2	174	8.2	20	6.3	4.6	3.4	2.6	1.54	1.35	1.09	0.01	<0.02	0.147	0.074	0.040	12	14	5.6	4.5	15	19	16	6.5
	下層					17.7	7.9	21.2	168	7.6	41	7.1	4.5	3.0	2.5	1.51	1.43	1.10	0.01	0.02	0.189	0.074	0.043	6	14	4.4	4.1	13	18	16	6.6
木原沖	上層		19.6	0.18	5.8	18.2	7.5	25.4	159	8.3	27	6.9	5.3	3.4	2.8	1.32	1.08	0.81	<0.01	<0.02	0.177	0.092	0.063	13	27	4.8	5.1	15	27	17	4.9
	下層					17.7	8.0	25.9	160	7.9	78	9.0	5.4	3.5	3.0	1.54	1.07	0.81	<0.01	0.02	0.247	0.077	0.049	9	20	4.6	5.2	15	28	17	5.1
牛込沖	上層		19.3	0.19	6.5	18.1	7.3	28.3	169	8.1	31	7.3	5.4	3.6	3.1	1.21	1.00	0.68	<0.01	<0.02	0.196	0.100	0.082	9	26	5.4	6.3	16	34	18	4.3
	下層					17.8	7.7	29.1	166	7.6	34	7.4	5.3	3.4	3.1	1.17	1.07	0.69	<0.01	0.02	0.203	0.098	0.063	7	26	5.6	5.8	14	34	18	4.4
高浜沖	上層		18.4	0.34	4.5	17.9	7.5	21.0	171	8.1	15	7.0	4.8	4.0	3.0	1.82	1.49	1.19	0.02	<0.02	0.142	0.070	0.039	16	13	4.2	4.5	13	20	14	4.3
	下層					17.7	7.7	21.9	169	7.6	18	6.7	5.0	3.7	3.0	1.75	1.59	1.19	0.02	<0.02	0.144	0.073	0.043	12	15	4.7	4.2	13	20	15	4.3
玉造沖	上層		18.0	0.39	7.0	17.8	7.6	23.2	177	7.8	16	6.9	4.9	3.8	3.0	1.84	1.68	1.25	0.02	<0.02	0.140	0.069	0.039	13	16	4.9	5.0	13	22	15	4.2
	下層					17.7	7.8	23.4	165	7.2	17	6.8	5.0	3.8	2.9	1.85	1.59	1.23	0.02	<0.02	0.140	0.069	0.040	13	17	5.3	4.8	15	22	16	4.2
湖心	上層		16.4	0.21	6.3	17.8	7.7	28.6	167	7.8	26	7.1	5.2	3.5	3.1	1.27	1.07	0.69	<0.01	<0.02	0.191	0.102	0.066	10	27	6.3	5.0	16	35	18	4.0
	下層					17.8	7.8	29.5	162	8.0	26	7.0	5.5	3.5	3.1	1.23	1.04	0.70	<0.01	0.02	0.189	0.102	0.066	7	32	4.6	5.9	14	36	18	4.0
西の洲沖	上層		16.6	0.19	5.9	17.7	8.1	30.1	189	7.8	40	7.8	5.5	3.6	3.2	1.26	0.99	0.67	<0.01	0.02	0.214	0.097	0.064	8	28	4.9	6.0	15	36	18	4.2
	下層					17.8	8.1	30.1	182	7.7	38	7.5	5.6	3.6	3.1	1.26	1.06	0.67	<0.01	0.02	0.219	0.099	0.065	9	31	5.4	6.2	15	36	18	4.2
麻生沖	上層		20.5	0.26	1.9	18.8	8.0	31.4	47	8.1	52	8.1	5.6	3.8	3.2	1.33	0.92	0.64	<0.01	<0.02	0.246	0.088	0.060	9	28	5.5	6.0	16	38	18	4.6
	下層					18.3	8.1	31.2	48	8.1	48	7.3	5.5	3.8	3.2	1.24	0.95	0.64	<0.01	<0.02	0.242	0.091	0.061	12	37	5.4	6.2	15	39	19	4.6
土浦沖	上層		20.4	0.56	2.9	18.4	7.4	22.5	180	7.6	10	4.0	3.3	2.3	2.0	2.32	2.23	1.86	0.01	0.07	0.112	0.060	0.040	3	10	4.3	4.7	17	14	21	11.0
	下層					17.6	7.4	22.0	178	7.2	10	4.1	3.5	2.3	2.1	2.30	2.23	1.80	0.01	0.11	0.127	0.066	0.046	2	10	4.5	4.1	17	15	21	10.0
山王川沖	上層		18.6	0.38	2.0	17.5	7.3	19.0	178	6.6	14	5.4	4.3	3.1	2.4	2.40	2.12	1.67	0.03	0.13	0.151	0.068	0.041	11	7	3.2	2.4	9.4	6	10	7.3
	下層					17.2	7.5	19.2	175	6.5	16	5.4	4.2	2.8	2.4	2.39	2.17	1.73	0.03	0.15	0.154	0.067	0.042	4	5	4.4	2.6	10	6	10	7.6
安塚沖	上層		20.0	0.61	2.1	17.5	7.7	29.3	90	7.0	12	4.6	3.7	2.5	2.3	6.16	5.94	4.02	0.03	0.15	0.131	0.061	0.044	1	11	4.4	6.2	18	19	22	11.0
	下層					17.0	7.8	28.9	71	6.8	12	4.8	3.5	2.7	2.2	5.53	5.25	3.89	0.03	0.17	0.133	0.063	0.044	1	17	5.1	6.4	17	18	21	11.0
阿玉沖	上層		20.0	0.50	4.2	17.7	7.5	16.7	75	6.1	18	5.5	3.9	2.7	2.4	3.24	3.17	2.55	0.04	0.20	0.166	0.077	0.053	3	9	4.6	4.0	10	11	12	6.9
	下層					17.4	7.4	8.3	76	6.2	20	5.9	4.1	2.8	2.4	3.11	3.07	2.40	0.05	0.19	0.176	0.077	0.052	3	8	4.1	3.4	10	11	11	6.6
武井沖	上層		20.0	0.61	7.6	18.3	7.6	28.8	66	6.8	14	6.4	4.6	3.9	3.1	2.02	1.79	1.39	0.02	0.02	0.138	0.074	0.051	12	21	5.1	6.3	16	28	16	4.7
	下層					18.1	7.7	27.3	65	6.4	20	6.7	4.7	3.9	3.2	1.98	1.84	1.29	0.02	0.02	0.149	0.071	0.052	13	21	5.1	6.3	15	28	16	4.5
釜谷沖	上層		21.0	0.92	6.9	18.6	8.0	30.7	51	7.4	10	6.9	4.9	4.3	3.5	1.31	1.16	0.73	0.02	0.02	0.115	0.064	0.043	16	20	4.0	7.0	17	34	16	2.1
	下層					18.4	8.0	30.8	51	7.8	13	6.8	4.8	4.2	3.5	1.43	1.15	0.72	0.02	0.02	0.118	0.066	0.044	12	26	4.9	6.9	16	34	16	2.1
神宮橋	上層		20.0	0.59	2.3	18.6	8.1	32.2	50	7.6	19	7.5	5.2	4.6	3.2	1.30	0.98	0.51	0.01	0.03	0.130	0.054	0.030	20	27	4.5	7.5	17	37	16	2.0
	下層					18.6	8.2	32.1	51	7.9	22	7.9	5.2	4.3	3.2	1.18	0.99	0.51	0.01	0.03	0.135	0.052	0.030	22	33	6.0	7.7	18	37	16	2.0
外浪芝浦	上層		20.0	0.30	2.0	18.3	7.8	31.8	48	7.6	42	7.4	5.0	3.7	3.2	1.31	0.98	0.62	0.01	0.02	0.219	0.085	0.056	10	39	5.2	6.1	17	40	18	4.6
	下層					18.1	7.9	31.9	50	7.2	55	8.1	4.8	3.8	3.2	1.30	0.99	0.62	0.01	0.02	0.252	0.084	0.059	11	32	4.6	6.3	17	40	18	4.7
息栖	上層		20.0	0.43	5.1	18.3	8.0	32.1	60	7.6	28	7.2	4.9	4.1	3.5	1.20	0.94	0.56	0.01	0.02	0.184	0.079	0.052	12	27	5.8	6.2	16	40	17	4.1
	下層					18.3	8.0	31.7	60	7.4	34	7.3	5.0	4.4	3.5	1.18	0.94	0.55	0.01	0.02	0.190	0.078	0.052	10	25	6.1	6.3	15	40	17	4.2

令和元年10月31日

表8 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(11月)

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)	p-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)	Oli _{la} (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	9.2	0.36	4.1	12.1	7.8	21.6	182	9.8	14	5.5	4.2	3.1	2.3	1.52	1.37	1.05	0.02	0.07	0.101	0.045	0.025	15	15	2.8	5.2	17	20	19	6.8
	下層	11.7	7.8	23.3	17.9	9.7	23.3	179	9.7	20	5.6	4.0	2.9	2.3	1.55	1.34	1.08	0.02	0.07	0.106	0.043	0.022	10	14	3.6	5.1	16	20	19	7.0
木原沖	上層	8.1	0.30	5.5	11.9	7.5	22.4	178	9.5	23	6.3	4.7	3.2	2.5	1.40	1.24	0.89	0.02	0.05	0.131	0.056	0.032	13	18	3.9	6.0	16	23	18	6.2
	下層	11.9	7.8	24.3	17.6	9.2	24.3	176	9.2	54	7.6	4.6	3.2	2.5	1.51	1.27	0.88	0.02	0.06	0.179	0.051	0.032	12	18	3.9	5.7	16	23	18	6.2
牛込沖	上層	8.2	0.28	6.4	11.9	7.6	25.0	180	9.5	26	6.5	4.7	3.4	2.7	1.43	1.14	0.79	0.03	0.05	0.137	0.058	0.038	14	22	4.5	6.2	16	29	18	5.5
	下層	12.1	7.7	26.2	18.1	9.3	26.2	181	9.3	30	6.8	4.8	3.3	2.7	1.36	1.13	0.79	0.03	0.05	0.153	0.057	0.039	15	18	4.2	5.7	17	28	18	5.6
高浜沖	上層	8.0	0.62	4.2	11.5	7.7	21.5	162	9.9	11	6.0	4.2	3.5	2.6	1.72	1.57	1.21	0.02	0.02	0.068	0.015	0.003	29	17	4.0	4.9	14	20	16	5.1
	下層	11.6	8.4	21.4	16.1	10.0	21.4	161	10.0	14	6.2	4.2	3.5	2.6	1.79	1.47	1.21	0.02	0.02	0.075	0.015	0.003	31	13	2.9	5.5	15	20	15	5.2
玉蓮沖	上層	8.0	0.61	6.9	11.7	7.9	23.9	164	9.6	12	6.0	4.3	3.5	2.6	1.53	1.45	1.12	0.03	0.04	0.088	0.030	0.017	20	23	4.3	5.3	16	24	16	5.6
	下層	11.8	8.0	23.1	16.2	9.0	23.1	162	9.0	53	8.5	4.3	4.2	2.5	2.03	1.56	1.24	0.02	0.04	0.171	0.023	0.012	34	20	3.6	4.7	14	21	16	6.0
湖心	上層	7.5	0.32	6.0	12.0	7.8	27.5	167	9.3	20	6.2	5.0	3.3	2.8	1.36	1.17	0.75	0.06	0.02	0.122	0.056	0.039	13	22	4.9	6.6	16	33	18	5.4
	下層	12.2	8.3	29.3	15.1	9.4	29.3	151	9.4	19	6.3	5.1	3.4	2.8	1.30	1.10	0.74	0.06	0.02	0.125	0.057	0.039	9	26	4.0	6.6	16	33	18	5.5
西の洲沖	上層	6.2	0.30	5.6	11.9	8.1	47.4	180	9.5	24	7.2	5.1	3.9	3.2	1.26	1.08	0.76	0.04	0.05	0.131	0.056	0.037	11	19	4.3	6.1	17	32	18	5.3
	下層	11.9	8.1	29.5	17.5	9.4	29.5	175	9.4	24	6.6	5.0	3.6	2.9	1.31	1.13	0.76	0.04	0.04	0.136	0.057	0.037	8	22	4.4	6.7	16	31	18	5.3
麻生沖	上層	10.5	0.35	1.7	11.3	7.4	27.5	116	10.3	25	7.1	5.3	3.8	2.9	1.28	1.06	0.68	0.05	0.04	0.145	0.058	0.037	17	28	4.2	6.8	17	39	18	6.2
	下層	11.3	7.8	30.9	10.2	10.3	30.9	102	10.3	28	6.1	5.0	3.8	2.9	1.28	1.06	0.67	0.04	0.04	0.153	0.052	0.038	17	24	4.2	6.7	18	39	18	6.0
土浦沖	上層	9.4	0.38	2.6	12.3	7.8	23.2	178	9.4	15	4.9	3.8	3.3	2.3	2.02	1.66	1.27	0.02	0.12	0.114	0.042	0.027	22	16	3.6	5.3	19	19	20	8.3
	下層	12.0	7.8	24.1	18.0	8.7	24.1	180	8.7	14	4.7	3.8	2.8	2.2	1.86	1.71	1.33	0.02	0.15	0.108	0.042	0.028	10	10	4.3	5.7	18	20	21	8.5
山王川沖	上層	8.2	0.48	1.8	10.8	7.2	16.5	180	8.7	16	4.6	3.5	2.5	1.9	2.66	2.40	2.06	0.02	0.11	0.108	0.030	0.022	16	8	2.0	4.2	13	8	14	10.0
	下層	11.0	7.7	17.2	17.8	8.8	17.2	178	8.8	17	4.7	3.4	2.6	1.9	2.47	2.46	2.07	0.02	0.12	0.107	0.028	0.022	15	7	2.6	4.8	14	8	15	10.0
安塚沖	上層	8.5	0.55	2.0	10.5	8.2	51.1	126	8.7	14	4.1	3.1	2.1	1.7	5.74	5.37	4.25	0.03	0.16	0.113	0.041	0.040	2	14	4.0	7.7	18	19	21	11.0
	下層	10.4	8.0	26.2	13.2	8.8	26.2	132	8.8	14	4.4	3.0	2.1	1.8	5.70	5.31	4.24	0.03	0.16	0.116	0.044	0.038	3	16	3.7	7.6	19	19	21	11.0
阿玉沖	上層	9.0	0.45	4.1	11.4	7.3	22.3	131	8.9	26	5.5	3.5	2.6	2.0	3.79	3.70	3.04	0.04	0.20	0.146	0.045	0.035	11	16	3.0	6.5	15	17	16	9.1
	下層	11.5	7.5	22.8	12.5	8.9	22.8	125	8.9	26	5.6	3.5	2.6	2.0	3.84	3.81	3.07	0.04	0.21	0.147	0.045	0.036	13	17	3.4	6.4	15	17	16	9.1
武井沖	上層	9.0	0.74	7.5	12.5	7.5	24.1	119	8.4	12	5.2	3.9	3.4	2.6	2.15	2.08	1.60	0.03	0.12	0.084	0.028	0.021	17	20	2.9	7.0	15	24	16	5.9
	下層	12.7	7.8	25.6	11.3	10.7	25.6	113	10.7	13	5.1	3.9	3.4	2.6	2.09	2.00	1.58	0.03	0.12	0.084	0.028	0.021	14	18	3.6	6.4	15	24	15	6.0
釜谷沖	上層	10.0	0.77	6.7	12.3	7.6	20.7	114	9.0	12	5.6	4.1	3.6	2.9	1.61	1.49	1.06	0.03	0.13	0.077	0.024	0.016	22	21	3.5	7.2	17	28	16	4.6
	下層	12.3	7.8	28.5	10.1	9.0	28.5	101	9.0	14	5.6	4.2	3.7	2.9	1.70	1.52	1.03	0.03	0.13	0.081	0.024	0.016	21	20	3.4	7.6	16	28	15	4.5
神宮橋	上層	10.5	0.50	2.2	11.4	7.6	29.3	115	9.7	20	6.9	4.4	4.1	3.1	1.28	0.97	0.59	0.03	0.08	0.100	0.028	0.011	33	25	4.0	8.6	17	33	16	3.7
	下層	11.4	7.8	30.0	10.1	9.6	30.0	101	9.6	20	6.8	4.6	4.1	3.1	1.22	1.05	0.59	0.03	0.09	0.092	0.030	0.011	33	26	3.7	7.4	17	33	16	3.7
外浪波浦	上層	10.5	0.36	1.8	11.4	7.5	30.4	110	9.6	30	7.0	4.7	3.6	3.0	1.22	1.02	0.65	0.04	0.05	0.161	0.064	0.041	18	30	4.6	6.4	16	41	18	6.1
	下層	11.5	7.8	28.9	9.8	9.4	28.9	98	9.4	29	7.0	4.5	3.6	2.9	1.26	1.04	0.65	0.04	0.05	0.159	0.070	0.041	16	26	3.6	7.0	18	41	18	6.1
息栖	上層	10.0	0.39	5.1	11.7	7.4	31.7	98	9.5	19	6.7	4.5	3.5	3.0	1.10	0.99	0.59	0.03	0.06	0.127	0.060	0.037	19	24	4.9	7.3	16	43	18	6.5
	下層	11.8	7.7	32.8	9.4	9.3	32.8	94	9.3	19	6.6	4.5	3.6	2.9	1.14	1.01	0.62	0.03	0.07	0.128	0.059	0.038	16	27	3.9	6.4	17	42	17	6.0

令和元年11月29日

表9 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(12月)

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		10.8	0.42	4.0	9.4	7.8	25.5	182	10.8	13	5.1	4.1	3.0	2.3	1.48	1.43	1.07	0.02	0.02	0.087	0.045	0.017	18	17	4.7	6.5	15	21	22	7.1
	下層					9.0	7.9	27.1	165	10.7	14	5.2	4.1	2.9	2.3	1.75	1.38	1.09	0.02	0.02	0.085	0.042	0.016	18	16	4.3	5.9	14	20	21	6.6
木原沖	上層		11.0	0.48	5.5	9.4	6.9	25.4	190	10.5	16	5.9	4.7	3.4	2.6	1.43	1.23	0.86	0.02	0.02	0.100	0.053	0.024	20	21	5.0	6.8	15	29	22	5.0
	下層					9.2	7.4	26.5	187	10.3	30	6.3	4.8	3.4	2.6	1.41	1.29	0.86	0.02	0.03	0.135	0.056	0.025	19	22	5.1	7.1	15	31	23	5.2
牛込沖	上層		9.2	0.52	6.4	9.2	7.1	26.1	194	10.5	12	5.6	4.4	3.4	2.5	1.42	1.32	0.88	0.02	0.02	0.098	0.047	0.021	20	21	5.1	7.0	16	29	23	5.5
	下層		9.2			9.1	7.3	26.3	191	10.6	11	5.6	4.5	3.3	2.5	1.39	1.31	0.87	0.02	0.02	0.085	0.047	0.021	19	21	5.1	7.1	16	29	23	5.6
高浜沖	上層		7.9	0.69	4.2	9.2	8.1	22.1	177	11.9	11	6.2	4.3	3.7	2.5	2.11	1.66	1.24	0.02	0.03	0.082	0.023	0.004	54	17	4.7	6.8	15	22	21	5.0
	下層					9.2	8.3	23.5	169	11.6	14	6.5	4.2	3.9	2.5	1.95	1.68	1.25	0.02	0.03	0.091	0.022	0.003	46	16	4.4	6.3	14	19	18	5.0
玉造沖	上層		7.6	0.59	6.8	9.3	7.0	23.0	194	11.0	10	6.0	4.4	3.7	2.6	1.67	1.45	0.99	0.02	0.03	0.089	0.033	0.009	38	19	4.7	6.6	14	25	19	5.0
	下層					9.3	7.3	27.4	188	9.9	17	5.9	4.7	3.7	2.7	1.41	1.27	0.84	0.02	0.04	0.118	0.048	0.022	19	24	5.5	7.5	16	34	23	5.2
湖心	上層		7.1	0.52	6.1	9.3	7.5	27.5	197	10.0	13	5.9	5.0	3.3	2.7	1.30	1.11	0.76	0.02	0.02	0.106	0.061	0.031	16	25	5.3	7.3	16	35	23	5.2
	下層					9.3	7.7	28.3	184	10.2	15	6.0	4.7	3.5	2.7	1.28	1.10	0.76	0.02	0.02	0.117	0.062	0.031	16	25	5.2	7.3	15	35	23	5.3
西の洲沖	上層		6.7	0.50	5.6	9.2	8.0	29.9	177	10.2	14	5.9	4.9	3.4	2.7	1.30	1.16	0.76	0.03	0.03	0.114	0.062	0.032	17	22	4.8	6.7	14	31	21	5.4
	下層					9.2	7.9	28.4	175	10.0	15	6.0	4.8	3.6	2.7	1.25	1.12	0.76	0.02	0.03	0.110	0.062	0.032	16	25	5.2	7.2	15	35	23	5.3
麻生沖	上層		7.0	0.60	1.7	9.2	7.7	33.6	150	11.1	15	6.1	4.8	3.9	2.8	1.24	1.14	0.73	0.02	0.02	0.112	0.045	0.023	25	27	5.3	7.6	16	39	23	5.4
	下層					9.2	7.9	33.1	143	11.0	17	5.8	4.8	3.9	2.8	1.32	1.09	0.73	0.02	0.03	0.127	0.051	0.022	25	26	5.2	7.4	16	38	23	5.5
土浦沖	上層		14.6	0.63	2.7	10.0	7.3	27.0	182	10.4	9	4.3	3.5	2.8	2.1	2.36	2.13	1.66	0.02	0.08	0.096	0.043	0.019	18	21	6.0	7.0	19	26	31	8.8
	下層					9.6	7.4	27.7	183	10.1	12	4.5	3.5	2.7	2.1	2.23	1.89	1.67	0.02	0.08	0.098	0.043	0.019	15	20	5.4	7.1	19	25	29	8.8
山王川沖	上層		8.8	0.70	1.9	9.5	8.2	20.3	172	12.7	12	4.9	3.0	2.6	1.6	2.81	2.56	2.06	0.02	0.04	0.086	0.020	0.004	54	13	3.4	6.3	15	11	23	10.0
	下層					9.4	8.3	20.6	170	12.5	13	5.1	2.9	2.7	1.6	2.80	2.52	2.07	0.02	0.04	0.073	0.018	0.004	56	12	3.1	5.9	14	10	21	10.0
安塚沖	上層		10.5	1.40	2.0	10.8	7.1	33.3	136	9.3	8	3.0	1.8	1.5	1.1	7.82	7.49	4.31	0.05	0.10	0.084	0.038	0.026	3	22	4.8	11.0	22	29	29	13.0
	下層					10.2	7.2	33.7	132	9.4	5	2.7	1.9	1.4	1.2	7.39	7.35	4.30	0.05	0.09	0.083	0.038	0.024	5	22	4.8	11.0	21	30	29	14.0
阿玉沖	上層		9.0	0.91	3.5	9.3	7.6	28.8	126	11.5	6	4.1	2.4	2.2	1.5	6.08	6.05	3.57	0.04	0.02	0.071	0.022	0.006	37	19	4.9	9.9	20	26	26	11.0
	下層					9.3	7.7	29.7	126	11.3	9	3.8	2.5	2.1	1.5	5.98	5.93	3.67	0.04	0.02	0.071	0.020	0.006	27	17	4.5	9.2	18	23	24	11.0
武井沖	上層		11.0	0.92	7.2	9.7	7.6	24.9	140	11.4	9	5.7	3.8	3.4	2.5	2.55	2.28	1.72	0.03	0.02	0.067	0.017	0.002	44	19	4.7	8.0	15	26	21	5.7
	下層					9.7	7.7	25.7	134	10.9	9	5.2	3.5	3.3	2.4	2.39	2.28	1.84	0.03	0.02	0.064	0.017	0.001	40	19	4.8	8.1	15	26	21	6.1
釜谷沖	上層		8.4	0.90	6.4	9.8	8.0	28.8	125	12.1	11	6.5	4.3	4.0	2.8	1.73	1.52	1.06	0.02	0.03	0.075	0.021	0.002	61	22	4.8	8.4	16	30	21	4.1
	下層					9.8	8.2	27.1	122	11.4	11	6.3	4.2	3.9	2.8	1.68	1.54	1.06	0.02	0.02	0.063	0.019	0.002	54	22	4.7	8.3	15	30	21	4.1
神宮橋	上層		8.3	0.65	2.2	9.5	8.3	33.0	121	12.1	18	7.4	4.9	4.5	3.0	1.33	0.96	0.49	0.02	0.03	0.106	0.025	0.004	69	32	5.2	9.4	18	46	23	3.6
	下層					9.5	8.5	33.8	115	12.2	19	7.6	5.0	4.5	3.0	1.25	0.92	0.49	0.02	0.03	0.114	0.027	0.004	68	31	5.1	9.4	17	44	23	3.6
外浪芝浦	上層		8.0	0.63	1.7	9.5	6.9	34.5	163	10.7	12	6.3	4.4	3.8	2.8	1.31	1.07	0.69	0.02	0.03	0.104	0.043	0.019	26	39	5.9	9.1	20	60	25	6.5
	下層					9.5	7.1	36.9	156	10.3	12	6.4	4.6	3.7	2.9	1.27	1.04	0.68	0.02	0.04	0.104	0.041	0.019	25	39	6.4	9.1	16	61	26	6.5
息栖	上層		8.0	0.75	4.8	9.7	7.1	38.0	152	10.8	10	6.2	4.5	3.8	2.9	1.16	1.11	0.67	0.02	0.02	0.083	0.042	0.017	28	40	6.7	9.2	19	64	26	6.5
	下層					9.7	7.3	38.8	144	10.7	9	5.9	4.6	3.8	2.9	1.18	1.11	0.68	0.02	0.02	0.094	0.042	0.018	25	40	6.0	9.3	17	64	26	6.8

令和元年12月18日

表10 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(1月)

地点名		水深	透明度	水温	pH	EC	ORP	DO	SS	COD	β-COD	TOC	DOC	TN	DTN	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	TP	DTP	PO ₄ -P	chl-a	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	SRSI
掛馬沖	採水層																												
	上層	4.2	0.13	9.2	7.8	18.6	185	10.9	50	8.3	4.7	3.7	2.6	1.61	1.40	1.01	0.01	0.08	0.286	0.092	0.030	18	13	3.2	5.2	13	16	18	4.3
木原沖	下層			7.7	8.1	26.3	173	11.6	16	5.9	4.2	3.7	2.4	1.31	1.18	0.88	0.01	<0.02	0.081	0.024	0.005	47	21	3.9	6.2	17	25	24	5.6
	上層	5.8	0.57	8.0	8.3	27.0	168	12.5	13	5.8	4.4	3.9	2.6	1.15	0.94	0.61	<0.01	<0.02	0.077	0.027	0.005	42	22	4.1	6.6	15	27	23	5.4
牛込沖	下層			7.3	8.4	26.9	171	11.6	14	5.9	4.4	3.9	2.6	1.11	0.95	0.63	<0.01	<0.02	0.090	0.025	0.005	45	20	3.9	6.0	15	25	22	4.9
	上層	6.7	0.53	7.3	7.0	26.9	177	12.3	13	5.9	4.2	3.8	2.6	1.08	0.92	0.63	<0.01	<0.02	0.075	0.025	0.005	47	20	3.8	6.2	15	26	22	5.4
高浜沖	下層			7.1	7.5	27.0	189	11.4	19	6.4	4.1	3.8	2.5	1.16	1.02	0.72	0.01	<0.02	0.088	0.026	0.006	28	21	4.1	6.3	16	26	24	5.7
	上層	4.5	0.77	7.9	7.7	25.9	191	11.7	8	6.0	4.3	3.7	2.6	1.53	1.31	1.06	0.01	<0.02	0.063	0.021	0.003	30	20	3.8	6.6	15	24	21	4.8
玉連沖	下層			7.6	8.1	25.9	184	11.6	19	6.8	4.2	4.0	2.6	1.66	1.43	1.08	0.01	0.02	0.085	0.021	0.003	34	20	3.8	6.6	16	23	21	5.5
	上層	7.2	0.64	8.2	7.4	23.4	199	11.6	9	6.0	4.3	3.5	2.6	1.56	1.44	1.11	0.01	<0.02	0.076	0.025	0.005	24	18	3.5	6.3	15	22	20	6.1
湖心	下層			7.5	7.8	26.6	194	10.8	10	6.0	4.4	3.6	2.6	1.30	1.23	0.93	0.01	0.03	0.068	0.022	0.004	27	21	3.9	6.4	15	26	21	5.7
	上層	6.4	0.69	7.2	8.4	27.7	167	11.5	10	6.3	4.5	3.6	2.6	1.05	0.98	0.66	<0.01	<0.02	0.067	0.022	0.004	33	23	4.1	6.5	15	29	23	5.5
西の洲沖	下層			7.2	8.3	27.7	169	11.0	11	6.0	4.6	3.7	2.6	1.08	0.91	0.66	<0.01	<0.02	0.074	0.022	0.004	30	23	4.0	6.5	15	29	22	5.3
	上層	5.9	0.68	7.3	8.2	26.6	181	11.8	11	6.1	4.4	3.8	2.6	1.03	0.82	0.57	<0.01	<0.02	0.070	0.021	0.004	37	24	4.1	6.5	15	30	23	5.5
麻生沖	下層			7.3	8.2	28.4	175	11.4	12	6.1	4.3	3.7	2.6	0.99	0.93	0.56	<0.01	<0.02	0.072	0.021	0.004	26	23	4.1	6.7	16	30	23	5.8
	上層	2.0	0.67	8.1	8.7	37.0	203	12.2	14	6.8	4.7	4.0	2.8	1.06	0.78	0.43	<0.01	0.02	0.083	0.023	0.004	46	27	3.5	6.4	13	37	19	6.0
土浦沖	下層			8.1	8.7	35.5	194	12.1	14	6.3	4.7	4.0	2.8	0.96	0.77	0.43	<0.01	0.02	0.076	0.025	0.004	38	34	4.5	8.0	17	47	23	6.0
	上層	2.9	0.25	9.4	7.6	24.5	173	10.6	24	6.8	4.9	3.8	2.8	1.90	1.83	1.22	0.02	0.24	0.198	0.062	0.032	23	16	3.5	4.8	13	19	19	6.3
山王川沖	下層			8.9	7.8	23.3	183	10.6	30	7.1	4.9	3.9	2.8	1.92	1.74	1.19	0.02	0.22	0.222	0.070	0.037	22	17	3.9	5.3	15	20	20	6.3
	上層	2.1	0.13	10.1	8.2	16.6	184	9.7	34	7.1	4.7	3.6	2.3	2.23	2.05	1.58	0.02	0.12	0.239	0.078	0.039	18	9	2.3	4.0	10	9	14	7.2
安塚沖	下層			9.1	8.1	17.0	177	9.9	36	7.0	4.5	3.6	2.2	2.16	1.98	1.58	0.02	0.10	0.219	0.058	0.027	15	10	2.3	4.5	12	10	16	7.2
	上層	2.3	0.47	11.6	7.1	18.1	187	7.7	16	6.1	4.4	3.0	2.5	3.79	3.68	3.11	0.03	0.22	0.155	0.067	0.045	3	10	3.7	5.3	12	13	18	7.3
阿玉沖	下層			10.7	7.1	20.6	184	7.8	16	6.1	4.4	2.8	2.4	4.37	4.22	3.51	0.03	0.24	0.148	0.062	0.040	3	11	3.8	5.9	14	14	20	8.6
	上層	4.3	0.73	8.9	7.5	30.5	172	12.3	11	4.5	2.4	2.1	1.4	5.32	5.16	3.98	0.04	<0.02	0.083	0.020	0.007	41	20	3.3	9.9	19	24	24	14.0
武井沖	下層			8.3	7.7	30.3	170	11.0	19	4.8	2.7	2.7	1.5	4.67	4.31	3.68	0.03	0.04	0.102	0.020	0.007	27	19	3.4	9.4	18	24	24	13.0
	上層	7.3	0.80	8.0	7.7	26.6	169	12.1	15	6.5	3.7	3.8	2.4	2.51	2.30	2.02	0.02	<0.02	0.077	0.018	0.003	38	20	3.5	8.0	16	25	21	5.1
釜谷沖	下層			7.8	7.8	27.5	171	11.4	18	6.2	3.8	3.8	2.4	2.57	2.35	1.99	0.02	0.02	0.077	0.018	0.003	32	20	3.5	8.0	17	25	21	5.1
	上層	6.6	0.85	8.1	7.6	23.5	161	11.5	15	6.7	4.2	4.1	2.8	1.83	1.55	1.15	0.02	<0.02	0.069	0.017	0.002	51	20	3.6	7.6	16	26	20	3.0
神宮橋	下層			7.9	7.9	26.9	155	11.0	17	6.7	4.2	4.3	2.7	1.74	1.51	1.18	0.02	0.02	0.065	0.020	0.002	52	19	3.2	7.1	14	24	18	3.0
	上層	2.3	0.62	8.7	7.6	29.3	177	11.4	27	7.5	4.4	4.3	2.8	1.42	1.08	0.73	0.01	<0.02	0.090	0.018	0.003	44	23	3.4	7.3	14	29	19	3.0
外浪浦	下層			8.7	7.8	29.6	171	11.2	29	7.8	4.3	4.5	2.8	1.43	1.03	0.72	0.01	<0.02	0.105	0.018	0.003	54	24	3.5	7.5	15	31	20	3.0
	上層	1.7	0.62	8.3	7.6	36.2	189	11.6	16	6.8	4.3	4.1	2.8	1.13	0.85	0.48	0.01	0.03	0.087	0.025	0.005	38	26	3.2	6.3	12	35	17	6.6
息栖	下層			8.3	7.8	36.9	180	11.4	16	6.7	4.4	4.0	2.8	1.14	0.91	0.48	<0.01	0.04	0.090	0.024	0.004	33	36	4.5	8.3	17	49	23	6.6
	上層	5.0	0.75	8.9	7.6	33.8	144	11.8	13	6.9	4.3	4.1	2.8	1.11	0.79	0.47	0.01	<0.02	0.080	0.025	0.005	44	34	4.6	7.8	16	47	23	5.6
	下層			8.5	7.7	35.8	141	11.5	13	6.9	4.4	3.9	2.7	1.04	0.82	0.48	0.01	<0.02	0.080	0.024	0.005	41	35	4.7	8.3	16	48	24	5.9

令和2年1月30日

表11 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(2月)

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		8.0	0.62	4.2	9.0	8.5	28.4	88	11.3	22	7.1	4.3	4.5	2.5	1.24	0.86	0.53	0.01	<0.02	0.093	0.028	0.006	68	21	3.8	6.3	15	25	24	4.3
	下層					9.0	8.5	28.4	84	9.2	21	7.0	4.3	4.4	2.6	1.34	0.85	0.51	0.01	<0.02	0.092	0.031	0.007	68	21	3.9	6.2	16	26	24	4.0
木原沖	上層		7.6	0.59	5.6	9.0	7.9	25.7	92	11.7	26	7.4	4.8	4.7	2.6	1.16	0.77	0.38	0.01	<0.02	0.116	0.032	0.008	69	20	3.5	5.8	14	25	21	3.8
	下層					9.0	8.1	26.8	91	11.8	27	7.3	4.8	4.7	2.6	1.16	0.72	0.38	<0.01	<0.02	0.111	0.032	0.007	75	19	3.4	5.7	13	24	21	3.8
牛込沖	上層		7.5	0.54	6.6	8.8	7.7	26.2	108	11.1	24	7.0	4.4	4.5	2.5	1.24	0.78	0.47	0.01	0.02	0.116	0.032	0.008	66	22	3.9	6.4	15	27	24	4.2
	下層					8.8	7.9	26.6	106	11.1	24	7.3	4.4	4.4	2.5	1.20	0.80	0.47	0.01	0.02	0.114	0.032	0.007	63	21	4.1	6.4	15	27	24	4.3
高浜沖	上層		7.8	0.76	4.4	9.2	8.4	24.1	107	11.2	19	7.4	4.2	4.2	2.5	1.97	1.51	1.08	0.01	<0.02	0.092	0.027	0.003	71	18	3.5	6.3	15	20	21	5.8
	下層					9.2	8.6	24.2	103	11.4	20	7.2	4.1	4.1	2.5	1.96	1.47	1.07	0.01	<0.02	0.099	0.027	0.003	82	18	3.5	6.4	15	20	21	5.6
玉造沖	上層		7.9	0.73	7.0	9.2	8.0	24.7	104	11.6	17	7.0	4.4	4.3	2.6	1.44	1.03	0.68	0.01	<0.02	0.095	0.026	0.004	74	21	3.8	6.4	15	25	22	4.7
	下層					9.3	8.3	26.2	103	11.0	24	7.1	4.5	4.6	2.5	1.47	1.04	0.68	0.01	0.02	0.110	0.028	0.004	54	20	3.7	6.6	15	25	22	4.8
湖心	上層		7.8	0.62	6.3	8.7	7.7	27.3	114	10.8	28	7.2	4.7	4.6	2.6	1.08	0.74	0.36	<0.01	<0.02	0.123	0.033	0.009	50	23	4.0	6.6	15	29	24	4.1
	下層					8.7	8.1	27.4	107	11.1	30	7.2	4.6	4.6	2.6	1.06	0.66	0.36	<0.01	<0.02	0.133	0.035	0.009	58	22	3.9	6.4	15	28	24	4.3
西の洲沖	上層		8.4	0.65	5.9	9.0	7.3	29.9	122	11.0	22	6.9	4.7	4.6	2.5	1.08	0.77	0.38	<0.01	0.02	0.101	0.027	0.006	64	20	3.6	5.9	14	26	22	4.0
	下層					9.0	7.5	27.5	115	10.9	22	7.0	4.3	4.4	2.6	1.13	0.76	0.38	<0.01	0.02	0.101	0.032	0.007	60	21	3.6	6.0	14	26	22	4.1
麻生沖	上層		8.8	0.37	1.8	9.5	7.3	57.9	153	11.2	34	8.2	4.8	5.2	2.7	1.03	0.52	0.15	<0.01	0.02	0.142	0.031	0.007	83	29	4.2	7.1	16	38	25	3.9
	下層					9.5	7.7	31.5	145	11.2	33	7.5	4.7	5.0	2.7	1.12	0.52	0.15	<0.01	0.02	0.141	0.032	0.007	78	29	4.2	7.2	16	38	24	3.7
土浦沖	上層		8.8	0.71	4.2	10.0	8.4	27.4	82	11.5	22	6.4	4.1	4.1	2.4	1.96	1.81	1.26	0.01	<0.02	0.118	0.026	0.006	71	18	3.6	5.4	15	20	22	6.5
	下層					10.1	8.4	27.5	85	11.7	20	6.5	3.9	4.2	2.4	2.00	1.80	1.26	0.01	<0.02	0.110	0.028	0.006	63	20	3.9	5.8	16	23	24	6.5
山王川沖	上層		8.6	0.74	2.4	9.8	7.8	20.8	94	11.7	17	6.1	3.3	3.4	1.9	2.43	2.13	1.75	0.02	<0.02	0.097	0.023	0.004	63	14	2.6	5.5	14	13	22	7.9
	下層					9.7	8.1	21.2	93	11.6	16	6.2	2.9	3.5	1.9	2.56	2.10	1.76	0.02	<0.02	0.094	0.022	0.004	62	14	2.7	5.5	14	13	22	9.2
安塚沖	上層		12.5	0.69	2.0	10.4	7.0	30.2	173	10.3	20	4.3	2.0	2.3	1.3	6.98	6.88	6.08	0.04	0.06	0.103	0.022	0.011	22	20	3.6	10.0	20	23	26	17.0
	下層					10.5	7.1	31.7	170	10.5	22	4.6	2.0	2.2	1.3	6.90	6.55	6.09	0.04	0.05	0.121	0.021	0.01	25	20	3.7	10.0	21	24	26	17.0
阿玉沖	上層		10.2	0.62	3.6	10.0	7.6	27.9	165	11.2	26	5.6	2.5	3.3	1.5	5.39	4.88	4.52	0.03	<0.02	0.111	0.02	0.005	53	19	3.4	9.4	19	23	25	13.0
	下層					10.1	7.9	29.8	158	11.4	28	6.2	2.6	3.4	1.5	5.37	4.96	4.52	0.03	<0.02	0.116	0.02	0.006	48	19	3.5	9.4	19	23	25	14.0
武井沖	上層		11.0	0.76	7.1	9.3	7.6	25.3	159	11.8	17	6.6	3.3	4.0	2.3	2.47	2.17	1.92	0.02	<0.02	0.085	0.018	0.001	66	20	3.5	8.2	16	25	22	4.9
	下層					9.3	8.7	27.7	159	11.5	17	6.4	3.3	4.0	2.2	2.66	2.23	1.95	0.02	<0.02	0.085	0.019	0.001	61	20	3.4	8.3	17	25	22	5.2
釜谷沖	上層		10.2	0.65	6.4	9.2	7.5	24.7	167	10.9	20	7.2	3.8	4.5	2.5	1.91	1.56	1.17	0.02	<0.02	0.087	0.017	0.002	56	20	3.3	7.5	15	25	20	2.7
	下層					9.3	7.8	27.2	165	10.8	20	7.1	3.8	4.3	2.5	1.86	1.54	1.16	0.02	0.02	0.085	0.017	0.002	61	21	3.6	7.8	15	26	21	2.7
神宮橋	上層		10.0	0.36	2.3	9.8	7.8	32.3	161	10.9	36	8.4	4.2	5.0	2.7	1.23	0.83	0.44	0.01	<0.02	0.136	0.022	0.003	83	27	3.7	7.7	15	34	20	2.1
	下層					9.8	8.1	32.8	160	11.2	35	8.5	4.1	4.9	2.7	1.38	0.79	0.44	0.01	<0.02	0.134	0.021	0.004	65	29	3.7	8.0	15	37	22	2.1
外浪芝浦	上層		9.0	0.32	1.7	9.5	7.2	35.5	173	11.0	25	7.9	4.2	4.8	2.7	1.06	0.66	0.29	0.01	0.02	0.118	0.026	0.007	79	37	4.6	8.4	17	51	26	3.9
	下層					9.6	7.6	36.3	164	11.0	27	8.0	4.4	4.9	2.7	0.90	0.66	0.28	0.01	0.02	0.129	0.026	0.006	73	33	4.1	7.5	15	45	23	3.7
息栖	上層		9.9	0.38	5.0	9.6	7.7	38.2	160	11.1	42	9.0	4.4	5.2	2.8	1.08	0.60	0.25	0.01	<0.02	0.136	0.026	0.005	66	39	4.5	8.6	17	55	25	3.7
	下層					9.7	8.0	39.0	155	10.9	57	9.2	4.5	5.3	2.8	1.06	0.62	0.25	0.01	<0.02	0.170	0.023	0.005	73	40	4.7	8.7	17	56	25	3.6

令和2年2月24日

表12 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(3月)

地点名		水温	pH	EC	ORP	DO	SS	COD	β-COD	TOC	DOC	TN	DTN	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	TP	DTP	PO ₄ -P	chl-a	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	SRSI
掛馬沖	上層	10.8	8.5	28.4	45	11.3	16	6.8	4.5	4.0	2.6	1.00	0.63	0.33	<0.01	0.03	0.090	0.029	0.006	52	22	4.7	7.2	17	26	25	2.7
	下層	9.9	8.3	26.7	50	10.4	16	6.1	4.3	3.7	2.5	0.86	0.61	0.34	<0.01	0.03	0.073	0.028	0.005	35	22	4.6	7.3	16	26	25	2.8
木原沖	上層	10.2	8.1	26.7	42	10.9	24	6.9	4.6	4.2	2.5	1.03	0.64	0.33	<0.01	0.02	0.110	0.033	0.007	51	22	4.6	7.2	17	26	25	2.9
	下層	9.7	8.1	26.8	45	10.2	33	7.1	4.4	4.1	2.5	1.00	0.57	0.31	<0.01	0.03	0.120	0.032	0.007	42	22	4.7	7.2	17	26	25	3.0
牛込沖	上層	10.1	8.3	27.2	42	10.4	15	6.2	4.4	3.9	2.6	0.86	0.55	0.24	<0.01	0.04	0.084	0.030	0.005	36	23	4.6	7.5	16	28	24	2.9
	下層	9.7	8.2	27.7	45	10.0	26	6.9	4.4	3.9	2.6	0.81	0.52	0.22	<0.01	0.05	0.111	0.031	0.007	37	23	4.7	7.3	17	28	24	2.8
高浜沖	上層	9.9	8.1	25.0	48	10.9	18	7.6	4.4	4.2	2.6	1.60	1.10	0.78	0.01	0.04	0.101	0.029	0.004	68	20	4.2	7.2	16	22	22	4.0
	下層	9.9	8.3	24.8	50	10.5	21	7.6	4.2	4.1	2.6	1.48	1.14	0.78	0.01	0.04	0.108	0.028	0.004	67	20	4.5	7.6	16	22	22	4.1
玉蓮沖	上層	9.8	8.0	26.6	62	10.2	15	6.6	4.2	3.9	2.6	1.07	0.78	0.44	<0.01	0.07	0.086	0.027	0.005	44	22	4.6	7.4	16	26	23	3.3
	下層	9.9	8.0	26.8	63	9.7	22	6.6	4.2	4.1	2.6	1.10	0.74	0.39	<0.01	0.07	0.106	0.028	0.005	41	22	4.5	7.3	16	27	23	3.2
湖心	上層	9.7	8.1	27.5	74	10.1	17	6.5	4.3	4.0	2.6	0.92	0.55	0.28	<0.01	0.06	0.092	0.030	0.005	37	22	4.4	7.3	16	27	23	3.0
	下層	9.7	8.0	27.0	76	10.0	20	6.8	4.3	4.0	2.6	0.92	0.61	0.28	<0.01	0.04	0.095	0.029	0.005	39	23	4.5	7.5	16	28	24	2.9
西の洲沖	上層	9.4	8.1	29.4	123	10.5	17	6.7	4.4	4.0	2.6	0.84	0.47	0.17	<0.01	0.03	0.091	0.027	0.005	43	24	4.6	7.4	16	30	24	1.5
	下層	9.5	8.1	27.9	113	10.3	19	6.9	4.3	4.3	2.6	0.77	0.48	0.17	<0.01	0.03	0.098	0.029	0.005	46	24	4.9	7.5	16	30	24	2.8
麻生沖	上層	9.1	7.3	35.7	160	10.8	25	7.2	4.4	4.5	2.7	0.74	0.39	0.06	<0.01	0.02	0.117	0.031	0.005	58	26	4.9	7.8	16	33	25	2.8
	下層	9.2	7.5	29.8	152	10.6	26	6.6	4.5	4.5	2.7	0.79	0.40	0.06	<0.01	0.02	0.118	0.031	0.006	56	26	4.9	7.7	16	33	25	2.8
土浦沖	上層	11.3	8.4	26.9	45	12.1	17	6.7	4.2	3.8	2.6	1.49	1.10	0.78	0.01	0.03	0.099	0.030	0.006	72	22	5	7.1	18	25	25	5.0
	下層	11.1	8.5	27.0	48	11.7	16	6.8	4.2	3.9	2.5	1.49	1.11	0.79	0.01	0.03	0.103	0.029	0.006	68	22	5	7.1	18	25	25	5.2
山王川沖	上層	10.5	8.5	21.7	37	10.9	19	6.8	3.8	3.5	2.2	2.23	1.59	1.39	0.02	0.03	0.108	0.025	0.004	78	16	3.4	6.6	16	14	21	9.1
	下層	10.4	8.7	21.8	35	10.8	17	6.8	3.7	3.6	2.2	2.16	1.70	1.40	0.02	0.03	0.107	0.022	0.004	85	16	3.4	6.5	16	14	21	9.1
安塚沖	上層	10.1	7.5	30.2	165	11.2	12	4.9	2.7	2.5	1.7	5.33	5.01	4.19	0.04	0.07	0.088	0.024	0.012	38	20	4.3	10	21	23	25	17.0
	下層	9.9	7.7	30.6	162	11.0	10	4.5	2.7	2.3	1.7	5.54	5.45	4.25	0.04	0.1	0.095	0.025	0.014	31	20	4.1	10	21	23	25	18.0
阿玉沖	上層	11.1	8.1	29.9	163	11.1	24	6.2	2.8	3.5	1.7	4.14	3.79	3.38	0.03	0.02	0.112	0.023	0.006	78	21	4.1	10	20	24	25	14.0
	下層	10.5	8.5	30.5	161	9.4	38	7.0	2.7	4.0	1.7	4.64	4.23	3.60	0.03	0.02	0.145	0.021	0.006	69	21	4.1	10	19	24	25	15.0
武井沖	上層	11.2	8.4	27.7	163	11.6	20	7.3	3.5	4.2	2.3	2.30	1.94	1.62	0.02	0.02	0.084	0.018	0.002	97	21	4.2	9.3	17	25	22	4.5
	下層	10.3	8.4	28.2	156	10.1	25	6.9	3.3	4.1	2.3	2.33	1.92	1.62	0.02	0.03	0.097	0.016	0.002	99	21	4.2	9.3	17	26	22	4.7
釜谷沖	上層	10.5	8.3	27.4	170	11.5	21	7.6	3.8	4.7	2.5	1.61	1.13	0.89	0.02	0.02	0.082	0.017	0.001	96	22	4.1	8.8	17	27	21	2.0
	下層	10.2	8.5	27.8	165	10.2	20	7.1	3.7	4.4	2.5	1.69	1.31	1.03	0.02	0.02	0.084	0.015	0.001	93	22	4.1	8.8	17	26	21	2.3
神宮橋	上層	10.2	8.5	32.0	170	11.6	29	8.8	4.2	5.0	2.7	0.98	0.60	0.26	0.01	0.02	0.121	0.020	0.002	100	31	4.8	9.6	17	38	23	0.9
	下層	10.1	8.8	33.5	164	10.9	30	8.8	4.4	5.0	2.7	1.03	0.55	0.25	0.01	0.02	0.121	0.019	0.002	100	32	4.7	9.5	17	40	23	1.0
外浪波浦	上層	10.3	7.6	38.7	188	11.0	22	7.9	4.1	4.5	2.8	0.82	0.40	0.08	<0.01	0.02	0.101	0.021	0.003	76	40	5.5	9.7	18	54	26	1.8
	下層	10.5	7.8	38.3	179	10.8	22	7.7	4.2	4.3	2.7	0.78	0.42	0.08	<0.01	0.02	0.103	0.025	0.003	73	40	5.4	9.7	18	54	26	1.8
息栖	上層	10.6	7.9	38.7	180	11.5	17	7.7	4.4	4.5	2.8	0.66	0.36	0.05	<0.01	0.02	0.085	0.020	0.002	76	40	5.4	9.8	18	54	26	1.7
	下層	10.3	8.2	38.4	177	10.6	17	7.4	4.3	4.3	2.8	0.72	0.36	0.05	<0.01	0.02	0.086	0.022	0.002	73	41	5.6	10	18	55	26	1.8

令和2年3月17日

1-4 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、湖面への集積により腐敗して悪臭の原因となる。このため、アオコの原因となる植物プランクトンが集積することを防止するために、湖水表面の攪拌や回収などの対策が講じられている。このような対策を実施する上で、アオコの発生場所を把握することが必要である。本事業では、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ている。

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、高浜沖の西浦6地点、安塚沖、武田川沖、釜谷沖の北浦3地点、合計10地点で調査を行った。

(2) 調査時期・頻度

令和元年6月4日から9月3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($\Phi=10\text{ cm}$)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。また、現地では水温の測定や見た目アオコ指標の判別を行った。

(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)、クロロフィル a (Chl-a) とした。

TN, TP の測定には、連続流れ分析装置 (BLTEC SWAAT28) を用いた。 $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ 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 及び Chl-a は、粒子保持能 $1.2\ \mu\text{m}$ (Whatman GF/C) でろ過したろ紙の残留物を凍結後、それぞれリン酸緩衝液 ($\text{pH}=7.0$)、エタノールで抽出し、試料とした。Phc の測定は、分光蛍光光度計 (JASCO FP-8500) を用いて $640\ \text{nm}$ の蛍光強度から算出した。Chl-a の測定は、分光光度計 (SHIMADZU UV-2550) を用い、 $750\ \text{nm}$, $663\ \text{nm}$, $645\ \text{nm}$, $630\ \text{nm}$ の吸光度を測定し、ユネスコ法¹⁾に準拠して濃度を算出した。

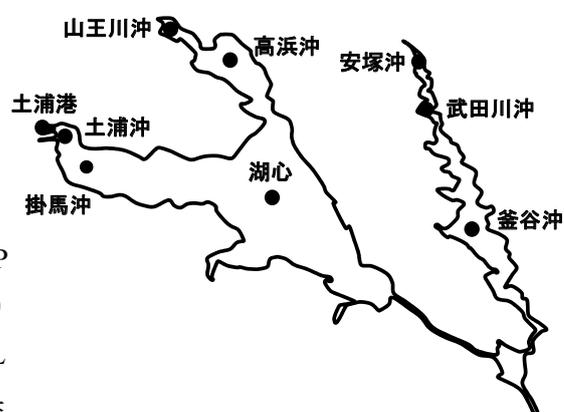


図1 調査地点図

Phc の測定は、分光蛍光光度計 (JASCO FP-8500) を用いて $640\ \text{nm}$ の蛍光強度から算出した。Chl-a の測定は、分光光度計 (SHIMADZU UV-2550) を用い、 $750\ \text{nm}$, $663\ \text{nm}$, $645\ \text{nm}$, $630\ \text{nm}$ の吸光度を測定し、ユネスコ法¹⁾に準拠して濃度を算出した。

3 2019年のアオコ発生状況

図2に、2019年における西浦及び北浦のPhcの推移を示す。どちらの水域も500 µg/L以下で推移し、特に西浦では100 µg/L以下と低く推移した。西浦におけるPhcの平均値は19 µg/L、最大値は8月1日の山王川沖での70 µg/L（アオコレベル1相当）であった。北浦における平均値は94 µg/L、最大値は7月2日の武田川沖での410 µg/L（アオコレベル2相当）であった。前年（2018年）と比較すると、西浦では同程度（2018年平均：40 µg/L、最大：120 µg/L）、北浦においては2018年のほうが高く推移した（2018年平均：300 µg/L、最大：1800 µg/L）。

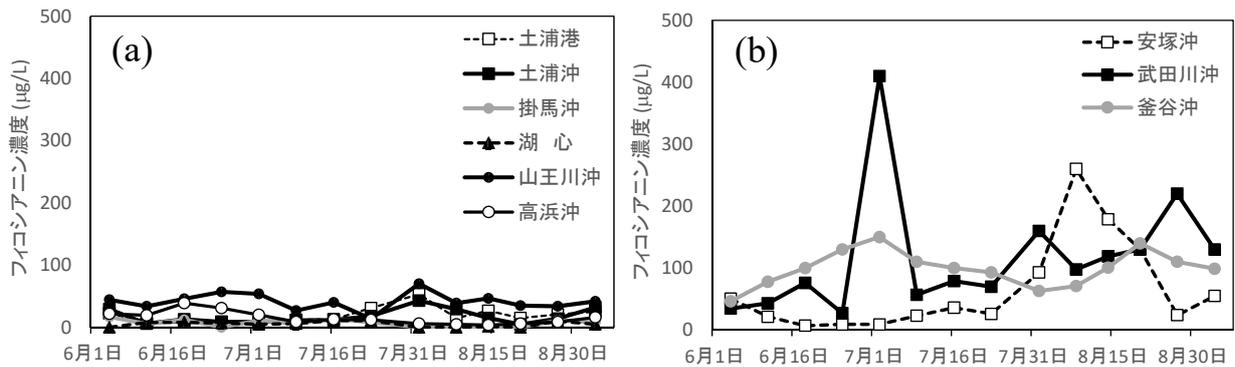


図2 2019年におけるフィコシアニン濃度の推移 ((a)西浦, (b)北浦)

4 近年のアオコ発生状況

図3に、2012年以降のPhcの平均濃度と最大濃度の推移を示す。Phcは、2012年の西浦で最も高く、平均濃度が3600 µg/L、最大濃度が74000 µg/Lであった。この最大濃度は土浦港で観測され、現地のアオコ見目標はレベル5（厚くマット状にアオコが湖面を覆う状態）であった。一方、北浦については、2012年の平均濃度は100 µg/Lで、北浦としては2019年に次いで二番目に低い年であった。

西浦と北浦の平均濃度を比較すると、2012、2013年度は西浦のほうが高かったが、2014年以降は逆転し、北浦のほうが高かった。特に2017年からは西浦で濃度が低く、平均濃度が50 µg/L以下であった。北浦では、2017年に最大濃度（2400 µg/L）が、翌2018年は平均濃度（330 µg/L）が最も高い年になった。しかし、2019年は、北浦、西浦どちらも平均濃度が100 µg/L以下になり、2012年以降最も低い濃度となった。

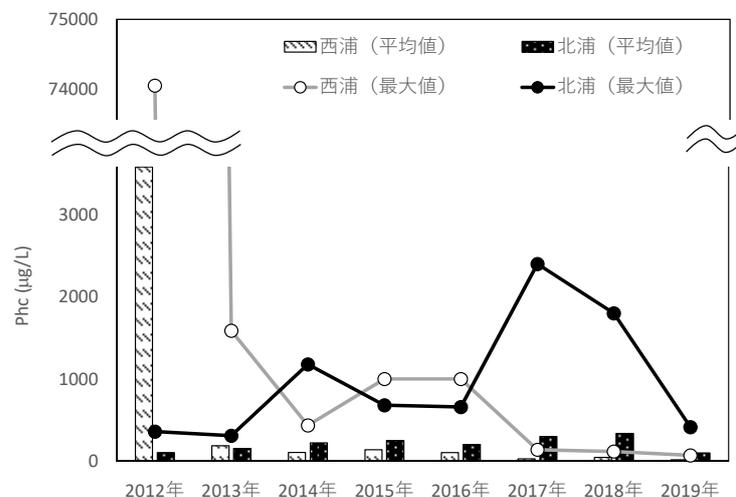


図3 2012年以降のフィコシアニン濃度の平均値と最大値

5 2019年のアオコ発生が少なかった要因について

前述のとおり、2019年はPhcの平均濃度が最も低い年となった。そこで、アオコの原因となる植物プランクトンの増殖要因となる水温及び栄養塩について、北浦で濃度が高かった2017年、2018年と比較検討した。

(1) 水温

北浦（釜谷沖）における6月から8月の水温を図4に示す。なお、2018年は8月6日以降が欠測となっているため、2017年及び2019年の8月における気温（土浦市、気象庁データ）と水温の相関を線形近似で求め、2018年の気温から水温を推定した。2019年の水温を2017、2018年と比較すると、2019年は7月上旬から下旬にかけて水温が低く、7月の大半が25℃を下回っていた。アオコの原因となる*Microcystis*の増殖倍率は、おおよそ20℃以上から高まり、25℃以上で約10倍に達するとされている²⁾ことから、7月にアオコの発生が少なかった要因として、水温低かったことが影響している可能性が考えられる。なお、8月については、過去2年と同程度で推移した。

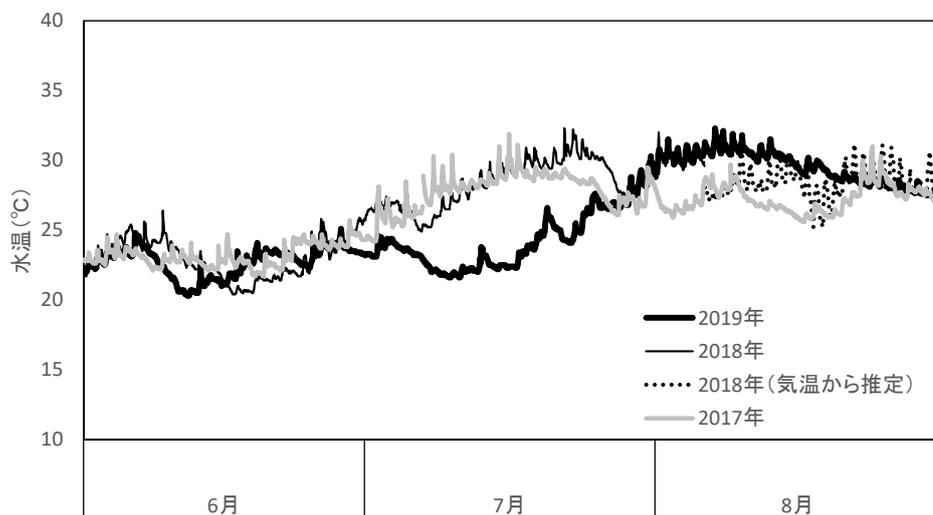


図4 北浦（釜谷沖）における水温の推移（水資源機構 自動観測所測定データ）

(2) 栄養塩

図5に、2019年度における武田川沖のDIN（溶存態無機窒素）及び $\text{PO}_4\text{-P}$ の推移を示す。DINは、6月下旬～7月は過去2年より高濃度で推移したが、8月上旬に藍藻類の増殖に適するとされる濃度である 0.1 mg/L ³⁾を下回った。 $\text{PO}_4\text{-P}$ については、7月に過去2年より低く推移したが、8月上旬に上昇し、藍藻類の増殖に適するとされる濃度（ 0.01 mg/L ）²⁾を上回った。

これらのことから、8月においては、DINが低濃度であったことが、アオコの発生が少なかった要因の可能性として考えられる。

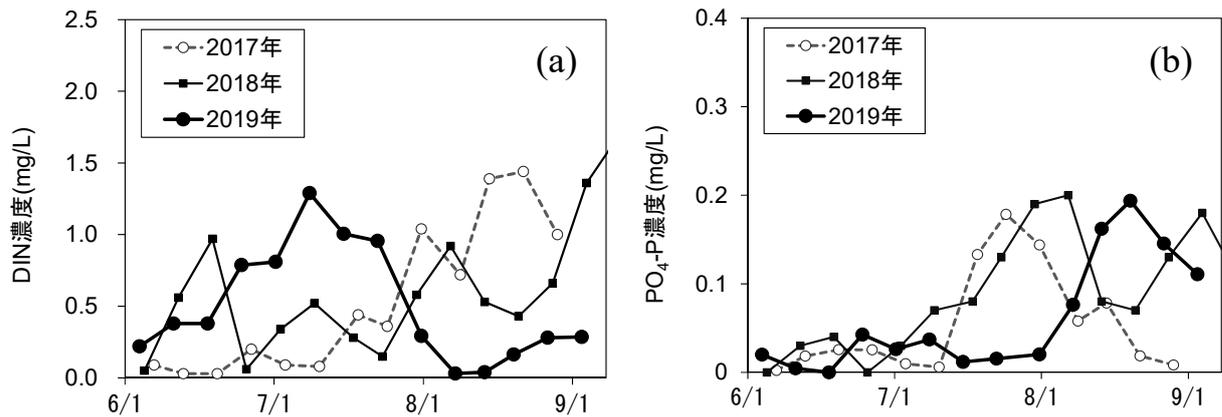


図5 武田川沖における(a)DIN と(b)PO₄-P の推移

6 まとめ

2019年は、北浦、西浦ともにアオコの発生が少なかった。その原因としては、7月に水温が低かったこと、水温が上がった8月においてはDINが低濃度になったことが、アオコの原因となる *Microcystis* の増殖を抑制した可能性が考えられる。

7 参考文献等

- 1) 西條八東, 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.
- 2) 佐々木道也, 1975. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告書 12, 17-22.
- 3) Whitton, B.A., Potts, M., 2000. The Ecology of Cyanobacteria: Their Diversity in Time and Space, *Springer*, USA, 175-188.

1-5 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、本年度は北浦における貧酸素水塊の発生状況や栄養塩動態を把握する。

2 方法

(1) 曳航式高解像度計測装置 (YODA Profiler) による観測及び水質調査

① 調査期間：令和元年6月から8月

② 調査地点と調査回数 (図1)：原則週2回

YODA Profiler：南北約25 kmを6 km/hで航行しながら自由落下 (落下103~143回)

水質調査地点：湖内10地点 (St.1~10) において、表層 (水面下50 cm)、中層 (水深1/2)、下層 (湖底直上50 cm) で採水

③ 分析項目

YODA Profiler：pH, EC, 水温, 溶存酸素濃度 (DO), Chl.a, 濁度

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 (NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N), 全りん (TP), りん酸態りん (PO₄-P) 等

(2) 自動昇降装置による観測及び水質調査

① 調査期間：令和元年6月から8月

② 調査地点と調査回数 (図1)

自動昇降装置：釜谷沖自動監視所, 30分に1回鉛直方向に測定

水質調査地点：釜谷沖観測所において、表層 (水面下50 cm)、中層 (水深1/2)、下層 (湖底直上50 cm), 1日1回採水

③ 分析項目

自動昇降装置：

pH, EC, 水温, 溶存酸素濃度 (DO), 濁度, 酸化還元電位 (ORP), Chl.a,

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 (NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N), 全りん (TP), りん酸態りん (PO₄-P) 等

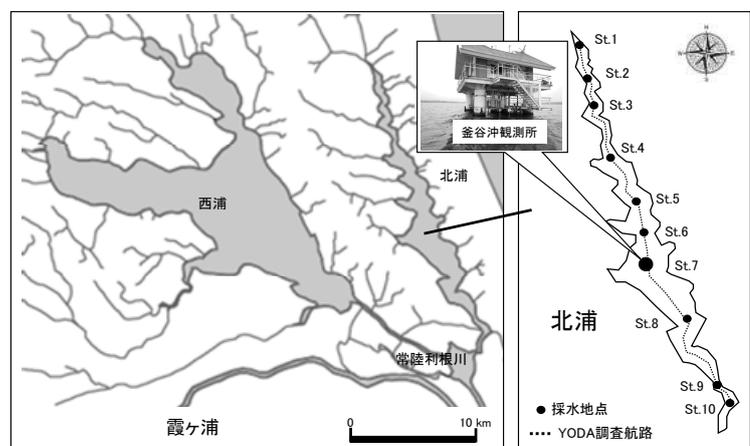


図1 調査地点

3 結果の概要

(1) 北浦における貧酸素水塊及び栄養塩濃度の分布

8月2日に貧酸素水塊が最も広く分布したことから図2に北浦の水温とDO濃度の鉛直分布及びNH₄-NとPO₄-P濃度の分布を示した。貧酸素水塊は水深4m以深の北浦湖底付近全域で広く分布し、その水塊中には高い栄養塩濃度が確認された。また、特に湖底が窪む部分ではDO濃度が低く、栄養塩濃度も高いことが明らかとなった。さらに、水温分布や貧酸素水塊は波の形状をしていることが明らかとなった。

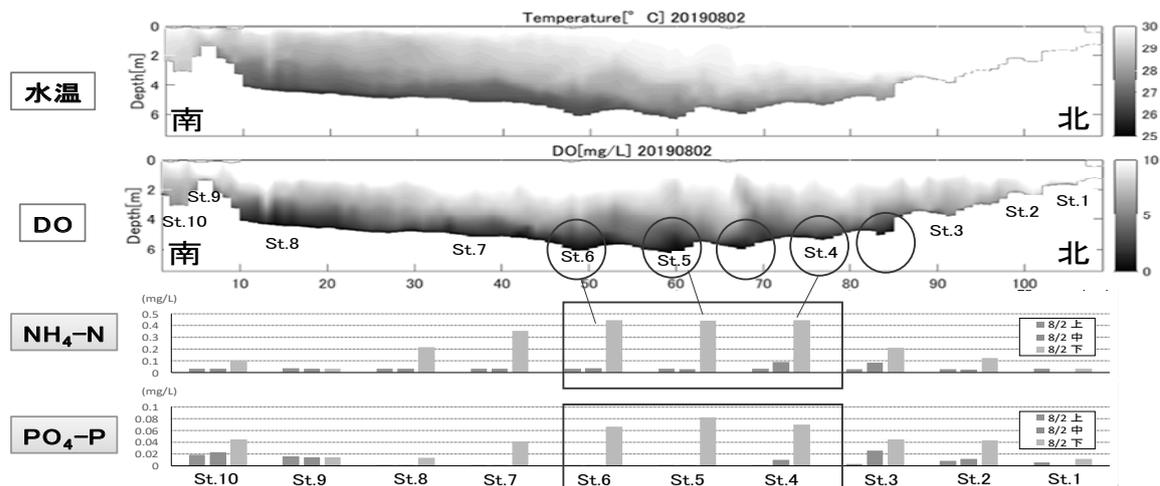


図2 北浦における水温とDOの鉛直分布及びNH₄-NとPO₄-P濃度の分布

(2) 貧酸素水塊の形成条件及び栄養塩の溶出

図3に7月1日から8月8日までの気象状況や水温、DO濃度、ORPの鉛直分布、栄養塩濃度の変動を示した。7月28日から日平均気温25°C以上、日平均風速2m/s以下(アメダス銚田)が続き、29日から水温成層が形成され、2日後の7月31日に貧酸素水塊(DO 4 mg/L以下)を形成した。そして、8月1日にはDO濃度がほぼ0 mg/Lとなり、8月2日には湖底付近でORPがマイナスを示し、それと同じタイミングで下層の栄養塩濃度が大きく上昇した。これらのことから、北浦では日平均気温25°C以上、日平均風速2m/s以下の気象条件によって水温成層や貧酸素水塊が形成されることが考えられ、さらに栄養塩の溶出のタイミングとして水温成層から4日で溶出する可能性が示唆された。

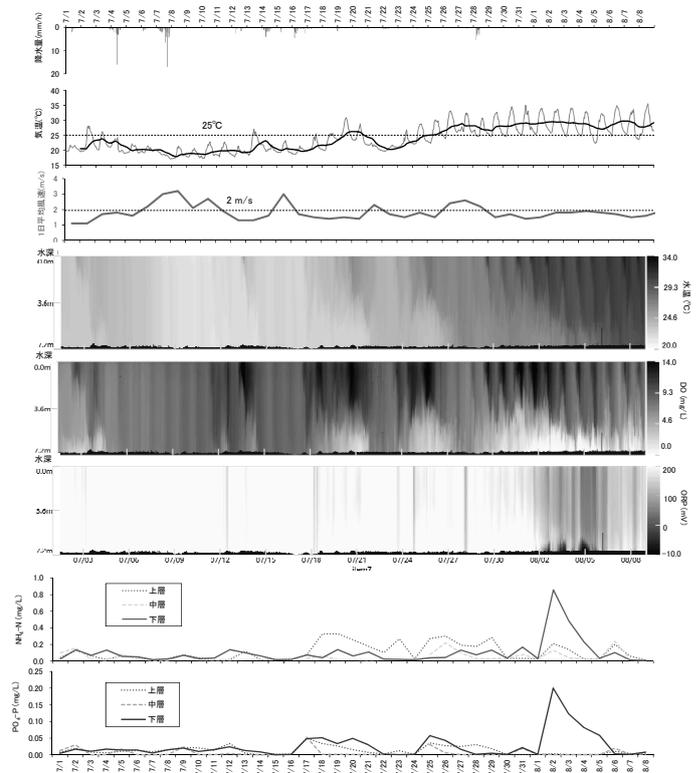


図3 北浦の気象状況(アメダス銚田)及び釜谷沖自動監視所における水温、DO濃度、ORPの鉛直分布及び栄養塩濃度の変動

1-6 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。霞ヶ浦の環境の現状や経済評価に加え、人々の生態系サービスへの認識や要請を踏まえて、何に重点において保全や活用のための施策を進めるかを検討する必要がある。そこで、霞ヶ浦周辺の観光地を訪れている人に現地アンケートを行い、来訪者が重要と認識している生態系サービスを明らかにする。

2 方法

調査地点は来訪者が多く、霞ヶ浦の主要な生態系サービスを楽しむことができる観光スポットとして、図1に示す霞ヶ浦総合公園（St.A）、歩崎公園（St.B）、道の駅玉造／虹の塔（St.C）及び妙岐の鼻（St.D）の4地点を設定した。現地アンケートは2017年11月（秋季）、2018年1月（冬季）、2018年6月（春季）、2018年8月（夏季）の4回実施し、合計500人から回答を得た（有効回答数は479人）。なお、アンケートでは、来訪手段、来訪目的、来訪歴、環境への関心度のほか、居住地等の基本的な属性について質問した。

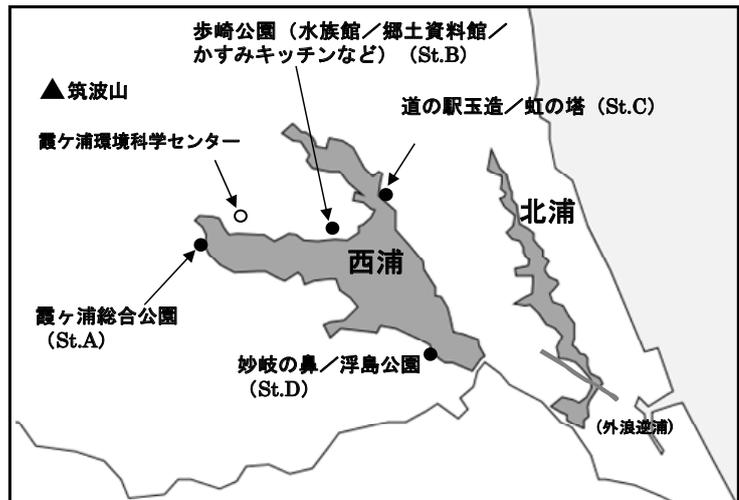


図1 現地アンケートの調査地点

調査方法としてベストワーストスケーリング（BWS）手法を用いた。BWS手法は複数の選択肢を回答者に示し、最も好ましいもの（Best）と最も好ましくないもの（Worst）を回答者に選択させ、結果を集計することにより、回答者の選好を明らかにすることができる。今回は観光との関連性が大きい「水産物」、「農産物」、「飲料水」（供給サービス）、「気候」（調整サービス）、「レジャー」（文化的サービス）及び「生きもの」（基盤サービス）の6項目とした。そこから5項目を抽出し、Bestには○、Worstには×をつけて、これを6回繰り返し、すべての回答結果を集計することで重要度を算出した（図2）。

続いて、霞ヶ浦へのイメージや利用に関するお考えについてお聞きします。

『霞ヶ浦』は以下に示すように、人々に様々な恩恵をもたらしていると言われています。

<p>水産物 ワカサギ、コイなどの水産物が得られる</p>	<p>農産物 レンコンなどの農産物が得られる</p>	<p>飲料水 安全な飲料水が得られる</p>
<p>気候 気温、湿度、風などの気候や洪水を調整している</p>	<p>レジャー 地域の文化を育み、景色やレジャーを楽しめる</p>	<p>生きもの 鳥、魚、水草などの多様な生きものが生息している</p>

○と×を1つずつ記入

1回目

<input type="checkbox"/>	レジャー
<input type="checkbox"/>	生きもの
<input type="checkbox"/>	飲料水
<input type="checkbox"/>	水産物
<input type="checkbox"/>	農産物

図2 回答者に提示した霞ヶ浦の生態系サービスに関する説明（左）及びBWSの回答方法（右）

3 結果の概要

(1) 来訪者（回答者）の属性

回答者の居住地は、茨城県内が 302 人、県外が 167 人、回答なしが 31 人であった。回答者は、散策、買い物を目的に訪れている人が多く、ほとんどが自家用車を利用していた。来訪歴は 7 回以上との回答が多かった。霞ヶ浦の環境保全についても、とても関心があるまたは関心があるとした回答者が 80%以上となった。生態系サービスの認知度については、水産物、農産物、レジャー、生きものについては概ね知られていたが、飲料水の提供や気候調整については、知らなかったと回答した方が多く、この傾向は県内より県外で顕著であった。県内では霞ヶ浦の生態系サービスのさまざまな面についてある程度認識がもたれていると考えられた（図 3）。

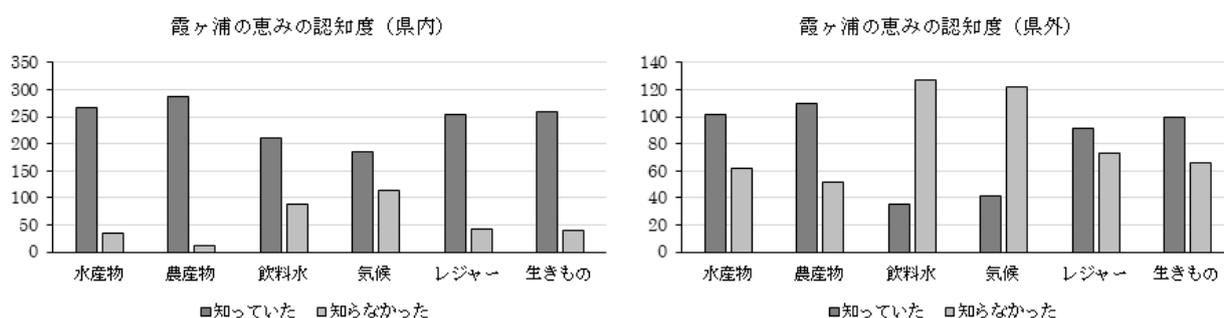


図 3 来訪者アンケート回答者の霞ヶ浦の生態系サービスに関する認知度

(2) 来訪者の霞ヶ浦の生態系サービスの重要度

県内からの来訪者からは「農産物」（供給サービス）及び「生きもの」（基盤サービス）が霞ヶ浦からの生態系サービスとしての重要度が高いと評価され、これらに次いで「飲料水」及び「水産物」（供給サービス）が、Worst より Best に選択された回数が多かった。これに対し、県外からの来訪者からの評価は、「生きもの」と「農産物」の順位が逆転したほか、「飲料水」が Best より Worst に選択された回数が多いなど、県内とは傾向にやや違いがみられた。「気候」、「レジャー」は県内、県外とも Best より Worst に選択されたが回数多く、生態系サービスとしての重要度は低かった（表 1）。

表 1 生態系サービスごとの Best と Worst に選択された回数の集計結果

	生態系サービス	Best	Worst	B-W	B/W	Rank
県内	水産物	225	177	48	1.27	4
	農産物	382	65	317	5.88	1
	飲料水	409	294	115	1.39	3
	気候	133	419	-286	0.32	6
	レジャー	211	618	-407	0.34	5
	生きもの	368	155	213	2.37	2
県外	水産物	132	72	60	1.83	3
	農産物	220	56	164	3.93	2
	飲料水	117	225	-108	0.52	4
	気候	74	271	-197	0.27	6
	レジャー	154	310	-156	0.50	5
	生きもの	293	56	237	5.23	1
合計	水産物	357	249	108	1.43	3
	農産物	602	121	481	4.98	1
	飲料水	526	519	7	1.01	4
	気候	207	690	-483	0.30	6
	レジャー	365	928	-563	0.39	5
	生きもの	661	211	450	3.13	2

1-7 農業環境負荷低減研究事業

1 目的

有機質肥料と化成肥料を混合した混合たい肥複合肥料は、肥料取締法が平成 24 年度に改正されて流通が可能になった肥料であり、今後流通が増加することが考えられる。このため、本事業では、混合たい肥複合肥料の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

調査畑地において、窒素成分の肥料を加えない「無窒素区」、化成肥料のみを施肥する「化成肥料区」、たい肥と化成肥料をそれぞれ施肥する「たい肥＋化成区」、混合たい肥複合肥料を施肥する「混合たい肥区」を設置し（各施肥区とも、加える窒素が同量になるように施肥）、それぞれの環境影響を検討した。また、それぞれの施肥区において、窒素を倍量施肥する試験区を設けた（以下、倍量施肥した試験区を「倍量区」、通常の施肥量の試験区を「標準区」と呼ぶ。）。

- ・調査圃場：茨城県農業総合センター農業研究所内圃場（茨城県水戸市上国井）
- ・調査期間：令和元年 7 月～10 月
- ・基肥施用日：令和元年 6 月 21 日
- ・作付作物：大豆（里のほほえみ）
- ・調査項目：TN, NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N, TP, PO₄-P
- ・調査方法：浸透水は、圃場に埋設したポーラスカップを用いて、降雨後に地表下 30 cm, 50 cm 部の浸透水を 1 区あたり 2 本採取した。

土壌は、半円形の 1m オーガーセットを用いて地下 80 cm まで土壌を鉛直採取し、20 cm ごとに切り分けた。1 区画につき 3 本採取し、よく混合して試料とした。

(2) 分析方法

- ・浸透水：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。
- ・土 壌：採取した土壌試料を 25g 取ってポリ容器に入れ、蒸留水 25 mL を加えてよく混合した。その後 10,000 rpm, 18°C で 60 分間遠心分離し、上澄み液を採取してシリンジフィルター（Whatman GF/B）でろ過し、間隙水を抽出した。試料は、浸透水と同様に NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N, PO₄-P の分析に供した。

3 結果の概要

(1) 浸透水分析結果

図 1 及び図 2 に、地表下 30 cm における各試験区の NO₃-N, NH₄-N 濃度の推移を示す。

標準区における NO₃-N（図 1 (a)）は、7 月下旬（施肥後約 1 か月）まで上昇し、それ以降低下した。なお、10 月中旬にも上昇が見られるが、これは台風の接近による豪雨による影響（地下水位の上昇等）の可能性がある。試験区ごとに比較すると、NO₃-N 濃度のピークは、化成肥料区で一番高く、次にたい肥＋化成区、混合たい肥区、無施肥区の順となった。倍量区における NO₃-N（図 1 (b)）は、標準区と同様の傾向を示したが、濃度は約 1.5 倍程度高く、一番高い化成肥料区のピークは 7.1 mg/L であった。NH₄-N については、調査期間中、どの試験区においても 0.1 mg/L 以下で推移した（図 2）。

地表下 50 cm における標準区の NO₃-N（図 3 (a)）は台風後を除き、0.5 mg/L 以下で推移したが、倍量区（図 3 (b)）については、たい肥＋化成区や混合たい肥区において、9 月にやや濃度の上昇がみられた。また、地表下 50 cm における NH₄-N については、地表下 30 cm と比べて、大きな違いは見られなかった（図 4）。

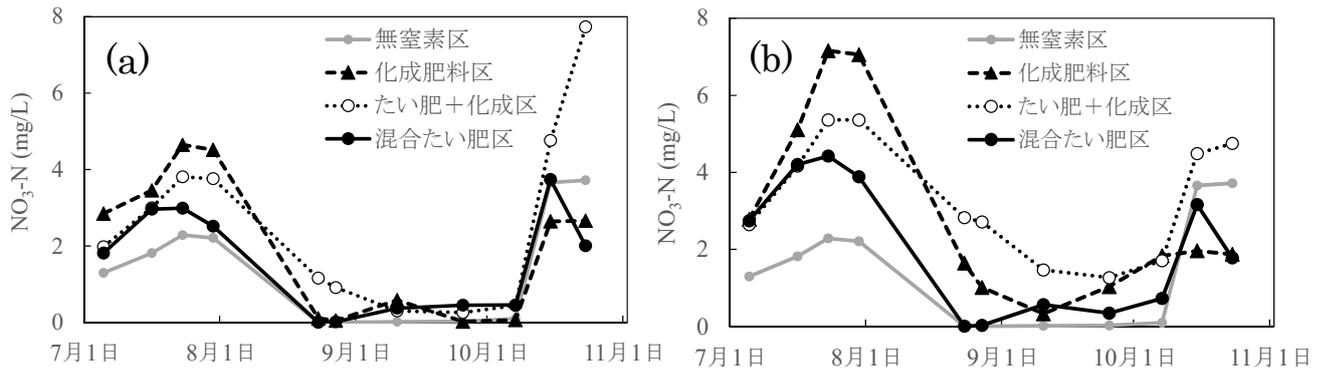


図1 地表下 30 cm における浸透水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の推移 ((a) 標準区, (b) 倍量区)

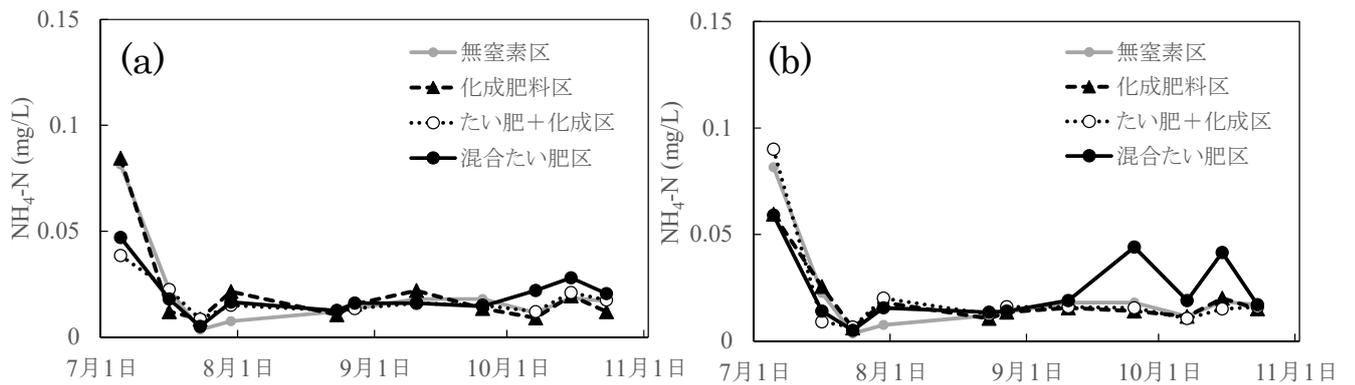


図2 地表下 30 cm における浸透水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の推移 ((a) 標準区, (b) 倍量区)

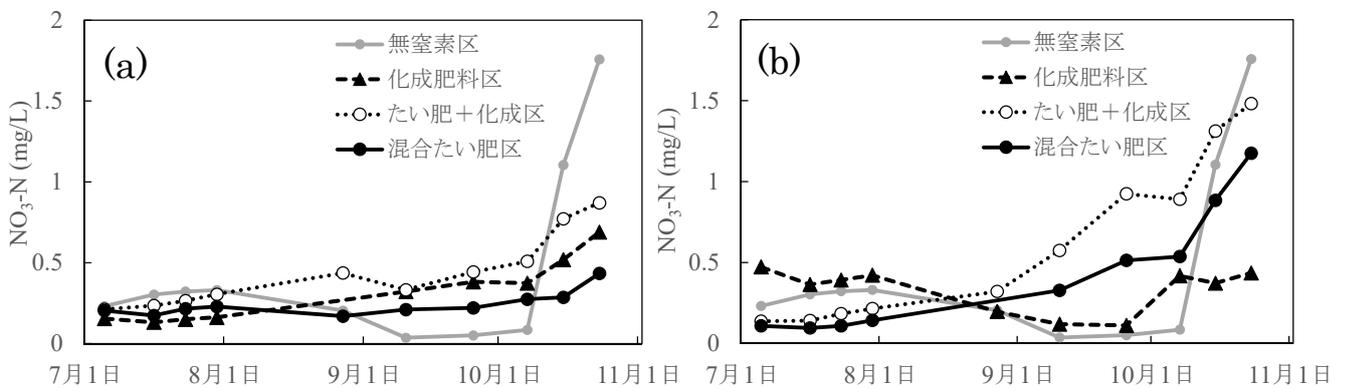


図3 地表下 50 cm における浸透水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の推移 ((a) 標準区, (b) 倍量区)

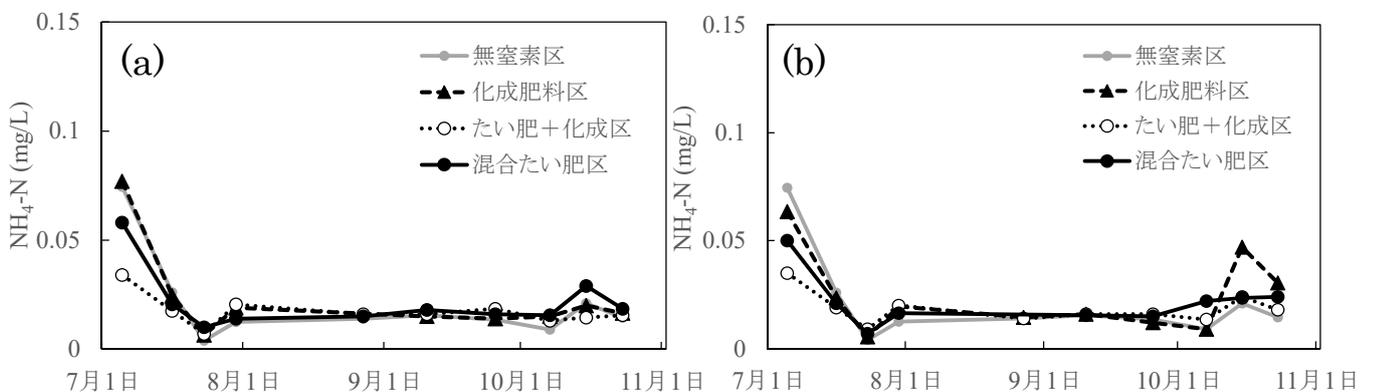


図4 地表下 50 cm における浸透水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の推移 ((a) 標準区, (b) 倍量区)

(2) 土壌間隙水分析結果

図5に土壌間隙水のNO₃-N濃度の鉛直分布を示す。無窒素区では、期間を通して濃度の変化が少なかった。施肥をした試験区においては、施用日から約1か月後(図5(a), 7月18日), 20~40 cmの層のNO₃-Nが高かった。特に高かったのは, 化成肥料区で, 25 mg/Lであった。その後の8月29日(図5(b))及び9月26日(図5(c))においては, 各試験区とも20~40 cmの層の濃度が低下し, 上層の0~20 cmの濃度が一番高く, 各試験区とも無施肥区の濃度に近い値となった。

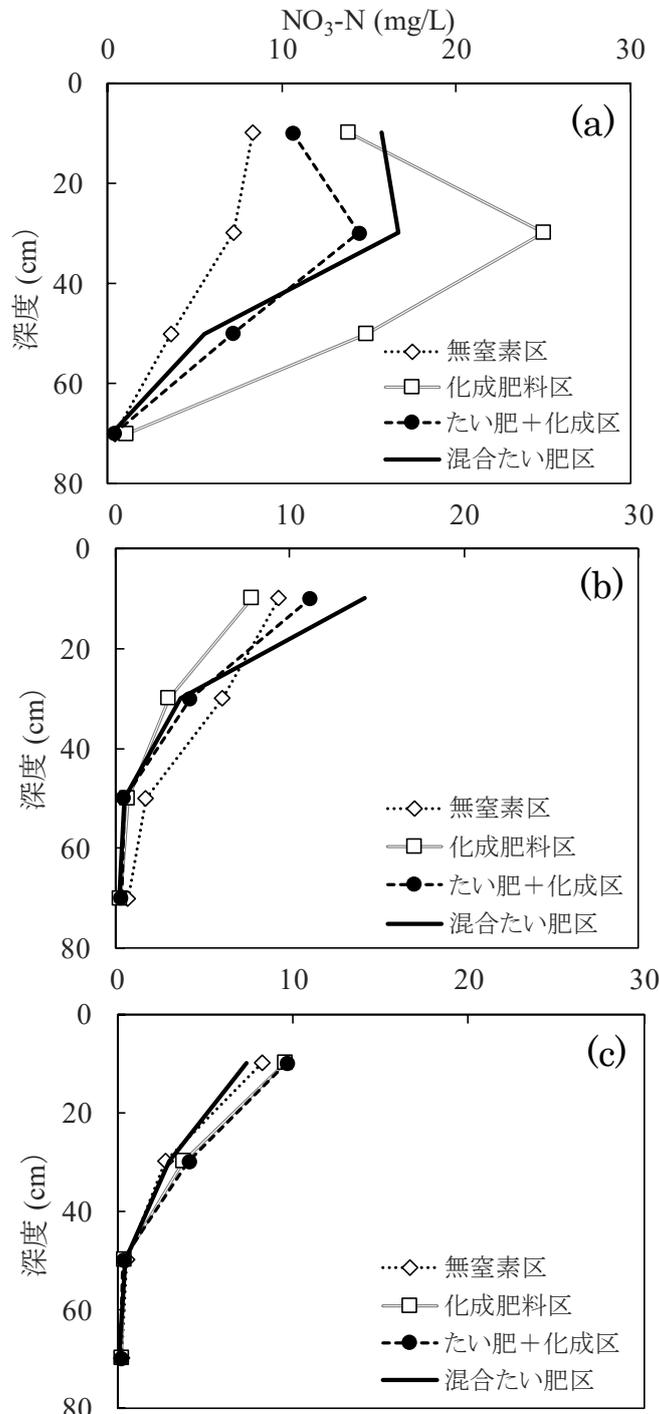


図5 土壌間隙水中のNO₃-N濃度の変化
(a) 7月18日, (b) 8月29日, (c) 9月26日

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・分析を実施した。詳細は以下のとおり。

(1) 調査地点・期間

表1及び図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の採集器を設置し、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、採集器を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、湿性沈着物のみも調査した。

(3) 採取頻度

原則、毎月1回回収し、分析した。ただし、高気温時のサンプルの蒸発や降水量が多い時にサンプルのオーバーフローを防ぐため、適宜回収し、検体を冷蔵庫にて保管し、月末にこれらを混合して分析に供した。

(4) 分析項目

COD, 全窒素 (TN), 全りん (TP)

表1 各地点における調査状況

地点名	場所	調査期間	デポジット式 (乾性+湿性)	雨水採水器 (湿性のみ)
茨城県霞ヶ浦環境科学センター	土浦市	H28.4～	○(3セット)	○
茨城大学(広域水圏センター)	潮来市	H30.4～	○	○
稲敷合同庁舎	稲敷市	H30.4～	○	○
鉾田合同庁舎	鉾田市	H30.4～	○	○
霞ヶ浦湖心観測所	西浦湖心	H30.4～	○	-



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の調査結果を示す。なお、湖心観測所においては、11月及び12月にユスリカが大量にサンプルに混入したため欠測とした。

全大気降下物のCOD負荷量(図2(a))は、4月～10月に高く、12月～1月にかけては低く推移し、その後、3月に高くなった。地点別に見ると、湖心観測所で高く、稲敷合同庁舎では低かった。CODの湿性沈着物(図2(b))は、全大気降下物の1～5割程度の負荷量で推移し、11月～1月に負荷が小さくなるものの、明確な季節変動は見られなかった。

全大気降下物のTN負荷量(図3(a))は、湖心観測所を除き、明確な季節変動は見られなかった。また、湿性沈着物(図3(b))の割合は5～9割のことが多く、湿性沈着物の影響が乾性沈着物のそれより大きいことが示唆された。TPの負荷量は、湖心観測所を除き、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～2月に小さい傾向であった。

各地点の年間負荷量を表2に示す。年間負荷量を地点別に比較すると、CODとTPは稲敷合同庁舎が最も小さく、茨城大学(潮来)が最も大きかった。TNについては、最も小さかった地点は霞ヶ浦環境科学センターであった。

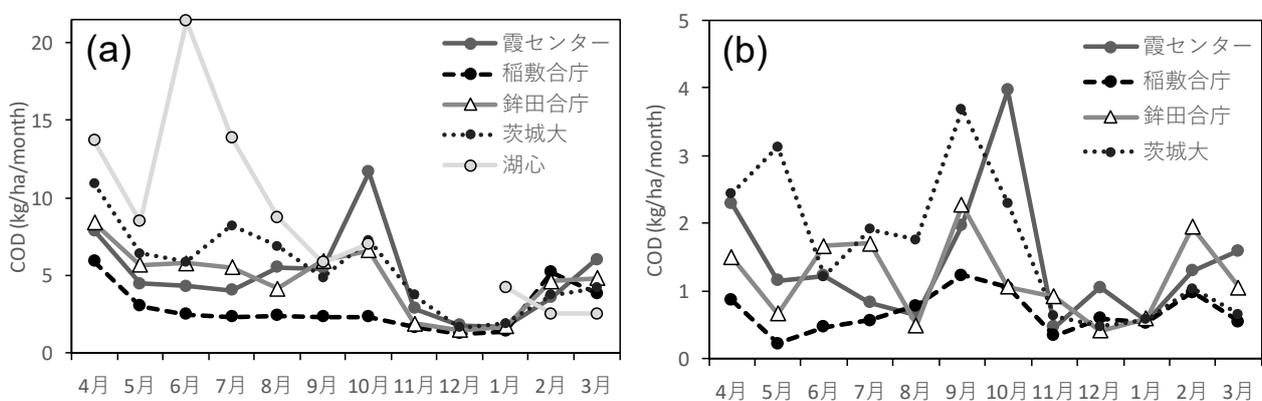


図2 各地点におけるCOD負荷量の月推移 ((a)全大気降下物, (b)湿性沈着物)

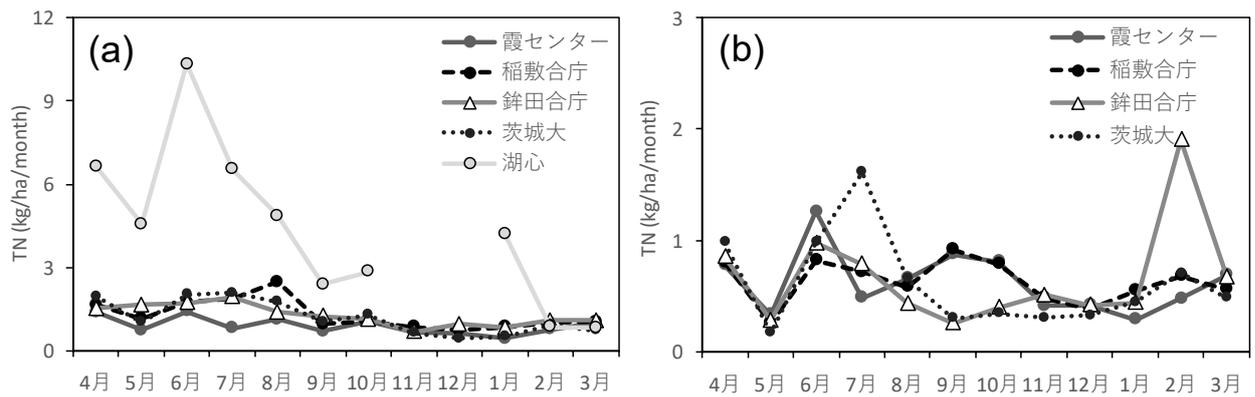


図3 各地点における TN 負荷量の月推移 ((a)全大気降下物, (b)湿性沈着物)

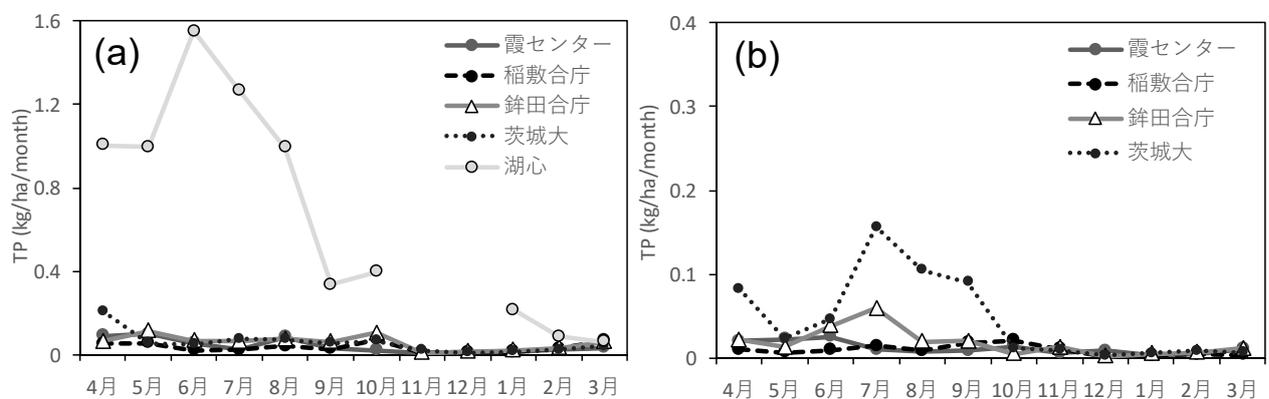


図4 各地点における TP 負荷量の月推移 ((a)全大気降下物, (b)湿性沈着物)

表2 各地点における年間負荷量

	COD (kg/ha/yr)	TN (kg/ha/yr)	TP (kg/ha/yr)
霞ヶ浦環境科学センター	59	11	0.49
稲敷合同庁舎	34	15	0.41
鉾田合同庁舎	57	15	0.68
茨城大学 (潮来)	66	14	0.68

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 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

令和元年5月から令和2年3月まで

②水質調査地点と調査回数(図1)

山王川本川4地点を対象に月1回、計11回

③分析項目

流量、浮遊物質量(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

(2) 24時間調査

①調査日:

【平日】令和元年12月9日(月)、令和2年2月21日(金)

【休日】令和元年12月15日(日)、令和2年2月2日(日)

①調査地点:山王川本川4地点(図1)

St.1は上流に工業団地(地域A)が、St.2はSt.1の間に水田を含む小規模事業所及び住宅地(地域B)が、St.3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。

②調査方法

平日、休日ともに午前0時からSt.1からSt.3、所橋にかけて調査し、午前2時から同様な調査を行い、2時間間隔で2時まで行った。

③分析項目

流量、浮遊物質量(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($\text{PO}_4\text{-P}$)、直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩(LAS)、大腸菌群数等

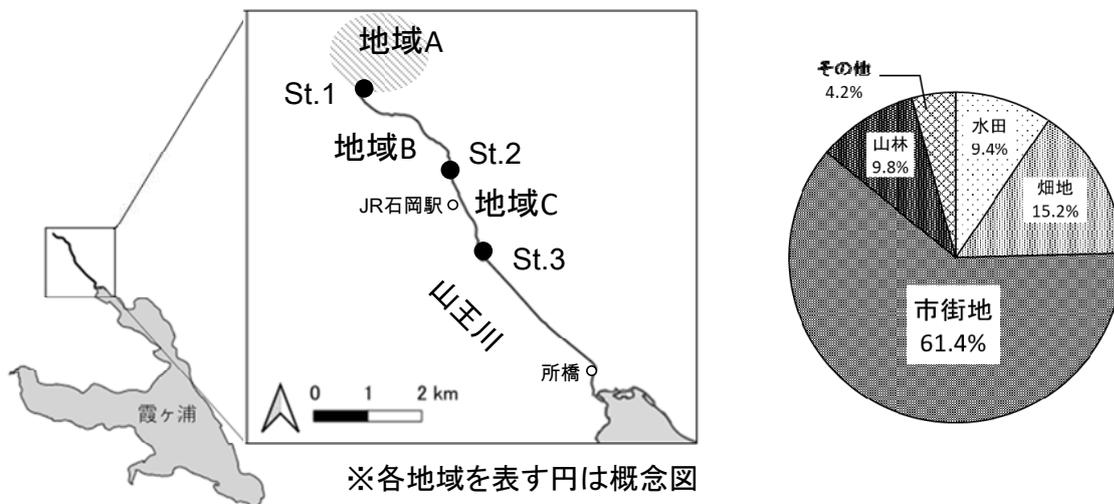


図1 山王川の調査地点及び土地利用状況(2012年)

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、上流地点の負荷量を差し引くことで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)」

として算出した。

所橋の流量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できなかった(図5)。

さらに、令和元年5月~令和2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, 全りんともに石岡駅周辺の市街地からの負荷量が多い傾向がみられた。

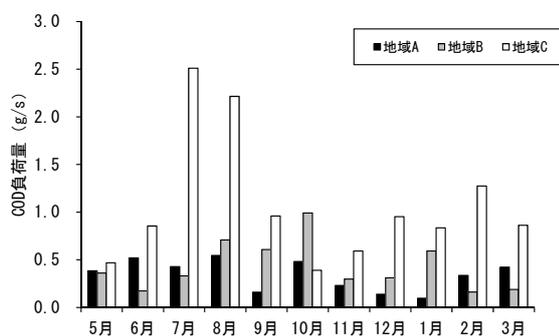


図2 COD負荷量の経月変化

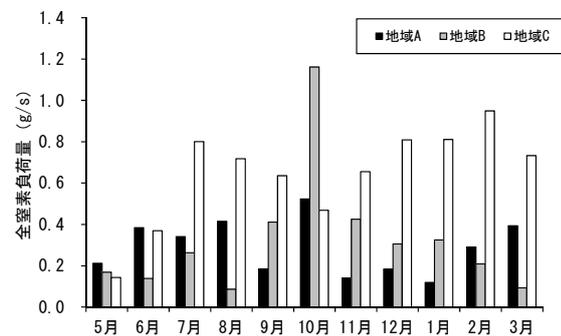


図3 全窒素濃度の経月変化

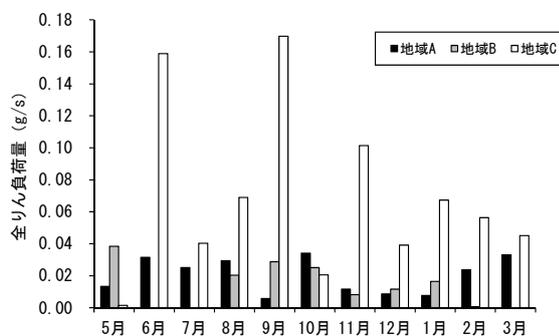


図4 全りん負荷量の経月変化

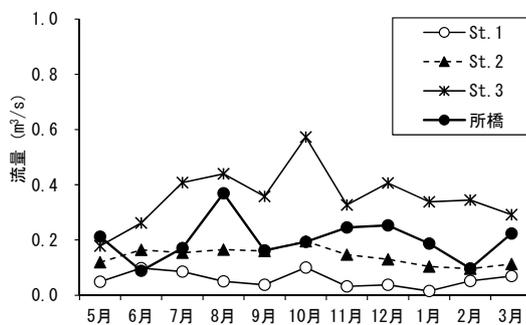


図5 流量の経月変化

表1 各地域の流量及び負荷量(令和元年5月~令和2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)
流量 (m³/s)	0.06	0.14	0.36
COD (g/s)	0.34	0.43	1.08
全窒素 (g/s)	0.29	0.33	0.64
全りん (g/s)	0.020	0.014	0.070

(2) 24時間調査(12月)

平日については、地域Aで14時以降にCODや全りんの負荷量が増加し、地域Cより大きい傾向がみられた(図16, 18, 20)。

休日については、全体的に地域Cが大きく、昼(12時)と夜(18時以降)に増加する傾向がみられた(図17, 19, 21)。

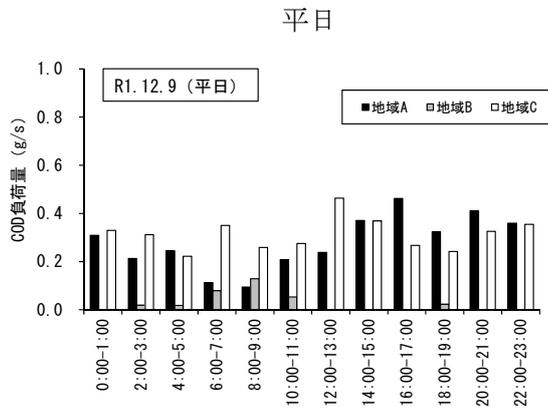


図6 COD負荷量の時間変化(平日)

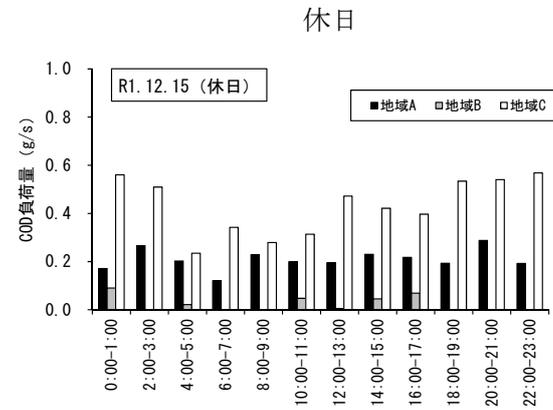


図7 COD負荷量の時間変化(休日)

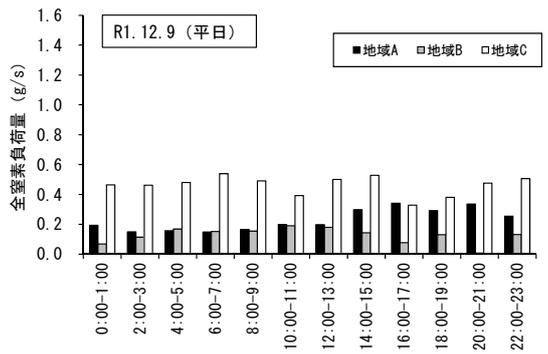


図8 全窒素負荷量の時間変化(平日)

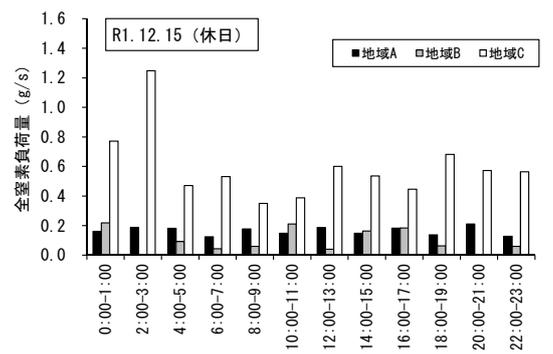


図9 全窒素負荷量の時間変化(休日)

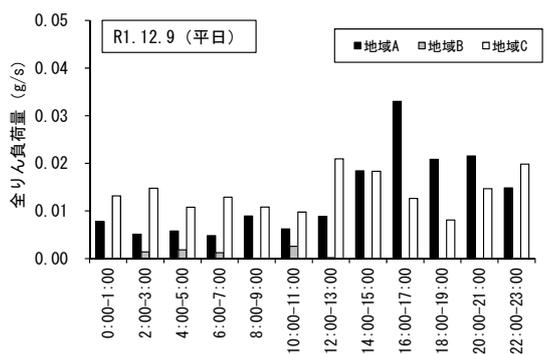


図10 全りん負荷量の時間変化(平日)

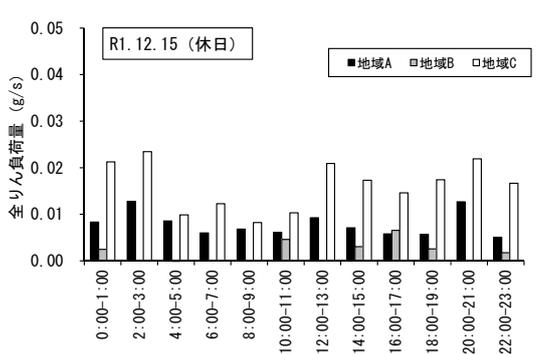


図11 全りん負荷量の時間変化(休日)

(3) 24時間調査(2月)

平日については、地域Cで1日を通して大きく、夕方から夜中に増加する傾向がみられた。地域Aでは昼間に増加する傾向がみられた(図12, 14, 16)。

休日については、地域Aと地域Cは同程度であるが、地域Aでは昼(12時)以降に増加する傾向があり、地域Cでは夕方や夜中に増加する傾向がみられた(図13, 15, 17)。

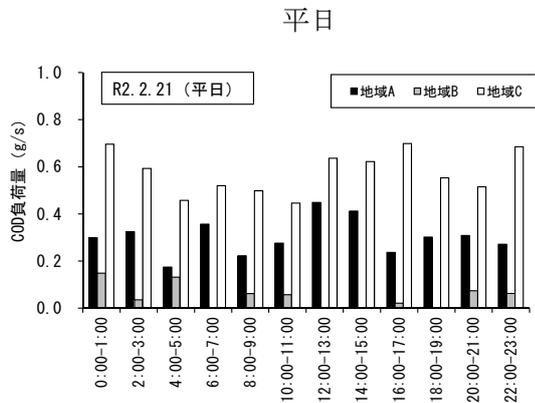


図12 COD負荷量の時間変化(平日)

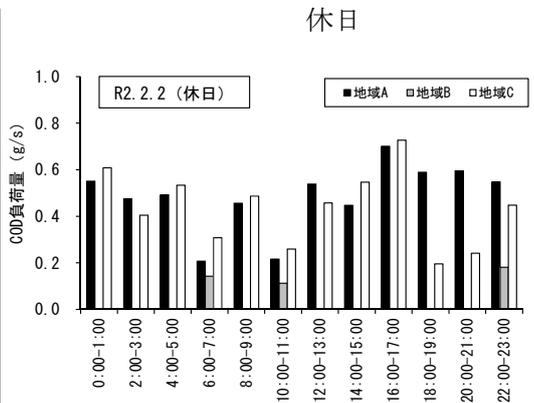


図13 COD負荷量の時間変化(休日)

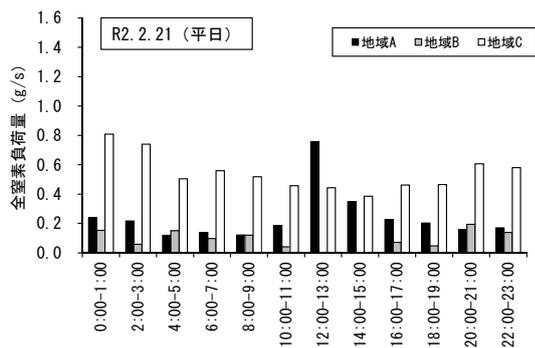


図14 全窒素負荷量の時間変化(平日)

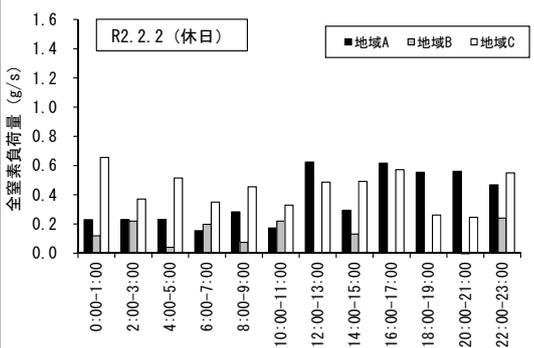


図15 全窒素負荷量の時間変化(休日)

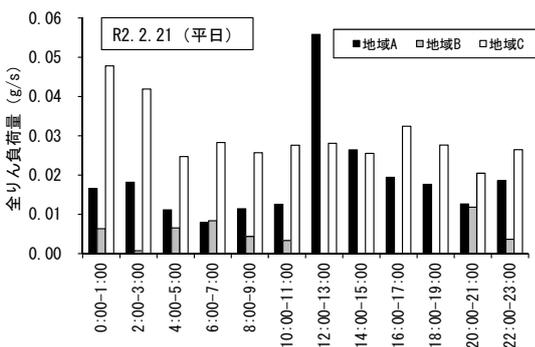


図16 全りん負荷量の時間変化(平日)

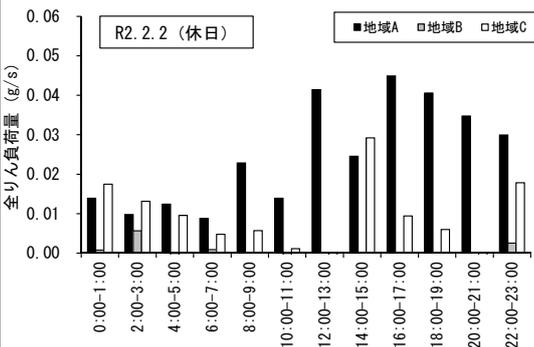


図17 全りん負荷量の時間変化(休日)

1-10 霞ヶ浦流域重点対策推進事業

1 はじめに

新川は土浦市街地の中を流れる霞ヶ浦流入河川であり、窒素やりん濃度が高い状況が問題となっている。そのため、本事業では、新川の上流部（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）に浄化施設を設置し、新川流域全体の直接浄化を行っている。新川全域や石田湖岸の水質汚濁の特徴を水質や付着珪藻から把握することを目的とした。

2 方法

(1) 水質調査

① 調査期間

平成31年4月から令和2年3月まで

② 水質調査地点と調査回数（図1）

新川：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

石田湖岸：浄化区域内、区域外の各1点の表層水を対象に月1回、計9回

（令和元年6月は浄化区内の放水で巻きあがりが生じており、10月と11月は、台風による増水によって浄化区内が浸水したため除外した。）

③ 分析項目

流量（新川調査のみ）、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) 付着珪藻調査

① 調査日：令和元年9月25日

② 調査地点：新川本川5地点、支川1地点、石田湖岸の浄化区域内、区域外の合計8地点

③ 調査方法

水深10～15cmの水面に対して垂直なコンクリート面の側面や落下物から金ブラシを用いて5×5cmの範囲を採取した。サンプルは3反復採取した。サンプルを40mLに濃縮した後、0.05mLを用い、0.5mm界線入りスライドグラスにてプレパラートを作製し、同定・計数を行った。細胞数は1mm²あたりの細胞数として算出した。

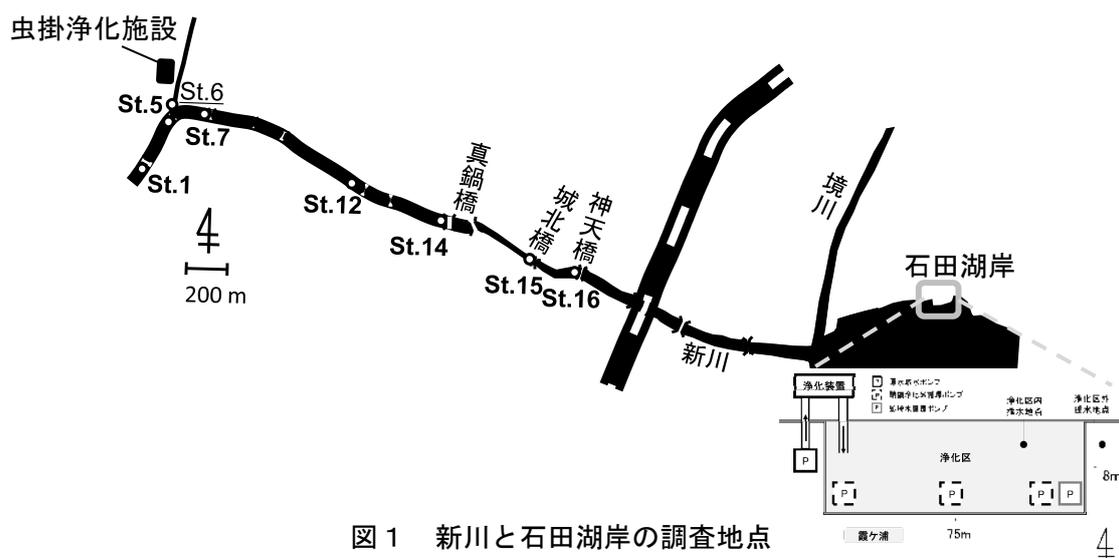


図1 新川と石田湖岸の調査地点
（下線付きの調査地点は支川を示す）

3. 結果と考察

(1) 水質調査

① 新川の水質調査

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。しかし、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3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(平成31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	0.020	17	15.0	6.00	5.77	0.47	0.12	4.40	0.899	0.573	0.546
St.5	0.021	14	11.5	4.35	4.17	0.51	0.14	2.72	1.133	0.765	0.717
St.6	0.060	23	8.8	3.05	2.91	2.11	0.06	0.50	0.217	0.079	0.060
St.7	0.122	19	9.1	3.25	3.08	1.80	0.07	0.93	0.455	0.190	0.164
St.12	0.245	15	7.5	3.09	2.97	1.96	0.08	0.65	0.229	0.082	0.060
St.14	0.145	13	7.3	2.95	2.81	1.92	0.07	0.61	0.205	0.070	0.047
St.15	*停滞	18	11.4	3.26	2.88	1.77	0.07	0.51	0.261	0.118	0.078
St.16	*停滞	14	8.9	2.91	2.71	1.89	0.06	0.41	0.185	0.079	0.049

*調査の過半数回で停滞が記録された地点を示す

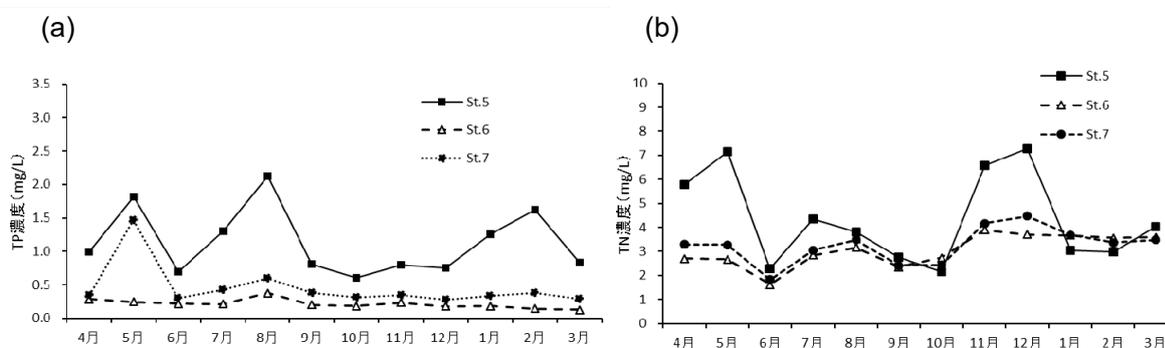


図2 St. 5, St. 6, St. 7のTP, TN濃度の経月変化 (a): TP濃度, (b): TN濃度

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。浄化区域の内外で比較すると、浄化区内の濃度は浄化区外と比べて大幅に低下し、水質が改善していた。特に、SS、NH₄-N、TPにおいて高い削減率を示しており、浄化の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	76	17.7	3.08	2.30	1.03	0.08	0.68	0.482	0.139	0.110
浄化区内	4	6.8	1.15	1.07	0.60	0.02	0.03	0.112	0.083	0.063
削減率 (%)	95	62	63	53	42	75	96	77	40	43

(2) 付着珪藻調査

付着珪藻調査の採取結果を表3に示す。本調査の結果、珪藻類は3綱11目20科70種が確認された。各調査地点で採取された種数は、4～40種類の範囲にあった。St. 6, St. 7, St. 15, 石田湖岸浄化区外で採取された種数は、それぞれ、33種類、40種類、33種類、27種類と、他地点よりやや多い傾向にあった。これに対し、St. 1, St. 12, 石田湖岸浄化区内で採取された種数は、それぞれ、12種類、4種類、9種類と、他地点と比較して少ない傾向にあった。また、各調査地点で採取された珪藻の細胞数密度は、15～1,587細胞/mm²の範囲にあった。St. 1, St. 5, St. 6は他地点と比較して、細胞数が多い傾向にあったが、St. 12及び、石田湖岸浄化区内は特に少なく、それぞれ、15細胞/mm²、40細胞/mm²であった。

表3 各地点における珪藻優占種（各地点上位5種）

St. 1		細胞数	St. 5		細胞数
1位	<i>Nitzschia amphibia</i>	917	1位	<i>Achnantheidium minutissimum</i>	570
2位	<i>Nitzschia palea</i>	137	2位	<i>Luticola goeppertiana</i>	303
3位	<i>Sellaphora nigri</i>	33	3位	<i>Nitzschia amphibia</i>	153
4位	<i>Sellaphora cf. japonica</i>	24	4位	Diadesmidaceae	69
5位	<i>Nitzschia dissipata</i>	9	5位	<i>Navicula rostellata</i>	54
St. 6		細胞数	St. 7		細胞数
1位	<i>Navicula watanabei</i>	345	1位	<i>Luticola goeppertiana</i>	73
2位	<i>Pinnularia parvulissima</i>	318	2位	<i>Navicula watanabei</i>	72
3位	<i>Melosira varians</i>	216	3位	<i>Melosira varians</i>	69
4位	<i>Bacillaria paxillifera</i>	105	4位	<i>Pinnularia parvulissima</i>	47
5位	<i>Nitzschia palea</i>	81	5位	<i>Nitzschia palea</i>	27
St. 12		細胞数	St. 15		細胞数
1位	<i>Sellaphora pupula</i>	8	1位	<i>Bacillaria paxillifera</i>	153
2位	<i>Ulnaria ulna</i>	3	2位	<i>Brachysira vitrea</i>	89
3位	<i>Nitzschia amphibia</i>	2	3位	<i>Nitzschia amphibia</i>	59
4位	<i>Nitzschia dissipata</i>	2	4位	<i>Ulnaria ulna</i>	51
			5位	<i>Gomphonema parvulum</i>	44
石田湖岸 浄化区内		細胞数	石田湖岸 浄化区外		細胞数
1位	<i>Nitzschia amphibia</i>	18	1位	<i>Navicula cf. quechua</i> var. <i>okinawaensis</i>	104
2位	<i>Nitzschia fonticola</i>	6	2位	<i>Nitzschia inconspicua</i>	42
3位	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	3	3位	<i>Nitzschia palea</i>	41
4位	<i>Nitzschia acicularis</i>	3	4位	<i>Navicula simulata</i>	39
5位	<i>Nitzschia palea</i>	3	5位	<i>Navicula</i> sp.	35

1-11 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。当センターでは現状のハス田から霞ヶ浦へ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

北浦湖岸の行方市繁昌地区、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において、流入・流出する水量及び水質の調査を行った（図1）。

1) 調査地区

(A) 繁昌地区

- ・調査地区：行方市繁昌地区（4.2ha）
- ・調査期間：平成31年4月1日～令和2年3月31日
- ・作付作物：レンコン・水稻
- ・備考：用水は北浦の水と循環灌漑水の混合

(B) 手野地区

- ・調査地区：土浦市手野地区（148.6ha）
- ・調査期間：平成31年4月1日～令和2年3月31日
- ・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。排水路と霞ヶ浦間は水位差による自然流入／流出。また、各ほ場はコンクリート製の畦畔で区切られる

(C) 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1日～令和2年2月29日
- ・作付作物：レンコン
- ・備考：ほ場間の水移動有り。排水路に多量の土砂が堆積

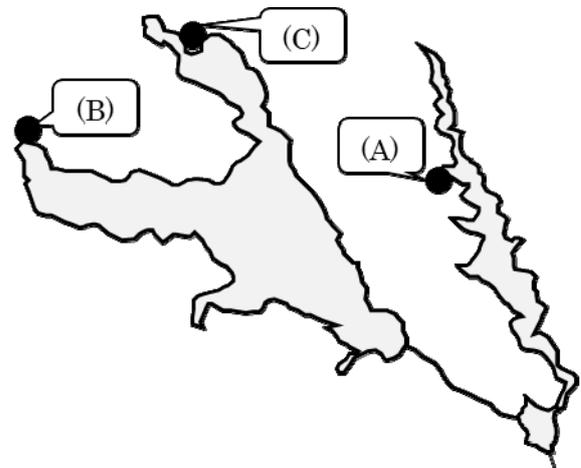


図1 調査地区地図

2) 調査項目

- (1) 水量：降水量は気象庁アメダスデータ（繁昌地区は鉾田、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。その他の流入・流出水量は機場の運転記録および流速計による測定値などから算定した。
- (2) 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

- 1) 水収支の流入計は、下玉里地区が2,000mm台だが、繁昌地区と手野地区は4,000mm超だった。繁昌地区は他地区より降水量が多く、手野地区では用水路からの流入が多かったためと考えられる。

- 2) 霞ヶ浦への流出量は、下玉里地区では 1,300mm 程度だが、繁昌地区と手野地区では約 3,000mm と、下玉里地区は他の地区に比べて霞ヶ浦への流出水量が少ない。
- 3) 繁昌地区の差引環境負荷は全体に少なかった。他地区に比べると、特に SS の流出量が少なかった。
- 4) 手野地区の差引環境負荷は全体に多かった（第 7 期霞ヶ浦水質保全計画におけるハス田からの排出原単位は COD 5.69t・km⁻²・年⁻¹, N 1.04 t・km⁻²・年⁻¹, P 321kg・km⁻²・年⁻¹）。手野地区の流入負荷量は他地区より多いが、それ以上に流出負荷量が多かった。
- 5) 下玉里地区の差引環境負荷は、SS 以外は手野地区より少なかった。SS の排出量が他地区より著しく多かった。

表 1 繁昌地区, 水収支 (1 ヶ年)

流入計	4,086	流出計	4,082
降水	1,868	蒸発散	1,127
霞ヶ浦から	1,685	霞ヶ浦へ	2,955
循環灌漑水	533		

(単位: mm)

表 2 繁昌地区, 環境負荷 (1 ヶ年)

項目	流入	流出	差引
SS	51	83	32
COD	27	43	17
TN	4.7	8.1	3.4
TP	0.4	0.7	0.4

(単位: t/km²=kg/10a)

表 3 手野地区, 水収支 (1 ヶ年)

流入計	4,221	流出計	4,221
降水	1,472	蒸発散	1,153
霞ヶ浦から	224	霞ヶ浦へ	3,069
用水路より	2,379		
境川より	146		

(単位: mm)

表 4 手野地区, 環境負荷 (1 ヶ年)

項目	流入	流出	差引
SS	70	384	314
COD	29	74	45
TN	8.6	14.4	5.8
TP	0.8	2.8	1.9

(単位: t/km²=kg/10a)

表 5 下玉里地区, 水収支 (11 ヶ月)

流入計	2,316	流出計	2,316
降水	1,339	蒸発散	1,068
霞ヶ浦から	977	霞ヶ浦へ	1,248

(単位: mm)

表 6 下玉里地区, 環境負荷 (11 ヶ月)

項目	流入	流出	差引
SS	16	426	410
COD	11	48	37
TN	4.5	6.6	2.1
TP	0.2	1.4	1.2

(単位: t/km²=kg/10a)

1-12 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、平成 28 年 2 月に第 4 期水質保全計画が策定され、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：平成 31 年 4 月から令和 2 年 3 月の毎月 1 回
- ・ 調査地点：湖内 8 地点の上層（水面下 0.5 m）及び下層（湖底上 0.5 m），下流の涸沼川（大貫橋、涸沼橋）の 2 地点の表層，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（図 2）。年平均値は、上層が 5.8 mg/L，下層が 5.4 mg/L で、昨年度の上層 5.4 mg/L，下層 5.6 mg/L と比較して上層では高く，下層では低い値となった。

次に、湖内全地点平均の TN の月別推移を図 3 に示す。上層，下層ともに、7 月までは過去平均値を下回ったが、8 月以降は過去平均値と同程度～高く推移した。年平均値では、上層が 1.8 mg/L，下層が 1.6 mg/L であり、昨年度の上層 1.5 mg/L，下層 1.4 mg/L と比べて上下層ともに高かった。

TP の月別推移（図 4）については、上層では 4～5 月，下層では 4～6 月に過去平均値より高かったが、夏季には過去平均値を下回り、それ以降は過去平均値と同程度～低く推移した（3 月上層を除く）。年平均値は、上層が 0.097 mg/L，下層が 0.11 mg/L であり、昨年度の上層 0.080 mg/L，下層 0.089 mg/L

と比較して上下層ともに高くなった。

Chl-a (図5) は、過去平均値と比較して、上下層とも8月及び10月に大幅に低くなった。特に10月においては、調査前1か月間で355.5 mmの降雨(水戸市, 気象庁データ)があり、降雨による希釈や湖水滞留時間の縮小等の影響でChl-aが低下した可能性がある。Clについても、10月は上層で0.11 g/L, 下層で0.13 g/Lと低濃度であった(図6)。

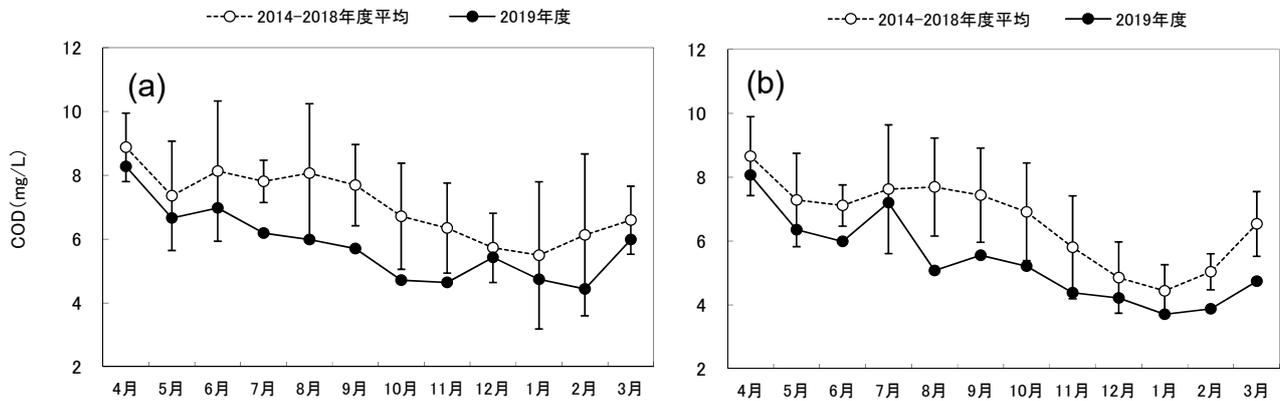


図2 CODの月別推移 ((a)上層, (b)下層, エラーバーは標準偏差)

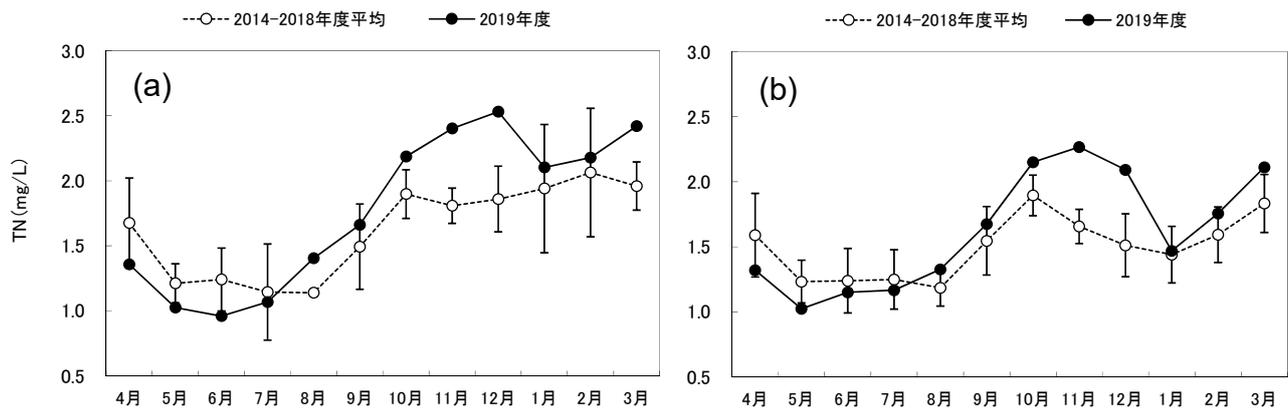


図3 TNの月別推移 ((a)上層, (b)下層, エラーバーは標準偏差)

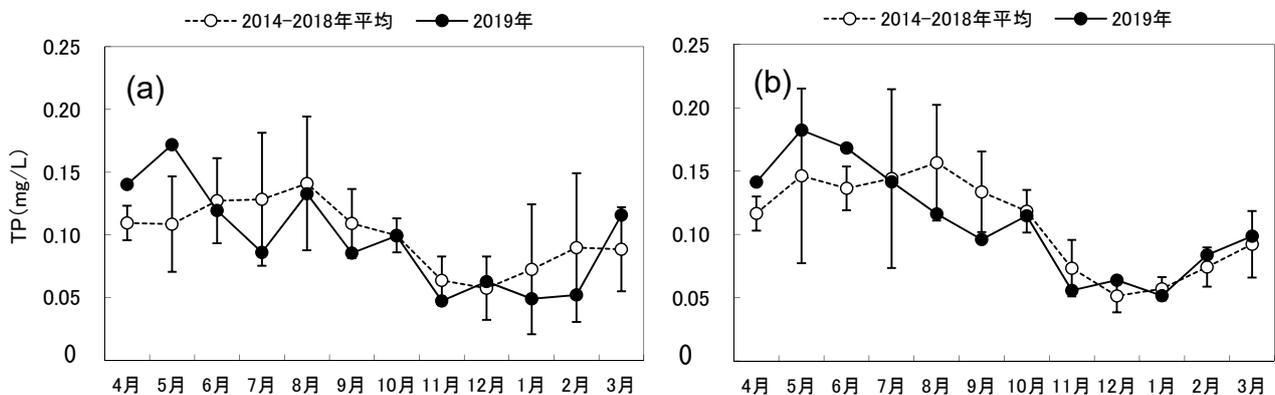


図4 TPの月別推移 ((a)上層, (b)下層, エラーバーは標準偏差)

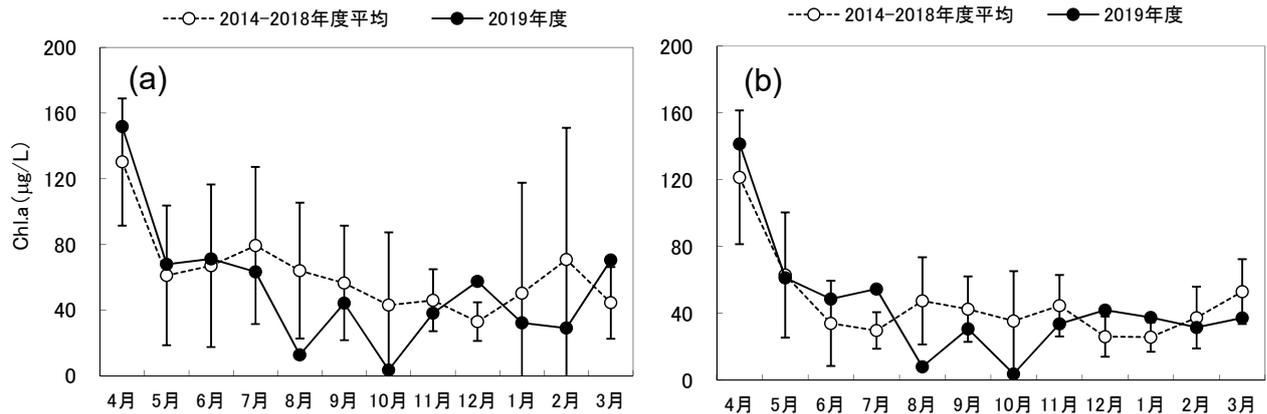


図5 Chl-aの月別推移 ((a)上層, (b)下層, エラーバーは標準偏差)

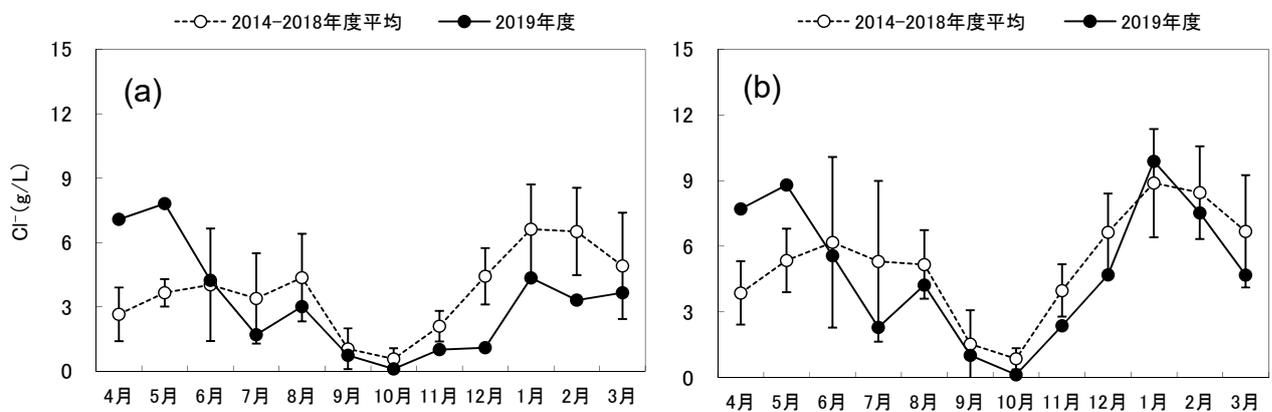


図6 Cl⁻の月別推移 ((a)上層, (b)下層, エラーバーは標準偏差)

(2) 植物プランクトン

図7に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を示す。H31(R1)年度は、4月及び7月に鞭毛藻類が多く出現し、11月以降は珪藻類が増殖した。珪藻類は、夏季から秋季にかけては *Cyclotella* が、秋季から冬季にかけては *Skeletonema* が多く出現した。昨年度と比べると、夏季に総細胞数が多かった。

(3) 動物プランクトン

図8にH4における動物プランクトン個体数の推移を示す。H31(R1)年度は、昨年度と比較すると、全体的に個体数が少なかった。出現傾向としては、カイアシ類の *nauplius of COPEPODA* が第1優占種となるが多かった。そのほかには、汽水性種である *Sinocalanus tenellus* 及び *copepodite of Sinocalanus* が優占種 になることも多かった。

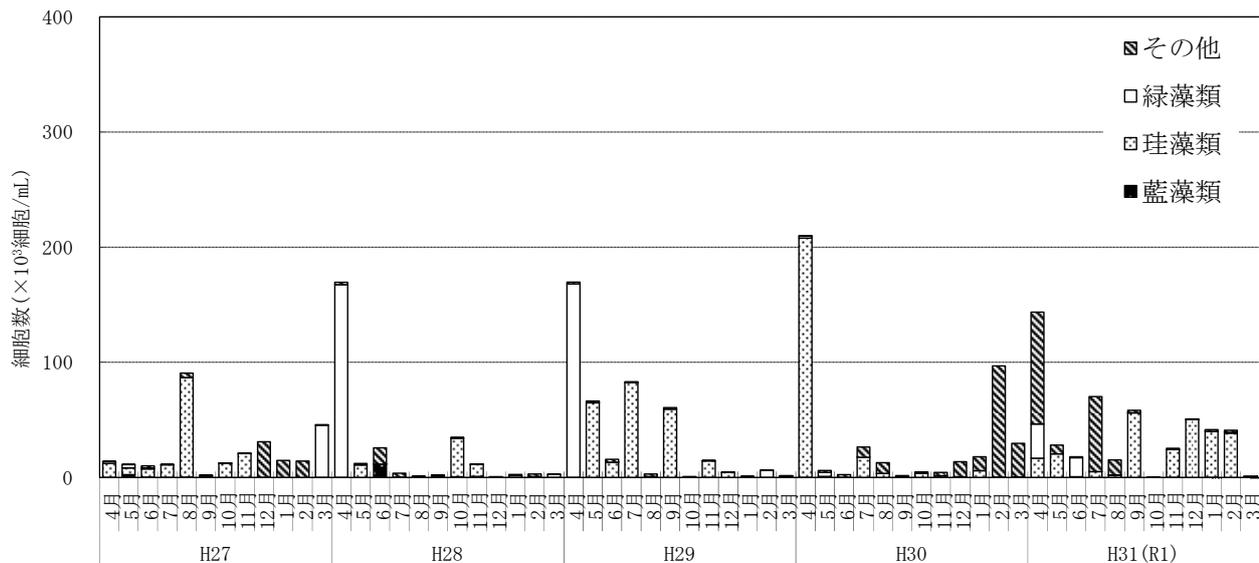


図7 H4における近年5年間の植物プランクトン細胞数の推移

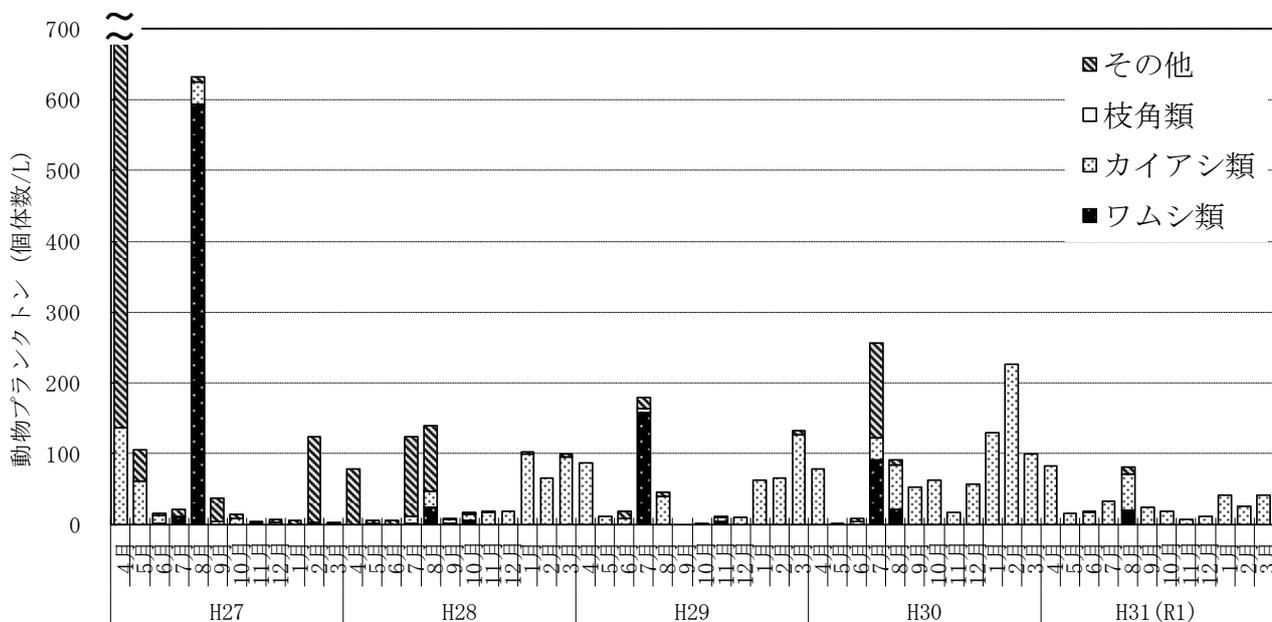


図8 H4における近年5年間の動物プランクトン個体数の推移

表 1 水質調査結果一覧（4月）

平成31年4月20日

天気 晴れ

気温 13.1°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)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	CT (g/L)	SRSi (mg/L)
瀬沼 1 上層	9:58	0.50	2.0	17.5	9.2	12	54	8.1	5.4	5.0	3.6	1.6	0.89	0.02	0.39	0.05	0.18	0.041	0.004	170	17	5.8	6.4
瀬沼 1 下層				16.9	9.2	11	64	7.8	5.2	5.1	3.3	1.4	0.82	<0.01	0.33	0.05	0.19	0.036	0.003	170	17	6.0	7.1
瀬沼 2 上層	10:12	0.50	2.4	17.2	9.2	13	50	8.9	5.6	5.0	3.5	1.4	0.85	<0.01	0.36	0.05	0.15	0.036	0.004	160	18	6.2	7.2
瀬沼 2 下層				16.2	9.1	11	59	6.3	5.3	4.6	3.4	1.4	0.87	<0.01	0.39	0.05	0.14	0.034	0.003	150	20	6.8	6.8
瀬沼 3 上層	9:48	0.60	2.5	16.4	9.1	12	50	8.6	4.7	4.9	3.5	1.3	0.78	<0.01	0.30	0.04	0.13	0.034	0.002	140	21	7.3	6.6
瀬沼 3 下層				16.2	9.1	11	49	9.3	4.6	4.7	3.1	1.3	0.78	<0.01	0.34	0.04	0.12	0.032	0.003	140	21	7.2	6.7
瀬沼 4 上層	9:16	0.60	3.1	16.5	9.0	12	47	9.6	5.2	5.0	3.7	1.4	0.79	0.01	0.32	0.05	0.14	0.035	0.002	160	20	6.5	7.0
瀬沼 4 下層				16.5	9.2	11	71	10	5.0	5.9	3.5	1.5	0.80	<0.01	0.30	0.04	0.17	0.032	0.003	160	20	6.8	7.0
瀬沼 5 上層	10:25	0.60	2.2	17.5	9.2	14	48	7.8	5.1	5.1	3.6	1.4	0.79	<0.01	0.33	0.04	0.14	0.034	0.003	160	19	6.6	7.0
瀬沼 5 下層				16.8	9.1	11	57	8.9	5.0	4.6	3.5	1.4	0.80	<0.01	0.33	0.04	0.14	0.033	0.002	150	20	7.0	7.0
瀬沼 6 上層	9:37	0.50	2.7	16.6	9.2	12	50	8.7	5.6	5.0	3.5	1.4	0.81	0.01	0.30	0.04	0.14	0.035	0.002	150	20	6.8	7.0
瀬沼 6 下層				16.8	9.2	12	51	9.5	5.5	4.9	3.7	1.5	0.81	0.01	0.33	0.04	0.15	0.035	0.003	160	20	6.8	7.0
瀬沼 7 上層	9:00	0.60	2.5	15.0	8.7	10	50	8.3	5.7	4.4	3.3	1.3	0.78	<0.01	0.33	0.04	0.13	0.033	0.003	130	24	8.0	6.5
瀬沼 7 下層				15.0	8.7	8.8	51	7.7	5.3	4.0	3.2	1.3	0.85	0.06	0.34	0.04	0.13	0.033	0.003	110	24	8.4	6.4
瀬沼 8 上層	8:50	0.50	2.3	15.5	8.5	10	57	6.2	5.1	4.1	3.1	1.1	0.73	<0.01	0.31	0.04	0.12	0.030	0.003	110	26	9.4	5.9
瀬沼 8 下層				15.4	8.5	9.0	70	4.8	3.9	3.0	2.3	0.88	0.61	<0.01	0.29	0.02	0.085	0.021	0.002	65	35	13	4.1

	採水時刻	透明度 (cm)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	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)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	CT (g/L)	SRSi (mg/L)
瀬沼橋	11:03	34.0	-	16.2	8.5	9.1	57	5.0	2.9	2.3	1.8	0.69	0.48	<0.01	0.25	0.01	0.067	0.010	0.004	37	40	15	2.7
大貫橋	10:50	16.0	-	16.5	8.8	11	52	8.5	3.7	3.9	2.9	1.0	0.64	<0.01	0.26	0.03	0.11	0.029	0.003	100	28	10	5.2
高橋	12:35	>50	-	19.0	8.1	7.8	6	5.2	4.2	2.3	2.2	2.2	1.9	0.37	1.6	0.05	0.23	0.17	0.15	4	0.36	<0.1	11
長岡橋	12:45	>50	-	18.0	8.1	10	1	4.3	3.8	2.2	2.0	2.6	2.3	0.13	2.0	0.03	0.096	0.058	0.043	2	0.34	<0.1	14

表 2 水質調査結果一覧 (5月)

令和1年5月18日		天気 晴れ		気温 21.5°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)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	CI (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼 1 上層	9:45	0.50	1.8	23.5	8.9	10	7.0	4.5	5.1	3.7	1.2	0.53	0.15	<0.01	<0.01	0.19	0.064	0.017	77	20	7.0	5.4
酒沼 1 下層				23.5	8.9	11	6.7	4.6	4.9	3.6	1.1	0.56	0.16	<0.01	<0.01	0.21	0.063	0.019	81	20	6.8	5.5
酒沼 2 上層	9:35	0.60	2.0	23.2	9.0	11	7.1	4.7	5.2	3.6	0.9	0.50	0.11	<0.01	<0.01	0.18	0.053	0.011	59	22	7.6	5.2
酒沼 2 下層				23.2	9.0	11	7.0	4.7	5.0	3.5	1.0	0.53	0.12	<0.01	<0.01	0.17	0.054	0.012	72	22	7.7	5.2
酒沼 3 上層	10:03	0.50	2.3	23.5	8.8	8.9	6.5	4.4	4.6	3.5	1.1	0.50	0.15	<0.01	<0.01	0.19	0.064	0.019	81	22	7.7	5.4
酒沼 3 下層				22.9	8.7	8.2	7.4	4.2	4.3	3.3	1.2	0.49	0.15	<0.01	<0.01	0.25	0.060	0.019	90	23	8.1	5.5
酒沼 4 上層	10:25	0.60	2.8	22.6	8.8	11	7.3	4.7	4.3	3.4	1.0	0.48	0.13	<0.01	<0.01	0.17	0.052	0.013	70	22	7.8	5.4
酒沼 4 下層				22.4	8.6	7.2	7.9	4.4	4.1	3.2	1.1	0.52	0.16	<0.01	<0.01	0.19	0.046	0.013	72	23	8.3	5.7
酒沼 5 上層	9:17	0.55	2.1	23.0	8.9	12	7.0	4.9	4.4	3.4	1.1	0.49	0.11	<0.01	<0.01	0.18	0.055	0.011	67	23	8.1	5.3
酒沼 5 下層				22.5	8.9	12	6.5	4.5	4.4	3.3	1.0	0.47	0.12	<0.01	<0.01	0.17	0.051	0.012	69	23	8.5	5.4
酒沼 6 上層	10:13	0.70	2.5	22.7	8.4	6.2	4.1	5.8	4.7	3.9	1.0	0.63	0.24	<0.01	<0.01	0.16	0.059	0.027	55	22	7.8	5.8
酒沼 6 下層				21.8	8.1	2.8	6.4	4.5	3.8	3.0	1.2	0.77	0.51	0.02	0.01	0.23	0.10	0.086	51	24	8.5	6.2
酒沼 7 上層	10:50	0.50	2.2	22.6	8.8	12	6.7	4.8	4.6	3.3	0.94	0.46	0.10	<0.01	<0.01	0.15	0.049	0.010	72	23	7.9	5.4
酒沼 7 下層				21.9	8.7	9.6	5.7	4.3	3.6	2.9	0.87	0.45	0.17	0.05	<0.01	0.13	0.039	0.011	45	24	9.6	5.0
酒沼 8 上層	8:56	0.65	2.2	22.8	8.3	11	4.4	5.9	4.1	3.1	0.90	0.42	0.12	<0.01	<0.01	0.15	0.043	0.012	62	23	8.5	5.5
酒沼 8 下層				20.8	8.1	4.3	3.2	2.8	2.4	2.2	0.78	0.69	0.30	0.15	0.01	0.10	0.082	0.069	8	33	1.3	3.8

採水時刻	透明度 (cm)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	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)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	CI (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼橋	11:45	>50	-	22.0	8.2	8.2	3.9	3.7	3.1	2.8	0.78	0.56	0.17	0.08	<0.01	0.11	0.040	0.015	34	27	10	4.7
大貫橋	11:25	28.0	-	23.3	8.5	10	5.1	4.1	3.8	3.1	0.85	0.45	0.12	<0.01	<0.01	0.13	0.046	0.013	62	25	9.0	5.2
高橋	12:25	>50	-	23.1	7.9	10	3	5.0	2.8	2.7	2.0	1.9	0.28	1.5	0.04	0.19	0.15	0.15	4	0.59	<0.1	11
長岡橋	12:42	>50	-	23.1	7.8	9.2	5.5	5.3	2.9	2.8	1.5	1.5	0.16	1.1	0.02	0.097	0.062	0.049	3	0.29	<0.1	12

表3 水質調査結果一覧（6月）

令和1年6月19日

天気 くもり

気温 24.8℃（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)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼 1 上層	0.50	2.1	25.4	9.0	14	35	8.8	4.6	5.3	3.4	1.1	0.50	0.02	0.05	0.01	0.13	0.033	0.004	110	11	3.4	6.1
酒沼 1 下層			24.2	8.8	8.9	48	6.3	4.7	4.6	3.6	1.1	0.58	0.11	<0.01	<0.01	0.16	0.046	0.011	77	14	4.8	5.4
酒沼 2 上層	0.45	2.5	25.0	8.8	12	37	6.4	4.8	5.6	3.6	1.0	0.46	0.02	<0.01	<0.01	0.13	0.037	0.003	70	12	4.4	5.4
酒沼 2 下層			24.2	8.7	7.8	59	6.4	4.7	4.3	3.5	1.2	0.59	0.12	<0.01	<0.01	0.19	0.047	0.012	58	14	4.9	5.5
酒沼 3 上層	0.50	2.5	24.9	9.1	14	33	7.1	4.6	5.6	3.4	0.88	0.41	0.02	<0.01	<0.01	0.12	0.029	0.003	89	11	3.4	5.8
酒沼 3 下層			23.6	8.7	6.6	74	7.8	4.6	4.5	3.5	1.1	0.61	0.14	<0.01	<0.01	0.24	0.047	0.014	64	14	4.8	5.7
酒沼 4 上層	0.40	3.0	24.6	9.2	14	38	7.3	4.7	5.6	3.6	0.94	0.43	0.02	<0.01	<0.01	0.12	0.036	0.003	66	13	4.4	5.3
酒沼 4 下層			24.0	8.5	5.3	52	6.4	4.3	4.2	3.3	1.2	0.83	0.26	0.08	0.01	0.18	0.056	0.026	48	15	5.0	5.8
酒沼 5 上層	0.45	2.4	25.1	8.0	11	41	6.4	4.7	5.3	3.5	1.0	0.45	0.03	<0.01	<0.01	0.11	0.036	0.004	60	15	4.8	5.3
酒沼 5 下層			24.0	8.2	7.2	59	6.5	5.1	4.2	3.5	1.3	0.61	0.15	0.01	<0.01	0.18	0.045	0.012	61	15	4.9	5.6
酒沼 6 上層	0.50	2.7	24.8	9.3	13	36	7.0	5.4	5.6	3.5	1.0	0.40	0.02	<0.01	<0.01	0.11	0.034	0.003	66	12	4.1	5.5
酒沼 6 下層			23.5	8.5	5.2	43	6.1	5.4	4.0	3.4	1.3	0.73	0.34	0.01	<0.01	0.17	0.052	0.022	39	15	4.9	5.8
酒沼 7 上層	0.50	2.4	25.2	9.1	13	38	6.9	5.3	5.5	3.5	1.0	0.44	0.02	<0.01	<0.01	0.12	0.035	0.004	61	14	4.5	5.3
酒沼 7 下層			23.7	8.3	6.3	43	4.6	4.4	3.4	2.9	1.1	0.77	0.21	0.13	0.01	0.11	0.042	0.016	27	19	6.9	5.2
酒沼 8 上層	0.50	2.4	24.6	8.6	11	37	5.9	5.4	4.7	3.4	0.92	0.47	0.03	0.03	0.01	0.11	0.038	0.005	41	15	4.9	5.4
酒沼 8 下層			23.5	8.0	5.2	52	3.8	3.8	3.1	2.7	1.0	0.82	0.21	0.20	0.01	0.13	0.058	0.037	15	24	8.3	4.8

採水時刻	透明度 (cm)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	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)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼橋	43.8	-	24.5	7.9	6.8	44	4.8	4.7	3.4	3.0	0.90	0.69	0.11	0.16	0.01	0.094	0.030	0.008	19	19	6.4	5.3
大貫橋	31.5	-	24.8	8.2	8.2	42	5.4	5.2	4.0	3.2	0.92	0.54	0.03	0.09	0.01	0.12	0.038	0.006	42	16	5.6	5.4
高橋	>50	-	26.0	7.2	8.5	7	4.6	4.1	2.4	2.3	1.6	1.4	0.11	1.1	0.01	0.15	0.11	0.11	2	0.34	<0.1	9.3
長岡橋	>50	-	25.5	7.6	8.1	5	5.4	4.7	2.8	2.7	1.3	1.3	0.04	0.93	0.01	0.072	0.043	0.032	2	0.25	<0.1	10

表 4 水質調査結果一覧 (7月)

令和1年7月13日 天気 くもり 気温 25.7°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)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼 1 上層	0.80	2.0	25.0	7.7	10	12	5.2	4.4	3.8	2.9	1.1	1.0	0.05	0.59	0.03	0.078	0.030	0.004	43	4.2	1.4	8.1
酒沼 1 下層			24.0	7.5	7.3	25	6.4	4.6	4.5	3.2	1.3	0.98	0.21	0.34	0.02	0.14	0.036	0.007	75	6.5	2.0	6.9
酒沼 2 上層	0.60	2.3	24.5	7.8	11	19	6.3	4.8	4.7	3.2	1.1	0.87	0.03	0.41	0.03	0.088	0.030	0.003	73	6.2	1.9	6.8
酒沼 2 下層			24.0	7.8	6.8	59	8.8	4.6	3.9	3.0	1.3	0.84	0.14	0.36	0.02	0.17	0.021	0.002	76	6.9	2.2	7.0
酒沼 3 上層	0.80	2.3	24.9	7.7	10	10	5.5	4.4	3.5	2.9	1.2	1.1	0.04	0.53	0.03	0.068	0.028	0.008	34	4.1	1.1	8.2
酒沼 3 下層			23.6	7.6	6.7	63	9.0	4.3	4.0	3.0	1.2	0.87	0.12	0.38	0.02	0.18	0.020	0.002	68	6.5	2.1	7.0
酒沼 4 上層	0.60	2.9	24.6	8.5	12	15	6.3	4.4	4.4	3.0	1.1	0.86	0.02	0.47	0.03	0.084	0.028	0.002	70	5.0	1.6	7.4
酒沼 4 下層			23.6	7.9	5.5	79	8.9	4.0	4.3	3.0	1.1	0.84	0.18	0.27	0.02	0.22	0.017	0.001	56	7.3	2.4	6.8
酒沼 5 上層	0.50	2.2	25.1	8.1	11	24	6.7	4.5	4.9	3.1	1.0	0.80	0.03	0.38	0.02	0.11	0.025	0.002	73	6.6	2.0	6.5
酒沼 5 下層			23.8	7.3	4.1	58	8.2	4.8	3.7	3.0	1.1	0.91	0.23	0.35	0.02	0.17	0.020	0.002	47	7.4	2.6	6.8
酒沼 6 上層	0.70	2.6	24.8	8.3	12	12	5.9	4.7	4.0	2.9	1.1	0.96	0.03	0.44	0.03	0.071	0.024	0.002	59	4.4	1.3	7.9
酒沼 6 下層			24.5	8.0	7.5	14	5.5	5.0	3.7	3.1	1.1	1.0	0.17	0.47	0.03	0.067	0.022	0.001	33	5.9	1.9	7.2
酒沼 7 上層	0.50	2.4	24.0	8.2	11	22	6.6	4.8	4.8	3.2	0.91	0.77	0.02	0.36	0.02	0.094	0.025	0.002	75	6.5	2.1	6.6
酒沼 7 下層			23.9	8.2	9.7	23	6.4	4.7	4.4	3.0	0.91	0.77	0.04	0.36	0.02	0.092	0.023	0.001	72	6.7	2.0	6.6
酒沼 8 上層	0.45	2.2	24.8	8.1	11	25	7.0	4.8	4.9	3.2	1.0	0.75	0.02	0.33	0.02	0.10	0.024	0.001	77	6.8	2.2	6.5
酒沼 8 下層			23.6	7.2	3.9	25	4.4	4.2	2.6	2.4	1.4	1.3	0.24	0.67	0.02	0.11	0.067	0.056	9	9.8	3.2	7.9

採水時刻	透明度 (cm)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	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)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSi (mg/L)	
																							11:59
酒沼橋	>50	-	23.5	7.2	6.3	19	4.7	4.7	3.3	2.8	1.0	1.0	0.13	0.47	0.01	0.071	0.020	0.008	16	8.2	2.6	7.1	
大貫橋	29.0	-	23.5	7.4	8.7	26	6.2	5.1	4.5	3.1	1.0	0.81	0.03	0.43	0.02	0.091	0.026	0.001	61	7.4	2.5	6.6	
高橋	>50	-	24.0	7.2	8.7	3	3.2	3.2	1.9	1.8	1.4	1.3	0.03	0.87	<0.01	0.12	0.10	0.10	2	0.37	<0.1	10	
長岡橋	>50	-	23.7	7.5	8.7	4	3.7	3.3	2.0	1.9	1.5	1.3	0.03	0.89	0.01	0.062	0.032	0.024	2	0.22	<0.1	11	

表5 水質調査結果一覧（8月）

令和1年8月22日 天気 くもり 気温 26.4°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)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼 1 上層	10:18	0.35	2.5	26.0	7.4	5.3	45	9.4	5.8	4.2	3.3	1.8	1.7	0.12	1.0	0.01	0.25	0.072	0.031	5	2.0	0.3	5.0
酒沼 1 下層				28.4	6.9	4.6	27	4.8	4.2	3.4	3.2	1.5	1.4	0.59	0.27	0.02	0.11	0.063	0.040	2	11	3.9	6.8
酒沼 2 上層	10:35	0.40	2.7	28.2	6.8	5.5	15	4.8	4.3	3.5	3.3	1.5	1.4	0.50	0.37	0.02	0.10	0.063	0.027	11	10	3.5	6.8
酒沼 2 下層				28.1	6.8	5.5	30	4.8	3.9	3.2	3.2	1.4	1.3	0.48	0.27	0.01	0.11	0.057	0.029	7	12	4.0	6.6
酒沼 3 上層	10:04	0.40	2.8	26.9	7.4	5.4	22	7.3	5.5	3.7	3.3	1.6	1.6	0.20	0.93	0.01	0.17	0.063	0.037	6	2.9	0.8	5.4
酒沼 3 下層				27.6	7.0	5.6	27	6.0	3.8	3.4	3.2	1.5	1.4	0.47	0.36	0.02	0.12	0.061	0.038	7	12	4.1	6.5
酒沼 4 上層	9:26	0.80	3.2	28.7	6.9	7.5	25	5.8	3.9	3.6	3.3	1.2	1.1	0.31	0.24	0.01	0.11	0.048	0.005	31	13	4.1	6.3
酒沼 4 下層				28.4	6.9	6.6	37	5.8	3.7	3.2	3.2	1.1	1.1	0.34	0.19	0.01	0.12	0.047	0.015	12	13	4.4	6.2
酒沼 5 上層	10:50	0.80	2.6	28.3	6.9	6.2	24	5.6	4.2	3.3	3.2	1.2	1.1	0.37	0.23	0.01	0.10	0.050	0.016	11	13	4.2	6.3
酒沼 5 下層				28.2	7.0	6.1	35	5.1	3.9	3.2	3.1	1.2	1.1	0.39	0.20	0.01	0.13	0.046	0.018	13	13	4.4	6.4
酒沼 6 上層	9:49	0.50	3.0	27.6	7.3	7.2	17	5.9	5.8	3.5	3.3	1.6	1.4	0.33	0.60	0.02	0.13	0.062	0.032	24	6.8	2.4	7.1
酒沼 6 下層				27.8	7.1	6.5	21	5.4	5.1	3.7	3.5	1.5	1.5	0.43	0.40	0.02	0.13	0.077	0.046	12	12	3.8	6.2
酒沼 7 上層	9:07	0.80	2.7	28.5	6.0	6.0	25	4.7	4.5	3.3	3.2	1.2	1.1	0.41	0.20	0.01	0.10	0.059	0.026	9	13	4.3	6.3
酒沼 7 下層				28.5	6.4	6.2	20	4.5	4.2	3.2	3.1	1.2	1.1	0.44	0.18	0.01	0.094	0.055	0.029	7	13	4.6	6.3
酒沼 8 上層	11:09	1.10	2.7	28.0	7.1	5.6	22	4.4	4.2	3.2	3.2	1.3	1.2	0.53	0.19	0.01	0.11	0.072	0.045	5	13	4.6	6.4
酒沼 8 下層				28.3	7.0	6.4	30	4.2	3.9	3.1	3.2	1.3	1.2	0.56	0.18	0.01	0.12	0.065	0.046	4	14	4.7	6.5

	採水時刻	透明度 (cm)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	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)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼橋	12:18	>50	-	27.6	7.1	4.0	21	5.2	4.6	3.4	3.3	1.4	1.3	0.46	0.37	0.02	0.13	0.090	0.073	2	12	4.1	6.4
大貫橋	12:00	>50	-	28.0	7.0	4.1	23	5.0	4.3	3.3	3.3	1.3	1.3	0.54	0.27	0.02	0.12	0.087	0.064	3	13	4.3	6.6
高橋	13:44	16.4	-	25.1	7.3	6.7	44	10	6.5	3.8	3.3	1.8	1.8	0.05	1.4	0.01	0.24	0.074	0.051	5	0.39	<0.1	6.3
長岡橋	13:49	27.0	-	25.5	7.1	7.1	26	9.8	7.4	4.2	3.4	2.3	2.0	0.09	1.5	0.01	0.21	0.053	0.033	5	0.14	<0.1	6.4

表6 水質調査結果一覧(9月)

令和1年9月27日 天気 くもり 気温 22.3℃ (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)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼 1 上層	1.00	1.9	24.7	7.2	6.6	6	4.3	4.2	2.8	2.7	2.1	2.0	0.20	1.34	0.03	0.091	0.061	0.040	11	1.0	0.4	10
酒沼 1 下層			24.5	7.1	6.1	9	4.5	4.0	2.7	2.6	2.0	2.0	0.26	1.32	0.03	0.11	0.077	0.052	9	1.2	0.4	10
酒沼 2 上層	0.50	2.4	25.3	7.4	7.8	21	5.9	4.5	3.5	3.0	1.7	1.5	0.08	1.06	0.03	0.11	0.029	0.003	36	2.0	0.6	7.4
酒沼 2 下層			25.3	7.5	7.8	24	6.1	4.5	3.6	2.9	1.6	1.3	0.03	0.88	0.02	0.11	0.027	0.002	48	2.5	0.9	6.4
酒沼 3 上層	1.00	2.4	24.6	7.6	7.8	7	4.8	4.3	3.0	2.7	1.9	1.8	0.15	1.27	0.04	0.082	0.039	0.017	22	1.5	0.5	8.8
酒沼 3 下層			24.5	7.4	5.9	10	5.0	4.5	2.8	2.7	2.1	1.9	0.23	1.26	0.04	0.11	0.066	0.039	8	1.5	0.5	9.0
酒沼 4 上層	0.60	2.8	24.7	8.1	11	17	6.6	4.5	4.3	3.0	1.5	1.2	0.02	0.79	0.02	0.091	0.025	0.002	69	2.7	0.8	6.0
酒沼 4 下層			24.7	7.9	7.3	21	6.0	4.1	3.6	2.9	1.4	1.3	0.09	0.79	0.02	0.089	0.023	0.001	52	3.8	1.3	6.3
酒沼 5 上層	0.60	2.1	25.3	8.1	8.4	19	6.4	4.5	4.1	3.0	1.5	1.2	0.01	0.81	0.02	0.082	0.023	0.001	57	2.7	0.9	5.9
酒沼 5 下層			25.0	8.0	8.2	20	6.1	4.4	3.5	2.9	1.6	1.2	0.04	0.86	0.02	0.093	0.025	0.002	47	2.9	1.0	6.2
酒沼 6 上層	0.55	2.5	25.0	8.3	11	16	6.2	4.4	4.1	3.0	1.7	1.4	0.02	0.96	0.03	0.084	0.026	0.002	71	2.4	0.7	6.5
酒沼 6 下層			24.5	8.0	7.8	20	6.0	4.5	3.2	2.8	1.7	1.6	0.13	1.05	0.03	0.10	0.027	0.003	33	2.3	0.8	7.0
酒沼 7 上層	0.60	2.3	25.0	7.5	10	16	6.0	4.0	4.1	3.0	1.4	1.2	0.01	0.80	0.02	0.073	0.023	0.002	52	3.1	1.0	5.9
酒沼 7 下層			24.8	7.3	7.3	24	5.7	4.3	3.1	2.8	1.5	1.4	0.13	0.81	0.02	0.084	0.021	0.002	27	4.4	1.5	6.2
酒沼 8 上層	0.60	2.2	25.4	8.3	10	15	5.4	4.2	3.8	3.0	1.4	1.2	0.01	0.80	0.02	0.071	0.025	0.002	35	3.3	1.1	5.8
酒沼 8 下層			24.5	7.9	6.9	20	5.0	4.0	3.0	2.8	1.5	1.3	0.14	0.79	0.02	0.076	0.022	0.002	21	5.1	1.8	6.1

採水時刻	透明度 (cm)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	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)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼橋	>50	-	25.1	7.6	6.4	16	4.2	3.9	2.8	2.7	1.5	1.3	0.12	0.82	0.02	0.061	0.030	0.014	8	7.1	2.4	6.2
大貫橋	38.0	-	25.1	7.9	8.2	18	5.4	3.3	3.5	2.8	1.4	1.2	0.01	0.80	0.02	0.069	0.021	0.001	33	4.6	1.5	5.8
高橋	>50	-	23.2	7.5	8.4	5	3.0	2.7	1.6	1.6	2.2	2.1	0.01	1.8	0.01	0.14	0.12	0.11	3	0.35	<0.1	12
長岡橋	>50	-	23.2	7.7	11	3	3.2	2.9	1.8	1.7	2.1	2.0	0.02	1.8	0.02	0.071	0.047	0.034	2	0.25	<0.1	14

表 7 水質調査結果一覧 (10月)

令和1年10月28日 天気 雨 気温 17.7℃ (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)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (μg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSi (mg/L)
溜沼 1 上層	10:00	0.60	2.3	17.0	7.3	6.8	9	3.8	2.9	1.9	1.7	2.4	2.4	0.11	2.0	0.01	0.079	0.031	0.029	2	0.18	<0.1	9.3
溜沼 1 下層				17.1	7.1	6.7	11	4.2	2.8	1.9	1.6	2.5	2.5	0.11	2.1	0.01	0.088	0.034	0.034	1	0.18	<0.1	9.7
溜沼 2 上層	10:13	0.65	2.7	17.3	7.2	6.5	8	4.2	3.4	2.2	1.9	2.2	2.1	0.16	1.8	0.01	0.086	0.040	0.036	4	0.38	<0.1	8.0
溜沼 2 下層				17.7	7.1	5.6	20	5.5	3.9	2.3	2.1	2.0	1.9	0.21	1.5	0.02	0.12	0.049	0.042	5	0.61	0.2	7.3
溜沼 3 上層	9:45	0.55	2.9	17.0	7.2	6.6	11	4.7	3.4	2.3	2.0	2.3	2.2	0.17	1.8	0.01	0.10	0.048	0.043	4	0.37	<0.1	7.9
溜沼 3 下層				17.4	7.1	6.9	14	5.2	3.5	2.3	2.0	2.4	2.1	0.18	1.8	0.01	0.11	0.047	0.044	3	0.38	<0.1	8.0
溜沼 4 上層	9:20	0.55	3.4	17.0	7.1	7.3	10	4.8	3.7	2.5	2.1	2.0	2.0	0.17	1.6	0.01	0.10	0.045	0.040	4	0.53	0.1	7.2
溜沼 4 下層				17.3	7.1	6.2	16	5.4	3.9	2.5	2.2	2.0	1.8	0.22	1.4	0.02	0.12	0.048	0.041	3	0.83	0.2	7.2
溜沼 5 上層	10:21	0.40	2.6	17.0	7.2	6.9	14	5.2	4.0	2.6	2.2	2.0	1.8	0.19	1.4	0.02	0.11	0.050	0.044	4	0.61	0.2	6.8
溜沼 5 下層				17.2	7.2	6.5	24	6.0	4.0	2.4	2.2	1.8	1.8	0.21	1.4	0.02	0.14	0.048	0.043	6	0.65	0.2	6.9
溜沼 6 上層	9:35	0.55	3.0	17.1	7.1	6.8	12	4.9	4.1	2.6	2.2	2.4	2.3	0.22	1.8	0.02	0.11	0.052	0.047	3	0.47	0.1	7.6
溜沼 6 下層				17.2	7.1	6.6	19	5.7	4.1	2.4	2.1	2.4	2.3	0.24	1.8	0.02	0.13	0.056	0.050	5	0.44	0.1	7.6
溜沼 7 上層	9:04	0.60	2.8	17.0	6.9	7.0	11	4.9	4.1	2.6	2.2	2.2	2.1	0.19	1.7	0.02	0.10	0.048	0.042	3	0.57	0.1	7.5
溜沼 7 下層				17.0	6.9	7.0	14	4.9	4.0	2.4	2.1	2.2	2.1	0.22	1.6	0.02	0.11	0.045	0.043	3	0.67	0.2	7.5
溜沼 8 上層	10:35	0.60	2.7	17.0	7.2	6.4	16	5.2	3.8	2.4	2.2	2.0	1.9	0.23	1.5	0.02	0.10	0.052	0.050	3	0.66	0.2	7.1
溜沼 8 下層				17.4	7.1	6.4	17	4.8	3.9	2.5	2.2	2.1	1.9	0.24	1.5	0.02	0.11	0.050	0.050	3	0.66	0.2	7.1

	採水時刻	透明度 (cm)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	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)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (μg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSi (mg/L)
溜沼橋	11:25	36.0	-	17.2	7.1	7.1	16	4.5	3.7	2.5	2.0	2.1	1.9	0.19	1.5	0.02	0.10	0.050	0.052	2	0.92	0.2	8.0
大貫橋	11:10	32.0	-	17.3	7.1	6.6	16	5.1	4.0	2.3	2.2	2.1	2.0	0.22	1.6	0.02	0.10	0.054	0.052	3	0.67	0.2	7.1
高橋	12:59	>50	-	16.4	7.3	8.5	13	3.6	2.4	1.4	1.2	2.4	2.3	0.10	2.1	0.01	0.062	0.031	0.023	2	0.17	<0.1	10
長面橋	12:50	>50	-	17.0	7.2	8.5	5	4.4	3.1	2.2	1.7	2.8	2.4	0.09	2.5	0.02	0.070	0.030	0.020	2	0.21	<0.1	9.4

表 8 水質調査結果一覧 (11月)

令和1年11月22日 天気 曇り時々雨 気温 7.4℃ (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)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSI (mg/L)
酒沼 1 上層	0.60	1.9	12.4	7.9	11	13	4.5	2.7	2.3	1.7	2.5	2.2	0.03	2.1	0.03	0.070	0.018	0.005	42	3.4	1.1	9.9
酒沼 1 下層			12.8	7.8	10	15	4.7	2.6	2.4	1.7	2.5	2.3	0.09	1.9	0.03	0.072	0.017	0.004	38	3.8	1.4	10
酒沼 2 上層	0.93	2.2	11.9	7.8	13	9	5.0	3.0	2.7	1.8	2.4	2.2	0.02	2.0	0.04	0.044	0.014	0.003	40	3.2	1.0	9.4
酒沼 2 下層			13.0	7.6	10	18	4.8	3.1	2.5	1.7	2.4	2.0	0.10	1.8	0.04	0.066	0.014	0.002	43	6.4	2.1	9.0
酒沼 3 上層	0.80	2.4	12.0	8.1	13	10	4.5	2.8	2.3	1.7	2.6	2.3	0.02	2.0	0.03	0.051	0.015	0.004	44	2.4	0.8	9.6
酒沼 3 下層			12.9	8.0	11	11	4.4	2.7	2.2	1.7	2.4	2.1	0.07	1.9	0.03	0.053	0.012	0.003	36	3.8	1.3	9.6
酒沼 4 上層	0.90	2.7	12.0	8.5	13	9	4.9	2.9	2.4	1.7	2.4	2.2	0.01	2.0	0.03	0.046	0.012	0.003	47	2.8	0.8	9.9
酒沼 4 下層			14.3	7.7	4	22	3.3	2.0	1.8	1.5	1.8	1.7	0.28	1.2	0.05	0.055	0.010	0.002	20	18	6.3	7.3
酒沼 5 上層	0.90	2.1	12.0	6.8	13	8	4.6	2.9	2.4	1.7	2.4	2.2	0.01	2.1	0.03	0.040	0.008	0.002	33	2.8	0.9	11
酒沼 5 下層			13.7	7.1	10	12	4.6	3.0	2.4	1.7	2.3	2.0	0.03	1.9	0.04	0.044	0.012	0.001	43	5.3	1.8	9.4
酒沼 6 上層	0.80	2.6	12.1	8.4	14	10	4.8	3.3	2.4	1.7	2.3	2.1	0.02	2.0	0.03	0.041	0.013	0.002	40	2.5	1.0	9.4
酒沼 6 下層			13.4	8.0	10	16	4.8	3.1	2.2	1.6	2.3	2.2	0.10	1.8	0.03	0.059	0.010	0.002	37	6.5	2.2	9.0
酒沼 7 上層	0.90	2.3	12.0	8.5	13	8	4.6	3.1	2.4	1.7	2.4	2.4	0.01	2.2	0.04	0.037	0.011	0.002	32	3.8	1.1	10
酒沼 7 下層			12.5	8.3	10	12	4.7	3.0	2.3	1.7	2.3	2.1	0.07	1.9	0.04	0.045	0.010	0.002	31	6.1	2.1	9.6
酒沼 8 上層	0.60	2.6	11.7	8.5	11	13	4.2	2.8	2.3	1.7	2.3	2.2	0.04	2.0	0.04	0.049	0.009	0.002	27	3.9	1.4	10
酒沼 8 下層			13.1	8.4	10	16	3.7	2.6	2.2	1.7	2.3	2.2	0.06	1.9	0.04	0.051	0.012	0.002	22	4.7	1.7	9.8

採水時刻	透明度 (cm)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	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)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSI (mg/L)
酒沼橋	>50	-	13.5	8.0	8.9	22	2.2	2.0	1.4	1.3	1.9	1.8	0.12	1.5	0.02	0.040	0.020	0.016	4	14	4.8	8.5
大貫橋	>50	-	13.1	8.3	11	11	3.2	2.6	1.8	1.6	2.3	2.3	0.08	1.9	0.03	0.034	0.010	0.002	9	6.2	2.1	9.9
高橋	>50	-	11.0	7.6	11	14	3.4	2.2	1.3	1.1	2.1	2.2	0.06	2.0	0.01	0.11	0.069	0.066	6	0.30	<0.1	12
長岡橋	>50	-	12.0	7.7	11	4	2.6	2.4	1.4	1.3	2.5	2.4	0.04	2.4	0.02	0.032	0.019	0.015	3	0.23	<0.1	13

表9 水質調査結果一覧(12月)

令和1年12月14日 天気 晴れ 気温 8.4℃ (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)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (μg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼 1 上層	945	0.80	2.2	8.9	8.7	14	9	4.8	2.7	2.3	1.6	2.5	2.1	0.01	2.1	0.03	0.060	0.016	0.004	46	2.9	1.1	9.7
酒沼 1 下層				10.0	8.5	12	15	4.9	2.9	2.5	1.7	2.4	2.1	0.02	1.8	0.04	0.059	0.016	0.003	45	6.9	2.4	7.7
酒沼 2 上層	959	0.80	2.5	9.1	9.1	15	13	5.7	2.7	2.7	1.7	2.5	2.1	0.01	1.9	0.04	0.057	0.019	0.003	43	3.2	1.2	7.8
酒沼 2 下層				10.3	8.6	11	23	4.5	2.3	2.4	1.7	2.3	1.9	0.07	1.7	0.04	0.073	0.016	0.003	48	9.1	3.2	7.0
酒沼 3 上層	934	0.80	2.6	8.5	8.7	15	11	5.6	3.0	2.4	1.7	2.8	2.3	0.03	2.1	0.03	0.072	0.024	0.006	69	2.6	0.9	8.3
酒沼 3 下層				10.1	8.0	8.1	16	4.2	2.0	2.2	1.6	2.3	1.9	0.07	1.6	0.04	0.069	0.014	0.003	43	13	4.4	6.8
酒沼 4 上層	901	0.70	3.1	8.5	7.5	15	12	5.4	2.5	2.8	1.7	2.4	2.1	0.01	1.9	0.04	0.056	0.017	0.003	59	2.8	1.0	7.7
酒沼 4 下層				10.9	7.3	9.2	25	3.6	1.8	2.0	1.5	1.9	1.6	0.05	1.4	0.03	0.065	0.014	0.003	41	20	7.2	5.9
酒沼 5 上層	1012	0.80	2.4	9.0	9.2	16	12	5.8	2.6	2.7	1.7	2.5	1.9	0.02	1.9	0.04	0.058	0.018	0.003	60	2.8	0.8	8.1
酒沼 5 下層				10.0	9.0	13	16	5.2	2.8	2.6	1.7	2.3	2.1	0.01	1.9	0.04	0.063	0.017	0.003	55	5.0	1.8	7.5
酒沼 6 上層	921	0.70	2.8	8.5	8.7	14	12	6.0	2.8	2.5	1.8	2.7	2.3	0.04	2.0	0.03	0.081	0.028	0.008	77	3.2	0.9	8.7
酒沼 6 下層				10.0	8.0	6.8	22	4.0	2.2	2.1	1.7	2.1	1.8	0.09	1.5	0.04	0.067	0.016	0.003	37	13	4.6	7.1
酒沼 7 上層	1023	0.70	2.5	9.2	9.3	15	12	5.6	2.5	2.7	1.7	2.6	2.2	0.01	2.0	0.04	0.056	0.017	0.003	55	3.2	1.1	8.1
酒沼 7 下層				9.5	9.1	14	16	5.3	2.7	2.4	1.7	2.3	2.2	0.01	1.9	0.03	0.069	0.017	0.003	47	4.9	1.8	7.9
酒沼 8 上層	1038	0.60	2.7	9.7	9.1	14	16	4.5	2.8	2.5	1.7	2.4	2.1	0.01	1.9	0.03	0.062	0.018	0.003	50	5.2	1.9	7.9
酒沼 8 下層				12.5	8.4	9.0	36	2.0	1.1	1.4	1.3	1.2	1.1	0.03	0.83	0.02	0.045	0.013	0.002	19	33	12	3.9

	採水時刻	透明度 (cm)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	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)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (μg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼橋	11:33	>50	-	13.0	8.1	9.3	30	1.3	1.2	1.2	1.2	1.3	1.2	0.09	0.91	0.02	0.048	0.020	0.015	9	30	11	4.9
大貫橋	11:20	23.0	-	10.7	8.6	12	25	4.1	2.6	2.5	1.8	2.0	1.9	0.01	1.6	0.03	0.068	0.016	0.002	42	11	3.6	8.0
高橋	12:15	>50	-	10.0	8.7	11	2	2.1	1.8	1.0	1.0	2.3	2.2	0.02	2.4	0.02	0.089	0.073	0.012	2	0.61	<0.1	10
長岡橋	12:28	>50	-	11.6	8.4	12	2	2.3	2.1	1.2	1.2	2.3	2.1	0.08	2.2	0.01	0.034	0.021	0.071	2	0.23	<0.1	11

表 10 水質調査結果一覧 (1月)

令和2年1月17日 天気 くもり 気温 5.9℃ (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)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼 1 上層	9:49	2.0	8.0	8.5	13	9	5.4	2.4	2.8	1.7	2.2	1.9	<0.01	1.7	0.03	0.055	0.012	0.003	38	13	4.2	8.8
酒沼 1 下層			10.1	8.4	11	11	4.7	2.1	2.9	1.7	1.7	1.4	0.01	1.2	0.04	0.058	0.010	0.003	46	23	7.8	6.8
酒沼 2 上層	10:02	2.4	9.5	8.7	14	8	5.4	2.8	2.9	1.6	2.0	1.8	<0.01	1.5	0.03	0.054	0.010	0.004	33	15	5.0	8.1
酒沼 2 下層			10.2	8.1	7.0	10	3.5	1.9	2.3	1.5	1.4	1.2	0.06	0.86	0.04	0.054	0.007	0.003	36	29	10	5.8
酒沼 3 上層	9:38	2.5	8.0	8.3	13	6	4.2	2.3	2.2	1.6	2.3	2.2	<0.01	1.9	0.03	0.049	0.010	0.005	28	10	2.9	9.9
酒沼 3 下層			10.3	7.9	5.3	12	3.9	1.8	2.3	1.5	1.4	1.2	0.16	0.76	0.04	0.057	0.009	0.004	38	26	11	5.7
酒沼 4 上層	9:03	2.8	7.9	7.3	13	7	4.7	2.5	2.6	1.7	2.2	2.0	<0.01	1.8	0.03	0.044	0.008	0.002	32	11	3.6	9.1
酒沼 4 下層			10.2	7.2	4.5	10	3.0	1.8	2.0	1.4	1.2	1.0	0.07	0.69	0.04	0.048	0.007	0.003	35	33	13	5.3
酒沼 5 上層	10:16	2.3	8.0	8.8	14	6	5.2	2.7	2.8	1.6	2.1	1.9	<0.01	1.8	0.03	0.042	0.009	0.002	34	13	4.0	9.1
酒沼 5 下層			9.9	8.5	10	8	4.3	2.3	2.7	1.5	1.5	1.4	0.01	1.1	0.03	0.042	0.007	0.003	41	23	8.3	6.5
酒沼 6 上層	9:25	2.7	7.8	8.2	12	4	4.2	2.7	2.2	1.6	2.2	2.1	0.01	1.9	0.03	0.049	0.011	0.004	27	10	3.1	9.8
酒沼 6 下層			10.8	7.5	2.4	10	2.8	1.8	1.9	1.5	1.3	1.1	0.23	0.62	0.05	0.046	0.012	0.004	29	33	12	5.5
酒沼 7 上層	10:27	2.4	8.5	8.9	14	6	5.0	3.3	2.9	1.7	2.0	1.7	<0.01	1.6	0.03	0.043	0.013	0.003	31	16	5.3	8.5
酒沼 7 下層			10.3	8.3	6.5	10	3.4	1.7	2.3	1.4	1.3	1.1	0.05	0.82	0.03	0.053	0.014	0.003	37	30	11	5.9
酒沼 8 上層	10:42	2.4	9.0	8.6	11	13	3.8	2.3	2.4	1.6	1.9	1.6	<0.01	1.5	0.03	0.056	0.013	0.003	35	19	6.7	8.1
酒沼 8 下層			9.0	8.7	11	14	4.0	2.4	2.4	1.6	1.9	1.6	<0.01	1.4	0.03	0.054	0.013	0.003	37	19	6.8	7.9

採水時刻	透明度 (cm)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	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)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼橋	11:34	-	11.5	8.2	9.1	5	1.6	1.3	1.2	1.0	1.1	0.98	0.08	0.79	0.01	0.033	0.010	0.011	6	33	12	5.6
大貫橋	11:19	-	10.0	8.1	10	8	2.8	1.9	1.8	1.4	1.5	1.3	0.03	1.2	0.02	0.052	0.014	0.005	19	26	9.3	7.6
高橋	12:37	-	9.2	8.4	11	3	2.3	2.3	1.3	1.2	2.0	1.9	0.07	1.8	0.02	0.079	0.070	0.061	2	0.41	<0.1	12
長岡橋	12:51	-	10.1	8.3	11	4	3.0	2.6	1.6	1.4	2.4	2.3	0.08	2.1	0.02	0.043	0.024	0.019	3	0.24	<0.1	14

表 11 水質調査結果一覧（2月）

令和2年2月14日 天気 晴れ 気温 12.5℃（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)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (μg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼 1 上層	0.90	2.1	10.5	8.6	14	9	4.6	2.3	2.7	1.6	2.3	1.9	0.03	1.7	0.03	0.062	0.020	0.003	36	9.3	3.0	8.2
酒沼 1 下層			10.1	8.3	10	13	4.4	2.3	3.1	1.9	1.8	1.5	0.04	1.2	0.03	0.10	0.027	0.003	40	18	6.2	6.7
酒沼 2 上層	0.90	2.5	10.0	8.6	14	7	4.9	2.7	3.0	1.7	2.1	1.9	0.01	1.6	0.03	0.052	0.015	0.002	35	11	3.5	8.1
酒沼 2 下層			10.1	8.1	8.9	10	3.9	2.4	3.0	2.0	1.9	1.5	0.06	1.2	0.03	0.090	0.028	0.003	39	20	7.1	6.7
酒沼 3 上層	1.00	2.6	10.4	8.4	13	5	3.8	2.3	2.2	1.5	2.3	2.2	0.01	1.9	0.03	0.053	0.016	0.003	21	8.6	2.8	9.8
酒沼 3 下層			10.6	7.6	4.0	8	3.7	2.2	2.4	1.9	1.6	1.3	0.13	0.86	0.04	0.084	0.026	0.005	32	25	8.9	6.4
酒沼 4 上層	1.00	3.0	10.3	7.8	13	6	4.6	2.7	2.7	1.7	2.1	1.9	0.01	1.7	0.03	0.048	0.015	0.003	31	10	3.5	9.0
酒沼 4 下層			10.8	7.5	3.7	36	3.7	2.1	2.2	1.7	1.6	1.2	0.14	0.73	0.04	0.12	0.027	0.007	22	30	11	5.5
酒沼 5 上層	0.80	2.4	10.4	8.6	14	6	4.7	2.6	2.8	1.6	2.0	1.8	0.01	1.6	0.03	0.050	0.012	0.002	26	11	3.5	8.9
酒沼 5 下層			9.8	8.5	13	13	4.7	2.7	2.9	1.7	2.0	1.8	0.03	1.5	0.02	0.077	0.016	0.003	38	14	4.7	8.9
酒沼 6 上層	1.00	2.7	10.3	8.2	13	5	3.9	2.5	2.2	1.5	2.2	2.1	0.01	1.9	0.02	0.052	0.015	0.003	23	7.7	2.5	11
酒沼 6 下層			10.5	7.8	4.2	8	3.1	2.1	2.1	1.6	1.5	1.3	0.18	0.80	0.04	0.071	0.021	0.004	17	25	9.4	6.5
酒沼 7 上層	0.80	2.6	10.5	8.7	14	6	5.3	2.7	2.7	1.6	2.2	1.9	0.01	1.7	0.03	0.050	0.014	0.003	30	10	3.6	9.2
酒沼 7 下層			10.3	8.4	11	18	4.2	2.3	2.7	1.5	1.8	1.6	0.01	1.4	0.02	0.075	0.015	0.004	32	18	6.9	8.0
酒沼 8 上層	0.80	2.5	10.6	8.6	13	7	3.7	2.6	2.7	1.6	2.2	2.1	0.01	1.8	0.03	0.050	0.013	0.003	30	13	4.1	9.6
酒沼 8 下層			10.3	8.4	11	11	3.3	2.3	2.4	1.5	1.8	1.6	0.01	1.5	0.02	0.058	0.013	0.003	32	17	5.9	8.2

採水時刻	透明度 (cm)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	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)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (μg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼橋	>50	-	12.8	7.9	9.1	4	1.2	0.8	1.0	0.9	0.87	0.80	0.08	0.57	0.01	0.040	0.020	0.017	3	40	15	3.7
大貫橋	25.0	-	10.9	7.8	11	11	3.6	2.3	2.6	1.5	1.8	1.6	0.01	1.4	0.02	0.055	0.013	0.003	29	18	6.2	8.0
高橋	>50	-	12.0	7.8	10	9	2.3	2.0	1.3	1.0	2.2	2.1	0.10	2.0	0.02	0.086	0.055	0.052	3	0.57	<0.1	13
長岡橋	>50	-	13.1	7.5	10	4	2.6	2.2	1.3	1.2	2.6	2.6	0.10	2.5	0.02	0.052	0.027	0.022	2	0.24	<0.1	15

表 12 水質調査結果一覧 (3月)

気温 12.5°C (水戸10時, 気象庁データ)

天気 晴れ

令和2年3月6日

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	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)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSi (mg/L)
9:32	1.00	2.1	9.8	8.4	12	6	4.0	3.0	2.3	2.2	2.0	2.0	0.02	1.5	0.03	0.066	0.023	0.005	15	9.5	3.0	10
			11.0	8.5	11	11	4.9	3.3	2.7	2.0	2.1	1.6	0.02	1.3	0.03	0.11	0.022	0.003	48	12	4.5	9.5
9:45	0.80	2.5	10.4	8.6	13	11	8.5	3.9	4.7	2.6	2.9	2.0	0.02	1.4	0.03	0.17	0.043	0.015	140	11	3.5	10
			10.4	8.7	12	9	6.1	3.3	3.4	2.2	2.4	1.7	0.02	1.2	0.03	0.13	0.028	0.005	76	11	3.9	9.8
9:22	0.70	2.6	9.6	8.2	13	8	7.3	3.9	3.7	2.5	2.8	2.1	0.02	1.3	0.03	0.14	0.048	0.017	110	10	3.5	10
			10.1	8.3	7.5	10	5.4	3.0	2.9	2.1	2.4	1.7	0.04	1.3	0.03	0.12	0.023	0.003	55	11	4.3	9.8
8:53	0.90	3.2	10.2	7.2	12	6	5.8	3.4	2.9	2.1	2.3	1.8	0.02	1.4	0.03	0.10	0.024	0.004	55	11	3.6	10
			10.4	7.3	9.3	8	4.7	2.9	2.5	1.8	2.0	1.6	0.05	1.2	0.03	0.089	0.019	0.004	31	19	5.5	9.4
9:55	1.10	2.4	10.2	8.7	12	3	4.4	3.1	2.2	1.9	1.9	1.8	0.01	1.4	0.03	0.055	0.018	0.003	13	11	4.3	10
			10.4	8.7	12	6	4.7	3.1	2.4	1.9	2.0	1.8	0.01	1.3	0.03	0.072	0.021	0.003	24	11	3.7	10
9:12	0.70	2.8	10.4	8.0	11	10	6.9	3.5	3.6	2.2	2.7	1.9	0.02	1.4	0.03	0.16	0.026	0.006	97	11	3.7	11
			10.7	8.0	8.4	14	5.0	2.9	2.8	1.9	2.2	1.7	0.04	1.3	0.03	0.12	0.021	0.004	37	13	4.5	11
10:05	0.30	2.6	10.0	8.7	12	9	5.9	3.3	2.9	2.1	2.4	2.0	0.01	1.5	0.03	0.11	0.033	0.009	64	11	3.7	11
			10.4	8.7	11	10	4.3	2.8	2.2	1.8	2.1	1.8	0.01	1.4	0.03	0.085	0.020	0.003	14	12	4.4	11
10:17	0.80	2.7	10.5	8.7	13	8	5.1	3.3	3.0	2.2	2.4	2.0	0.01	1.5	0.03	0.12	0.036	0.012	67	11	3.9	11
			10.8	8.5	10	7	2.8	1.9	2.0	1.6	1.8	1.6	0.02	1.2	0.02	0.063	0.018	0.004	14	18	6.7	9.3

採水時刻	透明度 (cm)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	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)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g/L)	SRSi (mg/L)
11:14	>50	-	11.6	8.4	10	2	1.4	0.9	1.1	1.0	1.7	1.6	0.16	1.2	0.01	0.053	0.030	0.032	1	19	6.9	9.9
10:59	29.0	-	10.4	8.6	11	8	5.2	2.8	2.5	2.0	2.1	1.8	0.01	1.4	0.03	0.083	0.023	0.006	32	12	4.1	11
12:40	>50	-	12.2	8.5	11	3	2.9	2.2	1.4	1.3	2.0	1.9	0.11	1.6	0.01	0.095	0.070	0.074	2	0.43	<0.1	13
12:52	>50	-	13.1	8.4	12	1	2.9	2.5	1.6	1.4	2.3	2.2	0.07	2.0	0.02	0.049	0.026	0.020	2	0.23	<0.1	15

1-13 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：平成31年4月～令和2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），浮遊物質量（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）

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（NO₃-N，NO₂-N，NH₄-N）及びりん酸態りん（PO₄-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1.2μm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) プランクトン調査

- 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。

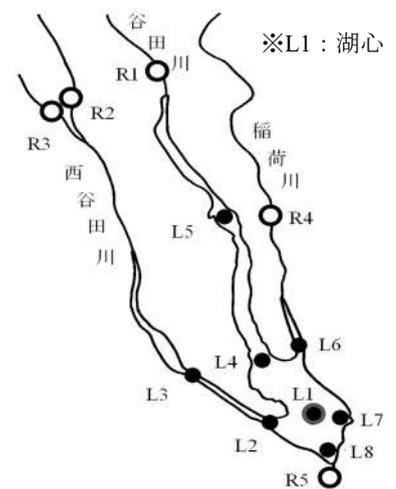


図1 牛久沼調査地点

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

- ・令和元年度は湖内では7.5 mg/Lで、前年度より0.3 mg/L低い値となり、流入河川では4.1 mg/Lで、前年度より0.6 mg/L低い値となった。
- ・経月変化については、4月及び8月～10月は平均値を上回って推移した。
- ・経年変化について、湖内及び流入河川ともに、平成28年度まで見られていた横ばい～やや低下傾向が、平成28年度から平成30年度にかけて上昇傾向になったが、令和元年度では低下した。

② TN

- ・令和元年度は湖内では1.6 mg/Lで、前年度より0.3 mg/L高い値となり、流入河川では2.1 mg/Lで前年度より0.2 mg/L高い値となった。
- ・経月変化については、4～10月までは平均値を下回って推移していたが、11月～2月は平均値を上回って推移した。
- ・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たが、令和元年度は上昇した。

③ TP

- ・令和元年度は湖内では0.092 mg/Lで、前年度より0.004 mg/L低い値となり、流入河川では0.059 mg/Lで、前年度より0.016 mg/L低い値となった。
- ・経月変化については、4月～5月、8月～10月及び2月に平均値を上回った。
- ・経年変化については、湖内と流入河川は平成26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25年度以降は上昇傾向が見られていたが、令和元年度は低下した。流入河川でも、平成28年度以降は上昇傾向が見られていたが、令和元年度は低下した。

④ Chl.a

- ・令和元年度は湖内では33 µg/Lで、前年度より約20 µg/L低い値となり、流入河川では5 µg/Lで、前年度より5 µg/L低い値となった。
- ・経月変化については、10月を除き、平均値を下回って推移した。
- ・経年変化については、湖内では平成29年度以降は低下傾向が見られている。流入河川では平成27年度以降、上昇したものの、平成29年度以降は低下傾向が見られている。

(2) プランクトン (図4)

① 植物プランクトン (細胞体積)

- ・令和元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は前年度より減少した。

② 動物プランクトン (個体数密度)

- ・令和元年度の優占種はワムシ類で、出現個体数は8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1981年～2010年(昭和56年～平成22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。令和元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1月及び2月に高い値となった。

② 降水量

- ・令和元年度は 1515 mm で、前年度より 449 mm 多くなった。
- ・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、令和元年度は上昇した。
- ・経月変化については、平年値と比べ 8 月に低く、10 月及び 1 月に高い値となった。

③ 日照時間

- ・令和元年度は 1976 時間で、前年度より 143 時間短くなった。
- ・経年変化については、平成 27 年度以降比較的横ばいであったが、令和元年度は低下した。
- ・経月変化については、平年値と比べ 5 月に長く、7 月、12 月及び 1 月に短くなった。

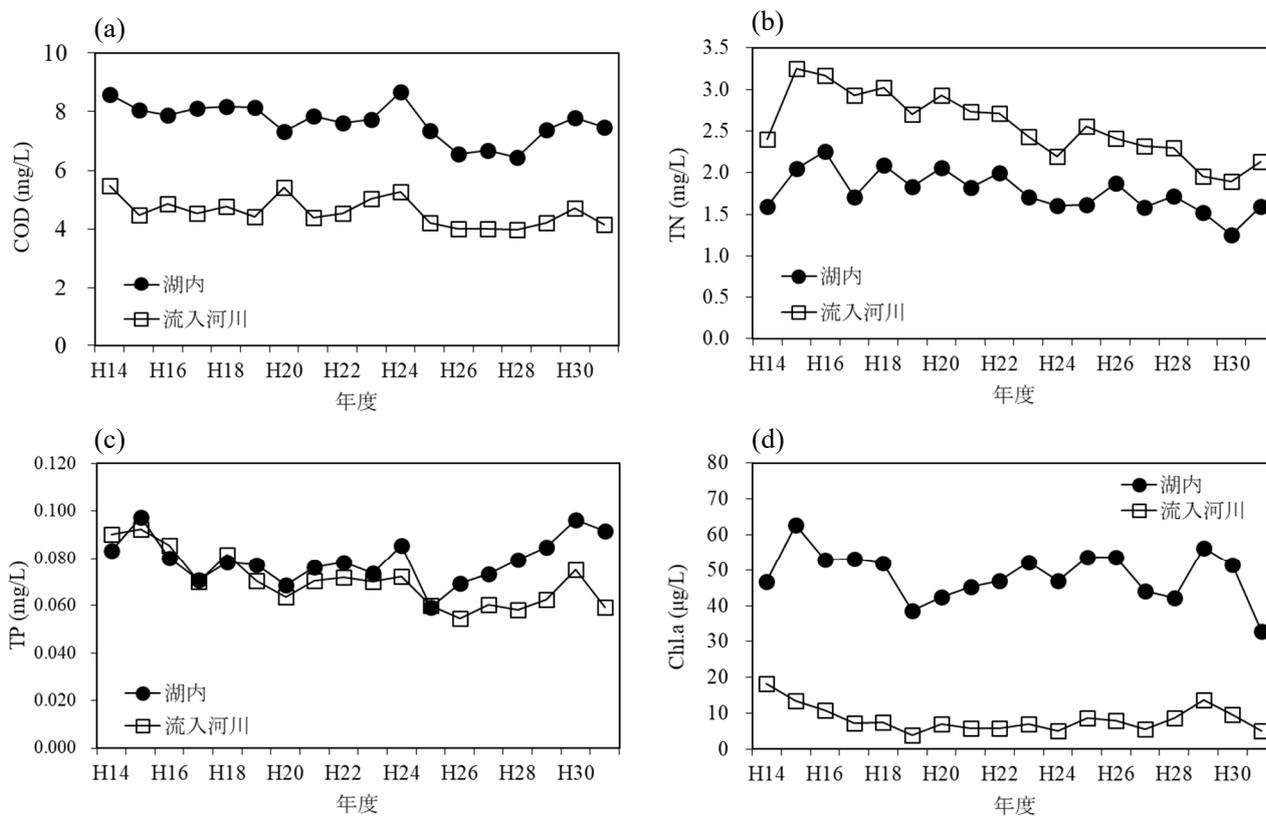


図2 湖内上層及び流入河川（全地点平均）における水質の経年変化（年度）
(a) COD, (b) TN, (c) TP, (d) Chl.a

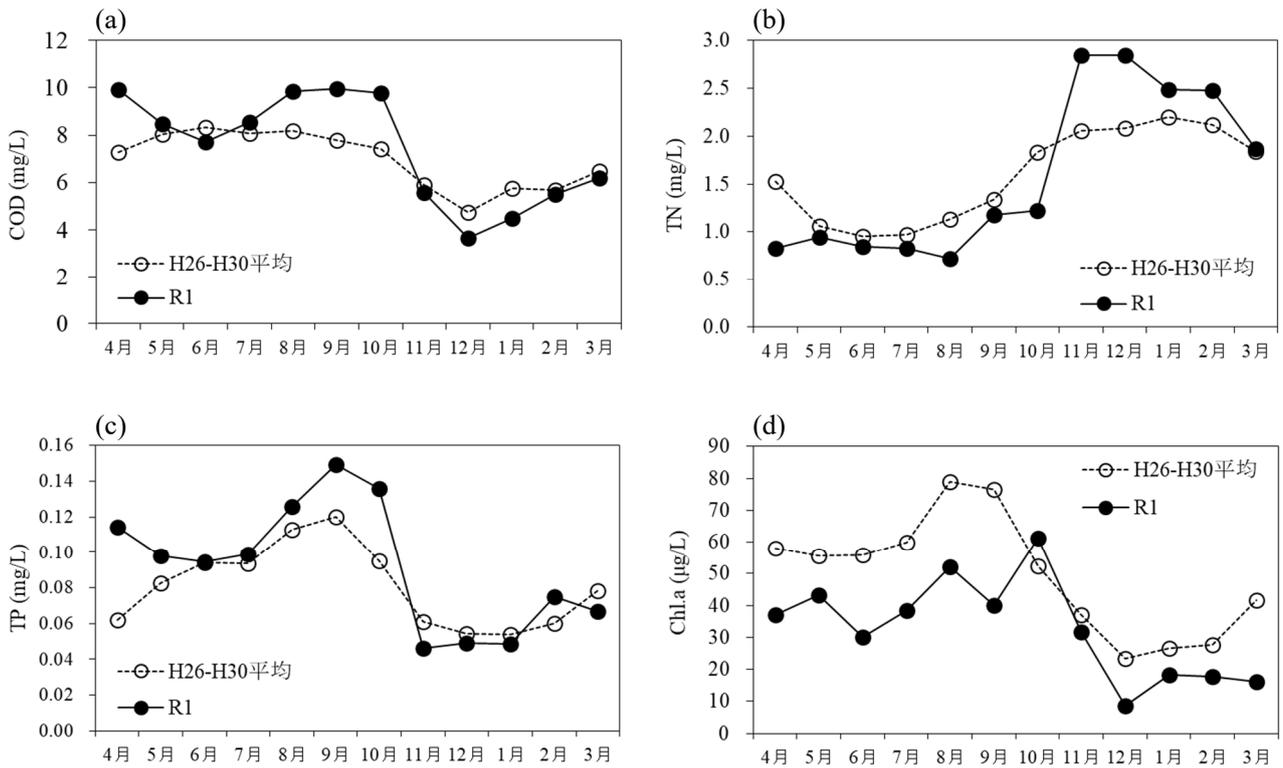


図3 湖内上層（全地点平均）における水質の経月変化
(a) COD, (b) TN, (c) TP, (d) Chl.a

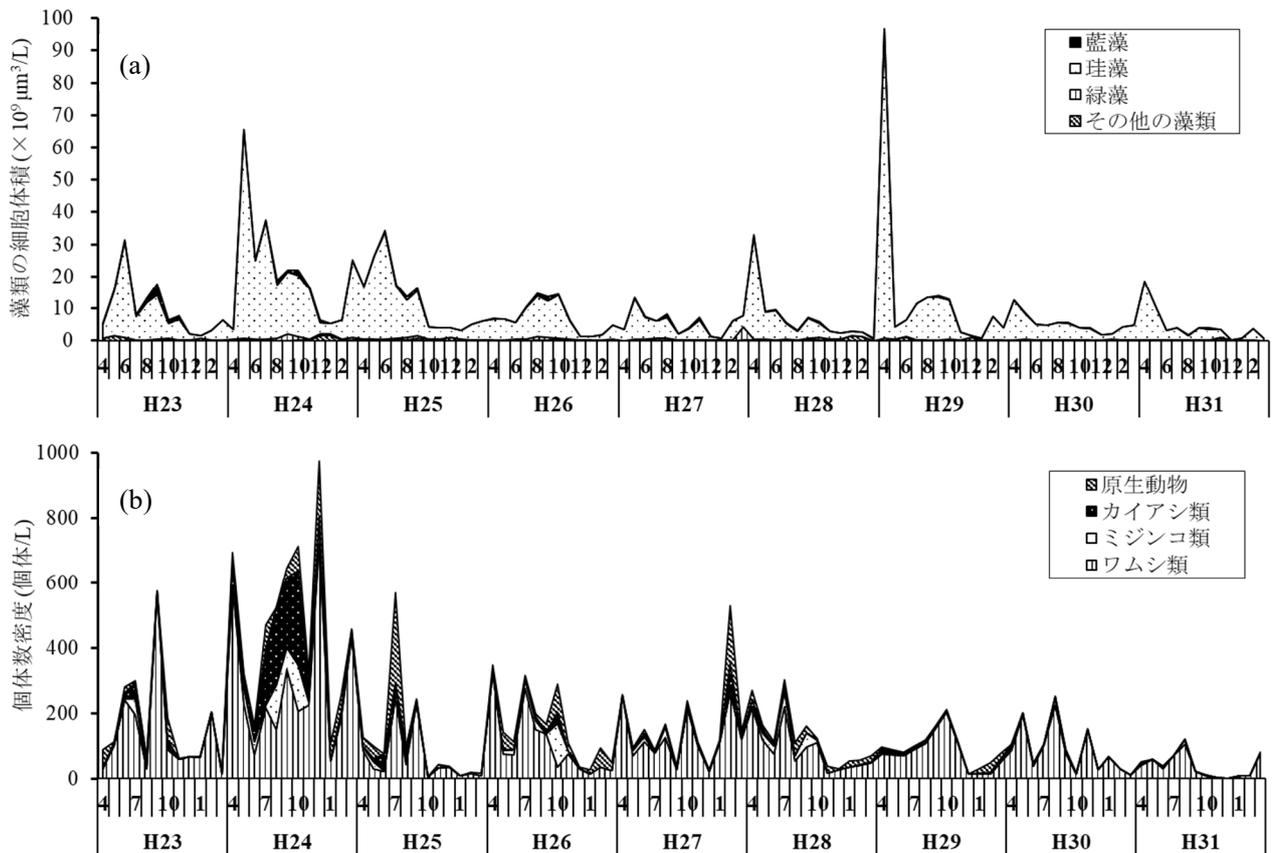


図4 湖心上層におけるプランクトンの変化
(a) 植物プランクトンの細胞体積, (b) 動物プランクトンの個体数 (H29は偶数月のみ計測)

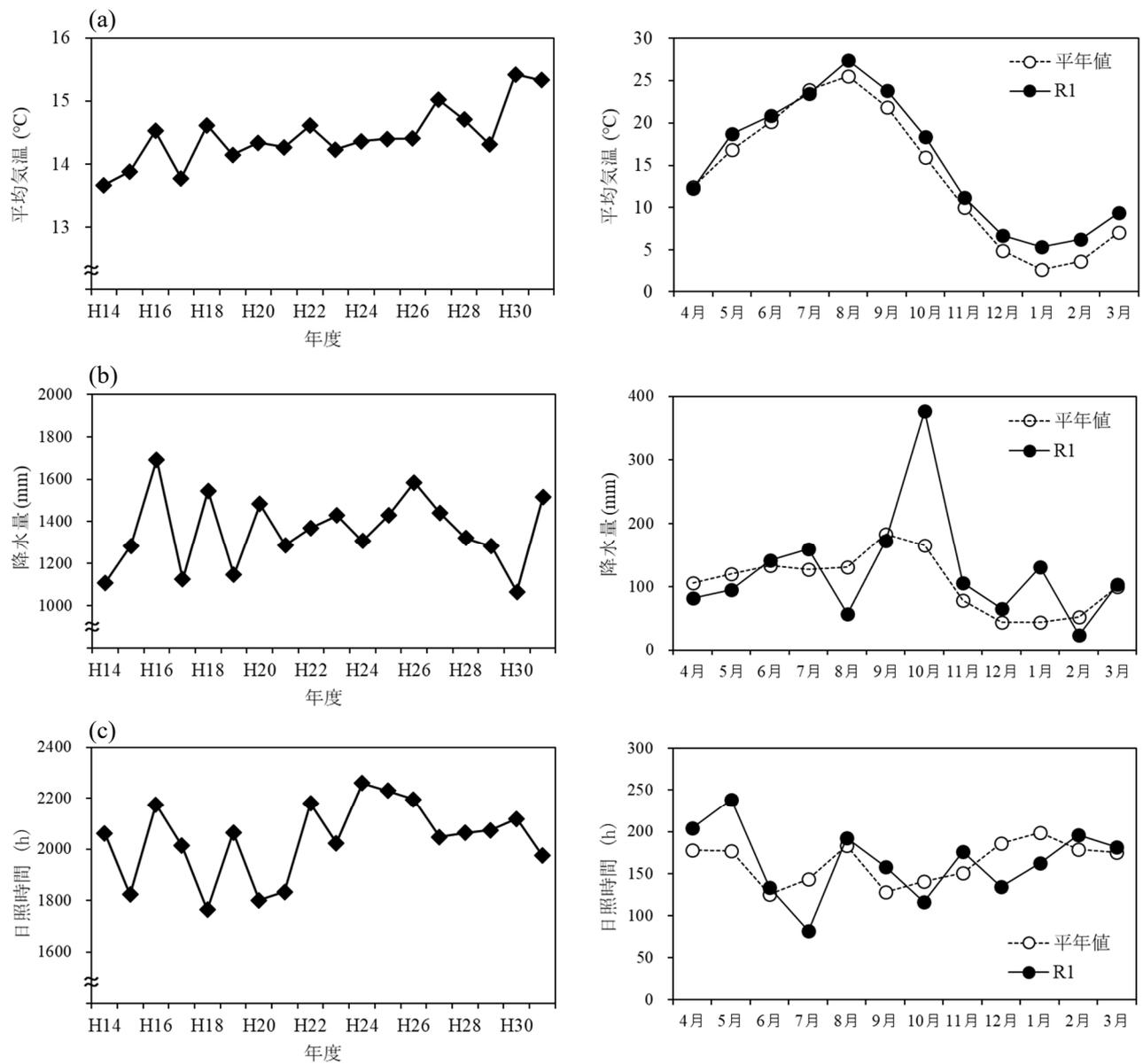


図5 つくば市（館野）における気象の状況
 (a) 平均気温, (b) 降水量, (c) 日照時間 左図：経年変化, 右図：経月変化

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 (4月)

採水日：平成31年4月23日 天気：晴 気温：19.0℃ (つくば市鶴野 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	10:14	1.8	0.70	19.5	8.8	25.2	11	18	9.6	5.8	5.3	3.5	0.72	0.44	0.03	<0.01	<0.01	0.094	0.030	<0.003	24	1.3	
湖沼	L1	下層	10:14			19.5	8.6	24.6	9.5	32	10	5.8	6.0	3.6	0.82	0.43	0.03	<0.01	<0.01	0.12	0.035	<0.003	33	1.3	
湖沼	L2	上層	10:24	2.0	0.80	21.0	8.7	25.1	9.9	15	9.2	6.1	5.2	3.7	0.69	0.47	0.02	<0.01	<0.01	0.094	0.032	<0.003	14	1.1	
湖沼	L2	下層	10:24			20.0	8.6	25.0	9.0	28	10	6.0	5.4	3.6	0.70	0.39	0.03	<0.01	<0.01	0.12	0.031	<0.003	40	2.6	
湖沼	L3	上層	10:36	2.3	0.50	21.0	8.5	27.4	4.9	27	11	6.5	5.8	4.0	0.92	0.61	0.08	0.01	0.10	0.15	0.038	<0.003	64	3.0	
湖沼	L3	下層	10:36			20.0	8.3	27.1	7.0	39	11	6.5	5.7	4.0	0.96	0.70	0.10	0.01	0.11	0.18	0.031	<0.003	30	3.4	
湖沼	L4	上層	10:54	1.7	0.70	23.0	8.8	25.6	10	20	10	5.8	5.5	3.6	0.70	0.40	0.02	<0.01	<0.01	0.10	0.030	<0.003	35	0.1	
湖沼	L4	下層	10:54			20.5	8.7	24.7	10	22	10	5.8	5.6	3.6	0.81	0.38	0.02	<0.01	<0.01	0.10	0.029	<0.003	25	0.1	
湖沼	L5	上層	11:11	2.3	0.70	22.0	8.7	24.9	9.7	18	9.9	5.5	5.0	3.1	1.2	0.78	0.06	0.02	0.32	0.13	0.044	0.004	59	7.0	
湖沼	L5	下層	11:11			21.0	8.5	25.5	8.1	26	8.9	5.5	4.5	3.0	1.2	0.82	0.09	0.02	0.35	0.14	0.034	0.004	31	7.5	
湖沼	L6	上層	11:33	2.3	0.60	22.5	8.7	25.0	11	20	10	6.2	5.2	3.4	0.91	0.45	0.05	<0.01	<0.01	0.13	0.039	<0.003	60	1.2	
湖沼	L6	下層	11:33			20.5	8.6	24.3	9.6	24	10	6.2	5.2	3.5	1.0	0.44	0.05	<0.01	<0.01	0.15	0.040	0.004	23	1.3	
湖沼	L7	上層	10:07	1.5	0.60	20.5	9.1	25.3	9.4	24	10	6.4	5.4	3.6	0.86	0.41	0.03	<0.01	<0.01	0.11	0.029	<0.003	30	1.7	
湖沼	L7	下層	10:07			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L8	上層	11:49	2.8	0.80	21.5	8.9	25.3	10	13	9.0	6.4	5.2	3.7	0.67	0.39	0.02	<0.01	<0.01	0.079	0.024	<0.003	10	0.5	
湖沼	L8	下層	11:49			19.5	8.7	24.9	9.8	20	9.3	6.2	5.1	3.5	0.70	0.37	0.02	<0.01	<0.01	0.092	0.023	<0.003	17	0.7	
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)	
	R1	流入河川	14:18	2.1	25	20.9	8.8	26.4	13	14	7.1	4.3	3.1	2.3	1.1	0.80	0.02	0.01	0.55	0.095	0.020	0.003	36	11	
	R2	流入河川	13:11	0.7	1.8	21.6	9.3	27.4	14	12	8.4	5.6	4.0	3.1	1.2	0.93	0.03	0.03	0.56	0.084	0.021	<0.003	21	6.9	
	R3	流入河川	13:27	0.0	0.2	21.6	8.8	27.1	11	34	11	5.8	4.1	3.3	1.6	0.97	0.03	0.01	0.56	0.20	0.031	0.005	31	8.9	
	R4	流入河川	12:44	0.7	1.3	21.2	8.4	27.3	8.2	1	3.9	3.8	2.2	2.0	1.5	1.3	0.02	0.01	1.0	0.070	0.043	0.032	1	9.1	
	R5	流出河川	12:17	1.2	2.6	21.5	8.7	29.5	10	6	7.9	6.4	4.2	3.7	1.4	0.95	0.12	0.02	0.36	0.11	0.040	0.006	17	2.4	

表2 水質調査結果一覧 (5月)

牛久沼調査 検査結果一覧 採水日：令和元年5月24日 天気：晴 気温：23.4℃ (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	9:54	2.1	0.60	23.0	8.4	23.9	10	22	9.2	5.5	5.5	3.3	0.84	0.32	0.02	<0.01	<0.01	0.099	0.019	<0.003	43	3.6	
湖沼	L1	下層	9:54			22.5	8.6	23.3	10	22	8.9	5.3	5.4	3.3	0.81	0.29	0.02	<0.01	<0.01	0.095	0.016	<0.003	42	3.6	
湖沼	L2	上層	10:07	2.1	0.80	23.0	8.4	24.9	9.3	19	8.6	5.8	5.2	3.5	0.94	0.44	0.03	0.01	0.095	0.096	0.021	<0.003	43	5.1	
湖沼	L2	下層	10:07			23.0	8.3	24.5	5.8	40	10	5.3	5.4	3.2	1.0	0.37	0.04	<0.01	0.014	0.15	0.017	<0.003	44	4.4	
湖沼	L3	上層	10:20	2.3	0.70	23.5	8.2	21.4	9.4	18	8.4	5.6	4.4	3.3	1.1	0.60	0.04	0.01	0.27	0.097	0.027	0.003	48	5.9	
湖沼	L3	下層	10:20			22.5	8.1	22.2	5.5	48	9.9	5.3	4.6	3.2	1.1	0.60	0.08	0.01	0.28	0.17	0.017	<0.003	24	6.7	
湖沼	L4	上層	10:38	1.8	0.60	24.0	8.4	25.1	10	25	9.9	5.5	5.7	3.3	0.98	0.33	0.03	<0.01	<0.01	0.11	0.022	<0.003	38	5.3	
湖沼	L4	下層	10:38			23.0	8.5	24.1	9.0	28	9.4	5.3	5.4	3.2	0.94	0.31	0.02	<0.01	<0.01	0.11	0.018	<0.003	44	4.3	
湖沼	L5	上層	10:57	2.5	0.60	23.5	8.2	17.8	7.4	15	6.6	4.7	3.6	2.8	1.0	0.71	0.11	0.02	0.44	0.089	0.021	<0.003	36	5.7	
湖沼	L5	下層	10:57			22.5	8.0	17.8	4.0	30	7.2	3.8	3.5	2.6	1.0	0.74	0.23	0.01	0.33	0.12	0.013	0.003	43	6.5	
湖沼	L6	上層	11:20	2.5	0.70	25.0	8.0	18.9	7.2	10	6.0	4.7	3.5	3.0	1.2	1.08	0.22	0.02	0.61	0.084	0.023	0.006	24	6.8	
湖沼	L6	下層	11:20			23.0	7.9	18.0	6.8	20	7.1	4.7	3.7	2.9	0.93	0.66	0.15	0.01	0.27	0.11	0.019	<0.003	21	5.0	
湖沼	L7	上層	9:46	1.7	0.90	22.5	8.1	23.4	11	22	9.5	5.2	5.6	3.4	0.79	0.33	0.03	<0.01	<0.01	0.10	0.023	<0.003	63	5.0	
湖沼	L7	下層				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L8	上層	11:35	2.9	0.60	27.0	8.6	24.5	11	24	9.6	5.3	5.7	3.4	0.69	0.34	0.02	<0.01	<0.01	0.11	0.018	<0.003	50	3.0	
湖沼	L8	下層	11:35			24.0	8.6	24.6	10	21	10	4.9	5.6	3.4	0.61	0.30	0.02	<0.01	<0.01	0.12	0.016	<0.003	60	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)	Chl.a (µg/L)	比色Si (mg/L)
流入河川	R1	14:19	2.0	2.2	48	25.4	7.5	25.5	8.1	6	6.0	4.9	3.5	3.2	1.1	1.1	0.10	0.01	0.79	0.071	0.032	0.018	3	10
流入河川	R2	13:16	2.8	1.6	45	29.2	7.7	22.2	8.9	4	6.7	4.7	3.4	2.9	1.4	1.3	0.04	0.02	1.0	0.083	0.023	0.007	17	7.6
流入河川	R3	13:32	0.0	0.1	47	25.5	7.6	25.1	7.8	6	5.9	4.5	3.1	2.9	1.3	1.2	0.07	0.01	0.88	0.077	0.038	0.019	3	10
流入河川	R4	12:44	1.4	1.5	>50	28.0	8.1	23.7	9.5	5	5.6	5.0	3.1	3.0	1.2	1.2	0.03	0.01	0.93	0.068	0.043	0.030	2	9.9
流出河川	R5	12:05	4.3	2.7	29	26.0	9.0	26.4	12	11	8.9	5.0	4.5	3.4	0.52	0.32	0.02	<0.01	0.011	0.074	0.018	<0.003	30	2.6

表3 水質調査結果一覧（6月）

牛久沼調査 検査結果一覧 採水日：令和元年6月12日 天気：曇 気温：18.8℃ (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	9:57	2.0	0.60	21.0	8.2	23.2	7.5	23	9.0	2.9	5.3	3.6	0.84	0.51	0.03	0.01	0.13	0.10	0.011	<0.003	50	7.4	
湖沼	L1	下層	9:57			20.5	8.0	23.9	6.9	25	9.0	3.1	5.1	3.9	0.93	0.59	0.07	0.01	0.18	0.11	0.011	0.004	38	7.7	
湖沼	L2	上層	10:06	2.1	0.75	20.5	8.0	22.6	6.9	12	7.6	2.8	4.3	3.6	0.99	0.90	0.15	0.02	0.41	0.093	0.011	0.006	20	7.5	
湖沼	L2	下層	10:06			20.0	7.9	22.7	6.2	13	7.3	2.9	4.2	3.7	1.0	0.79	0.17	0.02	0.39	0.083	0.010	0.007	18	7.7	
湖沼	L3	上層	10:18	2.6	0.60	20.5	7.9	21.8	7.2	13	7.2	2.9	4.0	3.5	0.92	0.77	0.10	0.01	0.42	0.094	0.013	0.005	23	6.9	
湖沼	L3	下層	10:18			20.0	7.8	21.7	6.3	25	8.2	2.9	4.3	3.5	0.99	0.88	0.13	0.01	0.42	0.12	0.009	0.006	30	7.0	
湖沼	L4	上層	10:36	1.8	0.60	21.5	8.0	23.4	7.5	21	9.6	3.2	5.4	3.8	0.70	0.48	0.04	0.01	0.09	0.11	0.010	<0.003	46	7.8	
湖沼	L4	下層	10:36			21.0	7.9	23.7	6.1	29	10	3.1	5.2	3.6	0.64	0.49	0.09	0.01	0.10	0.12	0.006	<0.003	43	8.0	
湖沼	L5	上層	10:54	2.5	0.70	21.0	8.1	20.1	6.9	13	5.8	2.5	3.4	2.9	0.99	0.90	0.17	0.02	0.46	0.10	0.019	0.017	9	6.0	
湖沼	L5	下層	10:54			20.0	8.0	18.8	6.2	17	6.2	2.6	3.7	3.1	0.97	0.94	0.20	0.02	0.44	0.10	0.019	0.016	13	6.6	
湖沼	L6	上層	11:15	2.4	0.75	20.0	8.1	12.2	6.7	10	4.6	2.2	2.7	2.3	0.89	0.87	0.19	0.01	0.44	0.075	0.017	0.017	4	4.1	
湖沼	L6	下層	11:15			19.0	8.0	11.8	5.7	10	4.8	2.2	2.7	2.3	0.97	0.97	0.25	0.01	0.38	0.074	0.014	0.017	4	4.2	
湖沼	L7	上層	9:49	1.6	0.60	21.5	8.6	23.9	7.3	26	8.5	3.1	4.9	3.5	0.67	0.40	0.01	<0.01	0.06	0.091	0.004	<0.003	24	6.9	
湖沼	L7	下層	9:49																						
湖沼	L8	上層	11:32	2.7	0.60	21.0	7.9	23.6	10.6	22	9.3	3.2	5.7	3.8	0.80	0.80	0.02	0.01	0.10	0.082	0.007	<0.003	64	7.3	
湖沼	L8	下層	11:32			20.5	7.8	23.9	7.0	26	8.8	3.2	4.7	3.8	0.85	0.85	0.09	0.01	0.09	0.094	<0.003	<0.003	39	7.4	

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	13:43	4.7	2.1	>50	21.1	7.8	26.2	7.8	4	4.4	2.1	2.6	2.4	1.5	1.3	0.09	0.01	0.95	0.065	0.018	0.023	1	9.6
流入河川	R2	12:58	1.3	2.7	48	20.9	7.6	24.9	8.1	7	5.3	2.3	2.8	2.6	1.7	1.6	0.14	0.01	1.1	0.070	0.016	0.018	9	6.1
流入河川	R3	13:24	0.3	0.2	>50	21.0	7.5	23.4	6.9	4	3.1	1.4	1.7	1.6	1.5	1.5	0.06	0.01	1.2	0.045	0.009	0.020	2	15
流入河川	R4	12:52	0.4	1.5	46	20.5	8.0	21.1	9.2	3	4.2	2.1	2.4	2.2	1.1	1.1	0.03	<0.01	0.85	0.053	0.028	0.035	1	8.8
流出河川	R5	12:02	3.8	2.7	25	21.5	8.6	22.9	11.9	21	10	3.2	6.6	4.0	0.89	0.50	0.02	0.01	0.07	0.10	0.012	0.005	78	6.9

表 4 水質調査結果一覧 (7月)

牛久沼調査 検査結果一覧 採水日：令和元年7月10日 天気：曇 気温：22.8℃ (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	10:00	2.0	0.50	23.2	7.8	22.0	8.9	30	9.5	5.3	5.8	3.4	0.66	0.30	0.02	<0.01	<0.01	0.10	0.017	0.003	18	6.4	
湖沼	L1	下層	10:00			22.5	7.8	23.2	8.1	40	10	5.4	5.9	3.3	0.60	0.36	<0.02	<0.01	<0.01	0.12	0.017	0.003	33	6.5	
湖沼	L2	上層	10:08	2.0	<0.50	22.7	7.9	25.2	9.9	28	9.5	5.3	5.7	3.3	0.58	0.27	<0.02	<0.01	<0.01	0.10	0.016	0.003	39	6.4	
湖沼	L2	下層	10:08			22.5	7.9	21.9	9.7	30	9.7	5.0	5.7	3.3	0.50	0.28	<0.02	<0.01	<0.01	0.11	0.016	0.003	53	6.4	
湖沼	L3	上層	10:21	2.3	0.55	22.5	8.0	22.1	9.4	20	8.0	4.5	4.5	3.0	0.83	0.49	0.02	0.02	0.22	0.097	0.016	0.002	57	7.4	
湖沼	L3	下層	10:21			22.0	7.9	22.0	7.8	38	8.8	4.6	4.5	2.9	1.0	0.51	0.03	0.02	0.23	0.12	0.014	0.003	30	7.7	
湖沼	L4	上層	10:40	1.7	0.50	23.0	8.2	22.8	10	29	9.7	5.3	5.8	3.3	0.79	0.29	0.02	<0.01	<0.01	0.10	0.016	0.003	23	7.1	
湖沼	L4	下層	10:40			22.5	8.2	22.2	10	31	10	5.2	5.5	3.2	0.80	0.30	0.02	0.01	0.01	0.10	0.015	0.002	54	7.1	
湖沼	L5	上層	10:57	2.4	0.50	23.5	8.2	20.6	9.4	18	6.9	4.2	3.9	2.5	1.0	0.67	0.02	0.02	0.46	0.10	0.019	0.004	21	8.4	
湖沼	L5	下層	10:57			22.5	8.1	20.2	7.9	25	6.6	3.4	3.6	2.4	1.1	0.80	0.05	0.02	0.50	0.10	0.014	0.003	27	8.6	
湖沼	L6	上層	11:17	2.4	0.66	23.0	8.2	21.9	7.9	10	5.6	3.6	3.2	2.5	1.1	0.94	0.22	0.02	0.51	0.065	0.017	0.006	30	10	
湖沼	L6	下層	11:17			22.5	8.1	21.5	5.9	18	6.5	4.0	3.4	2.8	1.1	0.70	0.23	0.02	0.34	0.092	0.019	0.005	33	9.3	
湖沼	L7	上層	9:47	1.6	0.50	23.0	8.1	22.4	7.7	32	9.2	5.2	4.8	3.4	0.74	0.29	0.02	<0.01	<0.01	0.098	0.016	0.002	61	6.7	
湖沼	L7	下層				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L8	上層	11:32	2.8	0.50	23.0	8.3	22.4	11	29	9.9	5.0	5.8	3.4	0.91	0.29	<0.02	<0.01	<0.01	0.10	0.016	0.001	59	6.3	
湖沼	L8	下層	11:32			22.5	8.3	22.7	8.3	28	9.1	4.6	4.9	3.4	0.70	0.27	<0.02	<0.01	<0.01	0.087	0.014	0.001	42	6.5	
種類	地点名	時間	流量 (m3/s)	水深 (m)	透視度 (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	13:48	5.1	2.1	>50	23.1	7.7	27.0	8.8	4	3.3	2.6	2.0	1.9	1.4	1.24	0.06	0.02	1.0	0.053	0.026	0.019	2	15	
流入河川	R2	13:07	4.0	2.6	>50	23.7	7.8	24.5	8.1	6	5.0	3.4	2.7	2.3	1.2	1.17	0.08	0.02	0.87	0.062	0.021	0.012	7	11	
流入河川	R3	13:26	0.0	0.1	>50	26.0	7.6	29.0	7.6	4	3.5	2.6	2.0	1.8	1.5	1.37	0.06	0.01	1.1	0.054	0.029	0.025	2	16	
流入河川	R4	12:36	2.4	1.4	>50	23.0	8.0	23.8	9.1	1	3.3	2.8	2.0	1.9	1.0	1.02	0.03	0.01	0.87	0.061	0.042	0.042	1	13	
流出河川	R5	12:07	4.2	2.6	24.2	23.5	8.4	22.0	10	20	9.1	4.7	4.9	3.2	0.74	0.33	0.02	0.01	0.04	0.068	0.015	0.003	17	6.0	

表5 水質調査結果一覧（8月）

牛久沼調査 検査結果一覧		採水日：令和元年8月6日															天気：晴		気温：32.1℃															(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	10:19	2.0	0.50	32.5	7.7	22.5	6.8	21	9.4	5.2	5.6	3.4	0.57	0.30	0.03	<0.01	<0.01	0.10	0.021	0.003	27	6.7																								
湖沼	L1	下層	10:19			32.5	7.8	22.2	6.0	28	10	5.0	5.7	3.3	0.58	0.28	0.03	<0.01	<0.01	0.11	0.022	0.003	33	4.8																								
湖沼	L2	上層	10:28	2.1	0.50	32.5	7.9	22.3	5.0	27	9.7	5.2	5.5	3.3	0.66	0.29	0.03	<0.01	<0.01	0.12	0.024	0.003	45	6.0																								
湖沼	L2	下層	10:28			32.0	7.9	22.0	4.0	38	10	5.2	5.0	3.3	0.70	0.29	0.03	<0.01	<0.01	0.15	0.020	0.003	34	3.6																								
湖沼	L3	上層	10:39	2.3	0.60	33.0	8.0	23.2	5.4	17	9.4	5.4	5.1	3.5	0.71	0.31	0.03	<0.01	<0.01	0.11	0.027	0.003	56	4.6																								
湖沼	L3	下層	10:39			32.5	7.9	22.8	4.0	45	12	5.3	6.1	3.4	0.79	0.35	0.04	<0.01	<0.01	0.18	0.024	0.004	40	7.4																								
湖沼	L4	上層	10:58	1.7	0.50	33.5	8.3	22.2	6.8	20	9.5	5.5	5.5	3.5	0.71	0.31	0.03	<0.01	<0.01	0.10	0.027	0.004	56	7.7																								
湖沼	L4	下層	10:58			33.0	8.3	21.9	5.7	25	10	5.3	5.3	3.3	0.71	0.31	0.03	<0.01	<0.01	0.10	0.022	0.003	26	7.9																								
湖沼	L5	上層	11:17	2.4	0.50	34.0	8.6	24.0	9.4	20	10	5.7	5.8	3.5	0.87	0.39	0.03	<0.01	<0.01	0.17	0.053	0.019	74	9.2																								
湖沼	L5	下層	11:17			33.0	8.5	23.8	6.7	32	9.4	4.9	5.5	3.2	0.81	0.32	0.06	<0.01	<0.01	0.17	0.034	0.009	34	7.0																								
湖沼	L6	上層	11:38	2.5	0.50	33.6	8.7	23.1	10.0	16	9.2	5.6	5.1	3.4	0.75	0.33	0.03	<0.01	<0.01	0.13	0.031	0.007	108	8.4																								
湖沼	L6	下層	11:38			32.0	8.4	23.6	7.0	51	10	4.7	4.5	3.0	0.81	0.50	0.07	<0.01	0.16	0.21	0.029	0.009	17	9.3																								
湖沼	L7	上層	10:11	1.5	0.55	33.0	7.2	23.0	6.6	24	10	5.7	5.1	3.6	0.72	0.30	0.03	<0.01	<0.02	0.11	0.022	0.003	26	7.0																								
湖沼	L7	下層																																														
湖沼	L8	上層	11:53	2.7	0.60	33.5	8.2	22.4	7.3	22	11	5.6	6.1	3.5	0.79	0.31	0.03	<0.01	<0.01	0.11	0.025	0.004	29	6.7																								
湖沼	L8	下層	11:53			31.3	8.2	22.0	2.7	28	10	5.5	4.8	3.3	0.76	0.30	0.04	<0.01	<0.01	0.12	0.023	0.004	56	4.4																								

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	15:00	2.17	2.1	>50	30.8	7.9	26.6	8.6	4	4.6	4.3	2.9	2.7	0.96	0.76	0.06	0.01	0.45	0.062	0.033	0.018	6	6.7
流入河川	R2	13:47	5.82	2.3	45	31.0	7.8	25.2	8.2	6	6.6	4.9	3.7	3.0	0.73	0.50	0.03	0.01	0.23	0.067	0.018	<0.003	6	9.7
流入河川	R3	14:04	0.00	0.1	>50	30.0	7.5	27.6	8.2	3	4.9	4.4	2.8	2.6	0.96	0.87	0.04	<0.01	0.55	0.049	0.029	0.016	2	11
流入河川	R4	13:18	1.08	1.4	>50	30.5	8.0	24.1	8.6	2	4.8	4.1	2.7	2.5	0.70	0.62	0.03	<0.01	0.40	0.067	0.038	0.026	14	10
流出河川	R5	12:45	8.44	2.7	40	33.5	8.6	23.8	9.7	10	8.7	5.3	4.3	3.3	0.50	0.39	0.03	<0.01	<0.01	0.049	0.023	0.004	17	6.6

表6 水質調査結果一覧(9月)

牛久沼調査 検査結果一覧 採水日：令和元年9月14日 天気：曇 気温：20.4℃ (つくば市龍野 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)	Chl.a (µg/L)	比色Si (mg/L)	
湖沼	L1	上層	10:09	1.9	0.50	26.5	7.8	19.2	6.0	42	11	5.3	6.6	3.5	1.0	0.37	0.04	<0.01	<0.01	0.16	0.024	<0.003	27	5.6	
湖沼	L1	下層	10:09			26.5	7.7	19.0	6.0	54	13	5.3	7.1	3.6	1.1	0.34	0.02	<0.01	<0.01	0.19	0.024	0.003	55	4.6	
湖沼	L2	上層	10:19	1.9	0.38	25.5	7.9	17.9	6.4	28	10	5.5	5.4	3.5	1.1	0.52	0.03	0.02	0.18	0.13	0.023	<0.003	29	6.3	
湖沼	L2	下層	10:19			25.5	7.7	17.7	6.4	26	10	5.4	5.6	3.5	1.1	0.53	0.03	0.02	0.18	0.15	0.023	<0.003	65	5.0	
湖沼	L3	上層	10:34	2.1	0.50	25.3	7.6	19.6	5.6	22	9.2	5.3	4.4	3.5	1.5	1.1	0.05	0.05	0.73	0.13	0.023	<0.003	21	8.5	
湖沼	L3	下層	10:34			25.0	7.5	19.5	5.2	55	13	5.4	6.2	3.4	1.7	1.1	0.05	0.05	0.73	0.23	0.022	<0.003	23	7.8	
湖沼	L4	上層	10:55	1.5	0.40	25.0	8.0	17.4	6.7	24	10	5.1	5.8	3.3	1.0	0.42	0.04	0.01	0.08	0.14	0.022	<0.003	57	4.9	
湖沼	L4	下層	10:55			25.0	7.8	18.5	7.0	33	11	5.1	6.1	3.4	0.94	0.40	0.03	0.01	0.07	0.14	0.022	<0.003	71	5.7	
湖沼	L5	上層	11:20	2.3	0.50	25.0	8.0	19.9	6.0	18	7.0	4.3	3.4	2.7	1.7	1.3	0.06	0.04	1.12	0.12	0.019	<0.003	23	8.6	
湖沼	L5	下層	11:20			25.0	7.7	19.8	5.9	22	7.4	4.3	3.6	2.7	1.7	1.5	0.06	0.04	1.14	0.15	0.020	<0.003	50	9.3	
湖沼	L6	上層	11:43	2.4	0.55	24.0	7.8	21.1	5.2	12	6.8	4.9	3.2	3.1	1.2	1.1	0.09	0.03	0.78	0.14	0.031	0.008	31	7.5	
湖沼	L6	下層	11:43			24.5	7.5	20.7	4.9	10	6.9	4.7	3.2	3.1	1.2	1.0	0.09	0.03	0.78	0.15	0.029	0.007	69	9.5	
湖沼	L7	上層	10:01	1.4	0.50	26.0	7.7	21.5	5.7	24	12	6.2	5.8	3.8	0.88	0.42	0.04	0.01	0.05	0.18	0.026	<0.003	43	6.7	
湖沼	L7	下層				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L8	上層	12:00	2.5	0.25	25.0	7.9	19.9	7.1	31	11	5.4	5.7	3.4	0.82	0.37	0.04	<0.01	<0.01	0.16	0.023	<0.003	89	5.1	
湖沼	L8	下層	12:00			25.0	7.8	19.7	7.0	39	11	5.8	6.0	3.4	0.84	0.34	0.04	<0.01	<0.01	0.16	0.022	<0.003	81	5.8	
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	13:52	1.4	2.5	>50	22.4	7.5	28.2	7.3	3	3.1	2.8	2.0	2.0	2.2	2.2	0.10	0.02	2.0	0.056	0.025	0.012	3	14	
流入河川	R2	13:22	2.0	1.6	32	24.1	7.5	25.9	6.1	9	5.1	4.3	2.9	2.7	2.2	2.2	0.19	0.03	1.9	0.14	0.053	0.036	2	11	
流入河川	R3	13:37	0.2	0.2	>50	21.9	7.5	29.3	7.8	4	3.7	3.2	2.0	1.9	2.3	2.3	0.07	0.02	1.9	0.056	0.020	0.009	1.3	13	
流入河川	R4	12:59	0.6	1.4	>50	22.4	7.7	25.1	7.3	2	4.0	3.8	2.5	2.4	1.5	1.5	0.11	0.02	1.1	0.074	0.041	0.020	1	13	
流出河川	R5	12:27	2.4	0.5	11	25.6	7.8	19.9	6.2	32	10	5.5	4.6	3.5	0.79	0.38	0.04	<0.01	0.01	0.15	0.023	<0.003	51	5.3	

表 7 水質調査結果一覧 (10月)

牛久沼調査 検査結果一覧		採水日：令和元年10月9日										天気：晴		気温：22.6℃		（><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 (℃)	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	9:57	1.6	0.50	23.0	7.2	20.8	7.9	27	10	5.5	5.5	3.5	1.0	0.36	0.02	<0.01	<0.01	0.12	0.015	<0.003	26	5.3	
湖沼	L1	下層	9:57			22.5	7.4	21.0	7.3	51	12	5.4	5.7	3.5	1.2	0.39	0.02	<0.01	<0.01	0.16	0.010	<0.003	65	5.3	
湖沼	L2	上層	10:04	1.7	0.50	22.7	7.6	23.8	8.7	23	10	5.3	5.4	3.6	1.0	0.44	0.02	<0.01	<0.01	0.14	0.021	0.004	36	6.7	
湖沼	L2	下層	10:04			23.0	7.6	23.9	7.4	25	9.4	5.3	4.9	3.4	1.1	0.39	0.03	<0.01	<0.01	0.12	0.020	0.005	47	6.7	
湖沼	L3	上層	10:18	2.0	0.50	23.0	7.9	25.6	5.8	16	9.7	5.3	5.2	3.4	1.2	0.56	0.03	0.01	0.10	0.15	0.024	0.005	79	8.4	
湖沼	L3	下層	10:18			22.5	7.8	25.9	8.8	81	15	4.9	7.3	3.2	1.6	0.58	0.12	0.01	0.13	0.27	0.035	0.005	20	8.8	
湖沼	L4	上層	10:38	1.4	0.60	22.8	8.2	22.1	10.9	22	10	5.3	5.8	3.5	1.0	0.38	<0.02	<0.01	<0.01	0.12	0.030	0.003	88	6.1	
湖沼	L4	下層	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
湖沼	L5	上層	10:58	2.1	0.50	22.5	8.1	25.8	10.9	20	9.9	4.7	5.4	3.1	1.6	0.79	0.03	0.02	0.37	0.18	0.051	0.012	77	9.8	
湖沼	L5	下層	10:58			22.5	8.0	26.2	7.3	25	7.2	4.3	3.3	2.7	1.3	0.83	0.13	0.02	0.40	0.13	0.035	0.008	52	9.7	
湖沼	L6	上層	11:20	2.1	0.60	23.0	8.1	20.2	11.0	10	6.7	4.1	3.5	2.5	1.5	1.0	0.02	0.03	0.81	0.091	0.027	0.008	50	9.8	
湖沼	L6	下層	11:20			22.5	8.1	19.0	10.0	25	7.0	4.2	3.3	2.6	1.5	1.0	0.05	0.03	0.81	0.13	0.030	0.011	29	9.5	
湖沼	L7	上層	9:50	1.3	0.30	23.0	6.9	20.8	8.6	33	10	5.8	5.8	3.7	1.0	0.32	<0.02	<0.01	<0.01	0.13	0.024	0.003	75	5.0	
湖沼	L7	下層	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
湖沼	L8	上層	11:37	2.4	0.50	24.0	8.1	20.9	10.6	27	10	5.8	6.1	3.7	1.0	0.32	<0.02	<0.01	<0.01	0.11	0.025	0.004	58	5.4	
湖沼	L8	下層	11:37			23.5	8.1	21.3	9.2	32	10	5.7	5.7	3.6	0.95	0.36	0.02	<0.01	<0.01	0.12	0.025	0.003	11	5.3	

種類	地点名	時間	流量 (m3/s)	水深 (m)	透明度 (cm)	水温 (℃)	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	13:48	1.9	2.1	>50	22.0	7.9	25.1	9.3	3	3.8	3.7	2.3	2.3	1.5	1.4	0.07	0.02	1.12	0.060	0.035	0.022	2	13
流入河川	R2	13:10	2.3	1.8	>50	23.0	7.8	27.5	9.2	5	5.1	4.1	2.7	2.5	2.0	1.8	0.13	0.04	1.38	0.080	0.041	0.025	2	12
流入河川	R3	13:25	0.1	0.2	>50	24.3	7.7	31.0	8.3	2	3.1	2.9	1.7	1.9	2.2	2.1	0.04	0.02	1.89	0.057	0.045	0.033	4	17
流入河川	R4	12:43	0.4	1.1	>50	22.1	7.6	22.4	8.3	<1	3.6	3.4	2.0	2.1	1.4	1.4	0.03	0.01	1.15	0.053	0.048	0.032	2	12
流出河川	R5	12:10	4.6	0.8	17	22.9	8.0	21.2	7.8	31	10	5.8	4.9	3.6	0.94	0.33	0.02	<0.01	<0.01	0.12	0.023	0.003	16	5.5

表 8 水質調査結果一覧 (11月)

牛久沼調査 検査結果一覧 採水日：令和元年11月15日 天気：晴 気温：13.5℃ (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)	Chl.a (µg/L)	比色Si (mg/L)	
湖沼	L1	上層	9:51	1.5	0.50	14.0	7.9	24.1	9.8	74	8.9	2.8	4.8	2.8	2.4	2.0	0.05	0.02	1.8	0.048	0.010	0.004	56	10	
湖沼	L1	下層	9:51			14.0	8.1	24.0	10	75	8.9	2.8	4.9	2.8	2.4	1.9	0.05	0.02	1.8	0.053	0.007	<0.003	22	10	
湖沼	L2	上層	10:01	1.6	0.70	14.7	8.0	27.5	10	62	5.3	2.4	4.2	2.7	3.4	3.3	0.06	0.03	3.0	0.035	0.008	<0.003	40	11	
湖沼	L2	下層	10:01			15.0	7.9	27.7	10	59	5.3	2.5	4.1	2.4	3.5	3.3	0.06	0.03	3.0	0.033	0.009	<0.003	36	11	
湖沼	L3	上層	10:13	1.8	0.50	15.0	8.0	28.0	8.9	58	4.8	2.5	3.8	2.6	3.6	3.4	0.20	0.03	3.1	0.055	0.009	0.003	21	11	
湖沼	L3	下層	10:13			14.0	7.8	27.7	8.8	62	5.1	2.2	3.7	2.4	3.6	3.5	0.23	0.04	3.2	0.058	0.008	0.003	21	11	
湖沼	L4	上層	10:31	1.2	0.75	14.0	8.0	25.3	10	72	6.5	2.5	5.3	2.8	2.5	2.2	0.05	0.02	1.9	0.041	0.005	<0.003	10	11	
湖沼	L4	下層				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L5	上層	10:46	2.0	0.70	14.0	7.8	27.8	8.6	68	3.4	2.0	3.8	2.1	3.0	2.9	0.14	0.02	2.6	0.062	0.016	0.009	19	13	
湖沼	L5	下層	10:46			14.0	7.7	28.0	8.5	76	3.4	1.9	3.9	2.1	3.0	2.9	0.14	0.02	2.7	0.051	0.017	0.010	11	13	
湖沼	L6	上層	11:08	1.4	0.80	15.0	7.9	27.0	9.5	63	3.4	2.2	3.7	2.3	2.6	2.3	0.14	0.02	2.2	0.055	0.023	0.016	8	14	
湖沼	L6	下層	11:08			14.5	7.9	26.8	9.0	66	3.5	2.3	3.7	2.3	2.5	2.4	0.14	0.02	2.2	0.055	0.025	0.015	6	13	
湖沼	L7	上層	9:45	1.1	0.50	15.5	7.7	24.3	10	72	6.5	3.4	5.3	3.0	2.3	1.9	0.06	0.02	1.8	0.032	0.005	<0.003	64	10	
湖沼	L7	下層				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L8	上層	11:24	2.2	0.70	14.5	7.9	25.1	10	72	5.9	3.1	5.0	2.8	2.5	2.2	0.06	0.02	2.1	0.041	0.006	<0.003	34	10	
湖沼	L8	下層	11:24			14.5	8.1	24.9	10	80	6.3	3.0	5.0	2.8	2.6	2.1	0.06	0.02	2.0	0.035	0.008	<0.003	44	10	

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	13:30	1.8	1.6	>50	15.5	7.8	28.4	12	54	4.3	2.8	2.1	1.6	2.9	2.8	0.06	0.01	2.7	0.030	0.017	0.009	9	15
流入河川	R2	12:54	2.7	2.0	>50	16.3	7.9	28.6	9.0	64	2.6	1.9	2.9	2.3	4.0	3.8	0.14	0.02	3.7	0.048	0.034	0.018	<1	12
流入河川	R3	13:08	0.3	0.2	>50	17.0	7.9	31.4	11	62	2.6	2.2	2.6	1.9	4.5	4.5	0.10	0.04	4.2	0.042	0.028	0.022	7	14
流入河川	R4	12:28	0.3	1.0	>50	15.1	8.1	26.8	10	42	2.0	1.7	5.5	4.8	2.5	2.5	0.06	<0.01	2.4	0.029	0.022	0.012	2	16
流出河川	R5	11:56	4.2	0.9	28	15.4	8.3	24.9	10	78	5.7	3.1	4.9	2.9	2.5	2.2	0.06	0.02	2.0	0.032	0.005	<0.003	29	10

表9 水質調査結果一覧 (12月)

牛久沼調査 検査結果一覧 採水日：令和元年12月11日 天気：曇 気温：12.2℃ (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	9:52	1.5	0.90	9.6	7.6	24.3	10.7	6	4.1	2.3	2.6	1.5	2.4	2.1	0.04	0.02	1.9	0.040	0.010	<0.003	5	11
湖沼	L1	下層	9:52			9.0	7.6	24.3	11.4	9	4.1	2.3	2.5	1.5	2.3	2.0	0.05	0.02	1.9	0.037	0.010	<0.003	5	9.9
湖沼	L2	上層	10:02	1.5	0.70	9.5	7.6	27.4	9.5	8	3.9	2.1	1.7	1.4	3.3	3.0	0.21	0.03	2.8	0.059	0.017	0.009	3	10
湖沼	L2	下層	10:02			9.4	7.6	27.6	9.5	6	3.8	2.1	1.7	1.4	3.4	3.0	0.21	0.03	2.8	0.061	0.018	0.009	2	10
湖沼	L3	上層	10:16	2.2	0.70	10.5	7.4	27.9	9.6	13	3.6	1.8	1.7	1.4	3.4	3.1	0.21	0.03	2.9	0.065	0.017	0.010	2	10
湖沼	L3	下層	10:16			9.7	7.5	27.9	9.2	13	3.6	1.7	1.6	1.3	3.2	3.1	0.22	0.03	2.9	0.071	0.018	0.010	1	10
湖沼	L4	上層	10:35	1.3	0.95	10.0	7.7	25.9	10.9	7	4.1	2.2	2.1	1.3	2.8	2.4	0.07	0.03	2.2	0.039	0.010	<0.003	29	10
湖沼	L4	下層	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L5	上層	10:59	2.0	1.0	11.0	7.8	28.4	9.7	5	3.7	1.8	1.2	1.1	3.1	3.1	0.11	0.02	2.6	0.040	0.015	0.009	7	12
湖沼	L5	下層	10:59			10.5	7.7	28.3	9.7	5	3.4	1.7	1.3	1.1	3.0	3.0	0.11	0.02	2.6	0.043	0.015	0.009	11	12
湖沼	L6	上層	11:20	1.4	0.80	11.0	7.8	26.5	8.5	8	2.2	1.4	1.7	1.2	2.7	2.6	0.16	0.02	2.2	0.065	0.016	0.007	2	12
湖沼	L6	下層	11:20			10.8	7.7	26.2	8.5	8	2.3	1.6	1.7	1.3	2.6	2.6	0.16	0.02	2.2	0.064	0.014	0.007	3	12
湖沼	L7	上層	9:44	1.0	0.80	10.5	7.6	22.6	11.1	8	4.0	2.6	2.7	1.7	2.2	2.0	0.03	0.02	1.8	0.042	0.010	<0.003	12	9.3
湖沼	L7	下層	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L8	上層	11:36	2.3	0.85	10.5	7.9	24.4	11.1	8	4.0	2.5	2.5	1.6	2.5	2.3	0.07	0.03	2.1	0.043	0.009	<0.003	8	9.4
湖沼	L8	下層	11:36			10.0	7.8	24.2	11.0	6	4.0	2.6	2.5	1.6	2.4	2.4	0.07	0.03	2.0	0.043	0.009	<0.003	7	9.5

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	13:42	0.54	1.7	>50	14.2	7.8	28.4	10.7	1	2.0	1.8	1.1	1.0	2.7	2.7	0.04	0.02	2.6	0.026	0.014	0.008	2	13
流入河川	R2	13:00	1.79	1.8	>50	12.8	7.8	28.7	10.1	6	2.9	2.0	1.3	1.1	3.6	3.6	0.10	0.02	3.3	0.047	0.020	0.015	1	11
流入河川	R3	13:15	0.01	0.3	>50	15.5	7.7	31.8	11.7	5	2.2	1.9	1.3	1.1	4.0	4.0	0.04	0.03	3.5	0.036	0.018	0.011	7	12
流入河川	R4	12:36	0.24	1.1	>50	14.0	7.8	25.9	11.2	2	1.9	1.8	1.1	1.0	2.5	2.5	0.03	0.01	2.3	0.032	0.013	0.007	1	13
流出河川	R5	12:05	2.12	0.8	>50	10.9	7.9	24.4	11.2	1	3.8	2.7	2.3	1.5	2.2	2.2	0.06	0.03	2.0	0.039	0.008	<0.003	10	9.5

表 10 水質調査結果一覧 (1月)

牛久沼調査 検査結果一覧 採水日：令和2年1月24日 天気：曇 気温：10.1℃ (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)	Chl.a (µg/L)	比色Si (mg/L)
湖沼	L1	上層	9:57	1.6	0.60	7.5	7.7	26.6	11	12	5.2	2.6	2.8	1.6	2.3	2.0	0.04	0.02	1.8	0.039	0.007	<0.003	12	11
湖沼	L1	下層	9:57			7.0	7.8	26.6	13	13	5.5	2.7	3.0	1.6	2.2	2.0	0.04	0.02	1.7	0.042	0.007	<0.003	8	11
湖沼	L2	上層	10:06	1.6	0.80	8.0	7.8	27.9	12	8	4.4	2.4	2.2	1.5	3.0	2.8	0.03	0.03	2.5	0.042	0.007	<0.003	17	12
湖沼	L2	下層	10:06			7.0	7.7	27.9	12	9	4.4	2.6	2.3	1.5	3.0	2.6	0.03	0.03	2.5	0.043	0.006	<0.003	6	12
湖沼	L3	上層	10:19	2.0	0.70	7.5	7.6	28.1	12	11	4.2	2.5	2.1	1.5	3.1	2.9	0.05	0.03	2.6	0.050	0.009	0.003	15	12
湖沼	L3	下層	10:19			6.8	7.6	27.9	12	11	4.4	2.3	2.2	1.4	3.0	3.0	0.05	0.03	2.6	0.049	0.009	<0.003	12	13
湖沼	L4	上層	10:36	1.4	0.70	8.5	7.8	26.5	11	8	4.6	2.5	2.5	1.6	2.2	2.0	0.05	0.02	1.8	0.045	0.009	<0.003	33	11
湖沼	L4	下層	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L5	上層	10:51	2.0	0.70	8.0	7.9	28.5	12	13	4.3	2.1	2.1	1.3	2.4	2.3	0.03	0.02	2.1	0.053	0.009	<0.003	6	13
湖沼	L5	下層	10:51			7.5	7.8	27.9	12	15	5.2	2.1	2.4	1.2	2.5	2.2	0.04	0.02	2.0	0.076	0.010	0.003	28	12
湖沼	L6	上層	11:13	1.6	0.80	9.5	7.9	29.0	12	4	2.8	1.9	1.4	1.2	2.3	2.3	0.14	0.03	1.9	0.064	0.027	0.022	3	16
湖沼	L6	下層	11:13			8.0	7.8	28.5	12	7	3.0	2.1	1.4	1.1	2.3	2.3	0.14	0.03	1.9	0.063	0.026	0.020	3	16
湖沼	L7	上層	9:50	1.1	0.70	9.0	7.7	27.0	11	10	5.1	3.0	2.8	1.7	2.1	2.0	0.03	0.02	1.7	0.042	0.009	<0.003	35	12
湖沼	L7	下層	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L8	上層	11:29	2.3	0.60	8.7	8.0	26.9	11	13	5.3	3.0	2.8	1.7	2.2	2.1	0.03	0.02	1.8	0.052	0.009	<0.003	26	11
湖沼	L8	下層	11:29			7.5	7.9	26.5	11	14	5.4	3.0	3.0	1.7	2.2	2.1	0.03	0.02	1.8	0.053	0.009	<0.003	23	12

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	13:51	0.67	1.8	>50	12.0	7.8	35.5	12	6	3.3	2.5	1.6	1.4	2.8	2.8	0.09	0.03	2.4	0.036	0.018	0.009	1	16
流入河川	R2	13:13	0.95	1.9	>50	9.5	8.0	29.4	11	5	2.8	2.1	1.4	1.2	3.5	3.4	0.13	0.03	2.9	0.048	0.027	0.022	2	14
流入河川	R3	13:30	0.01	0.2	>50	16.0	7.7	31.6	13	2	2.4	2.3	1.4	1.2	3.3	3.3	0.07	0.06	2.8	0.033	0.027	0.022	1	17
流入河川	R4	12:33	0.22	1.1	>50	11.0	8.0	27.2	11	3	2.2	2.1	1.2	1.1	2.1	2.1	0.02	0.02	1.9	0.029	0.015	0.008	2	17
流出河川	R5	12:02	3.21	0.7	34	9.2	7.0	26.8	11	15	5.0	3.0	2.7	1.6	2.2	2.0	0.03	0.02	1.8	0.049	0.009	<0.003	18	11

表 11 水質調査結果一覧 (2月)

牛久沼調査 検査結果一覧 採水日：令和2年2月19日 天気：晴 気温：8.3℃ (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	1.7	0.50	9.0	6.6	22.4	10	28	6.9	2.6	3.9	1.6	2.4	2.1	0.01	0.01	1.9	0.090	0.015	0.005	12	8.5	
湖沼	L1	下層	9:50			9.0	6.6	22.3	11	32	7.4	2.5	4.2	1.6	2.5	2.1	0.01	0.01	1.9	0.10	0.015	0.004	13	8.7	
湖沼	L2	上層	10:01	1.9	0.60	9.0	6.7	22.8	11	16	5.8	2.4	3.3	1.6	2.7	2.3	0.01	0.01	2.1	0.067	0.013	0.004	7	9.3	
湖沼	L2	下層	10:01			9.0	6.8	22.9	11	14	5.6	2.4	3.3	1.6	2.7	2.3	0.01	0.01	2.1	0.066	0.012	0.004	27	9.3	
湖沼	L3	上層	10:14	2.0	0.80	9.5	7.2	28.2	11	11	4.4	2.2	2.3	1.4	3.3	3.1	0.01	0.02	2.8	0.065	0.013	0.006	5	9.8	
湖沼	L3	下層	10:14			9.3	7.1	28.3	11	13	4.3	2.1	2.3	1.4	3.3	3.1	0.01	0.02	2.8	0.068	0.013	0.006	7	12	
湖沼	L4	上層	10:33	1.5	0.60	9.5	7.3	22.2	11	18	5.8	2.4	3.4	1.6	2.3	2.0	0.01	0.01	1.8	0.070	0.013	0.004	36	9.0	
湖沼	L4	下層	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L5	上層	10:48	2.1	0.70	10.0	7.4	27.5	11	15	4.5	1.9	2.2	1.3	2.5	2.4	0.01	0.02	2.3	0.071	0.015	0.005	16	13	
湖沼	L5	下層	10:48			9.8	7.5	27.6	10	23	5.1	1.9	2.4	1.2	2.6	2.5	0.01	0.02	2.3	0.088	0.014	0.005	22	13	
湖沼	L6	上層	11:10	1.6	0.80	10.5	7.7	24.2	10	12	4.2	2.3	2.2	1.5	2.2	2.0	0.07	0.02	1.8	0.079	0.017	0.007	9	12	
湖沼	L6	下層	11:10			10.0	7.4	24.1	10	14	4.2	2.4	2.2	1.5	2.2	2.2	0.08	0.02	1.8	0.072	0.015	0.008	13	13	
湖沼	L7	上層	9:43	1.3	0.50	9.0	6.9	21.3	11	17	5.7	3.0	3.5	1.7	1.9	1.8	0.01	0.01	1.6	0.067	0.014	0.004	27	8.7	
湖沼	L7	下層	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L8	上層	11:25	2.4	0.50	10.0	7.7	21.7	11	26	6.7	2.9	3.9	1.6	2.1	1.9	0.01	0.01	1.7	0.085	0.015	0.004	29	8.7	
湖沼	L8	下層	11:25			9.0	7.5	21.2	11	34	7.1	2.8	4.0	1.6	2.1	1.8	0.01	0.01	1.7	0.099	0.013	0.004	30	8.8	

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	14:26	0.19	2.3	>50	11.5	7.7	27.9	11	2	2.3	1.9	1.2	1.0	2.7	2.5	0.05	0.02	2.4	0.023	0.013	0.011	1	16
流入河川	R2	13:31	1.68	2.1	37	12.4	7.7	27.9	9	8	3.7	2.3	2.0	1.4	3.7	3.7	0.12	0.03	3.0	0.072	0.027	0.024	<1	13
流入河川	R3	13:55	0.02	0.6	>50	16.6	7.8	26.7	15	4	2.5	2.1	1.5	1.2	2.8	2.8	0.03	0.01	2.5	0.024	0.012	0.010	<1	12
流入河川	R4	12:47	0.20	1.2	>50	12.0	7.5	25.2	13	3	2.4	2.1	1.4	1.2	2.1	2.0	0.01	0.01	2.0	0.037	0.018	0.011	<1	14
流出河川	R5	12:07	0.59	1.3	18	10.8	7.7	21.9	11	22	5.7	2.9	3.6	1.7	2.1	2.0	0.01	0.01	1.8	0.089	0.013	0.004	23	9.2

表 12 水質調査結果一覧 (3月)

牛久沼調査 検査結果一覧 採水日：令和2年3月17日 天気：晴 気温：7.1℃ (つくば市観野 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	1.9	0.70	10.0	7.5	25.6	10	15	6.3	3.1	3.6	2.0	1.8	1.5	0.10	0.01	1.3	0.061	0.014	0.007	31	9.2	
湖沼	L1	下層	9:47			10.0	7.4	25.0	11	19	7.5	3.2	4.0	2.0	1.8	1.4	0.08	0.01	1.2	0.070	0.015	0.004	5	9.0	
湖沼	L2	上層	9:56	2.1	0.90	10.5	7.4	26.4	11	9	6.7	3.3	3.6	2.1	2.0	1.9	0.09	0.01	1.7	0.058	0.014	<0.001	10	10	
湖沼	L2	下層	9:56			10.3	7.6	26.2	11	13	7.0	3.5	4.0	2.1	2.1	1.7	0.08	0.01	1.6	0.070	0.013	<0.001	9	10	
湖沼	L3	上層	10:08	2.0	0.95	9.5	7.7	27.3	11	12	5.9	3.3	3.5	1.9	2.4	2.1	0.09	0.02	2.0	0.065	0.014	<0.001	10	10	
湖沼	L3	下層	10:08			9.0	7.8	26.9	12	14	6.3	3.1	3.4	1.9	2.4	2.2	0.11	0.02	2.0	0.073	0.013	<0.001	3	11	
湖沼	L4	上層	10:26	1.7	0.70	10.5	8.0	26.3	11	12	6.6	3.0	3.5	1.9	1.5	1.3	0.10	0.01	1.2	0.062	0.014	<0.001	14	10	
湖沼	L4	下層	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L5	上層	10:40	2.4	0.75	10.5	8.0	25.8	11	21	6.4	2.6	3.1	1.6	2.0	1.8	0.10	0.01	1.7	0.090	0.013	<0.001	7	13	
湖沼	L5	下層	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L6	上層	11:02	1.8	0.60	10.5	8.0	21.5	10	11	4.4	2.8	2.3	1.6	1.5	1.3	0.12	<0.01	1.2	0.073	0.013	<0.001	25	11	
湖沼	L6	下層	11:02			10.0	8.0	19.6	10	11	4.6	2.9	2.3	1.6	1.4	1.3	0.16	<0.01	1.1	0.066	0.016	0.004	4	11	
湖沼	L7	上層	9:41	1.5	0.70	10.5	7.5	24.8	10	12	6.3	3.6	3.5	2.0	1.5	1.3	0.11	<0.01	1.1	0.054	0.014	<0.001	10	10	
湖沼	L7	下層	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
湖沼	L8	上層	11:18	2.7	0.70	10.0	8.0	24.7	11	14	6.6	3.5	3.8	2.0	1.7	1.4	0.11	0.01	1.2	0.069	0.014	<0.001	18	10	
湖沼	L8	下層	11:18			10.0	8.1	24.6	10	23	7.5	3.5	4.0	2.0	1.8	1.4	0.11	0.01	1.2	0.082	0.014	<0.001	11	9.9	

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	14:00	0.7	2.5	>50	11.3	7.9	28.1	10	6	2.7	2.1	1.3	1.1	2.5	2.5	0.14	0.01	2.3	0.043	0.015	0.008	3	18
流入河川	R2	13:19	0.7	1.9	>50	11.9	8.2	27.6	9.6	17	3.9	3.1	2.0	1.3	2.9	3.0	0.23	0.02	2.7	0.083	0.030	0.020	2	16
流入河川	R3	13:32	0.1	0.6	>50	16.4	8.0	29.5	13	1	2.9	2.3	1.4	1.3	2.3	2.4	0.12	0.01	2.3	0.033	0.020	0.014	1	19
流入河川	R4	12:41	1.3	1.4	>50	10.1	8.2	26.5	12	8	3.1	2.2	1.5	1.1	1.9	1.9	0.11	<0.01	1.8	0.043	0.017	0.006	8	17
流出河川	R5	11:55	6.6	0.9	25	10.5	8.4	25.8	11	17	6.7	3.5	3.8	2.0	1.7	1.4	0.10	0.01	1.2	0.073	0.011	<0.001	22	10

※L5下層は、採水時に底泥を巻き上げた可能性が疑われるため欠測。

2-1 微小粒子状物質（PM2.5）成分分析調査

1 目的

PM2.5とは、大気中に浮遊している $2.5\mu\text{m}$ 以下の小さな粒子を示し、肺の奥深くまで入りやすいため、人の呼吸器系や循環器系への影響が懸念されており、平成21年9月に環境基準が定められた。県では、「大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準」に基づき、質量濃度の測定を実施している。さらに、地域ごとの特色に応じた効果的なPM2.5対策の検討のため、「PM2.5成分分析ガイドライン」に基づき、成分分析を実施し、高濃度の原因や発生源について推定する。

2 調査対象物質

- ・質量濃度
- ・イオン成分 (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+})
- ・無機元素成分 (Na, Al, Si, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Mo, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Sm, Hf, W, Ta, Th, Pb)
- ・炭素成分 (WSOC, WIOC, Char-EC, Soot-EC)

※WSOC (水溶性有機炭素) : 水溶性の有機炭素成分, WIOC (非水溶性有機炭素) : 非水溶性の有機炭素成分

Char-EC (低温元素状炭素) : 低温での不完全燃焼によって生成する炭素成分

Soot-EC (高温元素状炭素) : 主として高温における不完全燃焼時のガス・粒子化により超微小粒子として発生したものが粒子に凝集して生成する炭素成分

3 調査地点

土浦保健所

4 調査時期

春季 令和元年5月8日～同年5月22日 夏季 令和元年7月18日～同年8月1日
 秋季 令和元年10月17日～同年10月31日 冬季 令和2年1月16日～同年1月30日

5 採取方法

PTFE フィルタまたは石英繊維フィルタを用い、流量 $16.7\text{L}/\text{min}$ 、24時間捕集（午前10時から翌日の午前10時まで）を行った。

- ・使用機器 : Thermo Scientific 社製 FRM2025 または FRM2025i

6 分析方法

「微小粒子状物質（PM2.5）の成分分析ガイドライン」に準拠した。

質量濃度…………… 秤量法 (PTFE フィルタ)
 測定機器 : MettlerToledo 社 WRP2UV 電子天秤
 秤量条件 温度 $21.5^\circ\text{C} \pm 1.5^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $35\% \pm 5\%$

イオン成分…………… イオンクロマトグラフ法 (PTFE フィルタ)
 PTFE フィルタ 1/2 片に純水 10mL を加え、振とう及び超音波抽出、孔径 $0.20\mu\text{m}$ フィルタ (PTFE, ADVANTEC) でろ過後、測定装置に導入した。
 測定装置 : Thermo Fisher Scientific 社 Integriion

- 無機元素成分…………… ICP-MS 法 (PTFE フィルタ)
PTFE フィルタ 1/2 片を圧力容器を用いた硝酸、ふっ化水素酸、過酸化水素による分解等を行い、測定装置に導入した。
測定装置：Agilent 8800
- 炭素成分…………… サーマルオプテカル・リフレクタンス法(石英繊維フィルタ)
石英繊維フィルタ 1/4 の一部をポンチで切り抜き、測定装置に導入した。
測定機器：Atmoslytic 社 DRI Model 2001A
- 水溶性有機炭素…… 全有機炭素計 (燃焼触媒酸化方式)
イオン成分と同様の抽出を行い、抽出液中の全炭素を定量した。
測定機器：島津製作所 TOC-V

7 調査結果

(1) 質量濃度と成分割合

季節別の質量濃度平均値はいずれも年平均値に環境基準値 ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) よりも低い値であり、比較をすると、夏季及び冬季 ($11.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) の濃度が最も高く、次いで春季 ($8.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、秋季 ($8.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) の順であった。(表 1)。

図 1 に各季節の成分平均濃度及び割合を、図 2 に PM2.5 質量濃度の推移を示す。冬季は他の季節と比べ質量濃度の変動が大きかった。図 6 に経年変化を示す。

表 1 季節別の PM2.5 質量濃度の最大・最小・平均値
単位： $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$

	最大	最小	平均
春季	19.6	5.2	8.9
夏季	20.2	3.0	11.2
秋季	15.5	1.7	8.2
冬季	26.6	1.7	11.2

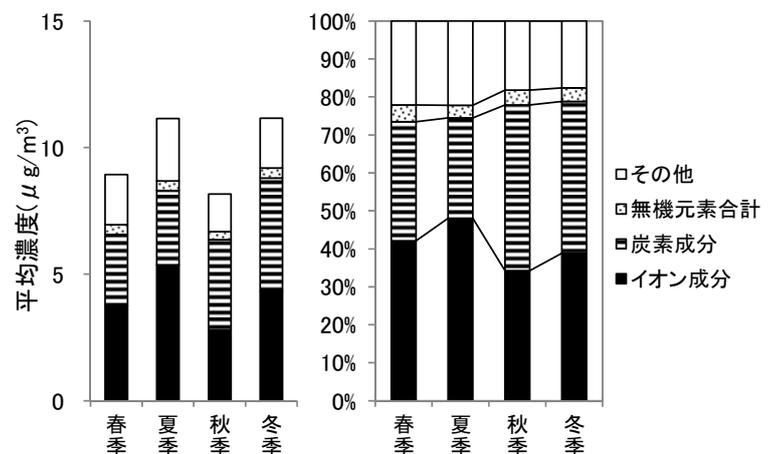


図 1 季節別の各成分平均濃度及び割合 (左：濃度，右：割合)

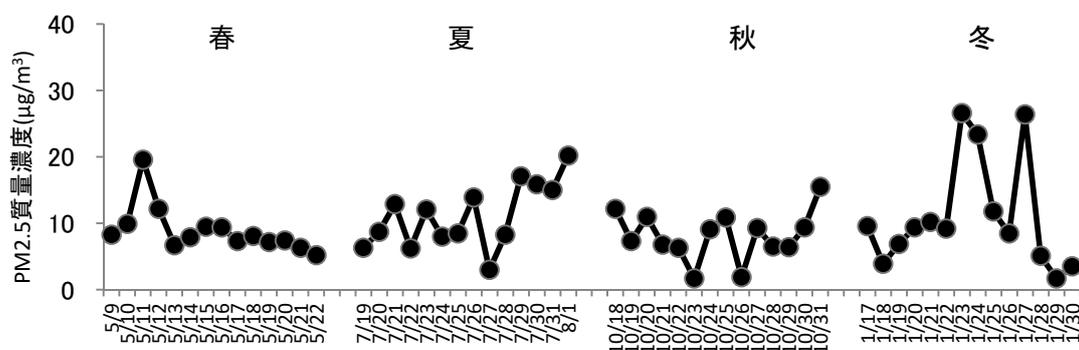


図 2 PM2.5 質量濃度推移 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(2) イオン成分

春季・夏季のイオン成分濃度を図 3-1 に、秋季・冬季のイオン成分濃度を図 3-2 に、季節別のイオン成分の割合を図 3-3 に示す。

イオン成分に占める硫酸イオンの割合は、春季が約 6 割、夏季が約 8 割、秋季が約 4 割、冬季が約 3 割であり、気温が下がるとともに低下した。硝酸イオンは、春季が約 1 割、夏季が 1 割未満、秋季が約 2 割、冬季が約 3 割を占めており、気温が下がるとともに増加した。

硫酸イオンは気温の上昇及び日射量の増加により二次生成が増大したことが影響していると考えられる。硝酸イオンは半揮発性のエアロゾル成分であり、気温の高い春季・夏季には気体として存在し、気温が低下する秋季・冬季には粒子となることが影響していると考えられる。図 7-1、図 7-2 に経年変化を示す。

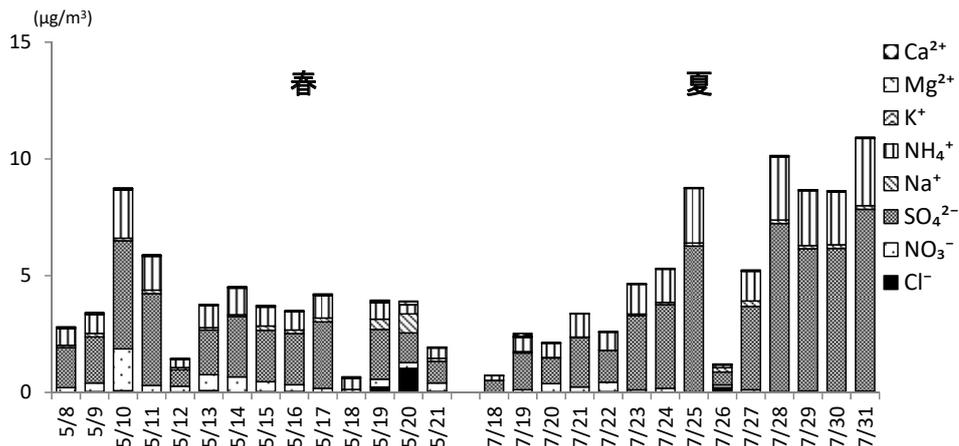


図 3-1 イオン成分濃度 (春季・夏季)

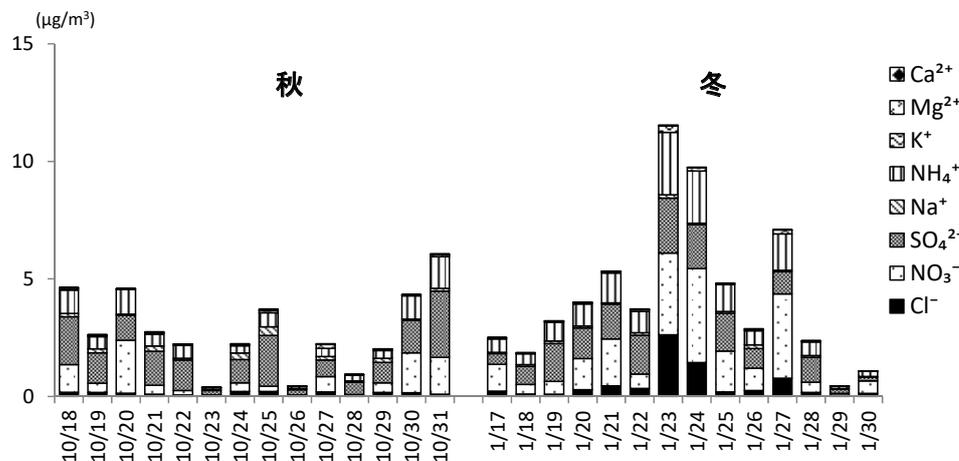


図 3-2 イオン成分濃度 (秋季・冬季)

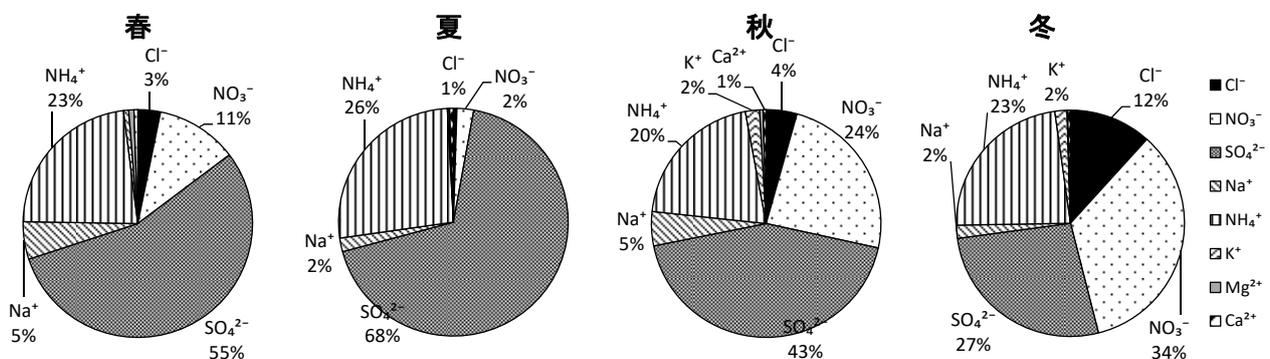


図 3-3 イオン成分の割合 (各季節における平均値)

(3) 無機元素成分

春季・夏季の無機元素成分濃度を図 4-1 に、秋季・冬季の無機元素成分濃度を図 4-2 に、季節別の無機元素成分の割合を図 4-3 示す。なお、イオン成分でも含まれている Na, Ca, K は除く。夏季を除く各季節において、Al, Fe, Zn が無機元素成分の大部分を占めていた。夏季はケイ素の濃度が他の季節と比較して高く、その他の占める割合を押し上げた。図 8-1～図 8-5 に経年変化を示す。

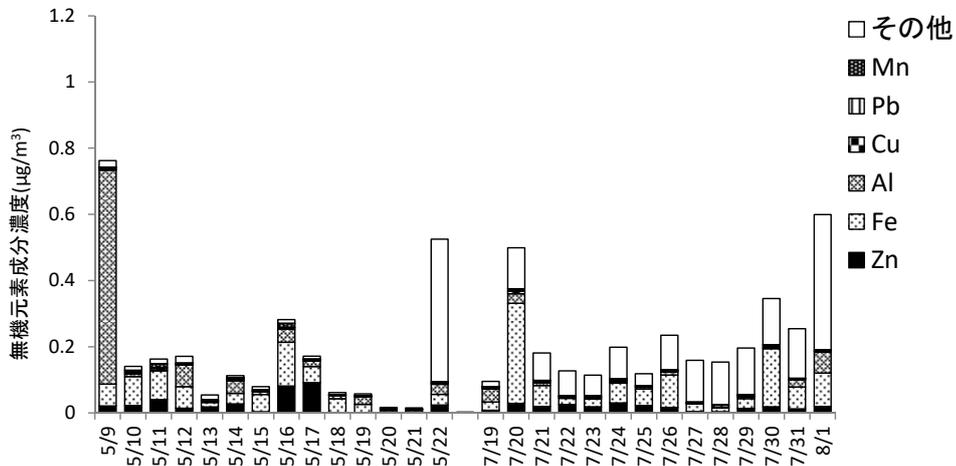


図 4-1 無機元素成分濃度（春季・夏季）

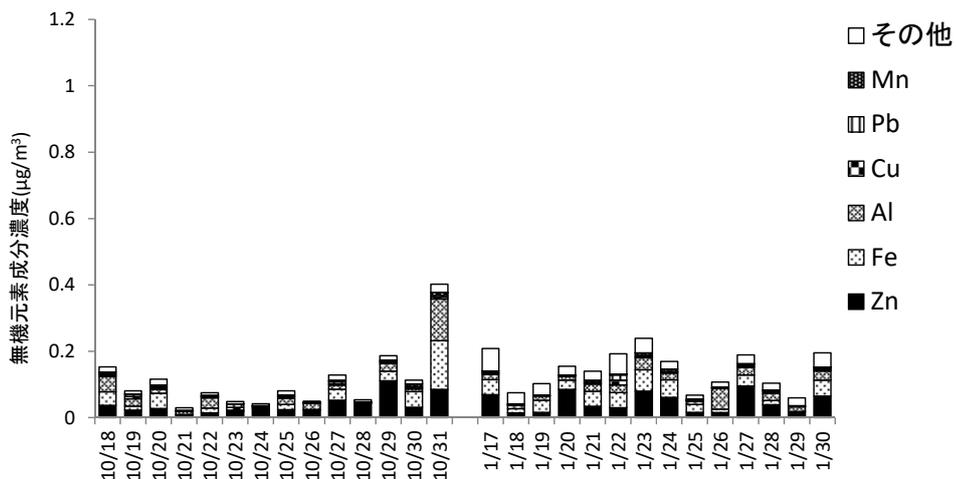


図 4-2 無機元素成分濃度（秋季・冬季）

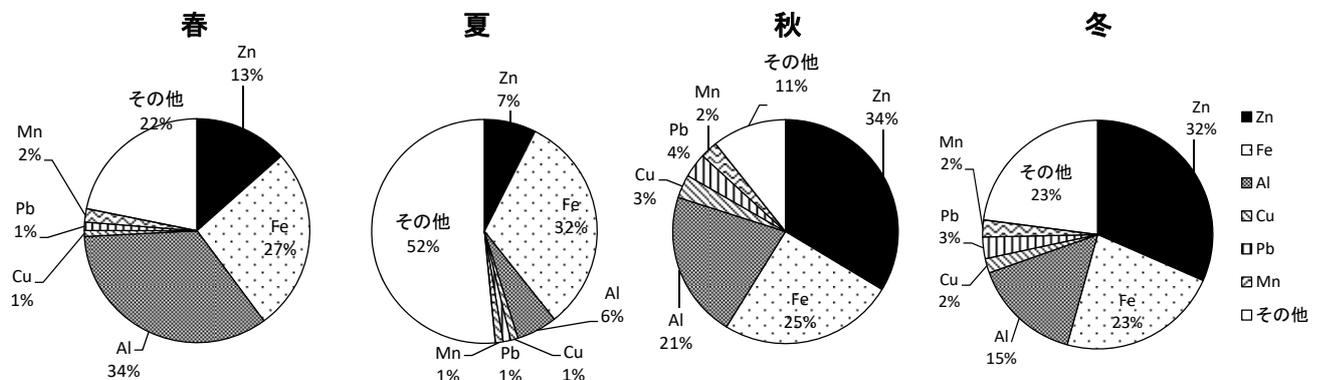


図 4-3 無機元素成分の割合（各季節における平均値）

(4) 炭素成分

春季・夏季の炭素成分濃度を図 5-1 に、秋季・冬季の炭素成分濃度を図 5-2 に季節別の炭素成分濃度の割合を図 5-3 示す。

WSOC は炭素成分の約 2～4 割を占めており、WIOC は炭素成分の約 5～6 割を占めていた。

Char-EC は秋季から冬季にかけて徐々に高くなる傾向があった。Soot-EC は、全季節をとおして炭素成分の 1 割未満であった。図 9 に経年変化を示す。

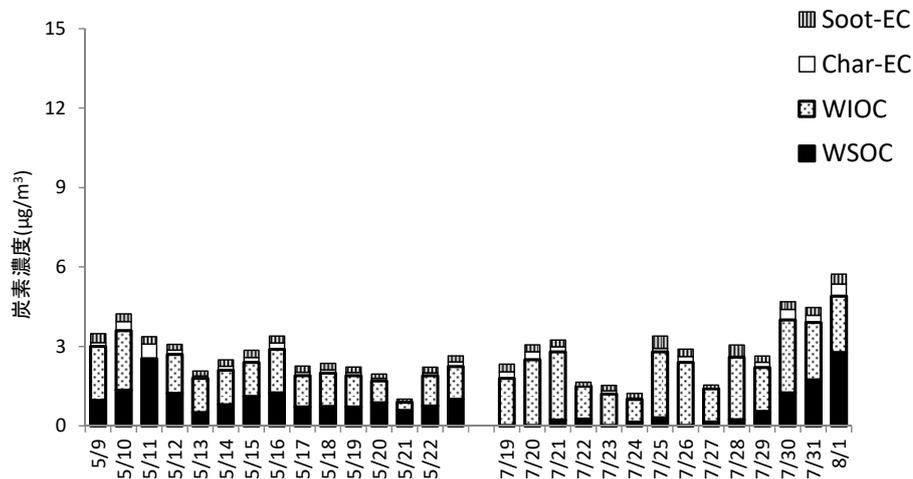


図 5-1 炭素成分濃度（春季・夏季）

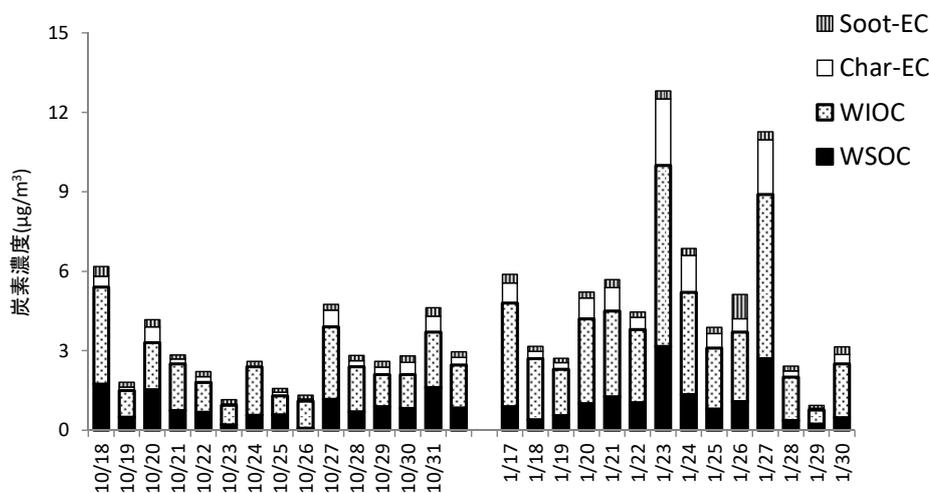


図 5-2 炭素成分濃度（秋季・冬季）

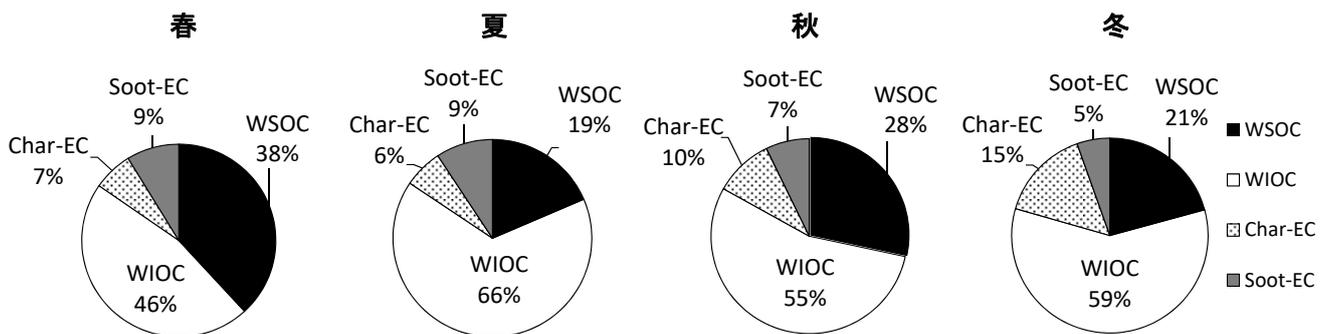
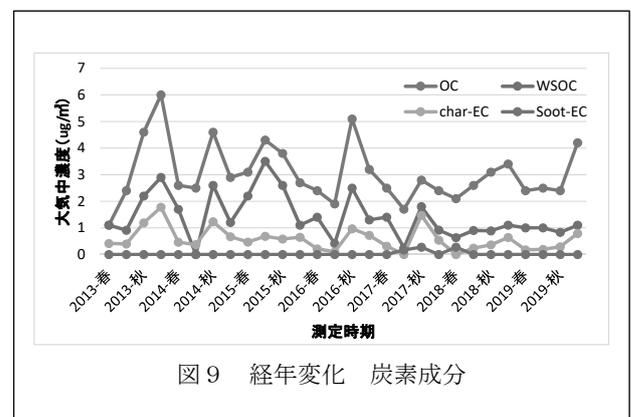
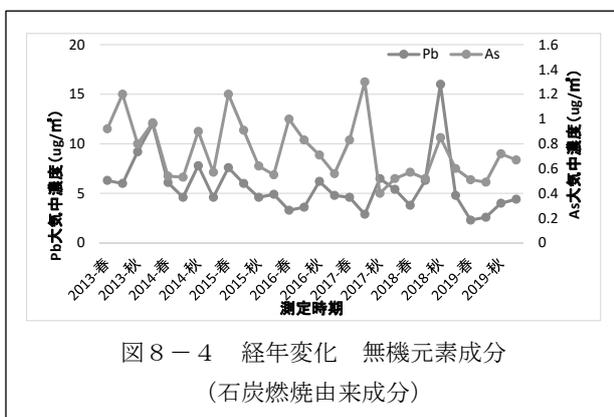
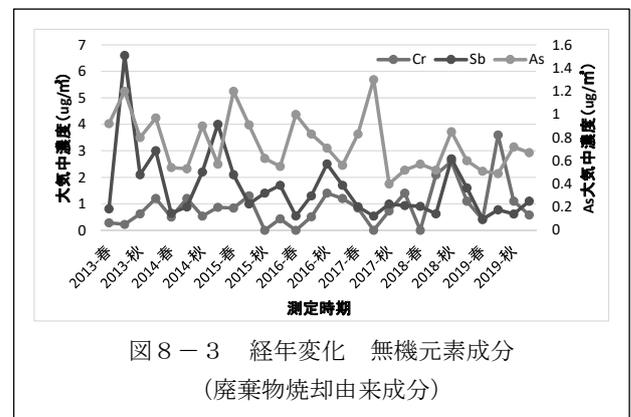
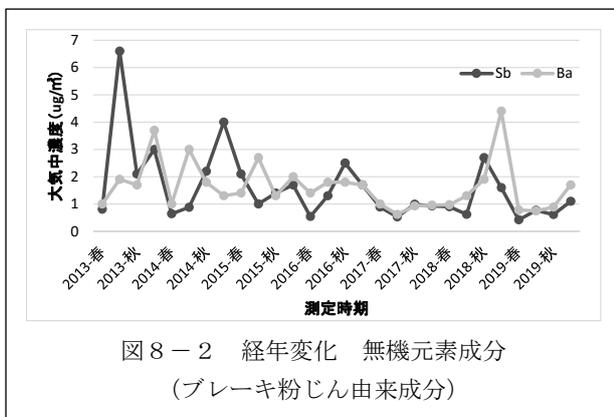
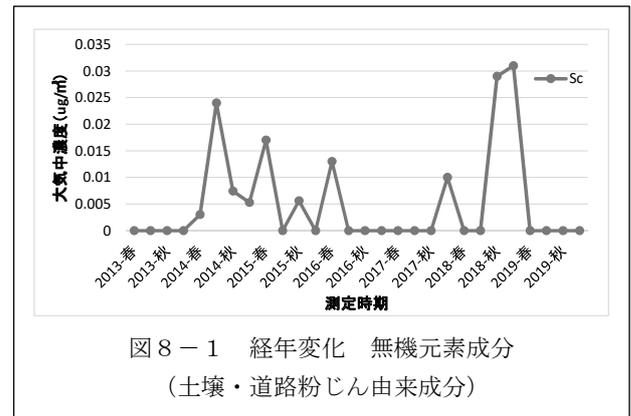
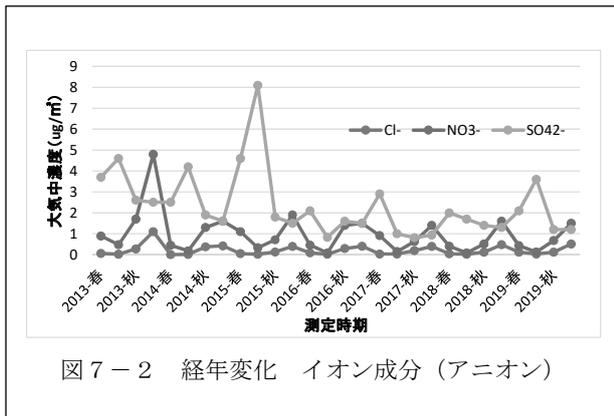
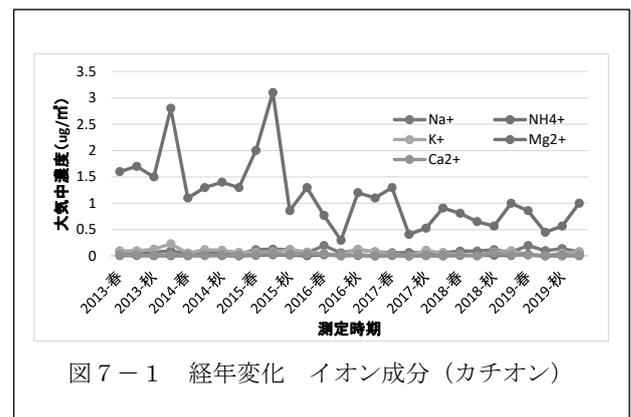
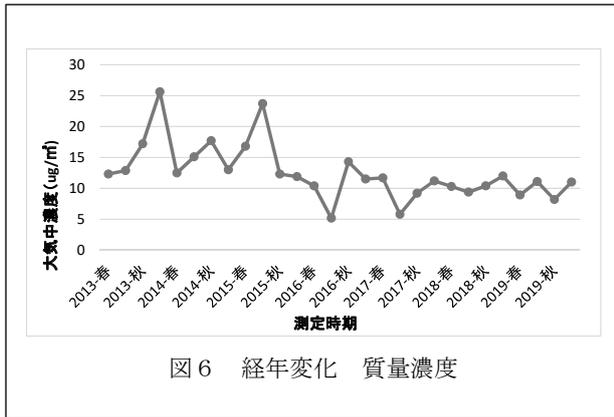


図 5-3 炭素成分の割合（各季節における平均値）



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

1 はじめに

全国における，令和元年度の光化学オキシダントの環境基準（60ppb）達成局数は 1,183 局中 1 局（0.1%）であり，令和元年の光化学スモッグ注意報発令地域は 33 都府県，発令延日数は 99 日となっている^{1,2)}。昼間（5時から20時）の日最高1時間値の年平均値については，近年，ほぼ横ばいで推移している。

茨城県内においても，昭和 59 年度以降光化学オキシダントの環境基準が未達成であり，ほぼ毎年光化学スモッグ注意報を発令している³⁾。図 1 に昭和 47 年度から令和元年度まで，1 年ごとの茨城県の光化学スモッグ注意報発令状況を示す。平成 26 年度以降，注意報発令日数は 0 日から 9 日の間を推移している状況である。

前年度まで本研究は，光化学オキシダントの原因物質である VOC について，オゾン生成能を評価するとともに，実態調査結果を用いて光化学オキシダント濃度の予測モデル（以下，「予測モデル」という。）を構築した⁴⁻⁷⁾。

本報では，光化学オキシダント（以下，「Ox 濃度」という。）の測定結果（実測値）と，予測モデルの結果（予測値）の比較結果を報告する。

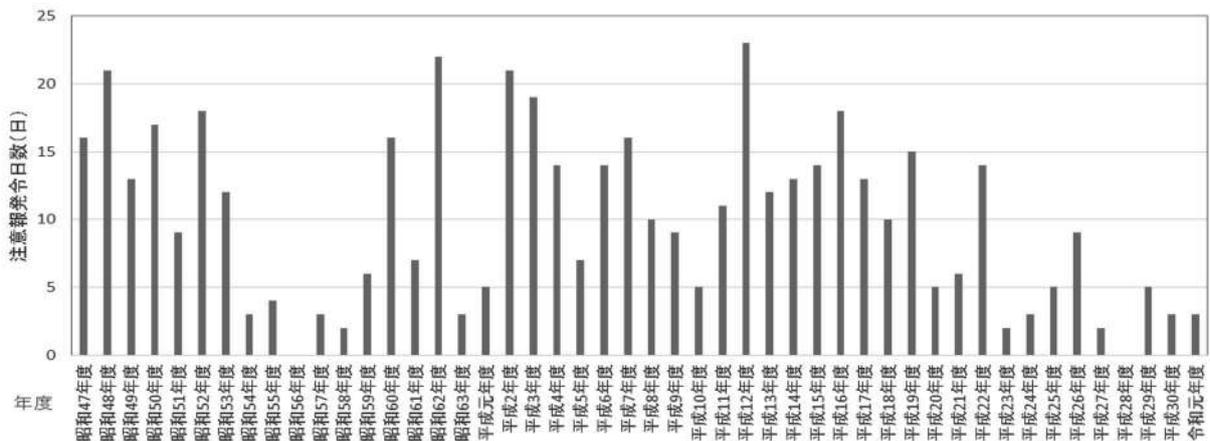


図 1 茨城県の光化学スモッグ注意報発令状況

2 方法

(1) 比較地点

比較地点は，図 2 に示す 5 地点（日立市，水戸市，神栖市，土浦市，筑西市）に所在する大気測定局舎とした。

(2) 比較方法

令和元年 5 月から 9 月までの月から，晴れの日（最高気温 25℃以上）であり，常時監視の実測値が高い値（日最大が概ね 80ppb 以上）であった日を，1 日/月ずつ抽出し，予測結果と比較した。具体的に抽出した日は，令和元年 5 月 25 日，5 月 26 日，5 月 27 日，9 月 11 日である。また，参考として光化学オキシダント濃度が低い令和元年 10 月 31 日も予測結果と比較した。



図 2 比較地点

3 比較結果及び考察

図3に光化学オキシダントが環境基準を超過した日(代表として、令和元年5月25日)の各局舎の実測値と予測値の比較, 図4に光化学オキシダントが低い令和元年10月31日の各局舎の実測値と予測値の比較を示す。比較の結果, 予測値の方が実測値よりも最高値が低く出る傾向であり, 実測値が高いほど顕著であった。予測値と実測値の差及びその割合を次の式(1), (2)に示す二乗平均平方根より算出した。

$$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - X_{ip})^2} \text{ ----- (1)} \quad \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - X_{ip})^2}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i} \times 100 \text{ ----- (2)}$$

n; データの個数, X_i ; 実測値, X_{ip} ; 予測値

式(1)及び式(2)で算出した結果を表1に示す。実測と予測値は11~56ppbの差があり, 実測値と予測値の差の割合は27~78%であった。5月から9月と比較し, 実測値の低い10月では, 値の差は最大で18ppbと小さいが, 差の割合は最大75%と同程度であった。

4 今後の方針

予測モデルを運用するとともに, 予測結果の解析を行い, 予測値と実測値との差の原因を究明して, 予測モデルの精度を向上し, 光化学スモッグ注意報等の発令の参考として活用する。

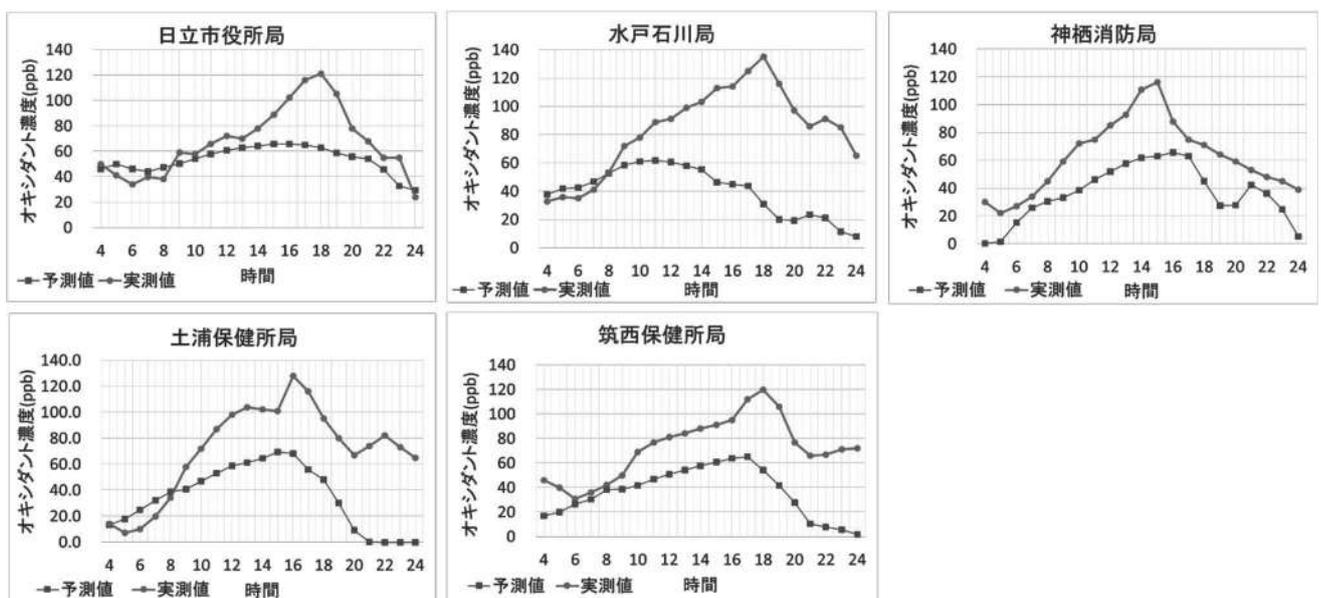


図3 令和元年5月25日の光化学オキシダントの実測値と予測値の比較
(1時から3時はデータなし)

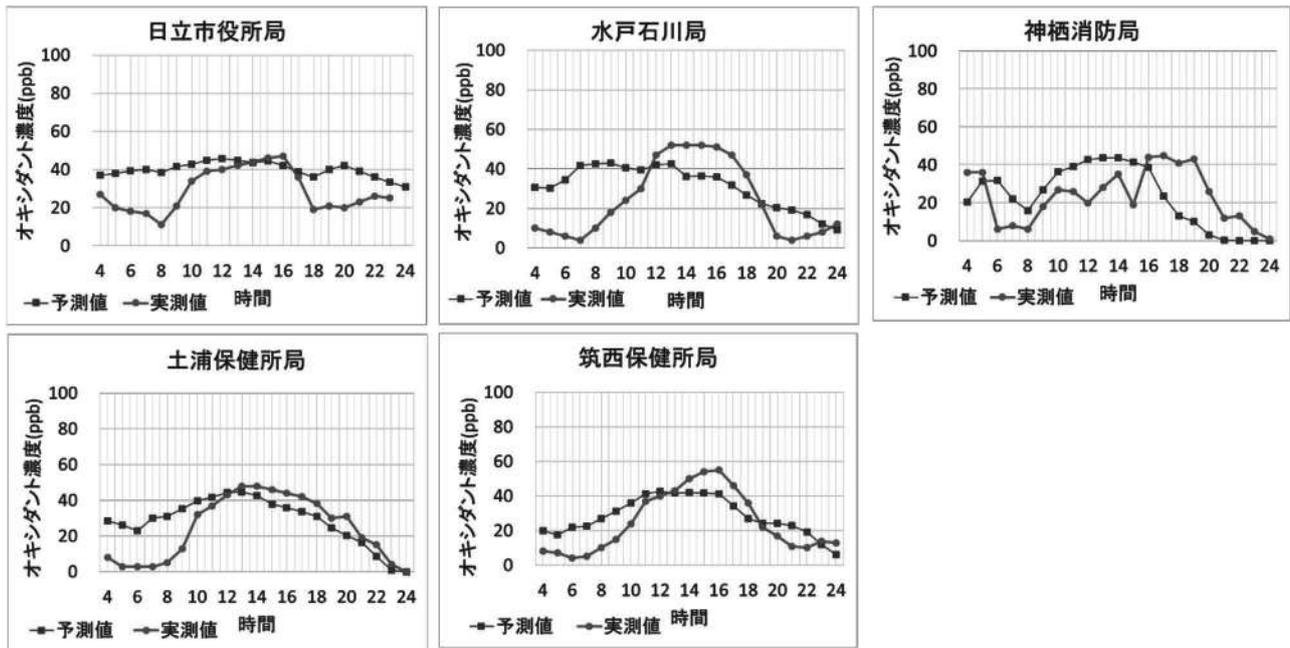


図4 令和元年10月31日の光化学オキシダントの実測値と予測値の比較
(日立市役所局の実測値の1時は欠測。)

表1 実測値と予測値の差(左欄)及び差の割合(右欄)

	日立市役所局		水戸石川局		神栖消防局		土浦保健所局		筑西保健所局	
	(ppb)	(%)	(ppb)	(%)	(ppb)	(%)	(ppb)	(%)	(ppb)	(%)
令和元年5月25日	24	36	56	67	29	46	46	66	42	58
令和元年5月26日	29	45	41	61	43	71	49	69	42	60
令和元年5月27日	15	27	41	62	27	49	31	49	32	48
令和元年9月11日	15	64	20	69	16	57	27	78	21	67
令和元年10月31日	16	58	18	75	17	72	13	55	11	44

参考文献

- 1) 環境省, 平成30年度 大気汚染状況について(有害大気汚染物質等を除く)資料編
www.env.go.jp/press/107878.html
- 2) 環境省, 令和元年光化学大気汚染の概要-注意報等発令状況、被害届出状況-
https://www.env.go.jp/.../mat_osen_1photochemi_2r01.pdf
- 3) 茨城県, 光化学スモッグ発生状況資料
<https://www.pref.ibaraki.jp/seikatsukankyo/kantai/taiki/smog/smog3.html>
- 4) 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(第1報), 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報, 第10号(2014), 144-148.
- 5) 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(第2報), 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報, 第11号(2015), 147-151.
- 6) 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, 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報, 第12号(2016), 183-191.
- 7) 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, 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報, 第13号(2017), 136-138.

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)

1 目的

光化学オキシダント（以下、Ox という。）や微小粒子状物質（以下、PM2.5 という。）などの大気汚染の実態解明を目的とした国立環境研究所と地方環境研究所とのⅡ型共同研究は平成13年から開始され、前身であるC型共同研究を含めると、令和元年度からの研究で7期目となる。これまでのⅡ型共同研究（2013～2015、2016～2018年度）において、PM2.5の環境基準超過要因を高濃度事例解析、高時間分解能観測、各種モデル解析等により解明してきた。ここ数年は環境基準達成率が向上し、高濃度事象も減少傾向にあるが、地域によっては基準達成率が不安定である。

一方、NOx や VOC 等の対策が行われているにも関わらず、Ox の状況に顕著な改善はまだ見られておらず、関東や近畿地方では Ox 注意報が毎年発令されている状況である。また、Ox は PM2.5 の生成（二次生成）にも関与することから、Ox と PM2.5 を同時に考慮する必要性も指摘されている。

本共同研究では Ox の現状把握と NOx や VOC 等の前駆物質と Ox の生成に関する基礎的知見の取得、PM2.5 の発生源寄与解析や気象解析等による高濃度要因の解明、さらに、シミュレーションモデルを活用して、大気汚染物質の挙動の把握と Ox 及び PM2.5 の高濃度の要因を明らかにすることを目的とする。

・光化学オキシダント (Ox) :

光化学オキシダントとは、オゾン、パーオキシアセチルナイトレート (PAN) 及びアルデヒド等の光化学反応により生成される酸化性物質の総称であり、90%以上がオゾンである（中性ヨウ化カリウム水溶液からヨウ素を遊離するものに限り、NO₂を除く）。Ox の濃度が高くなると、粘膜への刺激や呼吸器への影響などの健康影響があらわれる。

2 共同研究機関及び役割分担

(1) 共同研究者

43 都道府県市の地方環境研究所、国立環境研究所、産業技術総合研究所、愛媛大学、北九州市立大学、高崎経済大学、日本環境衛生センター、日本自動車研究所

(2) 役割分担

参加機関は少なくとも1つのグループに参加し、主体的に研究を推進する。Ox、PM2.5 及び大気モデルの3テーマに関して、7グループで研究を行う。

・テーマ1 Ox

Ox 生成影響に関する基礎的知見の取得を目的とした研究を行う。

①オキシダント (OxNOx) グループ :

Ox 高濃度化現象の主たるターゲットとして Ox と NOx に着目し、Ox 生成影響に関する基礎的知見の取得を目的とした研究を行う。

②オキシダント&二次生成粒子 (OxPM) グループ (当センター参加) :

Ox 高濃度化現象の主たるターゲットとして Ox と VOC、PM2.5 の関係に着目し、Ox 生成影響に関する基礎的知見の取得を目的とした研究を行う。

・テーマ2 PM2.5

PM2.5 に関する研究を行う。

③PM2.5 高濃度 (PM 高濃度) グループ :

高時間分解成分データの利用や気象解析により PM2.5 の高濃度要因の解明を行う。

④PM2.5 成分データ詳細解析 (PM 成分) グループ :

PM2.5 の主成分 (硫酸塩, 有機物, 硝酸塩) に関わる国内発生源が PM2.5 濃度に及ぼす影響を地域の特徴に応じて把握する。

⑤PM2.5 分析法 (PM 分析) グループ :

有機粒子の指標となる物質の測定法の開発, 網羅的な分析, 指標性の検討などを行う。

⑥PM2.5 瀬戸内海高濃度 (PM 瀬戸内) グループ :

環境基準非達成地域の多い瀬戸内地方での高濃度要因を前駆体であるガス成分の測定も加えて探る。

・テーマ3 モデル

⑦シミュレーションモデル (モデル) グループ :

Ox と PM2.5 を対象に, シミュレーションモデルを活用して, 汚染物質の挙動の把握と高濃度の生成要因を明らかにする研究を行う。

3 研究計画

令和元年度に研究グループを構築し, 共同研究機関は所属グループの実行計画に従って観測や解析等を実施する。

	R1	R2	R3
実施項目	<ul style="list-style-type: none"> ・実行計画作成 ・観測 ・データ収集 ・解析 	<ul style="list-style-type: none"> ・観測 ・解析 	観測 解析 各グループの結果統合 とりまとめ

4 研究方法

(1) 解析対象地点

解析対象に選定した一般環境大気測定局の地点 (8 地点) を図 1 に示す。

(2) 解析期間

2011 年~2018 年

※ 1 第 3 期の共同研究では 2009 年度までの時間値データを使用して解析を行っており, 今回第 7 期の共同研究ではこれまで解析を行っていない期間を対象としている。

※ 2 2010 年に校正法の切り替えが実施されたため, 2011 年以降の時間値データを解析している。



図 1 調査地点

(3) 解析方法

- ・Ox, VOC のトレンド解析や新指標を用いた評価により Ox 汚染の現状を把握する。
- ・VOC 既存データの利用や VOC 多地点同時観測により, VOC 組成の地点間の比較, Ox 生成への影響の評価, PM2.5 の二次生成との関連性の検討を行う。

5 研究結果

(1) Ox 濃度及び P0 濃度の経年変化

令和元年度は, 初期解析として, Ox 濃度とポテンシャルオゾン (P0) 濃度の経年変化の把握を行った。Ox 濃度全日平均値と P0 濃度全日平均値の経年変化を図 2 に示す。また, 月別に Ox の環境基準 60ppb を超える値を観測した時間数の経年変化を図 3 に, 月別に Ox の環境基準の 2 倍となる 120ppb を超える値

を観測した時間数を図4に示す。60ppb以上を観測した時間数は、各地点ともに4月又は5月が最も高頻度で観測されており、沿岸の地域よりも内陸の地域で高頻度に観測されている。また、120ppb以上を観測した時間数に限定すると、7月から8月にかけての比較的高温となる時期と重なっている。このことから、Oxの高濃度化は日射量と気温の上昇の影響を受けていると推察される。

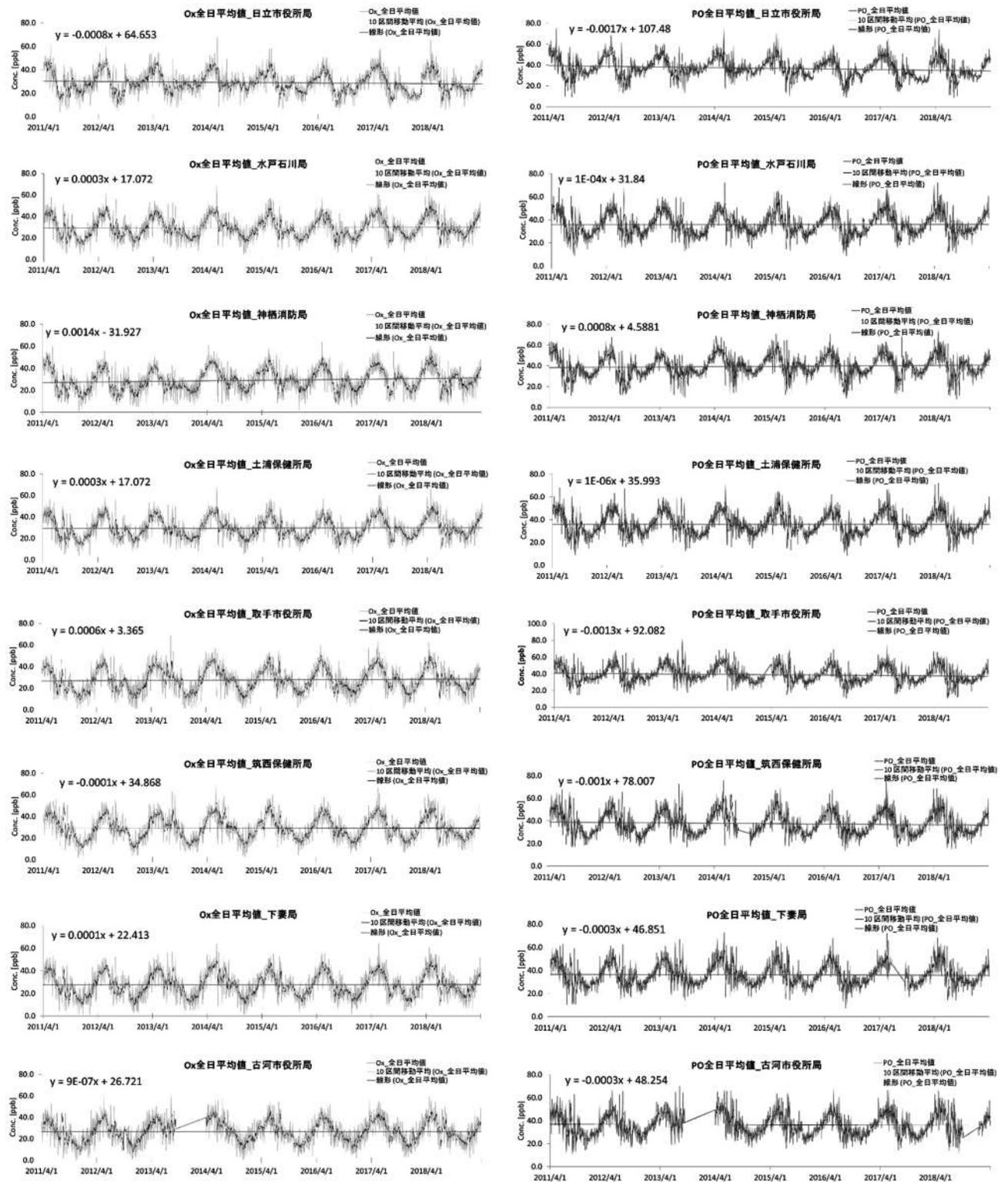


図2 Ox濃度全日平均値及びPO濃度全日平均値の経年変化

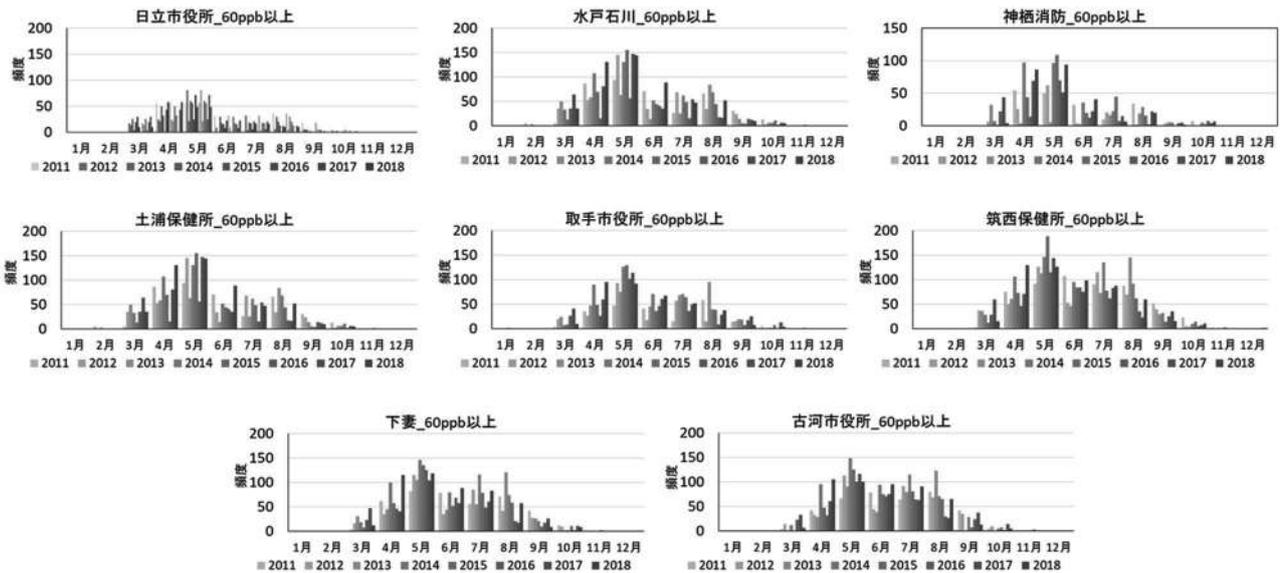


図3 月別高濃度時間数の経年変化

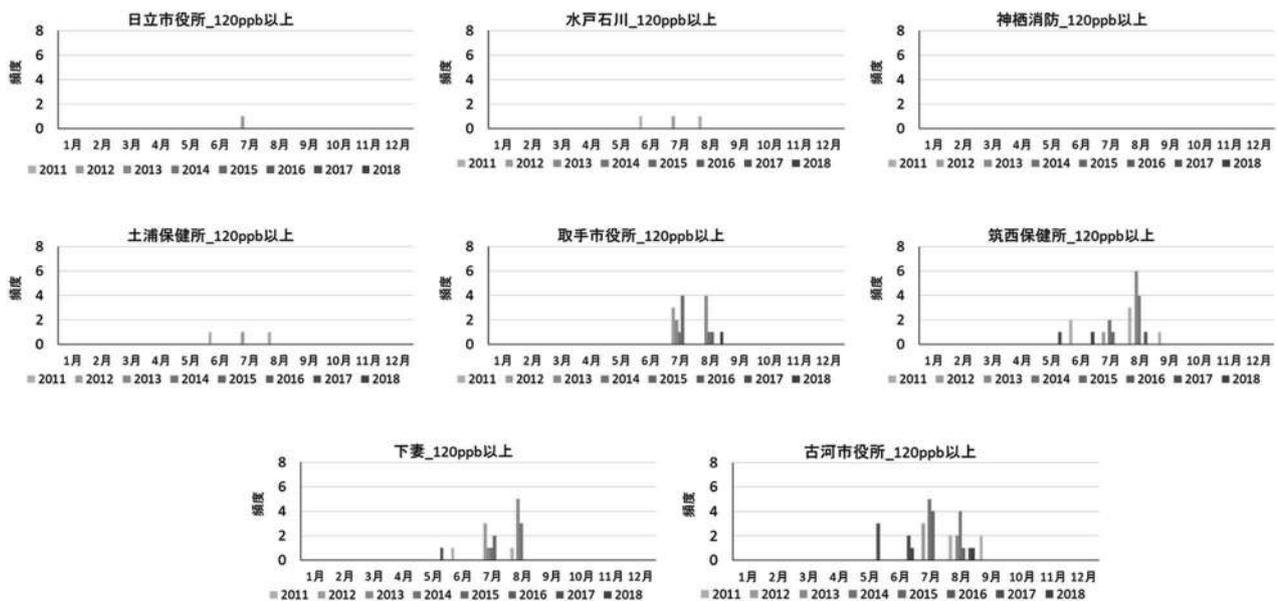
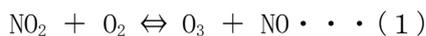


図4 月別O₃濃度120ppb以上を観測した時間数

・ポテンシャルオゾン (P0) :

O₃はNO₂の光分解生成物とO₂の反応により生じる一方、NOとの反応で分解する。NOによるO₃の分解生成物はNO₂であるため、反応(1)のように平衡状態となる。



NO+O₃→NO₂+O₂の反応によってオゾン濃度が減少する効果をNOタイトレーション(titration)効果と呼ぶが、平衡反応(1)ではO₃+NO₂の量は保存されることから、O₃とNO₂の和をポテンシャルオゾン(P0)として扱うことで、O₃濃度の変動解析を行う際、NOによるタイトレーション効果の影響を含めて評価を行うことが可能となる。

P0濃度の算出にあたっては、光化学オキシダント等に関するC型共同研究で開発された大気時間値集計解析プログラムを使用している。同プログラムでは(2)式によりP0濃度の算出を行なっているが、α値は日本で推定されてきた一般的な値である0.1を使用している。

$$[PO] = [O_3] + [NO_2] - \alpha \times [NO_x] \dots (2)$$

α : 発生源における NO_x 濃度に対する NO_2 濃度の比率

(2) 過去の O_x 濃度平均値との比較

C型共同研究で行った2009年までの解析結果を本研究で行った2011年～2018年までの解析結果と比較する。ただし、2010年以降、 O_x 濃度の測定を行わなくなった地点は、近接した測定局と比較する。

1991年から2018年までの O_x 濃度の年平均値の経年変化を図5に示す。また、1991年～2000年、2000年～2009年及び2011年～2018年の各地点における O_x 濃度の年平均値の近似式の傾きを表1に示す。ただし、2010年は年度途中で測定値の校正法の切り替えが行われたため、解析対象外とした。

1991年～2000年と2000年～2009年を比較すると、全ての測定局で1991年～2000年の近似式の傾きが最も大きく、2000年までは O_x 濃度は比較的強い上昇傾向を示しているが、2000年～2009年はどの測定局も傾きが徐々に小さくなり O_x 濃度の上昇傾向が緩やかになっている。

2009年と比較すると2010年から2011年にかけて O_x 濃度が全地点で低下しているが、測定値の校正法の切り替えや測定局の変更があり単純な比較はできない。

水戸石川局は、2011年以降、傾きがさらに小さくになり O_x 濃度の上昇が緩やかになっている。測定地点が変わったその他の3地点のうち、取手市役所局は2000年～2009年までの竜ヶ崎保健所局の傾きとほぼ同じ0.1程度の傾きである。神栖消防局と古河市役所局は1991年～2000年の近接地点よりも傾きが大きい。古河市役所局は2013年の濃度上昇の影響を受けて傾きが大きくなっている。神栖消防局は突出して O_x 濃度が高い年はないが、 O_x 濃度が傾き0.7程度の上昇傾向にあり、今後の推移を注視していく必要がある。

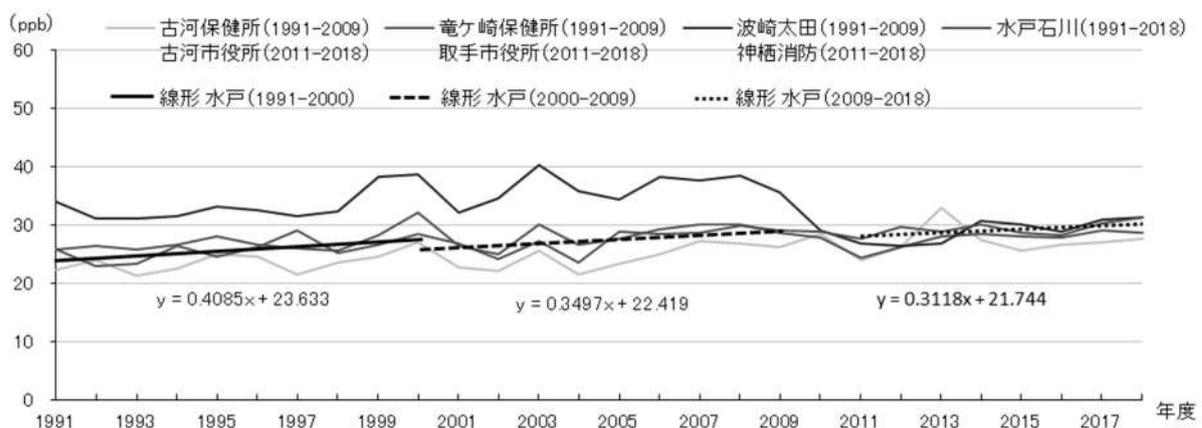


図5 O_x 濃度（年平均値）の経年変化

表1 各期間における O_x 濃度（年平均値）の近似式の傾き

測定局（測定年）	1991年～2000年	2000年～2009年	2011年～2018年
水戸石川局 (1991～2009, 2011～2018)	0.4085	0.3497	0.3118
波崎太田局 (1991～2009) 神栖消防局 (2011～2018)	0.5621	0.1527	0.7179
竜ヶ崎保健所局 (1991～2009) 取手市役所局 (2011～2018)	0.3964	0.1048	0.1125
古河保健所局 (1991～2009) 古河市役所局 (2011～2018)	0.3297	0.28	0.5058

6 今後の検討課題

O_x や P₀ の経年変化の状況をさらに詳細に解析し、高濃度事象や地域的な特徴を解明する。また、O_x 濃度の上昇に寄与するといわれている前駆物質 (VOC, アルデヒド, NMHC 等) のトレンド解析を実施し、O_x 生成への影響評価や PM_{2.5} の二次生成との関連を検討する。

さらに、高濃度事象が発生した際の気象解析を実施し、大気汚染物質の挙動の把握と O_x の高濃度化につながる気象条件を明らかにしていきたい。

2-4 有害大気汚染物質調査事業

1 目的

大気環境中には多様な発生源からの多種の物質が含まれており，中には継続的に摂取した場合，人の健康を損なうおそれがある有害大気汚染物質がある。大気汚染防止法により県はその汚染状況を把握することとされており，有害大気汚染モニタリング指針に基づき優先的に対策に取り組むべき物質（優先取組物質）について，県民への健康影響を確認する。

2 調査方法

(1) 調査期間・地点

調査は平成31年4月から令和2年3月までの間に月1回の頻度で，図1に示す県内8地点で実施した。

調査地点は，全国標準監視地点として水戸石川，日立市役所，土浦保健所，筑西保健所，神栖消防，神栖下幡木，土浦中村南の7地点，地域特設監視地点として鹿嶋平井の1地点である。

なお，日立市の測定地点については，平成25年度までは日立多賀であったが，平成26年度からは日立市役所に変更された。



図1 調査地点

(2) 調査対象物質

優先取組物質全23物質のうち，測定マニュアル¹⁾に定められている22物質を対象とし，その物性により表1のとおり区分した。

表1 調査対象物質一覧

種類	調査対象物質	物質数
揮発性有機化合物	ベンゼン，トリクロロエチレン，テトラクロロエチレン，ジクロロメタン，アクリロニトリル，塩化ビニルモノマー，クロロホルム，1,2-ジクロロエタン，1,3-ブタジエン，塩化メチル，トルエン	11物質
	酸化エチレン	1物質
多環芳香族炭化水素	ベンゾ[a]ピレン	1物質
アルデヒド類	ホルムアルデヒド，アセトアルデヒド	2物質
金属類	水銀及びその化合物	1物質
	六価クロム化合物	1物質
	ニッケル化合物，ヒ素及びその化合物，マンガン及びその化合物，ベリリウム及びその化合物，クロム及びその化合物	5物質
	計	22物質

(3) 採取方法及び分析方法

調査対象物質の採取方法及び分析方法を表 2 に示す。

表 2 採取方法及び分析方法一覧

種類	項目	採取器具	採取方法	分析方法
揮発性有機化合物	酸化エチレンを除く 11 物質	真空容器：ステンレス製，内面不活性化処理済，6L	真空容器に流量 3.0 mL/min で 24 時間採取	真空容器をガスクロマトグラフ質量分析計 (GC/MS) で分析
	酸化エチレン	捕集管：臭化水素を含浸させた捕集剤を充填	捕集管に流量 500 または 700 mL/min で 24 時間通気	捕集剤を有機溶媒で抽出後，GC/MS で分析
多環芳香族炭化水素	ベンゾ [a]ピレン	石英ろ紙	石英ろ紙に流量 700 L/min で 24 時間通気	石英ろ紙を有機溶媒で抽出後，蛍光検出器付高速液体クロマトグラフ (HPLC) で分析
アルデヒド類	ホルムアルデヒド アセトアルデヒド	固相カラム：ジフェニルヒドラジンを含有，前段にオゾン除去能を有する固相カラムを接続	固相カラムに流量 100 mL/min で 24 時間通気，アルデヒド類を誘導体化しながら捕集	固相カラムを有機溶媒で抽出後，紫外可視検出器付 HPLC で分析
金属類	水銀及びその化合物	捕集管：金を焼き付けした捕集剤を充填	捕集管に流量 100 mL/min で 24 時間通気	捕集管を加熱気化冷原子吸光光度計で分析
	六価クロム化合物	アルカリ含浸ろ紙	アルカリ含浸ろ紙に流量 5L/min で 24 時間通気	アルカリ含浸ろ紙を水抽出後，イオンクロマトグラフーポストカラム吸光光度計で分析
	水銀及び六価クロムを除く 5 物質	ベンゾ [a]ピレンと同様	ベンゾ [a]ピレンと同様	石英ろ紙を混酸で分解後，誘導結合プラズマ質量分析計で分析

3 結果の概要

県内 8 地点の調査結果を環境省から発表された平成 30 年度全国調査の集計結果²⁾とともに表 3 に示す。

(1) 環境基準が設定されている 4 物質

環境基準の設定されているベンゼン，トリクロロエチレン，テトラクロロエチレン，ジクロロメタンの 4 物質について，全ての調査地点で環境基準以下であった。

(2) 指針値が設定されている 9 物質

指針値の設定されているアクリロニトリル，塩化ビニルモノマー，クロロホルム，1,2-ジクロロエタン，1,3-ブタジエン，水銀及びその化合物，ニッケル化合物，ヒ素及びその化合物，マンガン及びその化合物の 9 物質について，全ての調査地点で指針値以下であった。

(3) その他の 8 物質

環境基準等が設定されていないその他の有害大気汚染物質 8 物質について，全ての調査地点で平成 30 年度全国調査²⁾の全国最大値以下であった。

4 調査結果の詳細

(1) 環境基準が設定されている 4 物質

① ベンゼン

表 3 に示すとおり、全ての地点で環境基準 $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。最大値は神栖消防の $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は日立市役所の $0.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成 30 年度の全国平均値 $0.90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。図 2 に経年変化を示す。神栖消防では概ね他の地点よりも高い濃度で推移しており、発生源からの影響を受けていることが示唆される。

② トリクロロエチレン

表 3 に示すとおり、全ての地点で環境基準 $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。最大値は筑西保健所の $0.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は鹿嶋平井の $0.054 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成 30 年度の全国平均値 $0.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。図 3 に経年変化を示す。

③ テトラクロロエチレン

表 3 に示すとおり、全ての地点で環境基準 $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。最大値は水戸石川の $0.082 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は日立市役所・鹿嶋平井の $0.033 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.046 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成 30 年度の全国平均値 $0.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。図 4 に経年変化を示す。

④ ジクロロメタン

表 3 に示すとおり、全ての地点で環境基準 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。最大値は筑西保健所の $2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は日立市役所の $0.51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成 30 年度の全国平均値 $1.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。図 5 に経年変化を示す。

(2) 指針値が設定されている 9 物質

① アクリロニトリル

表 3 に示すとおり、全ての地点で指針値 $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。最大値は土浦保健所の $0.062 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は神栖下幡木の $0.016 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.033 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成 30 年度の全国平均値 $0.066 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。図 6 に経年変化を示す。

② 塩化ビニルモノマー

表 3 に示すとおり、全ての地点で指針値 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。最大値は神栖消防の $0.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の $0.009 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成 30 年度の全国平均値 $0.042 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より高い値であった。図 7 に経年変化を示す。神栖消防では他の地点よりも高い濃度で推移しており、発生源からの影響を受けていることが示唆される。

③ クロロホルム

表 3 に示すとおり、全ての地点で指針値 $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。最大値は土浦中村南の $0.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川・日立市役所・神栖下幡木・鹿嶋平井の $0.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成 30 年度の全国平均値 $0.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。図 8 に経年変化を示す。

④ 1,2-ジクロロエタン

表 3 に示すとおり、全ての地点で指針値 $1.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。最大値は神栖消防の

0.95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の0.099 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は0.23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成30年度の全国平均値0.19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ より高い値であった。図9に経年変化を示す。神栖消防では他の地点よりも高い濃度で推移しており、発生源からの影響を受けていることが示唆される。

⑤ 1,3-ブタジエン

表3に示すとおり、全ての地点で指針値2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。最大値は神栖消防の0.090 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は日立市役所の0.021 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は0.050 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成30年度の全国平均値0.085 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。図10に経年変化を示す。

⑥ 水銀及びその化合物

表3に示すとおり、全ての地点で指針値40 ng/m^3 より低い値であった。令和元年6月から日立市役所・土浦保健所・筑西保健所・神栖下幡木の4地点についても測定を開始し、最大値は土浦保健所・筑西保健所の1.6 ng/m^3 、最小値は日立市役所の0.08 ng/m^3 未満、県平均値は1.2 ng/m^3 と平成30年度の全国平均値1.9 ng/m^3 より低い値であった。図11に経年変化を示す。

⑦ ニッケル化合物

表3に示すとおり、全ての地点で指針値25 ng/m^3 より低い値であった。令和元年8月から筑西保健所についても測定を開始し、最大値は日立市役所の3.0 ng/m^3 、最小値は筑西保健所・神栖下幡木の1.5 ng/m^3 、県平均値は2.1 ng/m^3 と平成30年度の全国平均値3.5 ng/m^3 より低い値であった。図12に経年変化を示す。

⑧ ヒ素及びその化合物

表3に示すとおり、全ての地点で指針値6 ng/m^3 より低い値であった。令和元年8月から筑西保健所についても測定を開始し、最大値は日立市役所の3.4 ng/m^3 、最小値は神栖下幡木の1.1 ng/m^3 、県平均値は1.8 ng/m^3 と平成30年度の全国平均値1.4 ng/m^3 より高い値であった。図13に経年変化を示す。また、平成26年度から測定を開始した日立市役所では他の地点よりも高い濃度で推移しており、発生源からの影響を受けていることが示唆される。

⑨ マンガン及びその化合物

表3に示すとおり、全ての地点で指針値140 ng/m^3 より低い値であった。令和元年8月から筑西保健所についても測定を開始し、最大値は神栖消防の45 ng/m^3 、最小値は日立市役所の11 ng/m^3 、県平均値は25 ng/m^3 と平成30年度の全国平均値23 ng/m^3 より高い値であった。図14に経年変化を示す。

(3) その他の8物質

① 塩化メチル

表3に示すとおり、最大値は土浦保健所・土浦中村南の1.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川・日立市役所・筑西保健所・神栖消防・神栖下幡木・鹿嶋平井の1.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は1.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成30年度の全国平均値1.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ より高い値であった。図15に経年変化を示す。

② トルエン

表3に示すとおり、最大値は土浦保健所の5.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の2.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は3.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成30年度の全国平均値7.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。図16に経年変化を示す。

す。

③ 酸化エチレン

表3に示すとおり、令和元年5月から日立市役所・土浦保健所・筑西保健所・神栖下幡木の4地点についても測定を開始し、最大値は神栖消防の $0.27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の $0.072 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成30年度の全国平均値 $0.079 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より高い値であった。図17に経年変化を示す。神栖消防では概ね他の地点よりも高い濃度で推移しており、発生源からの影響を受けていることが示唆される。

④ ベンゾ[a]ピレン

表3に示すとおり、令和元年8月から筑西保健所についても測定を開始し、最大値は土浦保健所の $0.14 \text{ng}/\text{m}^3$ 、最小値は日立市役所の $0.034 \text{ng}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.092 \text{ng}/\text{m}^3$ と平成30年度の全国平均値 $0.16 \text{ng}/\text{m}^3$ より低い値であった。図18に経年変化を示す。

⑤ ホルムアルデヒド

表3に示すとおり、令和元年7月から日立市役所・土浦保健所・筑西保健所・神栖下幡木の4地点についても測定を開始し、最大値は神栖消防の $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は日立市役所の $2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $2.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成30年度の全国平均値 $2.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より高い値であった。図19に経年変化を示す。

⑥ アセトアルデヒド

表3に示すとおり、令和元年7月から日立市役所・土浦保健所・筑西保健所・神栖下幡木の4地点についても測定を開始し、最大値は神栖消防の $3.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川・日立市役所の $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成30年度の全国平均値 $2.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。図20に経年変化を示す。

⑦ ベリリウム及びその化合物

表3に示すとおり、令和元年8月から筑西保健所についても測定を開始し、最大値は土浦中村南の $0.034 \text{ng}/\text{m}^3$ 、最小値は神栖下幡木の $0.013 \text{ng}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.021 \text{ng}/\text{m}^3$ と平成30年度の全国平均値 $0.020 \text{ng}/\text{m}^3$ より高い値であった。図21に経年変化を示す。

⑧ クロム及びその化合物

表3に示すとおり、令和元年8月から筑西保健所についても測定を開始し、最大値は水戸石川の $3.0 \text{ng}/\text{m}^3$ 、最小値は神栖下幡木の $1.6 \text{ng}/\text{m}^3$ 、県平均値は $2.4 \text{ng}/\text{m}^3$ と平成30年度の全国平均値 $4.7 \text{ng}/\text{m}^3$ より低い値であった。図22に経年変化を示す。

⑨ 六価クロム化合物

表3に示すとおり、令和2年2月から水戸石川・日立市役所・土浦保健所・筑西保健所・神栖消防・神栖下幡木・土浦中村南の7地点で測定を開始し、最大値は日立市役所の $0.14 \text{ng}/\text{m}^3$ 、最小値は神栖下幡木の $0.0027 \text{ng}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.034 \text{ng}/\text{m}^3$ であった。図23に経年変化を示す。

4 まとめ

環境基準あるいは指針値を有する項目について、全ての調査地点で環境基準または指針値以下の結果

であった。

神栖消防において、ベンゼン、塩化ビニルモノマー、1,2-ジクロロエタン、酸化エチレンは、他の地点及び全国平均値を超える濃度で推移し、発生源からの影響を受けていることが示唆された。

参考文献

- 1) 有害大気汚染物質測定方法マニュアル（平成31年3月改訂），環境省（2019）
<http://www.env.go.jp/air/osen/manual2/index.html>
- 2) 平成30年度 大気汚染状況について（有害大気汚染物質モニタリング調査結果報告），環境省（2019）
http://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/mon_h30/index.html

表 3 調査結果一覧（年平均）

単位：揮発性有機化合物，アルデヒド類・・・ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 多環芳香族炭化水素，金属類・・・ ng/m^3

地点名	水戸石川	日立市役所	土浦保健所	筑西保健所	神栖消防	神栖下幡木	鹿嶋平井	土浦中村南				
地点区分	全国標準監視地点	全国標準監視地点	全国標準監視地点	全国標準監視地点	全国標準監視地点	全国標準監視地点	地域特設監視地点	全国標準監視地点	県内調査地点平均	平成30年度全国平均 ²⁾ (範囲)	環境基準値及び指針値	
測定期間	H31.4～R2.3											
揮発性有機化合物	ベンゼン	0.50	0.44	0.76	0.73	1.4	0.62	0.60	0.91	0.75	0.90 (0.32～2.8)	3
	トリクロロエチレン	0.12	0.086	0.14	0.61	0.074	0.054	0.053	0.13	0.16	0.46 (0.0043～16)	130
	テトラクロロエチレン	0.082	0.033	0.042	0.048	0.036	0.037	0.033	0.053	0.046	0.11 (0.0051～1.6)	200
	ジクロロメタン	0.53	0.51	0.81	2.0	0.55	0.64	0.56	0.83	0.80	1.6 (0.21～34)	150
	アクリロニトリル	0.032	0.030	0.062	0.039	0.023	0.016	0.028	0.034	0.033	0.066 (0.0032～1.4)	2 (指針値)
	塩化ビニルモノマー	0.009	0.016	0.019	0.017	0.55	0.24	0.030	0.014	0.11	0.042 (0.021～2.1)	10 (指針値)
	クロロホルム	0.12	0.12	0.15	0.13	0.14	0.12	0.12	0.19	0.14	0.25 (0.016～3.2)	18 (指針値)
	1,2-ジクロロエタン	0.099	0.10	0.14	0.11	0.95	0.16	0.15	0.14	0.23	0.19 (0.030～5.6)	1.6 (指針値)
	1,3-ブタジエン	0.044	0.021	0.061	0.048	0.090	0.031	0.027	0.081	0.050	0.085 (0.0063～0.75)	2.5 (指針値)
	塩化メチル	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.4 (0.041～4.2)	—
	トルエン	2.1	2.6	5.4	3.9	3.8	2.6	2.5	4.1	3.4	7.1 (0.30～45)	—
酸化エチレン	0.072	0.077 ^{**}	0.091 ^{**}	0.13 ^{**}	0.27	0.11 ^{**}	—	0.088	0.12	0.079 (0.012～0.78)	—	
多環芳香族炭化水素	ベンゾ[a]ピレン	0.10	0.034	0.14	0.078 ^{**}	0.072	0.10	—	0.12	0.092	0.16 (0.0078～3.3)	—
アルデヒド類	ホルムアルデヒド	2.3	2.0 ^{**}	3.0 ^{**}	2.7 ^{**}	3.5	3.0 ^{**}	—	2.3	2.7	2.6 (0.69～12)	—
	アセトアルデヒド	1.4	1.4 ^{**}	1.6 ^{**}	1.9 ^{**}	3.2	1.6 ^{**}	—	2.5	1.9	2.4 (0.31～15)	—
金属類	水銀及びその化合物	0.70	<0.08 ^{**}	1.6 ^{**}	1.6 ^{**}	1.0	1.3 ^{**}	—	1.1	1.2	1.9 (0.66～10)	40 (指針値)
	ニッケル化合物	2.4	3.0	1.7	1.5 ^{**}	2.8	1.5	—	1.8	2.1	3.5 (0.29～30)	25 (指針値)
	ヒ素及びその化合物	2.2	3.4	1.2	1.8 ^{**}	1.2	1.1	—	1.4	1.8	1.4 (0.20～32)	6 (指針値)
	マンガン及びその化合物	23	11	15	15 ^{**}	45	35	—	29	25	23 (1.3～210)	140 (指針値)
	ベリリウム及びその化合物	0.029	0.019	0.015	0.018 ^{**}	0.020	0.013	—	0.034	0.021	0.020 (0.0023～0.083)	—
	クロム及びその化合物	3.0	2.2	2.2	1.8 ^{**}	2.8	1.6	—	2.9	2.4	4.7 (0.26～44)	—
六価クロム化合物	0.012 ^{**}	0.14 ^{**}	0.031 ^{**}	0.018 ^{**}	0.016 ^{**}	0.0027 ^{**}	—	0.018 ^{**}	0.034	—	—	

2) 環境省，令和元年度 大気汚染状況について（有害大気汚染物質モニタリング調査結果報告）

※ 年度途中から検査を開始

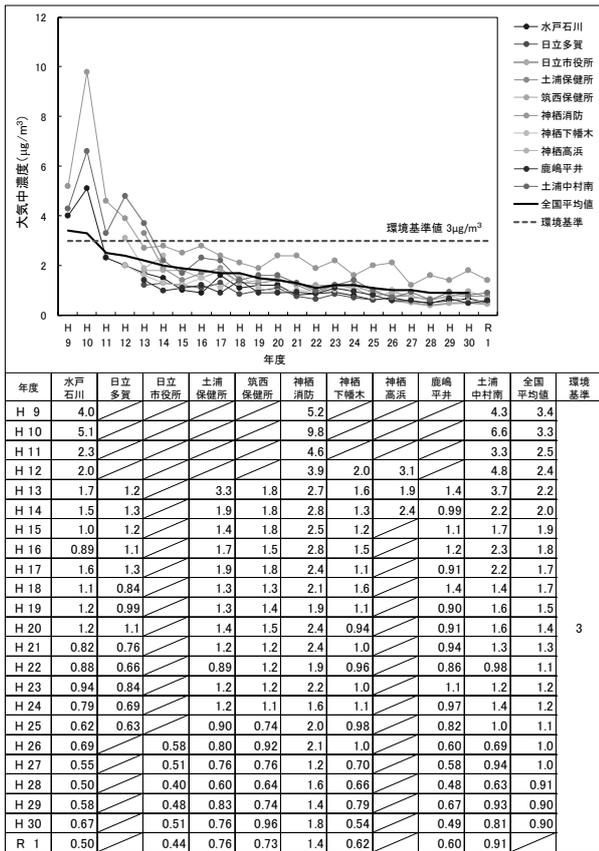


図2 経年変化 ベンゼン

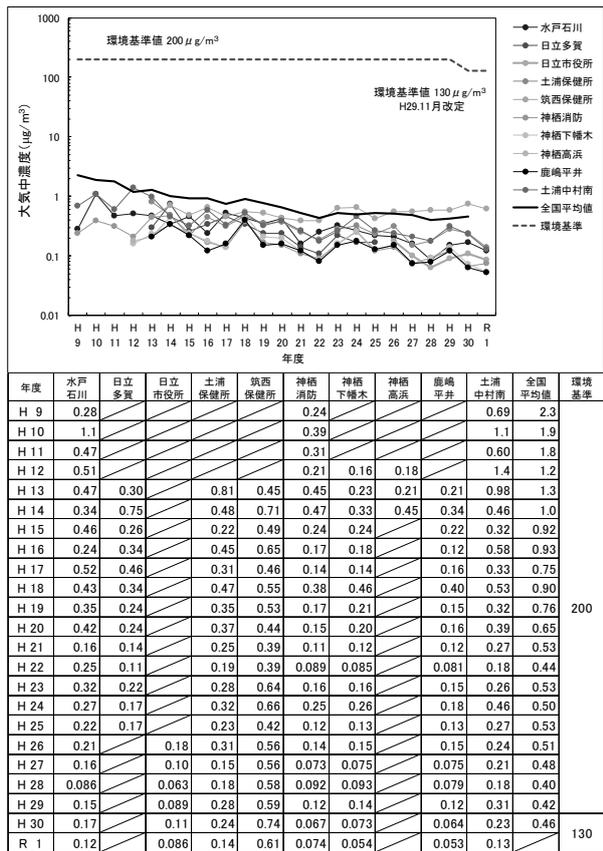


図3 経年変化 トリクロロエチレン

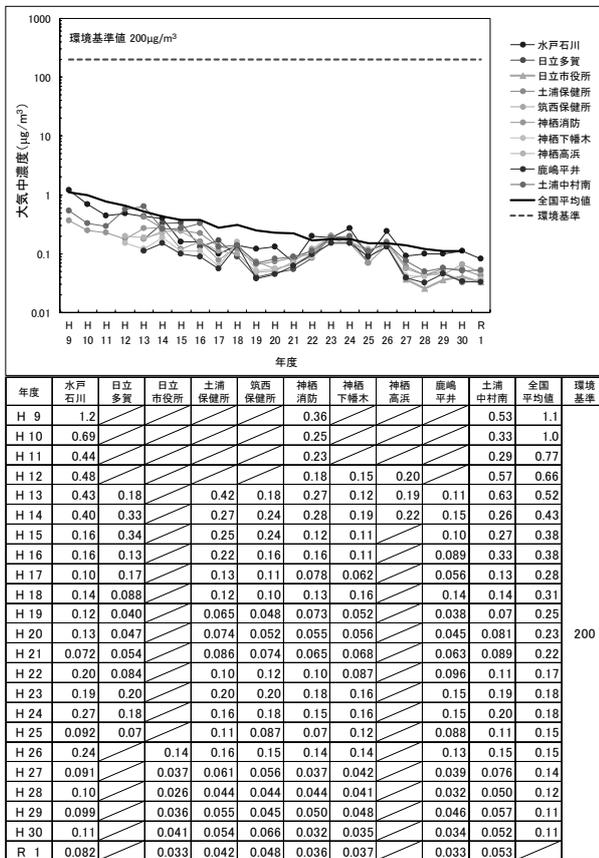


図4 経年変化 テトラクロロエチレン

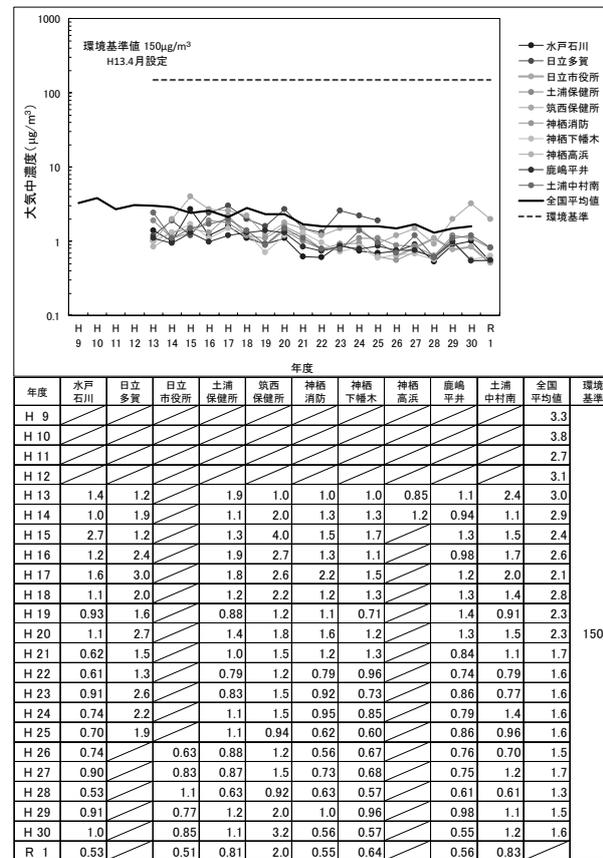


図5 経年変化 ジクロロメタン

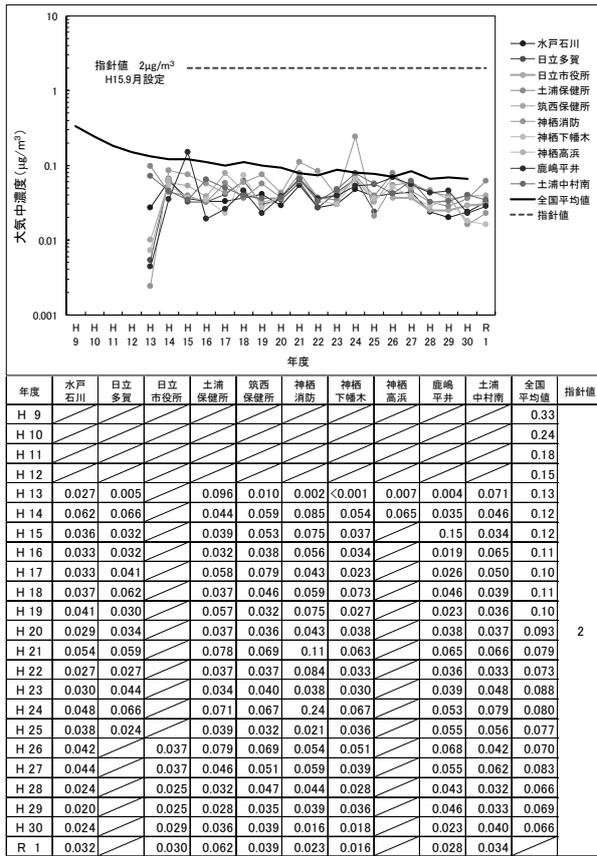


図6 経年変化 アクリロニトリル

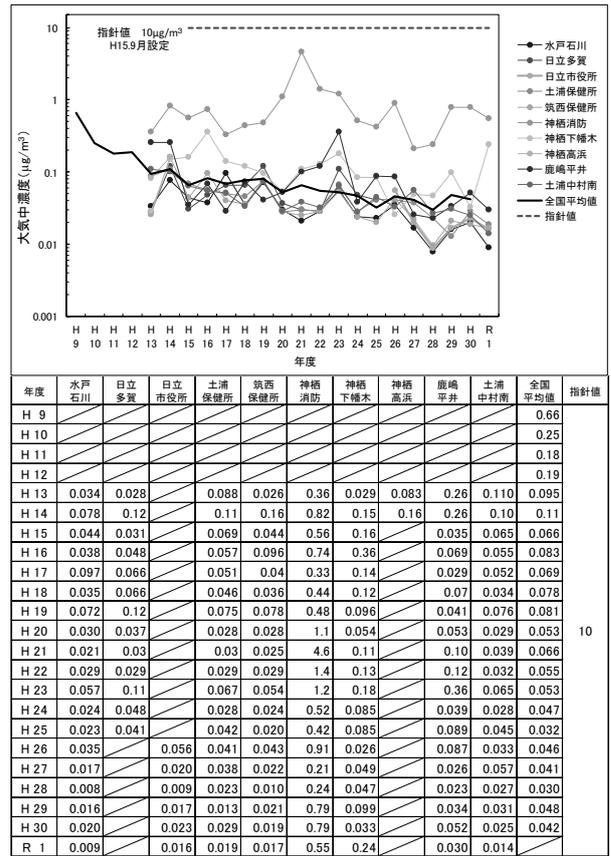


図7 経年変化 塩化ビニルモノマー

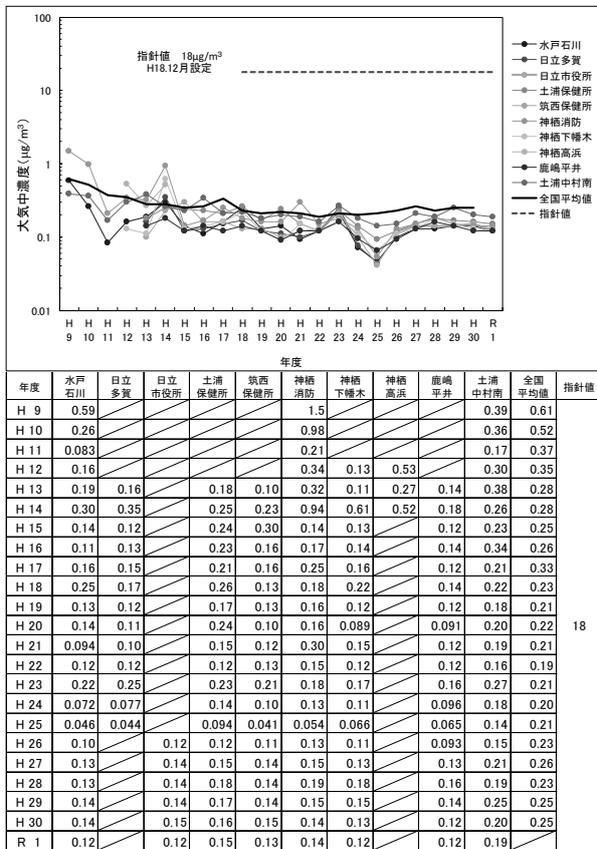


図8 経年変化 クロロホルム

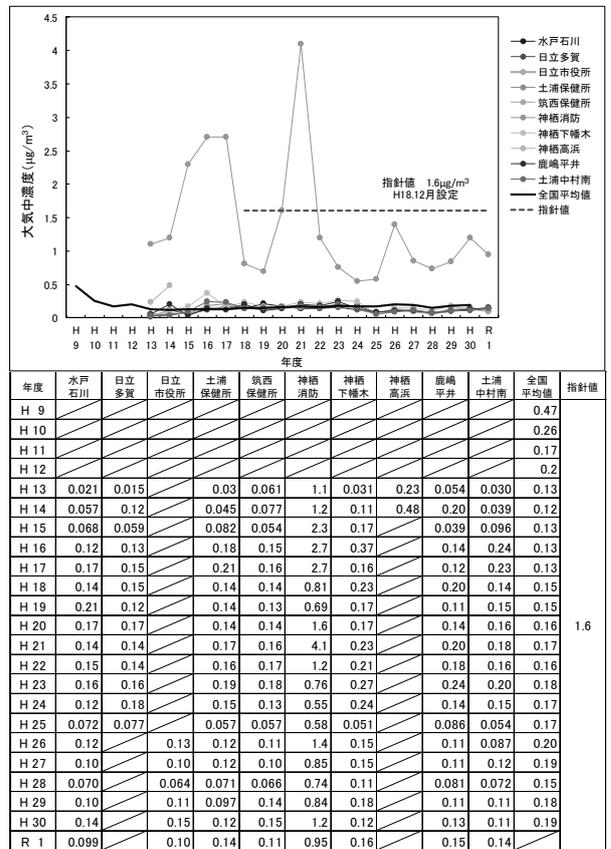


図9 経年変化 1,2-ジクロロエタン

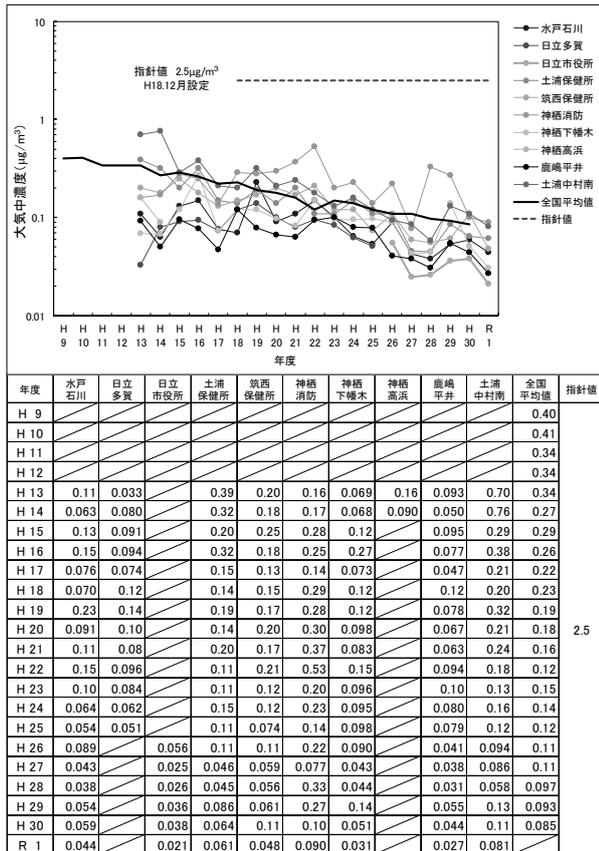


図10 経年変化 1,3-ブタジエン

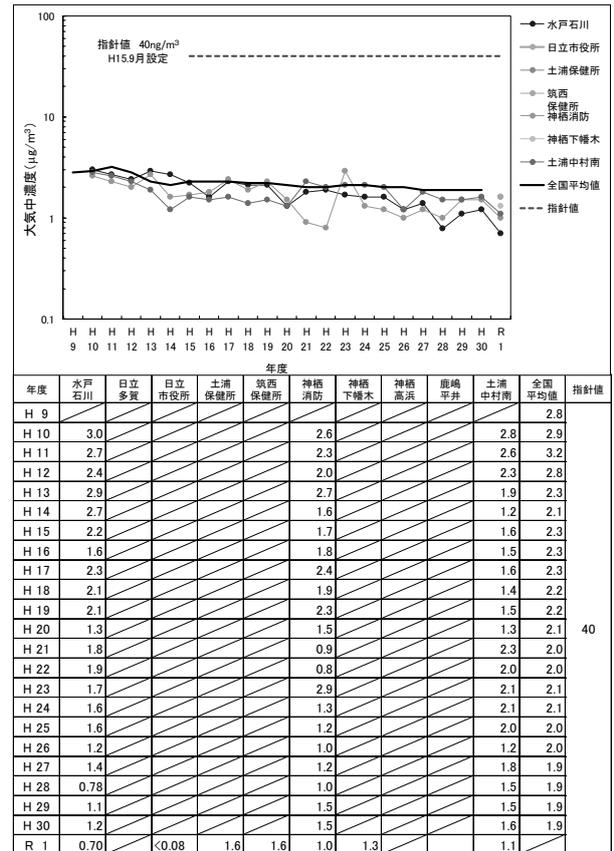


図11 経年変化 水銀及びその化合物

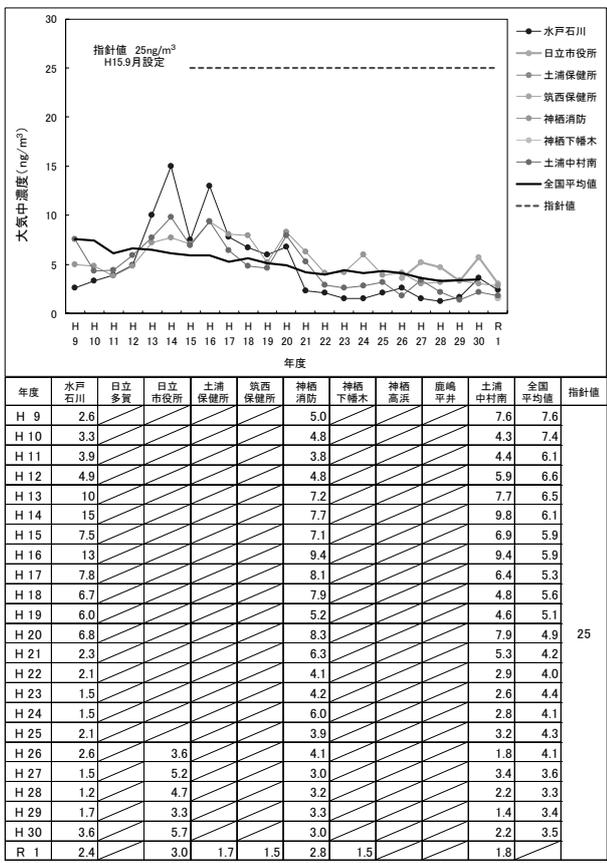


図12 経年変化 ニッケル化合物

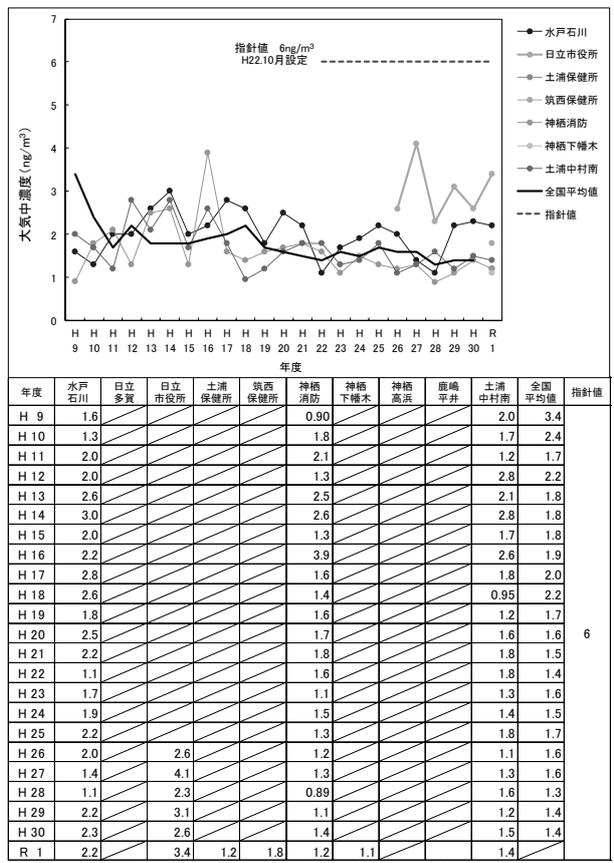


図13 経年変化 ヒ素及びその化合物

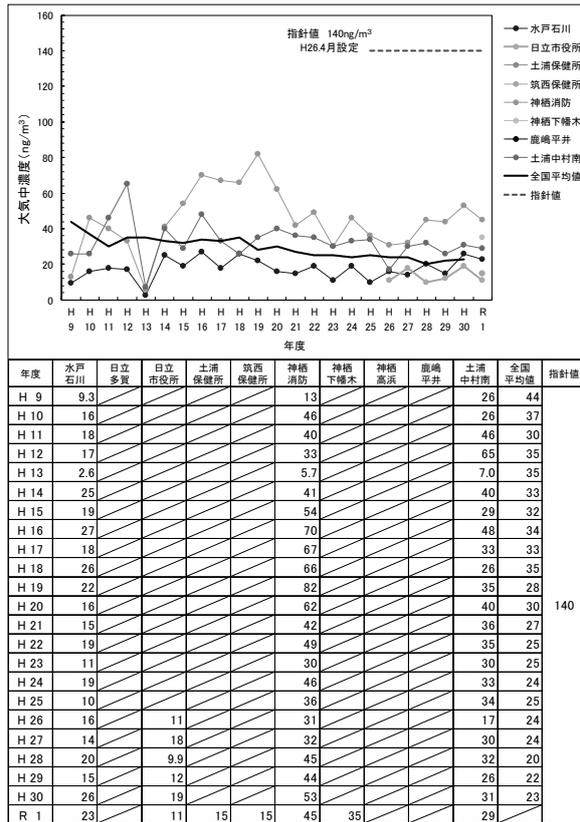


図14 経年変化 マンガン及びその化合物

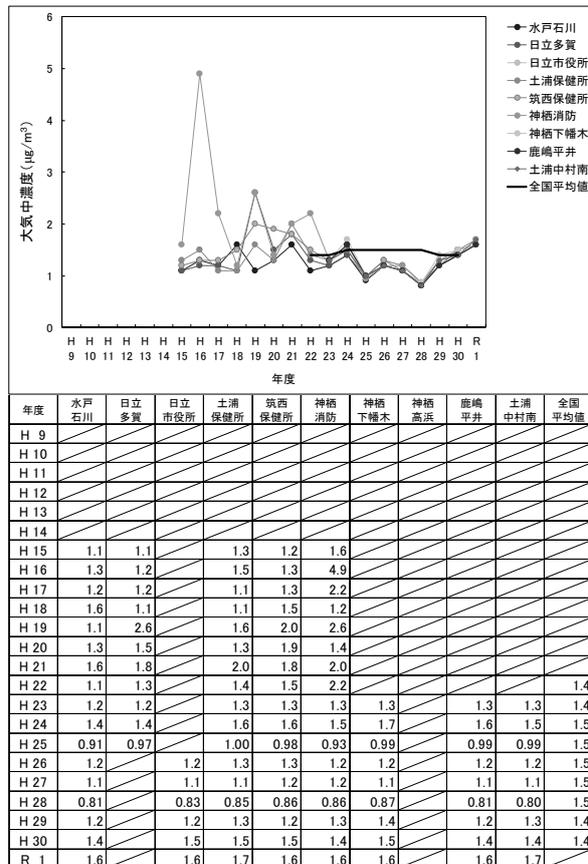


図15 経年変化 塩化メチル

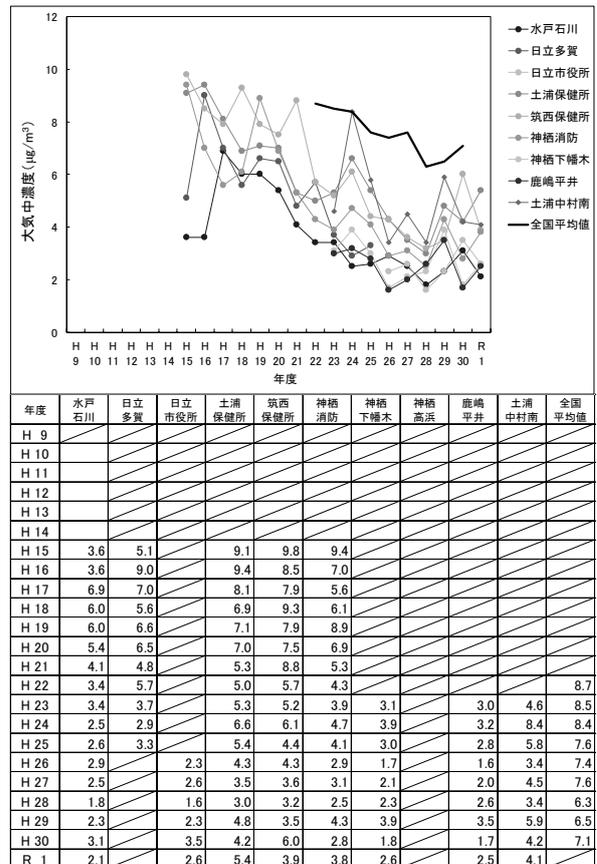
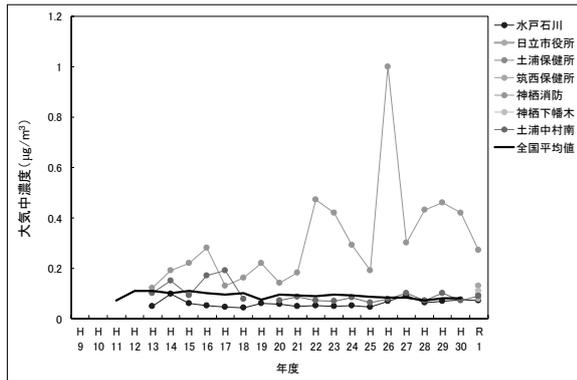
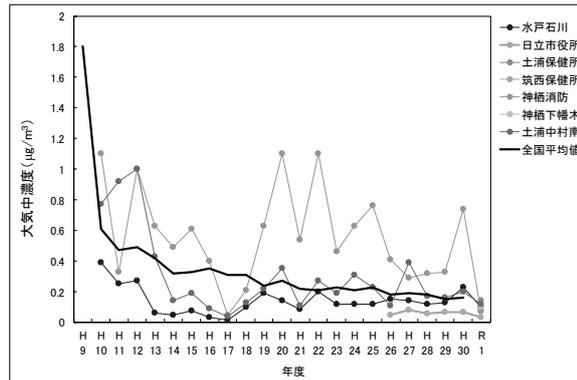


図16 経年変化 トルエン



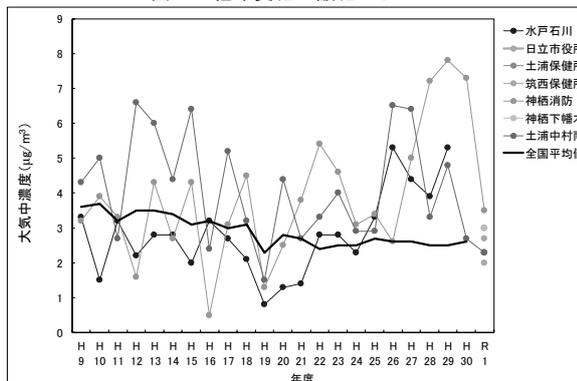
年度	水戸石川	日立多賀	日立市役所	土浦保健所	筑西保健所	神橋消防	神橋下樺木	神橋高浜	鹿嶋平井	土浦中村南	全国平均値
H 9											
H 10											0.07
H 11											0.11
H 12											0.11
H 13	0.048					0.12				0.10	0.11
H 14	0.096					0.19				0.15	0.10
H 15	0.059					0.22				0.09	0.11
H 16	0.050					0.28				0.17	0.10
H 17	0.045					0.13				0.19	0.094
H 18	0.042					0.16				0.077	0.10
H 19	0.060					0.22					0.075
H 20	0.058					0.14				0.072	0.095
H 21	0.049					0.18				0.087	0.091
H 22	0.052					0.47				0.072	0.088
H 23	0.048					0.42				0.069	0.094
H 24	0.050					0.29				0.083	0.090
H 25	0.044					0.19				0.061	0.085
H 26	0.067					1.0				0.076	0.083
H 27	0.091					0.30				0.10	0.083
H 28	0.063					0.43				0.072	0.071
H 29	0.068					0.46				0.10	0.081
H 30	0.073					0.42				0.070	0.079
R 1	0.072		0.077	0.091	0.13	0.270	0.11			0.088	

図17 経年変化 酸化エチレン



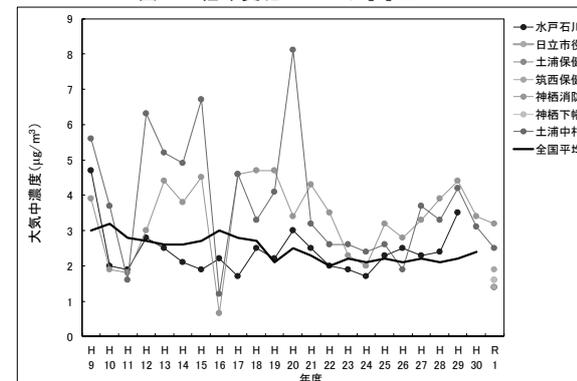
年度	水戸石川	日立多賀	日立市役所	土浦保健所	筑西保健所	神橋消防	神橋下樺木	神橋高浜	鹿嶋平井	土浦中村南	全国平均値	
H 9											1.8	
H 10	0.39						1.1				0.77	0.61
H 11	0.25						0.33				0.92	0.47
H 12	0.27						1.0				1.0	0.49
H 13	0.06						0.63				0.43	0.42
H 14	0.048						0.49				0.14	0.32
H 15	0.074						0.61				0.19	0.33
H 16	0.033						0.40				0.092	0.35
H 17	0.015						0.048				0.035	0.31
H 18	0.10						0.21				0.13	0.31
H 19	0.19						0.63				0.22	0.24
H 20	0.14						1.1				0.35	0.27
H 21	0.085						0.54				0.11	0.22
H 22	0.20						1.1				0.27	0.21
H 23	0.12						0.46				0.19	0.23
H 24	0.12						0.63				0.31	0.21
H 25	0.12						0.76				0.23	0.23
H 26	0.15		0.049				0.41				0.11	0.18
H 27	0.14		0.078				0.29				0.39	0.19
H 28	0.12		0.057				0.32				0.17	0.18
H 29	0.13		0.064				0.33				0.16	0.15
H 30	0.23		0.068				0.74				0.20	0.16
R 1	0.10		0.034	0.14	0.078	0.072	0.10			0.12		

図18 経年変化 ベンゾ[a]ピレン



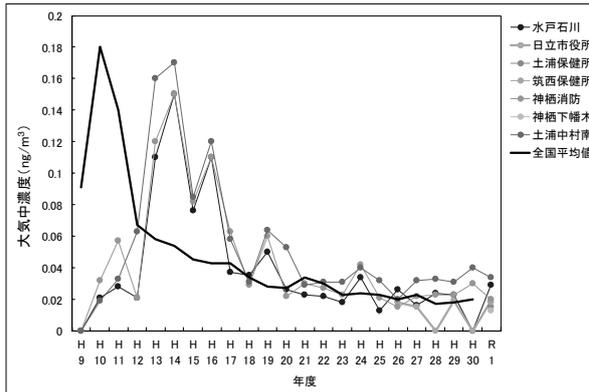
年度	水戸石川	日立多賀	日立市役所	土浦保健所	筑西保健所	神橋消防	神橋下樺木	神橋高浜	鹿嶋平井	土浦中村南	全国平均値
H 9	3.3						3.2			4.3	3.6
H 10	1.5						3.9			5.0	3.7
H 11	3.2						3.3			2.7	3.2
H 12	2.2						1.6			6.6	3.5
H 13	2.8						4.3			6.0	3.5
H 14	2.8						2.7			4.4	3.4
H 15	2.0						4.3			6.4	3.1
H 16	3.2						0.48			2.4	3.2
H 17	2.7						3.1			5.2	3.0
H 18	2.1						4.5			3.2	3.1
H 19	0.80						1.3			1.5	2.3
H 20	1.3						2.5			4.4	2.8
H 21	1.4						(3.8)			(2.7)	2.7
H 22	2.8						5.4			3.3	2.4
H 23	2.8						4.6			4.0	2.5
H 24	2.3						3.1			2.9	2.5
H 25	3.3						3.4			2.9	2.7
H 26	5.3						2.6			6.5	2.6
H 27	4.4						5.0			6.4	2.6
H 28	3.9						7.2			3.3	2.5
H 29	5.3						7.8			4.8	2.5
H 30	欠測						7.3			2.7	2.6
R 1	2.3		2.0	3.0	2.7	3.5	3.0			2.3	

図19 経年変化 ホルムアルデヒド ※ (数値)は参考値扱い。



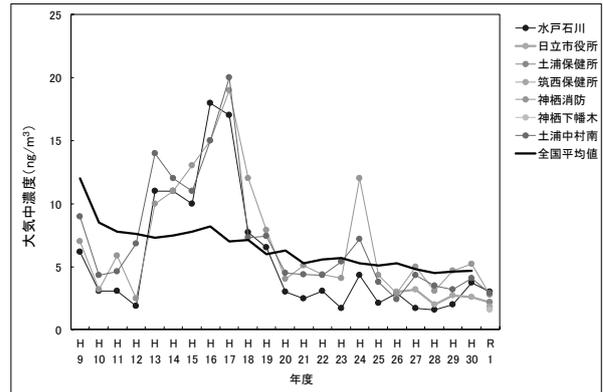
年度	水戸石川	日立多賀	日立市役所	土浦保健所	筑西保健所	神橋消防	神橋下樺木	神橋高浜	鹿嶋平井	土浦中村南	全国平均値
H 9	4.7						3.9			5.6	3.0
H 10	2.0						1.9			3.7	3.2
H 11	1.9						1.8			1.6	2.8
H 12	2.8						3.0			6.3	2.7
H 13	2.5						4.4			5.2	2.6
H 14	2.1						3.8			4.9	2.6
H 15	1.9						4.5			6.7	2.7
H 16	2.2						0.66			1.2	3.0
H 17	1.7						4.6			4.6	2.8
H 18	2.5						4.7			3.3	2.7
H 19	2.2						4.7			4.1	2.1
H 20	3.0						3.4			8.1	2.5
H 21	2.5						(4.3)			(3.2)	2.3
H 22	2.0						3.5			2.6	2.0
H 23	1.9						2.3			2.6	2.2
H 24	1.7						2.0			2.4	2.1
H 25	2.3						3.2			2.6	2.2
H 26	2.5						2.8			1.9	2.1
H 27	2.3						3.3			3.7	2.2
H 28	2.4						3.9			3.3	2.1
H 29	3.5						4.4			4.2	2.2
H 30	欠測						3.4			3.1	2.4
R 1	1.4		1.4	1.6	1.9	3.2	1.6			2.5	

図20 経年変化 アセトアルデヒド ※ (数値)は参考値扱い。



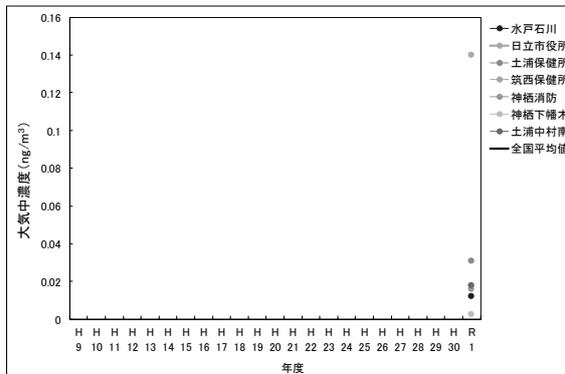
年度	水戸石川	日立多賀	日立市役所	土浦保健所	筑西保健所	神橋消防	神橋下幡木	神橋高浜	鹿嶋平井	土浦中村南	全国平均値
H 9	ND						ND			ND	0.091
H 10	0.021						0.032			0.019	0.18
H 11	0.028						0.057			0.033	0.14
H 12	0.021						0.021			0.063	0.067
H 13	0.11						0.12			0.16	0.058
H 14	0.15						0.15			0.17	0.054
H 15	0.076						0.082			0.085	0.045
H 16	0.11						0.11			0.12	0.043
H 17	0.037						0.063			0.058	0.043
H 18	0.035						0.029			0.031	0.034
H 19	0.050						0.060			0.064	0.028
H 20	0.026						0.022			0.053	0.027
H 21	0.023						0.030			0.029	0.034
H 22	0.022						0.027			0.031	0.030
H 23	0.018						0.023			0.031	0.023
H 24	0.034						0.042			0.040	0.024
H 25	0.013						0.021			0.032	0.023
H 26	0.026		0.018				0.015			0.020	0.020
H 27	0.016		0.015				0.022			0.032	0.023
H 28	0.024		ND				0.023			0.033	0.017
H 29	0.023		0.019				0.023			0.031	0.018
H 30	ND		ND	0.015	0.018		0.03			0.04	0.020
R 1	0.029		0.019	0.015	0.018	0.020	0.013			0.034	

図21 経年変化 ベリリウム及びその化合物



年度	水戸石川	日立多賀	日立市役所	土浦保健所	筑西保健所	神橋消防	神橋下幡木	神橋高浜	鹿嶋平井	土浦中村南	全国平均値
H 9	6.2						7.0				12
H 10	3.1						3.2				9.0
H 11	3.1						5.9				4.6
H 12	1.9						2.5				6.8
H 13	11						10				14
H 14	11						11				12
H 15	10						13				11
H 16	18						15				15
H 17	17						19				20
H 18	7.7						12				7.3
H 19	6.5						7.9				7.4
H 20	3.0						4.0				4.5
H 21	2.5						5.1				4.4
H 22	3.1						4.4				4.3
H 23	1.7						4.1				5.4
H 24	4.3						12				7.2
H 25	2.1						4.3				3.8
H 26	2.9		3.0				2.9				2.4
H 27	1.7		3.2				5.0				4.3
H 28	1.6		2.0				3.1				3.5
H 29	2.0		2.7				4.7				3.2
H 30	3.7		2.6				5.2				4.1
R 1	3.0		2.2	2.2	1.8	2.8	1.6				2.9

図22 経年変化 クロム及びその化合物



年度	水戸石川	日立多賀	日立市役所	土浦保健所	筑西保健所	神橋消防	神橋下幡木	神橋高浜	鹿嶋平井	土浦中村南	全国平均値
H 9											
H 10											
H 11											
H 12											
H 13											
H 14											
H 15											
H 16											
H 17											
H 18											
H 19											
H 20											
H 21											
H 22											
H 23											
H 24											
H 25											
H 26											
H 27											
H 28											
H 29											
H 30											
R 1	0.012		0.14	0.031	0.018	0.016	0.0027				0.018

図23 経年変化 六価クロム化合物

2-5 大気環境中のフロン濃度調査事業

1 目的

オゾン層の破壊物質¹⁾及び温室効果ガス²⁾であるフロン等の環境濃度を測定することにより、大気環境の実態を継続的に把握する。

2 調査方法

(1) 調査期間及び地点

調査は令和元年5月から令和2年2月の間に4回、図1に示す5地点（日立市、水戸市、神栖市、土浦市、筑西市）に所在する大気測定局舎で行った。調査地点の概況は以下のとおりである。

- ① 日立市役所局舎：公営団地の一角にあり、南方向約70 m先に日立市役所が、東南東方向約70 m先に国道6号線がある。
- ② 水戸石川局舎：周囲を住宅に囲まれており、南方向約400 mに国道50号線がある。
- ③ 神栖消防局舎：国道124号線に面した公官庁の駐車場の一角にあり、北東方向約500 mから先に石油化学コンビナートがある。
- ④ 土浦保健所局舎：保健所の駐車場の一角にあり、付近には雑木林、国立病院及び住宅等がある。
- ⑤ 筑西保健所局舎：商業地域内に位置する保健所の一角にあり、北方向約100 mには国道50号線がある。



図1 調査地点

(2) 調査対象物質及び測定方法

調査は、CFC-11、CFC-12及びCFC-113の3物質を対象に水戸市において、四塩化炭素、HCFC-21、HCFC-22、HCFC-123、HCFC-141b、HCFC-142b、HCFC-225ca、HCFC-225cb、1,1,1-トリクロロエタン、HFC-134aの10物質を対象に県内5地点において実施した。また、測定方法は有害大気汚染物質調査マニュアル³⁾に基づき、真空容器（ステンレス製内面不活性化処理済、6L）に約3mL/minの流量で24時間採取した環境大気をガスクロマトグラフ質量分析法で測定した。

3 結果の概要

調査結果を表1に示す。比較のため、環境省が行った平成30年度調査結果⁴⁾も併せて示す。また、平成5年度からの本県の結果を図2及び図3に示す。

(1) CFC-11, CFC-12, CFC-113

昨年度と比較すると、CFC-11、CFC-12、CFC-113は共に大きな変動はなかった（表1及び図2）。

大気中濃度の推移について、CFC-11は調査を開始した平成5年度からほぼ横ばいであり、県外2地点と同程度で推移している。CFC-12は県外2地点と比較して本県が高い年度も見られたが、平成25年度からは減少し、平成29年度からは再び上昇した。CFC-113は調査を開始した平成11年度から横ばいであり、県外2地点と同程度で推移している（図2）。

(2) 四塩化炭素, HCFC-22, HCFC-123, HCFC-141b, HCFC-142b, HCFC-225ca, HCFC-225cb, 1,1,1-トリクロロエタン, HFC-134a

昨年度と比較すると、大きな変動はなかった。（表1及び図3）。

県平均値と県外の値を比較すると、四塩化炭素は茨城県<北海道、HCFC-22及びHCFC-141bは北

海道 < 川崎 < 茨城県，HCFC-142b は 北海道 < 茨城県 < 川崎であった（表 1）。

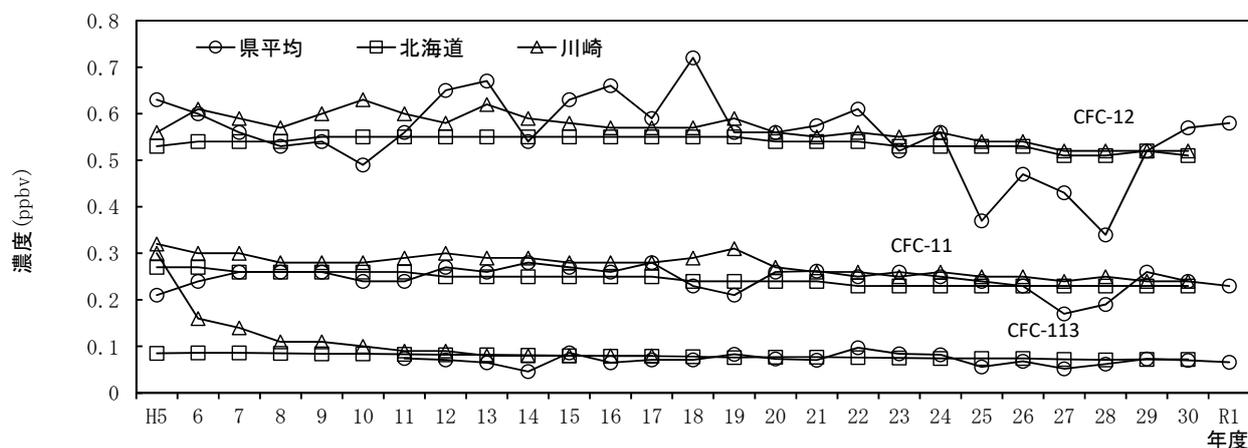
表 1 調査結果

単位：ppbv

物質名	地点別年平均値					H30 年度 県平均	H29 年度 県平均	経年調査結果 ⁴⁾	
	水戸 石川	日立 市役所	土浦 保健所	筑西 保健所	神栖 消防			北海道	川崎
CFC-11	0.23	-	-	-	-	0.23	0.24	0.23	0.24
CFC-12	0.58	-	-	-	-	0.58	0.57	0.51	0.52
CFC-113	0.066	-	-	-	-	0.066	0.070	0.072	-
四塩化炭素	0.079	0.086	0.082	0.083	0.081	0.082	0.078	0.081	-
HCFC-22	0.36	0.42	0.38	0.50	0.42	0.42	0.38	0.26	0.33
HCFC-123	0.0005	0.0003	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	<0.0004	-	-
HCFC-141b	0.053	0.050	0.046	0.11	0.048	0.061	0.044	0.026	0.035
HCFC-142b	0.024	0.026	0.025	0.025	0.023	0.025	0.026	0.023	0.027
HCFC-225ca	0.0027	0.0025	0.0016	0.0024	0.0040	0.0027	0.0034	-	-
HCFC-225cb	0.0029	0.0030	0.0025	0.0036	0.0033	0.0031	0.0037	-	-
1,1,1-トリクロロエタン	0.0026	0.0022	0.0023	0.0031	0.0023	0.0025	0.0027	0.0020	-
HFC-134a	0.15	0.16	0.20	0.20	0.16	0.17	0.16	0.11	0.15

4) 平成 30 年度オゾン層等の監視結果に関する年次報告書，環境省（2019）

北海道は 8，12 月（月 6 試料）測定の前平均値，川崎は 3 月から翌年 2 月まで 1 日 4～5 回（5 時間ごと）測定の中央値



調査地点 H5～H10: 日立会瀬，水戸石川，神栖消防，国設筑波，総和町役場

H11～21: 水戸石川，国設筑波

H22～R1: 水戸石川

図 2 CFC-11, CFC-12, CFC-113 の推移

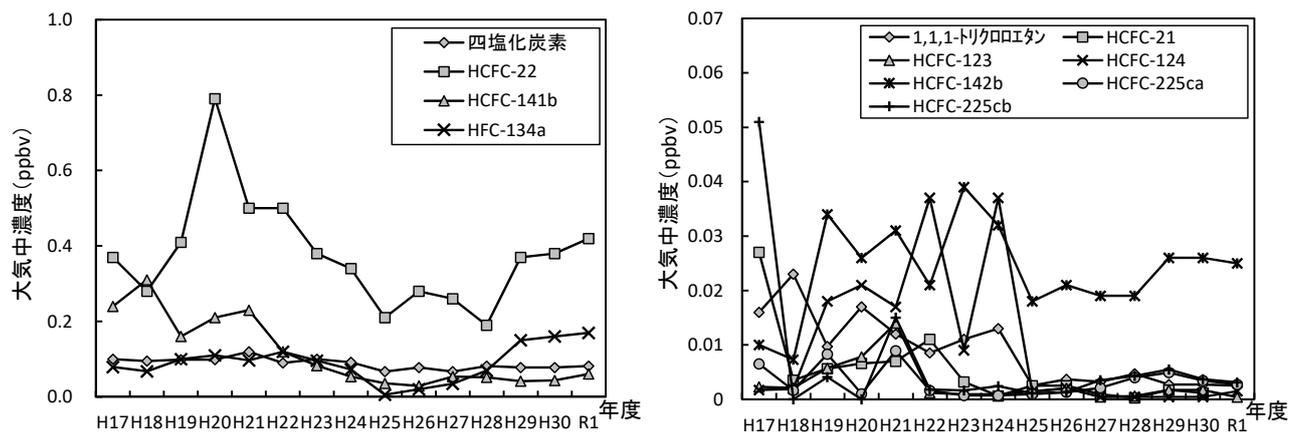


図 3 四塩化炭素, HCFC-21, HCFC-22, HCFC-123, HCFC-141b, HCFC-142b, HCFC-225ca, HCFC-225cb, 1,1,1-トリクロロエタン, HFC-134a の推移

参考文献

- 1) 特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律 (昭和 63 年 5 月 20 日法律第 53 号)
<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S63/S63HO053.html>
- 2) 地球温暖化対策の推進に関する法律 (平成 10 年 10 月 9 日法律第 117 号)
<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H10/H10HO117.html>
- 3) 有害大気汚染物質測定方法マニュアル (平成 23 年 3 月改訂), 環境省 (2011)
<http://www.env.go.jp/air/osen/manual2/index.html>
- 4) 平成 30 年度オゾン層等の監視結果に関する年次報告書, 環境省 (2019)
http://www.env.go.jp/earth/report/post_1.html

2-6 酸性雨の実態把握調査事業

1 目的

茨城県内の酸性雨の経年的変化を把握するとともに全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会が実施する酸性雨全国調査に参加し、広域的な降雨の酸性化機構を解明することを目的とする。

2 方法

(1) 調査期間及び試料採取

調査は平成31年4月2日から令和2年3月31日までの降雨を対象とし、霞ヶ浦環境科学センター(図1)の敷地内に設置した降水時開放型自動降水捕集装置(小笠原計器製 US-330)で捕集した降雨を約一月分毎に回収し、降雨試料とした。

(2) 測定項目及び測定方法

降水量は、重量法で求めた貯水量を捕集面積で除して算出した。その他の測定項目は、pH(TOA MM-60R, 電極型式: GST-5721C), 電気伝導率(TOA MM-60R, 電極型式: CT-5721C), イオン成分: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} (Metrohm 850 及びサーモフィッシャー製 IntegrionRFIC) とした。なお、測定項目の精度管理は、環境省の湿性沈着モニタリング手引き書¹⁾に従い、イオンバランス又は電気伝導率バランスが基準範囲を超える場合は再分析を行った。

3 結果の概要

(1) 調査結果概要

月毎の試料採取期間を表1、調査結果を表2に示す。月毎のpHは4.64~5.79の範囲にあり、4月、5月、2月、3月は、酸性雨の目安とされる5.6より高かったが、依然として酸性雨が観測されている。

なお、令和元年度の年平均値は5.36で、全国の平成30年度酸性雨調査結果²⁾の平均値4.93より高かった。

(2) 経年変化

当調査の調査地点は、平成18年度までは水戸市石川(水戸)としてきたが、平成17年度からの霞ヶ浦環境科学センター(土浦)への移転に伴い、平成17~18年度の調査により水戸と土浦の地点間差が小さいことを確認し、平成19年度からは土浦を調査地点としている。降雨pHの経年変化を図2に示す。土浦市におけるpH値は、全国の平均値²⁾よりも高い値で推移している。

4 まとめ

茨城県内の降雨のpHは全国の平均値よりは高いものの、酸性雨の目安とされる値(pH 5.6)より低いことから、今後とも動向を注視する必要がある。

参考文献

- 1) 湿性沈着モニタリング手引き書(第2版), 環境省(2001)
- 2) 平成30年度酸性雨調査結果について, 環境省
<http://www.env.go.jp/air/acidrain/monitoring/h30/index.html>



図 1 調査地点

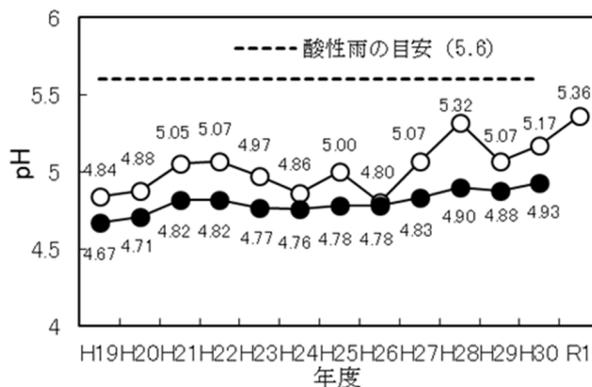


図 2 茨城県土浦市における降雨 pH の経年変化
○：土浦市，●：全国平均

図 1 調査地点

表 1 試料採取期間

調査月	試料採取期間	調査月	試料採取期間
4月	平成31年4月2日～平成31年4月26日	10月	令和1年9月26日～令和1年10月31日
5月	平成31年4月26日～令和1年5月31日	11月	令和1年10月31日～令和1年11月30日
6月	令和1年5月31日～令和1年6月27日	12月	令和1年11月30日～令和1年12月27日
7月	令和1年6月27日～令和1年8月6日	1月	令和1年12月27日～令和2年1月31日
8月	令和1年8月6日～令和1年8月30日	2月	令和2年1月31日～令和2年2月28日
9月	令和1年8月30日～令和1年9月26日	3月	令和2年2月28日～令和2年3月31日

表 2 調査結果

	降水量 ¹⁾ (mm)	貯水量 (mL)	pH	EC (μS/cm)	イオン濃度 (mg/L)									
					SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	nss-Ca ²⁺
4月	39	1,225	5.79	15.85	1.32	1.69	1.05	0.64	0.65	0.07	0.39	0.09	39	1,225
5月	134	4,221	5.68	8.80	0.55	0.51	0.91	0.35	0.49	0.06	0.15	0.12	134	4,221
6月	125	3,938	5.15	11.26	0.95	0.94	0.62	0.42	0.37	0.08	0.20	0.08	125	3,938
7月	158	4,975	5.51	8.91	0.69	0.69	0.32	0.40	0.19	0.11	0.25	0.07	158	4,975
8月	56	1,762	4.64	32.20	2.40	1.98	0.69	0.63	0.45	0.32	0.37	0.10	56	1,762
9月	179	5,631	5.41	11.54	0.51	0.51	0.59	0.22	0.33	0.12	0.26	0.10	179	5,631
10月	416	13,069	5.52	13.28	0.51	0.21	1.98	0.11	1.09	0.11	0.10	0.21	416	13,069
11月	100	3,152	5.39	14.74	0.80	0.57	1.04	0.30	0.58	0.05	0.22	0.12	100	3,152
12月	55	1,713	5.19	14.20	0.75	0.84	1.04	0.33	0.59	0.05	0.23	0.13	55	1,713
1月	85	2,670	5.34	12.90	0.90	0.52	2.05	0.34	1.16	0.07	0.20	0.18	85	2,670
2月	26	806	5.66	22.40	2.45	2.74	1.77	1.07	0.99	0.10	1.15	0.20	26	806
3月	86	2,706	5.69	11.08	0.85	1.04	1.14	0.38	0.62	0.07	0.48	0.12	86	2,706
最大	416	13,069	5.79	32.20	2.45	2.74	2.05	1.07	1.16	0.32	1.15	0.21	416	13,069
最小	26	806	4.64	8.80	0.51	0.21	0.32	0.11	0.19	0.05	0.10	0.07	26	806
平均 ²⁾	1,461	45,868	5.36	12.95	0.77	0.65	1.19	0.30	0.67	0.10	0.23	0.14	1,461	45,868

1) 降水量 (mm) は貯水量を採取口面積で除して求めた。

2) 平均の欄は降水量で重み付けした平均値。ただし、降水量及び貯水量は合計量。

2-7 大気環境中の石綿調査事業

1 目的

県民の健康被害の防止と生活環境の保全を図るため、大気環境中の石綿濃度を測定し、実態を把握する。

2 調査内容

(1) 調査項目

一般環境（住宅地域）における大気中の総繊維数濃度、石綿繊維数濃度（本/L）

(2) 調査地点

調査地点を図1に示す。土浦保健所1地点

(3) 試料採取期間

夏季及び冬季の平日昼間（10時～16時）4時間、連続3日間

・夏季：令和元年8月7日，8月8日，8月9日

・冬季：令和2年1月15日，1月16日，1月17日

(4) 調査方法

総繊維数濃度はアスベストモニタリングマニュアル第4.1版¹⁾，
石綿繊維数濃度はアスベストモニタリングマニュアル第3版²⁾
に基づき実施した。



図1 調査地点

3 調査結果

土浦保健所における調査結果を表1，総繊維数濃度及び石綿繊維数濃度の推移を表2及び図2に示す。

総繊維数濃度は夏季0.38本/L，冬季0.23本/L，年平均0.30本/Lであり，石綿繊維数濃度は夏季0.15本/L，冬季0.083本/L，年平均0.12本/Lであった。土浦保健所における総繊維数濃度及び石綿繊維数濃度は低い水準で推移している。

表1 調査結果

測定地点	調査時期	調査日	石綿繊維数濃度		総繊維数濃度		天候	主風向	風速 (m/秒)
			(本/L)	幾何平均	(本/L)	幾何平均			
土浦保健所 大気測定局舎	夏季	令和元年8月7日(水) 10:15～14:15	0.058	0.15	0.34	0.38	晴	南南西	0.9
		令和元年8月8日(木) 10:00～14:00	0.34		0.46		晴	南	1.6
		令和元年8月9日(金) 9:55～13:55	0.17		0.35		晴	東南東	0.9
	冬季	令和2年1月15日(水) 11:00～15:00	0.059	0.083	0.11	0.23	曇	西	1.0
		令和2年1月16日(木) 10:00～14:00	0.056		0.28		晴	西	1.3
		令和2年1月17日(金) 10:00～14:00	0.17		0.39		曇	東北東	1.0

表2 総繊維数濃度及び石綿繊維数濃度の推移

総繊維数濃度					単位：本/L
年度	H27	H28	H29	H30	H31
夏季	0.96	0.18	0.27	0.24	0.38
冬季	0.14	0.20	0.18	0.19	0.23

石綿繊維数濃度					単位：本/L
年度	H27	H28	H29	H30	H31
夏季	0.080	0.071	0.16	0.13	0.15
冬季	0.070	0.094	0.14	0.086	0.083

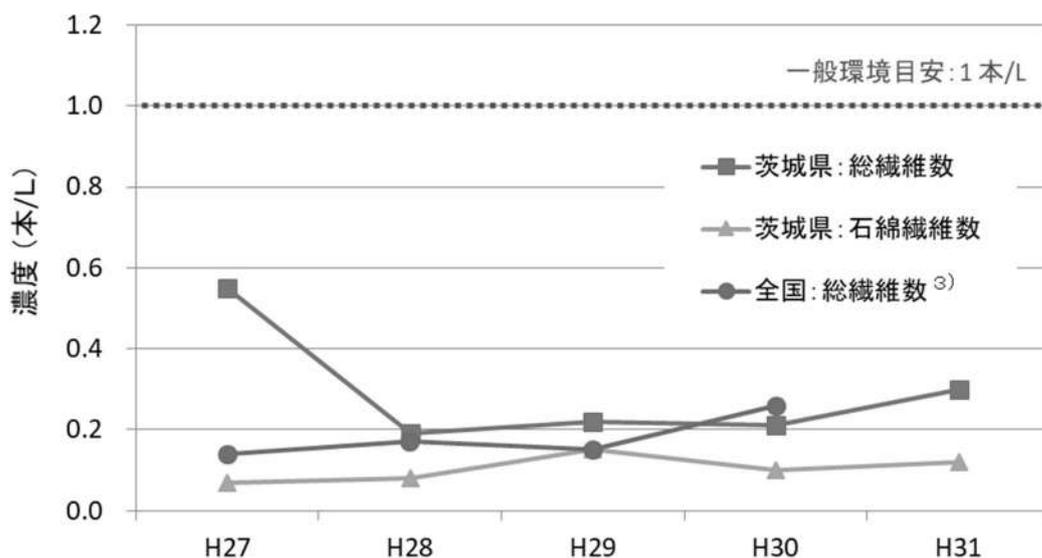


図2 総繊維数濃度及び石綿繊維数濃度の推移

参考資料

- 1) アスベストモニタリングマニュアル第4.1版（環境省水・大気環境局大気環境課，平成29年7月）
- 2) アスベストモニタリングマニュアル第3版（環境省水・大気環境局大気環境課，平成19年5月）
- 3) 報道発表資料：平成27～30年度アスベスト大気濃度調査結果について（環境省）

表 1 調査結果

調査地点	測定期間	騒音発生数					最大騒音 ピーク レベル (dB)	2週間の L_{den} 平均値 (dB)	年間平均 L_{den} 推定値 (dB)	2週間の WECPNL 平均値 (WECPNL)	年間平均 WECPNL 推定値 (WECPNL)
		0時 ～7時	7時 ～19時	19時 ～22時	22時 ～0時	合計					
隠谷公民館	R1. 6. 21～ 7. 4*	0	136	2	0	138	81.4	40.6	38.3	54.8	53.0
下吉影南原公民館	R1. 11. 8～11. 21	0	154	0	0	154	99.2	53.7	53.9	68.7	68.0
広浦放射能局舎	R1. 6. 13～ 6. 26	0	33	0	0	33	86.5	42.1	43.1	55.0	55.9
県立消防学校	R1. 11. 8～11. 21	0	48	1	0	49	84.3	38.7	41.0	52.1	54.1
神山集落センター	R1. 11. 8～11. 21	0	25	0	0	25	85.1	40.6	42.9	54.3	56.3
鉢田総合運動公園	R1. 6. 13～ 6. 26	0	100	0	1	101	96.7	53.7	54.7	67.1	68.0
旭スポーツセンター	R1. 11. 8～11. 21	0	61	0	0	61	103.8	53.1	55.4	68.6	70.6
竹之埜農村集落センター	R1. 6. 13～ 6. 26	0	14	0	0	14	79.7	30.3	26.7	43.7	40.1
南原生活改善センター	R1. 11. 8～11. 21	0	16	0	0	16	104.5	50.6	50.8	66.5	65.8
田伏中台総合センター	R1. 6. 13～ 6. 26	0	74	8	0	82	95.0	50.4	46.8	63.7	60.1

* 停電により測定装置が停止したため、別日に再調査を行った。

(2) L_{den} 推定値の推移

調査を開始した平成 25 年度から令和元年度までの L_{den} 推定値の推移を表 2 及び図 2 に示す。下吉影南原公民館は調査開始から複数回にわたり環境基準値 (57 dB) を超過していたが、平成 30 年度は 63.2 dB と再び環境基準値を超過し、令和元年度は 53.9 dB と環境基準値以下となった。この一因としては、騒音発生回数に関係していると考えられる。下吉影南原公民館の騒音発生回数は平成 30 年度の 714 回から令和元年度の 154 回と半分以下に減少していた。また、県立消防学校は平成 29 年度に大きく上昇したが、平成 30 年度以降は下降して例年どおりの値となった。騒音発生回数は平成 29 年度の 104 回から平成 30 年度の 51 回、令和元年度の 49 回と半分以下に減少していた。また、竹之埜農村集落センターは平成 30 年度から連続で大きく下降している。騒音発生回数は平成 29 年度に 59 回、平成 30 年度に 16 回、令和元年度に 14 回となっている。その他の地点では著しい経年変化は見られず、環境基準値以下で推移した。

(3) L_{den} 及び WECPNL の比較

L_{den} 推定値及び W 推定値の比較を表 3 に示す。今回の調査では、新環境基準値 (57 dB) を全地点で達成したが、旧環境基準値 (70 WECPNL) は 1 地点 (旭スポーツセンター) で未達成となった。W 推定値 - L_{den} 推定値の値はおおよそ 14 となった。

(4) W 推定値の推移

平成 22 年度から令和元年度まで (過去 10 年間) の W 推定値の推移を図 3 に示す。各地点で L_{den} 推定値とほぼ同様に推移しており、横ばいか下降傾向を示している。

表2 L_{den} 推定値の推移

調査地点	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度	平均値
隠谷公民館	43.5	42.9	40.3	43.6	45.2	39.8	38.3	41.9
下吉影南原公民館	58.4	58.5	58.0	52.0	55.0	63.2	53.9	57.0
広浦放射能局舎	45.4	46.5	49.3	43.7	45.1	47.8	43.1	45.8
県立消防学校*	40.9	30.7	39.8	39.2	48.9	40.5	41.0	40.1
神山集落センター	47.0	45.5	47.7	44.4	43.0	44.2	42.9	45.0
当間小学校及び鉾田総合運動公園*	46.7	53.5	50.9	51.0	51.1	56.3	54.7	52.0
旭スポーツセンター	55.3	53.5	54.9	53.2	54.3	51.3	55.4	54.0
手賀小学校及び竹之塙農村集落センター*	39.8	42.7	42.5	41.9	40.5	34.1	26.7	38.3
南原生活改善センター	50.0	43.0	49.5	46.0	44.1	48.4	50.8	47.4
田伏中台総合センター	55.4	52.9	49.8	55.0	51.6	44.8	46.8	50.9

*平成25年度及び平成27年度，県立消防学校（校内工事）から県立農業大学校に調査地点を変更した。

*平成26年度以降，手賀小学校（閉校）から竹之塙農村集落センターに調査地点を変更した。

*令和元年度以降，当間小学校（閉校）から鉾田総合運動公園に調査地点を変更した。

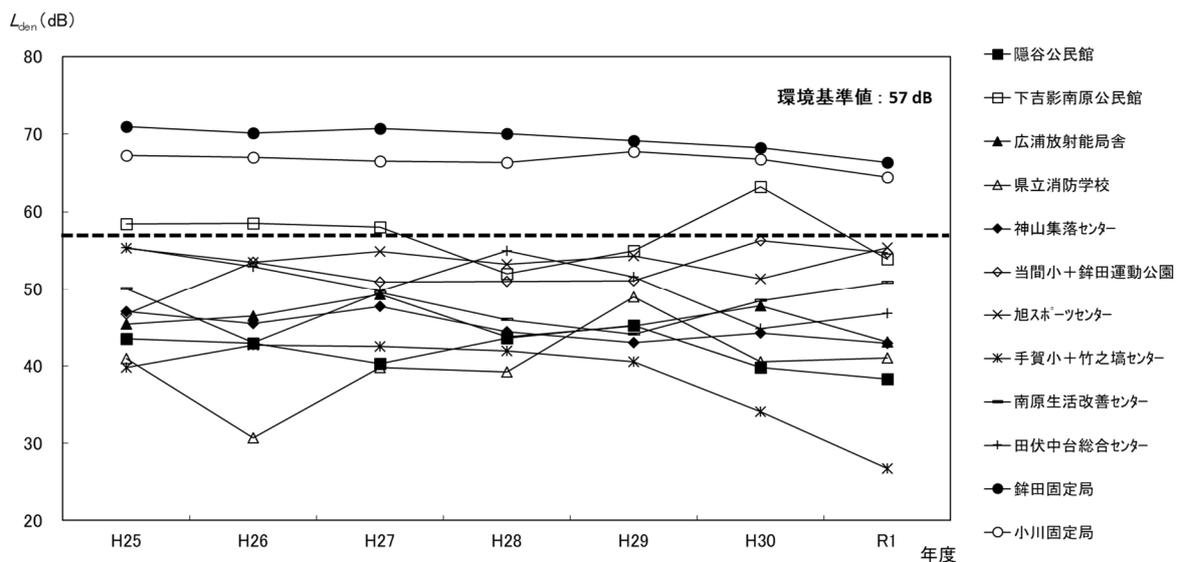


図2 L_{den} 推定値の推移

表3 L_{den} 推定値及びW 推定値の比較

調査地点	年間平均WECPNL推定値 (WECPNL)	年間平均 L_{den} 推定値 (dB)	W値- L_{den} 値
隠谷公民館	53.0	38.3	14.7
下吉影南原公民館	68.0	53.9	14.1
広浦放射能局舎	55.9	43.1	12.8
県立消防学校	54.1	41.0	13.1
神山集落センター	56.3	42.9	13.4
鉦田総合運動公園	68.0	54.7	13.3
旭スポーツセンター	70.6	55.4	15.2
竹之塚農村集落センター	40.1	26.7	13.4
南原生活改善センター	65.8	50.8	15.0
田伏中台総合センター	60.1	46.8	13.3

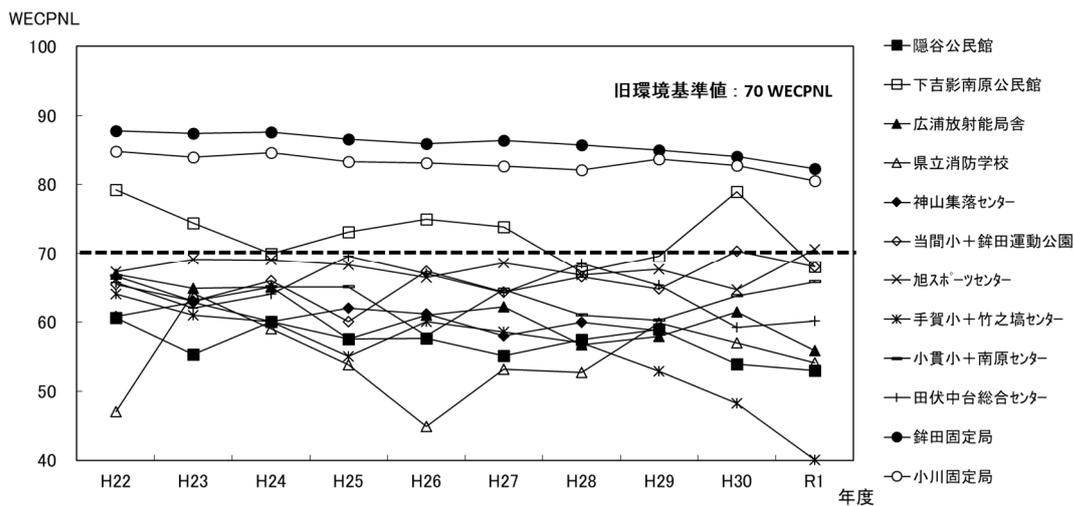


図3 WECPNL 推定値の推移

4 まとめ

百里飛行場周辺の環境基準 I 類型あてはめ地域内 7 地点及び地域外 3 地点の計 10 地点において 14 日間の短期測定を実施した結果、 L_{den} 推定値は全地点で環境基準値 (57 dB) 以下となった。各地点の L_{den} 推定値は、経年的に横ばいか下降傾向を示している。また、評価指標が WECPNL から L_{den} へ移行されたが、新旧環境基準値の達成状況に大きな相違は見られなかった。

参考文献

- 1) 航空機騒音に係る環境基準について (平成 19 年 12 月 17 日環境省告示第 114 号 (改正))
- 2) 航空機騒音測定・評価マニュアル (環境省, 平成 27 年 10 月)
- 3) 航空機騒音測定マニュアル (環境庁大気保全局, 昭和 63 年 7 月)

2-9 化学物質環境実態調査事業

1 目的

化学物質環境実態調査は、昭和49年から一般環境中における化学物質の残留状況を継続的に把握することを目的に実施されてきた。その調査結果は、PRTR制度の候補物質の選定、環境リスク評価及び社会的要因から必要とされる物質等の環境安全性評価、化学物質による環境汚染の未然防止等に役立てられている。

2 調査内容

この調査は環境省からの委託事業である。令和元年度は初期環境調査、詳細環境調査及びモニタリング調査を実施した。

(1) 初期環境調査

環境リスクが懸念される化学物質について、一般環境中で高濃度が予想される地域等においてデータを取得することにより、「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」の指定化学物質の指定、その他化学物質による環境リスクに係る施策を検討する際の、ばく露の可能性について判断するための基礎資料等とすること目的とした調査¹⁾である。

ア 試料採取

水質：令和元年12月10日に利根川かもめ大橋で表層水を採水した。

イ 調査対象物質

水質：アジスロマイシン、アゾキシストロビン（(E)-アゾキシストロビン）、(Z)-アゾキシストロビン、o-アミノフェノール、アモキシシリン、塩酸メトホルミン、シアナミド、(4-[[4-(ジメチルアミノ)フェニル]フェニル]メチリデン}シクロヘキサ-2,5-ジエン-1-イリデン)(ジメチル)アンモニウム=クロリド[別名：マラカイトグリーン塩酸塩]、セリウム及びその化合物（セリウムとして）、タリウム及びその化合物（タリウムとして）、2-(1,3-チアゾール-1-イル)-1H-ベンゾイミダゾール[別名：チアベンダゾール]、チアムリン、N-ニトロソジエチルアミン、N-ニトロソジメチルアミン、ピリメタニル、ベンジルパラベン（利根川かもめ大橋）

(2) 詳細環境調査

「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」（以下「化審法」という。）における特定化学物質及び監視化学物質、環境リスク初期評価を実施すべき物質等の環境残留状況を把握することを目的とした調査¹⁾である。

ア 試料採取

水質：令和元年12月10日に利根川かもめ大橋で表層水を採水した。

底質：令和元年12月10日に利根川かもめ大橋で底泥を採取した。

大気：令和元年11月26日～令和元年11月29日に茨城県霞ヶ浦環境科学センター屋上で採取した。

イ 調査対象物質

水質：オクタメチルシクロテトラシロキサン，デカメチルシクロペンタシロキサン，ドデカメチルシクロヘキサシロキサン，クラリスロマイシン，14-(R)-ヒドロキシクラリスロマイシン，2,6-ジ-tert-ブチル-4-メチルフェノール [別名：BHT]，N-[3-(ジメチルアミノ)プロピル]ステアルアミド，N,N-ジメチルアルカン-1-アミン=オキシド（アルキル基の炭素数が10、12、14、16又は18で、直鎖型のもの）、(Z)-N,N-ジメチルオクタデカ-9-エン-1-アミン=オキシド若しくは(9Z,12Z)-N,N-ジメチルオクタデカ-9,12-ジエン-1-アミン=オキシド

底質：N-[3-(ジメチルアミノ)プロピル]ステアルアミド

大気：1,3-ジオキソラン，N-ニトロソジエチルアミン，N-ニトロソジメチルアミン

(3) モニタリング調査

「残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約（POPs条約）」の対象物質及びその候補となる可能性のある物質並びに化審法の特定化学物質及び監視化学物質等のうち、環境残留性が高く環境残留実態の推移の把握が必要な物質を経年的に調査することを目的とした調査¹⁾である。

ア 試料採取

水質：令和元年12月10日に利根川かもめ大橋で表層水を採水した。

底質：令和元年12月10日に利根川かもめ大橋で採水した。

生物：令和2年2月3日に常磐沖で捕獲したサバを試料として調製した。

大気：令和元年10月25日～11月1日までミドルボリュームエアースンプラーにより、また令和元年10月29日～11月1日までローボリュームエアースンプラーにより茨城県霞ヶ浦環境科学センター屋上で試料採取を行った。

イ 調査対象物質

水質：PCB類，HCB（ヘキサクロロベンゼン），HCH（ヘキサクロロシクロヘキサン）類，ポリブロモジフェニルエーテル類，ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS），ペルフルオロオクタタン酸（PFOA），ペンタクロロベンゼン，ポリ塩化ナフタレン類（総量、1～8塩化物物の同族体），ペンタクロロフェノールとその塩およびエステル類，ヘキサクロロブタ-1,3,-ジエン，短鎖塩素化パラフィン（炭素数が10～13のもの），ジコホル，ペルフルオロヘキサンスルホン酸（PFHxS）

底質：PCB類，HCB（ヘキサクロロベンゼン），HCH（ヘキサクロロシクロヘキサン）類，ポリブロモジフェニルエーテル類，ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS），ペルフルオロオクタタン酸（PFOA），ペンタクロロベンゼン，ポリ塩化ナフタレン類（総量、1～8塩化物物の同族体），ペンタクロロフェノールとその塩およびエステル類，ヘキサクロロブタ-1,3,-ジエン，短鎖塩素化パラフィン（炭素数が10～13のもの），ジコホル，ペルフルオロヘキサンスルホン酸（PFHxS）

生物：PCB類，HCB（ヘキサクロロベンゼン），HCH（ヘキサクロロシクロヘキサン）類，ポリブロモジフェニルエーテル類，ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS），ペルフルオロオクタタン酸（PFOA），ペンタクロロベンゼン，ポリ塩化ナフタレン類（総量、

1～8塩化物の同族体), ペンタクロロフェノールとその塩およびエステル類, ヘキサクロロブタ-1,3,-ジエン, 短鎖塩素化パラフィン(炭素数が10~13のもの), ジコホル

大気: PCB類, HCB(ヘキサクロロベンゼン), HCH(ヘキサクロロシクロヘキサン)類, ポリブロモジフェニルエーテル類, ペルフルオロオクタンスルホン酸(PFOS), ペルフルオロオクタノ酸(PFOA), ペンタクロロベンゼン, ポリ塩化ナフタレン類(総量、1～8塩化物の同族体), ペンタクロロフェノールとその塩およびエステル類, ヘキサクロロブタ-1,3,-ジエン, 短鎖塩素化パラフィン(炭素数が10~13のもの), ジコホル

3 結果の公表

中央環境審議会環境保健部会化学物質評価専門委員会における評価等を経て, 環境省環境保健部環境安全課より「化学物質と環境」として発行される。

4 平成30年度調査結果

平成30年度の調査について, 結果を表1~表9に示す。

表1 平成30年度初期環境調査 水質の結果

調査地点	調査対象物質	単位: (ng/L)	
		測定値	検出下限値
利根川河口かもめ大橋 (神栖市)	2-エチルヘキサン酸	nd	160
	2-エトキシ-1-[[2'-(5-オキソ-4,5-ジヒドロ-1,2,4-オキサジアゾール-3-イル)ビフェニル-4-イル]メチル]-1H-ベンゾイミダゾール-7-カルボン酸(別名:アジルサルタン)	0.49	0.037
	1-(2-クロロトリチル)イミダゾール(別名:クロトリマゾール)	nd	0.043
	5-(プロピオチオ)-1H-ベンゾイミダゾール-2-イルカルバミド酸メチル(別名:アルベンダゾール)	nd	1.1
	5-(プロピルスルホニル)-1H-ベンゾイミダゾール-2-イルアミン(別名:アルベンダゾール-2-アミノスルホン)	nd	10
	5-(プロピルスルフィニル)-1H-ベンゾイミダゾール-2-イルカルバミド酸メチル(別名:アルベンダゾールスルホキシド)	nd	6.8

	5-(プロピルスルホニル)-1H-ベンゾイ ミダゾール-2-イベンダゾールスルホ ン)	nd	11
	2-(m-ベンゾイルフェニル)プロピオン 酸 (別名：ケトプロフェン)	nd	0.055
鹿島灘深芝処理場放流 口 (神栖市)	2-エチルヘキサン酸	nd	160
(注) nd：不検出			

表2 平成30年度詳細環境調査 水質の結果

調査地点	調査対象物質	単位：(ng/L)	
		測定値	検出下限値
	2-(4-エトキシフェニル)-2-メチルプロ ピル=3-フェノキシベンジルエーテル (別名：エトフェンプロックス)	nd	2.2
	N,N-ジメチルホルムアミド	59	59
利根川河口かもめ大橋 (神栖市)	中鎖塩素化パラフィン (アルキル基の炭 素数が14から17まで、かつ、塩素数 が4から9までのもの)	nd	※※20
	(1-ヒドロキシエタン-1,1-ジイル)ジホス ホン酸及びその塩類	nd	3,300
	3-フェノキシベンジル=3-(2,2-ジクロロ ビニル)-2,2-ジメチルシクロプロパンカ ルボキシラート (別名：ペルメトリン)	nd	0.31

(注1) nd：不検出

(注2) ※※：アルキル基の炭素数別の検出下限値の合計値である。

(注3) アルキル鎖の炭素数が14から17までで、かつ、塩素数が4から9までのものの合計値を算出する際にはndを0として算出している。

表3 平成30年度詳細環境調査 底質の結果

調査地点	調査対象物質	測定値			検出下限値
		検体1	検体2	検体3	
利根川河口かもめ大橋 (神栖市)	アルキルベンゼンスルホン酸 (ア ルキル基は直鎖状で炭素数が10か ら14までのもの。) 及びその塩類 (別名：LAS (アルキル基の炭素数 が10から14までのもの。) 及び	nd	nd	nd	120

その他の塩類)				
2-(4-エトキシフェニル)-2-メチル プロピル=3-フェノキシベンジル エーテル (別名：エトフェンプロ ックス)	0.14	nd	—	0.14
中鎖塩素化パラフィン類 (アルキ ル鎖の炭素数が14から17までで、 かつ、塩素数が4から9までのも の。)	nd	nd	nd	※※27
3-フェノキシベンジル=3-(2,2-ジ クロロビニル)-2,2-ジメチルシク ロプロパンカルボキシラート (別 名：ペルメトリン)	nd	nd	nd	0.22

(注1) nd：は不検出

(注2) ※※：アルキル基の炭素数別の検出下限値の合計値である。

(注3) アルキル鎖の炭素数が14から17までで、かつ、塩素数が4から9までのものの合計値を算出する際にはndを0として算出している。

(注4) —：欠測

表4 平成30年度初期環境調査 大気の結果

単位：(ng/m³)

調査地点	調査対象物質	測定値			検出下限値
		検体1	検体2	検体3	
茨城県霞ヶ浦環境科学センター (土浦市)	トリフルオロ酢酸	nd	nd	nd	24
	p-tert-ブチル安息香酸	24	12	5.7	0.21

(注)nd：不検出

表5 平成30年度詳細環境調査 大気の結果

単位：(ng/m³)

調査地点	調査対象物質	測定値			検出下限値
		検体1	検体2	検体3	
茨城県霞ヶ浦環境科学センター (土浦市)	ヒドラジン	nd	nd	nd	0.33

(注)nd：不検出

表6 平成30年度モニタリング調査 水質の結果

調査地点：利根川河口かもめ大橋（神栖市）

単位：(pg/L)

調査対象物質	測定値	検出下限値	定量下限値
総PCB	100	※5	※14
HCB（ヘキサクロロベンゼン）	100	0.6	1.5
トキサフェン類	nd	※24	※50
マイレックス	nd	0.3	0.7
ポリブロモジフェニルエーテル類（臭素数が4から10までのもの）	620	※19	※53
ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）	870	30	70
ペルフルオロオクタン酸（PFOA）	2,900	30	70
ペンタクロロベンゼン	100	0.5	1.3
エンドスルファン類	nd	※50	※150
総ポリ塩化ナフタレン	tr(33)	※12	※35
ペンタクロロフェノールとその塩およびエステル類	130	※15	※40
短鎖塩素化パラフィン類	nd	※4,000	※10,000
ペルフルオロヘキサンスルホン酸（PFHxS）	920	50	120

(注1) nd: 不検出

(注2) tr: 検出下限以上定量下限未満

(注3) ※：定量[検出]下限値は同族体ごとの定量[検出]下限値の合計値とした。

表7 平成30年度モニタリング調査 底質の結果

調査地点：利根川河口かもめ大橋（神栖市）

単位：(pg/g-dry)

調査対象物質	測定値	検出下限値	定量下限値
総PCB	310	※55	※170
HCB（ヘキサクロロベンゼン）	86	0.5	1.3
アルドリン	tr(0.8)	0.6	1.6
ディルドリン	5.5	0.6	1.6

エンドリン	4.0	0.9	2.4
トキサフェン類	nd	※30	※70
マイレックス	nd	0.3	0.8
ポリブロモジフェニルエーテル類（臭素数が4から10までのもの）	8,200	※30	※87
ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）	16	3	7
ペルフルオロオクタン酸（PFOA）	10	4	9
ペンタクロロベンゼン	80	0.3	0.9
エンドスルファン類	tr(6)	※4	※10
総ポリ塩化ナフタレン	180	※3.2	※8.5
ペンタクロロフェノール並びにその塩及びエステル類	110	※15	※45
短鎖塩素化パラフィン類	nd	※12,000	※36,000
ペルフルオロヘキサンスルホン酸（PFHxS）	nd	5	11

（注1）nd：不検出

（注2）tr：検出下限以上定量下限未満

（注3）※：定量[検出]下限値は同族体ごとの定量[検出]下限値の合計値とした。

表8 平成30年度モニタリング調査 生物（サンマ）の結果

調査地点：常磐沖

単位：(pg/g-wet)

調査対象物質	測定値	検出下限値	定量下限値
総PCB	1,600	※21	※63
HCB（ヘキサクロロベンゼン）	530	1.1	3.3
DDT類	1000	※5	※16
トキサフェン類	710	※50	※140
マイレックス	14	0.5	1.4
ポリブロモジフェニルエーテル類（臭素数が4から10までのもの）	nd	※130	※360
ペンタクロロベンゼン	37	5	15
1,2,5,6,9,10-ヘキサブロモシクロドデカン類	200	※25	※66
総ポリ塩化ナフタレン	tr(34)	※12	※36
ペンタクロロフェノール並びにその塩及びエステル類	tr(20)	※10	※40
短鎖塩素化パラフィン類	nd	※2,200	※5,900
ジコホル	nd	10	30

（注1）nd：不検出

（注2）tr：検出下限以上定量下限未満

（注3）※：定量[検出]下限値は同族体ごとの定量[検出]下限値の合計値とした。

表 9 平成 30 年度モニタリング調査 大気の結果

調査地点:茨城県霞ヶ浦環境科学センター(土浦市)		単位:(pg/g-wet)		
調査対象物質	測定値	検出下限値	定量下限値	
総 PCB	69	※0.8	※2.4	
HCB (ヘキサクロロベンゼン)	98	0.2	0.4	
DDT 類	2.6	※0.11	※0.28	
トキサフェン類	nd	※0.6	※1.3	
マイレックス	0.05	0.01	0.03	
ポリブロモジフェニルエーテル類 (臭素数が 4 から 10 までのもの)	8.8	※1.3	※3.1	
ペンタクロロベンゼン	59	0.08	0.22	
総ポリ塩化ナフタレン	63	※0.2	※0.5	
ヘキサクロロブタ-1,3-ジエン	3,500	10	30	
ペンタクロロフェノールとその塩およびエステル類	26	※0.6	※1.6	
短鎖塩素化パラフィン類	tr(450)	※210	※550	

(注 1) nd:不検出

(注 2) tr:検出下限以上定量下限未満

(注 3)※: 定量[検出]下限値は同族体ごとの定量[検出]下限値の合計値とした。

参考文献

- 1) 環境省総合環境政策局環境保健部環境安全課 令和元年度 化学物質環境実態調査委託業務詳細要領
- 2) 環境省総合環境政策局環境保健部環境安全課 平成 30 年度 化学物質分析法開発報告書
- 3) 環境省環境保健部環境安全課 令和元年度版 化学物質と環境 (平成 30 年度 化学物質環境実態調査 調査結果報告書) (令和 2 年 3 月)

<http://www.env.go.jp/chemi/kurohon/2019/index.html>

2-10 水環境化学物質調査事業

1 目的

茨城県内の公共用水域において、人の健康の保護に係る要監視項目、水生生物の保全に係る要監視項目、魚類（メダカ）に内分泌攪乱作用があると疑われる物質の実態調査を行い、化学物質による環境汚染の有無を把握する。

2 調査内容

(1) 実態調査

- ・地点：県内の公共用水域 70 地点のうち 14 河川 14 地点
- ・項目：要監視項目 31 項目，ビスフェノール A

(2) モニタリング調査

- ・地点：過去の調査で指針値を超過した 1 河川 1 地点
- ・項目：全マンガン

3 調査機関

霞ヶ浦環境科学センター

※採水，農薬類及び金属類以外の 16 項目の測定については，「平成 31 年度（2019 年度）公共用水域水質調査業務委託」により委託業者が実施した。

4 調査方法

調査については，「水質調査方法」（環境庁昭和 46 年 9 月），「外因性内分泌攪乱化学物質調査暫定マニュアル」（環境庁平成 10 年 10 月），環境省通達（平成 5 年 4 月 28 日，平成 11 年 3 月 12 日，平成 15 年 11 月 5 日，平成 16 年 3 月 31 日，平成 25 年 3 月 27 日）に定める方法で行った。

3 調査結果

(1) 実態調査

実態調査の結果を表 1 に示す。
全地点において全項目が指針値を下回った。

(2) モニタリング調査

モニタリング調査の結果を表 1 に示す。
調査のあった 1 地点（江戸上川第一神岡橋）において全マンガンが指針値を下回った。

表 1 水環境化学物質調査_実態調査及びモニタリング調査結果一覧

統一番号	水域名	調査地点名	実施機関	指針値等	報告下限値	14	16	17	18	49	51	77	82	91	92	113	114	132	133	4
1	年月日	11:05	川原堰	川原堰	11:05	12:10	14:30	14:30	14:30	9:40	9:40	10:50	13:25	14:20	14:00	13:30	9:30	11:35	9:40	13:00
2	時間	11:05	川原堰	川原堰	11:05	12:10	14:30	14:30	14:30	9:40	9:40	10:50	13:25	14:20	14:00	13:30	9:30	11:35	9:40	13:00
3	天候	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り	曇り	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り	曇り							
4	状況	通常の状況																		
5	臭気	無臭																		
6	色相	黄色・淡(明)																		
7	水温 (°C)	19.9	20.5	19.7	20.3	19.7	20.3	20.3	20.3	25.6	24.5	24.5	26.0	26.0	26.0	28.7	22.0	26.3	22.0	20.0
8	水温 (°C)	19.0	17.3	19.0	20.8	19.0	20.8	20.8	20.8	24.5	23.8	24.2	22.6	24.2	23.0	28.4	22.0	22.9	20.7	18.0
9	流量	1.75	0.62	0.87	0.15	0.81	0.15	0.81	0.15	2.67	0.81	1.23	19.40	15.60	8.63	2.10	0.13	1.63	<0.01	0.05
10	全水深 (m)	0.40	0.50	0.50	0.40	0.50	0.40	0.40	0.40	0.40	0.30	0.90	1.00	2.00	1.00	2.00	0.30	1.00	0.80	0.20
11	クロホルム (mg/L)	0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06
12	トランス-1,2-ジクロロエチレン (mg/L)	0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
13	1,2-ジクロロロバン (mg/L)	0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06
14	p-ジクロロベンゼン (mg/L)	0.2	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
15	5-ノキサチオン (mg/L)	0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
16	6-ダイアジン (mg/L)	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
17	7-フェニロチオン(WEP) (mg/L)	0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
18	8-イソプロチオン (mg/L)	0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
19	9-オキシノ(有機銅) (mg/L)	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
20	10-クロロニル(TPN) (mg/L)	0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
21	11-プロピザト (mg/L)	0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
22	12-EPN (mg/L)	0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
23	13-ジクロロホス(DDVP) (mg/L)	0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
24	14-フェブカルブ(BPMC) (mg/L)	0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
25	15-イソペンホス(IPC) (mg/L)	0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
26	16-クロロニトロフェン(GNP) (mg/L)	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
27	17-トルエン (mg/L)	0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6
28	18-キシレン (mg/L)	0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
29	19-フタル酸ジエチルヘキシル (mg/L)	0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06
30	20-ニツケル (mg/L)	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
31	21-モリブデン (mg/L)	0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
32	22-アンチモン (mg/L)	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
33	23-酸化ビニルモルマー (mg/L)	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
34	24-エンクロロヒドリン (mg/L)	0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
35	25-全マンガノ (mg/L)	0.2	0.02	0.07	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
36	26-ウラン (mg/L)	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
37	27-フェノール (mg/L)	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
38	28-ホルムアルデヒド (mg/L)	1	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
39	29-4-tert-ブチルフェノール (mg/L)	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
40	30-アクリノ (mg/L)	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
41	31-2,4-ジクロロフェノール (mg/L)	0.03	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
42	32-ビスフェノールA (mg/L)	0.011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011

(備考) ※1 霞七：茨城県霞ケ浦環境科学センター、※2 環境協会：(一社)茨城県環境管理協会

2-11 公害事案等処理対策調査事業

1 目的

緊急水質事案，地下水水質汚染事案，廃棄物の不法投棄事案，騒音・振動・悪臭に係る分析又は技術指導の対応状況を取りまとめ，今後の対応に資することを目的とした。

2 調査方法

分析依頼や技術指導した案件について，依頼元及び依頼内容ごとに分類し傾向を把握する。

3 結果の概要

公害事案等の依頼元及び内容別内訳を表1，表2に示す。地下水水質汚染関係では，硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素・ヒ素等の分析を行った。騒音関係では，騒音計の貸出及び技術指導を行った。相談では，悪臭・振動等に関する測定方法の助言等を行った。

表1 公害事案等調査依頼者別内訳

依頼元	技術指導	機材貸出依頼 ()内は貸出回数	分析依頼 ()内は検体数
環境対策課	0	0(0)	11(53)
廃棄物対策課	0	1(1)	0(0)
環境政策課(県央環境 保全室)	0	0(0)	0(0)
県北県民センター	0	0(0)	0(0)
鹿行県民センター	0	0(0)	2(7)
県南県民センター	0	0(0)	5(34)
県西県民センター	0	0(0)	0(0)
その他(公的機関・市 町村など)	11	23(62)	0(0)
計	11	24(63)	18(94)

表2 公害事案等調査内容別内訳

依頼内容	技術指導	機材貸出依頼 ()内は貸出回数	分析依頼 ()内は検体数
緊急水質事案関係	0	0(0)	2(3)
地下水水質汚染関係	0	0(0)	15(72)
廃棄物関係	0	0(0)	0(0)
大気汚染物質関係	0	0(0)	1(19)
騒音関係	7	21(22)	0(0)
その他	4	3(41)	0(0)
計	11	24(63)	18(94)